

مواد ژنتیکی باکتریها، در کروموزوم و پلاسمیدها وجود دارند که در داخل سلول دارای ثبات و پایداری دائمی نمی‌باشند. بطور کلی سه مکانیزم نو ترکیبی ژنتیکی در بین باکتریها شناخته شده است که باکتریهای ریزوبیوم نیز از این امر مستثنی نمی‌باشند. ترانسفورمیشن که در این روش قطعه‌ای از DNA خارجی توسط سلول باکتری‌های جذب شده و بخشی از مواد ژنتیکی سلول جدید را تشکیل می‌دهد. ترانسداکشن که در این روش قطعه‌ای از DNA توسط ویروسها به سلول باکتریها منتقل می‌شود، سلولهایی که قطعه DNA را دریافت می‌کنند طبیعتاً دارای ترکیب ژنتیکی جدیدی خواهند بود. روش سوم کانجوگیشن است که DNA در اثر تماس مستقیم دو سلول با یکدیگر منتقل می‌شود. همچنین در اثر تماس دو سلول امکان انتقال DNA پلاسمیدی از سلولی به سلول دیگر نیز وجود دارد. انتقال پلاسمیدها در میان جمعیت‌های باکتریایی در محیط‌های طبیعی از نقطه نظر اکولوژیکی دارای اهمیت ویژه‌ای می‌باشد. زیرا بسیاری از ژنهای ضروری برای رشد در شرایط نامساعد محیطی، توسط پلاسمیدها حمل می‌شوند. مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است که نشان می‌دهد عوامل متعددی نظیر مواد غذایی، کانیهای رسی، اسیدیته خاک و موجوداتی نظیر کرمهای خاکی می‌توانند در انتقال مواد ژنتیکی تأثیر داشته باشند. بنابراین از دست دادن و بدست آوردن پلاسمید در بین جمعیت‌های طبیعی باکتریها، موضوعی شناخته شده است. اما راجع به تأثیر فاضلاب روی انتقال پلاسمیدها در بین باکتریها بویژه بین باکتریهای ریزوبیوم مطالعه‌ای صورت نگرفته است.

هدف از انجام این تحقیق این بود که احتمال انتقال پلاسمید در بین ایزوله‌های ریزوبیوم لگومینوزارم بیووار ویسیه در خاکهای آلوده شده با فاضلاب که بالطبع دارای مقادیر زیادی عناصر سنگین می‌باشند بررسی شود. برای انجام این آزمایش چهار نمونه خاک که بمدت ده سال با سطوح مختلفی از فاضلاب مخلوط شده بودند انتخاب شدند. تیمارها شامل نمونه شاهد بدون فاضلاب، ۱۰۰ مترمکعب فاضلاب، ۳۰۰ مترمکعب فاضلاب و ۳۰۰ مترمکعب فاضلاب همراه کلرور عناصر سنگین در هکتار در سال بودند. ضمناً برای هر نمونه خاک سه تکرار وجود داشت و جمعاً دوازده نمونه خاک توسط اشعه گاما استریل شدند. بمنظور حصول اطمینان از فرآیند استریل شدن، گیاه میزبان ماشک (*Vicia*) (*hirsuta*) در همه نمونه‌های خاک رشد داده شدند. نمونه‌های استریل شده خاک با ۷ ایزوله ریزوبیوم لگومینوزارم تلقیح شدند (هر نمونه خاک با 1×10^5 سلول از هر ایزوله و مجموعاً با 7×10^5). نمونه‌های خاک در ۲۵ درجه سانتی‌گراد و ۵۰ درصد ظرفیت نگهداری آب به مدت یکسال نگهداری شدند. پس از یک سال مجدداً تعداد باکتریهای ریزوبیوم لگومینوزارم بوسیله تکنیک بیشترین تعداد محتمل شمارش شدند. بمنظور شناسایی مجدد ایزوله‌ها از تکنیک پروفیل پلاسمیدی استفاده شد. برای انجام مطالعات هیبریدسازی و انتقال DNA پلاسمیدی به صفحات باردار از تکنیک سوترن بلات استفاده شد. محلول هیبریدسازی متشکل از ۲ میکرولیتر DNA تک رشته‌ای (با حرارت دادن DNA دو رشته‌ای در ۹۵ درجه سانتی‌گراد حاصل می‌شود)، ۱۲ میکرولیتر آب خالص، ۵ میکرولیتر بافر هیبریدسازی، یک میکرولیتر BSA، ۳ میکرولیتر dCTP و ۳۲، یک میکرولیتر dNTP و یک میکرولیتر آنزیم DNA پلیمراز (Klenow) می‌باشد. پس از انجام عمل هیبریداسیون صفحات باردار در ورقه‌های پلاستیکی بسیار نازک پیچیده و بر روی آنها فیلمهای حساس به اشعه ایکس قرار داده شد. پس از یک الی ۵ روز فیلمها در اتاق تاریک ظاهر شدند. و نتایج مورد بحث و بررسی قرار گرفت.

^۱ عضو هیأت علمی دانشگاه فردوسی مشهد

نتایج حاصل از شمارش باکتریها نشان داد که جمعیت ریزوبیوم لگومینوزارم بیووار ویسبه در تمام تیمارها بدون توجه به افزایش فاضلاب و نهایتاً وجود مقادیر زیاد روی (Zn) در نمونه‌های خاک، پس از یک سال نگهداری نمونه‌ها، افزایش یافته بود. البته این نتایج دور از انتظار نبود زیرا در حقیقت با استریل کردن نمونه‌های خاک امکان هرگونه رقابت بین باکتریهای ریزوبیوم و دیگر باکتریهای بومی خاک برای استفاده از مواد غذایی خاک از بین رفته بود. ثانیاً این احتمال وجود دارد که تمام شکارچیان باکتریهای ریزوبیوم که می‌توانند روی اندازه جمعیت آنها تأثیر منفی داشته باشند از صحنه رقابت حذف شده بودند. همچنین تعداد ۱۱۶ ایزوله از نمونه‌هایی خاک بازیافت شدند و پروفیل‌های پلاسمیدی تمام ایزوله‌ها مطالعه شدند. پروفیل‌های پلاسمیدی ایزوله‌های بازیافت شده با ایزوله‌های مادری مقایسه و گروه‌بندی شدند. نتایج حاصله از مطالعه پروفیل‌های پلاسمیدی نشان داد که پس از یکسال تغییراتی در ساختمان ژنتیکی جمعیت باکتریها رخ داده است. اگرچه از هر ایزوله تعداد سلول مساوی به نمونه‌های خاک تلقیح شده بودند اما در هنگام بازیافت آنها ایزوله ۲۸۲۷ بدلیل سرعت رشد، بیشتر ایزوله غالب در تمام تیمارها بود. برعکس ایزوله‌های ۲۸۱۱ و ۷۱۳۴۵ از نمونه‌های خاک بازیافت نشدند. احتمالاً این دو ایزوله نیز در خاک وجود داشته‌اند اما بدلیل توان رقابتی ضعیفتر و تعداد کمتر، بازیافت نشده‌اند. نکته جالب توجه این بود که تعدادی ایزوله جدید شناسایی شدند که در بین ایزوله‌های مادری که برای تلقیح نمونه‌های خاک استفاده شده بودند، وجود نداشتند از جمله ایزوله ۱-۲۸۱ که از نظر پروفیل‌های پلاسمیدی مشابه ایزوله ۲۸۱ بود که فقط یک پلاسمید از دست داده بود. همچنین سه ایزوله جدید دیگر ۲۸۲۷+۱ نیز مشاهده شدند. این ایزوله‌ها دارای پروفیل‌های پلاسمیدی مشابه ۲۸۲۷ بودند با این تفاوت که یک پلاسمید اضافی نیز داشتند. اندازه این پلاسمید مشابه کوچکترین پلاسمید ایزوله ۷۱۳۱ بود. نتایج حاصل از این بررسی، نشان داد که ایزوله ۷۱۳۱(pAL7131) بعنوان دهنده پلاسمید (Donor cell) و ایزوله ۲۸۲۷ بعنوان پذیرنده پلاسمید (Recipient) رفتار کرده و ایزوله جدید ۲۸۲۷+۱ (Transconjugant) را بوجود آورده‌اند. عبارت دیگر کوچکترین پلاسمید ایزوله ۷۱۳۱ (پلاسمید pAL7311) از این ایزوله به ایزوله ۲۸۲۷ منتقل شده و ایزوله‌های جدیدی را بوجود آورده است. انتقال پلاسمید در خاکهای آلوده با فاضلاب در مقایسه با تیمارهای دیگر بیشتر بود.

با افزایش استفاده بی‌رویه از سوخت‌های فسیلی و نیز جنگل‌زدایی (عمدتاً در مناطق حاره) غلظت گاز دی‌اکسید کربن در اتمسفر ظرف قرن‌های گذشته به میزان ۸۰ قسمت در میلیون حجمی افزایش پیدا کرده است و پیش‌بینی می‌شود که تا پایان سال ۲۱۰۰ میلادی غلظت این گاز در اتمسفر از ۳۶۰ قسمت در میلیون حجمی در زمان حاضر به حدود ۵۵۰ قسمت در میلیون حجمی نیز افزایش یابد. یکی از اثرهای افزایش این گاز در اتمسفر، تشدید اثر گلخانه‌ای و در نتیجه افزایش دمای کره زمین به میزان ۲٫۵ درجه سانتیگراد می‌باشد. احتمالاً افزایش غلظت این گاز و دمای هوا موجب خواهد شد که تغییراتی در چرخش کربن و عناصر غذایی در زیست‌بوم‌های خاکی بوجود آید.

اخیراً دانشمندان نشان داده‌اند که افزایش غلظت گاز دی اکسید کربن در اتمسفر موجب افزایش کمیت ولی کاهش کیفیت بقایای گیاهی می‌شود. برای مثال، بقایای گیاهانی که تحت شرایط غلظت زیاد این گاز رشد می‌کنند دارای مقدار کمتری ازت و میزان بیشتری لیگنین در مقایسه با بقایای گیاهانی که تحت شرایط غلظت معمولی رشد می‌کنند، می‌باشند. در صورت وجود این تغییرات احتمال داده می‌شود که سرعت تجزیه و معدنی شدن بقایای گیاهی کاهش یافته و چرخش عناصر غذایی، بویژه ازت، مختل شود.

به دلیل اینکه ورود بقایای گیاهی به خاک‌های کشاورزی و جنگلی یکی از مهمترین منابع عمده مواد آلی خاک به شمار می‌رود، مطالعه اثر افزایش غلظت دی اکسید کربن جوی بر لاشبرگ گیاهی و مواد آلی خاک مورد توجه عده‌ای از خاکشناسان، زیست‌بوم‌شناسان و متخصصان زیست‌شناسی قرار گرفته است.

هدف از این تحقیق بررسی اثر غلظت دی اکسید کربن بر لاشبرگ گیاهی و مواد آلی خاک حاصل از گیاهانی بود که در شرایط غلظت زیاد دی اکسید کربن برای مدت طولانی رشد کرده‌اند. در این مطالعه اثر افزایش غلظت این گاز بر کیفیت مواد آلی خاک و سرعت تجزیه این مواد مورد بررسی قرار گرفت. این تحقیق اثرات افزایش طبیعی گاز دی اکسید کربن حاصل از چشمه‌های معدنی را بر روی کربن لاشبرگ گیاهی - کربن خاک در قسمت مرکزی ایتالیا بررسی می‌کند.

لاشبرگ گونه‌های مختلف درختان جنگلی مدیترانه‌ای (انواع گونه‌های بلوط و زبان گنجشک) که در غلظت‌های بالا (حدود ۵۵۰ قسمت در میلیون حجمی و معمولی حدود ۳۶۰ قسمت در میلیون حجمی) گاز دی اکسید کربن در حال رشد هستند نمونه‌برداری شد و برای تعیین ترکیب شیمیایی (کربن، ازت، لیگنین، سلولز و پلی‌فنل‌ها) تجزیه شدند. سرعت تجزیه کربن و معدنی شدن ازت در لاشبرگ گیاهی با استفاده از روش کیسه لاشبرگ تحت شرایط مزرعه‌ای به مدت یکسال و روش خواباندن تحت شرایط آزمایشگاهی به مدت ۴ ماه اندازه‌گیری شد. به منظور بررسی توزیع مواد آلی خاک بعنوان تابعی از غلظت دی اکسید کربن و سایر عوامل مؤثر در تشکیل مواد آلی، نمونه‌برداری از خاک بصورت دست نخورده از ۲۶ نیمرخ خاک بعمل آمد. نمونه‌های خاک برای تعیین مقادیر کل کربن و ازت تجزیه شدند. سرعت آزاد شدن دی اکسید کربن از نمونه‌های خاک به مدت سه هفته اندازه‌گیری شد و سرعت معدنی شدن ازت آلی با روش عصاره‌گیری با محلول KCl پس از خواباندن نمونه‌ها بمدت یکماه برآورد گردید.

نتایج حاصل از تجزیه شیمیایی لاشبرگ گیاهان نشان داد که ترکیب شیمیایی لاشبرگ گیاهانی که تحت شرایط غلظت زیاد گاز دی اکسید کربن (۵۵۰ قسمت در میلیون حجمی) رشد کرده‌اند با ترکیب شیمیایی لاشبرگ گیاهانی که در

^۱ عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد

شرایط طبیعی رشد کرده‌اند اختلاف معنی‌دار نداشته و در نتیجه افزایش غلظت این گاز تأثیری بر سرعت تجزیه کربن و آزاد شدن ازت آلی ندارد. با وجود این، اختلافات بین گونه‌ای معنی‌داری در ترکیب شیمیایی و سرعت تجزیه آنها وجود داشت. بنابراین اثر ترکیب گونه‌ای بر روی چرخش مواد آلی در خاک بیش از اثر غلظت زیاد دی اکسید کربن می‌باشد. بطور کلی می‌توان اظهار کرد که پارامترهای کیفی و تجزیه‌ای بقایای گیاهان بالغی که بطور دائم در معرض غلظت زیاد این گاز رشد می‌کنند، در مقیاس اکوسیستم تغییر نخواهد کرد. لذا انتظار می‌رود که عدم تأثیر دی اکسید کربن بر بقایای گیاهی و در نتیجه تجزیه‌پذیری آن در ترکیب شیمیایی و پویایی مواد آلی خاک منعکس گردد. نتایج حاصل از تجزیه موادآلی نشان داد که افزایش غلظت دی اکسید کربن میزان و مقدار کل کربن در کف جنگل را افزایش داد ولی این اثر گاز دی اکسید کربن در عمق ۱۰-۲۰ سانتی‌متری دیده نشد. میزان ازت کل خاک در اعماق مختلف برای شرایط غلظت‌های زیاد و معمولی یکسان بود ولی افزایش غلظت باعث شد که مقدار کل ازت تنها در خاک کف جنگل دو برابر گردد. با وجود این مقدار C/N مواد آلی خاک تحت تأثیر غلظت دی اکسید کربن بالا قرار نگرفت. سرعت تجزیه مواد آلی خاک برای غلظت‌های مختلف دی اکسید کربن یکسان بود. مضافاً اینکه، عدم تأثیر غلظت گاز دی اکسید کربن بر تجزیه موادآلی خاک با عدم تأثیر آن بر C/N خاک کاملاً مطابقت دارد.

به نظر می‌رسد که یکی از مکانیسم‌های جذب دی اکسید کربن در حال افزایش اتمسفر از طریق افزایش سرعت فتوسنتز و بیوماس گیاهی و نتیجتاً جذب آن به شکل مواد آلی بوسیله خاک می‌باشد. بنابراین نتایج، خاکها می‌توانند به عنوان یک مخزن برای دی اکسید کربن ناشی از مصرف سوخت‌های فسیلی و جنگل‌زدایی محسوب شوند. نقش خاک به عنوان یک مخزن برای انباشته شدن این گاز ممکن است قسمتی از اثرات گلخانه‌ای ناشی از دو برابر شدن غلظت معمولی دی اکسید کربن ظرف ۱۰۰ سال آینده را کاهش دهد. اما بجهت اینکه بتوان یک نتیجه کلی بدست آورد، لازم است این گونه تحقیقات برای سایر زیست‌بومها و گونه‌های مختلف گیاهی تکرار شود. علاوه بر این، اطلاعات بیشتری در خصوص اثر دی اکسید کربن بر فرایندهای زیرزمینی، ترکیب و فعالیت میکربی در خاک و توالی گونه‌های گیاهی نیز مورد نیاز می‌باشد.

مواد آلی به علت اثرات سازنده‌ای که بر خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و حاصلخیزی خاک دارند یکی از ارکان مهم باروری خاک شناخته شده‌اند. این در حالی است که بیش از ۶۰٪ خاکهای ایران کمتر از یک درصد ماده آلی دارند. اگر کل جمعیت شهرنشین کشور حدود ۴۰ میلیون و سرانه تولید زباله ۵۰۰ گرم در روز در نظر گرفته شود، مقدار زباله تولید شده در کشور ۲۰۰۰۰ تن در روز و ۷۳۰۰۰۰۰ تن در سال خواهد شد. بدیهی است جمع‌آور و دفع چنین مقداری از زباله در روز، علاوه بر انرژی و هزینه زیاد، مدیریت و تدارکات گسترده‌ای را طلب می‌کند. یکی از روش‌های دفع زباله‌های شهری تبدیل آنها به کود آلی (کمپوست) می‌باشد که در این تحقیق نقش هوادهی و مخلوط کردن برفراپند تبدیل زباله‌های شهری به کمپوست بررسی شده است. به طور کلی با کمپوست کردن زباله‌های شهری می‌توان منبع خوبی برای افزایش ماده آلی خاک و حفظ خاک معرفی نمود، واردات و مصرف کودهای شیمیایی را کاهش داد، از مشکلات بهداشتی و محیط زیستی آن در امان بود.

هدف این مطالعه بررسی تأثیر مقادیر مختلف هوادهی تحت فشار برفراپند کمپوست‌سازی و کیفیت محصول نهایی این فرآیند بود. مرحله اول این تحقیق شامل ساخت و آماده‌سازی سلولهای تهیه کودهای آلی است که در این مرحله ۵ سلول تهیه کودهای آلی ساخته شد. طول، عرض و ارتفاع این سلولهای مکعب مستطیلی شکل به ترتیب ۲، ۱ و ۱۰۲ متر می‌باشد. در مرحله دوم مقدار مشخصی از زباله‌های شهری در ۵ سلول تهیه کودهای آلی قرار داده شد و سپس ۵ تیمار مختلف هوادهی (برای هفته اول به ترتیب هر ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ ساعت، ۲۰-۱۵ دقیقه هوادهی و برای هفته‌های دوم، سوم و چهارم، هر ۰، ۸، ۱۶، ۳۲، ۶۴ ساعت، ۲۰-۱۵ دقیقه هوادهی) اعمال شد. سیستم هوادهی مورد استفاده در این تحقیق شامل یک دستگاه وزنده با قدرت ۳/۴ اسب بخار می‌باشد که با انتقال هوا توسط تعدادی لوله‌های رابط موجبات فشرده شدن هوا را در محفظه زیرین توده کمپوست فراهم می‌آورد. محفظه زیر توده‌های کمپوست توسط تعدادی شبکه‌های فلزی مخصوص از توده کمپوست مجزا شده است. هوای فشرده شده از محفظه مذکور و از طریق شبکه فلزی و با عبور از سر تا سر توده کمپوست، از سطح توده به هوای اطراف انتقال می‌یابد. با تعبیه لوله‌های زهکشی، شیرابه‌های حاصل از هر سلول به طور مجزا، جمع‌آوری و دفع می‌شوند.

جهت بررسی نقش مخلوط کردن بر سرعت تجزیه مواد زائد، هر ۱۰ روز یکبار عمل اختلاط توده‌های کمپوست توسط کارگر انجام شد. مرحله رسیدن پس از گذشت ۱ ماه از ابتدای آزمایش و با خارج کردن توده‌های کمپوست از سلولهای تهیه کودهای آلی شروع شد. فرایند کمپوست شدن در هر سلول تهیه کود آلی با اندازه‌گیری تغییرات روزانه دما و تغییرات هفتگی رطوبت، pH، EC، کربن آلی، نیتروژن آلی، نسبت C/N، P، K و ... شناسایی و پی‌گیری شد. تغییرات دما بوسیله دماسنج‌های ویژه در ۴ نقطه از هر سلول و در ۲ عمق ۲۰ و ۴۰ سانتیمتری از سطح توده‌های کمپوست اندازه‌گیری شد. لازم به ذکر است که تغییرات دما یکی از مهمترین شاخص‌های چگونگی پیشرفت فرایند تجزیه و فعالیت انواع ریز جانداران در بخش قابل تجزیه زباله‌های شهری می‌باشد. با توجه به نقش رطوبت در فعالیت عوامل تجزیه کننده زباله‌ها با اضافه کردن آب از افت رطوبت به کمتر از ۴۰ درصد جلوگیری شد. مرحله نهایی این تحقیق، تعیین نقش هوادهی بر کیفیت کمپوست‌های تولید شده در مراحل مختلف فرایند تولید کمپوست بود. بدین منظور با نمونه‌گیری از تیمارهای مختلف هوادهی و تهیه عصاره‌های ۱:۱۰ و ۱:۲۰ از کمپوست، درصد جوانه‌زنی بذر تره تیزک در این ۱۵ عصاره اندازه‌گیری و مقایسه شد.

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

نتایج حاصل از این تحقیق بیانگر تأثیر مثبت عمل هوادهی همراه با مخلوط کردن توده‌های کمپوست در تجزیه موفق‌تر و سریع‌تر زباله‌های شهری می‌باشد. در حالیکه هوادهی بدون اختلاط، شرایط کندتری از تجزیه مواد آلی را فراهم می‌سازد. این حقیقت را می‌توان از مقایسه تغییرات دما در تیمارهای مختلف هوادهی نتیجه گرفت. عمل هوادهی به مدت ۱۰ روز موجب افزایش میانگین دما از ۲۰ به ۴۰ درجه سانتیگراد شده است (دما در دهمین روز هوادهی برای تیمارهای هر ۰، ۴، ۸، ۱۶، ۳۲ ساعت ۲۰-۱۵ دقیقه به ترتیب مساوی ۴۵، ۴۴، ۵، ۴۰، ۳۹، ۴۳ درجه سانتیگراد بود). در حالیکه مخلوط کردن کمپوست‌ها در دهمین روز پس از آغاز آزمایش با افزایش شدید دما و سپس کاهش تدریجی آن در تمام تیمارها همراه بود. نکته قابل توجه اینکه افزایش دما بر اثر مخلوط کردن، برای تمام تیمارها روند مشابهی نداشته بلکه تیماری که از بیشترین میزان هوادهی تحت فشار (هر ۴ ساعت، ۱۵-۱۰ دقیقه هوادهی) برخوردار بوده است بیشترین افزایش دما را از خود نشان داد. متوسط بیشترین دما پس از گذشت ۳ روز از اولین مرحله مخلوط کردن برای تیمارهای مختلف به ترتیب افزایش میزان هوادهی (هر ۰، ۳۲، ۱۶، ۸، ۴ ساعت ۲۰-۱۵ دقیقه) عبارتند از ۵۰، ۴۸، ۴۷، ۴۸، ۷۱ درجه سانتیگراد. مخلوط کردن توده‌های کمپوست برای دومین بار (در بیستمین روز پس از شروع آزمایش) موجب افزایش کمتر دما نسبت به مرحله اول مخلوط کردن گردید. قرائت دما در اعماق مختلف توده‌های کمپوست قبل از مخلوط کردن بیانگر این حقیقت‌اند که هرچه از سطح توده کمپوست، پایین‌تر برویم ابتدا دما افزایش و سپس کاهش می‌یابد. این در حالی است که مخلوط کردن باعث یکنواخت‌تر شدن دما در اعماق توده کمپوست می‌گردد. این پدیده می‌تواند فرضیه یکنواخت شدن جمعیت و فعالیت ریز جانداران در نقاط مختلف توده کمپوست بر اثر مخلوط شدن را تقویت کند زیرا که مهمترین منبع تولید گرما و افزایش دما چیزی جز فعالیت ریز جانداران نمی‌تواند باشد. با اندازه‌گیری تغییرات ارتفاع کمپوست در سلولها، درصد کاهش حجم زباله‌های شهری در مراحل مختلف کمپوست‌سازی اندازه‌گیری شد. براساس این اندازه‌گیری‌ها بیشترین درصد کاهش حجم توده کمپوست (۴۲ درصد) مربوط به تیماری است که بیش از همه هوادهی گردید. این حقیقت گویای نقش مثبت هوادهی در افزایش سرعت تجزیه مواد آلی و فعالیت ریزجانداران در طول فرآیند کمپوست‌سازی می‌باشد. نتایج حاصل از آزمون جوانه‌زنی نیز بیانگر تأثیر مثبت هوادهی بیشتر بر کاهش فیتوتاکسین‌ها در کمپوست تولیدی می‌باشد. همچنین رقیق‌تر شدن عصاره کمپوست موجب افزایش درصد جوانه‌زنی و کاهش اثر عوامل مزاحم بر جوانه‌زنی بذرها تره‌تیزک گردید.

-

بسیاری از ترکیبات آلی کمپلکس کننده با منشاء میکروبی یا گیاهی موجود در خاکها می‌توانند عناصر معدنی را حل کرده باعث تخریب کانی‌ها و تبدیل آنها به کانی‌های ثانویه، ترکیبات بی‌شکل^۳ و کمپلکس‌های آلی - معدنی محلول شوند. کمپلکس‌های آلی - معدنی محلول با تغییر خواص و ازدیاد پایداری یونها، باعث مهاجرت آنها در خاک‌ها می‌شوند. آهن یکی از عناصری است که با اتصال به ترکیبات آلی مرکب و یا ترکیبات آلی ساده مثل اسیدهای سیتریک و اکسالیک که به مقدار نسبتاً زیادی در خاک وجود دارند، کمپلکس‌های پایداری آلی - آهن را بوجود می‌آورد. میکروارگانیزم‌های هتروتروف^۴ در خاکها، آنیونهای کمپلکس‌های آلی - آهن را به عنوان منبع انرژی مصرف کرده آهن آنها را آزاد می‌سازند. آهن آزاد شده برحسب ظرفیت و همچنین شرایط فیزیکی - شیمیایی خاک بصورت ئیدروکسید ته‌نشین شده در تشکیل رسوبات آهنی نقش مهمی ایفا می‌کند. اطلاعات ما در مورد تجزیه زیستی کمپلکس‌های آلی - آهن و رسوب و ته‌نشین شدن آهن آنها هنوز خیلی محدود است بهمین منظور در این مطالعه، تجزیه زیستی سیترات آهن آمونیم، سیترات آهن، اکسالات آهن آمونیم و اکسالات آهن در خاکهای قهوه‌ای اسید و پدزولیک مورد بررسی قرار گرفت.

در پنج افق از یک خاک قهوه‌ای اسیدی و پنج افق از یک خاک پدزولیک، میزان فعالیت میکروارگانیزم‌ها، جمعیت میکروبی کل و تعداد میکروارگانیزم‌هایی را که سیترات آهن آمونیم سیترات آهن، اکسالات آهن آمونیم و اکسالات آهن را تجزیه می‌کنند، تعیین شدند. نتایج حاصله نشان می‌دهد تعداد زیادی از میکروارگانیزم‌های خاکها، قادرند کمپلکس‌های آلی - آهن را بعنوان منبع انرژی استفاده کننده بدون آنکه آهن آنها را رسوب دهند. برعکس تعداد دیگری از میکروارگانیزم‌ها نیز وجود دارند که ضمن استفاده از این کمپلکس‌ها، آهن آنها را رسوب می‌دهند. میکروارگانیزم‌هایی که با تجزیه کمپلکس‌ها باعث رسوب آهن می‌شوند در محیط‌های کاملاً هوازی رشد کرده و تعداد آنها در مقایسه با جمعیت کل میکروبی، در خاک پدزولیک بیشتر از خاک قهوه‌ای است. نحوه توزیع و پراکنش آنها در پروفیل‌های خاکهای مورد مطالعه (مخصوصاً با سیترات آهن آمونیم و اکسالات آهن آمونیم) شبیه توزیع و پراکنش آهن آزاد است.

اندازه‌گیری فعالیت میکروارگانیزم‌ها نشان می‌دهد که تجزیه زیستی کمپلکس‌های آلی - آهن در خاکهای قهوه‌ای خیلی بیشتر از خاکهای پدزولیک است و سرعت تجزیه به نوع آنیون آلی کمپلکس بستگی دارد و ضمناً در خاک پدزولیک، رسوب فیزیکی - شیمیایی بمراتب بیشتر از خاک قهوه‌ای است. همچنین نتایج حاصله نشان می‌دهد که همبستگی میان جمعیت میکروبی و فعالیت میکروبی در این خاکها وجود ندارد.

^۱ Complexes organo-ferriques

^۲ استادیار خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه محقق اردبیلی

^۳ Amorphous

^۴ Heterotrophic

سطح وسیعی از اراضی کشاورزی ایران را خاکهای شور، سدیک، شورسَدیک و خاکهای آهکی می‌پوشانند، یکی از مشکلات اساسی که در این خاکها برای رویاندن گیاه و تولید محصول وجود دارد این است که به علت وجود pH بالا و غلظت زیاد یون کلسیم، عناصر غذایی که قابلیت جذب آنها وابسته به pH است (فسفر و بعضی از عناصر کم مصرف) تثبیت شده و از دسترس گیاهان خارج می‌شوند، بنابراین گیاهان همواره با کمبود این عناصر مواجه هستند که منجر به کاهش محصول می‌گردد، افزون بر این که کودهای شیمیایی در این خاکها کارایی پایینی دارند.

پژوهشگران سعی کرده‌اند با مصرف مواد اسیدزا (اسید سولفوریک، کوگرد و ...) pH این خاکها را حتی به طور موضعی کاهش داده و عناصر تثبیت شده در این خاکها را برای جذب گیاه آزاد سازند. در بین مواد اسیدزا، کوگرد بهترین و اقتصادی‌ترین آنها می‌باشد. استفاده از کوگرد جهت اصلاح خاک و بهبود وضعیت تغذیه گیاه متداول بوده و سابقه دیرینه دارد. بنابراین امکان استفاده از کوگرد جهت رفع مشکل موجود در خاکهای سدیمی و آهکی، تا حدی که بتواند محصول را افزایش دهد، در بسیاری از مناطق دنیا مورد توجه می‌باشد. اما مشکلی که در این رهگذر وجود دارد این است که اکسایش شیمیایی کوگرد بسیار کند بوده و قادر نیست در طول یک فصل زراعی موجب کاهش pH خاک در حد کافی برای آزاد شدن عناصر غذایی تثبیت شده شود. در مقابل آن اکسایش بیولوژیک کوگرد که توسط طیف وسیعی از میکروارگانیسمها (باکتری‌ها، قارچها و اکتینومیسیتها) صورت می‌گیرد، به علت سرعت بالا از اهمیت خاصی برخوردار است. مهمترین اکسیدکنندگان کوگرد در خاک، باکتریهای جنس تیوباسیلوس می‌باشند. این باکتریها با اکسیداسیون کوگرد و تولید اسیدسولفوریک، سبب کاهش pH و آزاد شدن عناصر غذایی تثبیت شده می‌شوند. در این تحقیق سعی شد تا با جداسازی باکتریهای تیوباسیلوس از خاکهای مناطق مختلف ایران، شناسایی گونه‌های خالص شده و تلقیح آنها همراه با کوگرد به خاک، تأثیر آنها در کاهش pH خاک، آزاد شدن عناصر غذایی و تغذیه گیاه مورد بررسی قرار گیرد.

به منظور اجرای این تحقیق از نقاط مختلف کشور، از خاکهایی که احتمال وجود گونه‌های مختلف باکتری تیوباسیلوس مطرح بود، نمونه‌های خاک جمع‌آوری شدند. جهت غنی‌سازی باکتریها، نمونه‌های جمع‌آوری شده به محیط کشت Postgate اضافه شدند. جداسازی و خالص کردن باکتری پس از چندین مرحله کشت روی محیط مایع و جامع انجام گرفت. تفکیک و شناسایی گونه‌های جدا شده براساس آزمون‌های میکروسکوپی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی صورت گرفت و در نهایت ۸ گونه نامگذاری شدند.

جهت بررسی اثر تلقیح این باکتریها همراه با مصرف کوگرد در افزایش قابلیت جذب عناصر غذایی، آزمون گلخانه‌ای براساس طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل با ۲۴ تیمار و ۴ تکرار انجام گردید. تیمارها شامل کوگرد (در دو سطح)، فسفر (در سه سطح) و باکتری (سه نوع مایه تلقیح و تیمار بدون باکتری) بودند. پس از اعمال تیمارها و تلقیح باکتریها به خاک، بذر ذرت از رقم Single cross 301 در هر گلدان کشت گردید. در طی ۷۰ روز دوره رشد گیاه رطوبت گلدانها با اضافه کردن آب مقطر در حد ۸۰ درصد ظرفیت زراعی نگه داشته شد. پس از انقضای مدت یاد شده گیاهان برداشت شدند و وزن خشک اندام هوایی و ریشه، مقدار فسفر، آهن و روی در گیاه و خاک و pH خاک گلدانها اندازه‌گیری شدند. نتایج بدست آمده با نرم‌افزار کامپیوتری MSTATC آنالیز شد.

^۱ به ترتیب دانشجوی دوره دکتری دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

- ۱- استفاده از مایه تلقیح تیوباسیلوس همزمان با مصرف گوگرد در خاک، روی تمام شاخص‌های اندازه‌گیری شده (به جز مقدار روی قابل جذب خاک) تأثیر معنی‌داری در سطح ۱ درصد داشته است.
- ۲- تلقیح باکتری به خاک بدون مصرف گوگرد تفاوت معنی‌داری را نسبت به شاهد در پارامترهای اندازه‌گیری شده ایجاد نکرده است.
- ۳- بیشترین کاهش pH و آزاد شدن آهن و فسفر از خاک و همچنین بیشترین مقدار فسفر و آهن جذب شده توسط گیاه مربوط به هنگام است که گوگرد همراه با تیوباسیلوسهای اجباری به خاک اضافه شده است.
- ۴- بیشترین مقدار عملکرد ماده خشک گیاه مربوط به هنگامی است که گوگرد همراه با تیوباسیلوسهای اجباری یا مخلوط تیوباسیلوسهای اجباری و اختیاری استفاده شده است.
- ۵- مصرف همزمان گوگرد و باکتری بیشترین تأثیر را روی مقدار فسفر جذب شده و کمترین تأثیر را روی کاهش pH خاک داشته است.
- ۶- هیچیک از تیمارهای آزمایشی، تأثیر معنی‌داری بر مقدار روی قابل جذب خاک نشان نداده‌اند.
- ۷- مناسب‌ترین باکتری، باکتریهای اجباری بوده و مخلوط تیوباسیلوسها و تیوباسیلوسهای اختیاری به ترتیب در مرتبه دوم و سوم اهمیت قرار دارند.
- ۸- مصرف آپاتیت بعلاوه بالا بودن مقدار فسفر کل خاک، تأثیر معنی‌داری را روی شاخص‌های اندازه‌گیری شده نشان نداده است.
- ۹- هنگامی که گوگرد با تیوباسیلوسهای اجباری یا مخلوط تیوباسیلوسها به خاک اضافه شده است، مصرف کود سوپرفسفات تریپل و آپاتیت هیچ تأثیری را نسبت به حالت عدم مصرف آنها در عملکرد ایجاد نکرده است.
- ۱۰- مصرف کود سوپر فسفات تریپل همراه با گوگرد، نسبت به کود سوپر فسفات تنها، ۱۹۸۰ درصد عملکرد ماده خشک گیاه را افزایش داده و این افزایش در سطح ۱ درصد معنی‌دار شده است.
- ۱۱- مصرف گوگرد همراه با باکتری‌های تیوباسیلوس توانسته است میزان عملکرد ماده خشک گیاه را نسبت به کود سوپر فسفات تریپل ۲۱،۵۶ درصد و میزان فسفر جذب شده توسط گیاه را ۱۹۳ درصد افزایش دهد و این افزایش مقادیر، در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است.
- ۱۲- میزان عملکرد ماده خشک گیاه، با تمام پارامترهای اندازه‌گیری شده در خاک و گیاه (به جز مقدار روی قابل جذب خاک) همبستگی معنی‌دار داشته و پس از مقدار آهن جذب شده توسط گیاه $(R^2 = 0.94^{**})$ ، بیشترین همبستگی را با مقدار فسفر قابل جذب خاک $(R^2 = 0.77^{**})$ نشان داده است.
- ۱۳- میزان آهن قابل جذب خاک بیشترین همبستگی $(R^2 = 0.85^{**})$ و میزان روی قابل جذب خاک کمترین همبستگی را با کاهش pH خاک نشان دادند.
- ۱۴- بعلاوه وجود اثرات متقابل آنتاگونیسمی بین روی و فسفر، افزایش فسفر خاک ضمن افزایش فسفر جذب شدن توسط گیاه، مقدار روی جذب شده توسط اندام هوایی را به طور معنی‌داری کاهش داده است.
- ۱۵- مصرف کود سوپر فسفات تریپل نتوانسته است مقدار فسفر قابل جذب خاک را نسبت به شاهد افزایش دهد در حالیکه مصرف گوگرد همراه با باکتریهای تیوباسیلوس به طور معنی‌داری فسفر قابل جذب با نسبت به شاهد و کود سوپرفسفات تریپل افزایش داده است.
- ۱۶- مصرف گوگرد همراه با باکتریهای تیوباسیلوس مقدار آهن قابل جذب خاک را ۱۱۴،۵۷ درصد و میزان آهن جذب شده توسط گیاه را ۱۳۴،۹ درصد نسبت به شاهد افزایش داده است. همچنین میزان فسفر قابل جذب خاک و فسفر جذب شده توسط گیاه به ترتیب ۳۵۰،۳۳ درصد و ۲۶۸،۵ درصد نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهند.

-

حفظ باروری خاکها و در عین حال آلوده نکردن آنها یک امر ضروری جهت تولید درازمدت، در کشاورزی ارگانیک (آلی) می‌باشد. امروزه از یکسو استفاده بی‌رویه از کودهای شیمیائی و کمبود مواد آلی در خاکهای زراعی، و از سوی دیگر انبوه مواد زائد شهری و کشاورزی و مشکلات زیست‌محیطی آنها، ایجاب می‌کند که این مواد به نحو مطلوب و آگاهانه در چرخه حیات قرار گیرند. بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیائی مواد زائد یا به عبارتی کودهای آلی، مدتهاست که به منظور بهینه‌سازی و استفاده آگاهانه از آنها صورت می‌پذیرد. در این میان خصوصیات بیولوژیکی کودهای آلی در مطالعات فوق، نادیده گرفته می‌شود و توصیه به استفاده از کودهای آلی بدون بررسیهای همه جانبه بیولوژی و زیست‌محیطی آنها صورت می‌گیرد. بنابراین باید به موارد فوق در تحقیقات کاربردی اهمیت بیشتری داده و در این راه از روشهای پیشرفته نیز سود برد. تحقیقات فراوانی نشان می‌دهند که مواد آلی خاک، منبع غذا و انرژی برای میکروارگانیسم‌ها بوده و کمیت و کیفیت مواد آلی از عواملی است که بیش از همه در تشدید فعالیتهای زیستی خاک مؤثر است. تحت تأثیر تلاشهای بی‌وقفه این موجودات است که خاک با تظاهر بسیاری از اعمال حیاتی به تحول و تکامل خود ادامه می‌دهد. در این تحقیق اثر افزودن مواد زائد شهری و کشاورزی به عنوان کودهای آلی بر تغییرات کمی و کیفی میکروارگانیسم‌های خاک مورد بحث قرار می‌گیرد. اهداف مورد نظر در این تحقیق عبارتند از:

- ۱- بررسی تغییرات جمعیت میکروارگانیسم‌ها در خاک پس از افزودن مواد زائد شهری و کشاورزی
 - ۲- بررسی تغییرات جمعیت کلیفرمها به عنوان شاخص آلودگی و شناسائی تعدادی از آنها در تیمارهای مختلف کودی
- در این تحقیق چهار نوع کود آلی شامل لجن فاضلاب، کود حیوانی، کمپوست زیاله و مخلوط کاه گندم و یونجه، به عنوان چهار تیمار اصلی به همراه شاهد بدون کود در سه تکرار در یک طرح آماری کاملاً تصادفی در آزمایشات گلخانه‌ای ارزیابی شدند.

این آزمایشات بطور کلی از چهار بخش شامل تعیین جمعیت باکتریها، قارچها و اکتینومایستها در خاک، تعیین جمعیت باکتریهای ازتوباکتر، بررسی میزان آلودگی خاک به کلیفرمها و اندازه‌گیری میزان CO_2 خاک بعنوان شاخص تنفس و فعالیت میکروبی، انجام پذیرفت. برای تعیین جمعیت میکروبی خاک، ابتدا از نمونه خاک در تیمارهای مختلف، سوسپانسیون و سپس سری رقت تهیه می‌کنیم. به منظور پراکنده شدن خاکدانه‌ها و جدا شدن میکروارگانیسمها از ذرات خاک، از ارتعاشات اولتراسونیک استفاده شد. پس از تهیه سری رقت، از محیط کشت نوترینت آگار برای کشت باکتریها، از محیط کشت PDA + کلرامفنیکل برای کشت قارچ، از محیط کشت جنسون آگار بمنظور کشت اکتینومایستها و از محیط کشت مانیتول آگار برای کشت ازتوباکترها استفاده شد. پس از طی زمان انکوباسیون، تمام کلنی‌ها بر روی محیط کشت مورد نظر توسط کلنی کانتر کوبک شمارش گردید. برای مطالعه کلیفرمها از روش تخمیر چند لوله‌ای در محیط کشت لاکتوز برات و EMB و تست‌های فرضی و تأییدی استفاده شد و نتایج بصورت MPN گزارش گردید. برای اندازه‌گیری میزان گاز کربنیک حاصل از تنفس میکروبی، CO_2 جذب شده در یک محلول قلیائی بوسیله کلرید باریم رسوب داده شد و بقیه ماده قلیا توسط تیتراسیون با اسید تعیین گردید.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، استادیار دانشکده علوم دانشگاه اصفهان

نتایج حاصل نشان دادند که جمعیت باکتریها در همه تیمارها در هفته سوم به حداکثر رسیده و در این میان جمعیت باکتریها در تیمار کمپوست زباله در این مرحله به بیش از $10^6 \times 350$ CFU رسیده است. جمعیت قارچها نیز با افزودن هریک از کودهای فوق افزایش یافته و حداکثر جمعیت آنها در تیمار لجن فاضلاب و کمپوست زباله در هفته چهارم و در تیمارهای کود گیاهی و کود حیوانی در هفته هشتم به حداکثر خود رسیده‌اند. قارچهای غالب شناسایی شده عمدتاً از جنس آسپرژیلوس، پنیسیلیوم، فوزاریوم، رایزوپوس و تریکودرما بوده‌اند. همچنین بیشترین جمعیت اکتینومایستهای خاک در تیمار کاه گندم و یونجه در هفته هشتم مشاهده شد. بنابراین نقش این باکتریهای رشته‌ای در تجزیه بافتهای گیاهی دارای C/N بالا، کاملاً مشخص می‌گردد. نتایج نشان داد که جمعیت زیاد ازتوباکترها در تیمار کمپوست زباله، احتمالاً موجب تشدید رشد و تکثیر میکروارگانیسمهای خاک در این تیمار گردیده است. از نظر آلودگی، جمعیت کلیفرمها بخصوص در تیمار کود حیوانی در هفته اول انکوباسیون بسیار زیاد بود. در این مدت همچنین وجود بعضی از باکتریهای کلیفرم در کودهای لجن فاضلاب، حیوانی و کمپوست زباله تشخیص داده شد. افزایش هریک از کودهای فوق باعث بالا رفتن میزان تنفس خاک شده و بیشترین اندازه‌گیری CO_2 در تیمارهای لجن فاضلاب و کمپوست زباله بوده است.

(*Sinorhizobium meliloti*)

یونجه یکی از مهم‌ترین گیاهان علوفه‌ای است که حدود ششصد هزار هکتار از اراضی زراعی کشور را به خود اختصاص می‌دهد. این گیاه که از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی ایران محسوب می‌شود، قادر است در شرایط مطلوب و در حضور باکتری سینوریزوبیوم میلیوتی مقدار زیادی از ازت مولکولی را تثبیت نماید. یکی از اساسی‌ترین مراحل مطالعات تثبیت ازت مولکولی و همچنین تولید مایه تلقیح‌های ریزوبیومی، جمع‌آوری و تفکیک سویه‌های جداسازی شده می‌باشد. برای تفکیک سویه‌های ریزوبیومی از روش‌های آنتی‌بیوتیکی، سرولوژیکی، ریزوبیوفاژ و ژنتیکی استفاده می‌شود که روش اخیر از دقت و کارایی بیشتری نسبت به سایر روش‌ها برخوردار می‌باشد. در این تحقیق، مجموعاً یازده سویه مورد بررسی قرار گرفت که سویه‌های ۲S، ۱۱S، ۱۲S، ۲۰S، ۲۱S و ۲۹S از گیاه *Medicago sativa* و سویه‌های ۵T، ۹T، ۱۳T، ۱۸T و ۱۹T از *Medicago truncatula* جدا شده بودند. همچنین سویه‌های Rm۲۰۱۱ و MvII به ترتیب به عنوان سویه بدون پلاسمید *Cryptic* و دارای پلاسمیدهای مشخص از نظر وزن مولکولی، در سر تا سر آزمایش مورد استفاده قرار گرفتند. بطور کلی برای تفکیک سویه‌های مذکور از تکنیک‌های (PPA) Plasmid profile Analysis، Restriction، Fragment length polymorphism (RFLP) و Polymerase chain reaction (PCR) استفاده شد.

برای تجزیه پروفیل پلاسمید سویه‌ها از روش اکهارت (Eckhardt) استفاده شد. نتایج این تجزیه نشان داد که کلیه باکتری‌های مورد آزمایش علاوه بر مگاپلاسمیدهای شماره یک و دو، دارای پلاسمیدهای کریپتیک مختلفی می‌باشند، بطوری که تعداد و وزن مولکولی آنها معیار خوبی برای تفکیک سویه‌ها می‌باشد. به عنوان مثال سویه‌های ۱۲S، ۱۸T و ۲۰S فقط دارای یک پلاسمید کریپتیک بودند، سویه ۲S پلاسمید کریپتیک نداشت و بقیه سویه‌های مورد آزمایش دارای دوپلاسمید کریپتیک با وزن مولکولی مختلف بودند. محدوده وزن مولکولی پلاسمید کریپتیک سویه‌ها، ۹۵ تا بیش از ۸۰۰ کیلو بیس (Kb) بود.

برای تفکیک سویه‌های مذکور با استفاده از روش RFLP، ابتدا کل ژنوم باکتری‌ها استخراج و پس از حصول اطمینان از خلوص و همچنین غلظت DNA، ژنوم باکتری با استفاده از آنزیم *ECORI* برش داده شد و سپس الکتروفورز شد. آنگاه ژل مذکور با استفاده از روش *Vacuum Southern Blotting* به فیلترهای مخصوص انتقال داده شد. پروب‌های (probes) مورد استفاده برای *DNA Hybridization* شامل، پروب *Leu* (قطعه‌ای حاوی ژن‌های ساخت لوسین با وزن مولکولی ۴،۴ کیلو بیس که توسط آنزیم *ECORI* از کروموزم سینوریزوبیوم میلیوتی بریده شده و بر روی پلاسمید *psup* قرار گرفته بود)، پروب *Rec A* (قطعه‌ای از ژن *Rec A* سینوریزوبیوم میلیوتی که با *PCR* تکثیر یافته بود)، پروب *nod D* مگاپلاسمید شماره یک سینوریزوبیوم میلیوتی که با *PCR* تکثیر یافته بود) و پروب *EXP-Cluster* (پنج قطعه از مگاپلاسمید شماره دو سینوریزوبیوم میلیوتی که حاوی ژن‌های ساخت *LPS* بوده و در پلاسمیدهای *puX21* و *pk18mob* کلون شده بودند) بودند. برای نشان‌دار کردن DNA نیز از روش غیر رادیواکتیو *DIG* استفاده شد. همچنین در مطالعات هیبریداسیون DNA، برای تخمین وزن مولکولی قطعات از *Hind III* ۷ به عنوان استاندارد استفاده شد. نتایج آزمایشات RFLP نشان داد که هیبریداسیون DNA با پروب‌های *Leu*، *Rec A*، *Exp-cluster* و *nod D* سویه‌های مورد آزمایش را به ترتیب به یک، دو، سه و یازده گروه تفکیک نمودند. برای آزمایش *PCR* نیز از توالی ۲۲ تا ۴۱ و همچنین ۱۰۲۵ تا ۱۰۴۴ ژن *nod H* سینوریزوبیوم میلیوتی به ترتیب به عنوان پرایمر (Primer) یک و دو استفاده شد.

^۱ عضو هیأت علمی و سرپرست بخش تحقیقات بیولوژی خاک مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نتایج آزمایش PCR نشان داد که *nod H* برای تفکیک سویه‌های مذکور مناسب نبوده و همه آنها را در یک گروه قرار می‌دهد در مجموع تجزیه پروفیل پلاسمید به عنوان بهترین و سریعترین روش تفکیک سویه‌های سینوریزوبیوم ملیوتی توصیه می‌گردد.

Rhizobium leguminosarum. bv.

phaseoli

ازت یکی از عناصر مهمی است که در رشد و تغذیه گیاهان نقش مؤثری را به عهده دارد. لذا کمبود این عنصر در خاک سبب کاهش رشد گیاه و کیفیت محصول می‌گردد. برای رفع این کمبود به استفاده از کودهای ازتی اقدام می‌شود که سبب بروز مشکلاتی از قبیل آلودگیهای محیط‌زیست و تخریب لایه ازن خواهد شد و نیز اثرات زیانبخش بر روی سلامتی موجودات زنده و به خصوص انسان همانند مسمومیت خون و تولید سرطان باقی می‌گذارد. علاوه بر این استفاده از کودهای شیمیائی ازتی سبب خروج مقدار هنگفتی ارز از کشور شده که ضررهای اقتصادی فراوانی را بدنبال خواهد داشت.

برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه کودهای ازتی می‌توان از توانایی گیاهان خانواده لگوم که لوبیا نیز از آن جمله است، در همزیستی با باکتریهای جنس ریزوبیوم و تثبیت ازت توسط این باکتریها استفاده نمود که از این راه نیاز گیاه به ترکیبات ازتی به میزان فراوانی برآورده شده و به مقدار قابل توجهی از مصرف کودهای ازتی کاسته می‌گردد. اگرچه در خاکهای مناطقی از ایران که لوبیا کاشته می‌شود، جمعیت‌های متفاوتی از سویه‌های مختلف باکتری ریزوبیوم همزیست با این گیاه یافت می‌شوند و در بعضی نواحی نیز همزیستی موفقی را ارائه می‌دهند. با اینحال مصرف بیش از حد کودهای ازتی در بعضی مناطق سبب کاهش جمعیت باکتریهای مفید تثبیت کننده ازت در خاک گردیده است. بنابراین بهتر است که با استفاده از سویه‌های کارآمد و فعال این باکتری، مایه تلقیح مناسب برای لوبیا تهیه نمود و به هنگام کاشت این محصول از آن بهره برد. هدف از این تحقیق بررسی منابع مواد آلی و معدنی موجود در مناطق مختلف کشور و امکان تهیه مایه تلقیح مناسب برای لوبیا با استفاده از سویه‌های بومی و کارآمد در داخل کشور می‌باشد.

برای تهیه مایه تلقیح از ۵ ترکیب مختلف آلی و معدنی شامل شبه پیت کندوان، پرلیت تبریز، خاک زغالدار شاه بلاغی، زغال سنگ گاجره و باگاس هفت تپه، بصورت جداگانه و تلقیح‌هایی از این ۵ ماده با نسبتهای مختلف و مناسب که در مجموع ۱۵ ترکیب را تشکیل می‌داد، استفاده شد.

پس از بررسی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی این مواد، شامل اندازه‌گیری pH، تعیین مقدار رطوبت و اندازه‌گیری خاکستر، تعیین درصد فیبر در نمونه‌های خشک شده پیت و خاکهای غنی از مواد آلی و اندازه‌گیری میزان رطوبت‌پذیری این مواد، جهت بسته‌بندی، حاملهای مختلف آسیاب و دانه‌بندی شدند.

پس از بسته‌بندی حاملها در کیسه‌های پلی‌اتیلنی، نمونه‌ها با اشعه گاما استریل گردیدند. پس از انجام عمل استریلیزاسیون، بعضی از بسته‌ها بطور تصادفی انتخاب و از نظر استریل بودن مورد آزمایش قرار گرفتند. سپس در شرایط کاملاً استریل، سویه‌های باکتری ریزوبیوم انتخاب شده به حاملها اضافه گردید. بعد از تلقیح، نمونه‌ها در شرایط مناسب و در داخل انکوباتور قرار داده شدند و هر روز یکبار به مدت یک هفته از نظر تراکم باکتری و بقای سویه‌ها در انواع حاملها مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از طی این مدت، حاملها به یخچال (دمای ۴°C) انتقال یافته و هر ۱۰ روز یکبار تا یکماه و پس از آن هر ماه یکبار بمدت ۴ ماه مورد ارزیابی قرار گرفته و تعداد باکتریهای زنده در نمونه‌ها شمارش گردید.

در مرحله نگهداری در آزمایشگاه و سپس در یخچال، حاملهای ترکیبی پاسخ بهتری داشتند و نسبت به حاملهای ساده جمعیت‌های بالاتری از باکتری را در خود حفظ کرده بودند.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب تهران، استاد دانشکده علوم - دانشگاه تهران، عضو هیأت علمی دانشگاه الزهرا

پس از ارزیابی حامل‌ها در یخچال، جهت تعیین فعالیت سوبه‌های وارد شده به حامل انجام دو آزمایش متفاوت در نظر گرفته شد. ابتدا آزمون تعیین ویژگی میزبانی در لوله آزمایش انجام شد و سپس با تلقیح بذره‌های لوبیا بوسیله حامل حاوی باکتری مناسب، آزمایش مزرعه‌ای در قالب طرح بلوک‌های کاملاً تصادفی انجام گرفت.

نتایج بدست آمده از آزمایشات انجام شده نشان داد که حامل L که ترکیبی از نسبت‌های مناسب خاک زغالدار شاه بلاغی، شبه پیت کندوان و پرلیت تبریز (۱:۷:۷) می‌باشد، در مراحل آزمایشگاهی از نظر بقاء باکتری و حفظ جمعیت مناسب آن و نیز تولید گرهک روی ریشه لوبیا در لوله آزمایش بهترین وضعیت را داشت اما در شرایط مزرعه، حامل شبه پیت کندوان بطور خالص توانسته بود که از جمعیت باکتری در حد مطلوب و جهت ایجاد همزیستی مناسب محافظت نماید. لذا گرهک‌های تولید شده توسط این حامل نسبت به سایر نمونه‌ها در مزرعه از وضعیت بهتری برخوردار بود.

سویا به دلیل داشتن رابطه همزیستی تثبیت کننده ازت با باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم و نیز ارزش غذایی بالای آن مورد توجه پژوهشگران می باشد. جهت برقراری همزیستی ذکر شده وجود تعداد کافی باکتری فعال مذکور در اطراف سیستم ریشه‌ای سویا الزامی است. مطالعات دانشمندان حاکی از این است که وجود تعداد زیاد باکتری ذکر شده و یا مقادیر بالای ازت در خاک سبب عدم پاسخ سویا به تلقیح گشته و بنابراین افزایش محصول معنی دار نخواهد بود. هدف از این تحقیق دستیابی به مدل یا الگویی است که براساس آن بتوان با استفاده از روشهای ساده و سریع آزمایشگاهی روی نمونه‌های خاک، یعنی با تعیین تعداد باکتری ذکر شده و اندازه‌گیری پتانسیل معدنی شدن یا شاخص فراهمی ازت در خاک مورد نظر، مسئله نیاز یا عدم نیاز سویا به تلقیح را قبل از کاشت مشخص نمود به نحوی که دو منظور زیر به بهترین وجهی قابل تأمین باشند.

۱- هیچگونه مشکلی برای انجام تثبیت بیولوژیک ازت از نظر حضور تعداد کافی ریزوبیوم در خاک وجود نداشته باشد.
 ۲- در مصرف مایه تلقیح ریزوبیوم که تماماً از خارج وارد می شود تا حد امکان صرفه جویی شود.
 در مرحله اول جهت بررسی تأثیر جمعیت اولیه باکتری برادی ریزوبیوم ژاپونیکوم و ازت قابل معدنی شدن خاک در پاسخ سویا به تلقیح، آزمایش مزرعه‌ای بصورت طرح بلوکهای کاملاً تصادفی در سه تکرار با تیمارهای: بدون کود ازته و بدون تلقیح - بدون کود ازته و مایه تلقیح ایتالیایی با دو جمعیت باکتریایی 10^5 و 10^6 سلول بر هر بذر - بدون کود ازته و مایه تلقیح فرانسوی و بدون تلقیح و کود ازته معادل ۱۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار و با استفاده از رقم ویلیامز سویا ترتیب یافت.
 خاک این مزرعه ۳ سال قبل به کشت سویا اختصاص یافته و تلقیح گردیده بود. از این قطعه زمین پس از شخم و دیسک و آماده‌سازی یک نمونه خاک مرکب تهیه و جهت شمارش باکتری و اندازه‌گیری پتانسیل معدنی شدن ازت و سایر خصوصیات فیزیکی و شیمیایی استفاده شد. کرت‌های آزمایشی با ابعاد 4×2.5 متر و فاصله ۲ متر از هم تهیه گردیدند. در هر کرت آزمایشی ۴ ردیف کشت به فاصله ۶۰ سانتی‌متر از هم تعبیه و بذور بصورت دستی و به فاصله ۵ سانتی‌متر از یکدیگر در روی خطوط کشت گردیدند. برای تلقیح، بذور پس از توزین در یک کیسه نایلونی ریخته شدند و مقدار کمی نیز آب جهت مرطوب شدن به آنها اضافه شد و سپس مایه تلقیح توزین و بدان افزوده شده و بخوبی مخلوط شده و بلافاصله کشت گردیدند. کود ازته نیز معادل ۱۰۰ کیلوگرم ازت در هکتار بصورت اوره و در دو تقسیط (همگام کشت و شروع گلدهی) مصرف گردید. همچنین مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار P_2O_5 بصورت سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم K بصورت K_2SO_4 مصرف گردید. آبیاری کرت‌های آزمایشی با استفاده از لوله‌های پلاستیکی و مجزا از هم جهت جلوگیری از آلودگیهای احتمالی صورت گرفت. در پایان دوره رشد که بمدت ۱۱۵ روز بود، گیاهان از سطح خاک قطع شده و از نقطه نظر محصول دانه، وزن خشک قسمت هوایی، درصد ازت در بخش هوایی و کل جذب ازت بصورت کیلوگرم در هکتار در دو ردیف وسط هر کرت بطول ۱ متر مورد اندازه‌گیری قرار گرفتند.

^۱ به ترتیب دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب

شمارش باکتری با روش MPN-PIT و سنجش پتانسیل معدنی شدن ازت نیز با روش پیشنهادی Waring & Bremner (1964) انجام شد.

در مرحله دوم، آزمایش گلخانه‌ای با ۸ نمونه خاک از مزارع استان مازندران که دارای جمعیت‌ها و پتانسیل‌های معدنی شدن ازت متفاوت بودند ترتیب یافت. محدوده جمعیت باکتری بومی از یک تا $10^4 \times 5$ باکتری در گرم خاک و پتانسیل معدنی شدن ازت بین $31.3-7.5$ میکروگرم ازت در هفته در گرم خاک متغیر بود. ضمناً سایر مشخصات فیزیکی و شیمیایی خاکها نیز اندازه‌گیری شد. این خاکها در گلدانهای ۴ کیلوگرمی ریخته شده و بذور رقم ویلیامز سویا کشت و در طرحی با بلوکهای کاملاً تصادفی، ۴ تکرار و تیمارهای بدون کود ازته و بدون تلقیح - بدون کود و تلقیح با باکتری و دو تیمار کود ازته معادل ۱۰۵ و ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار پیاده شدند. سپس گلدانها به اتاقک رشد با حرارت حداکثر و حداقل ۲۵ و ۱۸ درجه سانتی‌گراد - شدت نور ۱۰۰۰۰ لوکس و طول روز ۱۶ ساعت منتقل گردیدند. پس از گذشت ۱۲۰ روز گیاهان قطع و فاکتورهای وزن خشک قسمت هوایی، غلاف، دانه و ریشه و تعداد و وزن غده‌ها و همچنین درصد ازت و کل ازت جذب شده در قسمت هوایی اندازه‌گیری شدند. تجزیه و تحلیل‌های آماری با استفاده از نرم افزار MSTATC و رسم نمودارها با برنامه HARVARD GRAPHICS انجام شد.

تلقیح خاک مزرعه که دارای جمعیت بومی 10^4 باکتری در گرم و پتانسیل معدنی شدت ازت ۹۰۰۸ بود تأثیری در افزایش وزن خشک قسمت هوایی و وزن دانه نداشته است ولی تلقیح سبب افزایش در مقدار کل جذب ازت گردیده است که در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشد. همچنین مشخص شد که مایه تلقیح ایتالیایی در حد 10^5 باکتری بر بذور بیشترین تأثیر را در جذب ازت توسط گیاه داشته است و به همین دلیل این مایه تلقیح جهت آزمایشات گلخانه‌ای انتخاب گردید. نتایج آزمایشات گلخانه‌ای حاکی از این امر بود که در خاکهایی که جمعیت بومی باکتری زیاد بوده و یا پتانسیل معدنی شدن ازت بالایی داشته‌اند، تلقیح تأثیری در فاکتورهای اندازه‌گیری شده نداشته است که می‌توان به خاکهای ۱ و ۴ و ۵ اشاره کرد ولی در خاکهایی که دارای جمعیت یا ازت متوسط بوده‌اند چنانچه تأثیری در افزایش عملکرد دانه مشاهده نگردد در مقدار ازت جذب شده افزایش دیده می‌شود. در خاکهای با جمعیت کم یا ازت پائین تلقیح سبب افزایش معنی‌دار در وزن خشک دانه، قسمت هوایی و جذب ازت گردید (خاک ۷).

با استفاده از این نتایج و با توجه به جمعیت‌های بومی باکتری در خاک از یکطرف و افزایش محصول دانه سویا در اثر تلقیح نسبت به شاهد که بصورت درصد محاسبه می‌شود. رابطه بین آنها مورد بررسی واقع شد که معادله زیر بدست آمد:

$$(1) Y = 71.72 - 16.63 X$$

در این رابطه که دارای $r = 0.93$ می‌باشد X و Y عبارتند از :

X = لگاریتم تعداد باکتری بومی در گرم خاک

Y = افزایش محصول دانه نسبت به شاهد بصورت درصد

در این معادله هرگاه تعداد باکتری بومی در خاک معادل $10^4 \times 2$ یا بیشتر در گرم خاک باشد انتظار افزایش محصول در اثر تلقیح نمی‌رود.

در مرحله دوم مدلسازی، عامل پتانسیل معدنی شدن ازت، با عامل جمعیت بومی باکتری در خاک تلفیق گردید که معادله نهایی زیر با $r = 0.96$ بدست آمد.

که X و Y دارای تعاریف معادله ۱ و

$$(2) Y = 92.59 - 18.088X - 0.792Z$$

Z = پتانسیل معدنی شدن ازت بصورت میکروگرم در گرم خاک در هفته می‌باشد.

با توجه به این تحقیق مشخص می‌شود که در خاکهایی که تعداد جمعیت بومی باکتری بالاست (خاک شماره ۴) و یا پتانسیل معدنی شدن ازت قابل ملاحظه می‌باشد (خاک شماره ۸) در اثر تلقیح، افزایش معنی‌داری نسبت به شاهد دیده

نمی‌شود و حداکثر بصورت افزایش مختصری در جذب ازت نمود می‌یابد در صورتیکه در خاکهای با جمعیت باکتری کم یا پتانسیل معدنی شدن اندک، محصول سویا بواسطه تلقیح افزایش معنی‌داری پیدا می‌کند.

در مورد مدلهای ارائه شده باید گفت که می‌توانند بطریقی بسیار ساده مورد استفاده قرار گیرند یعنی با نمونه‌برداری از خاک مزرعه و تعیین فاکتورهای X و Z می‌توان براحتی و با اطمینان بالا پیش‌بینی‌های مفیدی در رابطه با لزوم یا عدم لزوم تلقیح سویا انجام داد. بدیهی است این مدلهای برای شرایط خاکهای مازندران طراحی شده‌اند و توصیه می‌گردد براساس استفاده در مناطق دیگر با شرایط خاک و اقلیم جدید تطبیق داده شوند و در صورت نیاز تغییرات احتمالی در آنها ملحوظ گردد.

برای افزایش تولید محصولات کشاورزی یا باید سطح زیرکشت را بیشتر کرد که چندان مقدور نمی‌باشد و یا میزان تولید در واحد سطح را افزایش داد. برای این منظور اقدامات زیادی صورت گرفته است از جمله مصرف کودهای شیمیایی و سموم می‌باشد. مسئله قابل تأمل اینجاست که استفاده از این مواد سنتتیک علاوه بر هزینه بالا، خسارات عمده‌ای را به محیط‌زیست وارد می‌کنند که نتیجه آن مسمومیت انسان، دام و آبزیان است. بعلاوه مصرف سموم بر علیه آفات و بیماریها باعث از بین رفتن حشرات مفید، میکروفون و میکروفلور خاک می‌شود. مجموعه این مسائل ضرورت تجدیدنظر در روشهای افزایش تولید را بیش از پیش روشن می‌سازد. در این راستا مدد گرفتن از طبیعت بهترین راه ممکن است. در خاک میکروارگانیسم‌های زیادی زندگی می‌کنند که با شناخت آنها و روابط متقابلشان با خاک و گیاه می‌توان بهره‌وری بهینه‌ای از آنان داشت. از جمله این میکروارگانیسم‌ها می‌توان به ازتوباکترها اشاره کرد که علاوه بر تثبیت ازت قادر به سنتز مواد محرک رشد ریشه گیاه و کنترل بعضی عوامل بیماریزایی گیاهی توسط برخی سویه‌ها نیز می‌باشند. امروزه بسیاری کشورها از کود ازتوباکترین برای محصولات مختلفی از جمله غلات، صیفی‌جات و سبزیجات استفاده می‌کنند. بنابراین مطالعه این باکتری در خاکهای زراعی به منظور تعیین خصوصیات کیفی سویه‌های بومی و اثرات استفاده از آنها در بهبود رشد و حفظ سلامت گیاه ضرورت پیدا می‌کند. هدف از این تحقیق کاهش مصرف کودهای نیتروژنی و افزایش عملکرد می‌باشد.

در این بررسی ۴۶ نمونه از خاکهای زراعی استان تهران مورد استفاده قرار گرفتند برای تهیه هر نمونه از قسمتهای مختلف یک مزرعه تعداد حداقل ۱۰ نمونه فرعی از لایه زراعی برداشته شد و پس از مخلوط کردن کامل آنها حدود ۲ کیلوگرم از هر مزرعه به آزمایشگاه منتقل گردید. نمونه‌ها با روش خمیر اشباع خاک از نظر وجود ازتوباکتر مورد بررسی قرار گرفتند. بعد از تهیه کشت‌های فرعی، سویه‌های خالص آن جداسازی شد. برای شناسایی باکتری، آزمایشات مختلفی بر روی سویه‌های جدا شده صورت گرفت و در نهایت سویه‌های برتر از نظر توان تثبیت نیتروژن با روش ارزیابی احیاء استیلین انتخاب و در یک آزمایش گلخانه‌ای بر روی گندم آزمایش شد. محصول پس از دو ماه برداشت و پارامترهای وزن خشک اندام هوایی، تعداد و وزن خوشه‌ها و جذب نیتروژن با برنامه آماری MSTAT-C مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. این طرح در قالب بلوک‌های کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل شامل ۴ سطح ازتوباکتر، ۴ سطح کمپوست (باگاس نیشکر، فیلتر کیک و کودگاوی) به میزان ۱ درصد و ۲ سطح نیتروژنی صفر و ۳۵ میلیگرم در کیلوگرم خاک در ۴ تکرار انجام شد.

:

نتایج نشان داد که با اعتماد ۹۹ درصد می‌توان اظهار داشت که ازتوباکتر اثر معنی‌داری در افزایش وزن خشک اندام هوایی گندم داشته است. جدول مقایسه میانگین‌های مربوط به سه فاکتور نشان داد که کمپوست فیلتر کیک به همراه ازتوباکتر و یا کود گاوی با ازتوباکتر می‌تواند جایگزین مناسبی برای کود ازتی باشد.

-

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

داده‌ها نشان داد که تلقیح گندم با ازتوباکتر بدون حضور نیتروژن و کمپوست روی جذب نیتروژن گندم مؤثر بوده است اما این افزایش در حدی نبوده که از نظر آماری معنی‌دار باشد. بررسی نشان داد که مصرف نیتروژن به همراه کمپوست کود دامی و یا فیلتر کیک بیشترین اثر را در جذب نیتروژن داشته است.

-

نتایج نشان داد که اثرات متقابل سه فاکتور ازتوباکتر کمپوست و ازت در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. از مقایسه میانگین‌ها این طور بر می‌آید که تیمار تلقیح با مخلوطی از سویه‌ها بدون مصرف کمپوست و نیتروژن نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار را داشته است و این در حالی است که همین تیمار تلقیحی، در حضور مخلوط کمپوست و کود ازتی با تیمار تلقیح نشده تفاوت معنی‌داری پیدا نمی‌کند که این امر می‌تواند نشانه غیرفعال شدن باکتری در سطوح بالای نیتروژن باشد.

-

نتایج تجزیه واریانس نشان‌دهنده این است که هرچند تیمارهای تلقیح با ازتوباکتر به تنهایی از نظر آماری تأثیر معنی‌داری روی وزن خوشه‌ها نداشتند ولی اثرات متقابل آنها با هریک از فاکتورهای ازت و کمپوست و همینطور اثرات متقابل سه فاکتور (ازتوباکتر، کمپوست و نیتروژن) در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. نتایج نشان می‌دهد که تلقیح گندم بوسیله ازتوباکتر کروکوکوم روی همه پارامترهای رشد به نحوی مؤثر بوده، گرچه در بعضی موارد این اثرات از نظر آماری معنی‌دار نشده است. نتایج همچنین نشان داد که تلقیح با ازتوباکتر باعث گسترش قابل توجه سیستم ریشه‌ای گندم شده است. لذا یکی از دلایل افزایش سایر پارامترها را می‌توان همین مسئله دانست. بعلاوه یکی دیگر از دلایل افزایش شاخص‌های رشد گیاه در اثر تلقیح با ازتوباکتر را می‌توان به عوامل دیگری مانند سنتز هورمونهای رشد توسط این باکتری نسبت داد. در رابطه با تعداد و وزن خوشه‌ها بهترین نتایج اکثراً از تیمار مصرف توأم باکتری و ماده آلی بویژه کود دامی و فیلتر کیک حاصل شده است. لذا حضور کمپوست در کنار ازتوباکتر برای بالا بردن عملکرد این محصول ضروری به نظر می‌رسد. با توجه به اینکه در جداول مقایسه میانگین‌ها در اکثر موارد بین کود دامی و فیلتر کیک از نظر تأثیر روی شاخصهای رشد گیاه اختلاف معنی‌داری مشاهده نمی‌شود، لذا در این بین کود دامی که فراوان‌تر و ارزان‌تر است به عنوان بستر مناسبی برای فعالیت ازتوباکتر کروکوکوم توصیه می‌شود.

در حال حاضر بیش از ۹۰ درصد از روغن مصرفی کشور از خارج تأمین می‌شود که برای قطع این وابستگی، توسعه کشت دانه‌های روغنی و بالاخص سویا توصیه می‌گردد. به دنبال افزایش سطح زیر کشت سویا، مکانیزاسیون و یکپارچگی اراضی تحت کشت آن، معضل تلقیح بذور با حامل‌های جامد مطرح می‌شود. این مشکل که برای اولین بار توسط کشاورزان کانادایی به دولت آنها منعکس گردید با تولید مایه تلقیح مایع توسط شرکت آمریکایی Lipha Tech حل شد که متأسفانه به دلیل جنبه‌های اقتصادی، فرمولاسیون آن تاکنون مخفی مانده است. معیضاً، هرچند که فرمولاسیون آن مشخص نشده است لیکن چنین استنباط می‌شود که ماده فوق می‌تواند، جمعیت باکتری را در فاز ثابت رشد (Stationary phase) حفظ نماید. لذا با توجه به ویژگی مذکور و تکثیری پیش آزمایش‌های اولیه، چند نوع ماده به عنوان حامل مایع و به شرح زیر انتخاب شدند: (۱) محلول ۵۰ درصد (حجمی) کورن استیپ (Corn steep)، (۲) محلول ۵۰ درصد (حجمی) آب پنیر (Whey)، (۳) مخلوط ۵۰ درصد (حجمی) تیمارهای ۱ و ۲، (۴) محلول نگهدارنده آلی (HK، ۵) آب دوبار تقطیر شده. مقدار ۴۹ میلی‌لیتر از محلول‌های فوق در کیسه‌های پلاستیکی از جنس پلی‌پروپیلن به ضخامت ۰/۰۸ میلی‌متر و به ابعاد ۲۲ × ۱۳ سانتی‌متر ریخته و بعد از ۳۰ دقیقه اتوکلاو در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۱/۱ اتمسفر، یک میلی‌لیتر از باکتری *Bradyrhizobium japonicum* با جمعیت $10^9 \times 1.5$ سلول در هر میلی‌لیتر توسط دستگاه پمپ تزریق اتوماتیک به طور استریل به کیسه‌ها تزریق شد. همچنین به منظور کاهش هزینه نگهداری مایه تلقیح در سردخانه و تسهیل استفاده آن توسط کشاورزان، علاوه بر دمای ۴ درجه سانتی‌گراد دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد، نیز در نظر گرفته شد. این تحقیق در قالب یک طرح کاملاً تصادفی به صورت فاکتوریل شامل پنج تیمار حامل مایع، هفت زمان شمارش (۰، ۱۵، ۳۰، ۴۵، ۶۰، ۷۵ و ۹۰ روز پس از تلقیح)، دو دمای مختلف در سه تکرار طراحی شد. نتایج نشان داد که متوسط سه تکرار جمعیت باکتری مذکور پس از سه ماه از زمان تلقیح در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد در تیمارهای ذکر شده ۱ تا ۵ به ترتیب $10^5 \times 1.66$ ، $10^5 \times 1.6$ ، $10^4 \times 1.9$ ، $10^4 \times 1.7$ ، $10^7 \times 4.3$ سلول در هر میلی‌لیتر از حامل بود. همچنین نتایج نشان داد که متوسط سه تکرار جمعیت باکتری فوق پس از گذشت سه ماه از زمان تلقیح در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد در تیمارهای فوق به ترتیب $10^4 \times 3.5$ ، $10^4 \times 3.2$ ، $10^5 \times 1.7$ ، $10^9 \times 3.02$ ، $10^6 \times 6.02$ سلول در هر میلی‌لیتر از حامل بود. این تحقیق نشان داد که اولاً تیمارهای ۴ تا ۵ قادر به حفظ جمعیت باکتری در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد می‌باشد، همچنین تیمار شماره ۴ می‌تواند جمعیت قابل قبولی از باکتری را در دمای ۲۸ درجه سانتی‌گراد در خود حفظ نماید که این موضوع مؤید توانایی تولید مایه تلقیح مایه در داخل کشور می‌باشد.

^۱ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس

(*Trifolium subterraneum*)

تمایل شدید گیاه شبدر به برقراری رابطه همزیستی با قارچهای VAM باعث شد تا مطالعه حاضر از این گیاه استفاده شود. اگرچه تمایل میکوریزایی شبدر بخوبی مشخص شده است (یا کوبسن ۱۹۹۱ و ۱۹۹۲) ولی تحت تأثیر افزایش تراکم خاک و تغییر در مرفولوژی ریشه مشخص نیست که این تمایل چگونه است؟ لذا هدف از این بررسی مطالعه تمایل میکوریزایی گیاه شبدر به گونه *Glomus intraradices* برحسب رشد و جذب فسفر تحت تأثیر سطوح مختلف تراکم خاک است.

از یک خاک لوم سیلتی فقیر از فسفر قابل جذب، از عمق ۲۰-۰ سانتیمتری نمونه خاک جمع‌آوری و از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد. خاک به مدت یک ساعت در حرارت ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد و فشار ۳۰۰ کیلو پاسکال اتوکلاو و سترون گردید. در تیمار فسفر، ۱۵ میلی‌گرم فسفر در هر کیلوگرم خاک اضافه گردید. سپس خاک با محلول غذایی و مقدار کافی آب مقطر مخلوط و پتانسیل ماتریک خاک برابر با ۳۳- کیلو پاسکال تنظیم گردید. پس از آن خاک در کیسه‌های پلاستیکی پیچانده شد و به مدت دو روز در اتاق دمای ثابت (۲۰ درجه سانتی‌گراد) نگهداری شد. خاک در گلدان‌های PVC به ابعاد ۱۵ سانتیمتر طول و ۹ سانتیمتر قطر در لایه‌های ۳ سانتیمتری متناوباً توسط جک هیدرولیکی متراکم گردید. وزن مخصوص خاک در این آزمایش ۱،۲، ۱،۴ و ۱،۶ مگاگرم بر متر مکعب تنظیم گردید. میزان مقاومت خاک در مقابل نفوذ (Penetrometer resistance = PR) در هر یک از وزن مخصوص‌های فوق با به حرکت در آوردن میله نفوذ سنج الکتریکی با سرعت ۵ متر در دقیقه اندازه‌گیری شد. میزان PR برای وزن مخصوص‌های فوق به ترتیب برابر با ۱،۱، ۱،۳ و ۳،۵ مگا پاسکال بود.

در تیمارهای میکوریزایی، در هر گلدان ۴ حفره کوچک ایجاد و در هر حفره ۰،۲۵ گرم ریشه تازه شبدر مایه‌زنی شده با *G. intraradices*، که قبلاً تهیه شده بود، قرار داده شد و سپس یک نشاء دو روزه به هر حفره منتقل گردید. در تیمارهای غیر میکوریزایی (شاهد)، ۰،۲۵ گرم ریشه تازه شبدر تلقیح نشده برای هر گیاه مانند فوق بکار برده شد. در کلیه تیمارهای میکوریزایی و غیرمیکوریزایی ریشه‌های شبدر با *Rhizobium leguminosarum biovar trifolii* مایه‌زنی گردید.

کلیه گیاهان در گلخانه با دمای متوسط ۱۹،۴ و ۲۴ درجه سانتی‌گراد به ترتیب در شب و روز به مدت هفت هفته رشد داده شدند. پس از برداشت، ریشه‌ها بدقت از خاک جدا و با آب بخوبی شسته شدند. از هر گلدان ۰،۳ گرم از ریشه تازه جهت اندازه‌گیری طول ریشه و درصد طول ریشه تلقیح شده جدا و بقیه جهت تعیین ماده خشک ریشه در ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت سه روز خشک گردیدند. ماده خشک برگ نیز به همین مدت و تحت درجه حرارت فوق بدست آمد. درصد طول ریشه گیاه تلقیح شده بعد از رنگ‌آمیزی ریشه براساس روش گیوانتی و موسیه، ۱۹۸۰ محاسبه گردید. قطر ریشه‌های اصلی و اولین انشعابات ریشه بوسیله یک بینوکولار دارای میکرومتر چشمی اندازه‌گیری شد. میزان فسفر در برگ و ریشه‌ها از طریق رنگ سنجی و با استفاده از روش هنسون، ۱۹۵۰ تعیین گردید. طول میسلومهای خارجی به روش ابوت و همکاران، ۱۹۸۴ تعیین گردید. کارایی میکوریزایی برحسب رشد از تقسیم وزن ماده خشک گیاهان میکوریزایی به وزن ماده

^۱ مجتمع عالی آموزشی و پژوهشی رامین - دانشگاه شهید چمران اهواز

خشک گیاهان غیرمیکوریزایی ضربدر ۱۰۰ و کارآیی میکوریزایی برحسب فسفر از تقسیم میزان فسفر جذب شده توسط گیاهان میکوریزایی به میزان فسفر جذب شده توسط گیاهان غیرمیکوریزایی ضربدر ۱۰۰ بدست آمد.

افزایش تراکم خاک از ۱،۱ مگا پاسکال به ۳،۶ مگا پاسکال بشدت طول ریشه گیاه و نتیجتاً ماده خشک برگ و ریشه را در هر دو سطح میزان فسفر خاک کاهش داد. اگرچه طول ریشه گیاه کاهش یافت ولی قطر ریشه گیاه (هر دو ریشه اصلی و اولین انشعابات ریشه) با افزایش تراکم خاک افزایش یافت. کاهش طول ریشه گیاه منجر به کاهش شدید میزان فسفر جذب شده بازاء هر بوته گیاه گردید. نتایج حاصل از تأثیر افزایش تراکم خاک بر روی رشد و جذب فسفر توسط گیاه شبدر با نتایج قبلی گزارش شده در مورد ذرت، یولاف و چغندر قند مطابقت دارد. اگرچه میزان فسفر جذب شده کاهش پیدا نمود ولی میزان آن در واحد طول ریشه گیاه با افزایش مقاومت مکانیکی خاک افزایش پیدا نمود. افزایش جذب فسفر در واحد طول ریشه می‌تواند بدلیل افزایش قطر ریشه و نتیجتاً افزایش سطح غشاء پلاسمایی در واحد طول ریشه گیاه باشد. یک افزایش جذب برای پتاسیم در واحد طول ریشه گیاه سویا وقتی قطر ریشه افزایش یافت توسط پیترسون و باربر (۱۹۸۱) گزارش شده است.

در تمام سطوح تراکم خاک، مایه‌زنی ریشه گیاه شبدر با قارچ میکوریزایی باعث گردید تا ماده خشک برگ و طول ریشه گیاهان میکوریزایی افزایش معنی‌داری را نسبت به ماده خشک و طول ریشه گیاهان غیرمیکوریزایی نشان دهد. با وجود این، تمایل میکوریزایی برحسب رشد گیاه با افزایش تراکم خاک کاهش پیدا نمود. چنین کاهشی نیز برای جذب فسفر با افزایش تراکم خاک نیز مشاهده شد. نتایج این بررسی نشان داد که درصد طول ریشه گیاه مایه‌زنی شده نه تنها با افزایش تراکم خاک کاهش پیدا ننمود بلکه یک روند افزایش را نیز نشان داد. بنابراین کاهش تمایل میکوریزایی هم برحسب رشد و هم برحسب جذب فسفر عمدتاً مربوط به کاهش طول ریشه گیاه میزبان بوده است، اگرچه کاهش طول رشته‌های میسلیومی در نتیجه تراکم خاک نیز دخیل بوده است. افزایش مختصر فسفر (۱۵ میلی‌گرم در کیلوگرم) به خاک بسیار فقیر از فسفر باعث شد تا تمایل میکوریزایی شدیداً افزایش یابد و این تأییدی است بر نتایج قبلی که نشان داد افزایش مختصر فسفر به خاکهای فقیر از فسفر تمایل میکوریزایی را افزایش می‌دهد. نتایج این آزمایش بخوبی نشان می‌دهد اگر چه جذب فسفر و رشد گیاه شبدر با افزایش تراکم خاک کاهش پیدا نمود ولی حضور قارچهای VAM به مقدار قابل توجهی اثرات سؤ ناشی از تراکم خاک بر روی رشد و نمو گیاه را تعدیل نمود.

بادام‌زمینی یکی از مهم‌ترین گیاهان روغنی است که در حضور جمعیت مناسبی از باکتری‌های با راندمان همزیستی بالا و شرایط مطلوب محیطی مانند حاصلخیزی خاک، می‌تواند قسمت اعظمی از ازت مورد نیاز خود را از طریق فرآیند تثبیت بیولوژیک ازت تأمین نماید. در این تحقیق ضمن تکمیل پرسشنامه‌هایی جهت اطلاع از نوع، میزان و نحوه مصرف کودهای شیمیایی ازته، نمونه‌هایی از گرهک‌های ریشه‌ای و خاک مزارع بادام‌زمینی شمال کشور جهت تخمین جمعیت باکتری، جداسازی آن و سطح حاصلخیزی خاک تهیه گردید. پس از خالص‌سازی باکتری‌های مذکور، کارآئی همزیستی با گیاه در شرایط گلخانه‌ای مورد ارزیابی قرار گرفت. نتایج مشاهدات مزرعه‌ای، حاکی از ظهور علائم کمبود ازت مشکوک به آهن در اراضی استان مازندران، مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی ازته در استان گیلان (۳۵۰ کیلوگرم درهکتار) و همچنین پائین بودن درجه گره‌بندی گیاه بود، بطوری که فقط چهار درصد از مزارع نمونه‌برداری شده از نظر گره‌بندی وضعیت قابل قبولی داشتند. جمعیت باکتری همزیست با گیاه بادام‌زمینی در اراضی مذکور $10^2 \times 26 - 10^1 \times 1$ سلول در هر گرم خاک برآورد شد که از حداقل مورد نیاز جهت یک همزیستی موفق کمتر می‌باشد. نتایج بررسی کارآئی همزیستی با گیاه نیز نشان داد که ۷۲،۲ درصد از سویه‌های جمع‌آوری شده غیر مؤثر، ۱۶،۶ درصد نسبتاً مؤثر، ۵،۶ درصد مؤثر و ۵،۶ درصد خیلی مؤثر می‌باشند. در مجموع با توجه به وضعیت مناسب حاصلخیزی خاک در این اراضی، پائین بودن کارآئی همزیستی باکتری با گیاه، جمعیت باکتری و همچنین مصرف کود شیمیایی ازته به عنوان عوامل محدود کننده تثبیت ازت مولکولی توسط سویه‌های بومی تشخیص داده شد. لذا مصرف مایه تلقیح‌های اختصاصی بادام‌زمینی حاوی سویه‌های بومی با کارآئی خیلی مؤثر و ترجیحاً تولیدکننده سیدروفور در اراضی بادام‌زمینی شمال کشور توصیه می‌شود.

^۱ به ترتیب دانشجویان دوره دکتری گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس و کارشناس مؤسسه تحقیقات خاک و آب

۱

رسوب کربناتهای ثانویه یا پدوژنیک پدیده است که در خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک که بیش از نیمی از اراضی دنیا را می پوشانند عمومیت دارد. این پروسه به چند دلیل دارای اهمیت می باشد. اولاً بررسی ترسیب کربناتهای ثانویه در خاکها اطلاعات خوبی را در ارتباط با شرایط اکولوژیکی و محیطی زمان تشکیل آنها ارائه می نماید. ثانیاً، کربناتهای پدوژنیک یکی از ذخائر اصلی کربن و از نظر مقدار احتمالاً به اندازه ذخائر کربن آلی می باشد. ثالثاً، آهکهای ثانویه از نقطه نظر ساختار و اعمال اکوسیستمهای بیابانی به لحاظ اثرات آنها بر روی روابط آب، خاک و گیاه و نهایتاً توزیع گونه های گیاهی حائز اهمیت است.

در خاکهایی که بر روی مواد مادری آهکی تشکیل شده اند معمولاً تمایز بین کربناتهای پدوژنیک و به ارث رسیده از مواد مادری در صحرا مشکل است. استفاده از اندازه گیری های ایزوتوپی کربن و اکسیژن امکان تفکیک این دو فرم آهک را فراهم می سازد. همچنین مطالعه مرفولوژی بلورهای کلسیت با استفاده از میکروسکوپ الکترونی اسکنینگ (SEM) به این عمل کمک می نماید.

خاکهای مورد مطالعه در این تحقیق در حوالی شهر اصفهان بر روی آبرفت های بادبزنی شکل (Alluvial Fan) واقع گردیده اند. نمونه های خاک و کربناتهای ثانویه (بفرم پودر و سخت دانه) از افقهای متفاوت ۵ پروفیل خاک برداشت گردید. این خاکها مطابق روش تاکسونومی امریکایی (۱۹۹۸) در تحت گروه کلسیک آرچی جیپسید و یا تیپیک جیپسی آرچید قرار می گیرند. رسوبات آبرفتی که این خاکها بر روی آنها تشکیل گردیده اند عمدتاً از سنگهای آهکی کرتاسه و شیل های ژوراسیک منشاء می گیرند.

نمونه های آهک ثانوی، همینطور نمونه هایی از مواد مادری آهکی مورد آنالیز ایزوتوپیهای کربن و اکسیژن پایدار قرار گرفتند. پس از تیمار نمونه ها با اسید فسفریک خالص در محیط محبوس که از هوا تخلیه شده بود گاز CO_2 تولید شده با استفاده از تله های سرد خالص سازی و با استفاده از اسپکترومتر جرمی مقادیر $\delta^{18}\text{O}$ و $\delta^{13}\text{C}$ آنها تعیین شد. علاوه بر کربن معدنی، ترکیب ایزوتوپی کربن پایدار مواد آلی در افقهای بالایی نیز تعیین شد. جهت این کار ابتدا کربن معدنی با تیمار با اسید کلریدریک ۳ نرمال خارج شد. سپس کربن آلی طی فرآیند اکسیداسیون خشک در حضور CuO به CO_2 تبدیل گردید. CO_2 تولیدی با استفاده از تله های سرد از سایر گازهای تولید شده تفکیک و خالص سازی و مقدار $\delta^{13}\text{C}$ آن با اسپکترومتر جرمی تعیین گردید. مقدار آهک پدوژنیک در خاک بر اساس تغییر ترکیب ایزوتوپی و مطابق روش ماگاریتز و آمیل (۱۹۸۰) تعیین شد.

کربناتهای ثانوی جدا شده از افقهای کلسیک حاوی ۸ تا ۱۹ درصد کانیهای غیر کربناته بودند. بررسی مقاطع فوق العاده نازک آهک های پدوژنیک در زیر میکروسکوپ الکترونی عبوری (TEM) تصویر دقیقتری از آرایش بلورهای کلسیت و کانیهای پالیگورسکایت ارائه داد. مجموعه های چند صدتایی رشته هایی پالیگورسکایت فضای خالی بین بلورهای کلسیت را پر کرده، همچنین به صورت پل بین ذرات واقع می شوند. طول رشته ها ۲-۱ میکرون و قطر آنها ۲۰۰-۱۰۰ نانگستروم است. از

^۱ استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

آنجائیکه تیمار اسید توانسته است رشته‌های پالیگورسکایت را کاملاً از هم جدا نماید بنظر می‌رسد پیوند بین رشته‌ها قوی باشد.

مقادیر $\delta^{13}\text{C}$ مواد آلی خاک در افق‌های سطحی بین ۲۳،۱۷ - تا ۲۱،۵ - در هزار (در مقایسه با PDB) تغییر می‌نماید و در افق‌های پائینی بیشتر می‌باشد. ترکیب ایزوتوپی کربن در مواد آلی خاک نمایانگر اینست که مخلوطی از گیاهان C_3 و C_4 منشاء این مواد می‌باشد.

مقایسه ترکیب ایزوتوپی کربن و اکسیژن کربنات‌ها نشان می‌دهد که آهک‌های پدوژنیک نسبت به کربنات‌های مادری از نظر ^{13}C تهی شده ولی از نظر ^{18}O غنی‌تر می‌باشد. وجود همبستگی مثبت معنی‌دار بین $\delta^{13}\text{C}$ و $\delta^{18}\text{O}$ آهک‌های پدوژنیک نمایانگر تغییرات فصلی در پروسه‌های بیولوژیکی مؤثر بر ترسیب آنها می‌باشد. بعلاوه این همبستگی می‌تواند حاصل تأثیر تکنیک ایزوتوپی همزمان و همسو در ایزوتوپ‌های O و C طی پروسه حل و رسوب آهک باشد.

مقدار $\delta^{13}\text{C}$ مواد آلی خاک نسبت به گاز CO_2 که کربنات‌های ثانویه از آن منشاء گرفته‌اند منفی‌تر می‌باشد.

در تمام پروفیل‌های مورد مطالعه ناحیه تجمع کربنات‌های ثانویه با منطقه تجمع رس منطبق می‌باشد. از آنجائیکه در بخش غیرقابل حل در اسید که همراه این کربنات‌ها می‌باشد علاوه بر کانی پالیگورسکایت کانیهای رسی دیگر همچون کائولینایت هم وجود دارد می‌توان نتیجه‌گیری نمود که حداقل بخشی از کانیهای رسی از جمله پالیگورسکایت همراه با کلسیت ثانویه حاصل پدیده آبشویی است که در شرایط اقلیمی مرطوبتر در منطقه حاصل شده است. در این رابطه مرفولوژی درختی پالیگورسکایت همراه با کربنات‌های پدوژنیک تشکیل در جای این کانی را نیز نشان می‌دهد. ترسیب کربنات کلسیم باعث افزایش نسبت فعالیت Ca به Mg در محیط و ایجاد شرایط فیزیکی شیمیایی مناسب برای تشکیل پالیگورسکایت می‌شود. جزئیات موارد مطروحه در بالا مورد بحث این مقاله بوده و تشریح خواهد شد.

شناخت عمیق خواص خاک از نظر ژنتیکی، مورفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی، کانی‌شناسی و فرسایش‌پذیری در سطوح ژئومورفولوژی باعث استفاده و بهره‌برداری بیشتر آن می‌شود. از مناطقی که به تحقیقات گسترده و دقیق‌تری نیاز دارد خاکهای حوزه آبخیز شمالی رودخانه کارون می‌باشد. بدین منظور حوزه فرعی خانمیرزاد - چله خانه که در ۳۵ کیلومتری شرق شهر لردگان واقع است جهت انجام این تحقیق انتخاب گردید.

در این تحقیق از میان پروفیل‌های حفر شده در یک ردیف ارضی - آبی (Hydro - Toposequence) ۷ پروفیل در سطوح مختلف ژئومورفولوژی انتخاب و بر روی نمونه‌های خاک آزمایش‌های فیزیکوشیمیایی، میکرومورفولوژی، شناسایی کانیهای رسی و فرسایش‌پذیری خاک انجام گردید و سپس بر اساس سیستم‌های طبقه‌بندی شده ۱۹۹۴ و ۱۹۹۸ و اف - آ - انو ۱۹۹۸ رده‌بندی گردیدند. این ردیف خاکها از کوه با پوشش جنگلی (واحد کوهستان) واقع در شمال غربی دشت جوانمردی - آلونی شروع و پس از گذشتن از واحدهای کوه باپوشش مرتعی (واحد کوهستان)، واقع در شمال غربی دشت جوانمردی - آلونی شروع و پس از گذشتن از واحدهای کوه با پوشش مرتعی (واحد کوهستان) واریزه‌های آب‌رفت (دشت سر آبانداژ)، دشتهای دامنه‌ای (دشت سرپوشیده) و اراضی پست (منطقه مرطوب با سطح آب زیرزمینی بالا) به گنبد گچی و نمکی باغ بهزاد واقع در جنوب شرقی این دشت در مسافت حدود ۲۸ کیلومتر ختم می‌شود.

نتایج مطالعات نشان می‌دهد که پستی و بلندی به عنوان مهمترین فاکتور خاکسازي در منطقه مورد مطالعه، بدلیل تأثیر بر میزان بارندگی مؤثر، مقدار روان آب، ایجاد میکروکلیم، ثبات خاک، شدت و مقدار زهکشی تحت الارض و در نتیجه سرعت آبشویی املاح، شدت فرسایش و انتقال مواد تخریب یافته، رسوب گذاری ذرات و انتشار اجزاء خاک موجب تکامل پروفیلی خاک گردیده است. این عامل در قالب راستا، درجه و طول شیب بر روی فرآیندهای کلسیمی شدن و تیره شدن و گلی شدن و همچنین بر روی بسیاری از خصوصیات خاک ازجمله: رنگ، درصد رس، درصد آهک و نوع آن ، pH , SP Fe, SAR , OC , CEC , BS , نوع و مقدار کانیهای رسی و فاکتورهای فرسایش‌پذیری خاک دارای تأثیرات مستقیم و غیر مستقیم است. به طوری که در مرکز دشت به علت ریزدانه بودن رسوبات کاهش گرادیان هیدرولیکی سطح آب زیرزمینی بالا آمده و منطقه وسیعی را زهدار نموده است. به گونه‌ای که اجازه تجزیه بقایای گیاهی و بازگشت عناصر به خاک را نمی‌دهد. بنابراین مواد آلی در سطح خاک تجمع می‌یابد و ممکن است به طور موضعی ایی بدون هیستیک تشکیل شود. علاوه بر این، خاکهایی با بافت درشت‌تر در نواحی مرتفع‌تر قرار دارند در صورتی که خاکهایی با بافت ریز، در مناطق مسطح واقع شده‌اند و این به دلیل این است که ذرات جدا شده از سنگ مادر در ارتفاعات و اراضی کوهپایه‌ای تحت تأثیر نیروی ثقل و انرژی جنبشی آب قرار می‌گیرند و وقتی به شیب‌هایی ملایم و مسطح می‌رسند، انرژی خود را آهسته از دست می‌دهند و متناسب با اندازه و وزن خود بر جای می‌مانند و همین امر باعث ایجاد بافت‌های متفاوت در سطوح مختلف گردیده است. خاکهای اراضی جنگلی نسبت به اراضی مرتعی در واحد کوهستان به دلیل وجود پوشش گیاهی مناسب، بازگشت بقایای گیاهی به سطح خاک بیشتر بوده که سبب استحکام واحدهای ساختمانی شده و افزایش سرعت نفوذ آب به خاک، که کاهش فرسایش سطحی را به دنبال دارد، باعث تکامل و تشکیل خاک عمیق شده است. خاکهایی که بر روی سطوح دشت سرآبانداژ (آبرفتهای بادبزی شکل) واقع شده‌اند به

^۱ دانشجوی دوره دکتری خاکشناسی و دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان.

علت اضافه شدن رسوبات جدید بر آن، زمان کافی برای تکامل کامل را پیدا نکرده‌اند و دارای افقهای شناسایی اکریک و کلسیک می‌باشند. حداثت دشت سرآپنداز و اراضی مرطوب با سطح آب زیرزمینی بالا را دشتهای دامنه‌ای (دشت سرپوشیده) تشکیل می‌دهند. این خاکها به علت شیب ملایم دارای ثبات بیشتری هستند و آبشویی و تجمع آهک در آن بیشتر صورت گرفته است. به طوری که این خاکها خیلی عمیق و آهک به فرمهای مختلف از جمله سخت دانه، گره، رشته‌های نازک آهکی و آهک به صورت پاکت پودری به وضوح و به مقدار قابل توجهی ملاحظه می‌شوند. اراضی پست و مسطح واقع در وسط دشت دارای تکامل پروفیلی بیشتر و از مشخصات عمده این خاکها تشکیل افقهای کلسیک و آرچلیک می‌باشد. همچنین تغییر وضعیت سطح آب زیرزمینی و مقدار هودیدگی باعث تغییرات عمده در آهن خاکها شده است. به طوری که در خاکهای اراضی جنگلی و مرتعی واحد کوهستان و اراضی کشاورزی دشت سرهای آپنداز و پوشیده مقدار آهن کل استخراج شده با عمق کاهش می‌یابد که این مسئله ناشی از هودیدگی بیشتر افقهای سطحی نسبت به افقهای تحت الارضی را نشان می‌دهد که باعث آزاد شدن آهن از کانیهای اولیه می‌گردد. ولی در پروفیل‌های اراضی مرطوب که تحت تأثیر آب زیرزمینی می‌باشند، مقدار آهن کل با عمق افزایش می‌یابد که به دلیل تغییر Fe^{+3} به Fe^{+2} و حلالیت بیشتر آهن و انتقال آن به افقهای تحت الارضی است.

وجود آهک زیاد در پروفیل خاک خصوصیات فیزیکوشیمیایی این خاکها را تحت تأثیر قرار داده است و مطالعات مورفولوژی و میکرومورفولوژی خاکها نشان می‌دهد که کربنات کلسیم موجود در این خاکها بخشی مربوط به مواد مادری (دارای منشاء زمین زاد) و بخشی از آن در خاک تشکیل شده است (خاکزاد). به طوری که منابع کربنات کلسیم موجود در خاکهای مورد مطالعه عبارتند از: مواد مادری آهکی، آب زیرزمینی، روان آب، آب آبیاری و همچنین حرکت جانبی و انتقال مواد کربناتی از شبیه‌های بالادست. اشکال کربنات زمین زاد در این خاکها شامل: سنگ بستر آهکی، تکه‌های درشت به جا مانده از موادمادری، نودول‌های آهکی و اتولیت یا پایزولیت می‌باشد. اشکال ماکرومورفیک کربناتهای خاکزاد عبارتند از: رشته‌ها (مسیلوم)، گره‌ها، سخت‌دانه‌ها، آهکهای نرم جدا شده (آهک‌های پودری) پندانه‌های آهکی و افق پتروکلسیک، اشکال میکرومورفیک کربناتهای خاکزاد که بر اساس مطالعات میکرومورفولوژی شناسائی شدند عبارتند از: کلکان، نودول، کانکریشن، محفظه‌های کریستالی و کریستالهای اضافی. همچنین سه مکانیزم جهت تجمع آهک ثانویه در این خاکها پیشنهاد می‌گردد:

۱ - حل شدن آهک از سطح پروفیل در فصل مرطوب ۲ - تجزیه سنگ آهک اولیه و ۳ - تزریق آهک از سفره

آب زیرزمینی.

نتایج آزمایشهای کانی شناسی نشان داد که در بخش رس خاکها کانیهای کوارتز، فلدسپار، کائولینیت، ایلیت، پالیگورسکیت، کلریت، اسمکتیت و کانیهای مختلط نامنظم کلریت - ورمیکولیت - کلریت - کالریت منبسط شونده و میکا - اسمکتیت وجود دارد. کانیهای کلریت، کائولینیت و کوارتز عمدتاً در بخش رس درشت، اسمکتیت عمدتاً در بخش رس ریز، پالیگورسکیت فقط در بخش رس ریز و ایلیت در هر دو بخش رس این خاکها وجود داشت. رسهای موجود در این خاکها از نظر نوع تقریباً مشابه ولی از لحاظ مقدار نسبی در خاکهای مختلف متغیرند.

به طوری که از واحد کوهستان به سمت مرکز دشت بر مقدار پالیگورسکیت افزوده می‌شود و از دشت سر آپنداز به سمت دشت سرپوشیده از مقدار کانیهای قابل انبساط مثل اسمکتیت و ورمیکولیت کاسته و بر مقدار ایلیت و پالیگورسکیت افزوده می‌گردد. از طرفی از اراضی دشت سر پوشیده به سمت اراضی مرطوب از مقدار ایلیت کاسته شده و به مقدار کانیهای انبساط پذیر ۲:۱ افزوده می‌گردد. علاوه بر این پستی و بلندی بر روی رده‌بندی و رژیم رطوبتی خاکها نیز تأثیر گذاشته است. به طوری که خاکها در ۴ رده آنتی سولز، مالی سولز، الفی سولز و اینسپتی سولز و ۲ رژیم رطوبتی زیریک و اکوتیک قرار می‌گیرند.

Typic Haplocambids

-

۱ . .

خاکهای تشکیل شده روی رسوبات سیلابی در صورتی که محدودیت شوری و یا سنگریزه دار بودن را نداشته باشند در صورت دسترسی به آب جهت آبیاری پس از اراضی آبرفتی رودخانه‌ای حاضر از اراضی حاصلخیز بیابانهای داخلی ایران بشمار می‌آیند. بدلیل وجود مینرالهای با هوازدگی ضعیف در اینگونه نهشته‌های سیلابی و خاکهای حاصله از آنها این خاکها با پتانسیل بالای ذخیره عناصر غذایی مورد نیاز گیاهان به حساب می‌آیند. با توجه به تجارب مردم نواحی بیابانهای ایران ضمن بکارگیری این اراضی در کشاورزی با آبیاری منجر به افزایش محصولات زراعی - صیفی و سبزیکاری در این اراضی گردیده است. بدلیل قدمت بکارگیری اینگونه خاکها و بررسی اثرات آبیاری که از بارزترین تاثیرات انسانی در این نواحی است خاکهایی را در شرایط طبیعی بدون دخالت انسان و در مقایسه آن خاکهایی که مورد استفاده کشاورزی و آبیاری قرار گرفته بودند جهت این مطالعه انتخاب شد تا ویژگیهای فیزیکی شیمیایی کانی شناسی آنها مطالعه و مقایسه گردد.

به منظور مطالعه حاضر و بررسی خصوصیات و ساختار خاکها ابتدا با روشهای مقایسه‌ای جغرافیایی تفکیک تیپ خاکها و ویژگیهای طبقه‌بندی آنها انجام شد و سپس با روشهای مقایسه‌ای آنالیتیکی آزمایشگاهی مراحل شناسایی و تکمیلی خاکها انجام گرفت. موقعیت خاکهای مورد مطالعه در فاصله ۸-۱۲ کیلومتری جنوب شرقی شهر یزد می‌باشد و مشتمل بر خاکهایی است که در شرایط طبیعی قرار داشته و رویشگاه گیاهان بیابانی و زروفیت نظیر قدومه (*Alyssum sp.*) شیر سک (*Euphorbiasp.*) و خارشتر (*Alhagi sp.*) بوده و همچنین در مجاورت آنها خاکهای مورد استفاده در کشاورزی که دارای ویژگیهای کلی تکامل پروفیلی یکسان و با مواد مادری مشابه بودند انتخاب شد. تنها با این اختلاف که در خاکهای مورد اخیر بمدت حدود ۵۰ سال مورد استفاده زراعت و سبزی کاری توسط آبیاری قرار گرفته بود. آب مورد استفاده عمدتاً از طریق کاریزات (قنات) تامین گردیده و از نظر املاح محلول شیرین ولی گاهاً با شوری ضعیف بوده است. مطالعات مرفولوژی خاک با تشریح پروفیل در مزرعه طبق روش معمول و مطابق دستورالعمل تشریح پروفیل خاک USDA انجام شد. همچنین نمونه‌هایی از افقهای مختلف پروفیل خاک جهت مطالعات آزمایشگاهی جمع‌آوری گردید. از نمونه‌های خاک آزمایشات گرانولومتری فیزیکی و شیمیایی و مطابق روشهای معمول آزمایشگاهی طبق دستورالعملهای روشهای آنالیز خاک انجام شد. با روش کیتریک و هوپ (۱۹۶۳) اجزای معدنی خاک جهت مطالعات کانی‌شناسی تفکیک شد و توسط دستگاه XZG. 4A شرکت کارل زایس (آلمان) آنالیز XRD انجام گرفت. اشعه مورد نیاز از مس با فیلتر نیکل تامین شد و بر روی لام‌های با نمونه‌های رس اورینته قبل از پراش اشعه ایکس تیمارهای (۱) نمونه خشک شده در مجاورت هوا - (۲) تیمار با بخار اتیلن گلیکل و (۳) تیمار حرارتی ۵۵۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۲ ساعت انجام شد.

پروفیل خاکهای مورد مطالعه در شرایط طبیعی سری خاک محمدآباد طبق طبقه‌بندی خاک به روش روسی دارای تیپ پروفیلی *Acacs*, *Bca*, *Bcca* می‌باشد. اما خاک سری آبیاری شده محمدآباد شامل تیپ پروفیلی *Bcca* و *Apc* است. تمامی خاکها و در همه افق‌ها در برابر اسید کلریدریک ۱۰٪ جوشش قوی داشته که نشانه وجود آهک در خاکها بوده که به صورت پخش شده در خاک وجود دارد. در عمق ۰ - ۵ سانتی‌متری خاک در شرایط طبیعی (*Acacs*) گچ به

^۱ به ترتیب استادیار دانشکده منابع طبیعی و کویرشناسی دانشگاه یزد و رئیس آزمایشگاه کانی‌شناسی انستیتو خاک و. و. دو کوچایف. مسکو. روسیه.

میزان ۸، ۲٪ وجود دارد در صورتی که در پروفیل خاک آبیاری شده در افق سطحی (A_{pca}) تنها ۴، ۰٪ گچ در عمق ۰ - ۷ سانتی متر وجود دارد. رنگ خاک در خاکهای آبیاری شده در مقایسه با خاکهای در شرایط طبیعی دارای کرومای کمتری می باشد برای مثال افق Acacs با رنگ مانسل 10YR6/4 (قهوه ای متمایل به زرد روشن) در مقایسه با رنگ 10YR6/3 (قهوه ای کمرنگ) در افق A_{pca} را می توان نام برد. ضمن آبیاری و کشت و کار در افق سطحی A_{pca} منجر به پیدایش ساختمان خاک ورقه ای ضعیف گردیده است که در مقایسه با آن افق Acacs در شرایط طبیعی بدون ساختمان می باشد. تمامی خاکها دارای بافت سبک لومی شنی می باشند. میزان مواد آلی در خاکهای در شرایط طبیعی از ۰ تا یک درصد می باشد در صورتی که در خاکهای مورد کشت به بیش از ۲ درصد بالغ می شود. هدایت الکتریکی عصاره آب و خاک (۵ و ۱:۲) در خاک در شرایط طبیعی و در عمق ۳۷-۶۵ سانتی متری افق B_{cca} به ماکزیم مقدار EC=9.6dS/m رسیده در صورتی که در پروفیل خاک آبیاری شده حداکثر EC = 2.8dS/m در عمق ۷-۳۷ سانیمتری در افق B_{ca} می باشد. تیپ آنیونی خاکها در افق سطحی خاک در شرایط طبیعی سولفات کربیدی (Cl/So₄=0.6) بوده در صورتی که در بقیه افقها از هر دو پروفیل تیپ آنیونی کلریدی (Cl/So₄>1) است. واکنش خاک حداکثر در افق سطحی خاک آبیاری شده (PH=8.2) و حداقل در افق سطحی خاک در شرایط طبیعی (pH=7.6) می باشد.

خاکها و مواد مادری تشکیل دهنده آنها دارای ویژگی کلی کربناته سیالیتی (Sialitic) و با ترکیبات پاراژنتیکی (Paragenetic) کانی ها می باشند که در بخش کانی های رس با غالبیت ایلاتیتری اکتاهدرال و پالیگورسکایت همراه است. همچنین می توان به کانی های دیگری نظیر اسمکتیت کائولینیت کلریت و زئولیت از نوع کلینوپتیولیت اشاره نمود. تشکیل خاک در مناطق خشک هر چند به میزان ناچیزی بر روی اجزای اساسی مینرالوژی رس خاک مؤثر بوده است در مورد اثرات آبیاری در مقایسه با شرایط طبیعی خاکها می توان موارد ذیل را بر شمرد:

کاهش شدید اسمکتیت از افق مواد مادری به سطح خاک که با افزایش همزمان نسبی در میزان کائولینیت همراه بوده است. از آنجایی که بیشترین میزان رفلکس های اساسی کانی ها نظیر رفلکس d=1.42 نسبت به رفلکس کوآرتز 0.426 در افق سطحی پروفیل خاک آبیاری شده مشاهده می شود و از طرفی نسبت Si₂O₃/R₂O₃ نیز در همان افق افزوده شده است می توان به پیدایش سیلیکات های آمورف مربوط دانست. افزایش پالیگورسکایت در افق سطحی پروفیل خاک آبیاری شده را می توان مربوط به انتقال آنها از آب آبیاری از طریق کاربرات مربوط دانست و آن بدلیل خاصیت تعلیق پذیری این کانی در آب می باشد. البته یخشی از پالیگور سیکلت در خاک منتقل شده از مواد مادری می باشد. زئولیت با رفلکس ۸.۹۷ مطابق تحقیق مشابه انجام شده مشخص گردید در افق سطحی پروفیل خاک آبیاری شده کاهش یافته است. همچنین با مطالعه وضعیت ساختمانی کانی های رسی چنین استنباط می شود که درمقایسه با خاکهای در شرایط طبیعی بویژه در افق سطحی و پروفیل خاک آبیاری شده از وضعیت پایداری ساختمانی کمتری برخوردارند.

حمله عراق به کشور کویت در سال ۱۹۹۱ آن خساراتی به محیط زیست و منابع خاک و آب کشور عزیزمان ایران وارد نمود که تاکنون مانند آن رخ نداده است. میلیونها بشکه نفت خام از پایانه‌های نفتی، تانکرهای نفتی، لوله‌های نفتی و چاههای نفت وارد آبهای خلیج فارس شد و بزرگترین لکه‌های نفتی را که تاکنون تاریخ نظیر آنها را به یاد ندارد در آبهای خلیج فارس ایجاد نمود. متعاقب آن بالغ بر ۷۹۸ چاه نفت در کشور کویت منفجر و به آتش کشیده شد و قریب به یک میلیون بشکه نفت آتش گرفت. در نتیجه مساحت بسیار زیادی از منطقه خلیج فارس و خاکهای مناطق جنوب و جنوب غربی کشور توسط دود غلیظ و سیاه رنگ پوشیده شد. این ضایعه باعث ایجاد مقدار زیادی دوده، ذرات معلق نفت (خام) گازهای مسموم کننده و مواد شیمیایی خطرناک در خاکهای مناطق جنوبی کشور شد.

طبق آمار بدست آمده (IUCN ۱۹۹۴) خاکسترهای این آتش سوزی مسافتی بالغ بر ۲۰۰۰ کیلومتر را طی نمود، و طبق آمار سازمان جهانی هواشناسی مقادیر زیادی مواد مضره از جمله مقدار ۴۰۰۰۰ تن گاز انیدرید سولفور و (SO_2) ۳۰۰۰ تن گاز هیدروژن سدلفوره (SH_2) ، ۵۰۰۰۰۰ تن گاز منواکسید کربن (CO) و ۵۰۰۰۰ تن ذرات دوده چرب در منطقه خلیج فارس و مناطق سواحل جنوبی ایران فرود آمد.

حرکات جزر و مد آب در خلیج فارس باعث ترسیب مقادیر زیادی مواد نفتی در خاکهای مناطق ساحلی جنوب ایران شد که هم اکنون بعد از گذشت حدود ۹ سال هنوز باقیمانده آنها در منابع خاکی هور شادگان و سواحل استان بوشهر قابل رویت است.

طبق بررسیهای انجام شده توسط Vasiliadis و Adib (۱۹۹۷) مقادیر بسیار زیادی کربن آلی همراه با دوده و بارانهای سیاه به منابع خاکهای جنوب کشور وارد شده که حاوی مواد نفتی آلی نظیر هیدروکربنها، آلی همراه با دوده و بارانهای سیاه به منابع خاکهای جنوب کشور وارد شده که حاوی مواد نفتی آلی نظیر هیدروکربنها، آلکانها و آلکنها بوده است.

آگاهی از نوع و میزان محدودیتهای ایجاد شده در منابع خاک مناطق جنوب و جنوب غربی کشور از جمله اهداف اصلی این بررسی بوده است. ضمناً چاره‌اندیشی در زمینه اصلاح و بهسازی خاکهای متأثر از مواد زائد و محاسبه و برآورد خسارات جبران آلودگی‌های ناشی از جنگ خلیج فارس نیز از جمله دیگر اهداف این بررسی بوده است.

از آنجائیکه مدت نسبتاً زیادی (از سال ۱۹۹۱ تاکنون) است که مواد زائد و آلوده کننده وارد خاکهای مناطق جنوب و جنوب غربی کشور شده بود و محدوده آلوده شده بسیار وسیع بود، علاوه بر جمع‌آوری اطلاعات و منابع موجود در این زمینه از بعضی مناطق در استانهای خوزستان، بوشهر، فارس و چهار محال و بختیاری نمونه‌های خاک و آب تهیه و ضمن تجزیه کامل شیمیایی میزان عناصر سنگین و مواد نفتی در آنها نیز مشخص و معین گردید.

همزمان با جمع‌آوری آمار و اطلاعات مربوط به آلودگی منابع خاک، تیم کارشناسان متخصص در GIS با همکاری مؤسسه ITC کشور هلند با بکارگیری آمار و اطلاعات ماهواره‌ای در سالهای قبل، حین و بعد از جنگ خلیج (در سال ۱۹۹۱) شواهد بسیار جالب و درخشانی بدست آوردند.

^۱ عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری - تهران صندوق پستی ۱۱۳۶ - ۱۳۴۴۵.

مطالعات بعمل آمده نشان داد که دوده‌های سیاه ناشی از سوختن چاههای نفت کشور کویت حاوی مقادیر بسیار زیادی نمک کریستال شده مانند سولفات و انیدرید سولفور بوده است (IUCN, ۱۹۹۴).

طبق بررسی‌های انجام شده توسط Vasiliadis و Adib (۱۹۹۷) مقدار گازهای SO_2 و NO_x در فاصله ۲۰۰ کیلومتری محل آتش سوزی چاههای نفت کشور کویت به ترتیب ۴۶،۵ و ۵ قسمت در بیلیون بوده که این گازها پس از گذراندن مراحل اکسیداسیون تبدیل به اسیدهای قوی نظیر اسید سولفوریک (H_2SO_4) و اسید نیتریک (HNO_3) شده و در نهایت واکنش با pH محیط را به ۳،۵ رسانیده است ($\text{pH} = -\log [\text{H}]^+ = 3.5$).

۱

توانمندی زمین در تولید مواد غذایی محدود است. شرایط محیطی (اقلیم و خاک)، نوع کاربری زمین و مدیریت، حد تولید را تعیین می‌کنند. هر گونه بهره‌برداری از زمین که مافوق توانمندی آن باشد در درازمدت باعث تخریب و کاهش باروری آن می‌گردد. بنابراین شناخت ظرفیت تولید اراضی و اختصاص آنها به بهترین و سودآورترین نوع کاربری از اهمیت خاصی برخوردار است. برنامه‌ریزی برای استفاده بهینه از اراضی موجب می‌شود تا ضمن حداکثر بهره‌وری، هر زمینی برای استفاده آیندگان نیز مورد حفاظت قرار گیرد. در چهارچوب این برنامه‌ریزی، اراضی مورد ارزیابی قرار می‌گیرند و تناسب آنها برای یک نبات خاص مشخص می‌شود.

منطقه فلاورجان به مساحت تقریبی ۲۰ هزار هکتار از شمال شرقی در ۱،۵ کیلومتری شهرستان اصفهان، از شمال غربی در ۵ کیلومتری شهرستان نجف آباد و از جنوب غربی در ۱۱ کیلومتری زرین شهر واقع شده است. اقلیم منطقه بیابانی است که در آن اختلاف فاحشی بین دمای تابستان و زمستان وجود دارد. تأمین آب زراعی بستگی تمام به آب (رودخانه زاینده رود) دارد. خاکهای منطقه، آهکی و در آب‌رفتهای دوران چهارم زمین شناسی تشکیل و تکامل یافته‌اند. خاکهای جوان دارای بافت درشت و آنها که تکامل بیشتری دارند ریزدانه‌اند.

اهداف این پژوهش را می‌توان بصورت زیر خلاصه نمود

- معرفی یک روش جدید ارزیابی اراضی در ایران.

- ارزیابی کیفی، کمی و اقتصادی ۲۰ هزار هکتار از اراضی منطقه فلاورجان اصفهان برای کشت آبی گندم، جو، برنج، سیب زمینی، پیاز و یونجه.

- تخمین پتانسیل تولید و تأمین سطح مدیریت در اراضی فوق‌الذکر و برای نباتات مورد اشاره.

- معرفی مناسبترین اراضی برای الگو و تناوبهای زراعی بهینه در منطقه.

در ارزیابی کیفی تناسب اراضی برای یک نبات خاص، مشخصات اقلیم، پستی و بلندی و خاک اراضی با نیازهای رویشی هر نبات مقایسه و بسته به میزان تطابق آنها، کلاس تناسب کیفی تعیین می‌شود. این نوع ارزیابی از طریق دو روش (محدودیت ساده) و (پارامتریک) انجام شده است. در روش اول، کیفیت اراضی (Land quality) و در روش دوم، مشخصات اراضی (Land characteristics) به عنوان عوامل محدود کننده رشد گیاه در نظر گرفته شده‌اند. روش محدودیت ساده تماماً با استفاده از نرم افزار ALES انجام گردیده است. مبنای طبقه‌بندی کمی تناسب اراضی، میزان عملکرد در واحد سطح است. قبل از این نوع طبقه‌بندی، لازم است حد بین دو کلاس متوالی مشخص شود. جهت تعیین این حد، ابتدا تولید خالص بیوماس (Net biomass production) و به عبارت دیگر میزان عملکرد یک وارسته پرمحصول را که هیچگونه محدودیتی از نظر آب، خاک و وجود آفات و امراض نداشته باشد، با استفاده از اطلاعات مربوط به تابش خورشیدی، دما و مشخصاتی از گیاه مشخص می‌شود. تولید پتانسیل زمین، نتیجه تأثیرگذاری محدودیتهای آب و خاک بر تولید خالص بیوماس گیاه است. اختلاف بین تولید پتانسیل زمین و عملکرد زارع تعیین کننده سطح مدیریت اعمال شده است. ارزیابی اقتصادی بر اساس سود ناخالصی که از هر واحد خاک و برای هر محصول عاید می‌شود. صورت می‌گیرد. با توجه به

^۱ استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهر کرد.

مطالب فوق، جهت ارزیابی کمی و اقتصادی، جمع‌آوری اطلاعاتی درباره عملکرد محصولات مورد مطالعه در واحدهای مختلف خاک و میزان هزینه‌ها و درآمدهای آنها بسیار ضرورت دارد.

اقلیم منطقه فلاورجان برای کشت گندم، جو، سیب زمینی و پیاز بدون محدودیت و برای برنج و یونجه دارای محدودیت است. قسمت اعظم اراضی منطقه، برای کشت آبی گندم و جو تناسب خوبی دارند. در برخی از واحدهای اراضی، سنگریزه، شوری، پستی و بلندی، سیل گیری و وضعیت زهکشی برای این نوع کاربریها محدودیت ایجاد می‌کنند. اراضی منطقه مورد مطالعه برای کشت برنج، اغلب تناسب کیفی پائینی داشته و یا بعضاً نامناسبند. بعضی از واحدهای اراضی برای کشت سیب‌زمینی کاملاً مناسبند ولی در بعضی دیگر، سنگریزه، pH، پستی و بلندی، شوری، سیل‌گیری، وضعیت زهکشی، بافت سنگین و عدم وجود ساختمان در سطح محدودیتهایی را برای این کاربری بوجود می‌آورند. اغلب واحدهای اراضی برای کشت پیاز تناسب کم تا متوسط دارند. pH خاک مهمترین عاملی است که این نوع تناسب را موجب می‌شود. سنگریزه، شوری، سیل‌گیری از دیگر عوامل محدودکننده رشد پیاز می‌باشند. اقلیم، سنگریزه، pH، شوری و سیل‌گیری مهمترین عوامل محدودکننده هستند که اراضی را برای کشت یونجه در کلاسهای S₂ تا N₁ قرار می‌دهند. کلاس تناسب کمی برای گندم، جو، سیب‌زمینی، پیاز و یونجه یا در سطح پائینتری نسبت به کلاس تناسب کیفی قرار دارد و یا با آن کلاس هم سطح است. عامل مؤثر در اختلاف بین کلاس تناسب کیفی و کمی، سطح مدیریت اعمال شده است. واحدهای اراضی اغلب تناسب کمی پائینی برای کشت برنج دارند. گرچه حدود ۹۰٪ واحدهای اراضی از نظر کیفی، تناسب پائینی برای برنج دارند. ولی به طور کلی کشت برنج از سایر محصولات سودآورتر است. در زمینه تولید گندم و جو تناسب کیفی، سطح مدیریت و بویژه مساحت قطعات اراضی و در مورد سیب‌زمینی و پیاز عامل قیمت نیز از عواملی هستند که نقش تعیین کننده‌ای در میزان سودآوری اراضی دارند.

دستاوردهای این پژوهش را می‌توان به صورت زیر خلاصه کرد:

- اجرای این تحقیق نشان داد که چگونه می‌توان تناسب اراضی را در ابعاد مختلف برای کشت نباتات گوناگون تعیین

نمود.

- مشخص شدن محدودیتهای فیزیکی و ظرفیت تولید اراضی در منطقه و نقش مدیریت در عملکرد و سودآوری آنها

از دیگر دستاوردهای پژوهش حاضر است.

- بعلاوه سودآوری، چند سالی است که علیرغم تناسب پائین اغلب اراضی برای برنج، سطح زیر کشت آن در منطقه

روند رو به افزایش داشته است. این پدیده، اهمیت ارائه الگوی بهینه کشت و سیاستگذاری صحیح دولت در زمینه مسائل

اقتصادی را آشکار می‌سازد.

- در این تحقیق، مقایسه بین دو روش (استفاده از کیفیت اراضی) و (استفاده از مشخصات اراضی) صورت گرفت و

نقاط ضعف و قوت هر یک مشخص شد.

خاکهای گچی گسترش زیادی در مناطق خشک و نیمه خشک ایران دارند. چگونگی تشکیل و طبقه‌بندی اینگونه خاکها کمتر مورد مطالعه بوده است. پروسه‌های افزاینده گچ به خاک، محیط فیزیکی و شیمیایی، شرایط اقلیمی حاکم بر خاک و میزان گچ ورودی از جمله عواملی هستند که در اندازه، آرایش و نوع بلوربندی گچ تأثیر داشته و همچنین در محل تشکیل بلورهای گچ دخالت مستقیم دارند. براین عمل عوامل فوق منجر به تشکیل خاکهای گچی متنوع با خصوصیات متفاوت می‌گردند. وجود گچ ارتباطی با نوع رژیم‌های حرارتی خاکها نداشته و کانی مزبور از مناطق خیلی گرم گرفته تا خیلی سرد با رژیم‌های رطوبتی زیریک، یوستیک و آریدیک دیده می‌شوند. عادت رشدی بلورهای گچ متأثر از خصوصیات فیزیکی خاکها می‌باشد. احتمالاً وجود مواد آلی در حال تجزیه موجب عدسی شکل شدن بلورها شده و زه آب گرم و شور موجب رشد ماکروسکوپی آنها می‌گردد و نیز گفته شده است که تبلور کانی گچ در محیط‌های اسیدی بیشتر منشوری و در محیط‌های بازی بیشتر عدسی شکل می‌باشد. خاکهای گچدار بر اساس روش امریکایی (Soil Taxonomy, 1998) در راسته‌های اریدی سولز، جلی سولز، اینسپتی سولز، مالی سولز و ورتی سولز قرار می‌گیرند و همچنین بر اساس روش بین‌المللی (FAO, 1989) و روش WRB - 1994 در گروه بزرگ جیسی سولز و تقسیمات کوچکتر گروه‌های بزرگ رگوسولز، ورتی سولز، سولونتس، سولونچاک و کاستانوزم طبقه‌بندی می‌شوند. با اینکه خاکهای مناطق خشک جهان کلاً و خاکهای گچی خصوصاً در کلیه روشها مورد توجه بیشتری واقع شده‌اند، ولی هنوز نمی‌توانند خصوصیات خاکهای مزبور را پوشش دهند و یا کاملاً از بقیه خاکهای تفکیک نمایند.

با توجه به تلاطم مواد مادری حین تشکیل خاکها در واحدهای فیزیوگرافی و همچنین به دلیل وجود منابع ژئولوژیکی گچ‌ساز در منطقه اصفهان خاکهای گچی با خصوصیات متفاوت تشکیل گردیده‌اند. هدف این مطالعه: ۱ - تشخیص، تعریف و نامگذاری، افقهای پدوژنیک ۲ - طبقه بندی خاکهای گچدار منطقه ۳ - تفکیک و طبقه بندی افقهای گچی با توجه به تفاوت آنها از نظر درصد، نوع آرایش بلورها و اندازه آنها، ضخامت افقها، محل قرارگیری افقها ۴ - ارزیابی کاربرد روشهای تاکسونومیک رایج، WRB, FAO, (ST) می‌باشد.

برای پیگیری اهداف مطالعه برشی مطالعاتی در عرض واحدهای اراضی منطقه ایجاد و در مسیر تکاملی خاکها تعداد ۱۵ پروفیل حفر گردید. تعداد ۵ عدد از پروفیل‌های حفر شده بعنوان شاهد انتخاب و مطالعات تکمیلی روی آنها اعمال گردید. برای آزمایشات شیمیایی از روش‌های مرسوم استفاده و فقط در موارد زیر تغییراتی در نظر گرفته شد:

الف - در اندازه‌گیری گچ به روش استون تمهیدات زیر اعمال گردید: ۱ - کاهش نسبت خاک به آب تا 1/500 برابر

۲ - افزایش زمان بهم زدن تا به ۳۶ ساعت ۳ - افزایش زمان رسوب دهی تا ۳ ساعت ب- در اندازه‌گیری CEC نمونه‌ها از روش ارائه شده توسط پلمیو و همکاران (1977) استفاده شده است. ج - برای اندازه‌گیری بافت خاکها به روش پیت از پیش تیمار ارائه شده توسط هس (1976) استفاده شده گردید و برای خشک نمودن نمونه‌ها حین اندازه‌گیری بافت خاکها از سیلیکاژل تحت ۵۰ درجه سانتی‌گراد گرما استفاده شد. در نهایت کلیه اندازه‌گیریهای فیزیکی و شیمیایی ارائه شده بر حسب وزن خشک خاک بر اساس دو مولکول آب مولکولی گچ تصحیح گردیدند. برای شناخت خصوصیات میکرومرفولوژیکی افقهای گچی و تشخیص آرایش بلورها در پدیده‌های گچی از نمونه‌های دست نخورده خاکها مقاطع نازک تهیه و مورد تشریح قرار گرفتند. برای تشریح مقاطع از روش بولاک و همکاران استفاده و با تعاریف بروور هماهنگ گردیدند.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی سازمان تحقیقات آموزش و ترویج کشاورزی ایران و رئیس دانشکده منابع طبیعی و دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

آخرین تجدید نظرهای اعمال شده در روشهای تاکسونومیک مورد بررسی، با اینکه باعث توانمندتر شدن آنها برای طبقه‌بندی نمودن خاکهای گچی گشته است ولی هنوز نقائص عمده‌ای در تفکیک نمودن خاکهای گچی دارند. هر سه روش هنوز ضخامت افقهای گچی، تفاوت خیلی زیاد درصد گچ موجود در افقهای گچی را و پیشینه تکاملی آنها (تفاوت پروسه‌های جیپفیکایش) را در رده‌بندی افقهای سخت نشده دخالت نمی‌دهند. مشخصه (عمق قرارگیری لایه گچی) را بجز روش امریکایی که آن را به صورت ناقص بکار گرفته است، هیچکدام از روشهای در رده‌بندی دخالت ندادند.

مطالعه تشکیل و تکامل خاک در سه منطقه انتخابی در استان‌های فارس، بوشهر و خوزستان که به ترتیب عبارت بودند از دشت داراب، دشت پلنگ و دشت خیرآباد، صورت گرفت. مشخصات عمومی این سه دشت به صورت زیر می‌باشد:

۱ - دشت داراب به وسعت تقریبی ۱۵ هزار هکتار در مجاورت شهرستان داراب در استان فارس واقع می‌باشد. میزان بارندگی متوسط سالانه آن حدود ۲۶۰ میلی‌متر بوده و دارار رژیم رطوبتی یوستیک و رژیم حرارتی هیپرترمیک می‌باشد بنابراین منطقه دارای اقلیم نیم‌خشک بیابانی است.

در تکامل خاکهای این دشت، نوسانات فصلی آب زیرزمینی نقش بسزائی داشته است.

۲ - دشت پلنگ به وسعت ۶۵۰۰ هکتار در استان بوشهر و حدود ۲۷۰ کیلومتری جنوب غرب شهرستان شیراز واقع است. میزان بارندگی سالانه این دشت ۲۱۰ میلی‌متر و رژیم حرارتی و رطوبتی آن به ترتیب هیپرترمیک و اریدیک می‌باشد. در نتیجه منطقه دارای اقلیم بیابانی گرم است.

رودخانه دائمی دشت پلنگ منبع اصلی آب لازم برای کشاورزی در این دشت می‌باشد. آب زیرزمین بدلیل عمق بسیار زیادش در این دشت، در تکامل خاکها هیچ نقشی نداشته است.

۳ - دشت خیرآباد به وسعت ۲ هزار هکتار در ۲۰ کیلومتری جنوب شرق شهرستان بهبهان در استان خوزستان قرار دارد. متوسط بارندگی سالانه منطقه حدود ۳۲۰ میلی‌متر و رژیم حرارتی و رطوبتی آن به ترتیب، هیپرترمیک و یوستیک می‌باشد. در نتیجه منطقه جزو اقلیم‌های نیم خشک محسوب می‌شود. در این منطقه رودخانه دائمی خیرآباد تامین کننده آب برای زراعت است. در این دشت نیز همانند دشت پلنگ آب زیرزمینی بدلیل عمق بسیار زیادش، در تکامل خاکها نقشی ایفا نموده است.

با توجه به اینکه مواد مادری هر سه دشت مذکور از رسوبات آهکی کوههای اطراف آنها بوده و سن رسوبات در هر سه منطقه مشابه و مربوط به دوران کرتاسه و کواترنری می‌باشد، اهداف عمده این تحقیق عبارتند از:

۱ - مطالعه فاکتورهای اصلی و موثر در تکامل افق‌های ژنتیکی خاکها بخصوص افق کلسیک در این سه منطقه با اقلیم‌های کم و بیش متفاوت.

۲ - مطالعه مینرالوژیکی خاکهای این سه دشت و ارتباط آن با فاکتورهای خاکسازی.

در هر سه منطقه پروفیل‌های مورد نظر در واحدهای فیزیوگرافی مختلف حفر و تشریح شدند. در نهایت ده پروفیل از دشت داراب، شش پروفیل از دشت پلنگ و پنج پروفیل از دشت خیرآباد انتخاب و در آزمایشگاه تجزیه‌های فیزیکوشیمیائی بر روی آنها صورت گرفت. نمونه‌های رس نیز توسط دستگاه پراش اشعه ایکس و میکروسکوپ الکترونی مطالعه شدند.

() :

^۱ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و دانشیار بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

۱ - تکامل خاکهای دشت داراب: در تکامل خاکها در این دشت آب زیرزمینی نقش بسزائی داشته است. به طوری که خاکهای این دشت را می‌توان در یک توالی (ردیف) رطوبتی (Hydrosequence) مطالعه نمود. در فیزیوگرافی رسوبات آبرفتی و واریزه‌های کوهپایه‌ها که عمق آب زیرزمینی در آنها بسیار زیاد می‌باشد خاکهای سری شیخی تشکیل شده‌اند که هیچگونه تکامل پروفیلی ندارند و فاقد افق‌های مشخصه می‌باشند. این خاک در زیر گروه Aridic Ustorthents قرار می‌گیرد.

- خاک‌های سری گلوگاه در فیزیوگرافی دشتهای دامنه‌ای تشکیل شده که در اینها نیز عمق آب زیرزمینی بسیار زیاد بوده و دارای افق مشخصه کمبیک می‌باشد و در زیر گروه Aridic Usto chrepts قرار می‌گیرند.

- خاکهای سری میانه در اراضی دشتهای دامنه‌ای با عمق آب زیرزمینی زیاد تشکیل شده و دارای افق ژنتیکی کلسیک می‌باشد. خاکهای این سری جزو زیر گروه Haplocalcidic Ustochrepts قرار می‌گیرند.

در اراضی دشتهای آبرفتی پائینی (Lower Alluvial Plains) با عمق آب زیرزمینی کم خاکهای سری پل بهادران تشکیل شده‌اند. این خاکها شرایط Aquic نشان می‌دهند، دارای افق‌های کلسیک تکامل یافته بوده و جزو زیر گروه Typic Calciaquolls قرار می‌گیرند.

- بالاخره خاکهای سری ده نو که با عمق آب زیرزمینی بسیار کم عمق در اراضی پست منطقه تشکیل شده‌اند تنها دارای افق مشخصه کمبیک بوده و جزو زیر گروه Fluvaquentic Endoaquolls قرار می‌گیرند. در این سری بدلیل شرایط اشباع تقریباً دائمی خاک و عدم شرایط خشکی، کربنات کلسیم ثانویه رسوب نموده و افق کلسیک تشکیل نشده است. بنابراین سیر تکامل خاکهای این دشت به ترتیب کاهش عمق سفره آب زیرزمینی عبارتند از :

الف) خاکهای بدون تکامل پروفیلی پای کوه

ب) خاکهای دارای افق کمبیک و کلسیک دشتهای دامنه‌ای

ج) خاکهای دارای افق کلسیک تکامل یافته دشتهای آبرفتی با عمق آب زیرزمینی کم

د) خاکهای بدون افق کلسیک اراضی پست با آب زیرزمینی خیلی کم عمق

فرآیندهای مهم تشکیل افق کلسیک عبارتند از :

۱ - آبشویی کربنات‌ها از افقهای بالا و رسوب آن‌ها در افق‌های پائینی

۲ - تشکیل افق کلسیک در نتیجه کاپیلاریته

۳ - تبلور مجدد و تشکیل کربنات کلسیم ثانویه

۴ - تشکیل افق کلسیک در نتیجه حرکت جانبی کربناتهای محلول در آب زیرزمینی از اراضی اطراف به نظر می‌رسد که از ۴ فرآیند ذکر شده فوق ۳ فرآیند اول در تشکیل کربنات کلسیم ثانویه و افق کلسیک در دشت داراب موثر بوده به طوری که فرآیند غالب تشکیل افق کلسیک در خاک سری پل بهادران نقش مستقیم کاپیلاریته بوده ولی مکانیسم‌های غالب تشکیل افق کلسیک در سری میانه، تبلور مجدد و شستشو و رسوب کربنات از افق‌های بالائی است.

۲ - تکامل خاکها در دشت پلنگ : در تکامل خاکهای این دشت، آب زیرزمینی بدلیل عمق زیادش تاثیری نگذاشته است. خاکهای این دشت در سه فیزیوگرافی قرار دارند که عبارتند از:

- خاکهای سری دامنه تشکیل شده در رسوبات آبرفتی پای کوه که فاقد تکامل پروفیلی بوده و در زیر گروه Ustic Torriorthents قرار می‌گیرند.

- خاکهای سری آبخوش که در دشتهای مرتفع (پلاتو) بوجود آمده‌اند و دارای افق کلسیک با تکامل متوسط می‌باشد و در زیر گروه Ustic Haplocalcids قرار می‌گیرند.

- و بالاخره خاکهای سری دشت پلنگ که در تراس‌های رودخانه‌ای تشکیل شده و فاقد تکامل پروفیلی هستند و در زیر گروه Ustic Torriorthents قرار می‌گیرند.

بنابراین نتیجه‌گیری می‌شود که سیر تکاملی خاکهای این دشت در مراحل متوسط تشکیل افق کلسیک می‌باشد. و فرآیند تشکیل افق کلسیک در این دشت تنها شستشوی آن از افق‌های بالائی در فصول بارانی و رسوب آن در فصول خشک در افق‌های تحتانی می‌باشد.

۳ - تکامل خاک‌های دشت خیرآباد: در این دشت با وجود بارندگی بیشتر در مقایسه با دو منطقه قبلی، بدلیل رسوب‌گذاری پی‌درپی توسط رود خیرآباد و نیز رسوبات کوههای اطراف خاکها فرصت چندانی برای تکامل نداشته‌اند و خاکهای سری پادوک و سری رودخانه که بترتیب در واحدهای فیزیوگرافی تراس‌های رودخانه‌ای و رسوبات آبرفتی پای کوه تشکیل شده‌اند فاقد تکامل پروفیلی بوده و در زیر گروه **Typic Ustorthents** قرار می‌گیرند. و تنها خاک تکامل یافته، خاک سری ده وه می‌باشد که در دشتهای دامنه‌ای تشکیل شده و فقط افق کمبیک را نشان می‌دهد. در این خاک شواهدی دال بر شروع تشکیل کربنات کلسیم ثانویه دیده می‌شود.

(:

مطالعه مینرالوژیکی خاکها نشان داد که نوع کانیها در هر سه دشت تقریباً مشابه و از نوع کلریت، ایلیت، اسمکتیت و پالی گورسکیت می باشند. ولی مقدار نسبی آنها در خاکهای مختلف تابعی از شرایط زهکشی و هواپدگی خاک و نیز درجه تکامل افق های ژنتیکی خاک می باشد به طوری که در شرایط زهکشی ضعیف در سری پل بهادران، کانی اسمکتیت غالب بوده ولی در سری میانه پالی گورسکیت کانی غالب خاک را تشکیل می دهد. مقدار پالی گورسکیت در خاکها رابطه مستقیمی با شرایط خشکی خاک و همچنین وجود افق کلسیک دارد، به طوری که در سری آبخوش و میانه که دارای افق کلسیک می باشند و نیز خاک زهکشی خوبی دارد پالی گورسکیت رس غالب خاک است ولی در سری ده وه بدلیل تکامل ناکافی افق کلسیک و جوان بودن خاک کانی غالب خاک کلریت است. از طرفی نتیجه گیری می شود که پالی گورسکیت عمدتاً از اسمکتیت و در شرایط فراهمی کلسیم و منیزیم و خشکی خاک بوجود آمده است زیرا با افزایش این کانی، مقدار اسمکتیت کاهش می یابد.

کانیهای رسی با خصوصیات ویژه خود، محل تبادلات یونی خاک و گیاه می‌باشند و منبع ذخیره مواد غذایی خاک به شمار می‌روند. هر یک از کانیهای رسی دارای خصوصیات منحصر بفردی بوده و بر حسب اینکه از هر کدام چه مقدار در هر خاک وجود داشته باشد خصوصیات آن خاک تحت تأثیر کانی یا کانیهای رسی غالب قرار می‌گیرد. اطلاع از درصد کانیهای رسی جهت تفسیر چگونی تشکیل و تحول خاکها، منشاء یابی کانیهای رسی و حل پاره‌ای از مسائل تغذیه‌ای مانند تثبیت و آزادسازی عناصر مهمی چون پتاسیم کاربرد دارد. تجزیه‌های شیمیایی و استفاده از دیفرانسیال گرامهای XRD و شدت پیکهای آن بیشتر مورد توجه محققین بوده است. اخیراً توسط دانشمندان غیرخاکشناس روش جدیدی به نام نسبت شبیه‌ها جهت تحلیل کمی کانیها به کار رفته است. در این تحقیق سعی شده است که این روش برای اولین بار جهت تعیین درصد کانیهای رسی خاک به کار برده شود و مسائل اولیه کاربرد این روش جدید در خاکشناسی مورد بررسی و مطالعه قرار گیرد. در این روش دیگر به ماده رقیق کننده که به شناخت کافی و آمیختن کاملاً یکنواخت احتیاج دارد نیازی نیست و ثابت نگه‌داشتن نسبت فاز استاندارد در مخلوطها که مشکلات عملی در توزین‌های دقیق دارد، ضروری نمی‌باشد. تحلیل کمی با استفاده از شیب راستخطی که با روش کمترین مربعات خطا از مبدأ رسم می‌شود صورت می‌گیرد که از خواندن روی منحنی همسنجی دقیق‌تر است. افزایش سهولت و دقت مزیت بزرگی برای این روش نسبت به روش متداول استاندارد داخلی محسوب می‌شود. در این روش نسبت شبیه‌ها از معادله $I_{eij}/I_{hsj} = [K_{ei}/K_{hs} X_{iA}] W_{Ai}/W_{sj}$ استفاده می‌شود. این معادله یک خط راست است که از مبدا مختصات می‌گذرد. در این معادله I_{eij} شدت پرتو ایکس پراش یافته از قله e فاز i نمونه زیر پرتو j ، I_{hsj} شدت پرتو ایکس پراش یافته از قله h فاز s (استاندارد) نمونه زیر پرتو j ، X_{iA} کسر وزنی فاز i در ماده تحت تحلیل A ، W_{aj} وزن ماده تحت تحلیل A در نمونه زیر پرتو j وزن استاندارد (s) و K_{ei} ، K_{hs} ضرایب ثابت می‌باشند. در این صورت اگر نسبت شدت پرتو ایکس از یک پیک خاص از کانی مشخصی را به پیک خاص از فاز استاندارد در همان نمونه بدست آورده (I_{eij}/I_{hsj}) در مقابل نسبت وزن مخلوط مورد تحلیل به وزن ماده استاندارد (s) اضافه شده به آن نمونه (W_{Ai}/W_{sj}) ترسیم نمائیم، مقدار درون کروشه در معادله بالا شیب این خط خواهد بود که مقدار مجهول X_{iA} را در خود دارد. برای یافتن مقدار مجهول X_{iA} دو راه وجود دارد. الف - استفاده از ماده مرجع، ب - بدون استفاده از ماده مرجع. در روش استفاده از ماده مرجع، معادله بالا عیناً بر ماده مرجع R که درصد وزنی مشخص از فاز i را در خود دارد نوشته می‌شود و مجهول X_{iA} از طریق حاصلضرب X_{iR} در نسبت شبیه‌های دو خط تحلیل و مرجع بدست می‌آید. روش بدون استفاده از ماده مرجع، با حل معادلات چند مجهولی به تعداد کانیهای رسی مجهول در نمونه رس، برای تعیین درصد کانیهای خاک به کار می‌رود. از نتایج چنین بر می‌آید که کاربرد روش نسبت شبیه‌ها با استفاده از ماده مرجع برای کانیهای رسی خاک رضایتبخش است. جهت تعیین کمی کانیهای رسی، هر کانی مشخص باید دارای پیک منفرد و بدون تداخل با پیک کانی‌های دیگر باشد یا اینکه اگر با پیک کانی دیگری تداخل دارد یکی از دو کانی دارای پیک منفرد با مساحت مشخص باشد از این نظر خاکهای مختلف متفاوتند. در نمونه‌های مورد آنالیز این تحقیق که از خاکهای مناطق پسته کاری اطراف رفسنجان انتخاب شده‌اند کانی‌های ایلیت، کلریت و کوآرتز دارای پیکهای منفردی هستند که مستقیماً می‌توانند جهت آنالیز کمی به کار روند. در این مطالعه از پیک‌های ۰۰۴۷، ۰۰۴۲ نانومتر مربوط به کلریت و کوآرتز جهت تعیین کمی این کانیها استفاده شد و پیک ۱۰۰ نانومتر ایلیت به علت عدم وجود

^۱ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، استادیار دانشکده مهندسی مواد دانشگاه صنعتی اصفهان.

ماده مرجع آن بدون استفاده باقی ماند البته شیب راستخط پیک ۱،۰ نانومتر ایلیت بدست آمده و در صورتی که ماده مرجع مناسب تهیه و به روشی مشابه نمونه‌های خاک آماده‌سازی و آنالیز شود می‌توان درصد ایلیت موجود در این خاکها را تعیین نمود. تعیین درصد ایلیت به روش نسبت شیبها احتمالاً به نتایج قابل اطمینان‌تری نسبت به تعیین درصد کلریت و کوارتز و حتی کائولینیت منجر می‌شود زیرا پیک ۱،۰ نانومتر ایلیت به مراتب قوی‌تر از پیک‌های ضعیفی چون ۰،۴۷ نانومتر کلریت و ۰،۴۲ نانومتر کوارتز می‌باشد و همچنین ایلیت دارای پیک منفرد است که این باعث برتری آن نسبت به کائولینیت می‌گردد. کائولینیت د محل ۰،۳۵ نانومتر با کلریت تداخل دارد. از آنجائیکه کلریت دارای پیک منفرد ۰،۴۷ نانومتر می‌باشد با روش I/I₁ مساحت مربوط به کائولینیت در محل پیک ۰،۳۵ نانومتر را تعیین نمود و جهت تعیین کمی آن استفاده کرد البته این روش دقت بالایی ندارد اما جهت آنالیز کمی ترکیب پیچیده‌ای همچون خاک چنین روشهایی نیز غنیمت است. نقاط آزمایشی بدست آمده برای مواد مرجع و کانیهای رسی خاک نزدیکی خوبی با خطوط رسم شده از مبدا مختصات نشان می‌دهند که حاکی از انجام آزمایشات و محاسبات دقیق و صحیح می‌باشد پیکهای ۰،۳۵، ۰،۴۷ و ۱،۴ نانومتر از کانیهای خاک و مرجع برای تعیین مقدار کلریت، پیک ۰،۴۲ نانومتر کوارتز و پیک ۰،۳۵ نانومتر کائولینیت برای تعیین مقادیر آنها استفاده گردید. شیب خطوط مرجع برای پیکهای ۰،۳۵، ۰،۴۷ و ۱،۴ نانومتر کلریت به ترتیب ۱،۲۸۹، ۰،۶۶۹ و ۰،۴۹۸ برای پیک ۰،۴۲ نانومتر کوارتز ۰،۵۵۸ و برای پیک ۰،۳۵ نانومتر کائولینیت، بعد از محاسبه مساحت آن با استفاده از فاکتور I/I₁^۱، ۰،۹۵۲ تعیین شد. این شیبها برای تعیین کمی کانیهای مذکور به کار می‌رود به صورتی که شیب خطوط تحلیل مربوط به پیک خاص از هر کانی در خاک به شیب خط مرجع مربوط به همان پیک از ماده مرجع تقسیم، درصد خلوص ماده مرجع ضرب شده، درصد آن کانی به دست می‌آید. بعبارت بهتر:

$$\text{درصد خلوص ماده مرجع} \times \frac{\text{شیب خط مربوط به پیک مشخصی از کانی رسی خاک}}{\text{شیب خط مربوط به همان پیک از ماده مرجع}} = \text{درصد کانی رسی خاک}$$

درصد کانی کلریت مربوط به بخش رس ($\mu < 2$) افق C₁ پروفیل A از دشتهای مناطق پسته کاری رفسنجان با استفاده از معادله بالا تعیین گردید.

^۱ I/I₁ مربوط به قویترین پیک ۱۰۰ فرض شده و بقیه نسبت به آن سنجیده می‌شود به طوری که پیکی با I/I₁=۵۰ شدت نصف قویترین پیک را دارا می‌باشد.

خاک مجموعه‌ای از فرآیند تاثیر مواد مادری و سنگهای اولیه در شرایط آب و هوایی منطقه با توجه به عوارض طبیعی و رویشهای گیاهی در طی گذشت زمان می‌باشد لذا در بررسی خصوصیات خاکها بدو کليه عوامل و فرایندهای موثر در تشکیل و تکوین خاکها مورد بررسی قرار گرفته و با استفاده از نقشه‌های توپوگرافی در مقیاسهای ۱:۲۵۰,۰۰۰ و ۱:۵۰۰,۰۰۰ و تصاویر ماهواره‌ای در همین مقیاسها و بررسی نقشه‌های زمین شناسی و گسترش انواع سنگها که از نقشه زمین‌شناسی ۱:۱,۰۰۰,۰۰۰ شرکت ملی نفت ایران استخراج گردیده و توجه به نقشه رژیمهای حرارتی و رطوبتی (انتشارات موسسه تحقیقات خاک و آب) و همچنین نقشه پوششهای گیاهی (انتشارات سازمان جنگلها و مراتع کشور) خاکها بر اساس شکل ظاهری و فرم زمین (Physioraphy & Land form) بر روی تصاویر ماهواره‌ای ۱:۵۰۰,۰۰۰ مورد تفسیر و تجزیه و تحلیل قرار گرفته و حدود آنها بر روی نقشه‌های توپوگرافی ۱:۵۰۰,۰۰۰ ترسیم گردیده است. برای هر واحد مجزا شده بر روی نقشه بر اساس سیستم تاکسونومی خاکها (Keys to Soil Taxonomy USDA, 1996) در حد تحت گروه طبقه‌بندی و ترکیب خاکها در واحدهای مجزا شده در نقشه خاکها با توجه به روش پیشنهادی A. Van Wambeke در نشریه "Soil Taxonomy" in the names of soil map units این اطلاعات حدود ۴۰۰۰ نیمرخ خاک در واحد و مناطق مختلف مطالعه گردید و حدود ۲۵۰,۰۰۰ تجزیه بر روی نمونه خاک در آزمایشگاههای موسسه تحقیقات خاک و آب صورت گرفته است و علاوه بر طبقه‌بندی خاک مشخصات ویژه‌ای شامل انواع خاکها، بافت خاک سطحی، شیب، خصوصیات ویژه (حالتها) و همچنین نحوه استفاده تعیین و با استفاده از راهنمای فائو در کلاس تناسب آنها برای مصارف اصلی مانند زراعتهای آبی، باغات، برنجکاری، دیمکاری، مرتع، جنگل و بالاخره اراضی حفاظتی مشخص و کلیه اطلاعات واحدهای مجزا شده بر اساس نشریه ۷۴ فائو^۱ تدوین و نقشه راهنمای آن ارایه شده است. در نگرش کلی خاکهای ایران در چهار واحد عمده فیزیوگرافی به شرح زیر رده‌بندی می‌گردد:

() -

این منطقه شامل سلسله جبال مرتفع البرز و زاگرس می‌باشد که به شکل V بزرگی از آذربایجان (شمال غربی) در جهت شمال شرقی و جنوب شرقی امتداد یافته و فلات مرکزی ایران را مانند مثلی احاطه نموده است و دارای اقلیم نیمه خشک سرد با زمستانهای سرد و طولانی می‌باشد. میزان متوسط نزولات سالانه بین ۳۰۰-۶۰۰ میلی‌متر و عمدتاً به صورت برف در فصل زمستان و اواخر بهار اتفاق می‌افتد. خاکهای دره‌ها و دامنه‌های کوهستانها نسبتاً عمیق و خاکهای مناطق کوهستانی و تپه ماهورها معمولاً کم عمق می‌باشند رژیم رطوبتی این منطقه Xeric و خاکهای آن عبارتند از:

Xerorthents, Xerofluvents, Calcixerolls Xerochrepts,

خاکهای مناطق کوهستانی و تپه ماهورها عمدتاً دارای پوشش مرتعی یا درختان جنگلی پراکنده و معمولاً کم عمق و آهکی و اکثراً به علت چرای بی‌رویه مراتع، زراعت دیم در اراضی شیبدار و قطع درختان جنگلی، در معرض خطر فرسایش شدید و تخریب قرار دارند و به تدریج از قدرت تولیدی آنها کاسته می‌شود.

^۱ پژوهندگان موسسه تحقیقات خاک و آب

^۲ global and national soils and Terrain Digital Database (STER)

()

فلات مرکزی بین دو رشته جبال البرز و زاگرس قرار گرفته که از ارتفاع حداکثر ۲۵۰۰ متر شروع و به اراضی پست و کویرهای شرق و مرکز ایران در ارتفاع کمتر از ۵۰۰ متر ختم می‌گردد و دارای اقلیم خشک تا نیمه خشک با تغییرات شدید درجه حرارت می‌باشد. متوسط بارندگی مناطق از ۳۵۰ میلی‌متر در سال کمتر و از مرکز به شرق کاهش می‌یابد به طوری که بارندگی مناطق کویری و بیابانهای شرق کشور در اکثر سالها از ۵۰ میلی‌متر تجاوز نمی‌نماید. تابستان گرم و خشک و زمستان سرد و بارانی است رژیم رطوبتی این منطقه *Aridic* و *Xeric* و خاکهای آن عبارت است از:

Xerochrepts, Halaquepts, Torrifluvents, Torriorthents, Torripsamments, Xerfluvents, Xerorthents, Calcids, Cambids, Gypsids, Salids, Halids and plays.

توسعه اراضی کشاورزی بیشتر در دشتهای رسوبی و دامنه‌ای به علت شیب و عمق مناسب خاک و همچنین امکان انتقال و تامین آب مورد نیاز گیاهان از طریق احداث قنات، چاههای عمیق و نیمه عمیق و یا مهار و کنترل آبهای سطحی با احداث سدهای مختلف امکان پذیر شده است. شوری و قلیائیت زیاد و همچنین کمبود آب آبیاری از عوامل مهم محدود کننده بهره‌برداری از بعضی از خاکهای دشتهای رسوبی و اراضی پست است. اکثر خاکها مناطق مرتفع، به علت عمق کم و شیب نسبتاً زیاد و وجود لایه سخت و متراکم در نزدیک سطح خاک استعداد اراضی ندارند ولی می‌توان به عنوان چراگاههای فصلی آنها را مورد بهره‌برداری قرار داد.

()

دشت وسیع و مسطح خوزستان که در واقع ادامه دشت بین‌النهرین می‌باشد که در جنوب غربی سلسله جبال زاگرس و نوار ساحلی خلیج فارس واقع شده است، عمدتاً از آب‌رفتهای دو رودخانه کارون و کرخه تشکیل شده است و دارای اقلیم نیمه استوایی خشک با زمستان‌های ملایم و تابستان‌های گرم و خشک می‌باشد. در این نواحی میزان بارندگی سالیانه بین ۱۵۰ تا ۳۰۰ میلی‌متر است که عمدتاً در فصل زمستان اتفاق می‌افتد. زمستانها معتدل و تابستان خشک و سوزان است. رژیم رطوبتی این ناحیه *Aridic* و *Ustic* و خاکهای آن عبارت است از:

Ustifluvents, Ustorthents, Ustochrepts, Calcids, cambids, Gypsids, Hallids

در غرب و جنوب غربی دشت خوزستان بالا بودن سطح آب زیرزمینی، شیب بسیار کم، عدم وجود شرائط زهکشی مناسب خاک و تبخیر و تعرق زیاد، باعث تشکیل و توسعه خاکهایی با شوری و قلیائیت بسیار زیاد شده است. این اراضی در شرائط حاضر قابل بهره‌برداری برای تولید محصولات کشاورزی نیستند.

تلماسه‌ها و اراضی شنی ساحلی، منطقه نسبتاً وسیعی از نواحی مرزی غرب دشت خوزستان و نوار طولانی ساحلی خلیج فارس را می‌پوشانند. این اراضی استعداد تولید محصولات زراعی را ندارند.

-

اراضی پست سواحل دریای خزر که حدود ۳۰ متر پائین‌تر از سطح دریای آزاد قرار دارد و دارای اقلیم مرطوب تا نیمه مرطوب می‌باشد. میزان متوسط بارندگی سالیانه این منطقه از ۲۰۰۰ میلی‌متر در شرق تا ۶۰۰ میلی‌متر در گرگان متغیر می‌باشد. خصوصیات خاکها و همچنین کاربری اراضی تحت تاثیر میزان بارندگی بوده و از غرب به شرق کاملاً متفاوت است رژیم رطوبتی خاکها در این منطقه *Udic* و *Xeric* و عمده‌ترین خاکهای آن عبارت است از:

Dystrochrepts, Eutrochrepts, Udolls, Udalfs, Rendolls, Udifluvents, Udorthents, Xerolls, Xeralfs, Xerofluvents, Xerorthents

اراضی پست و دشتهای آب‌رفتی سواحل دریای خزر در استان گیلان و غرب مازندران به علت وجود شرائط مناسب بهترین خاکهای زراعی برای کشت برنج محسوب می‌شوند و حدود ۴۰۰ هزار هکتار یعنی نزدیک به ۹۰ درصد سطح زیر

کشت برنج کشور در این منطقه گسترش دارد. در این خاکها زهکشی ضعیف و آب زیرزمینی معمولاً به سطح خاک نزدیک است. میزان مواد آلی در این خاکها نسبتاً زیاد است. چای، مرکبات و پنبه محصولات زراعی بالادست هستند.

تأثیر آب و هوا، در تشکیل و تکامل خاک از دیرباز شناخته شده. آب و هوا به طور مستقیم و غیرمستقیم در تشکیل خاک تأثیر دارد و عوامل خاکساز دیگر مانند موجودات زنده را تحت تأثیر قرار می‌دهد. همچنین فیزیوگرافی‌های متفاوت باعث تشکیل خاکهای متفاوت می‌شوند. به طوری که خاکهای بدون تکامل را در شیبهای زیاد و در فیزیوگرافی‌هایی مانند رسوبات بادبزی شکل و خاکهای با تکامل زیاد را در شیبهای کم و زمینهای مسطح می‌توان یافت. جلگه‌های مرتفع یکی از واحدهای فیزیوگرافی قدیمی در هر منطقه می‌باشند. این نوع فیزیوگرافی معمولاً دارای شیب کم است و از ثبات زیادی برخوردار می‌باشد. بنابراین با انتخاب این واحد فیزیوگرافی در هر دشت می‌توان اثر آب و هوا را در تشکیل و تکامل خاک بهتر مورد مطالعه قرار داد. به طور کلی در این تحقیق دو هدف در نظر گرفته شده است:

۱) مطالعه اثر آب و هوا بر تشکیل و تکامل خاک در جلگه‌های مرتفع

۲) بررسی خصوصیات فیزیکو شیمیائی، مورفولوژیکی و کانی‌شناسی خاکهای مناطق مورد مطالعه.

لذا به منظور تحقق یافتن اهداف ذکر شده ۱۰ جلگه مرتفع در برخی از نقاط استان فارس و بعضی نقاط مرزی استان انتخاب شدند. در مناطق مورد مطالعه، سه رژیم رطوبتی (زریک، اریدیک، یوستیک) و سه رژیم حرارتی (مزیک، ترمیک و هایپرترمیک) وجود داشت. پس از مطالعه صحرائی خاکهای مناطق مورد نظر، خصوصیات مورفولوژیکی این خاکها در کارت تشریح خاک یادداشت گردید و سپس در هر نیمرخ از هر افق نمونه‌هایی جهت مراحل تجزیه شیمیائی خاکها به آزمایشگاه انتقال داده شد. بررسی خصوصیات مورفولوژیکی و فیزیکو شیمیائی این خاکها نشان داد که بین بارندگی و تشکیل و تکامل خاک رابطه مسقیمی وجود دارد و با افزایش میزان بارندگی افق‌های شناسائی بهتر تشکیل می‌شوند. در صورتی که هر چقدر منطقه از لحاظ رطوبتی خشک‌تر باشد خصوصیات خاکها به مواد مادری آنها بیشتر شباهت دارد. بررسی نتایج همچنین نشان داد که وجود شرایط خوب زهکشی در جلگه‌های مرتفع در سرعت هودیدگی و تشکیل خاک بسیار مؤثر است و باعث شستشوی بهتر نمکها و کربناتها می‌شود.

مطالعات کانی‌شناسی نشان داد که کانی ایلیت بیشترین مقدار را در نمونه‌های مورد مطالعه دارد و مقدار کلریت نیز در اکثر نمونه‌ها نسبتاً زیاد است. با توجه به نوع سازندهای موجود و نوع مواد مادری آنها و آب و هوای مناطق مورد مطالعه می‌توان نتیجه گرفت که مهمترین مکانیسم تشکیل کانی‌های رسی در خاکهای مناطق خشک به ارث رسیدن آنها از مواد مادری و در مناطق نیمه خشک به ارث رسیدن از مواد مادری و تبدیل کانیهای اولیه به کانیهای ثانویه می‌باشد. و شرایط تشکیل مجدد کانیهای رسی معمولاً در جلگه‌های مرتفع موجود نیست.

^۱ دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استادیار بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

درجه حرارت و بارندگی دو عامل اقلیمی بسیار مهم و موثر در تشکیل و تکامل خاک هستند، در دامنه شمالی البرز مرکزی عوامل یاد شده بر حسب فاصله از سطح دریا متغیر می‌باشد یعنی با افزایش ارتفاع از سطح دریا میزان درجه حرارت کاهش و مقدار بارندگی افزایش و سپس کاهش می‌یابد. در این دامنه پوشیده از درختان جنگلی سه ناحیه اقلیمی مختلف، *udic - mesic*، *udic - thermic*، *mesic - xeric* مورد شناسائی قرار گرفت که موجب تغییراتی در خواص و مشخصات خاک خواهند شد.

هدف:

۱ - شناخت خواص و مشخصات خاکهای موجود در این نواحی با ویژگی‌های اقلیمی مذکور.

۲ - تاثیر عوامل مختلف اقلیمی بر خواص مرفولوژیکی، فیزیکوشیمیایی و کانی‌های رسی.

۳ - توسعه و تعمیم خواص و مشخصات شناسائی شده در نواحی اقلیمی مشابه.

در هر ناحیه اقلیمی یک واحد فیزیوگرافی کوه با مواد مادری سنگ آهک انتخاب و تعدادی نیمرخ خاک در موقعیت‌های مختلف حفر و تشریح گردید. سپس از نیمرخ‌های حفر شده در راس قله (*summit*) ضمن تعیین خصوصیات مرفولوژیکی، به منظور بررسی بیشتر خصوصیات فیزیکوشیمیایی و کانی‌های رسی نمونه‌برداری صورت پذیرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که در ناحیه اقلیمی *udic - thermic* آهک از افق‌های سطحی شسته شده و به قسمت‌های عمیقی نیمرخ خاک انتقال یافت، رس‌ها نیز پس از انتقال در افق تحت الارضی تجمع یافتند. در افق سطح بدلیل تجمع و تجزیه لاشبرگها، مواد آلی به میزان قابل توجهی حضور دارند (*Calcic Argiudolls*) و کانی‌های رسی به ترتیب ایلیت، مونت موریلونیت و ورمی کولیت هستند. در این ناحیه بدلیل وجود رطوبت و حرارت مناسب، شرایط برای انتقال آهک و رس آماده بوده و همچنین کانی‌های ایلیت و کلری به مونت موریلونیت تبدیل شدند.

در ناحیه اقلیمی *xeric - mesic* بدلیل پائین بودن میزان بارندگی و دما شرایط برای شستشوی آهک مهیا نشد، و در نتیجه رس هم انتقال نیافته است (*Typic Calcixerepts*)، کانی‌های رسی به ترتیب عبارتند از ایلیت، کلریت، مونت موریلونیت و ورمی کولیت. بعلاوه در ناحیه اقلیمی *udic - mesic* به لحاظ افزایش میزان بارندگی و وجود پوشش جنگلی انبوه‌تر، آهک از محدوده نیمرخ خاک شسته شده و متعاقب آن رس‌ها به افق تحت الارض انتقال و تجمع یافتند. در افق سطحی با تجمع و افزایش ماده آلی افق مالیک تشکیل گردید (*Typic Argiudolls*). کانی‌های رسی به ترتیب عبارتند از: مونت مریلونیت، ایلیت و ورمی کولیت.

بنابراین با افزایش میزان بارندگی و درجه حرارت، رس ایلیت به ورمی کولیت و مونت موریلونیت تبدیل شده اما در نواحی با میزان بارندگی کمتر و درجه حرارت پائین‌تر این تغییرات خیلی کمتر و کانی‌های غالب ایلیت و کلریت می‌باشند.

^۱ عضو هیأت علمی دانشکده علوم کشاورزی - دانشگاه مازندران.

رفتار و بسیار از خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکها تابع میزان و نوع کانیهای رسی موجود در خاکهاست، اگر چه بنظر می‌رسد که در مناطق خشک و نیمه خشک به علت کند بودن فرآیندهای هواپدگی تعداد کانیهای رسی محدود باشد، اما گزارشهای پژوهشگران مختلف نشان دهنده تنوع در نوع و میزان آنها در خاکهای این مناطق می‌باشد. در تحقیقات مختلف رابطه کانیهای رسی با وضعیت فیزیوگرافی اراضی و همچنین اثر توپوگرافی بر چگونگی تشکیل و تحول کانیها نشان داده شده است.

در این تحقیق رابطه کانیهای رسی خاکهای استان فارس با واحدهای مختلف فیزیوگرافی مشخص و تغییرات نوع و میزان رسها در شرایط توپوگرافیهای مختلف بررسی می‌گردد.

بمنظور بررسی روند تغییرات نوع و میزان کانیهای رسی در واحدهای مختلف فیزیوگرافی اراضی استان فارس، یک ردیف پستی و بلندی شامل مخروط‌افکنه‌های آبرفتی واریزه‌ای، فلاتها، دشتهای رسوبی دامنه‌ای، دشتهای سیلابی، تراسای فوقانی، تراسهای رودخانه‌ای و اراضی پست در مناطق مطالعه شده مشخص و داده‌های بدست آمده از مناطق مختلف با یکدیگر مقایسه گردید. لازم به ذکر است که ردیف پستی و بلندی ذکر شده به منظور ارائه یک ردیف کامل از واحدهای مختلف فیزیوگرافی در نظر گرفته شده است و لزوماً همه مناطق مطالعه شده دارای تمام واحدها نیستند.

نمونه خاک بخش کنترل پروفیل‌های حفر شده در واحدها فیزیوگرافی هر منطقه جمع‌آوری و رس این خاکها جهت مطالعات کانی‌شناسی به روشهای جکسون، کیتریک و هوپ خالص گردید. برای مطالعه کانیهای رس از هر نمونه رس خالص شده چهار پلاک اشباع شده تهیه شد. پلاک اشباع با منیزیم جهت تکمیل شبکه کلریت و تثبیت پیکهای آن، پلاک اشباع با پتاسیم جهت شناخت میکا (ایلیت)، پلاک اشباع با منیزیم و گلیسرول جهت شناخت اسمکتیت (مونت موریلونیت) و پلاک اشباع با پتاسیم و حرارت دادن آن تا دمای 550°C جهت تفکیک پیکهای کلریت از کائولینیت تهیه شدند.

کانیهای رسی توسط دستگاه پراش پرتو رنتگن (XRD) و از روی دیفرکتوگرامهای بدست آمده شناسائی شدند. جهت شناسائی کانیهای هورمیت (پالی گورسکیت) از دستگاه میکروسکوپ الکترونی (TEM) استفاده شد. مقدار نسبی کانیها از روی شدت ارتفاع منحنی دیفرکتوگرامهای نمونه‌های اشباع با منیزیم و گلیسرول تعیین گردید.

ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) رسها به روش چاپمن و اکسیدهای آزاد آهن به روش مهرا و جکسون اندازه‌گیری شد. دیفرکتوگرامهای پراش پرتو رنتگن وجود کانیهای میکا (ایلیت، کلریت، اسمکتیت (مونت موریلونیت)، ورمی کولیت، کانیهای مخلوط (ایلیت - اسمکتیت، کلریت - اسمکتیت) و کانیهای هورمیت (پالی گورسکیت) را نشان دادند. کانیهای رس خاکها در واحدهای مختلف فیزیوگرافی از نظر نوع کم و بیش مشابه اما میزان نسبی آنها متفاوت بود. مقایسه دیفرکتوگرامها نشان داد که خاکهای اراضی مرتفع حاوی مقادیر زیادی ایلیت و کلریت هستند و با حرکت به سمت دشتهای و اراضی پست از مقدار آنها کاسته شده و بر مقدار مونت موریلونیت و پالی گورسکیت افزوده می‌گردد. نتایج بدست آمده در مورد ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) رس خاکها نیز این تغییرات را تایید می‌کنند. در این خاکها کانیهای ایلیت و کلریت از مواد مادری به ارث رسیده‌اند در صورتی که کانیهای مونت موریلونیت و پالی گورسکیت از تغییر (Transformation) کانیهای اخیر و یا نوسازی (Neoformation) مواد در محلول خاک بوجود آمده‌اند.

¹ استادیار بخش خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شیراز.

به منظور بررسی تأثیر حذف کربنات کل خاک در تعیین اجزاء بافت خاک خاکهای آهکی بروش پی‌پت در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز (کرکج) به شکل آزمایش فاکتوریل با طرح پایه کاملاً تصادفی در ۲ تکرار اجرا گردید. عامل A در سه سطح درصد کربنات کل نمونه‌های خاک (۸/۳۸، ۱۲/۰۲ و ۱۹/۹۳ درصد) و عامل B عملیات مختلف قبل از تعیین اجزاء خاک (بدون حذف کربنات کل، حذف کربنات کل با استفاده از اسید HCl نیم نرمال و یک نرمال) بود. ارزیابی نتایج نشان داد که هرچقدر کربنات کل خاک با اسید غلیظ‌تر حذف گردد مقدار اجزاء خاک در اندازه سیلت و رس (ذرات خاک کوچکتر از ۰/۰۵ میلی‌متر) در سطح معنی‌داری نسبت به زمانیکه کربنات کل حذف نمی‌شود و یا با اسید رقیق‌تر حذف گردد کاهش می‌یابد. ولی اجزاء ذرات خاک در اندازه شن (ذرات خاک به اندازه ۲ - ۰/۰۵ میلی‌متر) نسبت به زمانیکه کربنات کل حذف نگردیده است افزایش می‌یابد. در کلاس بافت خاک هنگام استفاده از اسید کلریدریک نیم نرمال نسبت به حالت بدون حذف کربنات کل نمونه خاک تفاوتی دیده نمی‌شود (لوم شنی)، ولی مقدار dg (میانگین هندسی قطر ذرات) و σg (انحراف معیار هندسی ذرات خاک) بترتیب از ۰/۱۶۸ و ۱۳/۰۱ میلی‌متر به ۰/۲۹۹ و ۱۱/۱۲ میلی‌متر تغییر می‌یابد، که نشاندهنده اختلاف بین این مقادیر است. در کل زمانیکه برای حذف کربنات‌ها از اسید غلیظ‌تر استفاده می‌گردد نه تنها مقادیر dg و σg بشدت تغییر می‌یابد بلکه کلاس بافت خاک از لوم شنی به شن لومی عوض می‌شود. واژه‌های کلیدی: توزیع اندازه ذرات خاک، بافت خاک، خاکهای آهکی

^۱ به ترتیب: استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی تبریز و دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی

G.I.S

-

برای تعیین تناسب اراضی از جمله عواملی که بسیار حائز اهمیت است و با دقت مورد بررسی قرار می‌گیرد خصوصیات اقلیمی می‌باشد. برای تعیین تناسب اقلیمی محصولات تهیه نقشه‌های خصوصیات اقلیمی ضروری است و تهیه نقشه‌های تناسب اقلیمی به شناسایی سریع مناطق قابل زراعت و باغداری در کشور کمک شایانی می‌کند. به عبارت دیگر با بررسی خصوصیات اقلیمی یک منطقه محدودیتهای اقلیمی را مشخص می‌نمائیم و اگر محدودیت اقلیمی شدیدی مشاهده نشد جهت تکمیل مطالعات تناسب اراضی به بررسی خصوصیات خاک و آب آبیاری می‌پردازیم.

در این تحقیق با استفاده از آمار ده تا بیست ساله بیش از نهصد ایستگاه هواشناسی (سینوپتیک و کلیماتولوژی)، بانک اطلاعاتی پرامترهای اقلیمی ماهانه با بیش از یکصد و پنجاه هزار رکورد اطلاعاتی تهیه شده و با استفاده از نرم‌افزارهای G.I.S. اطلاعات نقطه‌ای به سطح تبدیل می‌شود. نرم‌افزارهای G.I.S. مورد استفاده توانائی آنالیز رستری را دارند و قادر به تبدیل اطلاعات نقطه‌ای به سطح می‌باشند. اطلاعات ایستگاههای هواشناسی با توجه به وضعیت توپوگرافی سطح زمین و میانبایی ایستگاهها به نقشه‌های پهنه بندی خصوصیات اقلیمی مانند همدم، هم باران، هم تبخیر و هم تبخیر و تعرق پتانسیل و تبدیل می‌گردد. از تلفیق لایه‌های مذکور بانک اطلاعاتی مکاندار خصوصیات اقلیمی حاصل می‌شود که پس از تلفیق بانک مذکور با نقشه طول دوره رشد وضعیت خصوصیات اقلیمی مورد نیاز هر محصول در دوره رشد آن محصول مشخص می‌شود. با مقایسه خصوصیات اقلیمی موجود در هر پلی‌گون روی نقشه با نیازهای گیاهان مورد نظر کلاس تناسب اقلیمی آن پلی‌گون برای کاشت آن محصول خاص مشخص می‌شود با استفاده از نرم‌افزار ALES انطباق خصوصیت اراضی و یا کیفیت اراضی با نیازهای رویشی گیاهان در تمام پلی‌گونه‌های همگن حاصل از تلفیق نقشه‌های اطلاعاتی در کشور انجام می‌گیرد و کلاس تناسب اراضی تعیین می‌گردد بدینوسیله برای هر محصول در سطح کشور نقشه‌ای بدست می‌آید که امکان کاشت آن محصول را در مناطق مختلف طبقه‌بندی نموده و کلاسهای مناسب (S1)، نسبتاً مناسب (S2)، تناسب کم (S3) و یا نامناسب (N1, N2) را برای کاشت آن محصول از لحاظ خصوصیات اقلیمی مشخص می‌کند.

دو منطقه جنگلی با مشخصات زیر در استان فارس جهت مطالعه انتخاب گردیدند:

- الف - منطقه جنگلی پیراشکفت ممسنی، واقع در شمال غرب استان فارس، عمدتاً کوهستانی و به وسعت تقریبی ۲۵ هزار هکتار دارای میانگین دمای سالیانه ۱۰،۴ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۸۵۶ میلی‌متر می‌باشد. رژیم رطوبتی خاک این منطقه زریک و رژیم حرارتی آن مزیک می‌باشد. متوسط تبخیر سالیانه این منطقه ۱۹۴۰ میلی‌متر می‌باشد.
- ب - منطقه جنگلی میان جنگل فسا، واقع در مرکز استان فارس، به وسعت تقریبی ۴۰ هزار هکتار دارای میانگین دمای سالیانه ۱۵،۷ درجه سانتی‌گراد و میانگین بارندگی سالیانه ۳۷۸ میلی‌متر می‌باشد. رژیم رطوبتی خاک این منطقه زریک و رژیم حرارتی آن ترمیک می‌باشد. متوسط تبخیر سالیانه این منطقه ۳۸۵۰ میلی‌متر می‌باشد.
- به طور کلی اهداف این مطالعه عبارت بودند از:

- ۱ - مقایسه خصوصیات فیزیکی‌شیمیایی، مورفولوژیکی و کانی‌شناسی خاکهای این دو منطقه جنگلی.
 - ۲ - بررسی تأثیر عوامل مؤثر در تشکیل و تکامل خاکهای و منطقه از جمله اقلیم، پوشش گیاهی، پستی و بلندی و مواد مادری و مقایسه آنها.
 - ۳ - مقایسه کانی‌های خاک دو منطقه و مطالعه تأثیر آنها بر تشکیل و تکامل خاکهای این مناطق.
- بدین منظور پس از مطالعه و تفسیر عکسهای هوایی نیمرخ‌های مورد نظر در واحدهای فیزیوگرافی مختلف حفر و تشریح شدند. هشت نیمرخ خاک از منطقه پیراشکفت ممسنی و سه نیمرخ خاک از منطقه میان جنگل فسا انتخاب و نمونه‌های خاک در آزمایشگاه تجزیه شدند. چهار نمونه و رس خاک از چهار نیمرخ خاک انتخابی منطقه پیراشکفت ممسنی و دو نمونه از دو نیمرخ خاک منطقه میان جنگل فسا انتخاب و توسط دستگاه پراش پرتو ایکس مورد مطالعه قرار گرفت.
- خاکهای منطقه پیراشکفت ممسنی به دلیل تأثیر نسبتاً شدید عوامل خاکساز از جمله آب و هوا، پستی و بلندی، پوشش گیاهی و مواد مادری دارای تنوع زیادی می‌باشند. چهار راسته خاک انتی سول، اینسپتی سول، آلفی سول و مالی سول در این منطقه مشاهده می‌شوند. تجمع کربنات کلسیم، حرکت و انباشتگی رس، تجمع مواد آلی در سطح خاک از فرایندهای مهم خاکساز این منطقه مطالعاتی بوده است. راسته غالب خاک در قسمت‌های کوهستانی با پوشش جنگل، مالی سول و در جلگه‌های مرتفع، آلفی سول بوده است. بدلیل بارش برف در فصول سرد سال و ذوب تدریجی آن در قسمت‌های کوهستانی، با شیب زیاد خاکهای تکامل یافته با عمق زیاد بوجود آمده است.
- کربنات کلسیم موجود در افقهای سطحی خاک در اثر فرایند آبشویی و بارندگی زیاد به میزان زیادی به افقهای زیرین منتقل گردیده است. تخلیه افقهای سطحی این منطقه از کربنات کلسیم، شرایط را برای انتقال رس و ایجاد افق آرچلیپک فراهم نموده است. بدلیل بارندگی زیاد و تجزیه و تخریب کانی‌های اولیه، خاکهای این منطقه عمدتاً ریزدانه و دارای ظرفیت تبادل کاتیونی زیاد بوده است.
- در منطقه میان جنگل فسا به دلیل بارندگی کمتر و میانگین دمای بیشتر، عوامل مؤثر در تکامل خاک تأثیر زیادی بر خاکهای این منطقه نداشته‌اند. فرسایش شدید عامل مهم دیگری در ممانعت از تکامل خاک بوده است. در مناطق جنگلی ماده آلی موجود در سطح خاک به دلیل دمای بالای دچار تجزیه و تخریب شده و این امر مانع از تشکیل اپی‌پدون مالیک

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و دانشیار بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

شده است خاکهای این منطقه بدون تکامل پروفیلی و یا دارای تکامل اندکی بوده و شامل راسته‌های انتی‌سول و اینسپتی سول بوده است.

وجود مقدار زیاد آهک و گچ در مواد مادری این منطقه، عامل بازدارنده‌ای در تکامل این خاکها محسوب گردیده است. خاکهای نسبتاً تکامل یافته در این منطقه فقط در فیزیوگرافی جلگه مرتفع وجود داشته است. خاکهای این منطقه عمدتاً درشت‌دانه و دارای ظرفیت تبادل کاتیونی کمتری بوده است.

از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکهای منطقه پیراشکفت ممسنی در نتیجه بارندگی بیشتر و دمای کمتر دارای کربنات کلسیم کمتر در نیمرخ خاک، میزان ماده آلی بیشتر، پ هاش کمتر، بافت سنگین‌تر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر، قابلیت هدایت الکتریکی کمتر و درصد اشباع بیشتر نسبت به خاکهای منطقه میان جنگل فسا می‌باشد.

مطالعات کانی‌شناسی نشان داد که کانی رسی عمده خاکهای منطقه پیراشکفت ممسنی به ترتیب اسمکتیت، ورمیکولیت، ایلیت و کلریت بوده است. در حالی که در منطقه میان جنگل فسا، ایلیت، کلریت، اسمکتیت، و کوارتز به ترتیب کانی‌های رسی غالب این منطقه بوده است. منشاء اصلی تشکیل کانی‌های اسمکتیت و ورمیکولیت در منطقه پیراشکفت ممسنی تغییر و تبدیل سایر کانی‌ها بخصوص ایلیت و کلریت بوده است.

با توجه به مطالعات انجام شده در زمینه منشاء رسوبات لسی و تغییرات شرایط جوی در عصر هولوسن در منطقه گرگان و دشت درصد برآمدیم در محله اول ترکیب کانیهای رسی تشکیل دهنده در این مواد را در دامنه‌های شمالی البرز در زیر جنگلهای بلوط و ممز با خاکهای Eutrochrept واقع در جنگل قرق در ۲۰ کیلومتری شرق گرگان و اراضی مینودشت واقع در دیواره‌های رودخانه تورکولو با خاکهای استپی از نوع Haplustoll را مورد مطالعه قرار داده و نتایج حاصله را با بررسی‌های دیگران مورد مطابقت قرار دهیم.

در این مطالعات نشان داده شده است که ترکیب کانیهای رسی انواع لسهای سفرهای متعلق به مناطق زیر قطبی بعلت شستشوی شدید اسیدی شده و در نتیجه کانیهای رسی موجود در آن تغییر یافته به گروه کائولینیت و مقداری میکا تبدیل گردیده است، در حالی که در مناطق استپی با شرایط جوی نیمه خشک و در مناطق کویری که تجمع کربنات و گچ و املاح محلول در آن صورت گرفته و در عین حال یونهای سدیم بمقادیر متناهی بعنوان کانیونهای قابل تعویض وجود دارد، کانیهای رسی گروه مونتموریونیت - باید لیت همراه با گوتیت تشکیل شده است.

در مطالعه انجام شده توسط Bronger ترکیب کانیهای رسی خاکهای تشکیل شده بر روی مواد لسی در بخش مرکزی و بالاخره ترکیب کانیهای رسی بر روی مواد لسی در چین مرکزی و دره کشمیر مورد بررسی قرار گرفته است. در این مطالعات نشان داده شده است در حالی که در ترکیب کانیهای لسی دو گروه اول اسمکتایت برآلیت و کائولینیت برتری دارد، در لسهای موجود در چین مرکزی و دره کشمیر، ایلیت قبل از ورمیکولیت و سپس اسمکتایت قرار گرفته است و فقط بر روی رسهای قرمز ورمیکولیت برتری دارد.

نتایج بدست آمده از بررسی پروفیل‌های فوق الذکر در منطقه گرگان و دشت نشان می‌دهد که تحت شرایط زیر استوایی و با حداقل ۶۰۰ میلیمتر بارندگی سالیانه و اثر هوازدگی نسبتاً شدید و پوشش جنگلی هر آنچه را که A. S. Ker در مورد لسهای سفرهای مناطق زیر قطبی ارائه داده است صادق می‌باشد. به طوری که بعلت آبشویی نسبتاً شدید املاح محلول و کربناتهای موجود در آنها، تحت اثر رویدادهای خاکسازي قسمت اعظم اسمکتایت موجود به کلوریت یا کائولینیت تغییر شکل داده و کمیت آن به حداقل رسیده است. در حالی که همانند لسهای سرزمین چین هنوز ایلیت از نظر کمی در مرحله اول اهمیت قرار دارد و کمیت پالیکورسکیت که نشاندهنده منشاء کویری این مواد است بعلت مقاومت بسیار کم آنها در برابر رطوبت به حداقل رسیده است. ولی ترتیب فوق در افقهای B و C در پروفیل قرق کمی تغییر کرده و از نظر کمی کلریت جای کائولینیت را می‌گیرد به طوری که پس از ایلیت در درجه دوم اهمیت قرار می‌گیرد.

همان نظم ذکر شده در افق A پروفیل قرق، در پروفیل دوم واقع در مینودشت نیز قابل مشاهده می‌باشد. به

طوری که نسبت کانیهای رسی در پروفیل‌های قرق و مینودشت به ترتیب مطابق زیر می‌باشد:

۱ - پروفیل قرق

III.>kaol.>Chl.>Sm.>Col.>Pal

افق A:

III.>Chl.>Kaol.>Sm.>Cor.>Pal

افق C.B:

پروفیل مینو دشت:

III.>Kaol.>Chl.>Sm.>Col.>Pal

افق A:

^۱ استاد دانشگاه منابع طبیعی و علوم کشاورزی گرگان

آن بدان معنی خواهد بود که ترکیب کمی و کیفی همه لایه‌های لسی مدفون شده در اعماق مختلف یکسان بوده و به ترتیب از هیدرومیکا، کلوریت، کائولینیت، اسمکتایت، کورنزیست و پالیگورسکیت تشکیل یافته است، در حالی که در افق A و تحت اثر آبشویی و هوازدگی نسبتاً شدید درصد اسمکتایت و کورنزیست با مقایسه با رسوبات مدفون شده لس کاهش یافته و در عوض بشدت و به درصد کائولینیت که احتمالاً بر اثر تجزیه کلوریت موجود بر اثر هوازدگی و به صورت ثانوی حاصل شده است افزوده می‌گردد. در حالی که درصد پالیگورسکیت که احتمالاً بر اثر گرد و غبار رسیده حاصل شده است ثابت باقی مانده است.

در عین حال مطالعات انجام شده بر روی نیمرخ مینو دشت نشان می‌دهد که با مقایسه با افق A نیمرخ جنگل قرق ترکیب کمی و کیفی کانیهای رسی افق A در این پروفیل نیز کاملاً با نیمرخ جنگل قرق مطابقت دارد که نشان‌دهنده آنست که در این حالت نیز با مقایسه با افق C مقدار قابل توجهی از کلوریت موجود با افق C تجزیه شده و به کائولینیت تبدیل گردیده است.

ارزیابی تناسب کمی اراضی، بررسی اثرات فاکتورهای موثر بر تولید محصولات کشاورزی با در نظر گرفتن ملاحظات اقتصادی - اجتماعی و مقادیر عملکرد محصول در واحد سطح می‌باشد. در این نوع ارزیابی تجزیه و تحلیل‌های اقتصادی نقش عمده‌ای را در طبقه‌بندی تناسب اراضی ایفا می‌نمایند. تنها از طریق تجزیه و تحلیل هزینه و درآمد، می‌توان مرز بین کلاسهای تناسب N و S₃ را دقیقاً تعیین کرد، زیرا در این نقطه تنها مابه‌التفاوت فایده و هزینه است که دستخوش تغییر ناگهانی می‌شود نه خصوصیات اراضی و یا رشد محصول.

با توجه به عدم بررسی دقیق روش تناسب کمی اراضی در ایران، هدف از این مطالعه، تعیین تناسب کمی اراضی منطقه برآن شمالی واقع در استان اصفهان برای محصولات زراعی مهم منطقه شامل کشت آبی گندم، جو، ذرت و برنج می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه در فاصله ۳۰ کیلومتری شرق اصفهان به وسعت ۳۳۱۴ هکتار، واقع شده است. این مطالعه در راستای تناسب کیفی انجام شده در همین منطقه (مقاله شماره ۱) صورت گرفت. در راستای مطالعات اقتصادی میزان نهاده‌های مصرفی و قیمت آنها اعم از هزینه‌های بذر و نشاء، کودشیمیایی، شخم کاشت، سموم دفع آفات و علف‌های هرز، کارگر روزمزد و خانوادگی، آب، برداشت، حمل و نقل و بهره هزینه‌های متغیر در سطح مدیریت و نهاده متوسط، با تکمیل ۳۶۰ فرم اقتصادی در منطقه مورد مطالعه تعیین شده است. عملکرد سربسر (تولید بحرانی) بر اساس نتایج مطالعات اقتصادی مزبور محاسبه شده است. با انجام مطالعات صحرایی تولید واقعی هر محصول در هر واحد اراضی شامل میزان تولید متوسط چندین ساله زارع تحت مدیریت نهاده مشخص بدون تاثیر عوامل غیرمترقبه، برداشت شده است. برای محاسبه تولید پتانسیل هر محصول از مدل فائو (F.A.O) استفاده شده است. در این مدل با توجه به پتانسیل ژنتیکی محصول و خصوصیات گیاهی آن با استفاده از داده‌های اقلیمی نظیر تابش خورشیدی و درجه حرارت مقدار تولید بیوماس و تولید محصول برآورد می‌شود. برای بررسی صحت روش ارزیابی و انتخاب فاکتورهای مورد ارزیابی ارتباط رگرسیونی بین تولید پیش بینی شده و تولید واقعی ایجاد شده است. مقادیر تولید پیش بینی شده از حاصلضرب شاخص خاک (Soil index) در میزان تولید پتانسیل حاصل شده است. شاخص خاک پارامتری است که از تلفیق درجات تناسب خصوصیات و کیفیات اراضی بجز پارامترهای اقلیمی بوسیله معادله ریشه دوم حاصل می‌شود. جهت انجام ارزیابی تناسب کمی اراضی ارتباط رگرسیونی بین شاخص اراضی (محاسبه شده به روش پارامتریک در مقاله کیفی) و تولید واقعی ایجاد شده و سپس بر اساس راهنمای سائز (Sys) حدود کلاسهای کمی اراضی تعیین گردید. در نهایت با بررسی عواقب محیطی مناسبترین نوع استفاده از اراضی در هر واحد اراضی تعیین شده است.

نتایج مطالعات اقتصادی نشان می‌دهد که بین مزارع با اندازه‌های مختلف از نظر میزان نهاده‌های مصرفی تفاوتی مشاهده نمی‌شود. مقایسه نهاده‌های مصرفی محصولات مختلف نشان می‌دهد که تولید برنج نسبت به سایر محصولات، هزینه بیشتری را می‌طلبد. بعد از برنج به ترتیب گندم، جو و ذرت از هزینه‌های مصرفی کمتری در واحد سطح برخوردار می‌باشند. مقادیر تولید بحرانی که از آنالیز نتایج فوق حاصل شده، برای گندم، جو، ذرت و برنج به ترتیب ۳،۲۴، ۳،۵۳، ۴،۶۵،

^۱ به ترتیب دانشجوی دکترای خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان، استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهر کرد، دانشیار گروه خاکشناسی و دانشیار گروه توسعه روستائی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

۳،۱۷ تن در هکتار محاسبه شده است. تولید پتانسیل بر اساس روش فائو برای گندم، جو، ذرت و برنج به ترتیب ۹،۱، ۹،۷، ۱۲ و ۱۰،۵ تن در هکتار می‌باشد، آنالیز آماری انجام شده بین تولید مشاهده شده و برآورد شده نشان می‌دهد که برای تمامی محصولات در سطح احتمال ۱ درصد رابطه رگرسیون خطی معنی‌داری برقرار می‌باشد. ارتباط معنی‌دار فوق، دال بر انتخاب صحیح فاکتورها و روش مناسب ارزیابی است. بنابراین نتایج این مطالعه نشان دهنده این است که روش ارزیابی را می‌توان با برخی تعدیلات و تغییرات در ایران استفاده کرد. علاوه بر آزمون ضریب تشخیص، آزمون توزیع مربع کای نشان می‌دهد که مقادیر مربع کای محاسبه شده بین تولید مشاهده شده و پیش بینی شده تمامی محصولات در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار نبوده و به خوبی بر توافق مقادیر مشاهده شده در هر واحد اراضی با مقادیر مورد انتظار دلالت می‌نماید. جهت ارزیابی کمی ارتباط ریاضی بین شاخص اراضی با تولید مشاهده شده در هر واحد اراضی ایجاد شده که ضرایب تشخیص آنها برای تمامی محصولات در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است و بر اساس این معادله کلاسه‌های کمی برای هر محصول در هر واحد اراضی تعیین شده است. نتایج مطالعات کمی نشان می‌دهد که گندم مناسبترین محصول در واحدهای اراضی ۱-۵، ۳-۳، ۳-۵، گندم و جو توأم به عنوان مناسبترین محصولات در واحدهای اراضی ۱-۴، ۱-۸، ۱-۱ و ۴-۲، گندم و ذرت توأم به عنوان مناسبترین محصولات در واحدهای اراضی ۱-۱ و ۱-۲، گندم و برنج توأم به عنوان مناسبترین محصولات در واحدهای اراضی ۱-۲، ۱-۳، ۱-۷، ۱-۱۱، ۲-۲، گندم و جو و ذرت و برنج توأم به عنوان مناسبترین محصولات در واحدهای اراضی ۱-۱، ۲-۱، شناخته شده‌اند. سایر واحدهای اراضی به علت شرایط نامناسب که عمدتاً ناشی از شوری است، برای تمامی محصولات نامناسب تشخیص داده شده‌اند. بر اساس میزان تولید برآورده شده و هزینه‌های متغیر لازم جهت تولید، سود ناخالص در هکتار برای هر محصول محاسبه شده است. که می‌توان سودآورترین محصول را در هر واحد اراضی تعیین کرد. در ارزیابی تناسب اراضی تنها معرفی یک شکل از انواع استفاده بعنوان بهترین نوع استفاده الزامی نیست چرا که بسته به هدف شرائط اجتماعی و اقتصادی و پیامدهای محیطی ممکن است نوع استفاده با تناسب کمتر پیشنهاد گردد. بعنوان نمونه در منطقه مورد مطالعه کشت برنج هر چند در برخی واحدها، سودآورترین نوع استفاده است، به دلیل عواقب محیطی که به دنبال دارد توصیه نمی‌شود. انحطاط فیزیکی خاک و قابلیت زیاد اراضی برای شور شدن و بالا آمدن سفره آب زیرزمینی بواسطه مصرف زیاد آب توسط برنج دلایل روشنی بر این مدعاست. در نهایت با تلفیق نتایج ارزیابی کمی، سودآوری محصولات و بررسی عواقب محیطی می‌توان در جهت یکپارچه سازی اراضی و تک محصولی کردن اراضی با توان تولید یکسان، اقدام نمود.

دشت روم به مساحت تقریباً ۳۶۰۰ هکتار و ارتفاع متوسط ۲۰۹۰ متر از سطح دریای آزاد در جنوب غرب شهرستان یاسوج در استان کهگیلویه و بویر احمد واقع شده و به وسیله کوههای دپشته و بر آفتاب از این شهرستان جدا می‌گردد. اهداف عمده این تحقیق عبارتند از: ۱ - مطالعه تشکیل و تکامل خاک در رژیم رطوبتی زیریک و رژیم دمایی مزیک. ۲ - مطالعه تأثیر پستی و بلندی بر خصوصیات خاکهای مورد مطالعه. ۳ - مطالعه کانی‌شناسی و رده‌بندی خاکها مطابق رده‌بندی جامع خاک (آمریکایی).

سه واحد فیزیوگرافی: دشت‌های آبرفتی دامنه‌ای، مخروط‌های افکنه‌ای آبرفتی - واریزه‌ای و جلگه‌های مرتفع و تراس‌های بالائی در منطقه شناسایی شد. در هر واحد فیزیوگرافی پروفیل‌هایی حفر و از بین آنها ۱۰ پروفیل انتخاب و خصوصیات کلی منطقه مورد مطالعه و پروفیل‌ها بر اساس روشهای استاندارد موجود تشریح گردیدند. سپس در هر پروفیل از طبقات مختلف نمونه‌برداری و بعد از خشک شدن و عبور نمونه از الک ۲ میلی‌متری آزمایش‌های مختلف فیزیکوشیمیائی و مینرالوژیکی بر اساس روش‌های استاندارد بر روی آنها صورت گرفت.

این تحقیقات نشان داد که خصوصیات اقلیمی و اکولوژیکی حاکم بر دشت روم، از جمله مقدار و توزیع بارندگی سالانه، ارتفاع از سطح دریا، رژیم دمایی خاک، ماده مادری، و همچنین برخی از خصوصیات خاکی که در حضور عواملی نظیر رطوبت و دما می‌توانند سبب تجمع و دوام ماده آلی در خاک شوند (که از جمله این خصوصیات بافت خاک می‌باشد)، سبب تولید مقادیر زیادی ماده گیاهی و همچنین تجزیه آن در ایام نسبتاً گرم سال، و بنابراین تجمع مواد هوموسی تیره در افق سطحی خاکهای این منطقه می‌گردند. با توجه به این مطلب و آنچه که نتایج کارهای صحرایی و آزمایشگاهی (رنگ افقی سطحی، مقدار کربن آلی و ...) نشان می‌دهند، مشخص می‌شود که خاکهای تکامل یافته این دشت عمدتاً خاکهای راسته مالی سول‌ها (Mollisols) می‌باشد.

اما پستی و بلندی از آن جهت که در شرایط ماده مادری نسبتاً یکنواخت ناحیه مورد مطالعه پراکندگی خاکها را در کنترل دارد، پس از اقلیم مهمترین عامل تشکیل دهنده خاک در این منطقه است و از طریق دگرگون ساختن توزیع ماده و انرژی (در وهله اول بارندگی و دما) سبب ایجاد تنوع در خاکهای این دشت از سطح راسته (Order) تا زیر گروه‌های خاک (Subgroup) شده است. در منطقه مطالعاتی پستی و بلندی بر فرایندهای خاکسازي و بدنبال آن بر بسیاری از خصوصیات خاکی (Soil Properties) از جمله رنگ، کربن آلی، بافت، ظرفیت تبادل کاتیونی، اشباع بازی، دما و عمق خاک، سطح سفره آب زیرزمینی، خصوصیات اکسید و احیایی و ... تأثیر نموده است. کانی‌های بخش رس نیز بسته به موقعیت خاکها در سیمای اراضی (Land scape) از لحاظ نوع و مقدار تنوع نشان می‌دهند.

در خاکهای واقع در دشتهای آبرفتی دامنه‌ای غالباً بافت خاک سنگین، کربن آلی نسبتاً زیاد، واکنش خاک آهکی و دارای افقهای مشخصه سطح الارض مالیک (Mollic) و تحت الارض آرگیلیک (Argillic) و کمبیک (Cambic) می‌باشد و عمدتاً به زیر گروه تیپیک آرچی زرال‌ها (Typic Argixerolls) تعلق دارند. محدوده‌ای نیز که نیمرخ خاک متأثر از سفره آب زیرزمینی (غیرشور) و نوسانات

^۱ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد. دانشیار بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

فصلی آن می‌باشد خاکها در زیر گروه تیپیک آرچی اکوالها (Typic Argiaquolls) جای می‌گیرند. مطالعه کانی‌شناسی این پروفیل نشان می‌دهد که کانیها غالب در بخش رسی این پروفیل از گروه اسمکتیت‌ها می‌باشند که با توجه به زهکشی ضعیف و رژیم رطوبتی اکویک می‌توان منشأ اتوژنیک (Autogenic) نیز برای آن در نظر گرفت.

در فیزیوگرافی‌های بالاتر، بسته به میزان پایداری سطوح و تأثیر پستی و بلندی درجات مختلفی از تکامل مشاهده می‌شود. در مخروط‌های افکنه آبرفتی قدیمی در پایه شیب (Footslope) و در شیب مقعر با توجه به ضخامت و مقدار ماده آلی در افق سطحی خاکهای زیر گروه مالیک هاپلوزر آلف (Mollic) و تیپیک هاپلوزر آلف (Typic Haploxeralfs) و در شیبهای محدب خاکهای زیر گروه تیپیک کلسی زرال (Typic Calcixerolls) مشاهده می‌گردند. در زیر گروه اخیر در تکامل افق کلسیک حرکت موئین آب به سمت بالا نقش مؤثری دارد.

کانی‌شناسی خاکها نشان می‌دهد که از مناطق مرتفع‌تر به سمت پایین‌تر بر مقدار کانی‌های انبساط پذیر نظیر اسمکتیت افزوده می‌شود و از میزان کانی‌های ایلیت و کلریت کاسته می‌شود.

در قسمت‌های پایین دست نیز که تحت تأثیر فعالیت‌های دروه‌ای فرسایش و رسوب‌گذاری قرار گرفته‌اند خاکهای انتی‌سول (Entisols)، مخصوصاً خاکهای گروه بزرگ زروفلونتها (Xerofluvents) که تنوعات بافتی و تغییرات کربن آلی نسبت به عمق را به خوبی نشان می‌دهد مشاهده می‌شوند.

دشت مورد مطالعه در مجاورت شهر داراب، در استان فارس قرار دارد. از این دشت به منظورهای کشاورزی، مرتع و نیز اهداف دیگر استفاده می‌شود. نوسانات فصلی آب زیرزمینی نقش عمده‌ای در تکامل خاکهای این دشت داشته است. از آنجا که رژیم رطوبتی این منطقه یوستیک و رژیم حرارتی آن هیپرترمیک بوده و میزان بارندگی متوسط سالانه منطقه حدود ۲۶۰ میلی‌متر است این منطقه دارای اقلیم نیمه خشک بیابانی می‌باشد. بنابراین در بوجود آمدن خاکهای مالی سول منطقه آب زیرزمینی نقش مستقیم و بسزایی داشته است، آب زیرزمینی باعث بوجود آمدن یک توالی رطوبتی (Hydrosequence) شده که خاکهای مختلف مالی سول با عمق‌های مختلف آب زیرزمینی بوجود آمده‌اند. تأثیر زهکشی درونی خاک و عمق سفره آب زیرزمینی بر مورفولوژی، تکامل و هوا دیدگی کانیهای خاک توسط محققین مختلف مطالعه شده است. Fenton و Khan (1994) در مطالعه یک کاتنای مالی سول نشان دادند که حضور کربنات کلسیم ثانویه در خاک عمده‌تاً بدلیل تخلیه کربنات از آب زیرزمینی کم عمق بوده که مقدار زیادی بی‌کربنات محلول داشته است. نتایج مشابهی نیز توسط Knuteson (1989) در مطالعه خاک Calciaquolls بدست آمده است. بنابراین یکی از مهمترین تأثیر عمق آب زیرزمینی، تکامل افق‌های ژنتیکی خاک است. ازطرفی آب زیرزمینی در رنگ خاک، شرایط اکسایش و احیا و تجمع ماده آلی خاک تأثیر می‌گذارد. بوجود آمدن بعضی کانیها و فراوانی و توزیع آنها در خاک نیز تحت تأثیر آب زیرزمینی و وضعیت زهکشی درونی خاک قرار می‌گیرد. به طور کلی می‌توان گفت که کانیهای گروه اسمکتیت عمده‌تاً تحت شرایط زهکشی ضعیف بیشتر تشکیل می‌شوند حال آنکه پالی گورسکیت در شرایط خشک‌تر و در خاک‌های با کربنات کلسیم بالا تشکیل می‌شود.

اهداف کلی و عمده این تحقیق را بشرح زیر می‌توان نوشت :

- ۱ - تأثیر عمق آب زیرزمینی بر مورفولوژی و تکامل افق مالیک.
 - ۲ - تشکیل و تکامل افق‌های زیرین مخصوصاً افق کلسیک در شرایط مختلف عمق آب زیرزمینی.
 - ۳ - رابطه تشکیل و توزیع کانیهای مختلف در شرایط زهکشی مختلف.
- به طور کلی در منطقه مطالعاتی که مواد مادری آن کاملاً آهکی می‌باشد، سه خاک مالی سول از سه سری مختلف انتخاب شدند که بترتیب در جهت افزایش عمق سفره آب زیرزمینی عبارتند از:
- ۱ - سری ده نو که در واحد فیزیوگرافی اراضی پست (Lowland) تشکیل شده و طبق سیستم رده‌بندی خاک بنام Fine, carbonatic, hyperthermic, Fluvaquentic Endoaquolls می‌باشد این خاک کمترین عمق آب ایستایی، بیشترین دروه اشباع، بیشترین درصد ماده آلی و بیشترین ضخامت افق مالیک را دارا بود. رنگ زمینه خاکستری و فراوانی رنگین دانه‌ها از خصوصیات این خاک می‌باشد.
 - افق زیر سطحی این خاک تنها درجات اولیه تکامل یعنی خصوصیات افق کمبیک را دارا بوده، و در واقع بدلیل شرایط اشباع تقریباً دائم و عدم شرایط خشکی و مرطوبی توأم اثری از رسوب کربنات کلسیم ثانویه و یا

^۱ به ترتیب دانشیار بخش خاکشناسی، دانشگاه شیراز. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بخش خاکشناسی دانشگاه شیراز.

تشکیل افق کلسیک به چشم نمی‌خورد. ضخامت افق مالیک در این خاک ۲۵ سانتی‌متر و بقیه پروفیل خاک تا عمق ۱٫۵ متری و یا حتی بیشتر، رنگ تیره که نشان‌دهنده درصد بالای ماده آلی بود را نشان می‌دهد. بنابراین تشکیل چنین خاکی با تجمع ماده آلی زیاد در شرایط خشک و نیم خشک منطقه صرفاً بدلیل سطح ایستایی کم عمق بوده است.

۲ - با بیشتر شدن عمق سفره آب زیرزمینی (عمق بیشتر از یک متر در تابستان) خاک سری پل بهادران تشکیل یافته است؛ که تحت عنوان تاکسونومیکی Fine - Loamy , Carbonatic , Hypertermic , Typic Calciaquolls قرار می‌گیرند. در این خاک ماده آلی و ضخامت افق مالیک از سری ده نو کمتر می‌باشد ولی افق کلسیک تکامل یافته‌ای را نشان می‌دهد. دلیل اصلی تشکیل افق کلسیک در این خاک، وجود سفره آب زیرزمینی می‌باشد که در نتیجه نیروی شعریه، کربنات کلسیم را به همراه خود به افق‌های بالاتر حمل و به صورت کربنات کلسیم ثانویه رسوب می‌نماید. عامل دوم تشکیل این افق که در مقایسه با تأثیر سفره آب زیرزمینی اهمیت کمتری داشته انتقال کربناتها از افق‌های بالایی در فصول بارانی و رسوب آن در افق‌های زیرین در فصول خشک می‌باشد.

۳ - سری بر آب سومین سری خاک مطالعه شده که دارای سفره آب زیرزمینی عمیق بوده و تحت عنوان Fine - loamy, carbonatic, Hypertermic , Torri floventic , Haplustolls نامگذاری گردید. این خاک کمترین ضخامت و مقدار ماده آلی را دارا بوده و در ضمن اثری از شرایط اکسید و احیا را نشان نمی‌دهد. توزیع کربنات کلسیم آن در مراحل اولیه بوده و افق زیرین خاک تنها خصوصیات افق کمبیک را دارا بود. تشکیل این افق بدلیل تأثیر ماده آلی و نیز توزیع کربنات کلسیم در بین خاکدانه‌ها می‌باشد که باعث بوجود آمدن ساختمان بلوکی ضعیفی در خاک شده است.

مطالعات مینرالوژیکی افق زیر سطحی این سه خاک نشان داد که کانیهای موجود در هر سه خاک کم و بیش مشابه و عبارتند بودند از ایلیت، کلریت اسمکتیت و پالی گورسکیت. ولی مقدار نسبی این کانیها بدلیل شرایط مختلف هوا دیدگی که ناشی از عمق سفره آب زیرزمینی متفاوت بود، به طوری که در خاک سری بر آب کانی عمده آن پالی گورسکیت، در سری پل بهادران، اسمکتیت و در سری ده نو، ایلیت و کلریت بودند. این نتایج بخوبی با عمق سفره آب زیرزمینی و شرایط زهکشی خاک مطابقت دارد. به طوری که در سری ده نو که شرایط بسیار ضعیف زهکشی فراهم بود فرایند هوا دیدگی کانیها به کندی پیشرفته و کانی غالب ایلیت و کلریت بودند ولی در سری پل بهادران با شرایط زهکشی ضعیف، شرایط مناسب تشکیل کانیهای گروه اسمکتیت بود، و نیز در سری بر آب خشک بودن پروفیل همراه با کربنات کلسیم زیاد در خاک موجب تشکیل کانی پالی گورسکیت شده است. در این مطالعه زیر گروه Fluvaquentic Calciaquolls جهت نامگذاری خاک سری پل بهادران که خصوصیات Fluventic را نشان می‌دهد پیشنهاد می‌شود.

مطالعه خصوصیات خاک و تهیه نقشه مناسب از خاک از اوایل رشد علم خاکشناسی مد نظر بوده و در نقاط مختلف دنیا مطالعات زیادی در این زمینه صورت گرفته است. این مطالعات زیر بنای تحقیقات دیگر می‌باشد و برای استفاده‌های گوناگون کمک می‌نماید. هدف از این بررسی تغییرات مورفولوژیکی و شیمیایی خاک و تعیین روند تغییرات فاصله‌ای در واحدهای نقشه در منطقه زرین شهر اصفهان بوده است. بدین منظور وادهای نقشه در مطالعه خاکشناسی تفصیلی تهیه شده قبلی تصحیح و واحدهای جدید تعریف گردید. منطقه مطالعاتی واقع در شرق زرین شهر به وسعت حدود ۲۷۰ هکتار شامل اراضی زیر دست یک تصفیه خانه فاضلاب شهری می‌باشد. این منطقه از طرف جنوب (پائین دست) به رودخانه زاینده رود، از شمال به یک جاده مجاور تصفیه خانه، از شرق به خط آهن و از غرب به یک روستا بنام قلعه قاسم محدود می‌شود. یک زهکش مربوط به کارخانه ذوب آهن اصفهان از مجاور تصفیه خانه عبور کرده و در نهایت به رودخانه زاینده رود وارد می‌شود. در این مطالعه ابتدا چهار ترانسکت از شمال به جنوب در نظر گرفته شد و فواصل بین ترانسکتها و پروفیلها بر روی هر ترانسکت ۲۵۰ متر تعیین گردید. برای اینکه تعداد نمونه در هر واحد به حد لازم برای بررسی تغییرات خواص خاک برسد، چند پروفیل خاک نیز در واحدهای مختلف بین ترانسکتها حفر گردید. عمق پروفیلها ۱،۵ متر و نمونه‌ها از کلیه افقهای خاک در هر پروفیل جمع‌آوری و تجزیه‌های مختلف آزمایشگاهی برای اندازه‌گیری خواص خاک روی آنها صورت گرفت. نقشه خاک تفصیلی تهیه شده قبلی سه واحد سری لنجان، گلشهر و زاینده رود را در منطقه مشخص کرده است. ولی در این مطالعه سری گلشهر به دو واحد فاز آهکی و فاز گچی تقسیم شد که گسترش فاز گچی خیلی کمتر است. همچنین پتروکلیسک نیز تفکیک گردید. منطقه شامل سه واحد اصلی خاک می‌باشد که عبارتند از: سری گلشهر فاز آهکی، سری لنجان و سری زاینده رود. در این سه واحد خصوصیات مختلف مورفولوژیکی و شیمیایی مورد بررسی قرار گرفت. از نظر مورفولوژیکی سری گلشهر دارای بیشترین درصد حجمی سنگریزه (بیش از ۳۵ درصد) و همچنین دارای بافت لوم شنی تا لوم رسی شنی است. سری لنجان عمیق‌ترین خاک منطقه (بیش از ۱،۵ متر) که بر روی ترانس بالائی زاینده رود تشکیل شده و بافت خاک لومی شنی تا رسی شنی دارد. این خاک شامل مقدار متوسط سنگریزه (۱۵ تا ۳۵ درصد) می‌باشد. سری زاینده رود بر روی تراس پائینی زاینده رود واقع بوده و خاکی با عمق ۵۰ تا ۹۰ سانتی‌متر، دارای بافت شنی لومی مقدار سنگریزه ۱۵ تا ۳۵ درصد می‌باشد. دو واحد دیگر که وسعت خیلی کمتری نسبت به سایر واحدهای فوق‌الذکر دارند، یکی سری گلشهر فاز گچی و دیگری واحد پتروکلیسک می‌باشد. تفاوت سری گلشهر فاز گچی با فاز آهکی در این است که این خاک شامل افق جیسیک با ضخامت ۱۰ تا ۳۰ سانتی‌متر در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر از سطح خاک می‌باشد. این واحد بیشتر در اراضی بکر که تحت تأثیر آبیاری و کشاورزی نبوده‌اند یافت می‌شود. واحد پتروکلیسک دارای یک افق پتروکلیسک با ضخامت حدود یک متر و در عمق ۲۵ تا ۵۰ سانتی‌متر از سطح خاک می‌باشد.

این لایه عامل اصلی ناموفق بودن درختکاری توسط کارخانه ذوب آهن بر روی این واحد است. بررسی خواص شیمیایی در سه واحد اصلی خاک نشان می‌دهد که در هر سه واحد بیشترین تغییرات یا ضریب پراکندگی در کلیه افقهای خاک به ترتیب مربوط به غلظت سدیم محلول (از 0.66 mel^{-1} تا 376.3)، SAR (از 0.2 تا 62.7) و EC (از 1.5 dsm^{-1}) تا 49.1) می‌باشد. حداقل ضریب پراکندگی یا تغییرات مربوط به pH خاک است. کاهش SAR و EC با افزایش عمق در

^۱ دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان. استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

واحدهای خاک نشاندهنده سطح آب زیرزمینی بالا و حرکت املاح به طرف سطح خاک می باشد. نتایج نشان می دهد که مشکل عمده کشت و کار در این منطقه نامناسب بودن زهکشی اراضی بوده که باعث ماندآب شدن و شوری زیاد خاک گردیده به طوری که در بعضی مناطق گیاهی مانند جو نیز در اثر شوری زیاد قادر به تولید محصول نمی باشد. به طوری کلی می توان گفت اگر مشکل زهکشی در این منطقه برطرف شود، خاکهای این منطقه بخصوص تراسهای زاینده رود پتانسیل بسیار خوب برای کشاورزی دارند. بررسی تغییرات فاصله ای و تهیه نقشه های کنوری EC و SAR (در عمق صفر تا ۳۰ سانتی متر) و ضخامت افق A در منطقه نشان می دهد که هر چه به طرف زهکش ذوب آهن نزدیک می شویم EC و SAR افزایش یافته و هر چه به طرف زاینده رود می رویم کاهش می یابند. با توجه به نتایج بدست آمده و بعلت بالا بودن سطح آب زیرزمینی توصیه می شود پس آب فاضلاب در تصفیه خانه به مناطق مجاور به مقدار زیاد اضافه نشود زیرا به طور جدی خطر آلودگی آبهای زیرزمینی و زاینده رود را به همراه دارد و توصیه می شود پس آب در استخرهای تبخیر نگهداری شود.

هدف این تحقیق، فراهم نمودن اطلاعات پایه‌ای روی تغییر کانپها بوسیله فرایندها و عوامل خاکسازی بوده است. منطقه مورد مطالعه در حوزه آبخیز شمال رود کارون واقع شده است. ناحیه اقلیمی شهر کرد با مساحت ۵۹۳۸۰۰ هکتار و میانگین بارندگی و دمای سالانه ۳۱۴٫۵ میلی‌متر و $۱۲٫۲^{\circ}\text{C}$ است و تیپ‌های غالب گیاهی آن شامل گون کتیرائی، شیرین بیان و آب و هوای آن نیمه‌خشک به روش دومارتن است. ناحیه اقلیمی چلگرد (کوهرنگ) با مساحت ۲۲۰۷۰۰ هکتار؛ میانگین بارندگی و دمای سالانه ۱۲۲۴ میلی‌متر و $۹٫۵^{\circ}\text{C}$ است. تیپ‌های غالب گیاهی شام گون‌گری، شوخ، فرفیون و درمنه است؛ آب و هوای آن بسیار مرطوب نوع ب به روش دو مارتن است.

با استفاده از اطلاعات مربوط به ۳۹ نقشه توپوگرافی و نقشه منابع و قابلیت اراضی حوزه آبخیز، از هر ناحیه اقلیمی، یک مسیر مطالعاتی از واحدهای فیزیوگرافی متفاوت و غالب، انتخاب گردید. پس از تشریح تعداد زیادی از پروفیلها، پنج پروفیل شاهد در ناحیه اقلیمی شهر کرد شامل واحدهای کوه، بادبزی شکل، دشت‌های دامنه‌ای، اراضی پست و فلاتهای قدیمی و ۶ پروفیل شاهد در ناحیه اقلیمی چلگرد شامل واحدهای کوه، تراسهای بالائی، تراسهای میانی ۱ و ۲، تراسهای پایینی و فلاتهای قدیمی، انتخاب و سپس از افقهای ژنتیکی، نمونه‌برداری انجام شد. آزمایشهای مختلف فیزیکی و شیمیایی به روش‌های متداول انجام گردید. بعضی افق‌ها جهت کانی شناسی رس سیلیکاته، انتخاب و به روش کیتریک و هوپ، کار جداسازی و آماده‌سازی نمونه‌ها با اعمال تیمارهای لازم صورت گرفت.

رس ریز و درشت ($۲۰=۳۰\mu$) در مجاورت اشعه X دستگاه پراش‌سنج (مدل شیمادزو) با جریان ۴۰ میلی‌آمپر و ولتاژ ۴۰ کیلو ولت قرار گرفت.

نتایج شیمیایی و مورفولوژی حاکی است که کاهش محسوس میزان آهک و pH در ناحیه اقلیمی چلگرد (عدم حضور پتروکلیسک) در مقایسه با ناحیه اقلیمی شهر کرد (حضور پتروکلیسک در فلات قدیمی) وجود داشته است همچنین در ناحیه اقلیمی شهر کرد، رده‌بندی خاکها از Xerorthents (واحد کوه) به Calciaquolls (اراضی پست) و Palexeralfs (فلاتهای قدیمی) و در ناحیه اقلیمی چلگرد، رده‌بندی خاکها، از Haploxeralfs (واحد کوه) به Calcixererts (بعضی تراسها و فلاتهای قدیمی) تغییر می‌یابد. نتایج انکسار اشعه X نمونه خاکهای ناحیه اقلیمی شهر کرد، حاکی است که کاهش میزان اسمکتیت با افزایش میزان کلریت آهن‌دار و پالیگورسکایت در خاکهای قدیمی‌تر و خاکهای تحت شرایط اکسید و احیاء متناوب همراه بوده است.

در ناحیه اقلیمی شهر کرد، مواد مادری عمدتاً کنترل‌کننده نوع کانپهای رسی بوده ولی تغییر شرایط موضعی (خشک و مرطوب شدن خاکها) توانسته است بخشی از کانپهای رسی را به صورت اتوژنیک (درجا تا مین نماید. نوع واحد فیزیوگرافی از طریق تغییر شرایط زهکشی و هواپدگی فیزیکی شامل خرد شدن ذرات در نتیجه اختلاف دما و حرکت آنها در اثر نیروی ثقل در جهت شیب، شرایط برای ایجاد ذرات ریزتر را فراهم نموده است ولی میزان بارندگی و آبشویی فعلی در این ناحیه اقلیمی به اندازه‌ای نیست که موجب خروج پتاسیم از میکاو یا تغییر شکل کلریت گردد، در نتیجه می‌توان استدلال نمود که اگر چه شرایط اکسید و احیاء متناوب جهت تسریع در کاهش میزان کلریت و پالیگورسکایت در افقهای سطحی اراضی کم

^۱ به ترتیب استادیار و دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه گیلان و دانشگاه صنعتی اصفهان

شیب نقش داشته است ولی بالا بودن نسبت $\frac{\ddot{O}\ddot{O}}{\ddot{O}\ddot{O}\ddot{a}\ddot{a}}$ و حضور کانی‌های گروه اسمکتیت در افق زیرین فلاتهای قدیمی،

دلیل بر وجود اقلیمی مرطوبتر از اقلیم فعلی است که تغییر شکل کانی‌ها را تسهیل نموده است.

با توجه به شناسایی اسمکتیت در مواد مادری ناحیه اقلیمی شهر کرد، می‌توان منشاء سنگزایی (لیتوژنیک) و خاکزایی یا پدوژنیک (هواپدیدی کلریت آهن‌دار و پالیگورسکایت) را برای این کانی پیشنهاد نمود، در حالی که حضور اسمکتیت به میزان زیادتر در خاکهای ناحیه اقلیمی چلگرد نسبت به شهر کرد و عدم شناسایی آن در مواد مادری را ظاهراً می‌توان دلیل بر تشکیل این کانی از طریق تاثیر فرایندها و عوامل خاکسازی دانست (هواپدیدی کلریت آهن‌دار و ایلیت).

در ناحیه اقلیمی چلگرد، افزایش آبشویی، شرایط را برای خروج پتاسیم بین لایه‌ای میکا فراهم نموده و شیب جانبی تراسها و نیز وجود رودخانه کوه‌رنگ به صورت یک زهکش طبیعی از طرف دیگر، موجب افزایش اکسیداسیون کلریت گردیده است.

همچنین، مقایسه شدت پیک کانی‌های مختلط (کلریت - اسمکتیت و ایلیت - اسمکتیت) نشان داد که سهم کلریت و ایلیت نسبت به اسمکتیت در خاکهای ناحیه اقلیمی چلگرد بسیار کمتر از شهر کرد است.

بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که شدت هواپدیدی در ناحیه اقلیمی چلگرد بیشتر از ناحیه اقلیمی شهر کرد است.

۱

اثرات پستی و بلندی و تغییرات سطح سفره آب زیرزمینی و مواد مادری آهکی بر مکانیسم تغییر و تحولات کانیهای رس خاکها در شرایط خشک و نیمه خشک دشت آسپاس واقع در شمال غرب استان فارس مورد مطالعه قرار گرفت. کانیهای خاک به عنوان مهمترین عامل تعیین کننده خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای معدنی بخش مهمی از تحقیقات دانشمندان را به خود اختصاص داده است. شناسایی کمی و کیفی کانیهای رس معیار دقیقی جهت تعیین مراحل مختلف هوا دیدگی و توسعه و تکامل خاکها مورد استفاده قرار میگیرد. رسهای خاک همچنین بر انقباض و انبساط، شکل پذیری، ظرفیت حرارتی، ظرفیت نگهداری رطوبت، قابلیت نفوذ، ظرفیت تبادل کاتیونی، تثبیت پتاسیم و آمونیوم و غیره تاثیر بسزایی دارد. با توجه به محدودیت منابع تولید از جمله خاک که بستر تمام فعالیتهای کشاورزی می باشد، شناسایی کانیهای بخش رس خاک جهت بهره‌وری بهینه و متناسب با استعداد خاکها گامی در جهت توسعه پایدار می باشد که اهمیت شناسائی کانی‌های آن را بیش از پیش نمایان می‌سازد.

دشت آسپاس به وسعت ۲۰ هزار هکتار با میانگین بارندگی ۳۴۶٫۸ میلی‌متر و میانگین دمای سالانه ۱۲٫۳ درجه سانتی‌گراد با مواد مادری آهکی مربوط به رسوبات دوران چهارم زمین‌شناسی می‌باشد که تحت تاثیر عوامل فرسایش و رسوب در طی زمان هفت واحد مختلف فیزیوگرافی در آن ایجاد گردیده است که نشانگر شرایط متفاوت حاکم بر تغییر و تحولات خاکهای منطقه می‌باشد.

مطالعه حاضر شامل شناسایی و تجزیه نیمه کمی کانیهای بخش رس افقهای اصلی پروفیل شاهد خاکهای اتی سول، ورتی سول، اینسیتی سول، آلفی سول، مالی سول و هیستوسول می‌باشد که پس از جداسازی ذرات کمتر از ۰٫۰۰۲ میلی‌متر به روش کیتربیک - هوپ و جکسون جهت تهیه تیمارهای مختلف برای تشخیص کانیها مورد استفاده قرار گرفت. نتایج حاصل از تفسیر پراش پرتوایکس و عکس‌های میکروسکوپ الکترونی نشان داد که کانیها عمدتاً تحت تاثیر شرایط و عوامل موثر در تشکیل و تکامل خاکها قرار گرفته است. به طوری که کلریت و میکا کانیهای عمده بخش رس خاکهای جوان در اراضی مخروط افکنه‌ای بوده که حاکی از منشاء توارثی این کانیها می‌باشد. همچنین وجود میزان ناچیز مونت موریلونیت در خاکهای جوان و افزایش آن با کاهش شیب و افزایش تکامل خاکها نشان دهنده منشاء ارثی و خاکزایی این کانی از کلریت و میکا می‌باشد. از طرفی افزایش شدید این کانی در اراضی با وضعیت زه‌کشی نامناسب نشان دهنده تشکیل مجدد این کانی می‌باشد.

وجود پالیکورسکیت در اراضی مخروط افکنه‌ای و افزایش آن در اراضی پایین دست و با تکامل پروفیلی نیز نشان دهنده دو منشاء ارثی و تشکیل خاکزایی این کانی از کانیهای دیگر بخصوص اسمکتیت می‌باشد.

^۱ به ترتیب اعضاء هیئت علمی دانشکده کشاورزی داراب و دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

مسأله عدم قطعیت و نادقیق بودن اطلاعات بعنوان بخشی از زندگی بشر پذیرفته شده است و اختصاص به داده‌های جمع‌آوری شده از محیط خاک ندارد. عموماً هنگام بحث از عدم قطعی در اطلاعات خاک، میبایستی حداقل به دو نوع عدم قطعیت یعنی عدم قطعیت ابهامی (Stochastic Uncertainty) و عدم قطعیت اتفاقی (Uncertainty Vague) اشاره نمود عدم قطعیت اتفاقی که شناخته‌ترین نوع عدم قطعیت در مشاهدات است را میتوان با استفاده از تئوری احتمال (Probability theory) و از طریق شناسایی نوع توزیع و شاخص‌های آماری آن توصیف و به صورت کمی بیان نمود. خصوصیت مهم روشهای آماری، توانایی آنها در ارزیابی عدم قطعیت اتفاقی است. به طور مثال عدم قطعیت در میانگین را می‌توان بوسیله توزیع "t" بیان کرد. از سوی دیگر روشهای آماری مبتنی بر نظریه ژئواستاتستیک از طرق مختلف قادر به ارائه توصیفی کمی از عدم قطعیت موجود در نتایج حاصل از برآورد آماری است. با استفاده از مجموعه تکنیک‌های موسوم به کریجینگ (مانند کریجینگ معمولی، ایندیکاتور کریجینگ و کریجینگ گسسته) میتوان اقدام به برآورد حدود اعتماد، واریانس تخمین و محاسبه احتمال شرطی نمود.

نوع دوم عدم قطعیت، یعنی عدم قطعیت ابهامی و یا مفهومی (Semantic Uncertainty) را میتوان از طریق تئوری امکان (Possibility theory) و با استفاده از مجموعه‌های فازی توصیف کرد. در مطالعات خاکشناسی بویژه هنگامی که مشاهدات بیانگر ویژگیهای مفهومی و یا کیفی هستند با عدم قطعیتی از این نوع مواجه می‌باشیم. امروزه با توجه به رشد روزافزون سیستم‌های کامپیوتری تلاش فراوانی در رقومی سازی نقشه‌های حاصل از مطالعات خاکشناسی به منظور تدارک پایگاه‌های اطلاعات الکترونیکی جهت تسهیل در فرآیند ارزیابی اراضی و تهیه نقشه‌های مربوط صورت می‌پذیرد. چنین اطلاعات رقومی انبار شده در سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی (GIS) سپس با استفاده از منطق دو گزینه‌ای بول و از طریق عملگرهای مختلف (AND, OR, NOT, ...) به منظور یافتن پاسخی مناسب برای سناریو مورد نظر ترکیب و تعدیل می‌شوند. به طور مثال اگر میزان هدایت الکتریکی عصاره اشباع در عمق ۵۰ - ۱۰ سانتیمتر کمتر از ۴ دسی زیمنس بر سانتیمتر و میزان هدایت الکتریکی در اعماق ۵۰-۱۰۰ و ۱۵۰-۱۰۰ سانتیمتر کمتر از ۸ دسی زیمنس بر سانتیمتر باشد در این صورت محل مورد نظر فاقد محدودیت شوری است. اپراتورهای منطقی فوق را می‌توان بر روی کلیه داده‌ها جهت تهیه نقشه‌های خصوصیات مورد نظر برای استفاده ارزیابان اراضی و یا برنامه‌ریزان منطقه‌ای اعمال نمود. فرض اساسی در این نوع تجزیه و تحلیل عبارت از توانایی پاسخگویی دقیق به هر نوع سوال، یکسانی و همگونی واحدها و یا پلی‌گونهای جدا شده بر روی نقشه‌های مربوط است. اگر چه مدل منطقی دو گزینه‌ای ساده‌ترین روش جهت تعیین همخوانی یک خصوصیت با شاخص‌های مورد نظر است لیکن در شرایطی که ویژگی مورد مطالعه دارای تغییرات پیوسته مکانی باشد، چنین مدلی منجر به از دست روی بخش مهمی از اطلاعات می‌گردد. جهت جبران این نقیصه کاربرد منطق پیوسته فازی توصیه شده است. در این مدل با استفاده از تابع عضویت (Membership Function)، داده‌ها به ارزشهایی در دامنه صفر و یک تبدیل شده به گونه‌ای که مقدار عددی این تابع درجه امکان تعلق داشتن یک مشاهده به مجموعه مورد نظر را نشان می‌دهد. در این مقاله چگونگی کاربرد تئوری احتمال و امکان در مدل و توصیف عدم قطعیت در مطالعات خاکشناسی بحث و با ارزیابی خطر شوری در منطقه رام‌هرمز خوزستان نشان داده شده است. در این بررسی از سه متدولوژی شامل مدل دو ارزشی بول، طبقه‌بندی پیوسته فازی و ژئواستاتستیک ناپارامتری (ایندیکاتور کریجینگ چند متغیره) جهت ادغام و ترکیب شوری در

^۱ استادیار گروه خاکشناسی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهر کرد.

لایه‌های مختلف خاک و به منظور پهنه‌بندی تناسب منطقه با توجه به محدودیت شوری استفاده شده است. نتایج حاصل با استفاده از داده‌های معیار با یکدیگر مقایسه گردید. محاسبه نسبت متوسط مناطق برآورد شده در نقاط معیار دارای محدودیت شوری به نقاط معیار فاقد محدودیت شوری برای روشهای دو گزینه‌ای، فازی و ایندیکاتور کریجینگ چند متغیره بترتیب ۰ و ۲،۹۷ و ۳،۳۲ است. نتایج حاصل از دو روش اخیر در مقایسه با روش دو گزینه‌ای بول رضایتبخش بوده است. مدل دو گزینه‌ای بول علیرغم سادگی در کاربرد، بدلیل انعطاف ناپذیری آن در تجزیه و تحلیل فرآیندهای طبیعی، دارای ضعف می‌باشد. در این مدل هر نقطه اجباراً می‌بایستی در یکی از دو کلاس دارای محدودیت و یا فاقد محدودیت شوری قرار گیرد. در این روش در نظر گرفتن اثرات مقادیر نزدیک به حدود آستانه امکان‌پذیر نمی‌باشد. از سوی دیگر در نظر گرفتن نقش مشاهداتی که دارای مقادیر نزدیک به حدود آستانه است، حساسیت کمتر نسبت به خطاهای موجود در مشاهدات، و ارائه نتایج منطبق بر واقعیات را می‌توان از محاسن روشهای مبتنی بر تئوری احتمال و امکان دانست. انتخاب تابع عضویت مناسب و تعیین بهینه مقدار حدود منطقه انتقالی را می‌توان از مشکلات کاربردی مدل منطقی فازی دانست. در این مطالعه روش مبتنی بر ژئواستاتستیک ناپارامتری بهتر از روش فازی اراضی دارای محدودیت شوری را از منطق دارای محدودیت شوری مجزا ساخته است. پ

علی‌رغم آنکه مقدار مصرف کود در کشور کم‌تر از متوسط جهانی (۲۰۰ کیلوگرم در هکتار) است ولی مصرف کود در کشور نامتعادل بوده و تناسبی با نیاز واقعی گیاهان زراعی و باغی که رقمی در حدود ۵۰-۱۰-۴۰ می‌باشد نداشته است. در حالی که نسبت مصرف ازت (N)، فسفر (P_2O_5)، و پتاسیم (K_2O) در کشورهای با کشاورزی پیشرفته حدود ۱۰۰، ۵۰ و ۴۰ بوده و در کشورهای غربی دو الی چهار درصد کود مصرفی را کودهای حاوی عناصر کم مصرف تشکیل می‌دهد در ایران، این نسبت در سال ۱۳۷۰ برابر ۱۰۰، ۱۱۱ و ۳ بوده و علی‌رغم نزولات ناچیز، آهکی بودن خاکها و pH بالای خاک، کودهای کم مصرف بکار نمی‌رود. بررسی آمار ۱۵ ساله (۱۳۶۰ تا ۱۳۷۵) کود موید آن است که از حدود ۲٫۵ میلیون تن کود مصرفی در کشور به غیر از اوره و فسفات آمونیوم، کود دیگری در تغذیه گیاهی نقشی را ایفا نمی‌کرده است و بنا به دلایل غیر مشهود برای پتاسیم، گوگرد، کلسیم، منیزیم و عناصر کم مصرف کوچکترین نقشی را در افزایش تولیدات کشاورزی قابل نبوده‌اند. در سه سال گذشته در حد فاصل بین زمان برگزاری پنجمین و ششمین کنگره علوم خاک ایران تلاشهای زیادی در موسسه تحقیقات خاک و آب در دو بعد انجام گرفت. در بعد اول، بهینه سازی مصرف کود در محصولات زراعی و باغی در قالب طرحهای تحقیقی، ترویجی و پایلوت و در بعد دوم تولید کود در داخل کشور توسط بخش خصوصی مورد توجه قرار گرفت.

در بعد اول با اجرای بیش از ۵۰۰ طرح تحقیقاتی، مصرف بهینه کودی مخصوصاً مصرف کودهای بیولوژیک، پتاسیم و کم مصرف‌ها روشن شد که با مصرف کودهای یاد شده علاوه بر افزایشی فراتر از ۳۰ درصد در تولید، بهبود کیفیت محصول، تولید بذور قوی، موجبات غنی‌سازی محصولات کشاورزی نیز فراهم می‌گردد که خود نقش بسیار موثری در تامین سلامتی جامعه دارد. طبق تصمیم شورایعالی سیاستگذاری کاهش سم و مصرف بهینه کود در سال ۱۳۷۶، مقرر گردید استفاده بهینه از کودهای شیمیایی در حداقل ۱۰۰ هکتار از اراضی زراعی و باغی هر استان اجرا گردد. نتایج حاصله نشان داد که با مصرف بهینه کود در مزارع گندم تا ۳۸ درصد، ذرت تا ۱۹ درصد، سیب زمینی تا ۴۴ درصد، چغندر قند تا ۱۷ درصد، نیشکر تا ۲۰ درصد، حبوبات تا ۱۴۳ درصد، گوجه فرنگی تا ۶۳ درصد، سیب تا ۵۸ درصد، انگور تا ۶۱ درصد، گلهای زینتی تا ۲۰ درصد افزایش عملکرد عاید گردید. این در حالی بوده که کیفیت محصولات زراعی و باغی نیز بهبود نسبی حاصل نمود. در گندم درصد پروتئین تا ۲٫۶ درصد، در انگور درصد قند تا چهار درصد افزایش یافت و سیب‌های محلول پاشی شده با کلرید کلسیم سفت و بازار پسند گردید. در تعدادی از مزارع طرحهای پایلوت، عکس‌العمل محصول نسبت به مصرف متعادل کودها چندان مثبت نبود. عامل اصلی نامناسب بودن سایر عوامل موثر در رشد در فصل رشد، شوری، کم آبی، زهکشی نامناسب و یا هر عامل نامناسب دیگر می‌تواند باشد، مثلاً در شرایط شوری که عملکرد گندم در حد دو تن در هکتار است، مصرف بهینه کود در افزایش تولید چندان موثر نخواهد بود، چه اثر تغذیه متعادل هنگامی نمود خواهد داشت که سایر عوامل به نژادی و به زراعی در حد متعادل بوده باشند.

در بعد دوم سالانه بیش از ۲۵۰ میلیون دلار ارز کشور عمدتاً برا واردات کودهای فسفاته هزینه می‌گردید. در طول سه سال گذشته علاوه بر آنکه مصرف سالیانه کودهای فسفاته بیش از ۴۰ درصد کاهش یافته و مصرف کودهای پتاسیمی ترویج

^۱ . استاد دانشگاه تربیت مدرس

گردید، ساخت، ترویج و مصرف انواع کودهای حاوی عناصر کم مصرف از جمله سولفات آهن، سولفات روی، سولفات منگنز، سولفات مس، اسید بوریک و نیز کودهای اصلی نظیر نیتрат پتاسیم، سوپر فسفات ساده، کلرید پتاسیم و تبدیل آن به سولفات پتاسیم، سولفات پتاسیم منیزیم، گوگرد کشاورزی، سولفات منیزیم، کلرید پتاسیم و کودهای کامل در سطح تجارتي توسط بخش خصوصی انجام گردید. پس از تلاشهای فراوان، بند (و) در ذیل تبصره ۲۸ قانون بودجه سال ۱۳۷۷ به تصویب رسید که در آن مقرر گردید سالیانه ۵۰ میلیون دلار از خریدهای خارجی کم و مابه‌التفاوت دلاری آن به بخش خصوص برای تولید کود اختصاص یابد. و متعاقب آن در شورای اقتصاد قیمت تضمینی و یارانه‌ای انواع کودهای شیمیایی و بیولوژیک تعیین گردید و در حال حاضر بخش خصوصی تولید این نوع کودها را شروع نموده و در سال ۱۳۷۷ قراردادهای خرید بیش از ۱۵ هزار تن کودهای کم مصرف منعقد گردید و امید است تا پایان سال جاری بیش از ۲۰۰ هزار تن انواع کودهای عناصر پرمصرف و کم مصرف تولید و توسط تولید کنندگان محصولات کشاورزی با قیمت یارانه‌ای ارایه تا در باغها و مزارع کشاورزی مصرف گردد.

امروزه نیتروژن به عنوان مهمترین عنصر غذائی محدود کننده رشد اکثر گیاهان زراعی و باغی به شکل گسترده‌ای به صورت کود مصرف می‌شود. کمبود منگنز نیز در اراضی آهکی با pH بالا مشاهده شده است. هدف از انجام این تحقیق بررسی اثر نیتروژن، منگنز و برهمکنش آنها بر رشد و ترکیب شیمیائی گیاهان ذرت (*Zea mays L.*)، گندم (*Triticum aestivum L.*) و اسفناج (*Spinacia oleracea L.*) می‌باشد. یک آزمایش در شرایط گلخانه‌ای و به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با پنج سطح نیتروژن (صفر، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع نیترات آمونیم) و سه سطح منگنز (صفر، ۱۵، و ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک از منبع سولفات منگنز) با سه گیاه در چهار تکرار انجام شد. آرایش در یک خاک آهکی با نام تاکسونومی Fine-loamy, carbonatic, Calcixerollic Xerochrepts انجام شد.

تأثیر کاربرد نیتروژن، منگنز و برهمکنش آنها بر افزایش وزن خشک اندام هوائی ذرت و اسفناج معنی دار بود اما در گندم فقط تأثیر نیتروژن معنی دار بود. مصرف نیتروژن تا سطح ۲۰۰ میلی گرم و منگنز تا سطح ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک در ذرت و اسفناج معنی دار بود اما در گندم فقط تأثیر نیتروژن معنی دار بود. مصرف نیتروژن تا سطح ۲۰۰ میلی گرم و منگنز تا سطح ۳۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک در ذرت و اسفناج و مصرف نیتروژن تا سطح ۱۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک در گندم وزن خشک اندام هوائی را افزایش داد.

غلظت و جذب کل نیتروژن در سه گیاه مورد مطالعه با مصرف نیتروژن تا سطح ۴۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک بطور معنی داری افزایش یافت. مصرف منگنز و همچنین برهمکنش آن با نیتروژن، غلظت و جذب کل نیتروژن را در اسفناج به صورت معنی داری افزایش داد. کاربرد نیتروژن و منگنز، غلظت و جذب کل منگنز و نسبت Mn:Fe را در هر سه گیاه به طور معنی داری افزایش داد. مصرف ۴۰۰ میلی گرم نیتروژن همراه با ۳۰ میلی گرم منگنز در کیلوگرم خاک غلظت منگنز را در ذرت، گندم و اسفناج به ترتیب به میزان ۱۸۸، ۱۲۱ و ۶۲ درصد نسبت به تیمار شاهد ترقی داد. کاربرد نیتروژن غلظت و جذب کل آهن، روی و مس را در هر سه گیاه بطور معنی داری افزایش داد. مصرف ۳۰ میلی گرم منگنز در کیلوگرم خاک غلظت آهن را در گندم از ۸۱،۳ به ۷۱،۳ میلی گرم در کیلوگرم وزن ماده خشک و در اسفناج از ۱۷۹،۴ به ۱۵۷،۹ میلی گرم در کیلوگرم ماده خشک کاهش داد. روندی مشابه با کاهش غلظت آهن در مورد غلظت روی نیز در ذرت و اسفناج مشاهده گردید. اثر کاربرد منگنز در اسفناج منجر به افزایش معنی دار جذب کل آهن و مس گردید.

مصرف نیتروژن باعث افزایش معنی دار شاخص سبزی برگ (توسط کلروفیل متر دستی مدل SPAD-502) در هفته هشتم رشد در هر سه گیاه شد. مصرف منگنز نیز میزان این شاخص را در گیاهان ذرت و اسفناج به طور معنی داری افزایش داد ولی در گندم تأثیری نداشت. برهمکنش نیتروژن و منگنز در افزایش میزان شاخص کلروفیل برگ تنها در گیاه ذرت معنی دار بود. مصرف ۲۰۰ میلی گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک میزان شاخص کلروفیل برگ را در ذرت، گندم و اسفناج به ترتیب به میزان ۱۷۲، ۳۹ و ۶۴ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. کاربرد ۳۰ میلی گرم منگنز در کیلوگرم خاک مقدار این شاخص را در ذرت و اسفناج به ترتیب ۱۶ و ۶ درصد نسبت به شاهد ترقی داد. همچنین به موازات افزایش غلظت نیتروژن و منگنز در گیاه، میزان شاخص کلروفیل برگ نیز افزایش یافت. اعداد خوانده شده توسط کلروفیل متر دستی هنگامی که حداکثر وزن ماده خشک در ذرت، گندم و اسفناج حاصل شد به ترتیب معادل ۳۱،۵، ۴۷،۵ و ۴۰،۴ بود.

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار بخش خاکشناسی دانشگاه شیراز

ازت در طبیعت بسیار گسترده است، بیشترین مقدار آن بصورت تثبیت شده در پوسته زمین، سنگها و ته نشستها وجود دارد و اتمسفر در مرتبه دوم قرار می گیرد. ازت خاک فقط جزء بسیار کوچکی از ازت پوسته بیرونی زمین بشمار می آید و مقدار ناچیزی از آن مستقیماً برای گیاهان قابل استفاده است، تحرک ازت بسیار زیاد بوده و در میان اتمسفر، خاک و بدن موجودات زنده در گردش است. ازت عمده ترین عنصر غذایی است که تولید برنج را در قاره آسیا محدود می نماید. مس برای رشد و نمو گیاهان ضروری بوده و در خاک تقریباً به صورت دو ظرفیتی یافت می شود. بیشترین جزء مس در شبکه های بلوری کانیهای اولیه و ثانویه وجود دارد، خاکهائیکه کمبود مس دارند یا ذاتاً این عنصر در آنها کم است و یا اینکه از نظر مس قابل جذب فقیرند و حالت اخیر بیشتر معمول است. دادن کود می تواند منتهی به آغاز کمبود مس در گیاه گردد. برنج (*Oryza sativa* L.) غذای اصلی ۵۰-۴۰ درصد مردم جهان را تشکیل می دهد، تقریباً ۹۰ درصد تولید برنج جهان در قاره آسیا بعمل می آید. در ایران بخشهای وسیعی از مناطق شمال، مرکز و جنوب و نواحی دیگر کشت می شود. در میان عناصر غذایی کم نیاز و پر نیاز معمولاً اثر متقابل دیده می شود. مصرف کود مخصوصاً کودهای ازته می تواند منجر به بروز کمبود مس در گیاه گردد. ازت می تواند موجب بروز تدریجی علائم کمبود مس در غلات شده از طرف دیگر مصرف زیاد کودهای محتوی مس نیز موجب کاهش مقدار جذب ازت و در نتیجه کاهش عملکرد وزن خشک اندام هوایی بعضی گیاهان شود. اثر متقابل ازت و مس بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج بطور محدود مورد بررسی قرار گرفته و تا آنجا که نگارنده مطلع است چنین مطالعاتی در ایران صورت نگرفته است. لذا بمنظور بررسی اثرات منبع و سطوح مصرف کود ازته و سطوح مصرف کودهای محتوی مس (خصوصاً سولفات مس)، مطالعه مذکور تحت شرایط گلخانه ای و در قالب طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل و با سه تکرار پیاده گردیده است. تیمارهای مورد استفاده در این تحقیق را، سه منبع ازت (اوره، سولفات آمونیوم و نیترات آمونیوم) هر کدام در سه سطح (۱۶۰، ۸۰، ۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک) و سه سطح مس (۵، ۱۰، ۰ میلی گرم مس در هر کیلوگرم خاک) و از منبع سولفات مس تشکیل دادند. به تمام گلدانهای محتوی ۲،۵ کیلوگرم خاک مقادیر ۱۰، ۵۰ و ۱۰۰ میلی گرم در هر کیلوگرم خاک به ترتیب آهن روی و فسفر بصورت محلول افزوده شد. رقم برنج مورد بررسی رقم خزر و در کل دوره آزمایش آبیاری با آب مقطر و در ارتفاع ۳-۲ سانتیمتر بالای سطح خاک گلدان نگه داشته شد. پس از دو ماه گیاه از محل طوقه قطع در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد خشک و سپس توزین و پودر گردید. غلظت ازت و مس موجود در اندام هوایی گیاه بروشهای متداول آزمایشگاهی تجزیه گردید و نتایج به کمک برنامه های آماری مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت. مصرف ازت باعث افزایش عملکرد وزن خشک و غلظت ازت قسمت هوایی برنج گردید و بیشترین عملکرد وزن خشک و غلظت ازت بترتیب از منابع کودی سولفات آمونیوم، اوره و نیترات آمونیوم حاصل شد. گرچه سولفات آمونیوم تأثیر بیشتری بر افزایش عملکرد وزن خشک و غلظت ازت قسمت هوایی برنج داشته ولی با مقایسه اوره و سولفات آمونیوم، تفاوت معنی داری خصوصاً در سطوح بالای مصرف ازت در این ارتباط به چشم نمی خورد. بیشترین مقدار وزن خشک و غلظت ازت قسمت هوایی برنج با مصرف ۱۶۰ میلی گرم ازت و ۵ میلی گرم مس در کیلوگرم خاک بدست آمد. افزایش مصرف ازت باعث کاهش غلظت مس اندام هوایی برنج گردیده و کمترین غلظت مس با مصرف ۱۶۰ میلی گرم ازت و بصورت نیترات آمونیوم < اوره < سولفات آمونیوم بوده است. و مصرف ۱۰ میلی گرم مس و بدون مصرف ازت بالاترین غلظت مس در برنج را حاصل نموده است. جذب مس ممکن است بدلیل رقابت بین مس و آمونیوم در تصرف مکانهای جذبی ریشه و انتقال مس از ریشه به اندام هوایی در نتیجه ضدیت بین ازت و مس و همینطور فاکتور رقت متأثر گردد. علت غلظت زیاد مس قسمت هوایی برنج با کاربرد سولفات

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور، استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

آمونیم و اوره نسبت به نیترات آمونیوم احتمالاً بدلیل ایجاد محیط اسیدی حاصل از تجزیه کود و در نتیجه جذب مطلوب مس در چنین محیطی باشد.

با توجه به رشد روزافزون جمعیت جهان و لزوم تأمین غذای مورد نیاز، گندم که نقش اصلی در جیره غذایی و تأمین کالری مردم دارد، روز به روز از اهمیت راهبردی بیشتری برخوردار می‌شود. اکنون غذا به عنوان سلاحی در جهت تسلیم ملت‌ها در قبال مطامع صاحبان قدرت درآمده و برق این سلاح حقیقتاً و در مرحله اول گندمگون است. سطح زیر کشت گندم در جهان در سال ۱۹۹۵ بالغ بر ۲۲۰ میلیون هکتار و تولید کل گندم در این سال بالغ بر ۵۵۰ میلیون تن بوده که عملکردی معادل ۲٫۵ تن در هکتار را نشان می‌دهد. در کشور ما نیز با عنایت به کمی نزولات، توزیع نامناسب بارندگی، عدم رعایت اصول به زراعی به خصوص عدم توجه به مصرف بهینه کود، عملکرد آن در هر هکتار در کشور از میانگین جهانی پایین‌تر و در حدود ۱٫۶ تن در هکتار می‌باشد. نظر به رشد جمعیت کشور و هم چنین جایگاه توجه برانگیز نان در غذای ایرانیان و بالاخره تفاوت متوسط تولید هکتاری گندم کشور با متوسط جهانی علی‌رغم افزایش ۸۰ درصدی در واحد سطح در طول ۸ سال گذشته، لازم است اعمال مصرف صحیح کود و به ویژه مصرف کودهای ریزمغذی که حسب تحقیقات انجام شده اهرم قدرتمندی در افزایش سریع تولید محصول گندم است در کانون توجه و ترویج گسترده قرار گیرد. عناصر کم مصرف نقش مهمی در تغذیه گیاه، انسان و دام دارند. کمبود این عناصر نه تنها عملکرد را کاهش می‌دهد بلکه موجب افت کیفیت می‌گردد. علاوه بر این کمبود عناصر موجب بروز بیماریهای مختلف در انسان و دام می‌گردد که نمونه آن را می‌توان کم خونی ناشی از کمبود آهن و روی در افراد جامعه و به خصوص در زنان نام برد. استان فارس از نظر تولید گندم اولین استان کشور بوده و از طرف دیگر چون گندم در کشور مصرفی همگانی دارد بنابراین علاوه بر افزایش عملکرد و بهبود کیفیت، غنی‌سازی آن نیز از نظر ارتقاء سطح سلامتی جامعه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد.

اکثریت قریب به اتفاق خاک‌های فارس را خاک‌های شدیداً آهکی و با pH بالا تشکیل می‌دهند متأسفانه در چنین خاک‌هایی فراهمی عناصر کم مصرف کم است و به همین لحاظ در بیشتر موارد نباتات مختلف نسبت به مصرف این عناصر عکس‌العمل مثبت نشان می‌دهند. به لحاظ اهمیت گندم به عنوان پرمصرف‌ترین ماده غذایی و به لحاظ نقشی که غنی‌سازی آن در افزایش سطح بهداشت و سلامتی جامعه دارد و به لحاظ سطح زیر کشت گندم و همچنین به خاطر شرایط حاکم بر خاک‌های استان فارس و به منظور مشخص شدن تأثیر مصرف این عناصر در افزایش عملکرد و غنی‌سازی گندم در خاک‌های شدیداً آهکی استان از سال ۷۵ در گلخانه مؤسسه تحقیقات خاک و آب کرج، چهار طرح تحقیقاتی بر روی چهار عنصر آهن، روی، منگنز و مس بر روی نمونه خاک‌هایی که از سری‌های غالب اراضی گندمکاری استان فارس واقع در زیر سد درودزن جمع‌آوری و دارای طیف وسیعی از آهک (۵۲-۳۱ درصد)، فسفر (۴۱-۴)، آهن (۱۲۰-۲۰۴)، روی (۱۰۲-۰۲۲)، منگنز (۸-۱۰۳) و مس (۲۰۳-۰۳۶) میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بودند اجرا گردید. در مورد آهن، روی و منگنز هر کدام در خاک‌های ۲۵ مزرعه جداگانه اثر دو تیمار صفر و ده میلی‌گرم از هریک از عناصر فوق و در مورد مس نیز اثر دو سطح صفر و پنج میلی‌گرم مس به ازاء هر کیلوگرم خاک به ترتیب از منابع سکوسترین ۱۳۸، روی سولفات، منگنز سولفات و مس سولفات در سه تکرار در قالب بلوک‌های کامل تصادفی بر روی گندم بهاره رقم فلات تحقیق گردید.

^۱ به ترتیب دانشجوی دکتری؛ عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس، و استاد دانشگاه تربیت مدرس و سرپرست مؤسسه تحقیقات خاک و آب

نتایج نشان داد که اولاً با مصرف آهن عملکرد ماده خشک، غلظت و جذب کل آهن در اندام‌های هوایی به ترتیب ۱۰، ۲۶ و ۳۰ درصد و عملکرد دانه، غلظت و جذب کل آهن در دانه نیز به ترتیب ۸، ۱۵ و ۲۵ درصد افزایش یافت. ثانیاً با مصرف روی عملکرد ماده خشک، غلظت و جذب کل روی در اندام‌های هوایی به ترتیب ۱۳، ۱۸ و ۱۲ درصد و عملکرد دانه، غلظت و جذب کل روی در دانه به ترتیب ۱۶، ۸۱ و ۱۰۵ درصد افزایش یافت. ثالثاً با مصرف ۱۰ میلی گرم منگنز به ازاء هر کیلوگرم خاک عملکرد ماده خشک و دانه به ترتیب از ۱۱،۲ و ۷،۱ به ۱۲،۲ و ۸ میلی گرم در گلدان، غلظت منگنز در اندام هوایی و دانه به ترتیب از ۵۲ و ۳۹ به ۷۰ و ۴۲ میلی گرم و جذب آهن آن به ترتیب از ۵۷۹ و ۲۷۵ میکروگرم در گلدان به ۳۸۵ و ۳۳۱ میکروگرم در گلدان افزایش یافت. رابعاً با مصرف مس عملکرد ماده خشک، غلظت و جذب کل مس در اندام‌های هوایی به ترتیب ۶، ۱۲ و ۱۸ درصد و عملکرد دانه، غلظت و جذب کل آن در دانه، ۵، ۲۳ و ۳۰ درصد برتری نشان داد. حد بحرانی عناصر غذایی کم مصرف (ریزمغذی) در خاک‌های شدیداً آهکی استان برای دستیابی به ۹۰ درصد حداکثر عملکرد ماده خشک اندام‌های هوایی در شرایط گلخانه‌ای برای گندم بهاره فلات با کمک روش تصویری و آماری کیت-نلسون و با روش عصاره گیری DTPA برای آهن و منگنز ۳،۸ میلی گرم در کیلوگرم و برای روی و مس ۰،۸ میلی گرم در کیلوگرم تعیین گردید. بدیهی است اعداد بدست آمده در تحت شرایط گلخانه‌ای برای گندم بهاره فلات تعیین گردید و این ارقام در شرایط مزرعه‌ای و خاک‌های شدیداً آهکی استان فارس به دلایل تراکم خاک، انتظار عملکرد بالا، ضرورت ارتقاء کیفی دانه گندم و غنی سازی دانه و کلس بالاتر خواهد بود.

شوری منابع آب و خاک یکی از عوامل اصلی محدودیت توسعه و تولید محصولات کشاورزی به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک است. هم اکنون بیش از ده درصد (۹۵۰ میلیون هکتار) کل زمینهای جهان تحت تأثیر شوری قرار دارند. در طبیعت بیشترین تنش شوری ناشی از نمکهای سدیمی بخصوص کلریدسدیم می باشد و در اغلب خاکها و آبهای شور، یونهای سدیم و کلر و ید به عنوان یونهایی که اثرات زیان آوری روی گیاه ایجاد می نماید، شناخته شده اند. از نظر اقلیمی بخش عمده مساحت ایران جزء مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می گردد. در این مناطق عواملی از جمله میزان کم بارندگی، تبخیر زیاد از سطح خاک و همچنین آبیاری با آبهای، با املاح زیاد، باعث تجمع نمک و شوری خاک می شود. زیتون به دلیل تحمل بالا به خشکی و تحمل نسبی به شوری در مناطق خشک و نیمه خشک که محدودیت آب وجود دارد، کاشته می شود منابع آب و خاک در این مناطق اغلب در معرض شوری قرار دارد به همین دلیل، رشد گیاه زیتون تحت تأثیر شوری قرار گرفته و تولید محصول کاهش می یابد. با توجه به اهمیت توسعه کشت زیتون و نیاز شدید کشور به فرآورده های روغنی و کنسروی این محصول، بررسی اثر تنش های محیطی از جمله شوری بر روی رشد و نمو زیتون از اهمیت زیادی برخوردار است. برهمن اساس، آزمایشی به منظور تأثیر شوری ناشی از کلرید سدیم در آب آبیاری بر جذب و توزیع عناصر معدنی در اندامهای مختلف دو رقم از مهمترین ارقام بومی زیتون و تعیین تحمل نسبی آنها به شوری در محل گلخانه های تحقیقاتی گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران مورد بررسی قرار گرفت. آزمایش به صورت فاکتوریل با دو فاکتور در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار اجرا شد. فاکتور اول رقم با دو سطح (ارقام بومی روغنی و زرد) و فاکتور دوم شوری با پنج سطح، شامل غلظت های ۰ (شاهد)، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰ و ۱۶۰ میلی مولار کلرید سدیم بود که همراه محلول غذایی هوگلند در آب آبیاری بکار برده شد. در این آزمایش، نهال های یک ساله و یکنواخت ارقام روغن و زرد، پس از شستشوی ریشه ها و ضد عفونی آنها با محلول قارچ کش بنومیل، در گلدانهای پلاستیکی ضد عفونی شده، با قطر دهانه ۳۰ سانتی متر حاوی مخلوط یکسانی از پرلیت + ماسه (۱:۱) کشت گردیدند. پس از استقرار گیاهان در محیط کشت، اعمال تدریجی تیمار شوری با غلظت ۱۰ میلی مولار کلرید سدیم به همراه محلول غذایی هوگلند شروع و پس از گذشت ۳۰ روز غلظت نهایی شوری در تیمارها به ترتیب ۰ (شاهد)، ۴۰، ۸۰، ۱۲۰، ۱۶۰ میلی مولار کلرید سدیم در محلول غذایی رسید و رشد گیاهان به مدت ۱۵۰ روز در این تیمارها ادامه یافت. در طول مدت آزمایش در گلخانه، میانگین دما ۲۶ درجه سانتیگراد در روز و ۱۸ درجه سانتیگراد در شب، میانگین رطوبت نسبی در حدود ۷۰ درصد و شرایط نور در حالت طبیعی بود. در پایان آزمایش، گیاهان را از گلدان خارج ساخته و اندامهای برگ، ساقه و ریشه آنها در هر تکرار برای کلیه تیمارها به طور مجزا، جدا گردید. نمونه ها پس از شستشو با آب معمولی و سپس با آب مقطر، به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتیگراد خشک شدند. پس از آن نمونه ها آسیاب شده و توسط الک شماره یک صاف گردیدند و از این نمونه های پودر شده جهت اندازه گیری عناصر استفاده گردید. روش هضم نمونه و تهیه عصاره، جهت اندازه گیری عناصر سدیم، پتاسیم، کلسیم، منیزیم و فسفر در بافتهای گیاه روش سوزاندن خشک و استفاده از اسید کلریدریک ۲ نرمال بوده است. اندازه گیری عناصر در اندامهای برگ، ساقه و ریشه به روش ذیل انجام گردید. سدیم و پتاسیم توسط دستگاه فلایم فتومتر، کلسیم و منیزیم توسط دستگاه

^۱ به ترتیب محقق مرکز تحقیقات کشاورزی چهارمحال و بختیاری، شهر کرد، استاد گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج، دانشیار گروه باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، کرج

جذب اتمی، کلر توسط دستگاه کلرسنج، ازت توسط دستگاه کجلدال و فسفر با روش رنگ سنجی توسط دستگاه اسپکتروفتومتر اندازه‌گیری گردید. براساس نتایج، تأثیر شوری روی عناصر معدنی در اندامهای مختلف گیاه بسیار معنی‌دار بوده است. میزان عناصر سدیم و کلر در برگ، با افزایش شوری تا غلظت ۸۰ میلی‌مولار به طور تدریجی افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر شوری، میزان سدیم و کلر برگ شدیداً افزایش نشان داد. روند تغییرات سدیم و کلر در ریشه برعکس بود به طوری که با افزایش شوری تا غلظت ۸۰ میلی‌مولار میزان سدیم و کلر در ریشه به سرعت افزایش یافت ولی با افزایش بیشتر شوری، میزان سدیم و کلر ریشه بطور تدریجی افزایش نشان داد. میزان سدیم و کلر در ساقه با افزایش شوری تقریباً به طور خطی افزایش یافت. براساس نتایج محتوی کلر در اندامهای مختلف به مراتب بیشتر از سدیم بود. ارقام از نظر میزان سدیم و کلر در اندامهای مختلف تفاوت معنی‌داری داشتند و رقم زرد، میزان سدیم و کلر کمتری را در برگ و ساقه و میزان بیشتری را در ریشه‌ها در مقایسه با رقم روغنی نشان داد. میزان پتاسیم در برگ رابطه معکوس با میزان سدیم داشت به طوریکه با افزایش تدریجی سدیم برگ تا غلظت ۸۰ میلی‌مولار میزان پتاسیم برگ به طور تدریجی کاهش یافت و با افزایش بیشتر شوری، کاهش شدیدی در پتاسیم برگ مشاهده شد. میزان پتاسیم ریشه با افزایش شوری به طور خطی کاهش یافت. ارقام از نظر میزان پتاسیم برگ و ریشه تفاوت معنی‌داری نشان دادند. با افزایش شوری تا غلظت ۱۲۰ میلی‌مولار، میزان کلسیم برگ کاهش تدریجی نشان داد ولی در غلظت ۱۶۰ میلی‌مولار کاهش شدیدی یافت. کلسیم ریشه با افزایش شوری کاهش شدیدی نشان داد ولی میزان کاهش کلسیم ریشه در رقم روغنی به مراتب بیشتر از رقم زرد بود. میزان منیزیم برگ و ریشه در اثر شوری به طور معنی‌دار کاهش یافت و کاهش منیزیم در برگ رقم روغنی بیشتر بود. ارقام از نظر میزان منیزیم ساقه و ریشه تفاوت معنی‌داری نداشتند. با افزایش شوری، میزان ازت و فسفر در اندامهای گیاه کاهش یافت ولی ارقام در سطوح مختلف شوری از نظر ازت و فسفر تفاوت معنی‌داری نداشتند و روند کاهش یکسانی را نشان دادند.

شوری از طریق اثرات اسمزی و سمی یونها و متعاقب آن بر هم زدن تعادل یونی و تغذیه‌ای، رشد گیاه را محدود می‌سازد به طوری که مقداری از خسارت وارده بر گیاه بر اثر شوری، مربوط به رقابت بین یونهای سمی و عناصر غذایی برای جذب در گیاه می‌باشد. عناصری همچون ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، منیزیم، کلر و آهن جزء عناصر ضروری گیاه محسوب شده و اعمال حیاتی گیاه به تعادل این عناصر در اندامهای مختلف بستگی دارد. در این آزمایش به منظور بررسی اثر غلظت املاح آب آبیاری بر روند تجمع عناصر در اندام هوایی سه رقم گندم آزمایشی در سال زراعی ۱۳۷۲-۷۳ در ایستگاه تحقیقاتی رودشت اصفهان بصورت طرح کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوک کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد که در آن دو نوع آب آبیاری، با هدایت الکتریکی ۸ و ۱۴ دسی زیمنس بر متر فاکتور اصلی و ارقام امید، قدس و طیبی فاکتور فرعی بودند. (لازم به توضیح است که سه رقم مذکور پس از انجام آزمایشات مقدماتی جوانه زنی در آزمایشگاه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، در محلولهای نمک طعام با پتانسیلهای مختلف از ۵- تا ۲۰- بار از بین ۶۷ رقم و توده محلی انتخاب شدند). طول هر کرت فرعی ۱۰ متر و عرض آن ۳ متر و فاصله کرت‌های فرعی از همدیگر ۱ متر در نظر گرفته شد. کاشت در اول آذر ماه در ردیف‌هایی به فواصل ۲۰ سانتی‌متر و با تراکم ۳۵۰ بذر در متر مربع انجام گرفت. برای تهیه کیفیت‌های مختلف آب آبیاری از خندق زهکش ایستگاه که دارای هدایت الکتریکی حدود ۲۷ دسی زیمنس بر متر و آب رودخانه که هدایت الکتریکی آن بین دو حد ۰.۸ تا ۲ دسی زیمنس بر متر بود استفاده گردید بدین صورت که با تنظیم ورود آب زهکش و آب رودخانه به داخل یک حوضچه مخصوص و ترکیب نسبت‌های مختلف آنها و به کمک دستگاه تشخیص دهنده، هدایت الکتریکی مورد نظر برای تیمار آبیاری تهیه می‌گردید و پس از اطمینان از حصول هدایت الکتریکی مورد نظر، آب به طرف جوی اصلی و سپس به کرت‌های مربوطه هدایت می‌شد. ساخت آب با هدایت الکتریکی کمتر شروع می‌شود و در مرحله بعدی هدایت الکتریکی بالاتر تهیه می‌شد. در پایان آزمایش پس از حذف حاشیه‌ها مقدار یک متر مربع از هر کرت جهت تعیین عملکرد و مساحت ۰.۲۵ متر مربع از هر کرت نیز، جهت تجزیه شیمیائی بافت‌های مختلف گیاهی برداشت گردید و غلظت ۸ عنصر (ازت، فسفر، پتاسیم، سدیم، کلسیم، منیزیم، کلر و آهن) در اندام هوایی ارقام شامل برگ، ساقه و خوشه در تیمارهای آبیاری بررسی و مورد مقایسه قرار گرفت.

نتایج حاصله نشان داد که با کاهش کیفیت آب آبیاری میزان ازت در برگ، ساقه و خوشه ارقام کاهش می‌یابد و تنها در خوشه رقم امید افزایش پیدا کرد اما تفاوت این اندامها در میزان جذب فسفر در دو تیمار آبیاری میزان جذب این عنصر در ساقه و برگ کاهش و در خوشه افزایش می‌یابد اما میزان غلظت یون سدیم روند عکس آنچه مربوط به پتاسیم بود، نشان داد که البته غلظت سدیم در ساقه بیشتر از برگ بود و در خوشه کمترین غلظت را داشت.

نتایج اندازه‌گیری غلظت کلر حاکی از افزایش جذب آن در برگ و ساقه همراه با افزایش میزان املاح آب آبیاری بود اما تغییرات آن در خوشه معنی‌دار نبود. غلظت کلسیم در برگ بر اثر افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری، بیشتر گردید اما در ساقه و خوشه بین دو تیمار آبیاری تفاوت معنی داری نبود. سردا و همکاران نیز گزارش نمودند که افزایش هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک سبب افزایش مقدار کلسیم در دو رقم نخود می‌گردد. با افزایش املاح آب آبیاری، میزان جذب منیزیم در برگ افزایش و در ساقه و خوشه کاهش نشان داد و غلظت آهن در برگ خوشه افزایش و در ساقه کاهش یافت.

^۱. اعضاء هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان

با افزایش هدایت الکتریکی آب آبیاری تفاوت‌های غلظت عناصر بین اندام هوایی ارقام به جز در دو مورد، معنی‌دار نگردید. یکی جذب پتاسیم در ساقه و برگ بود که در ارقام امید و طبسی از رقم قدس بیشتر شد و مورد دیگر غلظت آهن در برگ بود که در رقم طبسی از ارقام دیگر کمتر گشت.

عملکرد دانه ارقام در کیفیت کمتر آب آبیاری به طور قابل ملاحظه‌ای پائین آمد بطوریکه ارقام طبسی و قدس در این تیمار بترتیب ۱۶۱۶ و ۵۳۳ کیلوگرم در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند و در تیمار آبیاری با هدایت الکتریکی ۸ دسی زیمنس بر متر ارقام امید و قدس به ترتیب ۳۷۱۳ و ۲۲۵۳ کیلوگرم در هکتار دارای بالاترین و کمترین عملکرد دانه بودند همچنین در هر دو تیمار آبیاری بین ارقام امید و طبسی اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. رقم طبسی ۸۹۸ سنبله در متر مربع حداکثر و رقم قدس با ۵۸۰ سنبله در متر مربع کمترین تعداد سنبله را به خود اختصاص دادند. تعداد سنبلچه در سنبله و تعداد دانه در سنبلچه ارقام با یکدیگر اختلاف معنی‌داری نداشتند. بیشترین میانگین وزن هزار دانه مربوط به رقم امید با ۲۷ گرم و کمترین آن مربوط به رقم قدس با ۲۰،۷ گرم بود. بیشترین عملکرد بیولوژیکی در هدایت الکتریکی ۸ دسی زیمنس بر متر مربوط به رقم امید با ۵۶۸۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار مربوط به رقم قدس با ۳۲۱۷ کیلوگرم در هکتار در هدایت الکتریکی ۱۴ دسی زیمنس بر متر بود.

کاربرد سالانه مقادیر زیاد کودهای شیمیایی نیتروژنی و فسفری ممکنست به شستشوی نیترات به اعماق و تجمع فسفات در لایه سطحی خاک منجر شده و در نتیجه آلودگی آب و خاک را باعث گردد. از آنجا که کشاورزان ایران اغلب بدون توجه به نتایج آزمون خاک مزارع خود اقدام به کاربرد این کودها می کنند و تاکنون مطالعات سحرانی چندانی درباره عواقب این کار انجام نشده یا، در صورت انجام، نتایج آن در مجامع علمی کشور کمتر گزارش شده است مطالعه سحرانی حاضر در یک خاک زراعی آهکی از باجگاه استان فارس انجام شد.

هدف از انجام این مطالعه عبارت بودند از:

بررسی تاثیر کاربرد مقادیر نسبتاً زیاد کود اوره و سوپر فسفات تریپل بر غلظت نیترات و فسفات اعماق خاک زراعی به دنبال یک نوبت کشت.

مزرعه مورد مطالعه در ایستگاه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز در باجگاه استان فارس واقع شده، سطح ایستابی آب زیرزمینی بسیار عمیق و خاک آن به نام سری دانشکده (Fine, mixed, mesic, Calcixerollic Xerochrepts) طبقه بندی شده است. افق سطحی این خاک دارای بافت لوم، پ هاش ۸/۰، ماده آلی ۲ درصد، کلسیم کربنات معادل ۱۸/۳ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی ۱۷/۲ سانتی مول بر کیلوگرم، و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۰/۴۸ دسی زیمنس بر متر می باشد. نمونه برداری از خاک مزرعه بلافاصله قبل از کشت نشان داد که افق سطحی این خاک دارای نیتروژن نیتراتی (عصاره گیری شده با آب مقطر) ۷، فسفر (عصاره گیری شده با سدیم بی کربنات نیم مولار پ هاش ۸/۵) ۲۳، و پتاسیم (عصاره گیری شده با آمونیم استات یک مولار پ هاش ۷/۵) ۶۱۵ میلی گرم در کیلوگرم بوده است. گندم (*Triticum aestivum* L.) رقم فلات در کرت هائی به ابعاد ۵×۲ متر کشت شد. طرح آزمایشی فاکتوریل ۵×۵ با ۵ سطح نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ و ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار به صورت اوره) و ۵ سطح فسفر (۰، ۳۰، ۶۰، ۹۰ و ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار به صورت سوپر فسفات تریپل) بود که به صورت بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. کشت در پائیز ۱۳۷۴ و برداشت در تابستان ۱۳۷۵ انجام شد. نصف اوره هر تیمار به هنگام کشت به صورت دستپاش (و بلافاصله به زیر خاک بردن) و بقیه در هفته آخر اسفند به صورت سرک بکار رفت. جمع کل بارندگی ثبت شده در محل در دوره انجام آزمایش ۶۱۶ میلیمتر بود که علاوه بر آن آبیاری مطابق عرف محل نیز به عمل آمد. پس از برداشت محصول، از خاک در عمق های ۰-۱۵، ۱۵-۳۰، ۳۰-۴۵، ۴۵-۶۰ سانتی متری کلیه کرتها نمونه برداری به عمل آمد و غلظت نیترات و فسفر آنها اندازه گیری شد.

نیترات خاک در نتیجه کاربرد اوره به مقدار کم، اما معنی داری، در عمق های ۰-۱۵، ۱۵-۳۰ و ۳۰-۴۵ سانتی متری افزایش یافت ولی در عمق ۴۵-۶۰ سانتی متری تغییر معنی داری نکرد. بزرگترین تغییر مشاهده شده در عمق ۰-۱۵ سانتی متری بود. در این عمق، کاربرد ۴۰۰ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به صورت اوره) غلظت نیتروژن نیتراتی را از ۱۴ میلی گرم در کیلوگرم در کرت شاهد به ۱۸ میلی گرم در کیلوگرم رساند. کاربرد فسفر فقط بر غلظت فسفر در عمق ۰-۱۵

^۱ بخشی از نتایج طرح پژوهشی AG-۸۲۷-۴۶۹-۷۳ دانشگاه شیراز. از کمیسیون پژوهشی دانشگاه شیراز به خاطر تصویب و تامین اعتبار مالی طرح سپاسگزاری می شود.

^۲ استادان، دانشیار، و مربی بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

سانتی‌متری تاثیر معنی داری داشت و آنرا بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش داد، به طوری که غلظت فسفر عصاره گیری شده از ۲۵ میلی‌گرم در کیلوگرم کرت شاهد به ۳۸، ۳۹، ۵۶، و ۵۹ میلی‌گرم در کیلوگرم به ترتیب برای سطوح ۳۰، ۶۰، ۹۰، و ۱۲۰ کیلوگرم فسفر در هکتار رسید.

به عنوان نتیجه‌گیری می‌توان گفت که، تحت شرایط این آزمایش، کاربرد نیتروژن تا ۴۰۰ کیلوگرم در هکتار (به صورت اوره) در یک فصل کشت نیز از نظر آلوده شدن خاک در عمق‌های مورد استفاده در این تحقیق و یا آب زیرزمینی به نیترات بی‌خطر است. در حالیکه کاربرد فسفر (به صورت سوپر فسفات تریپل)، حتی در مقادیر معمول برای یک نوبت، می‌تواند غلظت این عنصر در لایه سطحی خاک را به مقادیر بیش از حد نیاز و احتمالا مسموم کننده برای گیاه برساند.

نیترژن از عناصر غذایی ضروری گیاهان می‌باشد. مصرف کودهای شیمیایی نیترژنی براساس اندازه‌گیری نیترژن قابل استفاده خاک باعث کاهش میزان مصرف کودهای نیترژنی و آلودگی محیط‌زیست مخصوصاً آبهای زیرزمینی می‌شود. تغییرات نیترژن در خاک از قبیل معدنی شدن، آلی شدن، نیترات زدائی، تصعید و آبشویی وضعیت نیترژن خاک را از زمان کشت ذرت (*Zea mays L.*) تا زمانی که جذب این عنصر توسط گیاه به حداکثر می‌رسد، تغییر می‌دهد. بنابراین قبل از مصرف کود سرک ارزیابی وضعیت نیترژن خاک خیلی مهم می‌باشد. هدف‌های این تحقیق عبارت بودند از: (۱) تعیین غلظت بحرانی نیترات خاک در کشت ذرت در مرحله ۴ تا ۶ برگی به منظور تصمیم‌گیری در مصرف کود سرک. (۲) بررسی چگونگی توزیع نیترات در خاک به منظور استفاده از روشی مناسب در نمونه‌برداری خاک. (۳) مقایسه میزان نیترژن مورد نیاز ذرت دانه‌ای، جهت دستیابی به حداکثر محصول با مقدار نیترژن مصرفی توسط زارعان منطقه و (۴) تعیین میزان نیترات باقی مانده در خاک بعد از برداشت محصول.

آزمایش در شرایط مزرعه در شرایط مزرعه و به صورت کرت‌های یکبار خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در دو ایستگاه تحقیقاتی باجگاه و کوشک در سال ۱۳۷۶ اجرا گردید. کرت‌های اصلی شامل شاهد و سه سطح ۶۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیترژن در هکتار از منبع کودی اوره استفاده گردید. در مرحله ۴ تا ۶ برگی هر کرت اصلی به دو کرت فرعی تقسیم و در یکی از دو کرت فرعی کود نیترژنی به میزان ۶۰ کیلوگرم در هکتار به عنوان سرک به خاک اضافه و از کرت فرعی دیگر به عنوان شاهد استفاده شد. در مراحل ۴ تا ۶ برگی، گل تاجی و بعد از برداشت محصول از دو ردیف میانی هر کرت و از هر کرت از سه محل مختلف شامل کف، شانه و بالای جوی و پشته از عمق‌های صفر تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری خاک انجام و نیترژن نیتراتی در آنها اندازه‌گیری شد.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که غلظت بحرانی نیترژن نیتراتی در خاک باجگاه برای عملکرد نسبی حدود ۸۵ تا ۹۰ درصد بین ۱۲ تا ۱۴ میلی‌گرم و در خاک کوشک برای عملکرد نسبی ۹۰ درصد و در همان عمق بین ۸ تا ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک تعیین گردید. بیشترین ضریب تعیین بین عملکرد دانه ذرت با نیترژن نیتراتی در خاک باجگاه، در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری، در نمونه خاک کف و در خاک کوشک، در همان عمق مربوط به نمونه مرکب خاک کف و شانه بود. در دو محل مورد مطالعه، حداکثر محصول دانه ذرت با ۱۵۵ درصد رطوبت حدود ۱۴ تن در هکتار بود که با کاربرد ۱۸۰ کیلوگرم در هکتار نیترژن (۱۲۰ کیلوگرم آن به صورت پیش کشت و ۶۰ کیلوگرم به صورت سرک) بدست آمد. اگرچه زارعان منطقه بین ۳۰۰ تا ۳۵۰ کیلوگرم نیترژن در هکتار مصرف می‌نمایند. بیشترین غلظت نیترژن نیتراتی باقیمانده در خاک پس از برداشت محصول در خاک باجگاه و کوشک به ترتیب ۲۴ و ۱۸ و کمترین آن به میزان ۲۶ و ۳ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بود. به طور کلی، به نظر می‌رسد میزان نیترژن مصرفی به وسیله زارعان منطقه بیش از حد مورد نیاز ذرت می‌باشد. اگرچه به منظور توصیه دقیق میزان کود نیترژنی مورد نیاز و همچنین تعیین غلظت بحرانی نیترژن نیتراتی در مرحله ۴ تا ۶ برگی به تحقیقات بیشتری نیاز می‌باشد.

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

بمنظور مقایسه پاسخ ۷۸ رقم جو دو ردیفه که از نظر ارتفاع و میزان عملکرد با هم متفاوت بوده‌اند یک سری آزمایش‌های مزرعه‌ای در طی دو سال (سال‌های ۱۹۹۱ و ۱۹۹۳) در جنوب استرالیا انجام شد. هدف از انجام آزمایش بررسی تغییرات ژنوتیپی در پاسخ گیاه از نظر میزان محصول و میزان پروتئین دانه به کودهای نیتروژنی و تعیین یک روش عملی برای جداسازی ارقام مختلف جو در شرایط مزرعه از نظر عکس‌العمل نسبت به ازت بود. نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که از نظر پاسخ گیاه نسبت به ازت بین دو سال زراعی تفاوت وجود داشته است و همبستگی بین پاسخ ارقام در دو سال ضعیف بوده است. بین عملکرد و پروتئین دانه از نظر پاسخ نسبت به نیتروژن در هیچ یک از سالهای آزمایشی همبستگی مشاهده نگردید، و این موضوع بیانگر آنست که پاسخ‌های محصول و پروتئین نسبت به نیتروژن را می‌توان مستقلاً بررسی کرد. با توجه به تغییرات بین سالهای زراعی، آنالیز مولفه اجزاء اصلی نشان داده است که ارقام پاکوتاه عکس‌العمل بیشتری نسبت به نیتروژن داشته‌اند. ارقام دیررس دارای عملکرد کمتری بوده‌اند، ولی از نظر عکس‌العمل نسبت به نیتروژن ارقامی که دیرتر به خوشه رفته بودند دارای عملکرد بیشتری بوده‌اند. در محلی که علائم مسمومیت بر وجود داشته است، حساسیت نسبت به مسمومیت بر نیز در واکنش عملکرد نسبت به نیتروژن موثر بوده است. نتایج این بررسی نشان داده است که تغییرات ژنوتیپی قابل توجهی در واکنش نسبت به نیتروژن وجود داشته است و بدین ترتیب می‌توان تعداد زیادی از ارقام جو را از نظر واکنش به نیتروژن جداسازی کرد، ولی بخاطر تغییرات توارثی و شرایط محیطی برای چنین تفکیکی انجام آزمایش‌های بیشتری ضروری بنظر می‌رسد.

^۱. به ترتیب استادیار مجتمع آموزشی و پژوهشی کشاورزی رامین، دانشگاه شهید چمران اهواز و استاد بخش علوم گیاهی، دانشگاه آدلاید استرالیا

مصرف گسترده کودهای شیمیایی پرمصرف نظیر ازت و فسفر، عدم مصرف کودهای حاوی عناصر کم مصرف و حاکمیت شرایط آهکی در بیشتر مزارع گندمکاری موجب کمبود این عناصر در خاک شده است بطوریکه به نظر می‌رسد کمبود این عناصر یکی از عوامل محدود کننده در دستیابی به سقف تولید گندم در شرایط زراعی موجود باشد. از طرف دیگر با توجه به اینکه گندم یکی از محصولات استراتژیک ایران بوده، حدود ۷۰ درصد از کالری مردم از نان بدست می‌آید، کمبود عناصر کم مصرف موجب کاهش غلظت این عناصر در دانه شده که این امر در بهداشت تغذیه جامعه از اهمیت فراوانی برخوردار است. چه کمبود عناصر کم مصرف در منابع خارجی نیز قید شده است. به لحاظ اثراتی که این عناصر در افزایش کیفیت دانه گندم دارند توصیه کودی آنها در حد مورد نیاز بسیار ضروری است. توصیه کودی بیش از حد مورد نیاز موجب هدر رفت سرمایه بازیافت کم کود، کاهش درآمد کشاورز و برهم خوردن تعادل بین تعادل عناصر غذایی در خاک می‌گردد. توصیه کودی کمتر از حد مورد نیاز از طرفی موجب کاهش کیفیت دانه و بروز مشکلات سلامتی و از طرف دیگر موجب کاهش عملکرد می‌گردد. بنابراین توصیه صحیح کودی اهمیت زیادی داشته و با توجه به سیاست وزارت کشاورزی در مورد تأسیس آزمایشگاههای خصوصی در اقصی نقاط کشور بحرانی تعیین سطح بحرانی عناصر غذایی به منظور توصیه‌های کودی بر مبنای آزمون خاک از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. برای تعیین سطح بحرانی عناصر غذایی آهن، روی، منگنز، مس و بر به منظور مصرف متعادل کودهای شیمیایی، حفظ و ارتقاء بهداشت تغذیه جامعه، افزایش کمی و کیفی عملکرد و اجتناب از مصرف بی‌رویه کودهای شیمیایی در محصول استراتژیک گندم بر اساس آزمون خاک، تحقیقی از سال ۱۳۷۵ بمدت دو سال در کلیه استانهای کشور در بیش از هزار مزرعه از مزارع زارعین انجام گردید. مراحل انجام کار بشرح ذیل بود.

طرح در نواحی عمده کشت گندم آبی و براساس مطالعات خاکشناسی در فامیلهای غالب خاک و در هر فامیل خاک با توجه به سطح زیر کشت و به ازاء حدوداً هر ۱۰۰۰ هکتار حداقل یک قطعه ۵۰۰ متر مربعی برای نمونه برداری انتخاب و نمونه خاک جهت اندازه‌گیری عناصر کم مصرف از قطعات انتخاب شده به صورت مرکب سطحی متشکل از حداقل ۱۵ نمونه ساده از عمق صفر تا ۳۰ سانتیمتر سطح خاک تهیه گردید.

^۱ نتایج این مستخرج از نتایج طرح ملی بوده که توسط همکاران محقق در بیش از ۲۴ استان کشور در دو سال زراعی ۷۵/۷۷ اجرا شده است که بدینوسیله از تمام مجریان این طرح تشکر می‌نماید.

^۲ به ترتیب اعضاء هیأت علمی، موسسه تحقیقات خاک و آب، استاد دانشگاه تربت مدرس که طرح توسط نفر سوم ارائه و هدایت گردیده است.

از بین قطعات مشخص شده در مرحله اول حدود ۳۰ قطعه بر اساس میزان عناصر کم مصرف اندازه‌گیری شده که طیفی از حداقل تا حداکثر عناصر مذکور را داشت انتخاب و خاکهای با محدودیت بالا مثل خاکهای شور و یا با سطح ایستایی بالا و خاکهای سدیمی حذف گردیدند.

در هر یک از قطعات انتخاب شده آزمایشی برای بررسی اثرات شش تیمار NPKMn , NPKZn , NPKB , NPKCu , NPKFe , NPK اجرا گردید. مقدار و زمان مصرف ازت براساس توصیه منطقه از منبع اوره، مقدار فسفر و پتاسیم مورد نیاز به ترتیب از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم براساس آزمون خاک تعیین، آهن مورد استفاده از منبع کلات آهن (سکستین ۱۳۸) به میزان ۱۰ کیلوگرم در هکتار، روی از منبع سولفات روی به میزان ۴۰ کیلوگرم در هکتار، منگنز از منبع سولفات منگنز به میزان ۳۰ کیلوگرم در هکتار، مس از منبع سولفات به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار و بر از منبع اسیدبوریک به میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار محاسبه و در زمان کاشت مصرف گردید. این طرح به صورت بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار در هر قطعه اجرا شد توضیح اینکه محل اجرای آزمایش دقیقاً همان قطعات ۵۰۰ متر مربعی در نمونه‌برداری اولیه بود. سطح هر کرت ۲۰ متر مربع و بذر مورد نظر رقم غالب و پر محصول هر منطقه بود. برآورد تقریبی میزان آب مصرفی و دور آبیاری نیز براساس کتاب برآورد آب مورد نیاز گیاهان زراعی مدنظر قرار گرفته، عملیات داشت طبق عرف منطقه رعایت گردید برداشت از سطح ۱۰ مترمربع به صورت کف بر انجام عملکرد کاه و دانه تعیین و نمونه‌ای از کاه و دانه به آزمایشگاه ارسال و تجزیه عناصر کم مصرف بر روی آنها انجام گردید. کیفیت دانه از لحاظ میزان پروتئین و غلظت عناصر کم مصرف نیز مورد بررسی قرار گرفت. در نهایت با توجه به میزان آهن، روی، منگنز، مس و بر اولیه در خاک و عملکرد گندم حد بحرانی این عناصر در خاک به کمک روش تصویری Cate - Nelson تعیین و محاسبه گردید. اثر تیمارها بر روی عملکرد دانه و کاه در سطح پنج درصد و یک درصد در اکثر استانهای کشور معنی‌دار گردید. سطح بحرانی برای آهن (Fe) ۲/۵-۷ برای روی (Zn) ۰/۶-۲ برای مس (Cu) ۰/۵-۱ منگنز (Mn) ۳-۸ و برای بر (B) ۰/۲-۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد

با عنایت به مسأله افزایش مصرف روغن‌های نباتی در کشور که در پی ازدیاد نفوس و مصرف سرانه روغن بوجود آمده است، بررسی متدهای افزایش عملکرد گیاهان روغنی بیش از پیش احساس می‌گردد. نگاهی اجمالی به آمار هواشناسی منطقه اصفهان نشان می‌دهد که متوسط بارندگی سالانه در این منطقه ۱۲۰ میلیمتر است. لذا با توجه به کمبود منابع آبی و آلوده شدن بعضی از خاکهای زراعی در پی مصرف غیر معقول کودهای شیمیایی، بایستی در مصرف آب آبیاری و عناصر غذایی تا حد ممکن صرف‌جویی شود، بطوریکه بتوان با بکارگیری آب و کود کمتر عملکرد اقتصادی بیشتری از کشت گیاهان زراعی بدست آورد. مصرف آب و عناصر غذایی در گیاهان رابطه مستقیم با نحوه رشد اندامهای هوایی و زیرزمینی گیاهان دارد. لذا هدف از اجرای این آزمایش بررسی شاخصهای رشد ریشه و اندامهای هوایی آفتابگردان، یافتن چگونگی ارتباط آنها با عملکرد دانه و در نهایت توصیه بهترین رژیم آبیاری و کود ازته سرک برای این گیاه در منطقه اصفهان بود.

جهت بررسی اثرات سطوح آبیاری و کود ازته سرک بر شاخصهای رشد ریشه و اندامهای هوایی آفتابگردان (رقم رکورد)، آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان در سال زراعی ۱۳۷۴ اجرا شد. آزمایش بصورت طرح کرت‌های یک بار خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی که سطوح آبیاری با نسبت‌های ۰،۴۵، ۰،۵۵، ۰،۶۵ و ۰،۷۵ مقدار آب آبیاری (IW) براساس تبخیر از سطح تشتک کلاس A (EP) بعنوان سطوح اصلی و مقادیر صفر، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار بعنوان سطوح فاکتور فرعی تنظیم گردید. کاشت به روش جوی پشته در فاصله ردیفهای ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته ۲۵ سانتی‌متر روی پشته با تراکم ۶۷ هزار بوته در هکتار انجام گرفت. آبیاری بصورت نشتی و پس از ۷۰ میلیمتر تبخیر و حجم آب بر اساس تیمارهای آبیاری با استفاده از سر ریزهای مخصوص تعیین و در هر تیمار اعمال گردید. کود ازته سرک بر حسب رفتارهای آزمایشی پس از آخرین وجین در طول ردیفهای کاشت به روش نواری توزیع شد. برای بررسی شاخصهای رشد نمونه‌بردا‌ی‌ها بطور هفتگی از یک متر طولی ردیف کاشت با حذف اثر حاشیه‌ای انجام و پس از اندازه‌گیری طول ریشه‌ها به تفکیک عمق و مساحت برگ نمونه‌ها در پاکتهای کاغذی به آون تهویه‌دار با دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد منتقل و پس از ۴۸ ساعت با ترازوی دقیق توزین شد.

نتایج آزمایش حاکی از آن است که وزن خشک ریشه و اندامهای هوایی، ارتفاع بوته، وزن مخصوص و تراکم وزنی ریشه با افزایش مقدار آب آبیاری بالا رفته ولی تراکم طولی ریشه و نسبت ریشه به ساقه و به اندامهای هوایی کاهش یافتند. بطوریکه با افزایش میزان آب از ۳۹۹۰ متر مکعب در سطح اول آبیاری به ۵۸۸۰ متر مکعب در سطح چهارم آبیاری وزن خشک اندامهای هوایی از ۱۰۴۸ به ۱۳۷۴ گرم در متر مربع و ارتفاع گیاه از ۱۹۵ به ۲۲۲ سانتی‌متر افزایش یافت. در این میان وزن خشک برگ نیز بعنوان یکی از اجزاء وزن خشک کل بوته بیش از سایر قسمتها تحت تأثیر میزان آبیاری قرار گرفت، که نشانگر حساسیت این اندام نسبت به مقدار آب قابل دسترس است. کود ازت بر وزن خشک و تراکم طولی ریشه، نسبت ریشه به ساقه و به اندام هوایی، ارتفاع بوته و وزن خشک کل اندام هوایی تأثیر معنی‌دار داشت. بطوریکه مصرف کود ازت ارتفاع بوته، وزن خشک ریشه و اندامهای هوایی را افزایش داده و تراکم طولی ریشه، نسبت ریشه به ساقه و به اندام هوایی را کاهش داد. وزن کل ریشه، تراکم طولی و نسبت ریشه به ساقه در اوائل مرحله زایشی از تیمار عدم مصرف کود به ۱۵۰ کیلوگرم ازت به ترتیب از ۱۲۶۰ به ۱۳۰۰ گرم بر متر مکعب، ۱۲۲ به ۱۱۷ سانتی‌متر بر دسی متر مکعب و ۰،۳۷ به

^۱. اعضای هیأت علمی دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوی

۰.۳۲ رسید. تراکم وزنی و وزن مخصوص ریشه تحت تأثیر کود ازته قرار نگرفت. اثر متقابل آبیاری و کود ازته بر وزن خشک و تراکم طولی ریشه، تراکم وزنی و وزن مخصوص ریشه، نسبت ریشه به ساقه و به اندامهای هوایی معنی‌دار بود. بطوریکه سطوح مختلف کودی نسبت ۰.۷۵ آب آبیاری به تبخیر از سطح تشتک کلاس A حداکثر تراکم وزنی ریشه و حداقل نسبت ریشه به ساقه و به اندامهای هوایی را داشت.

کمبود آب و ازت در تیمار شاهد در سطح اول آبیاری و عدم مصرف کود، تسریع گل دهی و رسیدگی فیزیولوژیکی آفتابگردان را باعث شد. همچنین با افزایش مقدار آب و ازت سرعت رشد محصول^۱، شاخص سطح برگ^۲، میزان آسیمیلاسیون خالص^۳ و سطح ویژه برگ^۴ افزایش یافت. نسبت ۰.۶۵ مقدار آب آبیاری به تبخیر از سطح تشتک کلاس A همراه با ۱۰۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار تراکم طولی و وزنی ریشه مطلوبی در خاک بوجود آورده و با استفاده از توزیع مناسب ریشه در پروفیل خاک توانست سرعت رشد محصول و دوام سطح برگ^۵ را تا حد ایده‌آل برساند که در نتیجه جمع عوامل مذکور تولید دانه در واحد سطح به حداکثر رسید. بین عملکرد دانه و فاکتورهای سرعت رشد و تراکم وزنی ریشه، سرعت رشد محصول، دوام سطح برگ و ارتفاع بوته همبستگی مثبت و قوی بدست آمد.

در نهایت با در نظر گرفتن کلیه شرایط موجود نسبت ۰.۶۵ آب آبیاری به تبخیر از سطح تشتک کلاس A با ۱۰۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار بعنوان کود سرک برای حصول حداکثر عملکرد آفتابگردان (رقم رکورد) در منطقه اصفهان مناسب تشخیص داده شد.

^۱-Crop Growth Rate

^۲-Leaf Area Index

^۳-Net Assimilation Rate

^۴-Specific Leaf Area

^۵-Leaf Area Duration

(SCU)

در مطالعات مربوط به اثرات تقسیط کود ازت در گندم بیشتر به مراحل رشد این گیاه توجه شده است. در سالهای اخیر توجه فیزیولوژیستها و متخصصین تغذیه نبات به اثرات این کود بر مراحل نموی مریستم رأس ساقه (Shoot apex) که مستقیماً عملکرد نهایی را تحت تأثیر قرار خواهد داد معطوف گردیده است.

بر این اساس و به منظور بررسی اثر تقسیط کود ازت از نوع اوره و اوره با پوشش گوگردی بر مراحل نموی رأس ساقه و عملکرد نهایی دو رقم گندم در شرایط آب و هوایی خوزستان آزمایشی در پائیز سال ۱۳۷۶ در مزرعه تحقیقاتی مجتمع عالی آموزشی پژوهشی کشاورزی رامین اهواز به اجرا گذاشته شد. آزمایش بصورت فاکتوریل و در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام پذیرفت. فاکتورها شامل رقم در دو سطح V_1 = رقم استار و V_2 = رقم فونگ و فاکتور سطوح تقسیط ازت در پنج سطح (N_1 = تمام کود SCU در زمان کاشت، N_2 = تمام کود اوره در زمان کاشت، N_3 = ۱.۲ زمان کاشت + ۱.۲ مرحله ظهور بر جستگیهای مضاعف، N_4 = ۱.۲ زمان کاشت + ۱.۲ زمان ظهور سنبلچه انتهایی و N_5 = ۱.۲ زمان کاشت + ۱.۴ مرحله ظهور سنبلچه انتهایی + ۱.۴ مرحله شکم خوش) انتخاب شدند.

مراحل نموی بر اساس ارائه شده توسط وادینگتون بررسی گردید. نتایج نشان داد که ارقام از نظر مراحل نموی مورد بررسی در سطح ۱٪ با هم اختلاف معنی داری دارند و طول مراحل نموی کاشت تا ظهور رینگهای مضاعف، ظهور سنبلچه انتهایی، سبز شدن رنگ پرچمها، گرده افشانی و رسیدن برای رقم استار بترتیب ۵۴.۲، ۶۸.۷، ۹۲.۲، ۱۱۲.۱ و ۱۵۹ روز معادل ۶۵۷.۲، ۸۵۴.۳، ۱۱۶۹.۷، ۱۴۹۵.۲ و ۲۵۱۱ درجه روز رشد (GDD) و برای رقم فونگ بترتیب ۴۰.۲، ۵۳.۹، ۷۸.۱، ۱۰۱.۴ و ۱۴۸ روز معادل ۵۳۱.۲، ۶۴۹.۹، ۹۹۱.۱، ۱۳۰۵.۳ و ۲۲۵۷ درجه روز رشد بدست آمده است. بین سطوح تقسیط ازت تفاوتی براساس روز و درجه روز رشد دیده شد ولی اثر متقابل رقم و سطوح تقسیط ازت معنی دار نشد. سرعت تمایز سنبلچهها براساس روز و درجه روز رشد در سطح ۱٪ معنی دار شده است ولی بین سطوح تقسیط ازت فقط در سطح ۵٪ معنی دار گردید. از بررسی مراحل نموی دو رقم در سطوح مختلف تقسیط ازت مشخص گردید که طول مراحل نموی رأس ساقه بیشتر ژنوتایپ رقم قرار دارد تا سطح مختلف تقسیط ازت و اختلاف زودرسی و دیررس ارقام بیشتر در ارتباط با طول فاز رویشی ارقام می باشد.

اختلافات بین دو رقم از نظر عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله و پروتئین در سطح ۱٪ معنی دار بود. عملکرد دانه رقم استار برابر ۵۲۰۹ kg/ha بر رقم فونگ با ۴۱۹۶ kg/ha برتری نشان داد. تفاوت بین سطوح تقسیط ازت از نظر صفات عملکرد ماده خشک، عملکرد دانه، شاخص برداشت، تعداد سنبله در متر مربع، وزن دانه در سنبله، تعداد دانه در سنبله، وزن هزار دانه و پروتئین دانه در سطح ۱٪ معنی دار گردید و تقسیط N_5 بالاترین عملکرد دانه و پروتئین معادل ۴۹۵۲.۷ kg/ha و ۱۲.۴۳ درصد و N_1 (تمام کود SCU در زمان کاشت) کمترین عملکرد دانه و پروتئین معادل ۴۳۶۷ kg/ha و ۹.۸۵ درصد را نشان داد. از نتایج این آزمایش می توان استنباط نمود که کودهای پوشش دار (SCU) کارایی مناسبی حداقل در اراضی با بافت رسی برای گندم نداشته و در افزایش عملکرد و اجزاء آن مؤثر نبوده است.

^۱ . استادیاران دانشکده کشاورزی دانشگاه شهید چمران اهواز

:

تامین خوراک برای نزدیک به ۶ میلیارد نفر انسان که شمار آنها سالانه نزدیک به ۹۰ میلیون نفر افزایش می یابد کاربرد کودهای شیمیایی بویژه ازت را ناگزیر می نماید. متأسفانه صرفنظر از هدر رفتن منابع کارماید و دیگر منابع آثار زیست محیطی آلودگی آبهای زیرزمینی با ازت خوشایند نمی باشند. بیماری بچه آبی و برخی سرطانهای غدد لنفاوی و دستگاه گوارشی از پیامدهای مصرف آبهای آلوده به نیتراژ شناخته شده اند. گرچه بهره وری از کودهای آلی و تناوب کاشتن نیامداران برای تامین بخشی از ازت مورد نیاز گیاهان زراعی بویژه غلات رایج می باشد نیاز ازتی ارقامی که انقلاب سبز را تحقق بخشیدند افزون بر مقادیری است که از راههای فوق در دسترس آنها قرار می گیرد. بدین ترتیب ازت زمین ساختی می تواند بخشی از مشکل را حل کند.

رشد چشمگیر *Eucalyptus camaldulensis* Dehnh. در شبکه های تغذیه مصنوعی گریاگان فسا ما را به احتمال وجود ازت زمین ساختی در سازند آغاچاری آبخیز بیشه زرد تامین کننده قسمت عمده سیلاب مورد استفاده در طرح آبخوانداری ایستگاه کوثر رهنمون گردید. تعداد ۱۳ نمونه از سنگ از عمق ۱۰-۰ سانتی متری آبخیز مزبور در جهت S340W و در طول ۲۲۰۰ متر در ۱۳۷۴/۵/۳ تهیه شد. نمونه برداری از سیلاب در تاریخ ۷۴/۱۰/۱۴ صورت گرفت. نمونه خاک رسوبگیرها از اعماق ۲۵-۷۵ و ۷۵-۱۲۵ سانتی متر در ۴ تکرار به صورت تصافی تهیه گردید. از سه محل نیز در بیرون شبکه ها (شاهد) و در همان اعماق نمونه برداری شد. غلظت نیتراژ و آمونیوم نمونه ها با کاربرد روش کدال نیمه میکرو تعیین گردید. میانگین غلظت نیتراژ در حوضه آبخیز، سیلاب بیشه زرد و خاک رسوبگیرها بیش از آمونیوم می باشد؛ به ترتیب ۲۲.۷۷ و ۴۷ میلی گرم در کیلوگرم در برابر ۳۸، ۱۲ و ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین مقدار نیتراژ خاک مربوط به رسوب و افزون بر دو برابر شاهد است؛ ۴۷ در برابر ۲۲ میلی گرم در کیلوگرم بیشترین غلظت نیتراژ ۵۵ و آمونیوم ۲۲ میلی گرم در کیلوگرم در عمق ۲۵-۰ سانتی متری، کمترین غلظت نیتراژ در ژرفای ۷۵-۲۵ سانتی متری، ۴۲ و کمترین غلظت آمونیوم، ۱۸ میلی گرم در کیلوگرم در عمق ۷۵-۱۲۵ سانتی متری ملاحظه شده است. بیشترین غلظت ازت (مجموع نیتراژ و آمونیوم) در عمق ۱۲۵-۰ مربوط به نوار ششم (استخر تغذیه) برابر با ۳۸ میلی گرم در کیلوگرم، و کمترین آن مربوط به نوار چهارم، برابر با ۲۵ میلی گرم در کیلوگرم، بوده است. گرچه بین مقادیر نیتراژ و آمونیوم در عمق ۲۵-۰ ارتباطی معنی دار وجود ندارد، همبستگی آنها در عمق ۷۵-۲۵ در سطح ۱٪، و در عمق ۷۵-۱۲۵ در سطح ۵٪، معنی دار است. نسبت نیتراژ به آمونیوم در خاک شاهد ۲/۳، در خاک بیشه زرد یک ۲/۴، در سیلاب ۲/۵۰ و در آبخیز ۱/۶۷، می باشد. این پدیده احتمالاً به دلیل تبدیل آمونیوم به نیتراژ در طول مسیر سیلاب و توقف آن در خاک است. چنانچه میانگین سالانه آگیری شبکه بیشه زرد یک ۱۰ متر مکعب بر ثانیه برای ۲۴ ساعت باشد، هر ساله ۳۲۵۸۱ کیلوگرم آمونیوم، و ۶۶۹۰۰ کیلوگرم نیتراژ، و براساس ارزش، هر کیسه ۵۰ کیلوگرمی کود اوره ۲۴۰۰۰ ریال، سالانه ۱۱/۳۶۹ میلیون ریال به شبکه مزبور، و نزدیک به ۱۰ برابر آن به زمینهای زیر پخش سیلاب اضافه می گردد.

^۱. کوشش مشترک دانشگاه تربیت مدرس و مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان فارس.

^۲. دانشجوی پیشین کارشناسی ارشد دانشگاه تربیت مدرس استاد پژوهش مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان فارس

اثرات تیمارهای ازت و پتاسیم بر وضعیت این عناصر غذایی در برگ، عملکرد درصد دانه‌های پسته خندان، تعداد دانه‌های خندان در یک اونس، درصد مغز دانه‌های ناخندان و ریزش جوانه‌های میوه درختان پسته در منطقه بیاض از استان کرمان بررسی شد. خاک منطقه بیاض شن لومی و آهکی بود. pH ۷٫۱ هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۴٫۹ دسی زیمنس بر متر و درصد فسفر و پتاسیم قابل استفاده آن به ترتیب ۲۳٫۹ و ۲۱۲٫۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. در پانزدهم اسفند ۱۳۷۵ روی درختان پسته رقم فندقی در یک باغ در منطقه بیاض، تیمارهای ازت (از منبع سولفات آمونیم) در دو سطح (۳۰۰ و ۶۰۰ میلی‌گرم) و پتاسیم (از منبع سولفات پتاسیم) در چهار سطح (صفر، ۳۵۰، ۷۰۰ و ۹۵۰ میلی‌گرم) برای هر درخت به کار برده شدند. دو شیار در دو طرف و در انتهای سایه‌انداز به طول ۲ متر و عرض ۲۰ سانتیمتر و عمق ۳۰ سانتیمتر حفر گردید و مقادیر لازم از دو تیمار برای هر درخت با هم مخلوط، و در این شیارها قرار گرفتند و روی آنها با خاک پوشانده شد. در مرداد ۱۳۷۶ از سومین برگ این درختان نمونه‌برداری و عناصر غذایی آن اندازه‌گیری شد. تعداد جوانه‌های میوه سرشاخه‌های این درختان در دو زمان بیستم تیر و شهریور شمارش، و درصد ریزش آنها محاسبه شد. محصول این درختان در هفته آخر شهریور برداشت گردید و عملکرد (وزن خشک دانه‌های پسته و تعداد آنها)، درصد دانه‌های پسته خندان، تعداد دانه‌های خندان در یک اونس، درصد مغز دانه‌های ناخندان محاسبه شد. این طرح به صورت کاملاً تصادفی با دو تیمار ازت (دو سطح) پتاسیم (چهار سطح) و با ده تکرار روی درختان باردار (هر تکرار شامل دو درخت) اجرا شد. نتایج این تحقیق نشان داد که غلظت ازت در برگ این درختان با افزایش سطوح تیمار ازت زیاد، و با افزایش سطوح تیمار پتاسیم کم شد و غلظت پتاسیم در برگ با افزایش تیمار سطوح ازت زیاد و با افزایش سطوح تیمار پتاسیم کم شد. به عنوان مثال غلظت ازت برگ در تیمارهای $N_{۳۰۰}K_{۷۵۰}$ ، $N_{۶۰۰}K_{۷۵۰}$ ، $N_{۶۰۰}K_{۷۵۰}$ به ترتیب ۲٫۱۲ و ۲٫۵ و ۱٫۸۴ درصد بود و غلظت پتاسیم برگ در این تیمارها به ترتیب ۰٫۸۱ و ۱٫۴۹ و ۰٫۶۸ و ۱٫۳۱ درصد بود. عملکرد درختان پسته با افزایش سطوح تیمار پتاسیم افزایش یافت و اثر تیمار ازت بر افزایش عملکرد به سطوح تیمار پتاسیم وابسته بود. بدین ترتیب که افزایش سطوح ازت در سطوح $K_{۷۵۰}$ ، $K_{۷۵۰}$ اثر معنی‌داری بر عملکرد نداشت، و در سطوح $K_{۷۵۰}$ ، $K_{۷۵۰}$ عملکرد را افزایش داد. به عنوان مثال عملکرد درختان پسته در تیمارهای $N_{۶۰۰}K_{۷۵۰}$ ، $N_{۶۰۰}K_{۷۵۰}$ به ترتیب ۴۹۹ و ۶۳۱ کیلوگرم در درخت بود. به عبارت دیگر افزایش عملکرد بین این دو تیمار ۲۶ درصد بود. با افزایش سطوح تیمار پتاسیم درصد دانه‌های خندان و درصد مغز دانه‌های ناخندان افزایش، و تعداد دانه‌های خندان در یک اونس، کاهش یافت. افزایش سطوح ازت، در سطوح پایین پتاسیم باعث کاهش درصد دانه‌های پسته خندان و مغز دانه‌های ناخندان و افزایش تعداد دانه‌های خندان در یک اونس شد و در سطوح بالای پتاسیم باعث افزایش درصد دانه‌های خندان و مغز ناخندان و کاهش تعدد دانه در یک اونس گردید. به عنوان مثال تیمار $N_{۶۰۰}K_{۷۵۰}$ نسبت به تیمار $N_{۳۰۰}K_{۷۵۰}$ ، تعداد دانه‌های پسته خندان را ۱۴ درصد، مقدار مغز دانه‌های پسته ناخندان را ۱۵ درصد افزایش داد و تعداد دانه‌های پسته خندان را در یک اونس را ۲۶ درصد کاهش داد.

۱. به ترتیب دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس، استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان و استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تربیت مدرس و سرپرست مؤسسه تحقیقات خاک و آب

با افزایش سطوح تیمارهای ازت و پتاسیم درصد ریزش جوانه‌های میوه درختان پسته در تابستان کاهش یافت و اثر سطوح تیمار ازت بر کاهش درصد جوانه‌های میوه در سطوح بالای پتاسیم بیشتر بود به عنوان مثال تیمار $N_{۶۰}..K_{۷۵}$ نسبت به تیمار $N_{۲۰}..K_{۰}$ درصد ریزش جوانه‌ها را ۲۳ درصد کاهش داد.

افزایش عملکرد، درصد دانه‌های پسته خندان و درصد مغز دانه‌های ناخندان و کاهش تعداد دانه‌های خندان در یک اونس و کاهش درصد ریزش جوانه‌های میوه درختان پسته با افزایش غلظت پتاسیم و ازت در برگ در مرداد همراه بودند.

بنابراین به منظور افزایش عملکرد، درصد دانه‌های پسته خندان، درصد مغز دانه‌های ناخندان و درشتی دانه‌های خندان و کاهش ریزش جوانه‌های میوه در تابستان و در نتیجه کاهش سال آوری (کاهش عملکرد در سال بعد) کاربرد مقدار ۶۰۰ گرم ازت و ۷۵۰ گرم پتاسیم برای هر درخت توصیه می‌گردد.

برنج بعنوان یکی از مهمترین منابع غذایی محسوب می‌شود و سالیانه مساحت وسیعی از زمینهای زراعی استان فارس به کشت آن اختصاص داده می‌شود. خاکهای زیر کشت این گیاه در استان فارس آهکی بوده و مقادیر زیادی کود ازته به این اراضی اضافه می‌شود. غرقابی کردن خاک و آهکی بودن آن توأمأ در کاهش قابلیت استفاده روی و مس نقش مهمی ایفاء می‌نمایند و حساسیت برنج به این دو عنصر غذایی گزارش شده است. معذک تا آنجا که نگارنده مطلع است کاربرد کودهای روی و مس‌دار در شالیزارهای این استان معمول نیست. با توجه به نقش حیاتی عناصر ازت، روی و مس بر رشد و نمو برنج هر گونه اختلال در جذب و متابولیسم آنها می‌تواند در کاهش رشد و نهایتاً عملکرد این نبات مؤثر باشد. گزارشهای متناقضی در رابطه با برهمکنش این سه عنصر وجود دارد معذک اطلاعات چندانی در رابطه با تأثیر توأم این عناصر بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج در خاکهای آهکی جنوب ایران وجود ندارد لذا هدف از اجرای این آزمایش بررسی اثرات جداگانه و توأم ازت، روی و مس بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج در یک خاک آهکی استان فارس می‌باشد.

تیمارهای کودی مورد استفاده در این تحقیق را پنج سطح ازت (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک بصورت اوره)، سه سطح روی (۰، ۷۵ و ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک بصورت سولفات روی) و دو سطح مس (۰ و ۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک بصورت سولفات مس) تشکیل می‌دهد. آزمایش بصورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی و با سه تکرار در گلدانهای حاوی دو کیلوگرم خاک در گلخانه بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز اجزاء گردید. گیاهان ۵۶ روز بعد از کاشت، برداشت شدند. وزن خشک اندام هوایی، غلظت و جذب کل ازت، روی و مس بعنوان پاسخهای اصلی گیاه در نظر گرفته شدند.

کاربرد ازت در تمامی سطوح روی و مس سبب افزایش رشد برنج گردید هر چند میزان تأثیر آن در سطوح بالای روی بیشتر مشهود بود. همچنین تأثیر روی بر وزن خشک اندام هوایی برنج به سطوح ازت بستگی داشت بطوریکه در غیاب ازت، کاربرد روی تأثیر معنی‌داری بر رشد گیاه نداشت و در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی گرم ازت در کیلوگرم خاک کاربرد روی تا سطح ۷۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک با افزایش رشد گیاه همراه بود و در سطح ۳۰۰ میلی گرم ازت در کیلوگرم خاک حتی مصرف ۱۵ میل گرم روی در کیلوگرم خاک سبب افزایش رشد گیاه بطور معنی‌داری شد. نتایج حاصل از تجزیه خاک مورد استفاده در این آزمایش نشان می‌دهد که مس بومی خاک کافی بنظر می‌رسد لذا مصرف آن تأثیر بر رشد گیاه نداشت. کاربرد تمامی سطوح ازت با افزایش غلظت ازت همراه بود که این افزایش با مصرف روی تشدید و با کاربرد مس کند گردید. بعلاوه ازت و روی بطور معنی‌داری سبب افزایش جذب کل ازت در برنج شدند. کاربرد ازت بخصوص در سطوح بالای روی سبب افزایش غلظت روی شد و نقش روی در این راستا به سطوح ازت و مس مصرفی بستگی داشت بطوریکه حداکثر غلظت روی در اثر کاربرد این عنصر در بالاترین سطح ازت و در عدم مصرف مس ملاحظه گردید. بدون توجه به سطوح ازت و روی، کاربرد مس غلظت و جذب کل روی را کاهش داد هرچند این کاهش در سطوح بالای ازت بیشتر محسوس بود. همچنین ازت، روی و مس در تغییر غلظت و جذب کل مس مؤثر بودند. بطوریکه کاربرد ازت میزان تأثیر مس را در افزایش و جذب کل مس تشدید و مصرف روی آنرا کاهش داد. تأثیر روی در کاهش غلظت مس در سطوح بالای ازت بیشتر محسوس بود اما این تأثیر در مصرف یا عدم مصرف مس روند یکسانی را دنبال می‌کرد. همچنین نتایج حاصل از این تحقیق نشان می‌دهد که کاربرد ازت سبب کاهش غلظت فسفر و افزایش غلظت آهن و منگنز گردید اما اضافه کردن روی بخصوص در سطوح بالای ازت با کاهش غلظت منگنز همراه بود.

^۱. به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

بطور کلی چنین بنظر می‌رسد که مصرف ازت نیاز گیاه را به روی افزایش می‌دهد. بنابراین در خاکهایی که مقدار روی قابل استفاده آن کم است مصرف ازت بایستی همراه با کاربرد روی صورت گیرد. نکته قابل توجه اینست که در تعیین حد بحرانی روی بایستی به مقدار ازت مصرفی توجه نمود بعبارت دیگر بدون توجه به مشکلات مربوط به ازت، بررسی مسائل مربوط به روی چندان صحیح نمی‌باشد. همچنین در خاکهای با مس قابل استفاده نسبتاً زیاد، روی کافی بایستی در اختیار گیاه گذارده شود. در این تحقیق کاهش در غلظت و جذب کل مس در اثر کاربرد روی بیانگر این حقیقت است که در خاکهایی که مقدار مس بومی آن در حد مارژینال است مصرف روی ممکن است سبب بروز کمبود مس شود بنابراین بایستی توازن صحیح عناصر غذایی را جهت حصول حداکثر رشد برقرار نمود.

گزارشهایی مبنی بر وجود کمبود روی در گیاهان زراعی ایران و نیز تأثیر مثبت سولفات روی در برطرف کردن این عارضه در دست می‌باشد. معذالک برخی گزارشات نشان دهنده بازیابی بسیار کم کودهای حاوی روی می‌باشد به عبارت دیگر بخش قابل ملاحظه‌ای از کود روی مصرفی در کشت اول جذب گیاه نشده و در خاک باقی می‌ماند که باعث تجمع روی در خاک و تبدیل آن به شکلهای مختلف شیمیایی می‌گردد. لذا آزمایش حاضر به منظور کسب اطلاع در مورد تأثیر روی باقیمانده از مصارف قبلی بر رشد گیاه و نیز تعیین مقدار شکلهای مختلف شیمیایی روی و همچنین اثر این شکلهای بر رشد و عملکرد گیاه انجام گردید. هدفهای مطالعه حاضر عبارتند از: (I) مطالعه اثر باقی مانده سطوح مختلف روی بر رشد، غلظت و جذب کل روی توسط برنج (*Oryza Sativa* L.) (II) تعیین شکلهای مختلف روی در خاک و مطالعه رابطه بین این شکلهای در خاک و جذب این عنصر توسط برنج.

آزمایش در بیست نمونه خاک سطحی (۰ تا ۳۰ سانتیمتری) از مناطق برنج کاری استان فارس انجام گرفت. به این خاکها در کشت قبلی مقادیر ۰، ۵، ۱۰ میکروگرم در گرم خاک روی اضافه و سپس در آنها برنج کاشته شده بود پس از پایان کشت اول مقدار خاک کافی جهت تجزیه‌های آزمایشگاهی برداشته و مجدداً در باقیمانده خاک (۱۹۰۰ گرم) برنج کاشته شد. به این گلدانها عناصر مورد نیاز گیاه بجز روی به صورت محلول اضافه گردید. لازم به ذکر است که آزمایش به صورت فاکتوریل ۳×۲۰ در سه تکرار و در قالب بلوکهای کامل تصادفی اجرا گردید. ۶۰ روز پس از کاشت گیاه را کمی بالاتر از طوقه قطع نموده و پس از شستشو با آب معمولی و مقطر قسمت هوایی را در آون در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده و سپس وزن خشک قسمت هوایی تعیین گردید. نمونه‌های گیاهی را پودر کرده و ۱ گرم از آن را در کوره خاکستر کرده و سپس در ۵ میلی لیتر اسیدکلریدریک ۲ نرمال حل نموده پس از صاف نمودن توسط کاغذ صافی واتمن ۴۲ حجم آن را به ۵۰ میلی لیتر رسانده و در عصاره به دست آمده توسط دستگاه جذب اتمی غلظت روی، آهن، مس و منگنز اندازه‌گیری گردید. بعد از برداشت گیاه نیز نمونه خاک کافی جهت تجزیه‌های آزمایشگاهی برداشته شد.

از نمونه‌های خاک برداشته شده قبل و بعد از کشت برنج بوسیله سه عصاره‌گیر ای‌دی‌تی-ا - کربنات آمونیوم، دی‌تی‌پی-ا، دی‌تی‌پی-ا - بیکربنات آمونیوم عصاره‌گیری شد و در عصاره بدست آمده توسط دستگاه جذب اتمی غلظت روی اندازه‌گیری گردید. جهت تعیین شکلهای شیمیایی روی در خاک از روش پیشنهادی یثربی (۱) و یثربی و همکاران (۳) استفاده گردید. که در واقع روش عصاره‌گیری تغییر یافته لوند و همکاران (۲) است. و مقدار شکلهای مختلف شیمیایی روی تعیین گردید.

طبق نتایج بدست آمده روی باقیمانده بر رشد برنج اثر معنی‌داری نداشته است. که با توجه به اینکه مقدار روی بومی عصاره‌گیری شده توسط سه عصاره‌گیر در خاک قبل و بعد از کشت برنج از حد بحرانی گزارش شده این عنصر برای برنج بیشتر بوده است لذا عدم پاسخ برنج به روی باقیمانده دور از انتظار نبوده است. روی باقیمانده همچنین باعث افزایش معنی‌دار غلظت و جذب کل روی توسط برنج شده است. غلظت روی از ۲۵.۹ میکروگرم در گرم ماده خشک در سطح صفر میکروگرم در گرم روی باقیمانده در خاک به ۴۸.۳ در سطح ۱۰ روی باقیمانده رسیده است. همچنین مقدار کل جذب روی نیز از ۱۸۱ میکروگرم در گلدان در سطح صفر میکروگرم در گرم خاک روی باقیمانده در خاک به ۲۸۹ در سطح ۱۰ روی باقیمانده رسیده است. بین غلظت روی در گیاه و روی عصاره‌گیری شده از خاک قبل از کشت برنج روابط زیر بدست آمده است:

^۱ دانشگاه شیراز - دانشکده کشاورزی - بخش خاکشناسی

$$\text{ZnCON} = 21.27 + 3.71 \text{ZnAC-EDTA} \quad r = 0.54^{**}$$

$$\text{ZnCON} = 19.25 + 6.38 \text{ZnDTPA} \quad r = 0.56^{**}$$

که در این معادلات ZnCON غلظت روی در گیاه (میکروگرم در گرم وزن خشک) و ZnAC-EDTA و ZnDTPA به ترتیب روی عصاره‌گیری توسط ای‌دی‌تی - کربنات آمونیوم و دی‌تی‌پی (میکروگرم در گرم خاک) می‌باشد. قدرت عصاره‌گیری روی توسط عصاره‌گیر در خاک قبل از کشت برنج بصورت زیر بوده است:

دی‌تی‌پی > ای‌دی‌تی - کربنات آمونیوم > دی‌تی‌پی - بیکربنات آمونیوم

و در مورد خاک بعد از کشت برنج به قرار زیر بوده است:

دی‌تی‌پی > دی‌تی‌پی - بیکربنات آمونیوم > ای‌دی‌تی - کربنات آمونیوم

توزیع شکلهای مختلف روی در نمونه خاکهای قبل و بعد از کشت برنج به ترتیب زیر بدست آمد:

تبادلی > آلی > جذبی > کربناته >>> تتمه

در تمامی نمونه‌های خاک مورد استفاده شکل تبادلی روی کمتر از حد دقت دستگاه جذب اتمی بود و همچنین افزایش مقدار روی باقیمانده باعث افزایش معنی‌دار در مقدار روی کربناته گردیده است. در حالیکه افزایش مقدار روی باقیمانده در برخی خاکهای مورد آزمایش سبب افزایش معنی‌دار در مقدار سایر شکلهای روی گردیده است. طبق نتایج به دست آمده بخش اعظم روی اضافه شده به خاک تبدیل به شکلهای تتمه و کربناته گردیده است. بین پاسخهای گیاهی برنج و شکلهای مختلف روی نیز تنها رابطه معنی‌دار بین غلظت روی و روی کربناته و باقیمانده در خاک قبل از کشت برنج به صورت زیر بدست آمد:

$$\text{ZnCON} = 40.97 + 4.6 \text{ZnCA} - 0.5 \text{ZnRES} \quad R^2 = 0.35^{**}$$

که در آن ZnCA و ZnRES به ترتیب روی کربناته و باقیمانده (میکروگرم در گرم خاک) می‌باشد و بقیه اجزای آن نیز قبلاً تعریف شده‌اند. در خاتمه اکیداً توصیه می‌شود جهت بدست آوردن نتایج مطمئن‌تر آزمایش فوق با خاکهای بیشتر و در شرایط مزرعه نیز انجام گردد.

روی بعد از ازت مهمترین عنصر محدود کننده رشد برنج در شرایط غرقابی می باشد. کمبود این عنصر در برنج برای اولین بار در هندوستان گزارش شد. اکنون نیز سطح وسیعی از شالیزارهای دنیا به کمبود روی مبتلا میباشند. مطالعه حاضر به منظور بررسی تاثیر سطوح مختلف روی در بیست خاک آهکی بر رشد و ترکیب شیمیایی برنج و نیز تعیین حد بحرانی این عنصر به روشهای مختلف عصاره گیری می باشد.

بدین منظور سی و هفت نمونه خاک سطحی از عمق صفر تا سی سانتیمتری از مناطق عمده برنج کاری گرفته و از میان آنها بیست نمونه که از نظر خصوصیات فیزیکی شیمیایی دامنه وسیعی داشتند جهت کشت گلخانه ای (هشت هفته ای) انتخاب گردید. تیمارها عبارت بودند از سه سطح روی شامل ۰، ۵ و ۱۰ میکروگرم روی در گرم خاک از منبع سولفات روی و بیست سری خاک. به تمام گلدان ها به طور یکسان ۱۶۰ میکروگرم ازت در گرم خاک از سولفات آمونیوم، ۲۵ میکروگرم فسفر در گرم خاک از پتاسیم دی هیدروژن فسفات، ۵ میکروگرم آهن در گرم خاک از سکستین ۱۳۸، ۱۰ میکروگرم منگنز در گرم خاک از سولفات منگنز و ۵ میکروگرم مس در گرم خاک از سولفات مس اضافه گردید. آزمایش به صورت فاکتوریل 3×20 در سه تکرار و در قالب بلوکهای کامل تصادفی به اجر در آمد.

نتایج نشان می دهد که روی مصرفی، نوع خاک و برهمکنش این دو بر رشد، غلظت و جذب کل روی توسط برنج تاثیر معنی داری دارد. مقایسه میانگین ها از طریق آزمون دانکن بیانگر آن است که افزایش وزن خشک قسمت هوایی و جذب کل روی توسط برنج تا سطح ۵ میکروگرم در گرم خاک معنی دار بوده است. حال آنکه غلظت روی در گیاه تا سطح ۱۰ میکروگرم در گرم خاک افزایش معنی داری را نشان می دهد. بطور کلی در خاکهایی که روی بومی بیشتری دارند تاثیر مصرف روی بر پارامترهای رشد کمتر بوده است. حد بحرانی روی به روش کیت - نلسون برای عصاره گیری های مختلف متفاوت است بطوریکه مقدار آن از ۰.۳، برای عصاره گیری دی تی پی ۱ (DTPA) و تا ۳/۹ میکروگرم در گرم خاک توسط عصاره گیر کلریداسترانسیسم - اسید سیتریک تغییر می کند. بطور کلی به نظر می رسد که استفاده از دی تی پی ۱ برای این منظور از همه مناسب تر است زیرا درصد پاسخ مثبت به کاربرد روی در خاکهایی که میزان این عنصر کمتر از مقدار تعیین شده بوسیله این عصاره گیر است از سایر روشها زیاده تر می باشد. در این تحقیق بین سطوح روی مصرفی و نیز غلظت روی در گیاه با غلظت فسفر، آهن، منگنز و مس ارتباط معنی داری ملاحظه نگردید.

^۱ به ترتیب عضو هیات علمی مرکز تحقیقات فارس (داراب) و استاد بخش خاکشناسی دانشگاه شیراز

از جنبه مسائل تغذیه‌ای، توجه به خاک به عنوان منبع تأمین کننده عناصر و مواد غذایی مورد نیاز گیاه، اهمیت خاصی دارد. روشهای مختلفی برای بررسی وضعیت حاصلخیزی خاکها وجود دارد که متداولترین آنها روش آزمون خاک می‌باشد. در این روش می‌توان در کوتاهترین مدت میزان عنصر قابل جذب گیاه را در خاک اندازه‌گیری نمود. روی یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه بوده که کمبود آن معمولاً در اوائل فصل رشد مشاهده می‌شود. گام نخست در راه مبارزه با کمبود این عنصر، شناخت و تفکیک خاکهایی با پتانسیل تأمین روی مورد نیاز گیاه از خاکهایی فاقد این پتانسیل می‌باشد. بر این اساس تحقیق حاضر به منظور شناخت وضعیت روی در خاکهای مازندران و تعیین حد بحرانی روی با استفاده از دو روش تصویری کیت - نلسون و میچرلیخ - بری در خاک و گیاه صورت گرفته است. برای دستیابی به اهداف مورد نظر براساس سری خاکهای استان مازندران از روی نقشه خاک و گزارشات خاکشناسی موجود تعداد ۲۱ نمونه خاک از نواحی عمده کشاورزی منطقه انتخاب شد و روی قابل جذب نمونه‌های خاک با دو عصاره‌گیر DTPA و EDTA - کربنات آمونیوم استخراج گردید. سپس طی یک آزمایش گلخانه‌ای فاکتوریل ۲×۲۱ که در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد، ۲۱ نمونه خاک با دو سطح صفر و ۲۰ میلی گرم روی خالص در کیلوگرم در خاک بصورت $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$ تیمار گردید. مقدار چهار کیلوگرم خاک به هر گلدان اختصاص داده شد. کود ازت به میزان ۱۵۰ میلی گرم ازت خالص در کیلوگرم خاک بصورت $CO(NH_2)_2$ طی سه مرحله به گلدانها اضافه شد. کود فسفر و پتاس فقط به خاکهایی که به ترتیب کمتر از ۲۰ میلی گرم در کیلوگرم فسفر قابل جذب به روش بیکربنات سدیم (اولسن) و ۳۰۰ میلی گرم در کیلوگرم پتاسیم قابل جذب (روش استات آمونیوم) بودند، اضافه گردید. از سوپر فسفات تریپل $Ca(H_2PO_4)_2$ و سولفات پتاسیم K_2SO_4 به عنوان کودهای فسفره و پتاسه استفاده گردید. همچنین کود آهن بمیزان ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم آهن خالص بصورت سکوسترین $FeEDDHA$ به تمام گلدانها اضافه گردید. پس از آن بذر ذرت سینگل کراس ۷۰۴ (Zea Mays.L.) کاشته شد، در طول دوره رشد گیاهان، آبیاری گلدانها با آب مقطر صورت گرفت و سعی شد رطوبت گلدانها در حد ظرفیت زراعی نگهداشته شود. شش هفته پس از کاشت بخش هوایی بوته‌های ذرت از یک سانتی متری بالای سطح خاک قطع و پس از شش‌سوی در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد خشک و وزن گردید. نمونه ماده خشک گیاهان برای اندازه‌گیری غلظت روی با دستگاه جذب اتمی بکار رفت.

نتایج نشان داد که مصرف ۲۰ میلی گرم روی در کیلوگرم سبب افزایش معنی‌داری در وزن خشک گیاه و غلظت روی در گیاه گردید. اگرچه خاکهای مختلف پاسخهای متفاوتی به مصرف سولفات روی نشان دادند ولی بطور کلی مصرف این مقدار روی اثر مثبتی بر پاسخهای گیاهی مذکور داشته است. میانگین روی استخراج شده به ترتیب برای دو عصاره‌گیر DTPA و EDTA - کربنات آمونیوم ۰٫۷۷ و ۱٫۱۳ میلی گرم در کیلوگرم می‌باشد، که نشان دهنده توانایی بیشتر عصاره‌گیر DTPA - کربنات آمونیوم در استخراج روی می‌باشد. عملکرد نسبی گیاه به ازاء مصرف ۲۰ میلی گرم روی در کیلوگرم از ۴۵ تا ۱۰۶ درصد متفاوت بود. با استفاده از روش تصویری کیت و نلسون، حد بحرانی روی با ۸۵ درصد عملکرد نسبی به ترتیب برای عصاره‌گیر DTPA و EDTA - کربنات آمونیوم ۰٫۸ و ۱٫۱۵ میلی گرم در کیلوگرم بدست آمد. در حدود ۶۷ درصد خاکهایی که کمتر از ۰٫۸ میلی گرم روی در کیلوگرم روی استخراج شده بروش DTPA و ۶۴ درصد خاکهایی با روی کمتر از

^۱ . به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد رشته خاکشناسی، مربی و دانشجوی دکتری رشته خاکشناسی و دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

۱،۱۵ میلی گرم در کیلوگرم به روش EDTA- کربنات آمونیوم به مصرف روی عکس العمل نشان دادند. همچنین با استفاده از معادله میچرلیخ - بری $\log(A-Y)=\log A-C_1b$ حد بحرانی برای دو عصاره گیر فوق بدست آمد. بدین منظور ضریب C_1 در ۲۱ نمونه خاک برای دو عصاره گیر DTPA و EDTA - کربنات آمونیوم به ترتیب برابر ۱،۱۱۵ و ۰،۷۵۱ محاسبه گردید. با استفاده از این ضرایب و معادله میچرلیخ - بری حد بحرانی روی برای ۸۵ درصد عملکرد نسبی، ۰،۷۵ و ۱،۱۵ میلی گرم در کیلوگرم به ترتیب برای دو عصاره گیر DTPA و EDTA - کربنات آمونیوم برآورد گردید. مقایسه روشهای کیت - نلسون و میچرلیخ - بری برای تخمین سطح بحرانی روی در خاک نشان می دهد که نتایج بدست آمده از دو روش بسیار نزدیک بهم بوده و از این نظر کاملاً توافق دارند.

غلظت روی در بافت گیاه ذرت در تیمار سطح صفر روی از ۱۰،۵ تا ۲۹،۳ میکروگرم بر گرم متفاوت بود. با استفاده از روش تصویری کیت - نلسون و ترسیم خطوط عملکرد نسبی در مقابل غلظت روی در گیاه ذرت، غلظت بحرانی روی در بافت گیاه، ۲۰ میکروگرم بر گرم برآورد گردید. بدین طریق نیز، ۶۷ درصد خاکهایی که کمتر از ۲۰ میکروگرم در گرم، روی در بافت گیاهی خود داشتند به کود روی عکس العمل نشان دادند، که نشان دهنده همگونی سطح بحرانی بدست آمده در خاک و گیاه می باشد. همچنین رابطه بین روی استخراج شده از خاک توسط DTPA و EDTA - کربنات آمونیوم با اضافه عملکرد گیاه ($Y_{20} - Y_0$) نشان می دهد که فراتر از حد ۱،۱۴ و ۱،۸ میلی گرم روی در کیلوگرم به ترتیب برای عصاره گیر DTPA و EDTA - کربنات آمونیوم عکس العمل گیاه منفی است.

گوگرد و روی دو عنصر ضروری شناخته شده در تغذیه گیاهی می‌باشند. گوگرد از نظر مقدار مورد نیاز گیاه پس از نیتروژن، فسفر، پتاسیم، و کلسیم قرار دارد. روی به مقدار کمتری لازم است و لذا جزء عناصر ضروری کم مصرف طبقه‌بندی می‌شود. عوامل زیادی بر قابلیت استفاده روی مؤثرند که از آن میان پ هاش به عنوان یکی از عوامل مهم خاکی در این زمینه مورد تأکید قرار گرفته است. گوگرد علاوه بر نقش تغذیه‌ای مستقیم می‌تواند با تولید سولفوریک اسید در خاک باعث کاهش پ هاش خاک شده و لذا به طور غیر مستقیم بر تغذیه روی و سایر عناصر کم مصرف مؤثر واقع شود. هدف از انجام تحقیق حاضر: ۱. بررسی تأثیر مصرف خاکی گوگرد از مقادیر بسیار کم تا بسیار زیاد بر رشد و غلظت روی در گیاه ذرت. ۲. ارزیابی تأثیر کلات روی بر رشد و غلظت روی در گیاه ذرت. ۳. مطالعه اثر بر همکنش گوگرد و کلات روی بر رشد و جذب روی در گیاه ذرت می‌باشد.

آزمایش به صورت فاکتوریل 8×4 در قالب بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار در گلخانه انجام گرفت. تیمارها عبارت بودند از ۸ سطح گوگرد (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی گرم پودر گوگرد عنصری خالص در کیلوگرم خاک) و ۴ سطح روی (۰، ۲/۵، ۵، ۱۰ میلی گرم روی خالص به صورت سکستین روی در کیلوگرم خاک). دو کیلوگرم از خاک آهکی در گلدانهای پلاستیکی ریخته شد و مقدار گوگرد لازم هر تیمار به صورت پودر خشک با خاک مخلوط گردید. پس از افزودن آب مقطر و رساندن رطوبت خاک به حد ظرفیت مزرعه، گلدانها به مدت ۲ هفته در دمای مناسب و رطوبت ظرفیت مزرعه در شرایط گلخانه نگهداری شدند تا گوگرد اکسید شود. آنگاه تیمارهای روی به صورت محلول کلات روی افزوده شد و خاک هر گلدان بخوبی مخلوط گردید. بذر ذرت (*Zea mays L.*) رقم سینگل کراس ۷۰۴ در گلدانها کاشته شد و مواظبتهای زراعی لازم به عمل آمد. در پایان هفته هشتم گیاهان از محل طوقه قطع شد و پس از شستشو و خشک کردن در آون توزین و سپس به روش خشک سوزانی خاکستر شدند. وزن خشک، غلظت روی، و جذب کل روی به عنوان پاسخهای گیاهی بکار رفت.

گوگرد تا سطح ۵۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم بر وزن خشک گیاه تأثیری نداشت ولی در سطح ۱۰۰۰۰ میلی گرم در کیلوگرم باعث کاهش وزن خشک به میزان تقریباً ۲۰ درصد شد. غلظت روی در گیاه با مصرف گوگرد بطور معنی داری افزایش یافت به طوری که از ۲۱ در سطح صفر گوگرد به ۲۲، ۲۳، ۲۶، ۲۸، ۲۹، ۳۲، و ۳۳ میلی گرم روی در کیلوگرم گیاه (به ترتیب در سطوح مصرف ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰، ۴۰۰، ۱۰۰۰، ۲۰۰۰، ۵۰۰۰ و ۱۰۰۰۰ میلی گرم گوگرد) رسید. جذب کل روی نیز تا سطح ۲۰۰۰ گوگرد افزایش معنی داری یافت به طوری که از ۱۷۲ میکروگرم در گلدان شاهد به ۲۶۵ در سطوح ۲۰۰۰ و ۵۰۰۰ گوگرد رسید ولی مصرف ۱۰۰۰۰ میلی گرم گوگرد در کیلوگرم باعث کاهش معنی دار آن به ۱۹۹ میکروگرم در گلدان شد.

مصرف روی تأثیر معنی داری بر وزن خشک ذرت نداشت ولی غلظت و جذب کل روی گیاه را به طور معنی داری در کلیه سطوح مصرف روی افزایش داد به طوری که غلظت روی از ۲۱ میلی گرم در کیلوگرم در گلدان شاهد به ۲۴، ۲۹، و ۳۴ میلی گرم در کیلوگرم (به ترتیب برای سطوح ۲/۵، ۵، ۱۰ میلی گرم روی مصرف شده) رسید. جذب کل روی نیز از ۱۷۳ میکروگرم در گلدان شاهد به ترتیب به ۱۸۶، ۲۳۵، و ۲۸۱ میکروگرم در گلدان رسید.

برهمکنش سطوح گوگرد و روی نیز از نظر آماری معنی دار بود به طوری که مصرف توأم ۵۰۰۰ میلی گرم گوگرد و ۱۰ میلی گرم روی در کیلوگرم خاک غلظت روی در گیاه ذرت را به ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم و جذب کل را به ۳۰۸ میکروگرم در گلدان افزایش داد.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی کرمان و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

روی در خاک به شکل‌های مختلفی از جمله محلول، تبدلی، کربناتی و غیره یافت می‌شود. از آنجا که حلالیت این شکل‌ها متفاوت است قابلیت استفاده آنها برای گیاه نیز یکسان نمی‌باشد. برای تخمین مقدار شکل‌های مختلف روی در خاک روش‌های متعددی پیشنهاد شده است. یکی از این روش‌ها جداسازی روی خاک به روش عصاره‌گیری دنباله‌ای است که بوسیله اسپوزیتو و همکاران پیشنهاد شده و برای خاک‌های آهکی مناسب است. در این روش روی موجود در خاک بر حسب حلالیت در محلول‌های معینی جداسازی شده و در پنج گروه تبدلی، جذب سطحی، آلی، کربناتی، و باقیمانده جای داده می‌شود. چون حلالیت و تحرک شکل‌های مختلف روی با یکدیگر متفاوت است انتظار می‌رود که قابلیت استفاده آنها برای گیاه نیز متفاوت باشد. آزمایش حاضر به منظور مقایسه قابلیت استفاده این شکل‌ها برای گیاهان مختلف انجام گردید. هدف از انجام آزمایش حاضر مطالعه همبستگی بین شکل‌های مختلف شیمیائی روی و قابلیت جذب آن بوسیله اسفناج (*Spinacia oleracea* L.) کاهو

(*Lactuca sativa* L.)، و گندم (*Triticum aestivum* L.) در تعدادی از خاک‌های آهکی استان فارس بود. سه نمونه از افق سطحی خاک‌های آهکی استان فارس که دارای مقادیر متفاوت کلسیم کربنات معادل بودند انتخاب و مقدار ۲ کیلوگرم از هر کدام از آنها در گلدانهای پلاستیکی جای داده شد. مقادیر یکنواخت نیتروژن [۵۰ میلی گرم در کیلوگرم به صورت $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ و فسفر [۲۰ میلی گرم در کیلوگرم به صورت $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$] به همه گلدانها افزوده شد و در یک آزمایش گلخانه‌ای ۱۰ هفته‌ای به صورت طرح آماری فاکتوریل $3 \times 3 \times 2$ با سه تکرار بکار رفت. تیمارها عبارت بودند از سه خاک آهکی (با مقادیر کلسیم کربنات معادل متفاوت)، سه گیاه (اسفناج رقم *Viroflay*، کاهو رقم محلی، و گندم رقم فلات)، و دو سطح روی (۰ و ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک به صورت $\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$). تعداد نهائی گیاهان در هر گلدان برای اسفناج و کاهو ۴ و برای گندم ۱۰ بوته بود. در هفته چهارم به کلیه گلدانها یک نوبت دیگر نیتروژن [۵۰ میلی گرم در کیلوگرم به صورت $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$] به عنوان سرک داده شد. در پایان دوره آزمایش گیاهان از محل طوقه قطع شد و پس از خشک کردن، توزین، و خاکستر کردن نسبت به اندازه‌گیری روی بوسیله دستگاه جذب اتمی اقدام شد. مقدار جذب کل روی در گلدان (وزن خشک گیاه بر حسب گرم در گلدان $\times$ غلظت روی در اندام هوائی گیاه بر حسب میکروگرم در گرم) به عنوان روی قابل استفاده گیاه در نظر گرفته شد. پس از برداشت گیاه خاک گلدانها تخلیه شده، ریشه‌ها جدا گردیده و، پس از مخلوط کردن، نمونه‌های فرعی برای اندازه‌گیری شکل‌های شیمیائی برداشته شد. شکل‌های شیمیائی روی در نمونه‌ها بوسیله روش عصاره‌گیری دنباله‌ای اندازه‌گیری شد. در روش یاد شده روی تبدلی و محلول توسط 0.5MKNO_3 جذب سطحی شده توسط آب دمیترالیزه، آلی توسط 0.5MNaOH ، کربناتی توسط 0.05MNaEDTA و باقیمانده توسط 4MHNO_3 در دمای 80°C استخراج و غلظت روی بوسیله دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری شد. ضریب‌های همبستگی بین مقدار کل روی جذب شده و شکل‌های مختلف روی محاسبه گردید.

^۱ . بخشی از نتایج پژوهشی ۵۱۵-۸۱۹-AG-۷۴. بدینوسیله از کمیسیون پژوهشی دانشگاه شیراز به خاطر تصویب طرح و تأمین اعتبار آن سپاسگذاری می‌شود.

^۲ . به ترتیب مربی استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

نتایج نشان می‌دهد که، در هر سه گیاه، روی کربناتی دارای همبستگی مثبت بسیار معنی‌دار ($p < 0.01$) با جذب کل روی می‌باشد به طوری که ضرایب همبستگی خطی برای اسفناج 0.744 ، برای کاهو 0.556 ، و برای گندم 0.848 بدست آمد (تعداد مشاهدات برای هر مورد $n=18$ می‌باشد). این موضوع بدین معنی است که، با ازدیاد غلظت روی کربناتی در خاک، جذب کل روی بوسیله اسفناج، کاهو، و گندم نیز افزایش می‌یابد. همبستگی بین سایر شکلهای روی و مقدار جذب کل روی بوسیله سه گیاه یادشده معنی‌دار نبود. تنها در گیاه کاهو ملاحظه شد که بین شکل روی باقیمانده مقدار جذب کل روی نیز همبستگی مثبت بسیار معنی‌داری ($P < 0.01$) وجود دارد. ضریب همبستگی در مورد اخیر معادل 0.764 محاسبه گردید. هنگامی که نتایج هر سه گیاه با یکدیگر ادغام شد تنها شکلی از روی که ضریب همبستگی آن با جذب کل روی از نظر آماری بسیار معنی‌دار بدست آمد روی کربناتی بود ($n=54$ ، $r=0.469$). معادلات رگرسیون برای پیش‌بینی روی قابل جذب بوسیله هریک از گیاهان اسفناج، کاهو، و گندم با استفاده از غلظت روی کربناتی (در شرایط انجام این آزمایش) بدست آورده شد. از این آزمایش چنین نتیجه‌گیری می‌شود که شکل کربناتی روی در خاکهای آهکی از اهمیت ویژه‌ای در تغذیه گیاه برخوردار است. با توجه به این که نتایج مطالعات قبلی انجام شده در خاکهای آهکی نشان می‌دهد که قسمت اعظم روی مصرفی سریعاً به شکل کربناتی درمی‌آید می‌توان با اندازه‌گیری شکل کربناتی روی در خاکهای آهکی نسبت به تخمین اثر باقیمانده کودهای شیمیائی روی بر گیاهان کشتهای نوبت بعد نیز اقدام نمود.

به دلیل آهکی بودن خاکهای استان فارس، مقدار روی قابل استفاده در این خاکها معمولاً کمتر از مقدار مورد نیاز گیاهان است. کمبود روی ایجاد شده بر اثر مصرف فسفر نیز در بسیاری از مقالات علمی گزارش شده است که می تواند نهایتاً سبب کاهش عملکرد شود. با توجه به حساس بودن ذرت (*Zea mays* L.) لوبیا (*Phaseolus* sp.)، سویا (*Glycine max* L.) و باقلا (*Vicia faba* L.) به کمبود روی و برهمکنش موجود بین فسفر و روی، مطالعه حاضر به منظور بررسی تأثیر فسفر، روی و برهمکنش آنها بر رشد و ترکیب شیمیایی این گیاهان انجام گردید. آزمایش بصورت گلخانه‌ای بصورت فاکتوریل ۳×۵ در غالب طرح کاملاً تصادفی شامل پنج سطح فسفر (۰، ۲۵، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ میکروگرم فسفر در گرم خاک از منبع فسفات دی هیدروژن پتاسیم) و سه سطح روی (۰، ۵، ۱۰ میکروگرم در گرم خاک از منبع سولفات روی) با چهار گیاه در سه تکرار انجام شد. سایر عناصر غذایی بر اساس نتایج آزمون خاک به طور یکسان به تمام گلدانها اضافه گردید. پس از یک دوره رشد هشت هفته‌ای، گیاهان برداشت و وزن خشک گیاه، غلظت فسفر، روی، مس، منگنز، آهن و جذب کل آنها در گیاهان مورد مطالعه اندازه‌گیری شد.

کاربرد فسفر به تنهایی تأثیری بر وزن خشک ذرت و سویا نداشت. اما مصرف توأم فسفر و روی وزن خشک ذرت را تا ۱۵۰ درصد و وزن خشک سویا را تا ۴۱ درصد نسبت به شاهد افزایش داد. وزن خشک لوبیا و باقلا با مصرف فسفر افزایش یافت. مصرف روی، وزن خشک لوبیا را افزایش داد اما تأثیری بر وزن خشک باقلا نداشت.

غلظت و جذب کل فسفر در همه گیاهان با مصرف فسفر افزایش یافت. کاربرد روی غلظت فسفر در ذرت، لوبیا و سویا را کاهش اما بر غلظت فسفر در باقلا تأثیری نداشت. مصرف روی جذب کل فسفر در ذرت را افزایش ولی در سویا کاهش داد و تأثیری بر جذب کل روی در لوبیا و باقلا نداشت.

کاربرد فسفر غلظت روی را در ذرت و لوبیا کاهش داد اما تأثیری بر غلظت روی در سویا و باقلا نداشت. کاربرد روی غلظت و جذب کل روی را در همه گیاهان افزایش داد. مصرف فسفر جذب کل روی را در باقلا افزایش داد ولی تأثیری بر جذب کل روی در ذرت، لوبیا و سویا نداشت.

مصرف فسفر، غلظت آهن در ذرت را افزایش، در باقلا کاهش و جذب کل آهن را در ذرت و لوبیا افزایش داد. غلظت آهن در ذرت با مصرف روی افزایش اما در سویا کاهش یافت. مصرف روی جذب کل آهن را در ذرت و لوبیا افزایش داد.

کاربرد فسفر باعث کاهش غلظت منگنز در ذرت و لوبیا گردید اما جذب کل منگنز را در سویا افزایش داد. مصرف روی سبب کاهش غلظت منگنز در ذرت ولی باعث افزایش جذب کل منگنز در ذرت و سویا گردید.

کاربرد فسفر باعث کاهش غلظت مس در سویا شد اگرچه جذب کل مس در ذرت و لوبیا افزایش یافت. با مصرف روی غلظت مس در لوبیا و سویا و جذب کل مس در ذرت و لوبیا نیز افزایش یافت.

مصرف فسفر در خاکهایی که مقدار روی قابل جذب آنها کم است می‌تواند منجر به کمبود روی در گیاهان حساس شود. به نظر می‌رسد عنصر روی، جذب و غلظت فسفر را در ذرت، لوبیا و سویا کنترل می‌نماید. با توجه به تأثیر روی و برهمکنش فسفر و روی بر وزن خشک ذرت، لوبیا و سویا پیشنهاد می‌شود تا مطالعات بیشتری بخصوص در شرایط صحرایی انجام گیرد.

^۱ دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

مطالعات زیادی درباره همکنش فسفر و روی در گیاه به عمل آمده است. بر طبق این مطالعات در خاکهایی که کمبود روی در آنها محتمل است، مصرف بی‌رویه کودهای فسفره منجر به تشدید علائم کمبود روی در آن می‌گردد. مهمترین دلایل این پدیده، غیر از مکانیسم‌های درون گیاهی و درون خاکی، عبارتند از مصرف روزافزون کودهای فسفره دارای خلوص بسیار زیاد و عدم مصرف کودهای دامی و گیاهی. گزارشهایی درباره کاربرد بی‌رویه کودهای فسفره در ایران در دست است که نتیجه آن تجمع بیش از حد فسفر در خاک سطحی و اختلال در تغذیه عناصر غذایی کم مصرف می‌باشد. این نوع اختلال‌ها گاهی افت محصول را به بار آورده است. مکانیسم‌های متعددی برای توضیح اثر سوء فسفر بر جذب روی پیشنهاد شده است. از مهمترین آنها می‌توان پدیده اثر رقت، اثر بر طرز توزیع روی بین ریشه و بخش هوایی گیاه، اثرات فیزیولوژیکی، تأثیر سوء بر رشد میکوریزا، اثر سوء کاتیونهای همراه کودهای فسفره، و بالاخره واکنشهای روی در خاک را نام برد. از جمله واکنشهای روی در خاک می‌توان به تغییرات روی مصرفی و تبدیل آن از شکل محلول به شکلهای دیگر نظیر تبادلی، آلی کربناتی، و غیره اشاره نمود.

هدفهای انجام تحقیق حاضر عبارت بودند از:

(۱) بررسی اثرات مصرف سطوح مختلف فسفر (از مقادیر معمولی تا مقادیر بالنسبه زیاد) بر رشد گیاه و جذب روی بوسیله آن.

(۲) مطالعه تأثیر فسفر بر طرز توزیع روی مصرفی در بین شکلهای مختلف شیمیائی در خاک.

آزمایش بصورت فاکتوریل $4 \times 2 \times 2$ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی شامل چهار سطح فسفر [۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به صورت $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$]، دو سطح روی (۰ و ۱۰ میلی‌گرم در کیلوگرم به شکل $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) و دو خاک از استان فارس [سری رامجریدی (Fluventic) Xerochrept Fine, Mixed, mesic) از ایستگاه تحقیقاتی باجگاه و سری کوشک (Calcixerollic) Xerochrept Fine loamy, mixed, xeric) از ایستگاه تحقیقاتی کوشک] باسه تکرار در گلخانه اجرا گردید. گیاه بکار رفته جو (*Hordeum vulgare* L.) رقم و الفجر و دوره کشت ۸ هفته بود. وزن خشک بخش هوایی گیاه و غلظت و جذب کل (حاصلضرب غلظت در وزن خشک) روی به عنوان پاسخ‌های گیاهی بکار رفت. بعد از برداشت گیاه، خاک هر گلدان الک و ریشه‌ها از آن جدا شد. پس از مخلوط کردن، مقدار کافی از خاک الک شده هر گلدان جهت آزمایش‌های جداسازی شکلهای شیمیائی روی به آزمایشگاه منتقل گردید. برای جداسازی شکلهای شیمیائی از روش عصاره‌گیری متوالی اسپوزیتو و همکاران استفاده شد. شکلهای شیمیائی و روش عصاره‌گیری عبارت بودند از: تبادلی و محلول بوسیله $0.5M KNO_3$ ، جذب سطحی شده بوسیله آب دمنیرالیزه، آلی بوسیله $0.5M NaOH$ کربناتی بوسیله $0.05M NaEDTA$ ، و تنمه بوسیله $4M HNO_3$ با دمای $80^\circ C$ درجه سلسیوس.

گرچه سطح آزمون خاک روی (عصاره‌گیری شده با روش DTPA) در خاک کوشک بیش از باجگاه بود ولی گیاه در خاک کوشک به روی پاسخ مثبت بیشتری داد. کاربرد فسفر موجب کاهش غلظت روی در گیاه شد. سطوح ۵۰ و ۱۰۰

^۱ . به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

میلی گرم فسفر در کیلوگرم موجب افزایش وزن ماده خشک شده در صورتی که مصرف ۲۰۰ میلی گرم در کیلوگرم (بدون مصرف روی) باعث کاهش وزن ماده خشک گردید. افزودن ۱۰ میلی گرم روی در کیلوگرم همزمان با ۲۰۰ میلی گرم فسفر در کیلوگرم اثر سوء فسفر بر رشد گیاه را کاهش داد. جداسازی شکل‌های شیمیایی روی در دو خاک بکار رفته نشان می‌دهد که مقدار شکل‌های محلول، تبادلی، جذب سطحی، و آلی روی بسیار ناچیز و از حد دقت دستگاه جذب اتمی کمتر است. بنابراین مقدار قابل ملاحظه‌ای از روی بومی و مصرفی در دو بخش دیگر یعنی کربناتی و تنمه قرار دارد. مصرف فسفر تأثیری بر توزیع روی در بین شکل‌های مختلف نداشت. لذا کاهش غلظت روی ناشی از مصرف فسفر در شرایط این آزمایش را می‌توان به پدیده اثر رقت نسبت داد.

سنجش وضعیت تغذیه‌ای گیاه و نیز مطالعه تعادل عناصر غذایی در گیاه یکی از اساسی‌ترین توصیه‌های علم تغذیه گیاهی در سالهای اخیر بوده است. روشهای مختلفی برای تعیین وضعیت تغذیه‌ای گیاه وجود دارد. یکی از مناسب‌ترین این روشها استفاده از نسبتهای غلظت عناصر غذایی به عنوان اصلی‌ترین ابزار تشخیص وضعیت تعادل عناصر غذایی در گیاه است. از این روش اولین بار بیوفیلز (Beaufils) در سال ۱۹۷۳ در مورد محصولات کائوچو و ذرت استفاده نمود که حاصل تحقیقات وی منجر به ابداع روش دریس (DRIS) گردید. در این روش برای مطالعه وضعیت تعادل عناصر غذایی و نیز اثر تیمارهای اعمال شده در یک تحقیق، تعیین نرمهای دریس به کمک تعداد زیادی از داده‌های مزرعه‌ای (چند صد داده) ضروری می‌باشد. بنابراین در مناطقی که داده‌های مزرعه‌ای زیادی از وضعیت‌های تغذیه‌ای گیاه وجود ندارد، کاربرد این روش غیرممکن است. با توجه به اینکه مؤسسه تحقیقات کشاورزی دریم یکی از مؤسسات نو بنیاد بوده و داده‌های زیادی در رابطه با محصولات دریم از جمله گندم برای تعیین نرمهای قابل اعتماد دریس در ایران در دسترس نمی‌باشد، لذا در این تحقیق برای تعیین ترتیب نیاز غذایی گندم دریم با استفاده از نسبتهای عناصر غذایی، از همبستگی این نسبتها با عملکرد دانه گندم دریم استفاده گردیده است. این روش می‌تواند در بررسی تعادل عناصر غذایی محصولات زراعی کشورمان یکی از مناسب‌ترین روشهای بررسی تعادل عناصر غذایی و آشکار کننده محدودیتهای تغذیه‌ای گیاهان باشد. به منظور تعیین محدودیتهای تغذیه‌ای عناصر غذایی (ترتیب نیاز غذایی) و اثرات کودهای فسفر و روی در ایجاد تعادل بین این عناصر در گندم دریم، تحقیقی به مدت سه سال زراعی در ایستگاه مؤسسه تحقیقات کشاورزی دریم (مراغه) با چهار سطح فسفر (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۱۵۰ کیلوگرم پنتاکسید فسفر در هکتار) و چهار سطح روی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ کیلوگرم روی خالص در هکتار) بصورت فاکتوریل در قالب طرح بلوکهای تصادفی با ۳ تکرار به اجرا در آمد. در این تحقیق فسفر از منبع سوپرفسفات تریپل و روی از منبع سولفات روی با هفت مولکول آب تأمین گردید. همچنین میزان ازت مصرفی براساس نتایج تحقیقات انجام گرفته در این ایستگاه برای کلیه تیمارها بطور یکنواخت ۶۰ کیلوگرم ازت خالص در هکتار بود که در پائیز همزمان با کشت مصرف گردید. قبل از اجرای آزمایش نمونه خاک به روش مرکب از هر تکرار و در مرحله ظهور سنبله گندم، نمونه برگ‌های از برگهای دوم (ماقبل پرچم) تهیه گردید. در تمامی نمونه‌های برگ‌های، عناصر، Cu، N، K، P، Ca، Mg، Fe، Mn، Zn و B با روشهای مرسوم در آزمایشگاه مؤسسه خاک و آب کشور اندازه‌گیری و نسبتهای بین تمامی عناصر مذکور در گیاه در تمام تیمارها بصورت مرکب (سه ساله) محاسبه شد. با استفاده از ضرایب همبستگی و روش دریس (DRIS)، ترتیب نیاز غذایی گندم در شرایط دریم در این ایستگاه به قرار زیر مشخص گردید:

$Mn > B > Ca > Fe > Mg > N > Zn > K > P > Cu$

با توجه به ترتیب نیاز غذایی بدست آمده در پایان سه سال تحقیق تا حدودی با اطمینان می‌توان گفت، ناکافی‌ترین عنصر گیاه در این ایستگاه، Mn و بعد از آن B می‌باشد و عناصری که زیاد بود آنها از نظر تعادل تغذیه‌ای در گیاه مطرح است بترتیب Cu، P می‌باشند. به منظور اطمینان بیشتر در مورد ترتیب نیاز غذایی بدست آمده، تحقیق دیگری نیز در این ایستگاه انجام گرفت و آن محلولپاش تعدادی از عناصر کم مصرف در گندم دریم بود محلولپاشی ۱۵ کیلوگرم Mn خالص در هکتار به صورت سولفات منگنز به غلظت ۲ در هزار عملکرد دانه و کاه و کلش را بطور معنی‌داری افزایش و برعکس کاربرد ۰.۲۵ کیلوگرم Cu خالص در هکتار به غلظت ۲ در هزار، عملکرد دانه و کاه و کلش را بطور چشم‌گیری کاهش داد. بنابراین

^۱ . به ترتیب کارشناس ارشد خاکشناسی مؤسسه تحقیقات کشاورزی دریم (مراغه) و دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز

برای ایجاد تعادل تغذیه‌ای در گندم دیم در این منطقه کاربرد کودهای منگنز مخصوصاً کاربرد محلولپاش برگی آن به منظور اجتناب از تثبیت در خاک، جهت دستیابی به عملکردهای بالاتر توصیه می‌شود. با توجه به نتایج این تحقیق چون کاربرد کود روی در سطوح بالاتر منجر به کاهش شدید منگنز و آهن در گیاه می‌شود، لذا کاربرد متعادل و حساب شده کودهای روی در غلات دیم الزامی است. در نهایت برای پی بردن به تعادل تغذیه‌ای مناسب، تفسیر صحیح داده‌ها و توصیه‌های لازم، شاخصهای کمبود و زیاد بودن تعدادی از عناصر غذایی و نسبتهای آنها در گیاه تعیین و مورد بررسی قرار گرفت.

روی از عناصر غذائی ضروری گیاه به شمار می‌رود. بطوریکه بعد از ازت بیشتر از هر عنصر غذائی ضروری رشد برنج (*Oryza sativa* L.) را محدود می‌سازد. کمبود روی در برنج در سرتاسر دنیا گزارش شده است. ویژگیهای خاک نظیر پهایش بالا، ماده آلی، حضور مقدار نسبتاً زیاد کربنات کلسیم، غرقابی کردن خاک و برهمکنش عناصر غذائی سبب کمبود روی در برنج می‌شود. در ایران کمبود روی احتمالاً در بسیاری از شالیزارها شایع است زیرا خاک زیر کشت اکثر برنجکاری‌ها آهکی است، قابلیت استفاده فسفر خاک بر اثر غرقابی شدن زیاد می‌شود، مقادیر نسبتاً زیادی از کودهای فسفردار به برنج اضافه می‌شود و کودهای روی‌دار معمولاً به شالیزارها اضافه نمی‌گردد. هدف تحقیق حاضر ارزیابی اثر روی، فسفر و کربنات کلسیم طبیعی خاک بر رشد و ترکیب شیمیائی برنج در سه خاک در شرایط غرقابی بود.

تیمارهای مورد استفاده در این آزمایش را پنج سطح فسفر (۰، ۵۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ میکروگرم در گرم خاک به صورت دی هیدروژن پتاسیم فسفات KH_2PO_4)، چهار مقدار روی (۰، ۵۰، ۱۰ و ۲۰ میکروگرم در گرم خاک بشکل سولفات روی $ZnSO_4 \cdot 7H_2O$) و سه خاک باجگاه، کوشک و نورآباد ممسنی که به ترتیب حاوی ۲۰، ۳۸ و ۶۰ درصد کربنات کلسیم معادل بودند، تشکیل می‌داد. آزمایش در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار به صورت فاکتوریل به اجرا در آمد. پس از ۵۷ روز گیاه قدری بالاتر از طوقه قطع گردید، وزن خشک قسمت هوائی برنج، غلظت فسفر، روی، آهن، منگنز و مس و جذب کل فسفر و روی به عنوان پاسخ‌های اصلی گیاه در نظر گرفته شد.

نتایج حاصل نشان می‌دهد که مصرف فسفر و روی در دو خاک کوشک و نورآباد ممسنی برونز ماده خشک برنج معنی‌دار بوده است معذالک برهمکنش فسفر و روی در هیچکدام از خاکها بر این پارامتر رشد تأثیر معنی‌داری نداشته است. از طرفی رشد برنج در خاک باجگاه با کاربرد فسفر کاهش یافته اما مصرف روی تأثیری بر آن نداشته است، همچنین مصرف فسفر باعث افزایش غلظت و جذب کل فسفر و نسبت فسفر به روی در برنج در هر سه خاک شده است. کاربرد فسفر و روی در هر سه خاک بر غلظت و جذب روی و نسبت فسفر به روی در برنج معنی‌دار بوده اما برهمکنش این دو عنصر فقط بر غلظت روی و نسبت فسفر به روی تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشته است. از طرفی با کاربرد ۵۰ میکروگرم فسفر در گرم خاک، میانگین غلظت روی در اندام هوائی برنج نقصان یافته است، که این کاهش در سه خاک کاملاً متفاوت است، بطوریکه در باجگاه کوشک و نورآباد به ترتیب معادل ۲۱، ۴۵ و ۱۳ درصد می‌باشد. اضافه کردن فسفر به خاک باجگاه هرچند با کاهش میانگین جذب کل روی همراه بوده است. اما این تأثیر تا ۱۰۰ میکروگرم فسفر در گرم خاک معنی‌دار نبوده است. از طرفی در دو خاک کوشک و نورآباد، میانگین جذب کل روی با کاربرد ۵۰ میکروگرم فسفر در گرم خاک افزایش قابل توجهی نشان داد و مصرف بیشتر این عنصر تأثیری بر این روند نداشته است. افزایش سطوح روی در هر سه خاک و در هر سطحی از فسفر سبب افزایش غلظت و جذب کل روی شده است. حال آنکه در خاک کوشک کاربرد روی تأثیر معنی‌داری بر غلظت و جذب کل فسفر نداشته است. از طرفی در خاک نورآباد ممسنی، مصرف ۲۰ میکروگرم روی در گرم خاک با حداکثر و حداقل میانگین غلظت و جذب کل فسفر همراه بوده است. همچنین تحلیل آماری نشان می‌دهد که فسفر (باستثناء غلظت آهن در خاکهای باجگاه و کوشک)، روی و برهمکنش فسفر و روی بر غلظت آهن، منگنز و مس در این گیاه معنی‌دار بوده است. بررسی دقیق نتایج گزارش شده نشان می‌دهد که حضور کربنات کلسیم و غرقاب شدن خاک همراه با مقادیر زیاد فسفر سبب

^۱ . به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

کاهش قابلیت استفاده روی برای برنج در خاک‌های مورد استفاده در این تحقیق گردید. بعلاوه بدنبال غرقاب شدن خاک، آهن و منگنز عصاره‌پذیر با دی‌تی‌پی افزایش یافت که پیامد آن کاهش جذب روی توسط برنج بوده است.

فسفر یکی از عناصر غذایی ضروری برای رشد گیاهان به حساب می‌آید. کمبود این عنصر در خاک و گیاه باعث کاهش رشد، عملکرد و کیفیت محصولات زراعی و باغی می‌شود، از طرف دیگر کاربرد زیاد آن علاوه بر ضرر اقتصادی باعث تشدید خودپرووری (یوتروفی شدن) دریاچه‌های آب شیرین پشت سدها و القاء کمبود عناصر غذایی کم مصرف کاتیونی مخصوصاً روی می‌گردد و از آنجا که سالیانه مقادیر قابل توجهی فسفر عمدتاً بصورت دی آمونیوم فسفات به خاکهای ایران اضافه می‌شود، لذا ارزیابی تأثیر آن بر رشد و ترکیب شیمیایی محصولات زراعی از اولویت خاصی برخوردار است.

هدف از این مطالعه عبارت بود از:

مطالعه تأثیر مقادیر مختلف فسفر بر وزن ماده خشک، غلظت و جذب کل فسفر، روی، آهن، منگنز و مس در ذرت در تعدادی از خاکهای آهکی استان فارس.

در یک آزمایش گلخانه‌ای با ۲۰ نمونه خاک که از نظر غلظت فسفر بومی و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی دارای دامنه وسیعی بودند، چهار سطح فسفر (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک بصورت فسفات منوکلسیم) استفاده گردید. و به هر گلدان محتوی سه کیلوگرم خاک به ترتیب ۱۵۰، ۱۰ و ۵ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک ازت، روی و آهن بصورت نترات آمونیوم، سولفات روی و سکوسترین آهن به صورت یکنواخت اضافه شد. آزمایش در طرح کاملاً تصادفی بصورت فاکتوریل ۲۰×۴ با ۲۰ خاک و چهار سطح فسفر در سه تکرار به اجرا در آمد و در پایان هفته ششم، گیاهان قدری بالاتر از طوقه قطع شده و پس از شستشو با آب مقطر در دمای ۶۵ درجه سانتیگراد خشک و توزین و وزن خشک اندام هوایی تعیین گردید. یک گرم ماده خشک گیاه بصورت خشک خاکستر شده و غلظت فسفر، روی، آهن و منگنز و مس در گیاه اندازه‌گیری شد.

تحلیل آماری نشان می‌دهد که تأثیر سطوح فسفر، خاکها و برهمکنش خاک و فسفر بر پاسخهای گیاهی اختلاف معنی‌داری وجود دارد. در اکثر قریب به اتفاق خاکها، مصرف فسفر در سطوح ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک، وزن ماده خشک را بطور معنی‌داری افزایش داده است و این تغییر مخصوصاً در خاکهایی که فسفر بومی آنها کم است محسوس‌تر است. افزایش غلظت و جذب کل فسفر توسط ذرت در اثر کاربرد فسفر در خاکهایی مختلف متفاوت بود و در خاکهایی که فسفر بومی آنها پائین است بیشتر بوده است. مصرف فسفر، غلظت روی را در ذرت نسبت به شاهد بطور معنی‌داری کاهش داد و میزان این تأثیر در خاکهای مختلف متفاوت بوده و به مقدار فسفر بومی خاک بستگی دارد، همچنین جذب کل روی و نسبت فسفر به روی با کاربرد فسفر افزایش نشان می‌دهد. جذب کل روی با مصرف ۵۰ میلی‌گرم فسفر در تعدادی از خاکها به حداکثر رسیده و در سطوح بالاتر فسفر، هرچند نسبت به شاهد افزایش نشان می‌دهد ولی این تغییر نسبت به ۵۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک کمتر است. افزایش نسبت فسفر به روی در خاکهای با فسفر زیاد و روی کم به مراتب بیشتر از خاکهایی است که میزان هر دو عنصر در آنها زیاد و یا کم است. در این تحقیق اضافه کردن فسفر بر غلظت و جذب کل آهن و منگنز و مس تأثیر معنی‌داری نداشت.

^۱ . به ترتیب کارشناس، و استادان بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

مصرف بی‌رویه نهاده‌های کشاورزی و بخصوص نهاده‌های شیمیایی، فرسایش خاک، تغییرات اقلیمی و کاهش تنوع ژنتیکی از جمله مشکلاتی است که آینده تولید مواد غذایی را با مخاطرات زیادی روبرو خواهد کرد. در نیم قرن گذشته مصرف کودهای شیمیایی عملکرد بسیاری از محصولات زراعی را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده ولی ثبات زیست محیطی ناشی از مصرف این کودها از یک طرف و عدم واکنش اغلب این محصولات به مصرف مقادیر بیشتر کودها به دلیل کاربرد بی‌رویه آنها از طرفی دیگر تولیدات مواد غذایی در دهه‌های اخیر این قرن را با مشکلاتی مواجه ساخته است.

به منظور بررسی تغییرات عناصر ازت، فسفر و پتاسیم باقیمانده در خاک در پاسخ به تناوب و نظامهای زراعی متداول و اکولوژیک از یک طرح آماری کرت‌های خرد شده در قالب بلوکهای کامل تصادفی در سه تکرار و در سه سال زراعی ۷۵-۱۳۷۴، ۷۶-۷۵ و ۷۷-۷۶ استفاده شد. در این طرح سه تناوب زراعی، گندم-گندم، ذرت-گندم و چغندر-چغندر-گندم به عنوان عوامل اصلی و پنج نظام زراعی مختلف شامل نظام متداول بانهاد زیاد، متوسط، کم و نظام تلفیقی (با نهاده حد متوسط) و نظام ارگانیک (فاقد هر نوع نهاده شیمیایی) به عنوان فاکتور فرعی قرار داده شد. کلیه عملیات زراعی و نهاده‌های مصرفی در نظامهای زراعی پرنهاد و کم نهاده به ترتیب حداکثر و حداقل عملیات زراعی و نهاده مصرفی که زارعین منطقه برای هر محصول استفاده می‌کنند و برای نظام زراعی متوسط نهاده و تلفیقی میانگین این دو نظام بکار گرفته شد. در نظام ارگانیک کلیه عملیات زراعی با نیروی انسانی و تنها نهاده مصرفی کود حیوانی و بذر برای محصولات مختلف بود. در کلیه تیمارها قبل از کاشت و بعد از برداشت هر محصول نمونه خاک بصورت مرکب و جداگانه برداشت و تجزیه‌های لازم انجام شد.

نتایج تجزیه خاک بعد از پایان آزمایش نشان داد که مقدار ازت، فسفر و پتاس قابل جذب در خاک برای نظامهای ارگانیک و تلفیقی بیشتر از سایر نظامهای زراعی بود. بطوریکه میانگین ازت کل باقیمانده در خاک در نظامهای ارگانیک و تلفیقی بترتیب ۰۰۰۵۹ و ۰۰۰۵۸ درصد بود و میانگین مقادیر فسفر و پتاسیم قابل جذب باقیمانده در خاک در نظام ارگانیک بترتیب ۱۶۵ و ۲۳۷۳ میلی‌گرم در کیلوگرم و در نظام تلفیقی بترتیب ۱۴۰۴ و ۱۹۴۰۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود. به نظر می‌رسد که مصرف کودهای آلی در نظامهای تلفیقی و ارگانیک عامل اساسی برای بالا بردن این عناصر در خاک باشد. علیرغم اینکه تأمین عناصر ازت، پتاس، فسفر و دیگر نهاده‌های مصرفی در نظام زراعی پرنهاد بیش از ۲ برابر نظام زراعی کم نهاده و ۱۰۵ برابر نظام زراعی متوسط نهاده بود ولی مقدار ازت و پتاس باقیمانده در خاک برای هر سه این نظامهای زراعی یکسان بود در صورتیکه در مورد فسفر مقدار قابل جذب باقیمانده این عنصر در خاک در نظام زراعی پرنهاد بیشتر از دو نظام زراعی دیگر بود. چنین بنظر می‌رسد که ازت مصرفی چه از طریق کود شیمیایی و چه کود حیوانی کلاً به مصرف گیاه رسیده است در صورتیکه بخشی از فسفر مصرفی که مربوط به کودهای شیمیایی بوده است به مصرف گیاه رسیده است ولی فسفر موجود در کودهای دامی و بخشی از کود شیمیایی بخصوص در نظام زراعی پرنهاد در خاک باقیمانده است در حالی است که پتاسیم باقیمانده در خاک عمدتاً از منبع دامی بوده است.

مقادیر ازت کل باقیمانده در خاک در سه تناوب زراعی مختلف تفاوت فاحشی از لحاظ آماری نشان نداد اما مقادیر فسفر و پتاسیم بیشترین مقدار را در کشت ممتد گندم بترتیب با مقدار ۱۳۰۴ و ۱۷۴ میلی‌گرم در کیلوگرم و کمترین مقادیر در تناوب زراعی ذرت - گندم بترتیب با مقدار ۸۰۹ و ۱۵۴ میلی‌گرم در کیلوگرم بخود اختصاص دادند. متوسط مقادیر فسفر و

^۱ . به ترتیب اعضای هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی خراسان و دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

پتاسیم قابل جذب باقیمانده در خاک در سال دوم آزمایش بطور قابل ملاحظه‌ای بیشتر از مقادیر مربوط به سال اول بود و انتظار می‌رفت که در سال سوم نیز همین روند افزایش مشاهده شود ولی نتایج نشان داد که در سال سوم میانگین مقادیر این عناصر تنها نسبت به سال دوم آزمایش کاهش ولی نسبت به سال اول افزایش داشت که این کاهش فقط در دو تناوب زراعی ذرت - گندم و چغندرقد-گندم بود. کاهش مقادیر عناصر فسفر و پتاسیم قابل جذب باقیمانده در خاک در سال سوم آزمایش نسبت به سال دوم ناشی از کشت محصولات متفاوت در سال سوم می‌باشد بطوریکه با توجه به تناوب‌های ذکر شده در سال دوم آزمایش گندم در کلیه تیمارها کشت شده بود و در سال سوم تیمارهای اصلی شامل کشت گندم، ذرت و چغندرقد بوده است و کاهش فسفر و پتاسیم قابل جذب باقیمانده در خاک در سال سوم تنها در محصولات ذرت و چغندرقد مشاهده شد. ولی در کشت ممتد گندم این افزایش در سال سوم هم ملاحظه شد. بطوریکه مقادیر فسفر قابل جذب باقیمانده در خاک در تناوب زراعی گندم-گندم در سال اول اجرای آزمایش ۶،۲ و در سال دوم ۱۴ و در سال سوم به ۱۹،۹ میلی‌گرم در کیلوگرم در کشت ممتد گندم افزایش یافت. اما در تناوب زراعی ذرت - گندم برای فسفر قابل جذب باقیمانده در خاک در طی سه سال اجرای آزمایش بترتیب ۵،۷، ۱۳،۰ و ۷،۹ میلی‌گرم در کیلوگرم بود و این مقادیر برای پتاسیم نیز ۱۳۳،۷، ۱۷۵،۲ و ۱۵۲،۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود و در تناوب زراعی چغندرقد-گندم نیز مقادیر فسفر ۷،۶، ۱۶،۴ و ۹،۴ و مقادیر پتاسیم ۱۳۵،۲، ۲۰۰،۸ و ۱۵۸،۱ میلی‌گرم در کیلوگرم بترتیب در طی سه سال اجرای آزمایش بود. مقدار ازت کل در هر سه سال برای هر سه تناوب زراعی مشابه بود.

استان گیلان از عمده‌ترین مناطق تولید برنج در سطح کشور است که استفاده از ارقام پرمحصول برنج در آن هر روز رونق بیشتری می‌یابد. با این وجود مطالعات اندکی در مورد وضعیت پتاسیم در این اراضی صورت گرفته است و حتی تا کنون عصاره‌گیر مناسبی برای استخراج پتاسیم قابل دسترس در این اراضی معرفی نگردیده است. لذا این تحقیق، با هدف ارزیابی ۱۵ روش عصاره‌گیری و تعیین عصاره‌گیر یا عصاره‌گیرهای مناسب برای ارزیابی پتاسیم قابل دسترس خاک و نیز تعیین غلظت بحرانی پتاسیم برای برنج رقم سپیدرود در ۲۳ نمونه خاک از شالیزارهای مختلف استان گیلان به اجرا در آمده است. این آزمایش در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی و بصورت فاکتوریل با دو فاکتور: ۱- نوع خاک با ۲۳ سطح ۲- تیمار کودی با دو سطح صفر و ۳۰۰ میلی گرم پتاسیم در کیلوگرم خاک انجام گرفت. در هر تیمار مقدار ۱۱۵ کیلوگرم خاک مربوطه پس از هوا خشک و کوبیده شدن وارد گلدانهای پلاستیکی با ظرفیت تقریبی ۱۷ کیلوگرم خاک، گردید و گلدانها نیز تا عمق ۳۰ سانتیمتری وارد مزرعه آزمایشی که عملیات تهیه زمین بطور معمول در آن انجام گرفته بود، گردید. سپس خاک گلدانها گلخراپ گردیده و پتاسیم طبق تیمار پیش‌بینی شده و از منبع کلرید پتاسیم، نیتروژن و فسفر بمقدار مورد نیاز (بترتیب از منابع آورده و سوپر فسفات تریپل) به خاک گلدانها اضافه شده و با دست با خاک سطحی گلدان مخلوط گردید. در مرحله رسیدگی کامل، بوته‌ها از محل اولین گره بالای سطح خاک برداشت شده و کاه و کلش و دانه آنها پس از جدا شدن و خشک شدن بمدت ۴۸ ساعت در دمای ۶۰ درجه در آون، جداگانه توزین و پتاسیم آنها اندازه‌گیری گردید. همبستگی خطی بین پتاسیم استخراج شده بوسیله روشهای مختلف عصاره‌گیری با غلظت و میزان جذب پتاسیم بوسیله گیاه و همچنین با عملکرد نسبی تعیین گردید و با استفاده از روش تصویری کیت-نلسون غلظت بحرانی برای روشهای مختلف عصاره‌گیری تعیین گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که استفاده از کود پتاسیم در اکثر خاکها باعث افزایش عملکرد دانه کاه، غلظت پتاسیم در گیاه و در کاه و کلش و نیز افزایش جذب پتاسیم بوسیله گیاه شده است. بررسی روابط همبستگی نشان داد که روشهای عصاره‌گیری استات منیزیم، اسید سولفوریک، مورگان و کلرید کلسیم یکصدم مولار همبستگی بالایی با غلظت پتاسیم در کاه (بترتیب ۰٫۸۳، ۰٫۷۸، ۰٫۸، ۰٫۷۸) و غلظت پتاسیم در کل گیاه (بترتیب ۰٫۷۹، ۰٫۷۶، ۰٫۷۵، ۰٫۷۳) داشته است. این همبستگی بین روشهای بالا و مقدار جذب پتاسیم توسط کاه گیاه برنج (بترتیب ۰٫۸۳، ۰٫۸۲، ۰٫۷۸، ۰٫۷۶) و پتاسیم جذب شده توسط کل گیاه (بترتیب ۰٫۷۹، ۰٫۸۳، ۰٫۷۴ و ۰٫۷۱) نیز بالا بوده و روشهای مناسبی می‌باشند. نتایج همبستگی خطی پتاسیم استخراج شده بوسیله روشهای مختلف عصاره‌گیری نشان می‌دهد که همبستگی استات منیزیم با روشهایی که پتاسیم بسهولت قابل استفاده (روشهای مهلیخیک و آب) و یا بخشی از پتاسیم غیر تبادل (اسید نیتریک جوشان، سدیم تترافنیل بران و اسیدکلریدریک) را استخراج می‌کنند بسیار ضعیفتر از روشهایی است که عمدتاً پتاسیم تبدالی را استخراج می‌کنند. روشهایی مثل استات آمونیم و مهلیخ ۳ که دارای غلظت بالایی از آمونیم در ترکیب خود می‌باشند نسبت به روشهایی که فاقد آمونیم یا دارای مقادیر کمی آمونیم در ترکیب خود هستند همبستگی کمتری با روش استات منیزیم دارند. روش تک‌زاس که در ترکیب آن غلظت آمونیم مانند روشهای استات آمونیم یک مولار و مهلیخ ۳ زیاد است، همبستگی بالایی نیز با روشهای مذکور دارد (بترتیب ۰٫۹۹ و ۰٫۹۸). غلظت بحرانی پتاسیم در روشهای مختلف عصاره‌گیری مقادیر متفاوتی بوده (نقطه بحرانی

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات برنج کشور و دانشجوی دوره دکتری خاکشناسی و استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

پتاسیم برای صد درصد عملکرد نسبی با روش کلرید کلسیم یکصدم مولار ۳۶،۲، استات آمونیم ۱۱۵، اسیدسولفوریک ۱۱۲، روش تکزاس ۱۶۰، روش کلوانا و مورگان ۷۵ و روش استات منیزیم ۴۰ و روش استات آمونیم پس از دو هفته غرقاب ۱۰۵ میلی گرم در کیلوگرم) و تقریباً ۷۵ درصد خاکها از نظر پتاسیم قابل استفاده برای گیاه پائین تر از حد بحرانی بوده‌اند. واژه‌های کلیدی: پتاسیم قابل دسترس-روشهای عصاره‌گیری پتاسیم-برنج رقم سپیدرود-نقطه بحرانی پتاسیم

پنبه که به درستی طلای سفید نام گرفته است بی تردید مهمترین گیاه لیفی و در میان گیاهان لیفی قدیمی ترین آنها است. امروزه پنبه نه تنها از نظر صنعت نساجی که از نظر غذایی بسیار حائز اهمیت است. در بازار جهانی در میان پنج دانه روغنی مهم پنبه‌دانه در مقام دوم قرار دارد. پنبه در دنیا بین مدار ۴۲ درجه عرض شمالی و ۴۰ درجه عرض جنوبی به صورت گیاه یکساله رشد می‌کند. تنها در سال زراعی ۸۹-۱۹۸۸ میلادی سطح زیرکشت پنبه در جهان ۳۲،۲ میلیون هکتار بوده است. سطح زیر کشت پنبه در ایران در سال زراعی ۷۵-۷۴ برابر ۲۹۲۶۲۱ هکتار با عملکرد متوسط ۱۸۰۰ کیلوگرم در هکتار بوده است. جنوب خراسان مناسبترین منطقه جهت کشت پنبه در استان بشمار می‌رود. سطح زیر کشت این گیاه در استان خراسان در سال ۷۵-۷۴ معادل ۵۸۰۰ هکتار و تولید ۱۱۵۰۰۰ تن با میزان عملکرد ۲ تن در هکتار گزارش شده است (۱). هدف از انجام این طرح مطالعه کاربرد سیستم آبیاری بارانی در گیاه پنبه، تعیین حداقل کود مورد نیاز برای بیشترین عملکرد، بررسی برهمکنش آب و کود بر عملکرد گیاه پنبه و تعیین مناسبترین مقدار آب مورد نیاز در شرایط اقلیمی گناباد بوده است.

این پژوهش در ایستگاه تحقیقات کشاورزی گناباد انجام گرفت. برای اجرای طرح قطعه زمینی به ابعاد ۶۰×۳۰ متر در نظر گرفته شد. یک خط آبیاری به طول ۵۴ متر از نوع کلاسیک در وسط مزرعه نصب گردید که تعداد آبپاشهای آن ۶ و فاصله آن از یکدیگر ۹ متر بودند. در هر طرف خط آبیاری ۵۰ کرت به ابعاد ۴×۲ متر ایجاد شد. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از ۱، ۲، ۳، ۴ و ۵ تیمار ۱، کمترین مقدار آب (۳۵۹ متر مکعب در هکتار) و ۵، بیشترین مقدار آب (۱۴۵۲۶ متر مکعب در هکتار) را تأمین می‌کرد. هر تیمار ۴ ردیف از کشت با نواری به طول ۵۱ متر و عرض ۲ متر را در بر می‌گرفت. تیمارهای کودی عبارت بودند از ۱، F_۱، F_۲، F_۳، F_۴ و F_۵ به طوریکه F_۱ به عنوان شاهد در نظر گرفته شد و F_۵ بیشترین مقدار کود ازت و فسفر و پتاسیم به نسبت ۸۰-۱۰۰-۱۵۰ را دریافت نمود. آزمایش به صورت طرح آماری کرت‌های خرد شده و تیمار آبیاری به عنوان فاکتور اصلی و تیمار کودی به عنوان فاکتور فرعی در چهار تکرار در قالب طرح بلوک‌های کامل انجام شد. تجزیه و تحلیل داده‌ها از طریق تجزیه واریانس صورت گرفت و برای مقایسه میانگین داده‌ها از روش آزمون کمترین اختلاف معنی‌دار استفاده شد. اندازه‌گیری پارامترهای مختلف خاک به روشهای مرسوم صورت گرفت و برای تعیین ضریب یکنواختی در آبیاری بارانی از قوطی‌های فلزی جمع‌آوری آب استفاده شد. برای تعیین تاریخهای آبیاری از داده‌های هواشناسی تست تبخیر کمک گرفته شد. تا براساس آن میزان مصرف آب روزانه گیاه بدست آید.

نتایج حاصل از آزمایش نشان داد که اجزاء عملکرد گیاه پنبه از قبیل تعداد میان گره، تعداد شاخه‌های فرعی، تعداد گل و غنچه تولیدی، تعداد غوزه و ارتفاع بوته در هر گیاه با مصرف ۱۴۵۲۶ متر مکعب آب در هکتار بیشتر از کاربرد ۳۵۹ متر مکعب آب در هکتار بود. که در سطح ۵ درصد معنی‌دار است. میانگین وزن ۲۰ غوزه تولیدی در تیمار ۵ آبیاری با بیشترین مقدار آب دریافتی نسبت به تیمار ۱ آبیاری با کمترین مقدار آب دریافتی ۱۷۱ درصد افزایش داشت. عملکرد محصول در واحد سطح در مجموع سه چین برداشت شده در تیمار پنج نسبت به تیمار ۱ افزایش نشان داد که در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود. مقادیر مختلف کود بر اجزاء عملکرد گیاه پنبه تأثیر داشت و باافزایش مقدار کود نسبت به شاهد افزایش نشان داد، ولی افزایش معنی‌دار نشد. لیکن میانگین وزن ۲۰ غوزه تولیدی در سطوح مختلف کودی نسبت به شاهد معنی‌دار بود. برهمکنش آب و کود بر اجزاء عملکرد پنبه از قبیل تعداد میان گره، تعداد شاخه‌های فرعی تعداد گل و غنچه تولیدی، تعداد غوزه و ارتفاع بوته معنی‌دار نبود. اثر متقابل آب و کود بر میانگین وزن ۲۰ غوزه تولیدی اختلاف معنی‌داری در سطح ۵ درصد نشان داد. همچنین برهمکنش آب و کود بر عملکرد محصول در واحد سطح در مجموع سه چین در سطح ۵ درصد معنی‌دار بود و

^۱. دانشگاه فردوسی مشهد

بیشترین عملکرد مربوط به تیمار ۱ با کاربرد ۱۴۵۲۶ متر مکعب آب در هکتار و F_3 با مصرف ازت، فسفر و پتاسیم معادل ۴۰-۶۰ کیلوگرم در هکتار مشاهده گردید. با توجه به منحنی‌های هزینه و درآمد، تولید محصول پنبه در منطقه از مقدار آب مصرفی ۶۵۰ میلی‌متر به بالا اقتصادی است. لیکن توصیه مقدار بهینه آب باید براساس تحلیل‌های اقتصادی و در نظر گرفتن عوامل محیطی و ارزش واقعی آب صورت گیرد.

هر چند تأثیر ازت بر گوجه‌فرنگی (*Lycoopersicon esculentum L.*) بطور گسترده مورد بررسی واقع شده ولی اطلاعات محدودی در مورد اثر کود دامی و همچنین اثر ازت و کود دامی توأم بر روی گوجه‌فرنگی وجود دارد. در یک آزمایش، تأثیر سطوح مختلف ازت و کود دامی بر کیفیت و کمیت گوجه‌فرنگی مورد بررسی قرار گرفت. تیمارها از چهار سطح ازت (۰، ۹۰، ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم ازت در هکتار) و سه سطح کود دامی (۰، ۱۰ و ۲۰ تن در هکتار) تشکیل، که سطوح ازت از منبع اوره و کود دامی از نوع کود گوسفندی پوسیده تأمین شد. آزمایش با طرح بلوکهای کامل تصادفی به صورت فاکتوریل در سه تکرار و سه سال در ایستگاه تحقیقات میناب در خاک *hyperthermic, Ustic Torriorthent, Coarse loamy, Mixed, (calcareous)* به اجرا در آمد.

تجزیه آماری در سال اول نشان داد که تأثیر ازت بر عملکرد در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و باعث افزایش عملکرد تا سطح ۱۸۰ کیلوگرم ازت در هکتار شده است. اگرچه مصرف کود دامی نیز باعث افزایش عملکرد گردید ولی اثر آن بر روی محصول از لحاظ آماری معنی‌دار نبوده است. مقایسه میانگین‌ها با آزمون دانکن در سطح ۵ درصد بیانگر اختلاف معنی‌دار عملکرد در مصرف ۱۸۰ کیلوگرم ازت با سطح ۰ و ۹۰ کیلوگرم ازت است در صورتیکه بین سطوح ۱۸۰ و ۲۷۰ کیلوگرم ازت در هکتار تفاوت معنی‌داری بر عملکرد گوجه‌فرنگی مشاهده نشده است. مصرف کود دامی در سطح ۰ و ۱۰ تن در هکتار با مصرف ۲۰ تن در هکتار کود دامی اختلاف معنی‌داری از لحاظ عملکرد مشاهده نشده و این در حالی است که مصرف ۱۰ تن کود دامی عملکرد را نسبت به شاهد در حدود ۴ تن افزایش داد. حداکثر عملکرد در این سال مربوط به مصرف ۲۰ تن کود دامی همراه با ۱۸۰ کیلوگرم ازت در هکتار است که با مصرف ۱۰ تن کود دامی و ۱۸۰ کیلوگرم ازت تفاوت معنی‌داری ندارد. درصد رطوبت، ماده خشک و اسیدیته میوه در اثر مصرف ازته و کود دامی در این سال روند خاصی را دنبال می‌کرد در صورتیکه ۱۰ تن کود دامی سبب افزایش مقدار کمی اسکورییک اسید شده و همچنین مصرف ۹۰ کیلوگرم ازت باعث افزایش مواد جامد محلول به میزان نسبتاً کمی گردیده است.

تجزیه آماری مجموع سه سال نشان داد که عملکرد گوجه‌فرنگی به طور معنی‌داری تحت تأثیر ازت و کود دامی قرار گرفته است و بالاترین محصول از مصرف ۱۸۰ کیلوگرم ازت و ۲۰ تن کود دامی بدست آمده است. به طوری که میانگین عملکرد گوجه‌فرنگی در طول سه سال آزمایش موید این مطالب است. که عملکرد با مصرف ۹۰ کیلوگرم ازت به تنهایی ۴۰،۸۳ و میانگین عملکرد با مصرف ۲۰ تن کود دامی در طول سه سال بدون مصرف ازت ۳۵،۰۸ تن در هکتار می‌باشد که نشان می‌دهد مصرف ۹۰ کیلوگرم ازت نسبت به شاهد سبب افزایش محصول به میزان ۷۰ درصد و مصرف ۲۰ تن کود دامی نسبت به شاهد سبب افزایش ۵۰ درصد محصول گردیده است. این مهم اهمیت نقش کود دامی در تأمین ازت، صرفه‌جویی در مصرف کودهای ازته و کاهش آلودگی محیط زیست علاوه بر تأمین سایر مواد غذایی و تأثیر مثبت بر خصوصیات فیزیکی خاک را یادآوری می‌نماید. مقدار کمی افزایش در ازت برگ در اثر مصرف کود ازت نیز عملکرد گوجه‌فرنگی را بطور قابل ملاحظه‌ای افزایش داده است.

افزایش ازت خاک تا سطح ۹۰ کیلوگرم ازت در هکتار بدون توجه مصرف کود دامی در طول سه سال سبب افزایش درصد مواد جامد محلول و اسکورییک اسید به میزان نسبتاً کمی شده است. مصرف کود دامی نیز به میزان ۱۰ تن در هکتار سبب افزایش اسکورییک اسید گردید. در صورتیکه سایر فاکتورهای کیفی نظیر درصد آب، وزن خشک و اسیدیته در اثر مصرف ازت و کود دامی روند خاصی را دنبال نکرده است.

^۱ . عضو هیأت علمی تحقیقات کشاورزی فارس

با افزایش جمعیت و تولید روزافزون پسماندهای آلی، مانند لجن فاضلاب، احتمالاً عاقلانه‌ترین و از نظر زیست محیطی مطمئن‌ترین راه برای پیشگیری از انباشته شدن این مواد، افزودن آنها به زمینهای کشاورزی می‌باشد. با این وجود بررسی و ارزیابی خطرات احتمالی اضافه کردن پسماندهای آلی به زمینهای کشاورزی باید قبل از ارزش کودی و اقتصادی آن مورد توجه قرار گیرد. یکی از عواملی که باید به آن توجه خاص شود وجود فلزات سنگین در پسماندهای آلی است. لجن فاضلاب و کمپوست بسته به منبع، اغلب دارای مقادیر نسبتاً زیاد عناصر سنگین نظیر کادمیوم، سرب و نیکل می‌باشند. هنگامی که این مواد به زمین اضافه می‌شود، گیاه همراه با عناصر غذایی مورد نیاز این عناصر سمی را نیز جذب و وارد زنجیره غذایی انسان و حیوان می‌کند. تحقیقات نشان داده است که استفاده دراز مدت از لجن فاضلاب و کمپوست حاوی غلظتهای بالای فلزات سنگین موجب تجمع عناصری مانند کادمیوم، سرب و دیگر عناصر سمی در خاک می‌شود که امر ممکن است باعث جذب بیش از حد این عناصر بوسیله گیاه شود.

با توجه به توصیه‌های وزارت کشاورزی ایران درباره مصرف کمتر کودهای شیمیایی برای پیشگیری از آلودگی محیط زیست و همچنین دلایل اقتصادی و ترغیب کشاورزان به مصرف بیشتر کودهای آلی، ضروری است اثرات کودهای آلی بر خاک و گیاه بطور دقیق مورد بررسی قرار گیرد. بنابراین هدف از اجرای این طرح مطالعه اثر کودگاوی، لجن فاضلاب و کمپوست زباله‌های شهری بر خواص شیمیایی خاک، جذب عناصر غذایی و فلزات سنگین بوسیله گیاه ذرت و عملکرد آن می‌باشد.

این تحقیق در مزرعه تحقیقاتی لورک واقع در نجف‌آباد، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان اجراء گردید. خاک مزرعه دارای pH برابر ۷/۸ و هدایت الکتریکی حدود ۱/۸ دسی زیمنس بر متر می‌باشد و به صورت تیپیک‌هپل آرجید، فاین لومی - میکسد، ترمیک طبقه‌بندی شده است. این خاک در عمق ۳۰-۰ سانتی‌متری دارای ۱۶ درصد شن، ۴۷ درصد سیلت و ۳۷ درصد رس می‌باشد. این آزمایش بصورت طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تکرار و چهار تیمار کودی شامل کودگاوی، لجن فاضلاب، کمپوست زباله شهری، کود شیمیایی و شاهد با گیاه ذرت رقم (SC-۷۰۴)^۲ در کرت‌هایی به ابعاد ۶×۴ متر، انجام شد. کودهای آلی به مقدار ۵۰ تن در هکتار و کود شیمیایی به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم فسفات آمونیوم و ۲۵۰ کیلوگرم اوره (بصورت سرک) در هکتار به کرتها اضافه و تا عمق ۳۰ سانتی‌متری با خاک مخلوط گردید. کشت ذرت به صورت ردیفی و با فاصله ۷۰ سانتی بین ردیف‌ها و ۱۰ سانتی متر فاصله بین بوته‌ها روی ردیف انجام گرفت. پس از برداشت نمونه‌های گیاهی، وزن خشک کل اندام هوایی و وزن دانه‌های جداگانه محاسبه شد. غلظت آهن، مس، روی، سرب، کادمیوم، ازت، فسفر و پتاسیم در اندام هوایی و دانه ذرت اندازه‌گیری شد. غلظت کل و قابل جذب عناصر در نمونه‌های خاک و پس برداشت ذرت نیز تعیین گردید.

کودهای آلی باعث افزایش معنی‌دار ماده آلی، غلظت قابل استخراج Cu, Zn, Fe و Pb بوسیله EDTA، و مقدار قابل جذب فسفر، پتاسیم و درصد کل ازت در خاک گردید. غلظت و جذب عناصر غذایی در اندام هوایی و دانه ذرت دارای تفاوت معنی‌دار بود، در صورتی که غلظت سرب و کادمیوم در این اندام تفاوت معنی‌داری نشان نداد. عملکرد علوفه و دانه ذرت در بین تیمارها تفاوت معنی‌داری داشت. بطوریکه می‌توان گفت کود گاوی لجن فاضلاب دارای بیشترین و کمپوست دارای کمترین عملکرد بودند. بنابراین می‌توان نتیجه‌گیری کرد که کود گاوی و لجن فاضلاب از پتانسیل بالایی برخوردار

^۱ به ترتیب استادیاران گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

^۲ Single cross 704

می‌باشند و می‌توان از آنها برای باروری خاک استفاده کرد. غلظت فلزات سنگین در ذرت و انباشت آنها در خاک به مراتب کمتر از استانداردهای تعیین شده بود.

تغذیه متعادل گیاه یکی از راههای رسیدن به عملکرد بیشینه می‌باشد مس از جمله عناصر کم مصرفی است که گیاه برای رشد به آن نیاز دارد. این عنصر در چوبی شدن دیواره، یاخته‌ها، متابولیسم کربوهیدراتها و نیتروژن، تشکیل گرده و بارورسازی دخالت دارد. مس در گیاه فعال کننده چند آنزیم از جمله فنولاز و لاکتاز، سوپر اکسیددیسموتاز و سیتوکروم اکسیداز می‌باشد. عوامل متعددی بر قابلیت استفاده مس در خاک مؤثر است که از جمله آنها می‌توان به مقدار ماده آلی، مقدار و نوع رس و PH خاک اشاره نمود. افزودن ماده آلی باعث افزایش خاصیت نگهداری مس در خاک می‌شود. کمپلکسهای مس-ماده آلی از نظر پایداری متفاوتند. در برخی موارد، مس بوسیله ماده آلی بقدری محکم نگهداشته می‌شود که برای گیاه قابل جذب نیست. با توجه به این که مصرف کودهای دامی در زراعت ذرت مرسوم بوده و اطلاعات درباره همکنش مس و ماده آلی در این گیاه بسیار محدود است مطالعه حاضر با هدف‌های زیر اجرا گردید:

۱- مطالعه برهمکنش مس و ماده آلی در یک خاک آهکی ۲- بررسی اثر برهمکنش مس و کود دامی بر رشد و ترکیب شیمیایی گیاه ذرت

آزمایش به صورت فاکتوریل 4×4 شامل چهار سطح مس (۰، ۲، ۵ و ۱۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک به صورت $\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$) و چهار سطح ماده آلی (۰، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در کیلوگرم خاک به صورت کود گوسفندی) در چهار تکرار در قالب یک طرح کاملاً تصادفی با گیاه ذرت (*Zea mays L.*) رقم سینگل کراس ۷۰۴ در گلخانه در یک دوره کشت ۵۰ روزه اجرا گردید. هر گلدان حاوی دو کیلوگرم خاک خشک سری کر سیاه (Carbonatic hyperthermic, Aridic Ustorthent, Fine Loamy) از استان فارس با ماده آلی ۱.۹ درصد، PH ۸.۱ (در خمیر اشباع)، قابلیت هدایت الکتریکی ۰.۷ دسی زیمنس بر متر (در عصاره اشباع) و درصد کربنات کلسیم ۴۹ بود. در پایان دوره رشد قسمت هوایی گیاه برداشت گردیده و وزن خشک، ترکیب شیمیایی و جذب کل عناصر به عنوان پاسخ‌های گیاهی در نظر گرفته شد. از خاک گلدانها پس از برداشت گیاه نمونه برداری و خصوصیات شیمیایی آنها اندازه گیری گردید و به عنوان اثر باقیمانده تیمارها بکار رفت.

کاربرد مس تا ۵ میلی گرم در کیلوگرم خاک باعث افزایش وزن خشک قسمت هوایی ذرت گردید اما رشد گیاه با مصرف بیشتر مس کاهش یافت. کاربرد مس غلظت این عنصر را در ذرت افزایش ولی غلظت آهن، منگنز و روی را کاهش داد. مصرف ماده آلی حتی در بیشترین سطح یعنی ۴۰ میلی گرم در کیلوگرم خاک باعث افزایش وزن خشک قسمت هوایی ذرت شد. در این آزمایش ماده آلی غلظت فسفر، پتاسیم، آهن، منگنز و روی ذرت را افزایش داد. کاربرد ۱۰ و ۲۰ گرم ماده آلی در کیلوگرم خاک تأثیری بر غلظت مس در ذرت نداشت حال آنکه سطح ۴۰ گرم در کیلوگرم با افزایش غلظت مس در ذرت همراه بود. بکارگیری مس باعث افزایش مس و کاهش آهن، منگنز و روی خاک (استخراج شده بوسیله DTPA) شد. با افزایش سطوح مصرف ماده آلی مقدار مس قابل تبادل کاهش و مقدار روی، منگنز و آهن افزایش یافت. بطور کلی می‌توان نتیجه گرفت که بین مس و عناصر آهن، منگنز و روی تضاد وجود دارد بطوریکه افزایش غلظت مس در گیاه باعث کاهش غلظت عناصر مذکور شد. تحت شرایط انجام این آزمایش کاربرد ۵ میلی گرم مس در کیلوگرم خاک (معادل ۱۰ کیلوگرم در هکتار) و همچنین ۴۰ گرم کود آلی در کیلوگرم خاک (معادل ۸۰ تن در هکتار) برای تغذیه متعادل گیاه ذرت، توصیه می‌شود.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

منابع سنتی مواد آلی در مناطق خشک محدود بوده و منحصر به کودهای دامی و کود سبز می‌باشد. این منابع به هیچ وجه جوابگوی نیاز روز افزون بخش کشاورزی به کودهای آلی نیست. بنابراین در این مناطق استفاده از هر ترکیب حاوی مواد آلی از جمله شیرابه‌های تولید شده در فرآیند تبدیل زباله‌های شهری به کود کمپوست، برای تقویت خاک ضروری بنظر رسیده و بایستی مورد مطالعه قرار بگیرد. بهمین منظور آزمایشی طی سالهای ۱۳۷۵ و ۱۳۷۶ جهت بررسی تأثیر شیرابه زباله بر خصوصیات خاک و رشد و عملکرد برنج (واریت زاینده رود) و اثرات باقیمانده آن بر گندم (رقم روشن)، در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی متشکل از پنج تیمار و درسه تکرار انجام گرفت.

تیمارهای طرح عبارت بودند از: تیمار شاهد، مقادیر ۱۵۰، ۳۰۰، ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه و نیز یک تیمار کودی شامل ازت، فسفر، پتاسیم و روی به میزانی که این عناصر در تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه وجود داشتند. برای اجرای طرح سه نوار به طول ۳۵ متر و پهنای ۴ متر در فواصل ۳ متری ایجاد شد. هر یک از نوارها با آبیاری سنگین به حالت غرقاب درآمده و بوسیله گاواهن قلمی، سخت لایه‌ای در زیر خاک تشکیل شد (عمل شله زنی).

حدود سه هفته پس از نشاءکاری، نیمی از شیرابه از باله، یک سوم دیگر از کود اوره و مابقی کود سولفات روی اعمال شدند. باقیمانده شیرابه و کود اوره در مرحله خوشه‌دهی (سه هفته پس از مرحله اول اعمال شیرابه) به تیمارهای مربوطه اضافه شدند. نیم متر مربع از هر کرات برای اندازه‌گیری برخی خصوصیات زراعی بوته‌ها از جمله ارتفاع، تعداد پنجه و تعداد خوشه اختصاص داده شد. بعد از جداکردن شلتوک برنج از بوته‌ها و تعیین عملکرد کاه و شلتوک، مقدار جذب عناصر غذایی اصلی و غلظت عناصر غذایی کم نیاز و سنگین در کاه و دانه برنج اندازه‌گیری شد.

در اوایل پاییز ۱۳۷۶، بذور گندم داخل همان کرتها کاشته شده در پایان فصل رشد، ضمن تعیین عملکرد کاه و دانه گندم، غلظت برخی عناصر غذایی و نیز عناصر سنگین هر گیاه اندازه‌گیری شد. همچنین قبل از کاشت و بعد از برداشت هر محصول، از اعماق ۰-۳۰ و ۶۰-۳۰ سانتیمتری خاک هر کرت، نمونه مرکب تهیه و برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی آن اندازه‌گیری شد. نتایج این مطالعه نشان داد که شیرابه زباله شوری بالا (حدود ۲۹ دسی زیمنس بر متر) داشته در نتیجه اضافه نمودن آن به خاک موجب افزایش غلظت املاح محلول خاک، متناسب با مقدار شیرابه مصرفی، گردید. با بکارگیری ۳۰۰ تن شیرابه زباله در هکتار، ۷۴۶ کیلوگرم ازت، ۳۹ کیلوگرم فسفر، ۱۸۸ کیلوگرم آهن، و ۵۴ کیلوگرم روی به هر هکتار خاک اضافه شد. علاوه بر این، پ-هاس اسیدی (برابر با ۴۶) و درصد بالای مواد آلی در شیرابه (۲۸،۵ درصد وزن خشک)، در افزایش مقادیر قابل جذب برخی عناصر غذایی از جمله فسفر، آهن، روی، مس و منگنز در خاک تأثیر قابل ملاحظه‌ای داشت. شیرابه زباله باعث افزایش معنی‌دار جذب عناصر غذایی ازت، فسفر، پتاسیم، کلسیم، و منیزیم بوسیله کاه و دانه برنج گردید. بیشترین مقدار جذب این عناصر مربوط به تیمار ۳۰۰ تن شیرابه در هکتار بود که دلیل آن عملکرد بالاتر کاه و دانه در تیمار، در مقایسه با سایر تیمارها می‌باشد مقدار جذب ازت و فسفر در کاه به ترتیب از ۲۰۳ و ۱۷،۵ کیلوگرم در هکتار در تیمار شاهد به ۵۳۴ و ۷۴،۵ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت. غلظت عناصر غذایی کم نیاز در کاه و دانه برنج نیز متناسب با مقدار شیرابه مصرفی افزایش یافت در نتیجه بیشترین غلظت این عناصر در گیاه، مربوط به تیمار ۶۰۰ تن شیرابه در هکتار بود. با بکارگیری شیرابه، مصرفی افزایش یافت. با بکارگیری شیرابه، غلظتهای آهن و روی در دانه برنج از ۸۷،۲ و ۲۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم در تیمار شاهد به ۲۱۸ و ۴۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم افزایش یافت. در مجموع بعلا شریاط غرقابی موجود در کشت

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

برنج و کاهش پ-هاش خاک، حالیت عناصر غذایی کم نیاز در خاک افزایش یافته و در نتیجه غلظت این عناصر در خاک و در گیاه، در کلیه تیمار بالاتر از حد بحرانی آنها بود.

اگر چه تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه، موجب کاهش عملکرد شلتوک برنج در مقایسه با شاهد گردید، با این وجود تیمارهای ۱۵۰ و ۳۰۰ تن شیرابه در هکتار، افزایش معنی‌داری در عملکرد کاه و شلتوک برنج بوجود آوردند، بطوریکه عملکرد کاه و شلتوک بترتیب از ۷ و ۴۰۲ تن در هکتار در تیمار ۳۰۰ تن شیرابه افزایش یافت. بکارگیری شیرابه زباله باعث افزایش معنی‌دار غلظت عناصر سنگین در خاک و در گیاه گردید، اما در مجموع غلظت این عناصر در خاک و در گیاه، کمتر از محدوده سمیت آنها بود.

اثرات باقیمانده شیرابه بر رشد گندم نیز از دو جهت قابل ذکر است؛ اول اینکه باقیمانده مواد آلی اضافه شده به خاک در تیمارهای شیرابه باعث بهبود وضعیت فیزیکی خاک گردید و در نتیجه شرایط مساعدی برای جوانه زنی بذور گندم فراهم ساخت. دومین تأثیر شیرابه افزایش مقدار جذب عناصر غذایی اصلی (ازت، فسفر و پتاسیم) و کم نیاز (آهن، مس، روی و منگنز) بود. اثرات باقیمانده شیرابه با فراهم ساختن بستر مناسب جهت جوانه زنی و رشد و نمو بوته‌ها، و تأمین نسبی برخی از عناصر غذایی مورد نیاز گیاه، باعث افزایش عملکرد کاه و دانه گندم در تیمارهای شیرابه (بسته به میزان شیرابه مصرفی) نسبت به شاهد گردید. بطوریکه عملکرد کاه و دانه گندم بترتیب از ۳۰۵ و ۱۶ تن در هکتار در تیمار شاهد به ۱۲۰۸ و ۳۰۹ تن در هکتار در تیمار ۶۰۰ تن در هکتار شیرابه افزایش یافت.

تولید روزافزون زباله و مواد زاید شهری سبب شده است که دفع و مصرف این مواد زاید به صورت یکی از مشکلات اساسی شهرهای بزرگ درآید. راههای مختلفی جهت دفع این مواد وجود دارد که از آن جمله می‌توان به دفن بهداشتی، سوزاندن و تولید کود کمپوست اشاره کرد. در دفن بهداشتی با مشکلات نظیر کمبود زمین نامناسب و آلودگی آبهای زیرزمینی روبرو هستیم و در روش سوزاندن علاوه بر آلودگی هوا هدر رفت مواد آلی را خواهیم داشت که در صورت ورود به خاک می‌توانند در بهبود خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نقش داشته باشند. از این رو در سالهای اخیر روش سوم توجه زیادی را به خود جلب کرده است. قبل از کاربرد کمپوست، آگاهی از اثرهای آن بر خاک و تأثیر بر رشد گیاه از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است. از جمله نکاتی که می‌بایست در هنگام افزودن کمپوست به خاک در نظر داشت عبارتند از: ۱- قابلیت استفاده نیتروژن کمپوست ۲- شوری ناشی از کاربرد کمپوست

از دیرباز معلوم شده است که کاربرد مواد آلی با نسبت C:N بالا در خاک سبب غیریویا شدن نیتروژن در هنگام تجزیه این مواد می‌شود توجه به این نکته اساسی است که حتی در صورت پایین بودن نسبت C:N در کمپوست برای تأمین کامل نیتروژن گیاه از طریق کمپوست اولاً به مصرف مقدار زیاد کمپوست نیاز می‌باشد ثانیاً مصرف این مقدار زیاد سبب افزایش سنگین و نمکهای محلول در خاک می‌شود که می‌توانند در کاهش تولید نقش داشته باشند. از طرفی معدنی شدن این مواد زاید کند و طولانی است در حالیکه جذب نیتروژن بوسیله گیاه در یک دوره نسبتاً کوتاه رشد انجام می‌گیرد. بنابراین به نظر می‌رسد که مصرف کمپوست می‌بایست با کود شیمیایی مکمل (به خصوص کود نیتروژنه) همراه باشد تا نتیجه مطلوب به دست آید. هدف از انجام تحقیق حاضر عبارت بود از:

- ۱- مقایسه قابلیت استفاده نیتروژن کمپوست با نیتروژن کود شیمیایی در ارتباط با رشد گوجه‌فرنگی ۲- بررسی تأثیر شوری ناشی از کمپوست بر رشد گوجه‌فرنگی ۳- تأثیر کمپوست و نیتروژن بر بعضی خصوصیات خاک
- در راستای هدفهای ذکر شده آزمایشی گلخانه‌ای بصورت فاکتوریل 4×4 در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار شامل چهار سطح کمپوست زباله اصفهان (۰، ۱۰، ۲۰ و ۴۰ گرم در کیلوگرم خاک) و چهار سطح نیتروژن (۰، ۵۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک به صورت اوره) در دو خاک باجگاه و کوشک انجام شد. به کلیه تیمارها مقدار ۲۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به صورت $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2 \cdot \text{H}_2\text{O}$ اضافه شد. پس از تعیین خصوصیات خاکهای به کار رفته و کمپوست مصرفی، نیتروژن و فسفر به صورت محلول و کمپوست به صورت جامد به چهار کیلوگرم خاک در کیسه‌های پلاستیکی داخل گلدانها اضافه و پس از اختلاط کامل به گلدانهای مربوط به هر تیمار انتقال داده شد. تعداد ۲۰ عدد بذر گوجه‌فرنگی (*Lycopersicon esculentum* L.) رقم ردکلود در هر گلدان کاشته و بعد از دو هفته به سه گیاه در هر گلدان تقلیل داده شد. گیاهان ۴۹ روز پس از کاشت، برداشت گردید و وزن خشک اندام هوایی، غلظت و جذب کل نیتروژن به عنوان پاسخهای گیاهی و ماده آلی، شوری، غلظت نیترات، آهن، منگنز، روی، مس، کلرید و سدیم به عنوان پاسخهای خاکی در نظر گرفته شدند. در پایان کلیه داده‌ها به وسیله برنامه کامپیوتری MSTATC تجزیه آماری گردیده و اثرهای اصلی و همکنش کمپوست و نیتروژن بر میانگین پاسخهای اندازه‌گیری شده با آزمون دانکن مقایسه شدند.

^۱ . به ترتیب دانشجوی کارشناس ارشد و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

در هر دو خاک مصرف کمپوست در تمامی سطوح سبب افزایش رشد گوجه‌فرنگی شد ولی کاربرد بالاترین سطح نیتروژن رشد گیاه را به طور معنی‌داری کاهش داد. افزایش رشد بر اثر کاربرد کمپوست، به علت ازدیاد ماده آلی، بهبود خصوصیات فیزیکی خاک و تأمین عناصر پرمصرف و کم مصرف بود و کاهش رشد در بالاترین سطح نیتروژن به سمیت ناشی از تصعید آمونیاک نسبت داده شد. شواهد حاکی از آن است که گوجه‌فرنگی نسبت به تصعید آمونیاک بسیار حساس است. بطوریکه در پژوهشهای مربوط به سمیت آمونیاک به عنوان یک گیاه شاخص به کار می‌رود. از آنجائیکه در تحقیق حاضر هر دو خاک دارای پهایش قلیایی بودن و کود اوره نیز می‌توانسته در اثر هیدرولیز مقادیر قابل توجهی آمونیاک تولید کند. سمیت ناشی از تصعید آمونیاک دور از انتظار نبود. مصرف نیتروژن سبب افزایش غلظت و جذب نیتروژن در هر دو خاک شد. گرچه تأثیر کمپوست بر افزایش غلظت نیتروژن فقط در خاک کوشک معنی‌دار بود اما در هر دو خاک با افزایش سطوح کمپوست جذب کل نیتروژن به طور معنی‌داری افزایش یافت. این امر معمول پایین بودن نسبت $C:N$ (۱۵:۱) در کمپوست مصرفی بود. در خاک کوشک تأثیر کمپوست در تأثیر کمپوست بر جذب کل نیتروژن کاسته شد که در واقع به علت قابلیت استفاده بیشتر نیتروژن کود شیمیایی در مقایسه با نیتروژن کمپوست بود.

بررسی خصوصیات خاکهای تیمار شده با کمپوست حاکی از آن بود که در خاک باجگاه مصرف کمپوست باعث افزایش ماده آلی، شوری، غلظت آهن، منگنز، روی، مس، سدیم و کلرید شده است. در خاک کوشک کمپوست تأثیر معنی‌داری بر غلظت منگنز نداشت اما روند تغییر سایر پاسخها مشابه خاک باجگاه بود. در هر دو خاک افزایش غلظت نترات در سطح ۲۰۰ میلی‌گرم نیتروژن در کیلوگرم خاک بسیار چشمگیر بود. همچنین با افزایش سطوح نیتروژن مصرفی و غلظت کلرید خاک افزایش یافت ولی در تمامی تیمارها (شامل سطوح مصرفی کمپوست) افزایش شوری خاک کمتر از حد تحمل گوجه‌فرنگی بود. مقدار افزایش کلرید بر اثر کاربرد نیتروژن به سطوح کمپوست مصرفی بستگی داشت بطوریکه در هر دو خاک در سطح صفر کمپوست کاربرد نیتروژن سبب تغییر ناچیزی در غلظت کلرید شد اما در حضور کمپوست مصرف نیتروژن با افزایش قابل توجه کلرید خاک همراه بود. به طور کلی می‌توان گفت که درجه پوسیدگی و نسبت $C:N$ کمپوست از اساسی ترین عوامل مؤثر در قابلیت استفاده نیتروژن می‌باشد. بنابراین توصیه می‌شود که بلافاصله قبل از کمپوست این نسبت در آزمایشگاه تعیین شود. تحت شرایط آزمایش حاضر مهم‌ترین مشکل کاربرد کمپوست ازدیاد شوری خاک بود. گرچه این افزایش شوری تأثیر سوئی بر رشد گوجه‌فرنگی نداشت ولی در مورد گیاهان حساس می‌توانست خطر آفرین باشد.

از عوامل مهمی که سبب محدودیت جذب فسفر در خاکهای منطقه اصفهان می‌گردد pH بالا و مقادیر زیاد کلسیم در این خاکها می‌باشد. مصرف مواد آلی موجب تولید اسیدهای آلی و افزایش فعالیت میکروبی خاک شده و تخلخل خاک را افزایش می‌دهد. مصرف گوگرد نیز موجب کاهش موضعی pH و افزایش حلالیت فسفات‌ها می‌گردد. بدلیل اینکه زارعین هر ساله مقادیر زیادی کود فسفره بدون اینکه از سرنوشت آن اطلاعی داشته باشند به خاک اضافه می‌نمایند. در نتیجه بعد از چندین سال مقادیر قابل توجهی فسفر در خاک تجمع حاصل کرده و موجبات برهم خوردن تعادل عناصر غذایی در خاک می‌گردد. این امر سبب می‌شود که با افزایش کودهای فسفره نه تنها افزایش عملکرد نداشته بلکه در دراز مدت موجب کاهش پتانسیل تولید خاک نیز می‌گردد. به منظور مصرف بهینه کودهای فسفره و استفاده از فسفر ذخیره خاک از ترکیبات آلی نظیر کمپوست و گوگرد استفاده گردیده است. بالا بردن راندمان مصرف کودهای فسفره، متعادل ساختن عناصر غذایی در خاک، بررسی تأثیر اثر مواد آلی (کمپوست) و گوگرد در افزایش قابلیت جذب فسفر خاک، اثر باقیمانده کودهای فسفره در خاک و تعیین میزان مصرف متعادل فسفره همراه با کودهای آلی و گوگرد از اهداف این طرح محسوب می‌گردد.

این آزمایش در ایستگاه تحقیقات رودشت اصفهان در سال ۱۳۷۲ در یک طرح آماری کرت‌های دوبارخرد شده در سه تکرار بر روی گیاه ذرت اجرا گردید و سپس با یک تناوب زراعی گندم، چغندرقتد، در کرت‌های دائم به مدت چهار سال ادامه یافت. تیمارهای آزمایش شامل گوگرد در دو سطح S0 و S1 با مقادیر صفر و ۳۰۰۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار در کرت‌های اصلی و تیمار دوم، کمپوست در دو سطح C0 و C1 با مقادیر صفر و سی هزار کیلوگرم در هکتار در کرت‌های فرعی و تیمار سوم، فسفر در پنج سطح P0، P1، P2، P3 و P4 با مقادیر صفر، ۲۵، ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ کیلوگرم P_2O_5 در هکتار در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. مقادیر گوگرد، کمپوست و فسفر تیمارها قبل از کاشت اولین محصول (ذرت) به خاک اضافه شد و از آن پس تا پایان دوره آزمایش فقط ازت مورد نیاز براساس آزمون خاک برای هر گیاه مصرف گردیده است. تعداد کل کرت‌های آزمایشی برابر ۶۰ کرت و هر کرت آزمایشی برابر ۱۵ متر مربع در نظر گرفته شد. قبل از عملیات کاشت و اعمال تیمارهای آزمایش از خاک مزرعه نمونه‌برداری مرکب انجام گرفت و تجزیه‌های لازم از جمله اسیدیته، هدایت الکتریکی، میزان گچ، آهنک، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب و برخی از خصوصیات فیزیکی خاک اندازه‌گیری گردید. بعد از برداشت هر محصول نیز مجدداً اقدام به نمونه‌برداری و انجام تجزیه‌های آزمایشگاهی گردید.

نتایج حاصله از اجرای طرح در سالهای مختلف آزمایش نشان داده که گیاه ذرت در سال اول آزمایش بالاترین عملکرد خشک گیاه مربوط به تیمار کود آلی کمپوست همراه گوگرد (C1S1) و در سطح پنجاه کیلوگرم کود فسفره بوده است که این اثر افزایشی در تمام تیمارهای فوق در سطح یک درصد معنی‌دار شده است. در ضمن مصرف توأم کود آلی کمپوست و گوگرد سبب افزایش میزان فسفر قابل جذب خاک شده و میزان عملکرد خشک گیاه ذرت را افزایش داده است. در سال دوم آزمایش (پس از برداشت گندم) نتایج نشان داده است که باقیمانده کود کمپوست و گوگرد بر روی عملکرد دانه گندم اثر معنی‌داری نداشته و در سال سوم آزمایش (پس از برداشت چغندرقتد) نتایج نشان داده که اثر کمپوست بر عملکرد چغندرقتد در سطح ۱ درصد معنی‌دار بوده است ولی سایر تیمارها اثر معنی‌داری نداشته‌اند. و در سال چهارم آزمایش (پس از برداشت گندم) نتایج حاکی از آن است که مصرف کمپوست در سالهای قبل بر روی عملکرد دانه گندم اثر داشته و آنرا افزایش داده

^۱ . به ترتیب کارشناس ارشد و اعضای هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب استان اصفهان

است ولی تیمارهای دیگر اثر معنی‌داری بر عملکرد دانه گندم نداشته‌اند. در سال پنجم آزمایش (پس از برداشت چغندرقند) نتایج نشان داده است که اثر تیمارهای گوگرد و کمپوست بر عملکرد چغندرقند معنی‌دار نشده است بطور خلاصه در سال اول اثر گوگرد، کمپوست و فسفر باعث افزایش عملکرد ذرت گردیده، لیکن در سالهای بعد و برروی سایر گیاهان (گندم و چغندرقند) اثرات گوگرد و فسفر بر عملکرد معنی‌دار نشده لیکن اثر کمپوست برروی عملکرد جذب فسفر در خاک گردیده لیکن مصرف گوگرد تأثیر زیادی بر روی فسفر قابل جذب خاک نداشته است. مصرف گوگرد و کمپوست باعث افزایش قابلیت نفوذ آب در خاک و درصد مواد آلی خاک در سالهای اولیه آزمایش شده است.

کمبود منیزیم در مرکبات موجب تشدید سال‌آوری، کاهش مقاومت در برابر سرما، کاهش خواص انباری میوه و بالاخره ریزش برگ و خشکیدگی سرشاخه‌ها می‌گردد. علائم کمبود در هر فصلی ممکن است مشاهده شود ولی عمدتاً در اواخر تابستان و پائیز همزمان با رسیدن میوه‌ها ظاهر می‌گردد. برگ‌ها تا بروز اولین علائم کمبود از نظر رنگ و اندازه کاملاً طبیعی به نظر می‌رسند ولی با شروع کمبود لکه‌های نامنظم زرد رنگ در اطراف رگبرگ اصلی برگ‌های اطراف میوه ظاهر می‌شود. با پیشرفت کمبود این لکه‌ها تدریجاً به هم پیوسته و یک نوار نامنظم کلروزی را در طرفین رگبرگ اصلی بوجود می‌آورند. در مازندران علائم کمبود منیزیم در سال ۱۳۵۸ دیده شد و در سال ۱۳۵۹ تجزیه برگ یکی از باغات که به علت شدت کمبود دچار خزان و خشکیدگی سرشاخه‌ها شده بود غلظت منیزیم در برگ را ۰٫۱۱ درصد نشان داد. در مطالعات بعدی که در دهه ۶۰ انجام شد کمبود پنهان و آشکار این عنصر تأیید و مشاهده شد که در شرایطی که غلظت منیزیم کمتر از ۰٫۴۰ درصد بوده است، بتدریج علائم خفیف کمبود ظاهر و در غلظت کمتر از ۰٫۲۰ درصد تمام سطح برگ بجز نوک و محل اتصال برگ به دمبرگ کلروزه می‌شود. بعلاوه با افزایش نسبت K/Mg از ۳ به بالا، غلظت منیزیم در برگ کاهش یافته و علائم کمبود ظاهر شده است.

به منظور رفع عارضه مذکور در یک آزمایش مزرعه‌ای در خاک دارای بافت نسبتاً ریز لوم رسی سیلتی با pH برابر ۷٫۵، و غلظت کلسیم و منیزیم محلول به ترتیب ۲ میلی‌اکی‌والان در لیتر عصاره اشباع بر روی نارنگی رقم انشو با پایه نارنج، تیمارهای یکبار محلول پاشی با سولفات منیزیم دو درصد در تیمار (S₁)، دوبار محلول پاشی با سولفات منیزیم دو درصد در ماههای تیر و شهریور (S₂)، مصرف خاکی سولفات منیزیم به مقدار یک کیلوگرم در سایه انداز درخت (S₃)، مصرف کود ازته سولفات آمونیوم دوبرابر مقدار متداول مصرفی (S₄) و یک‌تیمار شاهد (S₀)، به طور سالیانه و به مدت سه سال در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی در یکی از باغهای ساری که علائم آشکار کمبود منیزیم را نشان داده و غلظت منیزیم برگ درختان ۰٫۲۰ درصد بود انجام شد. در کلیه تیمارها کودهای ازته و فسفره بطور یکنواخت مصرف گردیده است. نتایج بدست آمده نشان داده است که؛ در سال اول آزمایش، بین میانگین تیمارها اختلاف معنی‌داری وجود نداشت لیکن تیمار (S₄) نسبت به تیمارهای دیگر وضعیت بهتری داشت. در سال دوم آزمایش، اختلاف معنی‌داری بین میانگین تیمارها در سطح یک درصد وجود داشت بطوریکه تیمار (S₃) در گروه اول و S₀، S₁ و S₂ در گروه دوم و S₄ در گروه سوم قرار داشتند. در سال سوم آزمایش، بین میانگین تیمارها اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد بوجود آمده، تیمار S₂، S₄ در گروه اول، S₁، S₂ در گروه دوم و S₃، S₀ و S₁ در گروه سوم قرار گرفتند. در تیمارهای دوبار محلول پاشی علائم کمبود در سال اول برطرف شد بعلاوه افزایش جذب ازت، پتاس و نیز میکروالمنتهای روی، منگنز و مس در برگ مشاهده گردید. در سایر تیمارها بجز شاهد نیز تدریجاً در طی سه سال علائم کمبود برطرف گردیده است. در کلیه تیمارها بجز شاهد روند افزایش غلظت منیزیم در برگ مشاهده شده است.

^۱. کارشناس و سرپرست بخش تحقیقات خاک و آب مازندران

استان گیلان مهمترین منطقه تولید بادام زمینی در سطح کشور می‌باشد. با توجه به اهمیت اقتصادی و ارزش غذایی فراوانی که این گیاه دارد، کشت آن مورد استقبال روزافزون کشاورزان سایر مناطق کشور نیز قرار گرفته است. با این وجود مطالعات انجام شده در زمینه نیازهای کودی این گیاه در سطح کشور، بسیار کم بوده و خصوصاً در مورد وضعیت گوگرد در اراضی زیرکشت این محصول تا کنون بررسی‌هایی انجام نشده است. لذا این تحقیق با هدف بررسی اثر منابع مختلف گوگرد بر شاخص‌های رشد و عملکرد بادام زمینی در منطقه گیلان به اجرا در آمد. این آزمایش با استفاده از یک طرح کرت‌های خرد شده در قالب بلوک‌های کامل تصادفی در ۴ تکرار انجام گرفت که کرت‌ها اصلی، نوع کود گوگردار و کرت‌های فرعی مقدار مصرف آنها را شامل می‌شدند. کودهای مصرفی عبارت بودند از: گوگرد عنصری و گچ و تیمارهای مصرف گوگرد نیز به ترتیب ۰، ۲۰، ۴۰ و ۸۰ کیلوگرم گوگرد در هکتار بودند که از منابع گوگرد عنصری و گچ تأمین شدند. تیمارهای گوگرد عنصری ۲ هفته قبل از کاشت و تیمارهای گچ در زمان کاشت با خاک مخلوط شدند. ویژگی‌های مورد بررسی عبارت بودند از: ۱- پارامترهای خاک شامل: pH و EC خاک که با فواصل زمانی یک ماهه از ۳۱ تا ۱۲۴ روز پس از کاشت در گل اشباع اندازه‌گیری شدند. ۲- غلظت عناصر غذایی ازت، فسفر و پتاسیم در قسمت‌های هوایی گیاه در مراحل گلدهی و برداشت که به ترتیب با روش‌های تیتراسیون بعد از تقطیر با استفاده از سیستم اتوماتیک (کجل تک اتو آنالیزر)، کالریمتری (رنگ زرد و انادات مولیبدات) و تعیین غلظت در مقابل محلول‌های شاهد و استاندارد از طریق رسم منحنی و روش فلاپم قنومتری انجام شد. ۳- شاخص‌های رشد که عبارت بودند از: شاخص سطح برگ، سرعت رشد گیاه، سرعت رشد غلاف، ضریب تسهیم و دوره مؤثر پرشدن غلاف که جهت آنالیز رشد در کلیه کرت‌ها از ۳۷ تا ۱۴۵ روز پس از کاشت با فواصل ۲ هفته‌ای، ۴ بوته در هر کرت به عنوان نمونه برداشت شدند. پس از نمونه‌برداری یک نمونه فرعی به طور تصادفی و به صورت میانگینی از ۴ بوته انتخاب و سپس این نمونه فرعی به قسمت‌های برگ، ساقه (ساقه، گله‌ها و پگ‌ها) و غلاف تقسیم گردید. آنگاه اندازه‌گیری‌های لازم بر روی آنها انجام شد. ۴- عملکرد و اجزاء عملکرد بادام زمینی شامل: تعداد غلاف در گیاه، تعداد غلاف رسیده در هر بوته، وزن هر غلاف، عملکرد غلاف، عملکرد قسمت‌های هوایی گیاه و شاخص برداشت ۵- خصوصیات کمی دانه بادام زمینی شامل: وزن صددانه، درصد مغزدهی و عملکرد دانه ۶- خصوصیات کیفی دانه بادام زمینی که عبارتند از: مقدار پروتئین دانه، مقدار روغن دانه و عملکرد روغن که مقدار پروتئین با استفاده از حاصلضرب مقدار ازت کل در ضریب ۵۰۴۶ محاسبه شد و برای تعیین مقدار روغن دانه نیز از روش جداسازی توسط حلال استفاده گردید. تجزیه واریانس صفات مورد مطالعه نشان داد که در اکثر موارد اثر نوع کود بر خصوصیات بررسی شده معنی‌دار نبوده و با مصرف هر دو ماده (گوگرد عنصری و گچ) ویژگی‌های مورد بررسی افزایش پیدا کرده‌اند. همچنین مشخص شد که تغییرات ایجاد شده در صفات مورد مطالعه ناشی از مقدار مصرف هر یک از این دو ماده می‌باشد. مقایسه میانگین صفات مورد مطالعه مشخص کرد که گچ در مراحل اولیه رشد pH خاک را کمی کاهش داد. اما گوگرد عنصری پس از اکسیداسیون کامل باعث کاهش بیشتر pH خاک گردید. غلظت عناصر غذایی (ازت، فسفر و پتاسیم) در قسمت‌های هوایی گیاه (زمان گلدهی) در تیمارهای گچ نسبت به تیمارهای گوگرد عنصری افزایش بیشتری یافت. اما در زمان برداشت اثر تیمارهای گوگرد عنصری بر غلظت عناصر غذایی بیشتری از تیمارهای گچ بود. شاخص سطح

^۱ . به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان؛ استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

برگ نیز در تیمارهای گچ زودتر از تیمارهای گوگرد عنصری افزایش یافت اما پس از اکسیداسیون گوگرد عنصری در خاک شاخص سطح برگ نیز در تیمارهای این ماده (نسبت به تیمارهای گچ) افزایش بیشتری پیدا کرد. همچنین اثر تیمار ۸۰ کیلوگرم در هکتار گوگرد عنصری بر سرعت رشد گیاه، سرعت رشد غلاف، تعداد غلاف در گیاه، عملکرد قسمتهای هوایی، وزن هر غلاف، وزن صد دانه، درصد مغزدهی و مقدار پروتئین دانه بیشتر از اثر سایر تیمارها بود. اما EC خاک، عملکرد غلاف، تعداد غلاف رسیده در هر بوته، شاخص برداشت، عملکرد دانه، مقدار روغن دانه و عملکرد روغن در تیمار ۸۰ کیلوگرم در هکتار گچ (نسبت به سایر تیمارها) بیشتر افزایش یافتند. براساس نتایج به دست آمده بهترین تیمار گوگرد جهت افزایش رشد و عملکرد بادام زمینی در منطقه تیمار ۸۰ کیلوگرم در هکتار گچ تشخیص داده شد.

در اراضی کشاورزی جنوب تهران از فاضلابهای انتقالی از مناطق مختلف تهران بعنوان آب آبیاری و از لجن این فاضلابها بعنوان کود آلی استفاده می‌گردد. این فاضلابها آلوده به عناصر سنگین بوده و استفاده ناصحیح از آنها در این منطقه مسائل زیست محیطی عدیده‌ای را ایجاد نموده است. در این اراضی سطح آب زیرزمینی بالا بوده و بر اثر نفوذ عمقی آب آبیاری، بخشی از پساب مصرفی به آب زیرزمینی می‌پیوندد. در چنین شرایطی مسأله آلودگی آبهای زیرزمینی این مناطق به عناصر سنگین بعنوان یک خطر مهم زیست محیطی مطرح می‌گردد. ولی پاسخ به مسأله امکان آلودگی به چگونگی عمقی عناصر سنگین در این خاکها بستگی دارد.

در این تحقیق چگونگی حرکت عناصر سنگین نیکل، کادمیوم و سرب در این خاکها در اثر آبیاری با فاضلابهای جنوب تهران در شرایط آزمایشگاهی و نیز امکان کاهش حرکت این عناصر در خاک در اثر افزودن مواد اصلاحی مختلف مورد بررسی قرار گرفت.

برای انجام این بررسی، شش نمونه مرکب از خاکهای جنوب تهران که بافت آنها در دامنه رسی تا شنی قرار داشت و نیز دو نمونه خاکهای اطراف زنجان که درصد مواد آلی و آهک آنها بسیار کم (نزدیک به صفر) بود تهیه گردید. خصوصیات خاکها از قبیل CEC, SP, pH، درصد آهک، درصد مواد آلی و بافت خاک تعیین گردید. از هر نمونه خاک (دو تکرار) ستونهای خاکی در لوله‌های PVC به قطر ۴٫۶ و طول ۱۰۰ سانتی‌متر تهیه گردید. این ستونها با فاضلاب برداشت شده از نهر امین آباد جنوب تهران (که هر هفته یکبار برداشت و پس از صاف کردن به منظور افزایش غلظت تا حدود ۲۵ برابر، با محلول حاوی سه عنصر نیکل، کادمیوم و سرب تیمار می‌گردید) آبیاری شدند علاوه بر این در دو خاک سبک بافت ستونهای جداگانه‌ای از این خاکها با فاضلاب خام (بدون تیمار با محلول حاوی عناصر فوق) آبیاری گردیدند. آبیاری ستونهای خاک با گذاشتن ۱۰ سانتی‌متر آب روی خاک انجام و آبیاری مجدد دو روز پس از ناپدید شدن آب از سطح خاکها انجام گرفت. پس از اتمام دوره آبیاری (که طی آن معادل ۳۰۰۰۰ متر مکعب فاضلاب در هر هکتار مصرف گردید) ستونهای خاک به قطعاتی به ضخامت ۱ cm (تا عمق ۱۰ cm)، ۲ cm (تا عمق ۲۰ cm) و ۵ cm (تا انتهای ستون) بریده شده و غلظت سه عنصر سنگین موجود در قطعات (برحسب mg kg^{-1} اندازه‌گیری شد. علاوه بر این، درآزمایش دیگری ظرفیت نسبی جذب یا نگهداری عناصر فوق‌الذکر توسط نمونه‌های خاک و نیز مواد اصلاحی شامل کربنات کلسیم، سدیم زئولایت، سدیم بنتونایت، اپالیت و اکسید آهن اندازه‌گیری و مقایسه شدند.

نتایج حاصل از این بررسی به شرح زیر است.

۱- سه عنصر نیکل، کادمیوم و سرب بیشتر در قسمتهای سطحی خاک (تا دو سانتی‌متر سطح) تجمع یافته و حرکت زیادی به قسمتهای پائین پروفیل (حتی در خاکهای شنی) نداشته‌اند. حرکت عمودی این سه عنصر بر اثر مصرف فاضلاب تیمار شده بسته به نوع خاک برای نیکل در ۵ تا ۹، برای کادمیوم در ۶ تا ۱۰ و برای سرب در ۹ تا ۱۲ سانتی‌متر از سطح خاک متوقف شده است. این موضوع نشان دهنده سرعت و ظرفیت جذب بالای این خاکها - حتی خاکهای شنی - برای این عناصر می‌باشد.

۲- مقایسه حرکت این سه عنصر در خاکهای سبک بافت در دو تیمار فاضلاب خام و فاضلاب تیمار شده با عناصر سنگین نشان می‌دهد که روند تجمع این سه عنصر در دو تیمار با یکدیگر مشابه ولی عمق حرکت در تیمار دوم یعنی تیماری

که به فاضلاب سه عنصر فوق‌الذکر اضافه شده اندکی افزایش یافته است، اما این افزایش با افزایش غلظت متناسب نبوده و بسیار کمتر است.

۳- در خاکهای بدون آهک و مواد آلی، نیکل، کادمیوم و سرب مانند سایر نمونه‌ها در قسمتهای سطحی خاک تجمع یافته‌اند و حرکت زیادی به پائین پروفیل خاک نداشته‌اند.

۴- با توجه به اینکه روند حرکت و تجمع سه عنصر در خاکهای با بافت مختلف تفاوت زیادی با هم نداشته، می‌توان گفت که بافت خاک اثر قاطع و تعیین کننده‌ای بر روند تجمع و حرکت این سه عنصر ندارد.

۵- در بین سه عنصر، سرب حرکت بیشتری به قسمتهای پائین پروفیل تمام خاکها داشته است و کمترین حرکت مربوط به نیکل می‌باشد.

۶- در بین پنج ماده اصلاح کننده کربنات کلسیم، سدیم زئولایت، ایلایت، هوماتیت و سدیم بنتونایت، دو ماده کربنات کلسیم و سدیم بنتونایت بیشترین درصد جذب سه عنصر و ایلایت کمترین درصد جذب را داشته است.

۷- بیشترین تفاوت جذب سه عنصر فوق در بین سه ماده سدیم زئولایت، ایلایت و هوماتیت، کمترین تفاوت در بین کربنات کلسیم و سدیم بنتونایت دیده می‌شود.

۸- در صورت اضافه شدن کربنات کلسیم و سدیم بنتونایت به تمام خاکها، ظرفیت جذب کادمیوم این خاکها بالا می‌رود، ولی برای سرب و نیکل، این دو ماده اصلاحی فقط قادر به بالا بردن ظرفیت جذب خاکهای لومی بدون کربنات کلسیم و مواد آلی و نیز خاکهای سبک بافت می‌باشند.

۹- در بین دو ماده کربنات کلسیم و سدیم بنتونایت، کربنات کلسیم، بعلاوه و فور و قیمت مناسب که دارد نسبت به سدیم بنتونایت ارجحیت دارد. بنابراین کربنات کلسیم بعنوان بهترین ماده برای افزودن به خاکهای دارای ظرفیت کم جذب نیکل، کادمیوم و سرب پیشنهاد می‌گردد.

۱۰- این بررسی نشان می‌دهد که با توجه به تحرک^۱ بسیار کم و ظرفیت جذب زیاد عناصر سنگین در خاکهای جنوب تهران، به احتمال زیاد مصرف فاضلابهای جنوب تهران بعنوان آب آبیاری (حتی در دراز مدت در صورت ثابت بودن شرایط) موجب آلوده شدن آبهای زیرزمینی این مناطق به این سه عنصر نمی‌گردد. البته این موضوع بمعنی تأیید شیوه کنونی مصرف فاضلاب بعنوان آب آبیاری در این مناطق نیست، زیرا این طریق مصرف موجب مشکلات عدیده بهداشتی و زیست محیطی می‌گردد، بلکه صرفاً مبین آنست که آلوده شدن آبهای زیرزمینی این مناطق به عناصر سنگین از این طریق غیر محتمل می‌باشد. البته بهترین شیوه آنست که اجازه داده نشود پسابهای شهری به فلزات سنگین آلوده شوند و برای اینکار لازمست مبادی آلوده کننده پسابهای شناسائی و کنترل گردند.

خاک بعنوان یکی از اجزاء مهم محیط زیست، دریافت کننده بسیاری از پس ماندها و مواد زائد و سمی حاصل از فعالیتهای انسان است. از بین منابع مختلف آلاینده خاک، ذرات سرب خروجی از آگزوز وسائط نقلیه بنزین سوز اهمیت ویژه‌ای دارد.

در آمریکا مصرف الکیل سرب سالانه حدود ۳۰۰۰۰۰ تن است که در آن ۱۸۰۰۰۰ تن توسط وسائط نقلیه در اتمسفر پخش میگردد در نیوزلند با افزایش سریع تعداد وسائط نقلیه از ۵۰۵۰۰۰ به ۹۱۱۰۰۰ طی سالهای ۱۹۶۰ تا ۱۹۷۰ مصرف سوخت بنزین از ۱۰۵۰ به ۱۸۰۰ میلیون لیتر رسید و در طول ۱۰ سال بر اساس ۰/۷ گرم سرب در لیتر بنزین مصرفی مقدار سرب خروجی از آگزوزها ۷۰۰ تن بوده است. در کشور ما با توجه به توسعه صنعتی در چند دهه اخیر و برنامه ریزیهای آتی و همچنین روند روبه رشد تعداد وسائط نقلیه بنزین سوز، و اینکه عنصر سرب با ایجاد اثرات سمی شدید در انسان و دیگر جانداران نقش مهمی در آلودگی محیط زیست در قرن حاضر دارد بررسی و تحقیق بر روی این عنصر و اثرات آن در چرخه زیست محیطی از جمله خاک به عنوان سومین جزء عمده محیط زیست از اهمیتی خاص برخوردار است لذا مطالعه و بررسی خاکهای متأثر از آلودگی سرب حاصل از سوخت وسائط نقلیه می‌تواند در ردیابی این عنصر و عناصر مشابه در زنجیره غذایی رهنمون باشد.

دانش ما از مقدار کل عناصر سنگین در خاکهای آلوده کافی نیست به این دلیل تعیین گونه‌های یک فلز برای ارزیابی رفتار آن در محیط و ظرفیت حرکت آن خاکهای آلوده مهم است. عصاره‌گیری دنباله‌ای جهت ارزیابی تغییرات سرب در خاک و پیگیری منبع آلوده کننده از نظر وضعیت و قابلیت دستیابی مورد استفاده قرار می‌گیرد. از طرفی شناسائی و تعیین شکلهای شیمیائی عنصر آلوده کننده ما را در بررسی مبارزه با آلودگی یا وضعیت آن از نظر اعلام خطر آگاه می‌سازد.

هر مرحله از عصاره‌گیری دنباله‌ای نشانگر شکل مختلفی از عنصر است. در بخش تبادل عنصر به صورت یون جذب شده و قابل تبادل است که آزاد سازی آن با یک محلول یا یک کاتیون اضافی حاضر انجام می‌شود. بخش کربنات شامل شکلی از فلز است که رسوب کرده یا با رسوبات وجود دارد که جهت عصاره کشی آن از اسید ملایم استفاده می‌شود. در بخش اکسید آهن منگنز که بطور خاص عنصر به آنها جذب شده یا با رسوبات بوده، عنصر بوسیله احیاء و در بخش مواد آلی عنصر جذب یا کمپلکس شده با اکسایش توسط اکسید کننده‌هایی چون H_2O_2 آزاد می‌گردد و نهایتاً در بخش تنمۀ عنصر توسط اسید قوی عصاره‌گیری می‌شود بنابراین عصاره‌گیری دنباله‌ای اطلاعات مفیدی در مورد قابلیت در دسترس عنصر، اختلاف شیمیائی بین نمونه‌ها و تغییرات شیمیائی عنصر را در خاک مورد مطالعه در اختیار قرار می‌دهد.

تحقیق حاضر با هدف بررسی مقدار و شکلهای شیمیائی عنصر سرب در خاکهای اطراف بزرگراههای رشت - انزلی، کلاچای - رامسر، تهران - کرج و اصفهان - تهران انجام گرفت. نمونه‌های خاک بقواصل ۱، ۲، ۴، ۸، ۱۰، ۲۰، ۴۰، ۶۰، ۸۰ متر از حاشیه جاده‌های مذکور و از چهار عمق برداشت و شکلهای تبدیلی، وابسته به مواد آلی، کربنات، وابسته به اکسیدهای آهن و منگنز، شکل باقیمانده و همچنین غلظت کل سرب در نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. جهت عصاره‌گیری دنباله‌ای از روش تسییر و همکاران (۱۹۸۴) که مورد تأیید بسیاری از محققان بوده و در تفکیک بخش کربنات موفق تر از روشهای دیگر بوده است استفاده گردید.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد، استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

نتایج نشان داد که غلظت شکل‌های شیمیائی سرب در خاک‌های اطراف بزرگراه‌های مورد مطالعه به ترتیب روند زیر را دنبال می‌کنند.

بزرگراه‌های رشت - انزلی، کلاچای - رامسر و اصفهان تهران (غرب جاده):

تبادلی > مواد آلی > کربنات > اکسیدهای آهن - منگنز > باقیمانده

بزرگراه تهران - کرج:

تبادلی > مواد آلی > باقیمانده > اکسیدهای آهن - منگنز > کربنات

بزرگراه اصفهان - تهران (شرق جاده):

تبادلی > مواد آلی > کربنات > باقیمانده > اکسیدهای آهن - منگنز

شکل‌های تبادلی در کلیه نمونه‌ها ناچیز بوده و شکل وابسته به مواد آلی کم می‌باشد. شکل باقیمانده خاک‌های بزرگراه‌های رشت - انزلی، کلاچای - رامسر و اصفهان - تهران (غرب جاده) شکل غالب است اما در بزرگراه تهران - کرج شکل غالب کربنات و در بزرگراه اصفهان - تهران (شرق جاده) شکل غالب وابسته به اکسیدهای آهن و منگنز می‌باشد.

بررسی‌ها نشان می‌دهد که نتایج با یافته‌های محققان مطابقت دارد و غلظت سرب وابسته به شکل‌های شیمیائی به میزان ترافیک جاده و مقدار ذرات سرب خروجی از اگزوزها بستگی دارد. هر قدر میزان سرب اضافه شده بیشتر باشد شکل‌های وابسته به کربنات و اکسیدهای آهن - منگنز نسبت به شکل‌های دیگر برتری می‌یابند. از طرف دیگر مقدار نسبی شکل‌های کربناته و وابسته به اکسیدهای آهن و منگنز در کنار جاده‌ها بالا بوده و با فاصله از جاده کاهش می‌یابد. در حالیکه مقدار نسبی شکل باقیمانده روندی عکس را داراست. در شرایط آلودگی کم خاک شکل شیمیایی غالب شکل باقیمانده و آلودگی زیاد خاک شکل غالب شیمیایی شکل کربناته می‌باشد بنابراین با بررسی وضعیت شکل‌های عنصر سرب در خاک می‌توان درجه آلودگی خاک را مشخص نمود که در مطالعه حاضر خاک‌های حاشیه بزرگراه تهران - کرج دارای آلودگی شدید، خاک‌های اطراف بزرگراه‌های رشت - انزلی و اصفهان - تهران (شرق جاده) دارای آلودگی متوسط و خاک‌های اطراف بزرگراه‌های کلاچای - رامسر و اصفهان - تهران (غرب جاده) دارای آلودگی کم می‌باشند. همچنین نتایج نشان داد که غلظت سرب کل نمونه‌های خاک با فاصله از جاده و از سطح به عمق کاهش یافته در ارتباط مستقیم با مقدار ترافیک جاده‌های مورد مطالعه است.

ارزیابی آبشویی عناصر در خاک از جنبه‌های تغذیه گیاه، آلودگی خاک و آبهای زیرزمینی و حاصلخیزی خاک حائز اهمیت است. سلنیم یکی از عناصر غذایی ضروری برای انسان و حیوانات است که کمبود و زیاد بود آن سبب بیماری‌های گوناگونی در انسان و دام گردیده می‌شود. قابلیت تحرک نسبی سلنیم در شرایط اکسیدی و اسیدی، زیاد و در شرایط خنثی تا قلیایی، خیلی زیاد و در شرایط احیایی، خیلی کم تا بی تحرک است. با توجه به pH بالای خاکهای مناطق مرکزی ایران و همچنین عدم وجود اطلاعات دقیق در ارتباط با وضعیت حرکت سلنیم در این خاکها، بررسی حرکت این عنصر در این مناطق از اولویت خاصی برخوردار است. بنابراین هدف از اجرای این طرح ارزیابی تأثیر خاک‌های مختلف از نظر بافت، ظرفیت تبدیلی کاتیونی و مواد آلی بر حرکت سلنیم می‌باشد.

چهار خاک متفاوت از دو استان چهارمحال بختیاری (سری شهرک، سری بلداجی و سری سپیددشت) و اصفهان (سری نجف آباد) انتخاب گردید. خاکها پس از آماده شدن در آزمایشگاه در داخل ستونی از جنس پلی وینیل کلراید به قطر ۶ و ارتفاع ۳۰ سانتی‌متر با وزن مخصوص ظاهری ۱.۳۲۵ گرم در سانتی‌متر مکعب به صورت مرحله‌ای متراکم گردید. ستون‌های خاک به مدت یک هفته به وسیله کلرید کلسیم ۰.۰۵ مولار اشباع گردید و به مدت ۴۸ ساعت، محلول کلرید کلسیم ۰.۰۵ مولار از آن عبور داده شد تا یونهای دیگر خارج شده و شرایط اولیه معینی در ستون خاک ایجاد گردد. سپس محلولی حاوی ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر نیترات، ۳۰۰ میلی‌گرم بر لیتر سلنیم-سلنیت و ۱۲۱۵ میلی‌گرم بر لیتر منیزیم از ستون خاک عبور داده شد. زه آب خروجی از ستون در هر ۱۵ دقیقه جمع‌آوری و غلظت عناصر فوق در آنها اندازه‌گیری شد و منحنیهای رخنه برای هر خاک تعیین گردید. پس از برازش معادله یک بعدی انتقال املاح (مدل CDM) بر داده‌ها مقادیر پارامترهای ضریب دیرآیی و ضریب پخشیدگی - پراکنش برای هر عنصر و در هر ستون تعیین گردید.

این مطالعه نشان داد که مدل استفاده شده به خوبی می‌تواند انتقال و انباشتگی املاح را در خاک برآورد نماید. یون کلر و یون کلسیم در تمام ستون‌ها اولین و آخرین یون‌هایی بودند که از ستونهای خاک خارج شدند. در خاک سری شهرک که دارای مقدار رس و ظرفیت تبادل کاتیونی زیادی است، ترتیب یونهای خروجی به قرار کلر، نیترات، سلنیت، منیزیم و کلسیم می‌باشد. در خاک سری بلداجی که دارای مقدار ماده آلی زیاد است، ترتیب یونهای خروجی به قرار کلر، سلنیت، نیترات، منیزیم و کلسیم می‌باشد. در خاک سری سپیددشت که دارای مقدار متوسط مواد آلی، رس و ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشد، ترتیب یونهای خروجی به قرار کلر، سلنیت، نیترات، کلسیم و منیزیم بود. در خاک سری نجف‌آباد که دارای مقدار بافت شنی می‌باشد، ترتیب یونهای خروجی به قرار کلر، سلنیت، نیترات، منیزیم و کلسیم بود. مقادیر برازش یافته ضریب دیرآیی نشان داد که پایین‌ترین مقدار ضریب دیرآیی سلنیت در خاک سری بلداجی و بالاترین ضریب دیرآیی سلنیت در خاک سری شهرک است و تفاوت بین ضریب دیرآیی سلنیت در خاکها در سطح ۱ درصد معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگین ضریب پخشیدگی سلنیت در خاکها نشان داد که در خاک سری شهرک با بافت سنگین، ضریب پخشیدگی-پراکنش سلنیت کمترین و در خاک سری نجف‌آباد با بافت شنی بیشترین مقدار است و همچنین این مقایسه نشان داد که ضریب پخشیدگی سلنیت در خاکها در سطح ۱ درصد دارای تفاوت معنی‌داری می‌باشد. بین مقادیر مواد آلی مقدار رس مقدار شن و مقادیر ضریب پخشیدگی - پراکنش در خاکها همبستگی بسیار قوی وجود دارد. مقدار ضریب دیرآیی سلنیت با ضریب دیرآیی نیترات همبستگی بسیار قوی و معنی‌داری داشت یا به عبارتی با عمل دفع آنیونی، هر دو آنیون به یک میزان دفع گردیدند. مقدار ضریب پخشیدگی - پراکنش سلنیت با سرعت جریان، ضریب پخشیدگی-پراکنش کلر، ضریب پخشیدگی - پراکنش نیترات،

^۱ . به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار گروه خاکشناسی، دانشیار گروه شیمی تجزیه دانشگاه صنعتی اصفهان

ضرب پخشیدگی - پراکنش کلسیم، میانگین قطر ذرات و ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی بسیار قوی و معنی‌داری دارد و این در حالی است که مقدار ضرب پخشیدگی - پراکنش سلنیت با مقدار مواد آلی و مقدار رس همبستگی منفی و بسیار قوی و با مقدار شن، وزن مخصوص ظاهری، تخلخل و مقدار آهک همبستگی مثبت و بسیار قوی است ولی معنی‌دار نمی‌باشد. نتایج به طور کلی نشان داد که بافت خاک، ظرفیت تبادل کاتیونی، مقدار ماده آلی، تخلخل و مقدار آهک بر حرکت سلنیم در خاک مؤثر می‌باشد.

امروزه بشر از مشکل آلودگی محیط رنج می‌برد و این آلودگی در نتیجه فعالیت دو دسته از مواد آلوده‌کننده ایجاد می‌شود. دسته‌ای از مواد آلوده‌کننده عناصر سنگین چون کادمیم (Cd)، کبالت (Co) و غیره و دسته دیگر عناصر رادیو اکتیو شامل اورانیوم (U)، پالادیم (Pd) و غیره می‌باشند که هر دو سری عناصر فوق رفتار شیمیایی مشابهی را نشان می‌دهند. از آنجائیکه، توسعه و کاربرد روزافزون انرژی اتمی موجب تولید مواد زائد رادیواکتیو می‌شود، باید تلاش کرد که در عین استفاده از مزایای بیکران انرژی اتمی، مشکلات ناشی از مواد زائد رادیواکتیو به روشهای مطلوب و صحیح که به سلامتی بشر و محیط زیست لطمه‌ای وارد نسازد، حل گردد.

خاک مهمترین مکان برای دفن فضولات هسته‌ای است و در میان اجزاء خاک، جزء رس مهمترین نقش را در نگهداری ضایعات هسته‌ای دارد. پایداری ساختمان رس‌ها دارای زمان طولانی‌تری نسبت به نیمه عمر اغلب عناصر رادیواکتیو است. بنابراین، با تثبیت این عناصر در رس‌ها، می‌توانیم از انتشار آنها در محیط جلوگیری کنیم. مطالعات انجام شده در مورد تثبیت کاتیون‌ها در ساختمان رس‌ها نشان داده است که در اثر حرارت دادن، کاتیون‌های با شعاع یونی کمتر از $0.7 \text{ \AA}$ را می‌توان در فضای خالی ساختمان رسهای اسمکتایت محبوس کرد، به طوری که پیوند کووالانت حاصله بین کاتیون و رس، باعث تثبیت کاتیون در ساختمان رس می‌گردد. بنابراین، با توجه به اینکه اکثر مواد زائد از عناصر شیمیایی و رادیواکتیو در خاک به شکل کاتیونی وجود دارد می‌توان فرض کرد که رس‌های گروه اسمکتایت با حرارت دادن می‌توانند در تثبیت عناصر آلوده‌کننده مؤثر واقع شوند. هدف این مطالعه، ارزیابی نقش رس‌های خاک و یک نوع رس خالص (Montmorillonite) همراه با حرارت دادن در تثبیت عناصر آلوده‌کننده (کبالت و کادمیم) می‌باشد.

استخراج رس از دو نمونه خاک (دانشکده کشاورزی اهواز و شیراز) با استفاده از روشهای استاندارد انجام شد. بدین منظور، مواد آلی، کربنات کلسیم و سزکویی اکسیدها را که بصورت سیمانی ذرات خاک را به هم پیوند می‌دهند، بوسیله تیمارهای شیمیایی، خارج ساخته و سپس با روش ته نشینی و سیفون کردن در زمان مناسب، رس را از سیلت و شن جدا می‌کنیم (ذرات کوچکتر از 2 میکرون). ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) رس‌های جدا شده و به دنبال آن اشباع با منیزیم، پتاسیم و حرارت دادن در 550°C درجه سانتیگراد جهت شناسایی کانیهای رسی غالب به کمک روش X-Ray (XRD) Diffraction صورت گرفت. در مرحله بعد دو نمونه رس جدا شده را به همراه رس خالص Wyoming bentonite که یک نوع رس Montmorillonite است با نمک کلرید عناصر کبالت و کادمیم اشباع نمودیم. بعد از مرحله اشباع سازی، مقداری از نمونه‌های رسی را به مدت ۶ ساعت در درجه حرارت‌های 200°C و 400°C درجه سانتیگراد، حرارت دادیم. CEC کلیه نمونه‌ها (با و بدون حرارت) را اندازه‌گیری کرده و سپس نمونه‌ها با XRD مورد مطالعه قرار گرفتند. جهت اندازه‌گیری کبالت و کادمیم از دستگاه اتمیک ابزوربشن استفاده شد.

کاهش بار الکتریکی رس‌های اشباع شده با کبالت و کادمیم با افزایش حرارت از 25°C تا 400°C یکسان نبود. در رسهای اشباع شده با کبالت، کاهش در بار الکتریکی بطور محسوسی مشاهده گردیده به طوری که، پس از حرارت دادن 400°C ، CEC به ترتیب برای خاک اهواز، شیراز و رس خالص از 35.6 ، 71.2 و 104.5 (Cmol/Kg) به 25.7 ، 35.5 و 30.9 کاهش یافت. در رس‌های اشباع شده با کادمیم این کاهش بار الکتریکی به مقدار زیاد نیست، زیرا پس از حرارت دادن 400°C ، CEC به ترتیب از 34.3 ، 70.3 و 102.3 (Cmol/Kg) به 32.5 ، 67.6 و 97.8 کاهش پیدا کرد. قبل از حرارت

^۱ . به ترتیب استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز، دانشیار کارشناسی ارشد گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز و دانشیار گروه فیزیک دانشگاه شهید چمران اهواز

دادن فضاهای بین لایه‌ای رس‌ها (dool) منطبق با نوع رس، نوع کاتیون اشباعی و مقدار آب جذب شده از طریق اتمسفر می‌باشد. ساختمان رس‌های اشباع شده با کبالت بعد از حرارت دادن 400°C در هم ریخته (Collapse) و به صورت غیر قابل انبساط تبدیل می‌شوند. در چنین حالتی، بین XRD نمونه‌های اشباعی با کادمیم، قبل و بعد از حرارت دادن تا 400°C ، اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد. تغییرات مشاهده شده در بار الکتریکی و فضای بین لایه‌ای رس‌های اشباع با کبالت پس از حرارت، دلیلی بر تغییرات نوع پیوند بین کاتیون و رس و همچنین تغییراتی در ساختمان رس می‌باشد. با توجه به این که شعاع یونی کبالت $0.61\text{\AA}$ می‌باشد، می‌توان تغییرات ایجاد شده را به دلیل مهاجرت عنصر کبالت به داخل ساختمان رس نسبت داد. در صورتی که عنصر کادمیم با شعاع یونی بزرگتر ($0.75\text{\AA}$)، قادر به داخل شدن در ساختمان رس نمی‌باشد و عدم تغییرات زیاد در بار الکتریکی و فضاهای بین لایه‌ای دلیلی بر این مدعا می‌تواند باشد. بنابراین، کبالت با شعاع یونی کوچکتر از $0.7\text{\AA}$ با حرارت دادن می‌تواند توسط رس‌های اسمکتایت تثبیت گردد، در صورتی که درصد تثبیت کادمیم با شعاع یونی بزرگتر از $0.7\text{\AA}$ به نسبت کمتر است.

استفاده از مواد رادیواکتیو در تحقیقات علمی و راه‌اندازی تأسیسات هسته‌ای در کشورمان ما را به دستیابی راهی برای دفع فضولات هسته‌ای وادار خواهد کرد. نتایج بدست آمده از این مطالعه می‌تواند منشاء کمک فراوانی برای دفع این ضایعات هسته‌ای باشد، بطوریکه از انتشار این مواد در محیط جلوگیری شود.

MINTEQA2

هر یک از عناصر شیمیایی موجود در فاز محلول خاک به شکلهای ویا گونههای شیمیایی متفاوتی وجود دارند. مطالعات نشان می‌دهند که از انواع گونههای محلول یونها، گونه هیدراته آزاد آنهاست که بمقدار بسیار زیاد قابل جذب می‌باشد. با مطالعه گونههای شیمیایی فلزات سنگین بمراتب اطلاعات بیشتری درباره رفتار شیمیایی آنها در سیستم خاک و همچنین میزان قابلیت جذب، تجمع و سمیت آنان در گیاهان و دیگر موجودات زنده خاک بدست خواهد آمد. گرچه روشهای گوناگونی برای اندازه‌گیری گونههای یونی پیشنهاد گردیده است ولی اکثر آنها بسیار وقت‌گیر، دشوار و در نتیجه عملاً غیرکاربردی می‌باشند. از سوی دیگر اخیراً مدلهای کامپیوتری (مانند *MINTEQA2* و *GEOCHEM-PC*) ارائه شده است که مهمترین محدودیت آنها کامل نبودن دادههای مربوط به ثابت پایداری کمپلکسهای فلزات سنگین با مواد آلی محلول است. بنابر این لازم است نتایج حاصل از مطالعه گونههای شیمیایی فلزات سنگین که توسط مدل صورت می‌گیرد با نتایج حاصله از اندازه‌گیریهای مستقیم تطابق دارند. علاوه بر این هدف، به علت غلظت فوق‌العاده کم اکثر فلزات سنگین در فاز محلول خاکها، بویژه در مناطق با *pH* بالا، یکی دیگر از هدفهای مطالعه حاضر اندازه‌گیری فعالیت گونه های Cu^{2+} و Zn^{2+} در غلظتهای بسیار کم بود.

دو روش رزین تبادلی و مدل *MINTEQA2* در ۱۱ خاک با *pH*های اسیدی تا قلیایی (۵/۳ تا ۹/۱) مورد مقایسه قرار گرفت (رزین *Amberlite* تبادل کننده کاتیونی مورد استفاده قرار گرفت). فاز محلول خاکها پس از تعادل مقادیر ثابت خاک با آب دو بار تقطیر به روش استخراج با استفاده از سانتریفیوژهای با سرعت بسیار بالا عصاره‌گیری شد. غلظت کل هر یک از عناصر Zn^{2+} و Cu^{2+} در فاز محلول این خاکها بترتیب ۷۱-۱ و ۲۴-۵ میکروگرم در لیتر (*ppb*) بود. در روش رزین تبادلی اساس بر این است که گونههای کمپلکس شده فلزات توسط رزین جذب سطحی نمی‌شوند. آزمایشهای اولیه نشان داد که رزین تأثیری در غلظت مواد آلی محلول نداشت. به منظور بیان تمایل یونهای Zn^{2+} و Cu^{2+} برای جذب سطحی شدن در روی رزین، پارامتر ضریب توزیع (K_d) بصورت زیر تعریف گردید:

$$K_d = \frac{[M^{2+}]_R}{(M^{2+})_S} \quad [1]$$

$$\begin{aligned} \text{غلظت } M^{2+} \text{ جذب سطحی شده در روی رزین } (\mu g \text{ kg}^{-1}) &= [M^{2+}]_R \\ \text{فعالیت } M^{2+} \text{ در محلول مجاور رزین } (\mu g \text{ L}^{-1}) &= (M^{2+})_S \end{aligned}$$

¹ به ترتیب استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد و عضو هیات علمی و محقق دانشگاه آدلاید و *CSIRO* استرالیا

در روش رزین تبدیلی با تعیین K_d یک یون و غلظت کل آن (M_T) در دو محلول که از نظر تمامی خصوصیات شیمیایی یکسان بوده و فقط در یکی از آنها از محلول مرجع و در دیگری محلول نمونه استفاده شده است این

$$\text{امکان بدست خواهد آمد تا فعالیت آن یون در محلول نمونه محاسبه شود } \left(\frac{[M^{2+}]}{[M_T]} \right).$$

غلظت کاتیونها و آنیونهای اصلی در نمونه‌های محلول خاک با استفاده از *ICP-ES* و غلظت فلزات سنگین توسط دستگاه جذب اتمی دارای کوره گرافیتی (*GFAAS*) اندازه‌گیری شد. مقدار مواد آلی محلول در نمونه‌ها نیز با روش اکسیداسیون در حضور *UV* تعیین گردید. مقادیر ثابت پایداری یا $\log K$ برای کمپلکسهای آلی فلزات *Zn, Cu, Ca, Mg* از منابع موجود جمع‌آوری گردیده و به *database* نرم‌افزار *MINTEQA2* اضافه گردید. مقادیر غلظت‌های کاتیونها و آنیونهای اصلی، فلزات کمیاب، *DOC* و *pH* بعنوان داده‌های ورودی برای *MINTEQA2* مورد استفاده قرار گرفت. در صورت نیاز به تنظیم *pH* محلول از محلولهای بسیار رقیق *HNO3* و یا *NaOH* استفاده گردید. با توجه به غلظت فوق‌العاده کم نمونه‌ها و به منظور جلوگیری از آلوده شدن آنها تمامی ظروف مورد استفاده به مدت ۲۴ ساعت در حمام اسید قرار گرفته و پس از آن با آب دوبار تقطیر شستشو شدند. تمامی آزمایشها در سه تکرار انجام شد.

آزمایشهای اولیه نشان داد که زمان ۲۴ ساعت برای جذب سطحی یونهای هیدراته توسط رزین از محیط محلول کافی بود. تغییرات دما از ۲۲ تا ۸۵ درجه سانتیگراد تاثیری بر مقادیر K_d یونهای روی و مس بر روی رزین نداشت. مقدار K_d یونهای روی از مس کمتر بود. این امر احتمالاً به دلیل تمایل بیشتر مس برای جذب سطحی شدن توسط مواد آلی است زیرا مشاهدات نشان می‌دهند که یونهای Cu^{2+} پیوندهای قویتری را در مقایسه با Zn^{2+} با کمپلکسهای آلی تشکیل می‌دهند. یونهای *Al, Ca, Mg* باعث کاهش مقدار K_d یونهای *Cu* و *Zn* گردید که بنظر می‌رسد بعلاوه رقابت این سه کاتیون با دو فلز سنگین فوق برای جذب سطحی شدن توسط رزین باشد. گرچه در محدوده $pH = 4/5 - 7/1$ مقدار K_d تغییر نکرد ولی در pH های بالاتر این مقدار افزایش یافت. بدین ترتیب ملاحظه گردید که این پارامترهای شیمیایی (کاتیونهای رقیب با فلزات سنگین و pH محلول) می‌بایست در روش تعیین فعالیت یونها در دو محلول مرجع و محلول نمونه یکسان باشند. البته K_d یونهای *Zn* و *Cu* تابع غلظت آنها در محلول نبود.

نسبت فعالیت یونهای Zn^{2+} به Zn_T در فاز محلول خاکها بین کمتر از ۰/۱ تا ۰/۶۶ متغیر بود در حالیکه این نسبت در مورد یونهای مس به کمتر از ۰/۵ محدود می‌شد. این مطالعه نشان داد که همبستگی زیادی ($r^2 = 0/98$) بین لگاریتم فعالیت یونها (اندازه‌گیری شده با دو روش رزین و مدل *MINTEQA2*) وجود دارد.

منگنز یک عنصر غذایی ضروری گیاه است که در فعال نمودن آنزیمهای مختلف در گیاه شرکت داشته و در متابولیسم کاربوهدراتها، آمینواسیدها، و پدیده‌های نوری شیمیائی نقش بازی می‌کند. برخی آزمایشها نشان می‌دهد بروز کمبود منگنز در گیاهان روئیده در خاکهای استان فارس محتمل است. این وضع مصرف سولفات منگنز برای پاره‌ای از گیاهان الزامی می‌سازد. اما همین آزمایش‌ها بیانگر بازیابی ظاهری بسیار ناچیز سولفات منگنز بوسیله گیاه است. آزمایش حاضر به منظور تعیین سرنوشت سولفات منگنز مصرفی در خاکهای استان فارس به اجرا در آمد.

هدفهای تحقیق حاضر عبارت بودند از:

- (۱) مطالعه وضعیت منگنز در خاکهای آهکی استان فارس. (۲) جداسازی و اندازه‌گیری شکل‌های شیمیائی منگنز در این خاکها. (۳) تعیین سرنوشت سولفات منگنز مصرفی از طریق مطالعه تغییرات حاصله در شکل‌های شیمیائی منگنز خاک.
- آزمایش بصورت فاکتوریل 2×3 در قالب بلوکهای کامل تصادفی شامل ۲۲ خاک و سه سطح منگنز (۰، ۱۰، و ۲۰ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک بصورت سولفات منگنز) در سه تکرار اجرا شد. خاکها از افق سطحی (۰-۲۰ سانتی‌متری) ۲۲ سری عمده از سراسر استان فارس انتخاب شد. خصوصیات خاکها به قرار زیر بود: pH خمیر اشباع ۷٫۸ تا ۸٫۲، قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع ۰٫۳۵ تا ۱٫۷۸ دسی زیمنس بر متر، ماده آلی ۱٫۱ تا ۴٫۹ درصد، ظرفیت تبادل کاتیونی ۹ تا ۲۷ سانتی‌مول در کیلوگرم، کربنات کلسیم معادل ۲۸ تا ۶۳ درصد، و منگنز عصاره‌گیری شده با DTPA ۴ تا ۲۴ میلی‌گرم در کیلوگرم. مقدار ۲ کیلوگرم از هر نمونه خاک در گلدان ریخته شد و پس از اعمال تیمار منگنز و، یک نوبت کشت گیاه سوبا [Glycine max (L.) Merr.] رقم ویلیامز (دوره رشد ۵۰ روز در گلخانه)، از خاک گلدانها نمونه‌برداری و شکل‌های شیمیائی منگنز به روش عصاره‌گیری متوالی واردن و ریزوناور جداسازی و اندازه‌گیری شد. در روش یاد شده شکل بسهولت محلول بوسیله $0.05\text{M Ca}(\text{NO}_3)_2$ ، سست جذب شده بوسیله $0.025\text{M Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 + 0.025\text{M CaDTPA}$ ، کربناتی بوسیله 1.6M HNO_3 ، و اکسیدی بوسیله $0.1\text{M NH}_2\text{OH.HCl}$ استخراج گردید.
- میانگین منگنز بسهولت محلول، سست جذب شده، کربناتی، و اکسیدی در ۲۲ خاک تیمار نشده استان فارس به ترتیب ۲٫۹۸، ۶٫۱۲، ۲۶۳، و ۳۴٫۵ میلی‌گرم در کیلوگرم بدست آمد. کاربرد ۱۰ و ۲۰ میلی‌گرم منگنز در کیلوگرم در این خاکها باعث شد که میانگین منگنز بسهولت محلول به ترتیب به ۳٫۲۹ و ۳٫۸۳، سست جذب شده به ۶٫۳۱ و ۶٫۸۶، کربناتی به ۲۶۹ و ۲۷۶، و اکسیدی به ۳۶٫۴ و ۳۷٫۹ میلی‌گرم در کیلوگرم افزایش یابد.
- این نتایج بیانگر آنست که قسمت عمده سولفات منگنز یعنی نزدیک به ۶۰ تا ۶۵ درصد آن پس از مصرف در خاک به صورت کربناتی در می‌آید و ۱۷ تا ۱۹ درصد آن نیز به بخش اکسیدی وارد می‌شود. بنابراین علت بازیابی ظاهری ناچیز منگنز در این خاکها را می‌توان به تبدیل آن به چنین شکل‌های کم محلولی نسبت داد. البته باید یادآوری نمود که شکل کربناتی، که قسمت اعظم منگنز مصرفی به آن وارد می‌گردد، به طور بالقوه قابل استفاده گیاه می‌باشد و این مطلب در آزمایش حاضر و د ر سایر آزمایشهای مشابه نشان داده شده است.

^۱ . به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

وسعت اراضی کشاورزی منطقه سمیرم حدود ۸۰ هزار هکتار است که بیشتر از ده درصد این اراضی به باغات متمرکز از جمله سیب اختصاص دارد. تعداد درختان موجود سیب ۳۵-۳ میلیون و نوع سیب مورد کشت و کار اکثراً ارقام، ردوگلدن با کیفیت بالا است که میزان کل محصولات سالانه آن بالغ بر یکصد هزار تن برآورد می‌گردد. متوسط تولید هر درخت تقریباً ۵۰ کیلوگرم ارزیابی شده است که افزایش تولید تا ۲۰۰ کیلوگرم قابل دستیابی است بدون شک ایجاد شرایط مناسب تغذیه گیاهی برای دستیابی به حداکثر عملکرد یکی از ارکان اصلی موفقیت محسوب می‌گردد. منطقه سمیرم واقع در جنوب استان اصفهان دارای خاکهایی با مواد مادری آهکی است که pH خاک تا حدود ۸ تا ۸٫۵ می‌رسد لذا جذب عناصر کم مصرف با اشکال مواجه می‌گردد. به منظور تعدیل موضعی pH خاک و افزایش قابلیت جذب عناصر کم مصرف گوگرد همراه با کود حیوانی می‌تواند در شرایط مذکور مفید واقع گردد. اکسیداسیون گوگرد توسط باکتریهای خاک بخصوص تیوباسیلوس از باکتریهای اتوتروف در صورت شرایط محیط مساعد موجب کاهش pH خاک در یک محیط کوچک در اطراف ذرات گوگرد می‌گردد. همین تغییرات موضعی نیز می‌تواند در افزایش قابلیت جذب عناصر کم مصرف مؤثر واقع گردد.

به منظور اجرای آزمایش فوق در نواحی باغات میوه و دچار کمبود عناصر میکرو واقع در سمیرم آزمایشی در قالب بلوکهای کامل تصادفی با پنج سطح گوگرد و دو سطح کود دامی و در سه تکرار در هر تیمار سه درخت جمعاً ۷۲ اصل درخت، به اجرا در آمد. تیمارها عبارتند از:

S_0M_0 - شاهد-بدون مصرف گوگرد و کود دامی

S_1M_0 - مصرف گوگرد به میزان ۵ درصد کود دامی بدون مصرف کود حیوانی

S_2M_0 - مصرف گوگرد به میزان ۱۰ درصد کود دامی بدون مصرف کود حیوانی

S_3M_0 - مصرف گوگرد به میزان ۱۵ درصد کود دامی بدون مصرف کود حیوانی

S_0M_1 - مصرف کود حیوانی بدون مصرف گوگرد (۴۰ کیلوگرم برای هر درخت)

S_1M_1 - مصرف کود حیوانی و مصرف گوگرد به میزان ۵ درصد کود حیوانی

S_2M_1 - مصرف کود حیوانی و مصرف گوگرد به میزان ۱۰ درصد کود حیوانی

S_3M_1 - مصرف کود حیوانی و مصرف گوگرد به میزان ۱۵ درصد کود حیوانی

درختان از لحاظ سنی، نوع درخت، شدت کمبود و صورت ظاهری، یکنواخت انتخاب گردید. قبل از کوددهی یک نمونه خاک مرکب از هر تکرار از سایه‌انداز درختان تهیه و از لحاظ بافت، درصد اشباع، ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد کربن آلی، میزان کربنات کلسیم، سولفات، فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، و عنصر آهن، روی، منگنز و مس تجزیه بعمل آمد. بر روی آب آبیاری و کود دامی نیز تجزیه‌های لازم انجام گرفت و در آخر برداشت، محصول هر تیمار توزین و بعد از آن بلافاصله اقدام به نمونه‌برداری و تجزیه‌های فوق‌الذکر مجدداً بر روی خاک انجام گرفت. در ضمن در اواخر مرداد نیز اقدام به نمونه‌برداری از برگ درختان مورد آزمایش گردید.

^۱ . به ترتیب عضو هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب استان اصفهان و کارشناس ارشد بخش تحقیقات خاک و آب استان اصفهان

نتایج حاصل نشان داد که هیچکدام از تیمارهای اعمال شده در کاهش pH خاک اثر معنی‌داری نداشته است. علت این است که خاصیت تامپونی خاک و آهک زیاد باعث جلوگیری از کاهش pH خاک گردیده است. در تیمارهایی که کود حیوانی بدون گوگرد اعمال گردیده عملکرد متوسط هر درخت را نسبت به شاهد ۲۵ کیلو افزایش داده است و تیمارهایی که کود حیوانی همراه با گوگرد مصرف شده است عملکرد محصول را بطور متوسط ۳۵ کیلو افزایش داده است که البته تیمار ۱۰ درصد گوگرد مخلوط با کود حیوانی با تیمار ۱۵ درصد گوگرد مخلوط با کود حیوانی اختلاف معنی‌داری نشان نداده است. مصرف گوگرد به میزان ۱۵ درصد کود حیوانی آهن را نسبت به شاهد به میزان ۶،۴ پی‌پی‌ام افزایش داده است. میزان روی را ۰،۹۲ پی‌پی‌ام، میزان منگنز را ۱۷ پی‌پی‌ام و میزان مس را ۰،۱۴ پی‌پی‌ام افزایش داده است. در نمونه‌های برگ درختان نیز بطور متوسط مصرف گوگرد به میزان ۱۵ درصد کود حیوانی آهن را به میزان ۲۰ پی‌پی‌ام، منگنز را به میزان ۸۰ پی‌پی‌ام، روی را به میزان ۱۰ پی‌پی‌ام و مس را به میزان ۸ پی‌پی‌ام افزایش داده است.

آهن یکی از عناصر ضروری کم مصرف برای گیاه است که بطور طبیعی از خاک تأمین می‌شود. کمبود آهن قابل استفاده خاک از عوامل عمده محدود کننده تولید محصول گیاهان در ایران و بویژه در خاکهای آهکی است. مواد مختلفی به منظور رفع کمبود به خاک افزوده می‌شود. این مواد شامل مواد اسیدزا، نمکهای معدنی، کلاتهای مصنوعی و ترکیبات آلی طبیعی می‌باشند. مواد اسیدزا و ترکیبات معدنی مختلفی بدین منظور بکار رفته که اغلب موفقیت آمیز نبوده است. زیرا آهن محلول تولید شده و یا موجود در این مواد به سرعت به شکل غیر محلول در می‌آید. کلاتهای مصنوعی آهن گرچه عموماً موثرند ولی، به علت ارزبری زیاد، فوق‌العاده گران می‌باشند. مواد آلی طبیعی حاوی ترکیباتی هستند که در کمپلکس نمودن آهن و برخی از عناصر کم مصرف بخوبی موثر می‌باشند. از جمله مواد اخیر می‌توان به بقایای گیاهی، کودهای دامی، و فاضلابهای حاوی مواد آلی اشاره نمود. خون دام و پرندگان که روزانه به مقدار زیاد در کشتارگاهها به دست می‌آید نیز می‌تواند به عنوان یک ماده برطرف کننده کمبود آهن خاک بکار رود اما درحال حاضر قسمت اعظم آن به صورت یک ماده زائد دفع می‌شود.

هدف از انجام تحقیق حاضر عبارت بود از: ۱- بررسی تأثیر منابع مختلف آهن از جمله پودر خون بر آهن خاک ۲- مقایسه زمان آزاد سازی آهن و برخی عناصر کم مصرف از این مواد در یک خاک آهکی

در یک آزمایش اینکوباسیون ۵۲ روزه اثر سولفات آهن، سکستین آهن، و پودر خون بر آهن عصاره‌گیری شده از یک خاک آهکی استان فارس مورد مطالعه قرار گرفت. تیمارهای نه گانه عبارت بودند از: شاهد، سولفات آهن (۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک)، سولفات آهن (۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک)، سکستین آهن (۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک)، سکستین آهن (۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک)، پودر خون (معادل ۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک)، پودر خون (معادل ۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک)، پودر خون غنی شده با سولفات آهن (جمعاً معادل ۵ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک)، و پودر خون غنی شده با سولفات آهن (جمعاً معادل ۱۰ میلی گرم آهن در کیلوگرم خاک).

تیمارهای مشروحه فوق به‌طور جداگانه به گلدانهای پلاستیکی حاوی ۵۰۰ گرم خاک آهکی افزوده گردیده و پس از رساندن رطوبت خاک به ظرفیت مزرعه در شرایط گلخانه (دمای حدود ۲۵°C در روز و ۱۵°C در شب) نگهداری شدند. رطوبت خاک در طول مدت آزمایش بوسیله آب مقطر در حد ظرفیت مزرعه نگهداری شد. در زمانهای ۱، ۱۱، ۲۲، ۳۳، ۴۴ و ۵۲ روز پس از اعمال تیمارها از خاک گلدانها نمونه‌برداری به عمل آمده و آهن و منگنز آنها بوسیله روش DTPA عصاره‌گیری و با دستگاه جذب اتمی قرائت شد. طرح آماری، در هر نمونه‌برداری بلوک کامل با سه تکرار، و برای مقایسه کل دوره‌های نمونه‌برداری طرح کرت‌های خرد شده در زمان بود.

سولفات آهن تأثیری بر آهن عصاره‌گیری شده از خاک نداشت ولی سکستین آهن آنرا به میزان بسیار معنی‌داری افزایش داد. میزان این تأثیر ثابت بوده و تابعی از زمان نبود. تیمارهای حاوی پودر خون آهن قابل عصاره‌گیری خاک را بطور بسیار معنی‌داری نسبت به شاهد، سولفات آهن، و سکستین آهن افزایش داد. معادله‌های رگرسیون بدست آمده نشان داد که این افزایش تابعی درجه دوم از زمان است به طوری که آهن خاک که در روز ۱ حدود ۳ میلی گرم در کیلوگرم بود در روز ۳۳ به ۲۱ میلی گرم در کیلوگرم افزایش یافته و از آن پس طی یک روند نزولی در روز ۵۲ به ۱۵ میلی گرم در کیلوگرم رسید. روند

^۱ . به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

کم و بیش مشابهی نیز در مورد منگنز عصاره‌گیری شده مشاهده شد که علت آنرا می‌توان افزایش فعالیت ریزجانداران به دنبال مصرف پودر خون و آزاد سازی عوامل کلات کننده آهن و منگنز در خاک دانست. معادله‌های رگرسیون برای پیش‌بینی میزان آزادسازی آهن و منگنز در زمانهای مختلف اینکوباسیون در تحت شرایط انجام این آزمایش بدست آورده شد.

از ۳۰ میلیون هکتار وسعت استان خراسان حدود ۳،۴ میلیون هکتار یعنی ۱۵ درصد دایر و زیر کشت و ۲۶ میلیون هکتار معادل ۸۵ درصد جنگل و مرتع و بیابان است. اراضی دشت نیشابور که در محدوده دیزباد پایین به سمت غرب قرار گرفته‌اند از جمله خاکهای مناطق خشک و نیمه‌خشک ایران هستند که طیفی از مسائل شوری سدیمی و زهکشی را نشان می‌دهند و هر کدام از موارد فوق برحسب شدت مسأله از میزان تولید محصول اراضی می‌کاهند تا کنون مطالعات دقیقی در مورد علل شوری و قلیائیت و حتی وسعت و پراکنش اینگونه خاکها در منطقه مذکور انجام پذیرفته است. لذا در این مطالعه ضمن رده بندی خاکها با استفاده از سیستم تاکسونومی خاک، ضمن اطلاع از وسعت و پراکنش خاکها، علل شوری و قلیائیت آنها با توجه به نتایج موجود مورد ارزیابی قرار گرفته است.

هدفهای این تحقیق عبارتند از:

- ۱- تعیین خصوصیات فیزیکوشیمیایی، مینرالوژیکی، مورفولوژیکی خاکهای منطقه
 - ۲- شناخت منشأ شوری و قلیائیت و چگونگی تحولات آنها در منطقه
 - ۳- رده بندی خاکها و تطبیق آنها با رده بندیهای رایج
 - ۴- ارایه روشهایی در جهت اصلاح و بهسازی این خاکها
 - ۵- تعیین بهترین نوع مدیریت بهره‌برداری براساس مطالعات انجام شده و بررسی استعداد اراضی از نظر حفاظتی، کشاورزی، منابع طبیعی در راستای افزایش سطح زیر کشت و تولید در واحد سطح
- منطقه مورد مطالعه در ۸۵ کیلومتری مشهد در محل دیزباد پایین نیشابور قرار گرفته است. از آنجا که منطقه در یک کانال باد موسمی قرار دارد به همین جهت به دیزباد معروف است وسعت کل منطقه حدود بیست هزار هکتار است که قسمتی از دشت نیشابور را دربر می‌گیرد و جزئی از حوضه آبریزکال شور نیشابور است. این حوضه در طول جغرافیایی ۵۹ درجه تا ۵۹ و ۳۰ دقیقه و عرض جغرافیایی ۳۵ و ۴۵ تا ۳۶ درجه واقع شده است. جهت نیل به اهداف مطالعه، با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی و نقشه توپوگرافی واحد اراضی تفکیک و محل حفر پروفیلها مشخص گردید تعداد ۲۸ پروفیل حفر گردید و ۲۰ پروفیل مورد تجزیه دقیق قرار گرفت. که در مجموع ۵ پروفیل خاک معرف حالت‌های متفاوت خاکهای منطقه با شوری و سدیمی متفاوت مورد بحث قرار گرفت. پس از مطالعه خصوصیات مورفولوژیکی، از افق‌های متفاوت آنها نمونه‌برداری انجام شد. نمونه‌های جمع‌آوری شده در سایه خشک گردیده و پس از کوبیدن از الک ۲ میلیمتری عبور داده شد و تجزیه‌های فیزیکی و شیمیایی بر روی آنها صورت گرفت. میزان آهک نمونه‌ها با روش خنثی سازی آهک با اسید و تیتراسیون اسید اضافی با باز و مقدار گچ نمونه‌ها با روش رسوب با استون اندازه‌گیری شد جهت اندازه‌گیری ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه‌ها از استات سدیم نرمال (pH=8.5) به عنوان محلول اشباع کننده و استات آمونیوم نرمال pH=7 به عنوان محلول تعویض کننده کاتیون استفاده گردید. میزان کربن آلی نمونه‌ها با متد اکسیداسیون تر با بی‌کرومات پتاسیم و تیتراسیون معکوس با فروآمونیم سولفات اندازه‌گیری شد. سدیم محلول با دستگاه جذب اتمی، کلسیم و منیزیم محلول با روش تیتراسیون EDTA، کربنات و بی‌کربنات محلول با روش تیتراسیون با اسید سولفوریک، کلر محلول با روش تیتراسیون با نترات نقره در حضور

^۱ . به ترتیب عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه بیرجند، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب، عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد

کرومات پتاسیم و میزان سولفات محلول با روش رسوب سنجی اندازه‌گیری شد. بافت خاک نمونه‌ها، با روش هیدرومتری اندازه‌گیری شد.

نتیجه‌گیری

نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که احتمالاً منشأ اصلی املاح، مواد مادری و تشکیلات گچی نمکی و مارنی موجود در منطقه می‌باشد که از طریق مسیله‌ها و کاله‌های موجود در منطقه به نقاط پایین دست انتقال می‌یابد. عوامل دیگری که احتمالاً در شوری خاکهای منطقه مؤثرند به ترتیب اهمیت عبارتند از: توپوگرافی، دخل و تصرف انسان و باد می‌باشد به طوری که آبیاری بی‌رویه با آبهای شور و لب شور در اراضی زراعی منطقه باعث تشدید شوری و بروز مسأله قلیائیت در این اراضی گردیده است. نتایج حاصله از مطالعه میکروسکوپی خاکها حکایت از تجمع گچ و آهک ثانویه در این خاکها دارد آزمایشهای کانی شناسی رس این خاکها نشان داد که کانیهای غالب رسی، کلرایت، ایلایت، ورمی کولایت، اسکمتایت، کائولینایت و کوارتز می‌باشد خاکهای منطقه نهایتاً رده‌بندی گردید و براساس تاکسونومی (۱۹۹۴) در راسته‌های اریدی سول وانتی سول تحت راسته‌های کلسید، سالید، چپیسید، کمبید، فلوونت و اورتننت قرار گرفت به دلیل قلیا شدن خاکها، دو تحت گروه Sodic Torriorthent و Sodic Torrifluvent پیشنهاد گردید.

برای نمک زدایی و سدیمی زدائی خاک استفاده از آب با کیفیت قابل قبول غیر قابل اجتناب است. اما متأسفانه اغلب در مناطقی که با این مشکل روبرو هستند کمبود آب کیفیت مناسب رایج است. لذا صرفه‌جویی در میزان کاربرد آب آبخوئی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار می‌باشد. در سالهای اخیر متخصصین امر در نقاط مختلف موضوع حداقل شستشو را مطرح کرده‌اند که در این رابطه سعی بر این بوده که ابتدا با کمترین میزان آب مصرفی حداقل عمق خاک لازم برای جوانه‌زدن و سبز شدن یک گیاه محتمل به شوری آبخوئی گردد و سپس نسبت به کشت گیاهان محتمل به شوری مانند جو-پونجه-چغندرقد و گندم اقدام شود. در این راستا طرحی با اهداف ذیل مورد بررسی واقع شد.

الف- تعیین مناسبترین مقدار آب آبخوئی مورد نیاز قبل از کشت گندم در اراضی شور و سدیمی منطقه رودشت اصفهان و تحقیق در مورد شوری و سدیم زدائی خاک همراه با کشت بدون آبخوئی قبل از کاشت.

ب- تعیین مناسبترین روش جهت تولید محصولی اقتصادی و قابل قبول با مصرف کمترین مقدار آب آبخوئی در منطقه.

ج- مطالعه روند شوری و سدیم زدائی خاک در طول دوره رشد تا هنگام برداشت گندم.

این آزمایش در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی در ایستگاه تحقیقات شوری و زهکشی رودشت اصفهان به اجرا در آمد. تیمارهای این طرح شامل T8, T6, T4, T2 با کاربرد به ترتیب ۵۰، ۳۰، ۱۰ و صفر سانتی‌متر آب آبخوئی با استفاده از روش آبخوئی منقطع بودند که پس از اعمال آنها به کشت دوواریته مختلف گندم در هر تیمار آبخوئی اقدام شد. آبیاری کرت‌های آزمایشی برای تمام تیمارها تا آخر فصل زراعی و برطبق روال عرف منطقه بصورت یکسان انجام گرفت. تنها در مورد تیمار T8 (تیمار بدون آبخوئی) بعد از اولین آبیاری دو آبیاری اضافی و پی در پی در مقایسه با بقیه تیمارها انجام گرفت که مجموع این دو آبیاری ۳۲ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد. نمونه‌گیری از خاک محل آزمایش در هشت عمق و تا عمق یک متری خاک بطوریکه از عمق صفر تا ۲۰ سانتی‌متری چهار نمونه و از آن به بعد نیز چهار نمونه گرفته شد که این نمونه‌گیریها در چهار نوبت مختلف صورت گرفت. نتایج چنین نشان داد که قبل از عملیات آبخوئی خاک میزان انباشتگی املاح محلول در لایه‌های سطحی خاک بیشتر از لایه‌های عمقی آن می‌باشد که این نوع توزیع نمک در خاک برای اراضی دارای سطح ایستایی بالا خالی از انتظار نیست. بعد از عملیات آبخوئی خاک در تیمارهای T2 و T4 بطور معنی‌داری درصد قابل توجهی از شوری و سدیمی بودن خاک کاسته شده بود و تیمار T6 با اینکه در این مرحله ۱۰ سانتی‌متر آب آبخوئی دریافت کرده بود ولی هیچگونه اختلاف معنی‌داری با حالت قبل از آبخوئی و تیمار T8 از خود نشان نمی‌داد که نشان دهنده عدم کارایی مصرف این مقدار آب در کاهش شوری و سدیمی بودن خاک می‌باشد. پس از کاشت بذر و انجام شش مرحله آبیاری بطور یکسان برای تمام تیمارها ملاحظه گردید که تیمارهای T8, T4, T2 از لحاظ آماری در یک گروه و بدون اختلاف معنی‌داری قرار می‌گیرند و تنها تیمار T6 با یک اختلاف معنی‌داری از سه تیمار دیگر جدا می‌شود. در این مرحله با وجود اینکه کرت‌های تیمار T6 معادل ۹۵،۱ سانتی‌متر آب دریافت کرده بودند همچنان دارای شوری و سدیمی بالایی می‌بودند که علل آن را می‌توان چنین احتمال داد که دریافت آب ناکافی در این تیمار (۱۰ سانتی‌متر) قبل از کشت، باعث سلب ستن و ایجاد درز و شکافهای در سطح شده و به دنبال آن راندمان آبخوئی در این تیمار کاسته است و یا اینکه افزایش قابل ملاحظه نسبت جذب سدیم در عمقهای زیر ۵ سانتی‌متری نیم‌رخ خاک در تیمار T6 از نفوذپذیری خاک زیر محل استقرار بذر کاسته

^۱ . به ترتیب عضو هیأت علمی بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان، عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

و بنابراین بخش اعظم آب آبیاری یا روی زمین باقی مانده و تبخیر شده یا از درزه‌های ایجاد شده در این خاکها سنگین و به شدت سدیمی بدون کارائی لازم هدر رفته است از طرفی تنگی یا عدم وجود ریشه در این تیمار احتمالاً می‌تواند عامل دیگری در کاهش راندمان آبشویی باشد. نتایج بعد از برداشت محصول نمایانگر این است که روند کاهش شوری و سدیمی خاک در تیمار T6 ادامه یافته است و تیمارهای T2, T4, T8 همچنان هم طراز باقی مانده‌اند لیکن شوری و سدیمی بودن آنها نسبت به شوری و سدیمی بودن مرحله قبل در کلیه عمقهای نیمرخ خاک زیاده‌تر شده که علت آن را می‌توان به تبخیر از سطح خاک، تبخیر و تعرق بیشتر گیاه، صعود موئینه‌ای آب از بخشهای پائینی خاک مربوط دانست. سه تیمار T2, T4, T8 از لحاظ عملکردهای اقتصادی و بیولوژیکی در یک سطح قرار می‌گیرند و با یک اختلاف معنی‌دار از تیمار T6 جدا می‌شوند. نهایتاً اینکه با استفاده از روش بکار گرفته شده در تیمار T8 نه تنها در هزینه‌های کارگری، وقت و آب نسبت به سه تیمار دیگر صرفه‌جویی می‌شود بلکه این تیمار دارای بهترین روند شوری زدائی و سدیم زدائی از خاک، و کسب بهترین عملکردهای اقتصادی و بیولوژیکی از گیاه می‌باشد. لذا اگر چه تیمار T8 نسبت به دو تیمار T2 و T4 اختلاف معنی‌داری را نشان نمی‌دهد ولی به سبب مطالبی که در بالا به آنها اشاره شد این تیمار را می‌توان به عنوان یک روش عملی برای منطقه توصیه کرد. زیرا در این تیمار بذر گیاه متحمل به شوری مستقیماً در خاک شور یا شور سدیمی (بدون نیاز به آبشویی قبل از کاشت) کاشته شد و با چند آبیاری پی در پی نسبت به کم شور شدن محل استقرار بذر اقدام گردیده و با آبیاریهای معمول بعدی می‌توان شوری و سدیمی منطقه گسترش ریشه را کاهش داد. با استفاده از آب مطلوب جهت آبیاری و وجود منابع کلسیمی در آب یا خاک می‌توان بدون استفاده از مواد به‌ساز علاوه بر شوری زدائی روند سدیم زدائی خاک را نیز دنبال کرد.

از مجموع مساحت ایران (حدود ۱۶۵ میلیون هکتار) قریب به ۲۵ میلیون هکتار جزو اراضی شور و سدیمی طبقه بندی شده است که با گسترش کشت و کار در مناطق خشک و بویژه در مناطق فاقد سیستم‌های زهکشی و اراضی حاشیه پلایا (چاله‌های داخلی) روز بروز بر وسعت آنها افزوده می‌گردد. بخش اعظم اراضی حوزه آبریز کویر مرکزی ایران در استان خراسان بویژه در مناطق سبزوار، بردسکن و طبس تحت تأثیر پدیده‌های شوری و قلیائیت می‌باشد که مشکلات ناشی از عدم بهره‌برداری صحیح از اراضی، روند بیابانزایی را در این مناطق تشدید نموده و استمرار تولید و زندگی جوامع انسانی را به مخاطره انداخته است. مسلماً بهره‌بردای بهینه و پایدار از منابع طبیعی بویژه آب و خاک، مستلزم شناخت محدودیتها و توانمندیهای موجود در هر منطقه می‌باشد.

با توجه به اینکه توسعه بهره‌برداری از منابع آب زیرزمینی دشتهای مجاور پلایا، از جمله دشت سبزوار-داورزن در مجاورت کویر مزینان در سالهای اخیر با مشکلاتی ازجمله کاهش شدید تولیدات زراعی، تشدید شوری و قلیائیت و نتیجتاً بایر شدن اراضی و فرسایش‌های بادی مواجه گردیده است و تصور می‌رود که چنین روندی در سایر مناطق حاشیه کویر نیز تکرار گردد، لذا در این تحقیق با هدف شناسائی کیفی علل و عوامل بوجود آورنده و تشدید کننده پدیده شوری و قلیائیت و نیز بررسی کمی روند تغییرات تحت تأثیر فاکتورهای طبیعی و انسانی، گستره‌ای به وسعت ۸۰۰۰۰ هکتار از اراضی جنوب غربی شهرستان سبزوار (منطقه روداب) در سال ۱۳۷۶ مورد مطالعه قرار گرفت.

در این تحقیق، ابتدا بررسیهای مقدماتی در زمینه‌های مختلف هوا و اقلیم، زمین شناسی، ژئومورفولوژی، هیدرولوژی و پوشش گیاهی با استفاده از آمار، اطلاعات و نقشه‌های موجود انجام گرفت. سپس با استفاده از عکسهای هوایی و نقشه‌های توپوگرافی، منابع اراضی محدوده دشتی تفکیک گردید. آنگاه با توجه به نوع کاربردی فعلی اراضی و تغییرات موجود بین تیپ‌ها و بویژه واحدهای اراضی، تعداد نه پروفیل خاک حفر و از افقهای ژنتیکی خاک نمونه برداری شد نمونه‌های خاک پس از انتقال به آزمایشگاه، براساس استانداردهای U.S.D.A مورد تجزیه فیزیکی و شیمیائی قرار گرفت. علاوه بر این سرعت نفوذپذیری خاک در اراضی تحت آبیاری به روش استوانه مضاعف تعیین گردید.

نتایج حاصله از این بررسی نشان داد که تحت شرایط اقلیمی با رژیم حرارتی ترمیک و رژیم رطوبتی اریدیک، منشاء اصلی و اولیه املاح موجود در اراضی تحت آبیاری، مواد مادری آهکی، تشکیلات مارنی و رسوبات تبخیری موجود در حوزه‌های کوهستانی است که پس از شستشو از طریق مسیلهای مختلف و بالاخص کالشور به اراضی دشتی پایین دست انتقال می‌یابد. در این منطقه استفاده بی‌رویه از آبهای شور در اراضی فاقد سیستم‌های زهکشی مناسب و کارآمد منجر به تشدید فرسایش بادی و افزایش شوری خاکهای منطقه شده است. تغییرات شوری از اراضی واریزه‌ای بادبزی شکل سنگریزه‌دار بطرف اراضی دشت دامنه‌ای و دشت سیلابی روند افزایشی را نشان می‌دهد، بطوریکه در اراضی دشت سیلابی، تجمع زیاد کریستالهای نمک در سطح خاک کاملاً مشهود است. همچنین استفاده بی‌رویه و طولانی مدت از آبهای شور جهت آبیاری اراضی و عدم کاربست روشهای صحیح مدیریت در آبیاری، مسأله قلیائیت خاک را بدنبال داشته و نتیجتاً تخریب تدریجی ساختمان خاک و کاهش سرعت نفوذپذیری اراضی را باعث گردیده است.

^۱ . به ترتیب کارشناس ارشد مدیریت مناطق بیابانی- مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام خراسان، استادیار پژوهشی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام خراسان

تجمع املاح محلول در لایه‌های سطحی خاک یکی از فرآیندهای موثر در تخریب اراضی، کاهش عملکرد محصول و نهایتاً عقیم شدن خاک می‌شود. این محدودیت در بخش وسیعی از اراضی حاصلخیز جهان اتفاق افتاده است. شوری ناشی از فعالیتهای انسان که برای تفکیک آن از شوری طبیعی، "شوری ثانویه" را بکار می‌برند، امروزه یکی از عوامل مهم در گسترش سرزمینهای کویری در نواحی خشک و نیمه خشک جهان به حساب می‌آید.

در این تحقیقی روند شور شدن منابع آب و اراضی فاریاب بخش شمالی حوزه یزد - اردکان به وسعت تقریبی ۱۲۵۰ کیلومترمربع (۲۵×۵۰) با مختصات $32^{\circ}45'$ - $32^{\circ}15'$ عرض شمالی $54^{\circ}10'$ - $53^{\circ}50'$ طول شرقی از فاصله سالهای ۶۶-۷۶ مورد مطالعه قرار گرفت. پس از جمع‌آوری اطلاعات مورد نیاز و تلفیق لایه‌های اطلاعاتی و نقشه‌های موجود، سه واحد جدید: میبد (A)، اردکان (B) و سیاه کوه (C) در محدوده مورد مطالعه شناسایی و تفکیک گردید. در هریک از واحدهای مزبور تعداد پنج مزرعه به عنوان مزارع نمونه انتخاب و از پروفیل‌های خاک و چاههای آب این مزارع نمونه برداری گردید. از هر لایه خاک و هر چاه آب سه نمونه (تکرار) گرفته شد. نمونه برداری در دو زمان شهریور ۱۳۶۶ و شهریور ۱۳۷۶ انجام شد. نمونه‌های آب و خاک در هر دو زمان در آزمایشگاه خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی استان یزد و براساس دستورالعمل آزمایشگاهی موسسه تحقیقات خاک و آب وزارت کشاورزی به طور کامل و با تاکید بر پارامترهای شوری و سدیمی شدن خاکها تجزیه گردید.

نتایج حاصل از آزمایشگاه به کمک نرم‌افزار SAS و براساس دستور ANOVA مورد آنالیز آماری قرار گرفت. به منظور ارزیابی کمی روند شوری زائی در منطقه مورد مطالعه مدلهای ارزیابی تخریب خاک و بیابان زایی موجود در جهان مورد بررسی و مقایسه قرار گرفت و مدل فائو - یونپ به عنوان مدل برتر انتخاب گردید. معیارهای ارزیابی مدل مزبور در محل مورد آزمون قرار گرفت و نقشه‌های شوری زایی برای محل تهیه شد.

نتایج آماری نشان داد که میانگین هدایت الکتریکی عصاره اشباع (EC_e) خاکهای کشاورزی منطقه میبد در سال ۱۳۶۶ برابر $2/2$ دسی زیمنس بر متر و در سال ۱۳۷۶ برابر $2/1$ دسی زیمنس بر متر بود در حالیکه مقدار EC_e در منطقه اردکان طی همین مدت از $6/75$ به $9/65$ دسی زیمنس بر متر و در منطقه ساه کوه از $13/17$ به $22/8$ دسی زیمنس بر متر افزایش معنی داری (در سطح ۱٪) داشت. هدایت الکتریکی آب آبیاری (EC_w) در واحدهای سه‌گانه فوق‌الذکر نیز تغییرات مشابهی را نشان داد. بنحوی که طی سالهای ۱۳۶۶ تا ۱۳۷۶ مقدار EC_w در منطقه اردکان از $6/27$ به $9/39$ دسی زیمنس بر متر و در منطقه سیاه کوه از $8/43$ به $13/18$ دسی زیمنس بر متر افزایش داشته است.

نتایج ارزیابی کمی شوری زائی حاکی از آنست که سرعت گسترش شوری (طی دهه اخیر) در اراضی فاریاب میبد "ناچیز" در منطقه اردکان "متوسط" و در منطقه سیاه کوه "شدید" بوده است. نتایج این ارزیابی همچنین نشان داد که روش ارزیابی فائو - یونپ می‌تواند در حال حاضر به عنوان یک روش مناسب برای مطالعه و تعقیب روند شوری زائی در اراضی فاریاب مشابه در کشور مورد استفاده قرار گیرد. هرچند هنوز برای اثبات جامعیت و مناسب بودن این روش نیاز به مطالعه و بررسی وجود دارد.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی دفتر مراکز آموزش عالی وزارت جهاد سازندگی، مدیر گروه آبیاری و استاد دانشگاه آزاد اسلامی واحد علوم و تحقیقات تهران

در این تحقیق پدیده گسترش شوری در اثر آبیاری آبهای شور به عنوان فرآیند اصلی بیابان زائی در محل معرفی شده و به استفاده از روشهای ارزیابی و عملیات کنترلی و مراقبتی در سطح مزرعه جهت ریشه‌یابی و شناخت دقیقتر مکانیسم نمکدازشدن منابع آب و خاک کشاورزی توصیه گردیده است.

مطالعه واکنشهای ترکیبات فسفر با رسهای پالیگورسکایت و سیپولایت نشان داده است که ظرفیت جذب فسفر این رسها بیش از سایر رسهای سیلیکاتی کریستالی می باشد. اطلاعات کافی درباره قابلیت بازیابی فسفر جذب شده توسط این رسها در سیستمهای طبیعی و در حضور سایر کانیهای تثبیت کننده فسفر وجود ندارد. هدفهای این تحقیق عبارت بودند از:

الف- مطالعه قابلیت بازیابی فسفر جذب شده توسط رسهای پالیگورسکایت، سیپولایت و مونت موریلونیت با استفاده از لیگندهای آلی متفاوت در سیستمهای رس خالص و همچنین در مخلوطهای رس - کلسیت.
ب- ارزیابی سه مدل تجربی ساده در تعیین رابطه مقدار فسفر بازیابی شده نسبت به غلظت فسفر در محلول (Q/I).
ج- تعیین عوامل کنترل کننده قابلیت بازیابی فسفر جذب شده در سیستم رس-کلسیت.
سديم اورتوفسفات P_i و اینوزیتول هگزا فسفات (IHP) در این مطالعه استفاده شد.
هدایت الکتریک (EC) و واکنش (pH) محلولهای فسفر بترتیب 2 ds m^{-1} و 7.0 با استفاده از محلول یک مولار KCl و محلول 0.05 مولار NaOH یا HCl تنظیم شد. فعالیتهای میکروبی نیز با استفاده از یک میلی لیتر کلروفرم در یک لیتر محلول کنترل شد.

سه نمونه رس سیلیکاتی و یک نمونه کلسیت در این تحقیق به کار رفت که عبارتند از:
الف- پالیگورسکایت (RFI-1)

ب- مونت موریلونیت (Stx-1) که از انجمن کانیهای رسی (CMS) خریداری شدند.
ج- سیپولایت، یک نمونه نسبتاً خالص طبیعی که از اسکی شهر ترکیه تهیه شد.

برای خالص سازی رسها، نمونه ها در بافر استات سدیم pH 5 تیمار شدند (جکسون ۱۹۷۹). رسهای خالص شده توسط Ca^{++} , K^{+} با استفاده از محلولهای یک مولار نمک کلر این یونها اشباع شده و در حالت یخ زده خشک شدند (Freez dry).

کلسیت بکار رفته یک نمونه آزمایشگاهی فشر (شماره ۷۹۳۹۳۲) با سطح ویژه $0.8 \pm 0.1 \text{ m}^2 \text{ g}^{-1}$ بود. برای اندازه گیری جذب و بازیابی فسفر جذب شده روی رسها در حضور کلسیت، مخلوطهای متفاوت رس-کلسیت مورد آزمایش قرار گرفتند. مخلوطها عبارت بودند از: کلسیت خالص، 10% کلسیت + 90% رس، 5% کلسیت + 95% رس و رس خالص 3.75 گرم مخلوط در حدود 80 میلی لیتر آب فاقد یون در یک فلاسک حجم سنجی 200 ml ریخته و 48 ساعت در دمای اتاق قرار گرفت. pH مخلوط در زمانهای 12 ، 24 و 48 ساعت پس از شروع خیساندن با استفاده از متر اتوماتیک Mettler DL21 روی pH 7.0 تنظیم شد. قبل از آزمایش جذب فسفر، حجم سوسپانسیون به 150 میلی لیتر افزایش یافت در حالیکه EC و pH به ترتیب روی 2 ds m^{-1} و 7.0 تنظیم گردید.

جذب فسفر با توجه به ماکزیم ظرفیت جذب رسها براساس نتایج کارهای قبلی (شریعتمداری ۱۹۸۹) صورت گرفت. به این منظور 15 ml محلول فسفر با غلظت 2.2 میلی مولار برای P_i و 7.5 میلی مولار برای IHP تنظیم شده در pH 7.0 و 2 ds m^{-1} به 10 میلی لیتر سوسپانسیون حاوی 0.25 گرم کانی تنظیم شده در همان pH و EC اضافه گردید. این

^۱ . گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

مخلوط بمدت ۲۴ ساعت در دمای آزمایشگاه روی دستگاه شیکر قرار گرفت. پس از این مدت، سوسپانسیونها به مدت ۱۵ دقیقه در ۲۰۰۰g سانتریفوژ شدند و عصاره بدست آمده جهت اندازه گیری فسفر جذب شده مورد آزمایش قرار گرفت. برای مطالعه واکنشهای رس-کلسیت که روی جذب و بازیابی فسفر جذب شده موثر هستند، تعدادی از خواص فیزیکی و شیمیایی این مخلوطها مورد مطالعه قرار گرفت. چگونگی تجمع ذرات مخلوط نیز با میکروسکوپ الکترونی فیلیپس 505SEM مطالعه شد.

سطح ویژه کانیها به روش BET و با استفاده از دستگاه Autosorb-Quantachrome اندازه گیری شد. تجزیه شیمیایی سوسپانسیونها نیز انجام شد. به این منظور غلظت Si از روش طیف سنجی نوری AL, Ca, Mg با استفاده از طیف سنجی جذب اتمی و پتاسیم و سدیم از روش طیف سنجی نشر اتمی با استفاده از یک دستگاه جذب اتمی پریکن المر ۳۱۰۰ انجام گرفت.

بازیابی فسفر جذب شده با استفاده از لیگاند های آلی متفاوت به روش عصاره گیری متوالی انجام شد. آزمایش در دو تکرار صورت گرفت و منحنی مقدار کل فسفر بازیابی شده Q نسبت به غلظت نهایی فسفر در محلول I ترسیم گردید. اسید های آلی سیتریک، اگزالیک، سوکسینیک و آسپارتیک بدلیل وجود مقدار قابل ملاحظه آنها در ریزوسفر خاک برای این آزمایش انتخاب شدند. غلظت ۰.۰۰۲ مولار اسیدهای آلی در الکترولیت KCl با EC و pH نهایی بترتیب dsm^{-1} ۲ و ۷۰ و همچنین یک شاهد بدون اسید تهیه شد.

برای بازیابی فسفر جذب شده ۲۵ میلی لیتر حاوی محلول اسید آلی، به لوله های سانتریفوژ حاوی ۰.۲۵ گرم رس اشباع شده از فسفر در مرحله ۲-۴ اضافه شد سپس سوسپانسیون به مدت ۲۴ ساعت توسط همزن دوار در دمای اتاق به همزده شد. در پایان این مدت با استفاده از سانتریفوژ به مدت ۱۵ دقیقه و در ۲۰۰۰g عصاره گیری انجام و فسفر آزاد شده در عصاره اندازه گیری شد.

عمل عصاره گیری در مجموع هفت مرتبه و به مدت یک هفته انجام گرفت و مجموع فسفر بازیابی شده در طی عصاره گیری های متوالی محاسبه گردید.

منحنی Q/I با رسم کل فسفر بازیاب شده Q، نسبت به غلظت نهایی P در محلول I بدست آمد. با توجه به شکل عمومی منحنیهای Q/I سه معادله نسبتاً معروف در تشریح این منحنی بکار رفت که عبارتند از:

$$Q=a+b\ln(I)$$

$$Q=a+b I^c$$

$$Q=aI^{-0.1}+b\ln(I+1)+C$$

ریون و هوزنز در تشریح رابطه Q/I با استفاده از برنامه آماری SAS (مؤسسه SAS ۱۹۸۵) ارزیابی شد.

توانایی معادلات مذکور در تشریح رابطه Q/I با استفاده از برنامه آماری SAS (مؤسسه SAS ۱۹۸۵) ارزیابی شد.

a, b, c ضریبهای معادله می باشند. کلسیم بعنوان یون دو ظرفیتی، جذب فسفر آلی (IHP) را افزایش داد. Sep-Ca بالاترین میزان جذب IHP را نشان داد که می تواند مربوط به سطح ویژه بالای این کانی باشد، Pal-Ca و Mont-Ca به ترتیب در رده های بعدی قرار گرفتند.

حضور کلسیت در مخلوط بنحو چشمگیری جذب فسفر را افزایش داد و میزان جذب فسفر در حضور ۵٪ کلسیت تقریباً به اندازه میزان جذب فسفر در کلسیت خالص بود.

با توجه به معیارهای آماری ضریب تشخیص R^2 و میانگین جمع مربع باقیمانده ها (MSR) معادله ریون و هوزنز بهتر از سایر معادلات منحنیهای بازیابی فسفر جذب شده را تعریف نمود. اسید سیتریک بیشترین مقدار فسفر جذب شده را عصاره گیری نمود، اگزالیک اسید از این نظر در رده بعد قرار گرفت، در حالیکه تأثیر سوکسینیک اسید تقریباً معادل KCl بود و آسپارتیک اسید کمترین توانایی بازیابی فسفر را نشان داد.

میزان فسفر بازیابی شده توسط اگزالیک اسید و سوکسینیک اسید برای کانیهای مختلف تفاوت داشت، در حالیکه این میزان توسط اسیدهای سیتریک و آسپارتیک برای کانیهای مختلف تقریباً روند مشابهی را نشان داد. بیشترین بازیابی فسفر جذب شده در رس سیولایت مشاهده شد، از این نظر رسهای پالیگورسکایت و مونت موریلونیت به ترتیب در رده‌های بعدی قرار گرفتند و کمترین فسفر بازیابی شده نیز مربوط به نمونه کلسیت خالص بود. با استفاده از سوکسینیک اسید بعنوان عصاره‌گیر، در مخلوط پالیگورسکایت - کلسیت نشان داده شد، حضور پالیگورسکایت در مخلوط قابلیت بازیابی فسفر را نسبت به کلسیت خالص و همچنین مونت موریلونیت - کلسیت افزایش می‌دهد.

همدماهای بازیابی فسفر معدنی نیز با استفاده از معادله ریون و هوزنز تشریح شد سیتریک اسید بیشترین فسفر جذب شده را بازیابی نمود و از این نظر اسیدهای آلی اگزالیک، آسپارتیک و سوکسینیک در رده‌های بعدی قرار گرفتند و KCl کمترین قدرت عصاره‌گیری را نشان داد.

کلسیت خالص بیشترین جذب فسفر را نشان داد و همانند جذب فسفر آلی، حضور کلسیت در مخلوطها جذب فسفر را تحت کنترل داشت. در مخلوط سیولایت-کلسیت، مقدار جذب فسفر نسبت به کلسیت خالص و مخلوط سایر رسها به میزان ۵۰٪ کاهش یافت. با توجه به نتایج حاصله تشکیل فسفاتهای نامحلول کلسیم می‌تواند مکانیزم اصلی در کاهش فسفر محلول سیستمهای رس-کلسیت باشد. در حالیکه، حضور سیولایت در مخلوط به نظر می‌رسد تا حدود زیادی این مکانیزم را مختل می‌کند.

اگرچه جذب فسفر تحت کنترل کلسیت در مخلوط رس - کلسیت قرار داشت، ولی حضور رس در مخلوط در بازیابی فسفر جذب شده تأثیر مثبت داشت. این نشان می‌دهد حضور رس سیلیکاتی، تشکیل فسفاتهای کلسیم را محدود می‌نماید. در حضور تمام عصاره‌گیرها در مخلوطهای پالیگورسکایت کلسیت، بازیافت فسفر جذب شده بیشتر از مقدار آن در مخلوط مونت موریلونیت کلسیت بود. همچنین بازیابی فسفر در مخلوط سیولایت - کلسیت بسیار بیشتر از سایر مخلوطها و کلسیت خالص بود. تقریباً تمامی فسفر جذب شده توسط سیولایت - کلسیت بعد از هفت عصاره‌گیری با اسید سیتریک بازیابی شد. مشاهدات میکروسکوپی مخلوط رس - کلسیت نشان داد ذرات رشته‌ای رسهای پالیگورسکایت و سیولایت به مقدار زیادی بلورهای نسبتاً درشت کلسیت را پوشش می‌دهند. این نحوه تجمع تا حد زیادی از واکنش مستقیم ذرات کلسیت با محیط اطراف آن جلوگیری می‌نماید. سطح ویژه مخلوطهای پالیگورسکایت - کلسیت و سیولایت - کلسیت بیشتر از مونت موریلونیت - کلسیت بوده که می‌تواند تأثیر بیشتر پالیگورسکایت و سیولایت را در بازیابی فسفر جذب شده توسط مخلوط توضیح دهد.

یون کلسیم دارای غلظت نسبتاً بالایی در عصاره تمام مخلوطها بود که بیشترین مقدار آن 25 mg l^{-1} در مخلوط مونت موریلونیت - کلسیت و کمترین 12 mg l^{-1} در مخلوط سیولایت - کلسیت بود. مقدار این یون همبستگی منفی با مقدار فسفر بازیابی شده نشان داد. مقدار Al محلول نیز در مخلوطها متفاوت بود و روند مشابه کلسیم نشان داد. غلظت منیزیم و سیلیسیم محلول کمتر از غلظتهای مشاهده شده برای کلسیم و Al بود در حالیکه مقادیر این عناصر همبستگی مثبت با مقادیر بازیافت فسفر نشان داد. با توجه به این یافته‌ها می‌توان نتیجه گرفت که یونهای کلسیم و Al مسؤول تثبیت فسفر در سیستمهای مورد مطالعه می‌باشد در حالیکه عناصر منیزیم و سیلیسیم تشکیل ترکیبات نامحلول فسفات کلسیم و یا آلومینوم را محدود نموده باعث افزایش بازیافت فسفر در سیستم می‌شوند. از این نظر سیولایت با فراهم نمودن Mg و سیلیسیم محلول در سیستم بیشترین بازیافت فسفر جذب شده را نشان داد. این نشان می‌دهد حضور و یا افزایش سیولایت در خاکهای آهکی می‌تواند قابلیت استفاده از کودهای فسفره را افزایش دهد، حضور پالیگورسکایت در این خاکها نیز به افزایش قابلیت جذب فسفر افزوده شده به خاک کمک خواهد نمود.

pH.Eh

برنج از محصولات مهم زراعی کشور می باشد که در شرایط غرقاب کشت می گردد. در اثر غرقاب شدن و کاهش اکسیژن خاک، تغییرات وسیع شیمیائی و الکتروشیمیائی در خاک صورت می گیرد که از لحاظ تغذیه گیاه واجد اهمیت زیادی است. گرچه در کشورهای دیگر مطالعات وسیعی در این زمینه صورت گرفته، ولی در ایران کار منتشر شده ای در رابطه با شالیزارهای شمال در دست نمی باشد.

هدف از انجام این تحقیق، بررسی تغییرات pH, Eh و غلظت آهن محلول در خاکهای شالیزارهای شمال بدون حضور و با حضور گیاه برنج و مقایسه این دو تیمار با یکدیگر در طول فصل رشد و همچنین بررسی تغییرات فسفر قابل استخراج با عصاره گیری بی کربنات سدیم در اثر غرقاب شدن می باشد. برای انجام این مطالعه ۱۲ نمونه مرکب خاک از استان گیلان و ۱۲ نمونه مرکب خاک از استان مازندران به نسبت وزنی مساوی مخلوط و ۲ نمونه مرکب یکی به عنوان نماینده خاکهای گیلان و دیگری به عنوان نماینده خاکهای مازندران تهیه گردید. نمونه های خاک در چهار تکرار در گلدانهای مخصوصی از جنس PVC به قطر ۲۰ cm و ارتفاع ۵۰ cm ریخته شد. برای نمونه برداری از محلول خاک، لوله نازک مشبکی از جنس PVC بطور افقی در عمق ۷ سانتی متری از سطح خاک قرار داده شد و از یک سر این لوله که در بیرون قرار داشت، نمونه برداری انجام می گرفت. کشت برنج در نصف گلدانها انجام و نصف دیگر در همان شرایط برای مدت ۱۲۰ روز در شرایط گلخانه نگهداری شدند. نمونه برداری از محلول خاک گلدانها (کشت شده و نشده) همزمان و در فواصل زمانی معین تا انتهای فصل رشد بوسیله سرنگ های تخلیه شده از هوا انجام و اندازه گیری Eh و pH محلول خاک به وسیله دستگاه خاصی حاوی الکترودهای Eh و pH در آتمسفر ازت انجام گرفت. بررسی تغییرات فسفر قابل استخراج با بی کربنات سدیم در ۹ نمونه خاک شالیزاری در لوله های پلی اتیلنی به قطر ۰.۸ سانتی متر و حاوی ۵ گرم خاک (ارتفاع خاک در لوله ها حدوداً ۱۵ cm) در ۸ زمان مختلف تا حداکثر ۶۰ روز در شرایط غرقاب (۵ cm آب روی خاک) انجام گرفت. فسفر قابل جذب خاکها در زمانهای تعیین شده به روش اولسن عصاره گیری و سپس غلظت فسفر در عصاره ها اندازه گیری شد. نتایج بدست آمده از این تحقیق بقرار زیر است:

۱- در تیمار بدون کشت، Eh محلول در هر دو نمونه مرکب گیلان و مازندران با روند مشابهی در روزهای اول پس از غرقاب سریعاً کاهش و سپس با اندکی افزایش، تدریجاً در حدود ۹۰ تا ۱۰۰ میلی ولت (پس از ۷۵ روز از غرقاب) ثابت می گردد. حداقل Eh در دو خاک به ترتیب ۲۴ و ۴۰ میلی ولت می باشد. مقادیر Eh7 خاکها پس از ثابت شدن، در خاک مازندران اندکی بالاتر از خاک گیلان می باشد.

۲- در تیمار بدون کشت، pH هر دو نمونه با افزایش زمان غرقاب با روند مشابهی افزایش و سپس در حدود ۷.۲ ثابت می گردد.

۳- در تیمار بدون کشت، غلظت آهن محلول در هر دو نمونه پس از غرقاب به سرعت افزایش یافته و در دو هفته پس از غرقاب به حداکثر مقدار خود رسیده (در دو خاک گیلان و مازندران به ترتیب ۷۰ و ۳۰ میلی گرم در لیتر) و سپس تدریجاً کاهش و به مقدار نسبتاً ثابتی بین ۲۰ تا ۳۰ میلی گرم در لیتر می رسد.

۴- بین غلظت کل آهن محلول در خاکها و پارامتر ریداکس (pe+pH) رابطه زیر بدست آمد:

$$\log [\text{Fe}] = 4.16 - 0.317(\text{pe} + \text{pH}) \quad r = -0.95^{***}$$

۵- فسفر قابل استفاده در نمونه خاکها (۴ نمونه از مازندران و ۵ نمونه از گیلان) متعاقب غرقاب خاک به سرعت افزایش یافته و عمدتاً در کمتر از دو هفته پس از غرقاب به حدود ۲ برابر مقدار اولیه رسیده و سپس تقریباً ثابت می‌گردد.

۶- مقایسه پارامترهای pH, Eh و غلظت آهن محلول در تیمارهای کشت شده و نشده نشان داد که پس از گسترش ریشه‌ها، Eh محلول خاک در منطقه ریشه نسبت به Eh محلول خاک بدون گیاه (در همان عمق) بیشتر، غلظت آهن محلول در اطراف ریشه به مراتب کمتر و pH محلول خاک در منطقه ریشه پائین‌تر است. این نتایج نشان می‌دهد که شرایط الکتروشیمیایی و شیمیایی خاک در حضور و عدم حضور ریشه برنج تفاوت زیادی با هم دارند که بایستی در مطالعات خاکهای غرقاب مورد توجه قرار گیرد.

فسفر، یک عنصر ضروری برای تمام موجودات زنده است زیرا نقش منحصر به فردی در ذخیره و انتقال انرژی به صورت آدنوزین دی و تری فسفات دارد. علاوه بر این نقش حیاتی، فسفر یکی از اجزای ساختمانی مهم مواد مختلف بیوشیمیایی نظیر اسیدنوکلئیک، کوانزیمها، نوکلئوتیدها، فسفولیپیدها و قندهای فسفر می‌باشد. تا کنون عصاره‌گیرهای شیمیایی مختلفی برای تعیین سریع وضعیت فسفر قابل استفاده خاکها پیشنهاد شده‌اند. ولی معمولاً این روشها در نمونه‌های خشک بکار گرفته شده و در شرایط زهکشی مناسب جهت تفسیر وضعیت فسفر قابل استفاده گیاهان مورد استفاده قرار گرفته‌اند.

هدف از این تحقیق ارزیابی عصاره‌گیرهای مختلف در شرایط خشک و ماندابی جهت تعیین وضعیت فسفر قابل استفاده برای گیاه برنج و بررسی پاسخ گیاه به سطوح مختلف کود فسفره است.

در این تحقیق چهل و پنج نمونه خاک سطحی (۳۰-۰ سانتی‌متری) از استانهای فارس و اصفهان جمع‌آوری و از بین آنها بیست و سه نمونه خاک با دامنه وسیعی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی برای مطالعات آزمایشگاهی و گلخانه‌ای انتخاب شدند. فسفر قابل استفاده در این خاکها در نمونه‌های خشک و ماندابی توسط هشت روش به نامهای: بیکربنات سدیم (روش اولسن)، بیکربنات سدیم (روش کولول)، رزین تبادل آنیونی، بیکربنات آمونیوم+دی‌تی‌پی (روش سلطانیپور)، اسید استیک+استات سدیم (روش مورگان)، مخلوط فلورید آمونیوم و اسید کلریدریک با نسبت خاک به محلول عصاره‌گیر: ۱:۵۰ (روش بری)، کلرید استرانسیوم+اسیدسیتریک، فلورید آمونیوم+اسید استیک+نیترات آمونیوم+اسیدنیتریک+فی‌دی‌تی (روش مهلیچ ۳)، تعیین شدند. آزمایش گلخانه‌ای به صورت فاکتوریل $3 \times 3 \times 3$ و در سه تکرار شامل ۲۳ خاک و سه سطح فسفر (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ میلی‌گرم فسفر در کیلوگرم خاک به صورت منوکلسیم فسفات) انجام شد. پس از شصت روز گیاهان از محل طوقه قطع و پاسخهای برنج شامل وزن ماده خشک، غلظت فسفر و جذب کل فسفر به سطوح فسفر مصرفی و همچنین ارتباط آن با فسفر عصاره‌گیری شده توسط روشهای مختلف مورد مطالعه قرار گرفت.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که تمام روشها به طور متوسط فسفر بیشتری را از نمونه‌های ماندابی نسبت به نمونه‌های خشک عصاره‌گیری کردند و فسفر عصاره‌گیری شده از خاکهای خشک همبستگی بالایی با مقدار فسفر به دست آمده از خاکهای ماندابی نشان داد. مقدار فسفر عصاره‌گیری شده توسط روشهای مختلف در نمونه‌های خشک و ماندابی به ترتیب زیر بود:

بری ۱- >سلطانیپور>مهلیچ ۳- >کلرید استرانسیوم ->اسیدسیتریک>اولسن>مورگان>کولول>رزین تبادل آنیونی
مقدار فسفر عصاره‌گیری شده توسط روشهای مختلف با یکدیگر همبستگی معنی‌داری نشان دادند. به هر حال بین روشهای اولسن، کولول، رزین تبادل آنیونی و سلطانیپور همبستگی بالاتری مشاهده شد. فسفر عصاره‌گیری شده توسط همه روشها تحت تأثیر خصوصیات خاک قرار گرفت. معادله‌های رگرسیون بدست آمده نشان داد که کرنات کلسیم به طور معنی‌داری مقدار فسفر عصاره‌گیری شده از خاکهای خشک و ماندابی را کاهش می‌دهد. نتایج به دست آمده از این تحقیق حاکی از آن است که فسفر مصرفی، به طور کلی رشد، غلظت و جذب کل فسفر توسط برنج را افزایش داده است همچنین

^۱ . به ترتیب مربی دانشکده منابع طبیعی و کویر شناسی دانشگاه یزد و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

فسفر تعیین شده توسط روشهای اولسن و سلطانیپور در خاکهای خشک و ماندابی و فسفر عصاره‌گیری شده توسط رزین تبادل آنیونی و کول‌ول در خاکهای خشک همبستگی مثبت و معنی‌داری را با تمام پارامترهای رشد برنج نشان دادند. علاوه بر این، خصوصیات خاک ضریب همبستگی بین پارامترهای رشد برنج و فسفر عصاره‌گیری شده توسط اغلب روشها را افزایش داد. برای مثال با در نظر گرفتن ظرفیت تبادل کاتیونی و هدایت الکتریکی عصاره‌اشباع، ضریب همبستگی بین غلظت فسفر در برنج و فسفر عصاره‌گیری شده توسط همه روشها به جز بری ۱- در خاکهای خشک و ماندابی به طور قابل ملاحظه‌ای افزایش یافت. براساس نتایج به دست آمده از این آزمایش به نظر می‌رسد روش اولسن و در حد کمتری روش سلطانیپور جهت پیش‌بینی وضعیت فسفر قابل استفاده مناسب‌تر می‌باشند. با این حال استفاده از روش سلطانیپور موجب صرفه‌جویی در وقت و هزینه‌های آزمایشگاهی خواهد شد. چون این روش چندین عنصر را به طور همزمان عصاره‌گیری می‌نماید.

شوری از جمله مسائلی است که بشر از هزاران سال پیش با آن دست به گریبان بوده است. خاک‌های شور از لحاظ جغرافیایی بیشتر در مناطق خشک و نیمه‌خشک کره زمین قرار دارند. در ایران نیز شوری خاک یکی از مشکلات اصلی کشاورزی می‌باشد. یکی از طرق اساسی مقابله با اثرات سوء شوری ارتقاء سطح حاصلخیزی خاک می‌باشد. در این راستا افزودن روی کافی به گیاهانی که در محیط شور کاشته می‌شوند بوسیله برخی پژوهشگران توصیه گردیده است. سوالی که مطرح می‌شود این است که روی اضافه شده به خاک تا چه حد برای گیاه قابل استفاده خواهد ماند و همچنین سطوح بحرانی بدست آمده در خاکهای غیر شور تا چه حد قابل تعمیم به خاک‌های شور می‌باشد. هدف از انجام این تحقیق عبارت بود از: بررسی اثر شوری خاک بر روی قابل استفاده خاک.

به منظور بررسی اثر شوری بر عصاره‌پذیری روی قابل استفاده گیاهی آزمایشی گلخانه‌ای به مدت ۸ هفته با گندم (*Triticum aestivum*) در یک طرح بلوکهای کامل تصادفی و با سه تکرار به صورت آزمایش فاکتوریل 4×5 انجام شد. نمونه خاک لازم از سری رامجردی (Fine, mixed, mesic Fluventic Xerochrept) ایستگاه تحقیقاتی باجگاه دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز تهیه گردید. قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک ۰.۴۹ دسی زیمنس بر متر، روی استخراج شده با DTPA، ۰.۳۹ میلی‌گرم در کیلوگرم خاک، ماده آلی ۰.۶ درصد، و کربنات کلسیم معادل ۶۸ درصد بود. تیمارها عبارت بودند از ۴ سطح روی (۰، ۵، ۱۰، و ۱۵ میلی‌گرم روی در کیلوگرم خاک بصورت Zn EDTA) و ۵ سطح شوری (۰، ۲.۷، ۴.۳، ۶ و ۷.۹ گرم کلرید سدیم در هر کیلوگرم خاک). روی قابل استفاده با سه روش عصاره‌گیری شامل DTPA، AB-DTPA، (بیکربنات آمونیوم - دی‌تی‌بی) و AC-EDTA (استات آمونیوم - دی‌تی‌بی) قبل از کشت و بعد از برداشت اندازه‌گیری شد. وزن خشک قسمت هوایی، غلظت و جذب کل روی بوسیله گیاه به عنوان پاسخهای گیاهی بکار رفت.

افزایش سطح شوری خاک باعث عصاره‌پذیری بیشتر روی بومی خاک شد ولی عصاره‌پذیری روی مصرفی با افزایش شوری خاک کاهش یافت و این موضوع بویژه در عصاره‌گیر AB-DTPA محسوس‌تر بود. این روند با غلظت و جذب کل روی بوسیله گیاه، که با افزایش شوری خاک کاهش یافت، هماهنگی دارد. لازم به ذکر است که افزودن نمک به خاک حتی در پایین‌ترین سطح یعنی ۲.۷ گرم کلرید سدیم در کیلوگرم خاک نیز باعث کاهش معنی‌داری در وزن خشک قسمت هوایی گیاه گردید. براساس نتایج حاصله از آزمایش حاضر توصیه می‌شود مطالعات بیشتری درباره تعیین سطوح بحرانی روی در خاکهای شور بوسیله عصاره‌گیرهای مختلف انجام شود زیرا ممکنست سطوح بحرانی بدست آمده در خاکهای غیر شور قابل تعمیم به خاکهای شور نباشد.

^۱ . به ترتیب دانشجوی دوره دکتری و استاد بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشکده دانشگاه شیراز

روی بعنوان یک عنصر ضروری نقش مهمی در تغذیه برنج دارا می‌باشد. اگر روی موجود در خاک را به دو بخش قابل استفاده و غیر قابل استفاده تقسیم کنیم، نه تنها کمیت جزء قابل استفاده بلکه سرعت آزاد شدن آن به داخل محلول خاک نیز در تغذیه برنج واجد اهمیت زیادی است. با وجود اینکه کمبود روی در شالیزارهای مناطق مختلف جهان گزارش شده ولی تحقیقات انجام یافته در ایران بسیار اندک و در ضمن هیچ مطالعه سینتیکی در این زمینه صورت نگرفته است. هدف این تحقیق، مطالعه سینتیکی آزاد شدن روی از خاکهای شالیزاری شمال ایران، مقایسه مدل‌های عمده سینتیکی با یکدیگر و بررسی همبستگی روی جذب شده و ماده خشک تولید شده توسط گیاه برنج با پارامترهای سینتیکی آزاد شدن روی می‌باشد.

این بررسی در دو بخش انجام گرفت. در بخش نخست، برای اندازه‌گیری مقدار روی جذب شده و ماده خشک تولید شده در یک دوره معین رشد، ۲۰ نمونه خاک از میان نمونه‌های برداشت شده از شالیزارهای استان‌های گیلان و مازندران انتخاب و اقدام به کشت گلخانه‌ای گردید. انتخاب نمونه‌ها به ترتیبی بود که بیشترین تفاوت را در خصوصیات فیزیکی و شیمیایی نظیر pH, CEC, SP, درصد آهک و مقدار روی (به روش HCl یک مولار) دارا بودند. در بخش دوم، سینتیک آزاد شدن روی از ۲۰ نمونه خاک بررسی شد. در این بررسی به ۱۰ گرم خاک ۰.۰۲ گرم تیمول، اضافه و سپس به آن ۲۰ میلی‌لیتر از محلول ۰.۰۰۵ مولار DTPA، ۰.۱ مولار تری‌اتانول آمین و ۰.۰۱ مولار CaCl_2 در $\text{pH}=7.3$ اضافه و به مدت ۵ دقیقه تکان داده شد. مقدار روی آزاد شده در زمانهای ۱۰، ۱۵، ۲۵، ۴۰، ۶۰، ۱۲۰، ۳۶۰، ۷۲۰، ۱۴۴۰، ۲۸۸۰ و ۸۶۴۰ دقیقه تعیین گردید.

نتایج بدست آمده از این تحقیق به قرار زیر است:

- ۱- سرعت آزاد شدن روی در تمام خاکها در ابتدا زیاد و سپس تدریجاً کاهش می‌یابد.
- ۲- برای توصیف سینتیک آزاد شدن روی از خاک بوسیله DTPA، هفت مدل سینتیکی مورد ارزیابی قرار گرفت. معادلات مرتبه صفر، مرتبه اول، مرتبه سوم و دیفیوژن پارابولیکی قادر به توصیف مطلوب سینتیک آزاد شدن روی از خاکها نبودند، در صورتیکه معادله الوویچ ساده شده و معادله سرعت دو ثابتة بنحو قابل قبولی سینتیک آزاد شدن روی از خاکها را توصیف نمودند. مقایسه توأم ضریب تعیین (r^2) و خطای معیار تخمین نشان داد که معادله سرعت دو ثابتة بهترین مدلی است که بر داده‌ها تطبیق می‌کند.
- ۳- ثابتهای سرعت معادله دو ثابتة (a,b) رابطه معنی‌داری (در سطح ۵ درصد) با ماده خشک تولید شده دارند. ثابت a با محصول نسبی همبستگی بالایی داشت ($r^2=0.87^{**}$).
- ۴- ثابت a با مقدار روی آزاد شده در زمانهای کم رابطه داشته و این همبستگی با کاهش زمان عصاره‌گیری افزایش نشان داد.
- ۵- همبستگی بین مقدار روی آزاد شده با ماده خشک تولید شده در زمانهای پایین نسبت به زمانهای بالاتر بیشتر می‌باشد. در نتیجه آن قسمت از روی که به سهولت و با سرعت زیاد از خاک آزاد می‌شود نقش مهمی در تأمین روی مورد نیاز گیاه برنج بازی می‌کند.
- ۶- در این بررسی همچنین نشان داده شد که در طول زمان واکنش، مقدار قابل توجهی از DTPA بوسیله ریزجاندانان تجزیه می‌شود که می‌تواند در مقدار روی استخراج شده تأثیر گذارد، بطوریکه با طولانی‌تر شدن زمان

عصاره‌گیری به اشتباه مقدار روی آزاد شده کمتر اندازه‌گیری می‌شود. بنابراین توصیه می‌گردد در اینگونه مطالعات هنگامی که از DTPA استفاده می‌گردد، از یک مادهٔ بازدارنده فعالیت ریزجانداران استفاده شود.

(Q/I)

یکی از تکنیکهای ارزیابی پتاسیم خاک ارزیابی بر اساس روابط Q/I می‌باشد. در این روش فاکتور شدت و فاکتور کمیت بطور همزمان ارزیابی شده و علاوه بر تعیین مقدار فرم قابل دسترس پتاسیم، توان بالقوه خاک در تامین پتاسیم نیز توسط پارامتر ظرفیت بافری بالقوه پتاسیم (PBCK) مشخص می‌شود. بمنظور بررسی روابط Q/I در خاکهای زراعی استان گیلان ۵ نمونه خاک زراعی انتخاب و ابتدا خصوصیات فیزیکوشیمیایی این خاکها طبق روشهای استاندارد اندازه‌گیری شد. خاکهای مورد آزمایش دارای pH ۵ تا ۷/۱ و دامنه CEC خاکها از ۱۸/۲ تا ۳۴/۷ سانتی مول بر کیلوگرم بود. سپس به مقدار مشخصی از خاکها، غلظتهای مختلف پتاسیم اضافه گردید. بعد از تعادل، غلظت تعادلی پتاسیم در محلول استخراج شده تعیین و تفاضل پتاسیم اولیه و پتاسیم تعادلی در غلظتهای مختلف بدست آمد (ΔK) از طرفی بابت آوردن غلظتهای تعادلی کلسیم و منیزیم در محلول استخراج شده نسبت فعالیت پتاسیم و سایر پارامترهای مورد نظر را محاسبه کرده نمودار Q/I برای هر کدام از خاکها رسم گردید.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که همبستگی معنی‌داری بین ΔK_0 و پتاسیم قابل استخراج توسط استات آمونیوم ($R^2 = 0.7$) و همچنین بین ΔK_0 و CEC ($R = 0.88$) وجود دارد. همبستگی قوی بین KL و پتاسیم قابل استخراج توسط استات آمونیوم $R^2 = 0.87$ بیانگر این واقعیت است که استفاده از استات آمونیوم روش مناسبی برای برآورد پتاسیم قابل دسترس این خاکها می‌باشد. همچنین بین مقادیر KL و ΔK_0 همبستگی معنی‌دار آماری در سطح یک درصد ($R^2 = 0.94$) و بین KL و Kx ($R^2 = 0.31$) در سطح پنج درصد وجود دارد. در خاکهای مورد مطالعه بین PBCK و درصد مواد آلی، پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم و پتاسیم قابل استخراج با اسید نیتریک همبستگی معنی‌داری در سطح پنج درصد وجود نداشت. در نهایت اینکه ΔK_0 در مقایسه با روش استات آمونیوم تخمین بهتری از وضعیت پتاسیم بسهولت قابل استفاده یا قابل تبادل در خاک بدست می‌دهد.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی دانشکده کشاورزی و دانشجوی دانشگاه گیلان

Q/I

مقدار پتاسیم تبدلی اندازه‌گیری شده بوسیله استات آمونیم یک نرمال به عنوان روشی در ارزیابی وضعیت پتاسیم قابل جذب خاک و تعیین نیاز گیاه به کودهای پتاسه بطور گسترده مورد استفاده قرار گرفته است. در خاکهای غنی از کانیهای میکایی به علت وجود مواضع اختصاص جذب پتاسیم مقدار زیادی از پتاسیم با انرژی بالا در این مواضع نگه داری می‌شود، که در هنگام عصره‌گیری با استات آمونیوم به دلیل نزدیکی شعاع یونی آمونیوم با پتاسیم بخشی از آن استخراج می‌شود. در سالهای اخیر برای پیدا کردن روشهای مناسب‌دیگری در ارزیابی نیاز گیاهان به کود پتاسه در خاکهای غنی از کانیهای میکایی کوششهایی به عمل آمده که از جمله می‌توان به روش استفاده از روبری تبدلی پتاسیم با کلسیم + منیزیم اشاره کرد. سه عامل خاکی به عنوان عوامل اصلی کننده فراهم شدن پتاسیم برای جذب بوسیله ریشه گیاهان پیشنهاد شده‌اند. این سه عامل که بطور موفقیت آمیزی برای ارزیابی وضعیت جذب پتاسیم بوسیله گیاه مورد استفاده قرار گرفته عبارتند از: ۱- شدت پتاسیم در محلول خاک ۲- قدرت بافری پتاسیم و ۳- ضریب انتشار موثر پتاسیم در خاک. شدت و قدرت بافری مستقیماً از منحنی‌های کمیت - شدت (Q/I) پتاسیم بدست می‌آیند. به دلیل اینکه منحنی‌های Q/I پتاسیم به صورت معمول در آزمایشگاه تعیین نمی‌شوند و در سالهای اخیر مقادیری کود پتاسه در ایران مصرف می‌شود، تحقیق در مورد وضعیت حاصلخیزی پتاسیم و پیدا کردن روابطی بین خصوصیات از خاک و پارامترهای Q/I مفید است. بدین منظور پانزده نمونه خاکی سطحی (۳۰-۰ سانتیمتر) از گروههای بزرگ خاک در استانهای اصفهان، چهارمحال و بختیاری و گیلان انتخاب (از هر استان ۵ نمونه) و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی بر اساس روشهای معمول آزمایشگاهی تعیین شد. اطلاعات لازم برای رسم منحنی‌های Q/I پتاسیم برای هر نمونه خاک به شرح زیر بدست آمد: ۲۵ میلی لیتر محلول ۰.۰۰۲ مولار کلسیم (از کلروکلسیم) که غلظت پتاسیم (از کلرور پتاسیم) به ترتیب ۰، ۰.۱، ۰.۲، ۰.۴، ۰.۸، ۱.۶، ۲.۴ و ۳.۲ میلی‌مولار بود به نمونه‌های ۲ گرمی هر خاک در (دو تکرار) اضافه و به مدت ۲ ساعت در دمای $299 \pm 1^\circ K$ تکان و پس از سانتریفوژ کردن سوسپانسیون در ۳۰۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه، هدایت الکتریکی، غلظت $Ca+Mg$ و غلظت پتاسیم و محلول صاف اندازه‌گیری شد. تغییر در پتاسیم تبدلی (ΔK)، محور Y گراف Q/I از تفاوت غلظت پتاسیم در محلول اولیه و محلول تعادلی بدست آمد. برای محاسبه نسبت فعالیت پتاسیم (محور X گراف Q/I) با استفاده از EC و غلظتهای اندازه‌گیری شده در محلول تعادلی و با استفاده از فرمولهای تجربی ضرایب فعالیت و فعالیت یونها و با استفاده از فرمول

$$AR^k = \frac{a_k}{(a_{Ca} + a_{Mg})^{0.5}}$$

در مقابل AR^k پارامترهای Q/I بدست آمد. دامنه تغییرات بعضی از خصوصیات مانند درصد رس، ماده آلی و کربنات کلسیم معادل به ترتیب ۵۲۸-۲۰۵، ۴۵-۷، ۴۰-۵۶۰ گرم در کیلوگرم خاک و دامنه تغییرات پتاسیم محلول، تبدلی، غیر تبدلی و گنجایش تبدلی کاتیونی به ترتیب ۰.۰۵-۰.۳۵، ۰.۰۹۲-۰.۱۳، ۰.۹-۴.۷ و ۱۱-۳۴.۷ سانتی‌مول در کیلوگرم می‌باشد. نمودارهای Q/I خاکهای مطالعه شده شکل معمول گزارش شده در منابع را نشان می‌دهد. بطوریکه در مقادیر کم نسبت فعالیت پتاسیم (AR^k) رابطه DK و (AR^k) بصورت غیر خطی و در مقادیر بالاتر این رابطه خطی است از نظر پارامترهای Q/I تفاوت‌های زیادی بین خاکها مشاهده می‌شود که نمایانگر وضعیت متفاوت پتاسیم در این خاکها است. نسبت فعالیت پتاسیم در حال تعادل (AR^0) که

^۱ . به ترتیب دانشجوی دکتری و استاد گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی - دانشگاه صنعتی اصفهان

معرف شدت پتاسیم لایبل در خاک می‌باشد دارای تغییرات $0.005-0.522$ با میانگین 0.2 $(\text{mmol l}^{-1})^{0.5}$ می‌باشد. از نظر تنوری مقدار

AR^0 تحت تأثیر سه عامل شامل: مقدار پتاسیم تبدلی، گنجایش تبدل کاتیونی و ثابت تبدل گاپون میباشد. در خاکهای مطالعه شده نیز AR^0 بسته به عوامل فوق متفاوت می‌باشد. همچنین در این خاکها بین AR^0 بسته به عوامل فوق متفاوت می‌باشد. همچنین در این خاکها بین AR^0 و مقدار پتاسیم تبدلی ($E_x K$) رابطه معنی‌داری وجود دارد ($r = 0.76^{**}$). شیب بخش خطی گرافهای Q/I (PBC^k) که سنجشی از توانایی خاک در حفظ فعالیت (شدت) پتاسیم در محلول خاک است، دارای تغییرات زیادی بین $4.4-76.2$ با میانگین 16.2 $(\text{mmol/L})^{0.5} / (\text{mmol/Kg})^{-1}$ می‌باشد. در خاکهای مطالعه شده بین PBC و CEC همبستگی معنی‌داری وجود دارد ($r = 0.66^{**}$ $CEC = 1.43 + 10.3$). قوی نبودن ضرایب همبستگی بدست آمده احتمالاً به دلیل تفاوت زیاد در خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاکها و در نتیجه ثابت نبودن ضریب گاپون (K_G) و در مورد رابطه PCB و CEC همچنین به دلیل تفاوت زیاد بین مقدار ماده آلی خاکها می‌باشد. بطوریکه مواد آلی سبب افزایش CEC می‌شوند ولی در مقدار PBC نقشی ندارند. پتاسیم لایبل (DK) نشان دهنده پتاسیم به آسانی قابل تبدل بوده و دامنه تغییرات آن در خاکهای مورد مطالعه $0.07-0.737$ با میانگین 0.25 cmol/Kg می‌باشد. همچنین بین پتاسیم تبدلی ($E_x K$) و پتاسیم به آسانی قابل تبدل رابطه معنی‌داری وجود دارد. ($r = 0.79^{**}$). $DK^0 = -0.128 + 0.69 E_x K$ $r = 0.93$ پتاسیم به سختی قابل تبدل (K_x) که از کسر کردن پتاسیم لایبل (پتاسیم به آسانی قابل تبدل) از مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم ۱ مولار بدست می‌آید، بین $0.23-0.55$ با میانگین 0.2 cmol/Kg متغیر بود. پتاسیم به سختی قابل تبدل بستگی به نوع کانیهای رسی دارد، بطوریکه در خاکهایی که دارای کانیهای با محلهای جذب اختصاصی پتاسیم بیشتری هستند مقدار K_x بیشتر می‌باشد. به عبارت دیگر K_x در ارتباط با نوع کانیهای رسی بوده و با پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم ۱ مولار ارتباط معنی‌داری ندارد. ($r = 0.58^{ns}$ $E_x K = 0.31 + 0.13 K_x$). همانطور که از نتایج این مطالعه برمی‌آید پارامترهای Q/I دارای تغییرات زیادی بوده و همچنین بین پارامترهای Q/I و تعدادی از خصوصیات خاک ارتباط معنی‌داری وجود دارد ولی ضرایب همبستگی به دلیل تفاوت در خصوصیات فیزیکی، شیمیایی و مینرالوژیکی خاکها بالا نیست. در صورتیکه چنین مطالعاتی در خاکهای با خصوصیات یکسان انجام می‌گیرد می‌توان با اطمینان پارامترهای Q/I را از خصوصیات خاک که در آزمایشگاه تعیین می‌شود برآورد کرد.

(Long term)

تغییر پارامترها در خاک مشکلی آشنا برای محققین علوم کشاورزی است که بطور مداوم با اثرات تجمعی آن در مزارع آزمایشی خود مواجه هستند و می‌تواند تفاوت و اثر تیمارها را بیوشاند. یک آزمایش صحرایی دقیق معمولاً در قطعه زمینی اجرا می‌شود که در آن اندازه‌کرت و قابلیت تغییر خاک برای یک محصول مشخص و یا تیمارهای فیزیکی - شیمیائی معین به حداقل رسانده می‌شود. چنین زمینی باید حداقل تغییر نقطه به نقطه را دارا باشد. در چنین شرایطی این احتمال می‌رود که فرضیات آمار کلاسیک از قبیل نرمال بودن توزیع فراوانی داده‌ها، تصادفی بودن تغییرات و واریانس ثابت برقرار باشد و بتوان با موفقیت از آزمونهای تجزیه واریانس در طرحهای آماری استفاده نمود. اما بتدریج بر اثر استفاده مداوم از زمین آزمایشی مورد نظر تغییرات نظامدار و مکانی ایجاد و غیر یکنواختی ظهور می‌یابد که می‌بایستی کیفیت و کمیت آن اندازه‌گیری شود، در غیر اینصورت منجر به اخذ نتایج اشتباه از طرح آزمایشی می‌گردد.

تحقیق حاضر احتمال وجود تغییرات فضایی و غیر یکنواختی ایجاد شده در توزیع متغیرهای پتاسیم قابل جذب، فسف قابل جذب و ماده آلی در خاک یک مزرعه آزمایشی طولانی مدت مصرف کود (Long term) را با استفاده از روشهای آماری نیم تغییرنا و آنالیز کریکینگ مورد بررسی قرار می‌دهد. در مزرعه مورد نظر بمدت ۱۹ سال اثر طولانی مدت مصرف سطوح مختلف کودهای ازته، فسفر و پتاس بر عملکرد برنج (رقم بینام) و بعضی خواص شیمیائی خاک مورد مطالعه قرار گرفته است. آزمایش مورد نظر بصورت کرت‌های خرد شده در پایه طرح بلوکهای کامل تصادفی است. تعداد کرتها ۷۲ عدد و ابعاد هر کرت ۸ در ۹ متر بوده است. برای نمونه‌برداری ابتداء محل تلاقی قطرها در هر کرت مشخص و از خاک آن منطقه نمونه‌برداری گردید. بعد از خشک کردن خاک در هوا و عبور از الک دو میلیمتری پتاسیم قابل جذب به روش عصاره‌گیری استات آمونیوم نرمال ($pH=7$)، فسفر قابل جذب به روش اولسون و کربن آلی به روش والکی بلاک اندازه‌گیری شد. داده‌های کربن آلی با اعمال ۱.۷۲۴ به ماده آلی تبدیل شدند. سپس پارامترهای توزیع فراوانی جمعیت و مدل‌های نیم تغییر نما محاسبه و توزیع دو بعدی متغیرها به روش کریکینگ مشخص گردید.

نتایج نشان داد که توزیع فراوانی متغیرهای ماده آلی، پتاسیم قابل جذب نرمال و فسفر قابل جذب از نوع لگاریتم نرمال است. مدل نیم تغییرنا برای متغیرهای ماده آلی و پتاسیم قابل جذب خطی و بدون واریانس قطعه‌ای است که نشان دهنده وجود تغییرات فضایی و نظامدار، عدم استقلال نمونه‌ها و متغیر بودن واریانس است که حاکی از عدم پیروی متغیرهای فوق از فرضیات آمار کلاسیک است. واریانس قطعه‌ای نمایانگر سهم تغییرات تصادفی از کل واریانس است و عدم وجود آن نشان دهنده آن است که علاوه بر عدم وجود تغییر در فواصل کمتر از مقیاس نمونه‌برداری، خطایی در طی نمونه‌برداری و یا در مراحل تجزیه نمونه‌ها در آزمایشگاه رخ نداده است.

محاسبه و ترسیم دو بعدی و سه بعدی توزیع متغیرهای فوق به روش کریکینگ نشان داد که پتاسیم قابل جذب و ماده آلی تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار نگرفته و دارای وابستگی فضایی منطبق با شیب جزئی و احتمالاً شیوه آبیاری در مزرعه است. محل ورود آب آبیاری از قسمت جنوبی مزرعه که مرتفع‌تر است می‌باشد. قسمت شمالی مزرعه پست‌تر و در خارج از فصل کشت نیز بدلیل زهکشی ناقص، حالت ماندابی وجود دارد. این مسأله از یک طرف سبب کاهش سرعت تجزیه

^۱ . به ترتیب کارشناس ارشد بخش خاکشناس مؤسسه تحقیقات برنج کشور، استادیار گروه خاکشناسی-دانشگاه تبریز و دانشیار گروه زراعت اصلاح نباتات - دانشگاه تبریز

مواد آلی و تجمع تدریجی آن در این ناحیه می‌گردد از طرف دیگر بدلیل قدرت پیوندی کم بین پتاسیم قابل جذب و ماده آلی مقدار بیشتری از آن در محلول خاک قرار گرفته و بتدریج در اثر آبشویی از غلظت آن در خاک کم می‌گردد. شدت غیر یکنواختی در این متغیر بحدی است که بلوک‌بندی طرح در تجزیه واریاس مؤثر نبوده و ضرورت استفاده از روشهای تجزیه کوواریانس را ایجاد می‌کند.

فسفر قابل جذب دارای مدل نیم تغییر نمای اثر قطعه‌ای بوده که حاکی از وجود تغییرات تصادفی و واریانس ثابت است. ترسیم دو بعدی توزیع آن به روش کریکینگ نیز نشان از عدم وجود روند بوده که تغییرات تصادفی در آن بصورت دوایر متعدد متحدالمرکز نمود یافته و بخوبی منطبق با مصرف کود فسفره طبق تیمارهای آزمایشی است. بنابراین می‌توان آزمونهای تجزیه واریانس اثر مصرف کود فسفره بر عملکرد برنج و خواص شیمیائی خاک را با دقت و صحت انجام داد.

در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مطالعات اندکی درباره جذب و حرکت پتاسیم در خاک انجام گرفته است. معمولاً چنین تصور می‌شود که خاکهای این مناطق غنی از پتاسیم می‌باشند، در حالی که کشت گیاهان در طی سالیان متمادی باعث تخلیه شدید خاکهای زراعی شده است. علاوه بر آن در خاکهای شنی به دلیل ظرفیت تبادل کاتیونی کم، توانایی خاک جهت نگهداری پتاسیم اندک بوده و لذا پتاسیمی که از طریق کودهای شیمیایی به خاک اضافه می‌شود در معرض آبشویی قرار دارد. در این مناطق قسمت اعظم کاتیونهای محلول و تبدلی رایون کلسیم تشکیل می‌دهد. این یون برای جذب بر روی مکانهای تبدلی با یون پتاسیم رقابت می‌کند. آگاهی از خواص جذبی پتاسیم و مکانیز حرکت آن در خاک تأثیر بسزایی در مدیریت مصرف کودهای شیمیایی در این مناطق دارد. در این تحقیق تأثیر کلرور کلسیم، کربنات کلسیم و گچ بر جذب و آبشویی پتاسیم در یک خاک شنی مورد مطالعه قرار گرفت. آزمایشات آبشویی پتاسیم در ستون‌هایی از خاک به هم خورد، در حالت اشباع و با جریان ثابت و با شدت ۶ میلی‌لیتر در ساعت (۱۲ میلی‌لیتر در ساعت) انجام گرفت. محلولهای آبشویی کلرور کلسیم با غلظت‌های مختلف (۰، ۱، ۳، ۵، ۱۰ و ۱۵ میلی‌مول در لیتر) تهیه گردید و پتاسیم اضافه شده به سطح خاک (۳۹۹ کیلوگرم پتاسیم در هکتار) با استفاده از محلولهای مذکور آبشویی گردید. در آزمایش دیگر به میزان ۵ درصد گچ و یا کربنات کلسیم پودری به خاک اضافه شد و این بار پتاسیم مصرفی با استفاده از آب مقطر آبشویی گردید. محلول خروجی جمع‌آوری و غلظت یونهای پتاسیم و کلسیم اندازه‌گیری گردید. با استفاده از غلظت پتاسیم در محلول خروجی و حجم زهاب جمع‌آوری شده مقدار پتاسیم آبشویی شده از هر ستون خاک محاسبه شد. با افزایش غلظت کلسیم در محلول آبشویی، میزان پتاسیم آبشویی شده و غلظت آن در محلول خروجی افزایش یافت. حرکت پتاسیم در خاک حاوی کربنات کلسیم، مشابه با خاک بدون کربنات کلسیم بود که به وسیله محلول ۱ میلی‌مول در لیتر کلرور کلسیم آبشویی گردید. در حالی که در خاک حاوی گچ، حرکت پتاسیم شبیه به حرکت آن در خاکی بود که با محلول ۱۵ میلی‌مول در لیتر کلرور کلسیم آبشویی قرار گرفت. غلظت کلسیم در محلول خروجی در حالت تعادلی در خاکهای حاوی کربنات کلسیم و گچ که به وسیله آب مقطر آبشویی گردید، بسیار آهسته بود و پتاسیم افزوده شده به خاک عمده‌تاً از سطح خاک تا عمق ۵ سانتی‌متری تجمع نمود. در خاک حاوی گچ، در حدود ۷۷ درصد از پتاسیم مصرفی (۳۰۷ کیلوگرم در هکتار)، بعد از عبور ۲۹۰ میلی‌متر آب از خاک، آبشویی گردید. در حالی که خاک حاوی کربنات کلسیم، تنها در حدود ۱۶٪ از پتاسیم مصرفی (۶۴ کیلوگرم در هکتار)، بعد از عبور ۱۰۰۰ میلی‌لیتر آب از خاک، آبشویی گردید. نتایج نشان می‌دهد که توزیع غلظت یون پتاسیم در ستون خاک بستگی به ضریب جذب واکنش تبادل یونی، ظرفیت تبادل کاتیونی و غلظت یون کلسیم دارد. همچنین حضور یون کلسیم در آب آبیاری و رهاسازی آن از کانی‌هایی که حاوی این یون هستند نقش مهمی در تعیین میزان آبشویی پتاسیم از خاک دارد.

^۱ . به ترتیب استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه بوعلی سینا، دانشیار گروه خاکشناسی دانشگاه اردبیل و استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه اردبیل.

ارزیابی وضعیت عناصر در خاک از جنبه‌های تغذیه‌گیا، زیست محیطی و اقتصادی حائز اهمیت است. پتاسیم یکی از مهمترین عناصر از نظر تغذیه گیاه است. پتاسیم فراوانترین کاتیون در گیاه بوده و نه تنها از نظر مقدار، بلکه از نظر وظایف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی نیز مهمترین کاتیون محسوب می‌شود. یکی از روشهای آگاهی از وضعیت پتاسیم خاک و قابلیت دسترسی گیاه به این پتاسیم مطالعات آزمون خاک است. نظر به اهمیت زیاد پتاسیم در تغذیه گیاهی عدم وجود اطلاعات دقیق در ارتباط با وضعیت پتاسیم خاکهای آهکی استان اصفهان، انجام تحقیقی با هدف بررسی وضعیت پتاسیم در تعدادی از خاکهای آهکی استان اصفهان و ارزیابی عصاره‌گیرهای رایج برای استخراج پتاسیم قابل دسترس گیاه ذرت در این خاکها، ضروری به نظر می‌رسید. برای دستیابی به این اهداف از ۲۶ سری خاک مهم و زراعی این منطقه نمونه‌برداری اولیه صورت گرفته و براساس بافت خاک و مقدار پتاسیم استخراجی بوسیله استات آمونیوم نرمال و خنثی (با تأکید بر بافتهای سبکتر و پتاسیم استخراجی کمتر)، ۱۶ نمونه خاک برای انجام مطالعات بعدی انتخاب شدند. بر روی تعدادی از خاکها مطالعات شناسایی کانیها با استفاده از دستگاه XRD صورت گرفت. پتاسیم قابل دسترس این خاکها با استفاده از عصاره‌گیرهای استات آمونیوم نرمال و خنثی (۴ روش)، کلرور کلسیم (۰،۰۱ مولار (۲ روش)، کلرور سدیم (۱ و ۲ نرمال)، استات سدیم نرمال و خنثی، بی‌کربنات آمونیوم DTPA، مهلیخ ۱، مهلیخ ۲، مورگان - ولف و اسیدنیتريك مولار و جوشان استخراج شد. در مطالعات گلخانه‌ای از ذرت سنگل کراس ۷۰۴ به عنوان گیاه محک و دو تیمار صفر و ۱۵۰ پی‌پی‌ام پتاسیم در قالب یک آزمایش فاکتوریل استفاده شد. در این آزمایش ۱۶ نمونه خاک مورد استفاده به عنوان فاکتور الف و ۲ تیمار پتاسیم به عنوان فاکتور ب در سه تکرار (۱۰۸ گلدان) در نظر گرفته شدند. انتخاب عصاره‌گیرهای مناسب بر مبنای محاسبات آماری و مقایسه ضرایب همبستگی بین مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده از خاک بوسیله هر عصاره‌گیر با هر کدام از شاخصهای گیاهی (میزان جذب پتاسیم، عملکرد خشک، غلظت پتاسیم، عملکرد نسبی، عکس‌العمل گیاه و جذب اضافی) و همچنین با لحاظ کردن عوامل سرعت، دقت، سادگی اقتصادی بودن صورت گرفت. نتایج بدست آمده نشانگر رابطه معنی‌دار و قوی (ضرایب همبستگی بالا) بین دو شاخه گیاهی جذب پتاسیم و غلظت پتاسیم، با پتاسیم عصاره‌گیری شده بوسیله عصاره‌گیرهای کلرید سدیم

۲
سديم

(۲ به ترتیب ۰،۷۹^{xx} و ۰،۸۶^{xx})، استات سدیم نرمال و خنثی (۲ به ترتیب ۰،۷۳^{xx} و ۰،۸۵^{xx})، استات آمونیوم روش را (۲ به ترتیب ۰،۷۹^{xx} و ۰،۷۵^{xx}) و بی‌کربنات آمونیوم-DTPA (۲ به ترتیب ۰،۷۵^{xx} و ۰،۷۸^{xx}) می‌باشد. عصاره‌گیرهای کلرور سدیم ۲ نرمال و استات سدیم نرمال و خنثی براساس بالا بودن ضرایب همبستگی با دو شاخص گیاهی جذب پتاسیم و غلظت پتاسیم در اندام هوایی گیاه و همچنین سادگی و اقتصادی بودن به عنوان مناسبترین عصاره‌گیرها در بین عصاره‌گیرهای مورد استفاده تشخیص داده شدند. عصاره‌گیرهای استات آمونیوم (روش ۱) و بی‌کربنات آمونیوم DTPA- نیز عصاره‌گیرهای مناسبی برای ارزیابی پتاسیم در دسترس گیاه بوده ولی بدلیل همبستگی ضعیفتر، گرانی و کمیابی مواد قابل توصیه نمی‌باشند. بین شاخصهای عملکرد خشک، عملکرد نسبی، عکس‌العمل گیاه و جذب اضافی با غلظت پتاسیم استخراج شده بوسیله عصاره‌گیرهای مورد مطالعه، رابطه معنی‌داری در سطح ۵ درصد مشاهده نشد. DF و درصد K/CEC نیز شاخصهای مناسبی برای ارزیابی پتاسیم قابل دسترس خاکهای مورد مطالعه نبودند. براساس مطالعات شناسایی کانیها، ایلیت به عنوان کانی رسی

^۱ . به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استاد گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

غالب در این خاکها شناسایی شد. این کانی نه تنها حاوی پتاسیم تبدلی بر روی سطوح خود بوده بلکه معمولاً دارای ذخایر بزرگی از پتاسیم غیر تبدلی قابل دسترس برای گیاه است. ایلیت منبع ذخیره پتاسیم در خاک محسوب می‌شود و در مطالعات ارزیابی وضعیت پتاسیم خاک حتماً باید به حضور این کانی توجه شود. بدلیل اینکه مقادیر پتاسیم استخراجی بوسیله هیچیک از عصاره‌گیرها ارتباط معنی‌داری با عملکرد گیاه ذرت نشان نداد، می‌توان گفت مقدار پتاسیم قابل دسترس در این خاکها، عامل محدودکننده‌ای برای رشد گیاه ذرت نمی‌باشد. دلیل اصلی آن احتمالاً کافی بودن پتاسیم تبدلی و محلول برای دوره رشد گیاه در بیشتر خاکها و وجود کانی ایلیت بوده که قادر است سریعاً پتاسیم جذب شده بوسیله گیاه را از منابع غیر تبدلی جایگزین نماید. تعیین سطح بحرانی پتاسیم برای عصاره‌گیرهای پیشنهادی، بدلیل محدود کننده نبودن غلظت پتاسیم قابل دسترس در خاکهای مورد مطالعه، امکان‌پذیر نمی‌باشد. عوامل خاکی مؤثر بر عملکرد ذرت در این تحقیق به ترتیب اهمیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع، ضریب گاپون، درصد رس و ظرفیت تبادل کاتیونی می‌باشد. در حدود ۸۷ درصد از تغییرات عملکرد ذرت بوسیله این چهار عامل خاکی توجیه می‌شود. توصیه می‌شود جهت بدست آمدن اطلاعات دقیقتری در مورد وضعیت پتاسیمی این خاکها مطالعات سینتیکی جذب و رهاسازی پتاسیم در خاکهای مربوط انجام شود.

در این تحقیق ضریب ظاهری کل یون با استفاده از ۱۰۵ نمونه خاک برآورد گردیده است. نمونه‌های مورد استفاده از مناطق خورستان، کرمان، دشت گرگان، قزوین، اصفهان، تبریز و کرج که مناطق جغرافیایی اصلی در برگزیده خاکهای متأثر از املاح محلول کشور می‌باشند، تهیه گردید. این خاکها از نظر خصوصیات فیزیکوشیمیایی مؤثر بر ضریب گاپون از تنوع گسترده‌ای برخوردار بودند. EC عصاره ۱:۱، غلظت سدیم، کلسیم و منیزیم در عصاره اشباع و مقادیر سدیم کل، کلرایدکل و کلراید عصاره اشباع، CEC و SP خاکها اندازه‌گیری گردید. با توجه به تأثیر دفع آنیونی در برآورد مقدار سدیم تبدلی در خاکهای متأثر از املاح محلول، بر روی نمونه‌های مورد نظر تصحیح دفع آنیونی به روش ارائه شده توسط باور^۱ وهاچر^۲ بشرح زیر انجام گرفت:

$$Na_{exch} = Na_T - (Cl_w/Cl_e) \times Na_s$$

که در آن:

Na_{exch} : مقدار سدیم تبدلی پس از تصحیح اثر دفع آنیونی بر حسب $Cmol/Kg^{-1}$

Na_T : مقدار سدیم محلول + تبدلی بر حسب $Cmol/Kg^{-1}$

Na_s : مقدار سدیم محلول خاک براساس غلظت در عصاره اشباع بر حسب $Cmol/Kg^{-1}$

Cl_w : مقدار کلراید در توده محلول و فاز تبدلی بر حسب $Cmol/Kg^{-1}$

Cl_e : مقدار کلراید محلول خاک براساس غلظت این یون در عصاره اشباع بر حسب $Cmol/Kg^{-1}$

بدین ترتیب مقدار سدیم تبدلی و در نتیجه ESR قبل و بعد از تصحیح دفع آنیونی بدست آمد.

مقایسه نتایج در ۱۰۵ نمونه خاک قبل و بعد از تصحیح اثر دفع آنیونی نشان داد که تصحیح دفع آنیونی باعث افزایش شیب خط رگرسیون ESR بر SAR (ضریب ظاهری گاپون) از ۰،۰۰۵۷ به ۰/۰۱۹۶ و افزایش ضریب تشخیص r^2 بین ایندو از ۰،۲۸ به ۰،۵۲ گردیده است. هنگامیکه این رابطه برای $(mmol/l)^{1/2}$ $SAR \leq 60$ و $ESR \leq 1$ بر آورد گردیده (۸۰ نقطه)، بدون تصحیح دفع آنیونی شیب خط ۰،۰۰۹۲ و ضریب تشخیص (r^2) ۰،۵۳ و پس از تصحیح شیب ۰،۰۱۴۱ و ضریب تشخیص ۰،۸۱ بدست آمد. بنابراین روابط زیر برای استفاده در خاکهای متأثر از املاح محلول ایران در محدوده $ESR < 60$ توصیه می‌گردد:

$$ESR = -0.0111 + 0.01406 SAR$$

$$ESP = 1.00(-0.0111 + 0.01406 SAR)$$

$$1 + (-0.0111 + 0.01406 SAR)$$

بررسی تأثیر برخی از خصوصیات خاک بر ضریب ظاهری گاپون قبل و بعد از تصحیح اثر دفع آنیونی نشان داد که EC عصاره ۱:۱ خاک بر ضریب ظاهری گاپون قبل از تصحیح اثر دفع آنیونی، تأثیر معنی‌دار داشته (بطوریکه با افزایش EC، این ضریب کاهش می‌یابد)، اما پس از تصحیح اثر دفع آنیونی، تأثیر معنی‌داری ندارد. بنابراین نتیجه گرفته شد که بخش عمده تأثیر EC خاکها بر این ضریب از طریق تأثیر بر مقدار دفع آنیونی می‌باشد. تغییرات SAR و ESR خاکها قبل و بعد از تصحیح، تأثیر معنی‌داری بر ضریب ظاهری گاپون داشت. اما تغییرات ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC)، درصد رطوبت اشباع (SP) و نسبت غلظت کاتیون منیزیم به کلسیم در محلول این خاکها، بر ضریب ظاهری گاپون قبل و بعد از تصحیح تأثیر معنی‌داری نداشتند.

^۱.Bower

^۲.Hatcher

در سالهای اخیر مسائل و پدیده‌های بیابانی شدن بصورت مشکلی عمده در سراسر جهان بروز کرده است، و پرداختن به این موضوع از جنبه‌های مختلف به عنوان یک وظیفه اصلی برای تمام کشورهای جهان درآمده است، لذا در رابطه با این موضوع برنامه‌ها و تشکیلات ملی و بین‌المللی بوجود آمده است بطوریکه این ارگانها روشهای علمی و عملی مبارزه با پدیده بیابان را تنظیم و ارائه می‌نمایند. در این رابطه کنفرانسهای متعددی در سطوح مختلف و حتی در حد کنوانسیون سران کشورهای جهان تشکیل گردیده است (کنوانسیون بین‌المللی مبارزه با بیابان).

کشورهای امضاء کننده کنوانسیون موظف به اجرای مفاد آن و موظف به اجرای طرحها و برنامه‌های بهینه در رابطه با بیابان هستند به نحوی که این طرحها و برنامه‌ها باید متکی به نتایج تحقیقات اصولی علمی باشد. هریک از کشورها با توجه به شرایط آب و هوایی، شرایط اقتصادی اجتماعی رسوم و عادات مردم خود بررسی و مطالعات لازم را در ارتباط فاکتورهای حفاظت محیط‌زیست انجام دهند. در جمهوری اسلامی ایران نیز طی سالهای اخیر برنامه‌های وسیعی در رابطه با مبارزه با بیابان انجام شده و مناطق وسیعی از شنزارها به طرق مختلف از جمله با کاربرد مالچ و کاشت گیاهان مناسب تثبیت گردیده و سطوح وسیعی از مراتع تخریب شده احیاء و اصلاح شده است. اما با این وصف مناطق گسترده‌ای هنوز وجود دارد که شدیداً تخریب گردیده است که ضرورتاً این اراضی باید اصلاح شوند.

برنامه‌ریزی برای مبارزه با بیابان نیاز به اطلاعات صحیح و منظم از وضع موجود دارد این اطلاعات به هنگام از طریق کنترل و بررسی و یادداشت‌برداری (مانیتورینگ) مداوم از بیابان و پدیده‌های بیابانی شدن با استفاده از مدت سنجش از دور میسر می‌گردد. مدت سنجش از دور امکان کسب سریع اطلاعات و به هنگام را از وضعیت موجود منابع تخریب شده فراهم می‌کند. هدف عمده در این تحقیق ارزیابی میزان سطوحی از استان که تحت تأثیر فاکتورهای فرسایشی قرار دارند و همچنین طبقه‌بندی (کلاس‌بندی) شدت بیابانی شدن تحت تأثیر این فاکتورها می‌باشد.

برای ارزیابی فاکتورهای فرسایش خاک در تحقیق حاضر اساس و مبنا، روش ارائه شده توسط سازمان FAO و UNEP و انستیتوی بیابان کشور ترکمنستان بوده و در حین انجام کار روشهای ارائه شده توسط سازمانهای فوق‌الذکر مطابق شرایط حاکم بر منطقه بازبینی و تغییرات و اصلاحات لازم صورت گرفته است.

با انجام بررسی در این تحقیق از جمله پدیده‌های عمده‌ای که در بیابانی شدن منطقه در سطح استان خراسان ایفای نقش می‌نماید فرسایش آبی و بادی می‌باشد. در این تحقیق پدیده‌های بیابانی شدن با بکارگیری معیارهای کمی و بر اساس کلاسها (طبقاتی) مختلف ارزیابی می‌شوند بطوریکه این طبقات نمایانگر شدت وقوع پدیده‌ها هستند. با توجه به مطالعات صحرائی در منطقه، بررسی منابع علمی و کارتوگرافی تصاویر ماهواره‌ای معیارهای (نشانگرها) کمی در چهار طبقه (کلاس) ارائه شده‌اند. این شاخص‌های کمی (نشانگرها) براساس تپیه‌های مختلف پدیده‌ها در گروههایی دسته‌بندی شده‌اند به نحویکه هر گروه جنبه‌های بیابانی شدن نام گرفته‌اند. این جنبه‌ها عبارتند از :

۱- وضع موجود (DS) : وضعیت یک اکوسیستم را در زمان معین (حال - آینده - گذشته) توصیف می‌کند این جنبه بصورت کیفی بیان می‌شود. از جمله معیارهایی که برای ارزیابی فرسایش بادی مورد استفاده قرار می‌گیرند وضعیت سطح

^۱ . مربی پژوهشی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام خراسان (دانشجوی دکترای بیابان)

زمین، سطوح تثبیت شده توسط گیاهان، ترکیب پوشش گیاهی و برای ارزیابی معیارهای فرسایش آبی علاوه بر خصوصیات سطح زمین، نوع فرسایش، تعداد آبراهه‌ها، درصد خاک لخت، ضخامت لایه خاک و ... مورد بررسی قرار می‌گیرند.

۲- روند بیابانزائی (DR) : جنبه‌ای که تغییرات شدت درجه بیابانی شدن را در فاصله دو مقطع زمانی مشخص توصیف می‌کند، معیارهایی که برای ارزیابی فرسایش بادی مورد بررسی قرار می‌گیرند شامل میزان افزایش سطح فرسایش در سال به درصد و درصد کاهش سالیانه سطح مرتع و بررسی ارزیابی فرسایش بادی درصد افزایش سطح فرسایش و میزان تلفات خاک در سال می‌باشد.

۳- خطر بالقوه (IR) : براساس خصوصیات طبیعی اکوسیستم و درجه اول براساس گروههای خاک - ترکیبات مکانیکی خاکها و پوشش گیاهی مشخص می‌گردد.

۴- تراکم دام (AP) : که براساس توان بالقوه‌ی محیط در مراتع و فشار موجود دامها بر محیط توصیف می‌گردد. به عبارت دیگر بررسی می‌شود که فشار موجود واقعی چه درصدی از پتانسیل بالقوه محیط است.

۵- تراکم انسان (PP) : از مشکل‌ترین معیارهایی است که باید تعیین گردد. انستیتوی بیابان ترکمنستان این معیار را براساس جمعیت روستائی تعیین می‌کند. البته این نشانگر را می‌توان با استفاده از اطلاعات مربوط به تراکم مسکونی در کیلومتر مربع نیز ارائه داد.

۶- مجموع خطر کل بیابانزائی (DH) : از مجموع جنبه‌های بیابانی شدن (۵-۱) محاسبه می‌گردد. برای محاسبه مقدار کمی شاخص‌ها و امتیازبندی که بوسیله FAO و UNEP پیشنهاد شده است استفاده می‌گردد (جداول منظم به اصل مقاله خواهد بود).

در تحقیق حاضر از کل سطح استان خراسان سطوحی که تحت تأثیر پدیده‌های فرسایش آبی و بادی قرار گرفته‌اند و همچنین شدت وقوع این پدیده در کل استان و در مناطق مختلف (شهرستانها) بصورت کمی ارائه شده است.

فرسایش بادی باعث ایجاد ذرات معلق در هوا می‌شود که این امر سبب از بین رفتن کیفیت خاک، کاهش دید در جاده‌ها و فرودگاه‌ها، آلودگی هوا، غذا، و آب آشامیدنی می‌گردد. همچنین ذرات معلق که قطر ایرودینامیکی آنها کمتر از ۱۰ میکرون باشد (PM_{10}) باعث بیماری تنفسی می‌شوند. برخی مطالعات (Hagen et al., 1996; Cahil et al., 1996) نشان داده‌اند که فرسایش بادی قادر است مقادیر قابل توجهی PM_{10} تولید کند. از اینرو جهت پیش‌بینی آسیب‌های درون مرزی و برون مرزی فرسایش بادی، کمیت و کیفیت تولید ذرات معلق نیز می‌بایست مطالعه گردد. اگرچه در پیرامون نحوه انتقال و نشست ذرات معلق مطالعات بسیاری انجام شده است، اما منشاء پیدایش و مقادیر تولید آنها کمتر مورد توجه قرار گرفته است. در این مطالعه، سه منشاء اصلی ایجاد ذرات معلق توسط فرسایش بادی مشخص گردید که عبارتند از:

۱- خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰.۱ میلیمتر که هنگام فرسایش بادی مستقیماً در جریان هوا قرار می‌گیرند (Emission).

۲- سائیدگی خاکدانه‌های غیر متحرک و سله (Abrasion) توسط ذرات جهشی،

۳- متلاشی شدن ذرات جهشی هنگام برخورد با سطح زمین.

جهت پیش‌بینی درصد خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰.۱ میلیمتر یازده خاک زراعی ایالت کانزاس آمریکا به مدت چهارسال در فصل‌های بهار و پائیز نمونه‌برداری شد و توزیع اندازه خاکدانه‌های آنها ترسیم گردید. سپس توسط توزیع لاگ - نرمال چهار پارامتری، چهار پارامتر آنها یعنی کوچکترین اندازه خاکدانه، بزرگترین اندازه خاکدانه، میانگین قطر هندسی، و انحراف معیار هندسی آنها تعیین گردید.

سرانجام توسط چهار پارامتر مذکور، درصد خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰.۱ میلیمتر هر خاک مشخص شده و رابطه‌ای بین بافت خاک و درصد ذرات معلق آزاد خاک ($r^2 = 0.87$) تعیین گردید.

به منظور بررسی پیدایش ذرات معلق توسط سائیدگی خاکدانه‌ها، چهارنوع خاک زراعی با بافتهای گوناگون نمونه‌برداری شدند و خاکدانه‌هایی که قطر آنها بین ۱۵ تا ۲۵ میلیمتر بود جدا گردید. سپس خاکدانه‌های جدا شده در تونل باد قرار داده شد و آزمایش سائیدگی توسط ذرات جهشی شنی بر روی آنها انجام گرفت. همچنین ذرات معلق حاصل از سائیدگی خاکدانه‌ها توسط نمونه‌بردارهای مخصوصی اندازه‌گیری گردید.

به منظور بررسی پیدایش ذرات معلق توسط متلاشی شدن ذرات جهشی در اثر برخورد آنها با سطح زمین، چهار نوع خاک با بافتهای مختلف نمونه‌برداری گردید. سپس خاکدانه‌هایی که قطر آنها ۰.۱۵-۰.۴۲ و ۰.۸۴-۰.۴۲ میلیمتر بودند جدا گشته و مجموعاً به مسافت ۳۰۰ متر در تونل باد با سرعت باد ۱۵ عبور داده شدند. خاکدانه‌ها پس از برخورد با سطح تونل باد متلاشی شده و ایجاد ذرات معلق کردند که ذرات معلق تولید شده توسط نمونه‌بردارهای مخصوصی اندازه‌گیری شدند. پس از انجام آزمایش، ضرائب شکنندگی ذرات جهشی محاسبه و رابطه آنها با درصد رس خاکها تعیین گردید.

در این مطالعه با استفاده از قانون بقاء ماده و دیگر مبانی فیزیکی، معادلاتی به منظور پیش‌بینی ذرات معلق حاصل از فرسایش بادی توسط هریک از منابع یاد شده ارائه گردید. البته این روش که منشاء ذرات معلق را به صورت جداگانه بررسی

^۱ . به ترتیب استادیار بخش خاکشناسی دانشگاه شیراز، استاد بخش خاکشناسی دانشگاه ایالتی کانزاس، اساتید مرکز تحقیقات فرسایش بادی وابسته به وزارت کشاورزی آمریکا

می‌کند نسبت به روشهای دیگری که منشاء ذرات معلق را بصورت کلی و کلان نگاه می‌کنند برتری دارد و معادلات بدست آمده می‌تواند در مدل‌های فرسایش بادی که پیش‌بینی آنها بر پایه علم فیزیک استوار است مورد استفاده قرار گیرد.

در ابتدای طول زمین، جایی که ظرفیت انتقال ذرات جهشی (Saltation transport capacity) بسیار بیشتر از Saltation discharge می‌باشد، برخاست مستقیم (Emission) ذرات معلق آزاد مهمترین منبع ذرات معلق می‌باشد. با بررسی توزیع اندازه خاکدانه‌های خاک‌های مورد نظر، درصد ذرات معلق رسوبات بادی ۱۶ تا ۶۹ درصد برآورد گردید که این مقدار حداقل درصد ذرات معلق هنگام فرسایش را تشکیل می‌دهد، زیرا منابع دیگر ذرات معلق (سائیدگی خاکدانه‌ها و متلاشی شدن ذرات جهشی) هم می‌تواند این مقدار را افزایش دهد.

نتایج آزمایش‌هایی که در تونل باد انجام شد نشان داد که هنگام فرسایش بادی، خاکدانه‌های بزرگی که در سطح خاک در معرض سائیدگی قرار دارند به مراتب ضعیف‌تر و ناپایدارتر از خاکدانه‌هایی هستند که بصورت جهشی در سطح خاک حرکت می‌کنند و ضریب سائیدگی آنها حدوداً ۹ برابر بیشتر از ضریب شکنندگی خاکدانه‌های جهشی می‌باشد. از اینرو پیدایش ذرات معلق ناشی از سائیدگی خاکدانه‌ها به مراتب بیشتر از متلاشی شدن ذرات جهشی می‌باشد. در زمین‌هایی که دارای ۳۰ تا ۴۰ درصد خاکدانه‌های غیرمتحرک هستند، پیدایش ذرات معلق توسط سائیدگی خاکدانه‌ها به مراتب بیشتر از پیدایش ذرات معلق توسط متلاشی شدن ذرات جهشی می‌باشد.

نتایج آزمایش‌های تونل باد همچنین نشان داد که ضریب ثابت شکنندگی خاکدانه‌های جهشی می‌تواند در تخمین زدن پیدایش ذرات معلق ناشی از شکنندگی ذرات جهشی مورد استفاده قرار گیرد. در زمین‌هایی که قسمت بیشتر آنها پوشیده از سنگ و یا از خاکدانه‌های جهشی است، شکنندگی ذرات جهشی می‌تواند منبع اصلی ذرات معلق باشد. هنگام متلاشی شدن ذرات جهشی در تونل باد، سیلت در خاک‌های درشت بافت به مراتب بیشتر از خاک‌های ریزبافت کاهش پیدا کرد. از اینرو می‌توان نتیجه گرفت که هنگام فرسایش بادی کیفیت خاک‌های درشت بافت سریعتر از خاک‌های ریز بافت کاهش پیدا می‌کند. در خاتمه، پیدایش ذرات معلق از سه منبع یاد شده بستگی به خصوصیت زمین از جمله طول آن در جهت باد داد. در ابتدای طول زمین، منبع اصلی ذرات معلق، خاکدانه‌های آزاد کوچکتر از ۰.۱ میلی‌متر می‌باشند و با افزایش طول زمین، متلاشی شدن خاکدانه‌های جهشی مهمترین منبع ذرات معلق می‌باشند. همچنین وجود خاکدانه‌های بزرگ غیرمتحرک که در معرض سائیدگی قرار دارند می‌تواند در افزایش ذرات معلق هم مؤثر باشند.

کمیود رطوبت و مواد آلی، شوری و قلیائیت و فرسایش پذیری از مشکلات اصلی خاکهای مناطق خشک و نیمه خشک بشمار می‌روند. منطقه سجزی واقع در ۲۵ کیلومتری شرق اصفهان از جمله مناطقی است که دارای مشکلات توأمی از این نوع بوده و علیرغم این، هیچگونه تحقیقی در زمینه خاکشناسی منطقه انجام نشده است. اقدامات اداره کل منابع طبیعی نیز جهت جلوگیری از گسترش شوری و فرسایش بادی بدلیل عدم شناخت کافی از خصوصیات خاکهای منطقه چندان موفق نبوده است. با توجه به اهمیت استراتژیک این منطقه بدلیل مجاورت با شهر اصفهان - فرودگاه شهید بهشتی - پایگاه شهید بابایی - شهرک صنعتی - راه آهن سجزی - جاده اصفهان - نایین و مزارع اطراف اهمیت تحقیق در این منطقه مشخص می‌شود. هدف از این تحقیق بررسی میزان تأثیر شوری بر مقاومت خاکدانه‌ها و فرسایش پذیری خاک توسط باد بوده است. برای رسیدن به این اهداف ۱۳ واحد خاک که از نظر خصوصیات سطحی از قبیل رنگ، تجمع نمک، نوع و میزان پوشش گیاهی، میزان گچ پودری و بافت خاک متفاوت بودند در یک منطقه ۴۰ هزار هکتاری جدا شد که ۶ واحد دارای خاک سطحی بدون سله و ۷ واحد دارای خاک سله بسته بود. در هریک از این واحدها آزمایشات فیزیکی (تعیین بافت، وزن مخصوص ظاهری و درصد اندازه ذرات) و شیمیایی (تعیین هدایت الکتریکی عصاره اشباع، درصد گچ، درصد آهک، درصد مواد آلی، pH) در مورد نمونه‌های سطحی انجام پذیرفت. جهت شناسایی کانیهای تبخیری در خاک چند قطره از عصاره اشباع هر نمونه روی اسلایدهای شیشه‌ای ریخته و در درجه حرارت آزمایشگاه خشک گردید. این عمل چندین بار تکرار و سپس نمونه مورد نظر توسط دستگاه اشعه ایکس مدل شیمادزو تجزیه شد. ۲۵ برای شناسایی کانیهای تبخیری از ۲ تا ۶۰ درجه انتخاب و دیفرانگرامهای مربوطه رسم گردید.

علاوه بر این در نمونه‌های دست نخورده‌ای از این واحدها در صد خاکدانه‌های پایدار و میانگین قطر - وزن بروش غربال مرطوب برای تمامی نمونه‌ها و درصد خاکدانه‌های پایدار بروش غربال خشک برای نمونه‌های بدون سله در ۳ تکرار محاسبه شد. همچنین هدر رفت خاک (فرسایش پذیری) در نمونه‌های بدون سله در ۵ تکرار در یک تونل باد مورد آزمایش قرار گرفت. بدین منظور نمونه‌های خاک در سطح و وزن یکسان در برابر فشار ثابتی از باد (معادل ۱۴ کیلومتر در ساعت) در مدت زمان ۳۰ ثانیه قرار گرفتند. جهت محاسبات آماری از نرم افزارهای SAS 93 و MSTAT-C استفاده و ضرایب همبستگی، تجزیه رگرسیون گام به گام و آزمون دانکن بسته به نیاز در مورد نتایج انجام شد.

محاسبه میانگین قطر - وزن نشان می‌دهد که واحدهای سله بسته در برابر آب دارای خاکدانه‌های ناپایدارتری نسبت به واحدهای بدون سله می‌باشند بطوریکه میزان این فاکتور در واحدهای حاوی سله ۰.۰۸۴ و در مورد واحدهای بدون سله ۰.۲۹۲ میلی متر بوده است. دلیل این امر به مکانیزم و علت تشکیل سله مربوط می‌شود. تشکیل سله در این منطقه بیشتر جنبه فیزیکی دارد زیرا میزان سیلت و رس در واحدهای سله بسته نسبت به واحدهای بدون سله بیشتر است. البته تأثیر متقابل EC و SAR در پخشیدگی ذرات خاک می‌تواند بعنوان عامل شیمیایی مطرح باشد بطوریکه با غالب شدن اثر سدیم تبادل پذیری ذرات خاک صورت گیرد. از دلایل دیگر تشکیل سله در این منطقه احتمالاً قابل دسترس تر بودن آب است زیرا واحدهای بدون سله با افزودن رطوبت توسط آب قشان حالت سله بسته پیدا کرده و این حالت در رطوبت بیشتر بهتر قابل

^۱ . به ترتیب دانشجوی دکتری خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

رؤیت می‌باشد. فعالیت باد نیز می‌تواند از تشکیل سله جلوگیری نماید بطوریکه با برخورد ذرات شن به سطح خاک مجالی برای تشکیل سله ایجاد نگردد. بطور کلی مطالعه فرسایش بادی در خاکهای سله بسته نیاز به تونل باد حاوی ذرات معلق دارد که در این تحقیق مورد بررسی قرار نگرفته است ولی با توجه به نتایج غربال مرطوب بطور غیرمستقیم می‌توان نتیجه گرفت که این واحدها در صورت از بین رفتن سله دارای فرسایش‌پذیری خیلی زیادتری خواهند بود. همبستگی مثبت شوری و ذرات کوچکتر از ۰.۰۵ میلی‌متر به روش غربال مرطوب نشان می‌دهد که شستشوی نمک توسط آب در این روش باعث می‌شود اثر سدیم تبادلی غالب شده و بر اثر پخشیدگی، ذرات در دامنه کوچکتر از ۰.۰۵ میلی‌متر قرار گیرند. براساس درصد خاکدانه‌های پایدار بروش غربال خشک واحدهای بدون سله تماماً جزو خاکهای بسیار حساس نسبت به فرسایش بادی طبقه‌بندی می‌شوند زیرا درصد خاکدانه‌های بزرگتر از ۰.۸۵ میلی‌متر در آنها کمتر از ۵۰٪ است. مطالعات تونل باد و تجزیه رگرسیون گام به گام نشان می‌دهد که مهمترین عامل در فرسایش‌پذیری این واحدها درصد گچ موجود در آنهاست که در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار است. البته نوع گچ این خاکها پودری و کریستالی ریز بوده است. تأثیر گچ بخاطر اثر آن بر روی خصوصیات مانند وزن مخصوص ظاهری، بافت، ساختمان و اندازه ذرات خاک می‌باشد. وزن مخصوص ظاهری با تأثیر بر روی سبکی و سنگینی توده خاک بر هدر رفت توسط باد تأثیر می‌گذارد. در بین نمونه‌های بدون سله خاکی که دارای بافت شنی لومی بود بیشترین هدر رفت را نشان داد که با نتیجه‌گیری چپیل در سال ۱۹۶۲ مطابقت دارد. خاکدانه‌های بزرگتر از ۰.۸۵ میلی‌متر فرسایش‌پذیری کمتری در برابر باد نشان دادند که این نتیجه نیز با نتایج لایلس و چپیل در سال ۱۹۸۲ هماهنگی دارد. خاکهای بدون ساختمان از نوع تک دانه نسبت به خاکهای دارای ساختمان حساسیت بیشتری نسبت به فرسایش بادی نشان می‌دهند. شوری تأثیر منفی بر فرسایش‌پذیری این واحدها توسط باد داشته ولی این تأثیر از نظر آماری معنی‌دار نبود که احتمالاً بدلیل تفاوت نسبتاً کم میزان شوری در این واحدهاست.

شوری با خاکدانه‌های بزرگتر از ۰.۸۵ میلی‌متر رابطه مثبت و با خاکدانه‌های فرسایش‌پذیر (۰.۰۷۵-۰.۲۵ میلی‌متر) رابطه منفی دارد که علت آن به هم‌آوری ذرات خاک توسط نمک مربوط می‌شود. براساس مطالعات XRD نوع نمک در این خاکها غالباً کلروسدیم تشخیص داده شد که این بخاطر غلظت زیاد سدیم و کلر در خاکهاست که از تشکیل نمکهای دیگر مانند سولفات سدیم و غیره جلوگیری می‌کند.

بطور کلی با توجه به حساسیت زیاد این خاکها نسبت به فرسایش بادی و بالا بودن میزان شوری در افقهای سطحی توصیه می‌شود، از استخراج معادن گچ و رس منطقه بروش موجود جداً جلوگیری بعمل آمده، سله‌های موجود در سطح خاک حفظ شده و جهت استقرار پوشش گیاهی نیز گیاهانی متناسب با خاک و آب و هوای منطقه انتخاب شوند زیرا کشت تاغ و آتریپلکس در این منطقه به دلیل رسی بودن لایه‌های زیرین موفق نبوده است و در این زمینه نیاز به تحقیق بیشتری احساس می‌شود.

()

اراضی رسی نمکی حساس به فرسایش بادی که در اصطلاح ژئومرفولوژی به اراضی دقی (سبخا Sebkhah) معروف می‌باشند گستره نسبتاً وسیعی از دشتهای سیلابی ویا چاله‌های رسوبی در مناطق خشک و بیابانی از جمله فلات مرکزی ایران را تشکیل می‌دهند. طرح حاضر با هدف دستیابی به مناسبترین تراکم مالچ سنگریزه‌ای با تأثیر ۴ تراکم پوشش سنگریزه‌ای صفر (شاهد) و ۲۵٪ و ۵۰٪ و ۷۰٪ بر روی ۳ دسته از اراضی حساس به فرسایش بادی دشت یزد - اردکان انجام شد. نوع سنگریزه‌های انتخابی در حد بادامی و (قلوه سنگ) بود که از نزدیکترین معادن شن و ماسه در منطقه تأمین می‌گردید. خاک ۲ دسته از اراضی مورد آزمایش از نوع رسی نمکی و در یک منطقه از نوع تپه‌های ماسه‌ای بود. که بنام اراضی رسی نمکی (سبخای) الله آباد و نهایتاً تپه ماسه‌ای اشکذر یزد از آنها نام برده شده است.

عرصه‌ای به وسعت ۳۰،۰۰۰ هکتار از این نوع اراضی در محدوده دشت سرپوشیده (دشت سیلابی) یزد - اردکان وجود دارد که در طرح تحقیقاتی دیگری تحت عنوان منشاء‌یابی تپه‌های ماسه‌ای دشت یزد به عنوان اصلی‌ترین کانونهای برداشت (منشاء) تپه‌های ماسه‌ای شناخته شده‌اند و به رغم تلاشهای گسترده‌ای که توسط کارشناسان منابع طبیعی در امر کنترل فرسایش در آنها به عمل آمده است، استقرار و رشد گونه‌های گیاهی از جمله تاغ در آنها بسیار بطئی و کند و یا ناموفق بوده و معضل فرسایش و شکل‌گیری طوفانهای ماسه‌ای بر فراز آنها همچنان باقی است. دستیابی سریع و آسان به مواد اولیه (منابع قرضه)، عدم نیاز به آبیاری و هزینه‌های کاشت و داشت گونه‌های گیاهی، صرفه‌جویی در مصرف آب و نهایتاً سرعت عمل در طرحهای کنترل و فرسایش بادی بدون نیاز به حفاظت و نگهداری می‌تواند از جنبه‌های مثبت این شیوه کنترل فرسایش بادی باشد که آنرا در مقایسه با سایر گزینه‌ها در اولویت بالاتری قرار می‌دهد.

به منظور ایجاد بادهای با سرعت معین در زمان مشخص از دستگاه سنجش فرسایش بادی (W.E.meter) که نوعی تونل باد قابل حمل است استفاده گردید. اراضی نمونه مالچ پاشی شده با تراکم‌های مختلف تحت تأثیر بادی با سرعت ۱۰ متر بر ثانیه در ارتفاع ۲۰ سانتیمتری (معادل ۷۶ کیلومتر بر ساعت در ارتفاع ۱۰ متری) به مدت ۳۰ دقیقه قرار می‌گرفتند و مقدار رسوب جمع‌آوری شده از سطح مقطع مشخص دستگاه (۳۰ × ۱۰۰ cm) با نمونه‌های شاهد (اراضی لخت و بدن مالچ پاشی) مقایسه گردیدند.

داده‌های بدست آمده از نمونه‌برداریه‌ها براساس آزمایش آماری فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی و همچنین آزمون چنددامنه‌ای دانکن با کمک برنامه کامپیوتری MSTATC مورد بررسی قرار گرفت. نتایج بدست آمده به شرح زیر می‌باشد.

۱- اثر تراکم مالچ سنگریزه‌ای اعم از درشت‌دانه و بادامی و کاهش فرسایش‌پذیری خاک در کلیه مناطق (تیپ‌های اراضی) کاملاً معنی‌دار می‌باشد. مقایسه میانگینها نیز نشان می‌دهد که تراکم ۵۰٪ مالچ سنگریزه‌ای نسبت به شاهد مقدار فرسایش‌پذیری خاک را تا ۵۰ برابر در تیپ اراضی تپه ماسه‌ای اشکذر، تا بیش از ۵ برابر در خاکهای سبخای الله آباد و تا ۲ برابر در خاکهای رسی (دقی) جنوب میبد کاهش می‌دهد.

۲- تأثیر نوع مالچ سنگریزه‌ای اعم از بادامی و درشت‌دانه در کاهش فرسایش‌پذیری خاک نسبتاً یکسان و در مقایسه با یکدیگر غیرمعنی‌دار می‌باشد. لذا در صورتی که کاربرد مالچ سنگریزه‌ای مدنظر باشد، بین سنگریزه بادامی که از قیمت

^۱ . به ترتیب استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، عضو هیأت علمی دانشکده منابع طبیعی دانشگاه یزد

بالا تری برخوردار است و سنگریزه درشت دانه که علاوه بر قیمت کمتر به عنوان مازاد معادن شن و ماسه محسوب می‌گردد و دستیابی به آن سهل‌الوصول‌تر است تفاوت چندانی قابل مشاهده نمی‌باشد.

بنابراین مناسب‌تر است تا از درشت دانه به عنوان پوشش سنگریزه‌ای (مالچ) استفاده گردد.

۳- مقایسه تأثیر تراکم‌های مالچ سنگریزه‌ای جهت انتخاب مناسب‌ترین تراکم که به روش آزمون چنددامنه‌ای دانکن انجام شده نشان می‌دهد که عملکرد تراکم ۷۵ درصد و ۵۰ درصد نزدیک به هم بوده و تفاوت معنی‌داری دیده نمی‌شود در حالی که این دو تراکم با تراکم ۲۵ درصد و شاهد اختلاف معنی‌داری را نشان می‌دهند لذا انتخاب تراکم ۵۰ درصد می‌تواند علاوه بر کارایی مناسب و تأمین هدف مورد نظر از نظر اقتصادی مقرون به صرفه باشد.

۴- به استناد نتایج آزمون دانکن اثر مالچ سنگریزه‌ای در مناطق دشت سرپوشیده میبد و کویر الله‌آباد که هر دو از بافت خاک نیمه‌سنگین و شور برخوردارند نیز نزدیک به هم بوده و با منطقه تپه‌ماسه‌ای که از بافت خاک سبک (ماسه‌ای) برخوردار می‌باشد، کاملاً متفاوت می‌باشد ولی از آنجا که ۲ دسته نخست اراضی به عنوان منشاء تپه‌های ماسه‌ای محسوب می‌شوند و از سوی دیگر به دلیل محدودیت بافت خاک و شوری امکان تثبیت بیولوژیک آنها وجود ندارد. کاربری مالچ سنگریزه‌ای با اثر کاهندگی تا ۲ برابر مقدار رسوبدهی می‌تواند برای توجیه پروژه‌های کنترل فرسایش بادی با این روش نیز کارآمد باشد.

() -

حوزه آبخیز آب بخشاء با وسعت ۲۵۳۰۰۰ هکتار در موقعیت جغرافیائی ۲۲° و ۵۶° تا ۵۹° و ۵۶° طول شرقی و ۲۳° و ۲۹° تا ۳۰° عرض شمالی در محدوده شهرستان بردسیر از توابع استان کرمان قرار گرفته است. این حوزه آبخیز قسمتی از حوزه آبخیز در انجیر طبق تقسیم‌بندی طرح جامع آب کشور بوده که در بخشهای جنوبی آن واقع گردیده است. حوزه آبخیز آب بخشاء از دو زیر حوزه لاله‌زار و نگار تشکیل شده است که نهشته‌های بادی منطقه تماماً در زیر حوزه نگار گسترش دارند. مطالعات انجام شده در مناطق بیابانی نشان می‌دهد که بهترین مرحله مبارزه با فرسایش بادی که خود از سه مرحله برداشت، حمل و رسوبگذاری تشکیل شده است، مبارزه در مرحله برداشت می‌باشد و فقط در مواقع ضروری و فوری می‌توان عملیات کنترل فرسایش بادی را در دو منطقه دیگر انجام داد. مبارزه با فرسایش بادی در مرحله برداشت علاوه بر صرف هزینه کمتر با موفقیت بسیار بیشتری نسبت به دو منطقه دیگر بخصوص منطقه رسوبگذاری همراه است، چرا که شرایط اکولوژیکی و مرفولوژیکی حاکم بر منطقه برداشت به گونه‌ای است که عملیات مبارزه با فرسایش بادی و بخصوص مبارزه بیولوژیکی (بدلیل استقرار گیاهان در چنین مناطقی) با سهولت بیشتری صورت می‌پذیرد. در این تحقیق سعی بر این است تا ضمن بررسی منشاء رسوبهای بادی دشت نگار، ارتباط بین فرسایش‌های آبی و بادی در اراضی کوهستانی و دشتی مناطق خشک و نیمه خشک عرصه‌های بیابانی ایران را (بعنوان یک کار نمونه‌ای در ایران مرکزی) مورد بررسی قرار داده و در آخر بهترین راه‌حل برای تثبیت اینگونه ماسه‌های متحرک برای اقدام ارگانهای اجرایی ارائه گردد.

شناخت نقاط برداشت یا منشاء تپه‌های ماسه‌ای مهمترین و اصولی‌ترین راه مبارزه با فرسایش بادی می‌باشد. با شناسایی این مناطق می‌توان عملیات کنترل و مبارزه را از منطقه برداشت شروع نمود. متأسفانه عدم موفقیت کامل ارگانهای اجرایی در مبارزه با فرسایش بادی و تثبیت ماسه‌های متحرک در کشور ناشی از نبود شناخت کامل از فرسایش بادی و به ویژه عدم شناخت مناطق برداشت و حمل ذرات ماسه‌ای است. با عنایت به موارد فوق هرچند دستگاههای اجرایی ذیربط تلاش صادقانه و در خور توجهی از خود نشان می‌دهند ولی مشکل طوفانهای ماسه‌ای و فرسایش بادی همچنان باقی است. این امر تا حد بسیار زیادی ناشی از عدم شناخت منشاء رسوبات بادی و شیوه‌های نادرست مبارزه و کنترل آن است. مطالعاتی که در ایران و جهان در زمینه منشاء یابی تپه‌های ماسه‌ای صورت پذیرفته است، اغلب از دیدگاه زمین‌شناسی بوده و از روش مدون و جامعی جهت شناسایی منشاء تپه‌های ماسه‌ای بهره گرفته نشده است. این امر باعث گردیده است که در اغلب مطالعات، نتیجه‌گیریها بصورت کلی گویی و مبهم بوده و هیچگونه ثمری جهت مبارزه با فرسایش بادی نداشته باشد.

در این تحقیق از روش منشاء یابی تپه‌های ماسه‌ای در ایران که روشی جامع و کاربردی در تعیین بررسی منشاء رسوبات بادی می‌باشد استفاده بعمل آمده است. در این روش اغلب عوامل مؤثر در شناسایی نقاط برداشت در نظر گرفته شده است. بعلاوه استفاده از عوامل گوناگون مؤثر در تعیین منشاء رسوبات بادی باعث کنترل یکدیگر شده و صحت و دقت نتایج بدست آمده را افزایش می‌دهد. از نتایج و ویژگیهای بسیار مهم این روش، روند منظم و گام به گام آن است که باعث کاهش هزینه و سهولت انجام تحقیق در زمینه منشاء یابی تپه‌های ماسه‌ای می‌گردد. روش فوق دارای دو مرحله جهت یابی و

^۱ به ترتیب کارشناس ارشد مهندسین مشاور جامع ایران، استاد دانشکده منابع طبیعی دانشگاه تهران، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، عضو هیأت علمی دانشگاه یزد

مکان‌یابی مناطق برداشت می‌باشد که در هر مرحله مطالعاتی برای مشخص کردن جهت حرکت ذرات ماسه و محل‌های برداشت آنها صورت می‌پذیرد.

تعیین جهت اصلی نقاط برداشت نسبت به تپه‌های ماسه‌ای هدف اصلی مرحله جهت‌یابی مناطق برداشت است. در این مرحله ابتدا با جمع‌آوری و استفاده از اطلاعات و تجارب ساکنین منطقه بعنوان بانک اطلاعات اولیه، با استفاده از آمار هواشناسی جهت، مدت و فراوانی طوفانهای ماسه‌ای مشخص شده و با مقایسه عکس‌های هوایی و تصاویر ماهواره‌ای در دوره‌های زمانی مختلف، جهت گسترش تپه‌های ماسه‌ای معین و در آخر از بررسی و مطالعه مرفولوژی واحد تپه‌های ماسه‌ای رابطه آن با منطقه برداشت مشخص خواهد شد.

در مرحله مکان‌یابی مناطق برداشت محدوده‌هایی از اراضی که دارای بیشترین نقش در رسوبهای بادی می‌باشند شناسایی می‌شوند. بمنظور شناسایی و معرفی مناطق برداشت و تعیین میزان حساسیت آنها نسبت به فرسایش بادی اقدام به بررسی شناسایی رخساره‌های ژئومرفولوژی حساس به فرسایش بادی، نمونه‌برداری از تپه‌های ماسه‌ای و انجام عملیات دانه‌بندی و مورفومتري، بررسی مورفوسکوپی رسوبهای تپه‌های ماسه‌ای و رخساره‌های مناطق برداشت و کانی‌شناسی عناصر رسوبی منطقه برداشت گردید و با استفاده از مطالعات فوق محل‌های برداشت عناصر ریزدانه و ماسه‌ها در منطقه مشخص شد.

جمع‌بندی نتایج بررسی منشاء رسوبات بادی (منشاء‌یابی) تپه‌های ماسه‌ای دشت نگار نشان می‌دهد که اصلی‌ترین عامل تغذیه رسوبات بادی منطقه حمل رسوبات از ارتفاعات جنوبی حوزه آبخیز آب بخش‌آه توسط رودخانه آب بخش‌آه و پخش شدن آنها در دشت نگار می‌باشد. بنابراین نقش فرسایش آبی در مناطق جنوبی حوزه آبخیز آب بخش‌آه و تأثیر آن بر فرسایش بادی و پتانسیل رسوبدهی ناشی از آن کاملاً روشن و انکارناپذیر است. این مسئله با منشاء‌یابی تپه‌های ماسه‌ای و سایر رخساره‌های منطقه برداشت در عرصه مورد تحقیق به اثبات رسیده است. تشابه شاخص‌های مورفومتري، مورفوسکوپی و کانی‌شناسی از نظر قرابت ژنتیکی دانه‌های ماسه در بستر رودخانه آب بخش‌آه و رخساره‌های واقع در منطقه برداشت با عناصر تپه‌های ماسه‌ای نگار مؤید این مطلب است.

بنابراین در صورتی که با عملیات بیولوژیکی و مکانیکی از انتقال رسوب ناشی از فرسایش اراضی بالادست و پخش آن در رخساره‌های مختلف دشت سرهای اپانداژ و پوشیده دشت نگار جلوگیری بعمل آمده و همچنین عملیات نهالکاری ارگانهای ذربط در سردشت‌های فوق صورت پذیرد، بطور یقین تثبیت تپه‌های ماسه‌ای منطقه امکان‌پذیر خواهد بود. عملیات نهالکاری در این مناطق دلیل شرایط اکولوژیکی و مورفولوژیکی مناسب‌تر نسبت به مناطق ترسیب، با موفقیت بیشتری همراه خواهد بود.

بررسی منشاء رسوبات بادی دشت نگار با استفاده از روش منشاء‌یابی تپه‌های ماسه‌ای در ایران در جهت‌یابی مناطق برداشت، بیانگر جهت جنوب غرب و غرب بعنوان اصلی‌ترین کانونهای برداشت (منشاء) تپه‌های ماسه‌ای نگار می‌باشد که بوسیله بادهای فرساینده عبوری از این جهت، تپه‌های ماسه‌ای نگار تغذیه می‌شوند. ضمن اینکه بادهای شمال شرقی نقش شکل‌دهی به این تپه‌ها را به عهده دارند. نتیجه اینکه رسوبات ناشی از فرسایش آبی از اراضی جنوبی حوزه آبخیز مورد بررسی بوسیله رودخانه آب بخش‌آه حمل و در سردشت‌های اپانداژ و پوشیده دشت نگار پخش گردیده و این رسوبات ریزدانه بوسیله بادهای جنوب غرب و غرب حمل و در بخش‌های مرکزی و شمالی دشت نگار ترسیب می‌شوند. بنابراین نقش فرسایش آبی و پتانسیل رسوبدهی ناشی از آن در میزان جابجایی ذرات ریزدانه و فرسایش بادی در دشت نگار انکارناپذیر است.

مناطق خشک و بیابانی سطح وسیعی از کشور و حتی دشت خوزستان را پوشانده است. این دشت در جنوب غربی سلسله جبال زاگرس به علت خشکی شدید هوا و کمی باران آثار فرسایش بیابانی بصورت تپه‌های نواری در جهت شمال غرب به جنوب شرق بطور پراکنده در سطحی حدود ۱۵۰۰۰۰ هکتار گسترش دارند.

پیشروی و حرکت ناهمواریهای ماسه‌ای و اشکال مختلف تپه‌های ناشی از فرسایش بادی در این نواحی به سوی مناطق مسکونی، آبادیها، زمینهای کشاورزی، جاده‌ها و غیره خسارات فراوانی به بار می‌آورد. براین اساس تشخیص منشأ ماسه‌بادیها مهار کردن آنها ضروری می‌باشد.

در این تحقیق منشأ ماسه‌بادیهای شرق شهر اهواز (مرکز استان خوزستان) در محدوده‌ای به وسعت ۱۰۰۰۰۰ هکتار تعیین گردیده و برای پی بردن به منشأ ماسه‌بادیها صورت گرفت. در این مطالعات نمونه‌برداریها بویژه از واحدهای ماسه‌سنگی (بخش لهری سازند آغاجاری) و ناهمواریهای ماسه‌ای که شامل مناطق برداشت و رسوبگذاری است، انجام گردید. سپس بر روی نمونه‌های برداشت شده، آزمایش‌های گرانومتری (دانه‌بندی) و میکروسکوپی انجام شد.

در منطقه مورد مطالعه عوامل فرسایش را می‌توان بطور کلی به دو دسته تقسیم کرد که یکی عوامل فرسایش طبیعی و دیگری عوامل فرسایش غیرطبیعی (عوامل تشدید کننده فرسایش خاک) می‌باشند. عوامل فرسایش طبیعی شامل، شرایط زمین‌شناسی، توپوگرافی، وضعیت آب و هوایی و پوشش گیاهی می‌باشد. عوامل فرسایش غیرطبیعی یا فرسایش تشدید در واقع ناشی از دخالت انسان در طبیعت بصورت بهره‌برداری غیراصولی از انواع اراضی می‌باشد (عوامل مضربه کشاورزی).

براساس تجزیه و تحلیل مورفوسکوپی ماسه‌بادیهای شمال شرق اهواز، نتایج ذیل بدست آمده است: ۱- میانگین (Mz) اندازه ذرات ماسه سنگهای بخش لهری (با سن اواخر دوران سوم) و رسوبات بادی (با سن دوران چهارم) با استفاده از ترسیم منحنی‌های تجمعی تقریباً در یک حدود بوده که بین ۰،۱۲ تا ۰،۵ میلیمتر می‌باشد.

۲- یکنواختی و جورشدگی ذرات (Sorting) با استفاده از پارامتر انحراف معیار ترسیمی جامع منحنی‌های دانه‌بندی در مقیاس فی (Phi) محاسبه شد.

جورشدگی ذرات ماسه بادیها ۰،۳۸ تا ۱،۳۴ فی و جورشدگی ذرات تشکیل دهنده واحدهای ماسه‌سنگی ۰،۸۱ تا ۱،۳۵ فی می‌باشد. لذا جورشدگی ماسه‌بادیها و ماسه‌سنگهای بخش لهری خوب تا بد بوده که تقریباً نزدیک یکدیگر می‌باشند.

۳- بمنظور مقایسه ترکیب کانی‌شناسی دانه‌های تشکل دهنده ماسه‌بادیها و ماسه‌سنگهای بخش لهری از طبقه‌بندی ماسه‌سنگها (Folk, 1974) در مطالعات میکروسکوپی استفاده شد. بنابراین ترکیب کانی‌شناسی ماسه سنگها شامل خرده سنگهای آهکی (۷۲-۹۰ درصد)، کوآرتز ۷-۵۱ درصد، چرت (۲-۱۷ درصد)، فلدسپات و کانیهای مانند اکسید آهن و اپیدوت کمیاب و یا کمتر از ۳ درصد می‌باشد. ذرات تشکیل دهنده ماسه‌بادیها شامل خرده سنگهای آهکی (۶۰-۸۴ درصد) کوآرتز (۲۹-۱۱ درصد) فلدسپات و کانیهای دیگر کمتر از ۳ درصد می‌باشد بنابراین از نظر ترکیب کانی‌شناسی واحدهای ماسه سنگی و ماسه‌بادیها دارای درصد مشابه بوده و می‌توان آنها را در گروه کالک لیتانی کوآرتزی یا چرتی (سیلیسی) نامگذاری کرد.

۴- از نظر شکل دانه‌ها، در ماسه سنگها ۴ تا ۷۸ درصد دانه دارای گردشگی تا نیمه گردشگی و ۲۲ تا ۵۸ درصد دانه‌ها دارای گردشگی خوب تا نیمه گردشگی و ۴ تا ۲۰ درصد دانه‌ها نیمه زاویه‌دار و سطح ماسه‌ها بطور کلی مات می‌باشد. بنابراین وجود دانه‌های نیمه زاویه‌دار دلیل بر نزدیک بودن منشأ ماسه‌بادیها می‌باشد. با توجه به نتایج بدست آمده از

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی گروه زمین‌شناسی، استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه شهید چمران اهواز

تجزیه و تحلیل مورفوسکپی می‌توان نتیجه‌گیری کرد که منشاء اصلی تپه‌های ماسه‌ای منطقه به احتمال زیاد همان واحدهای ماسه سنگی بخش لهیری (از سازند آغاچاری) است که مناطق مجاور را تشکیل داده است.

تخریب و تنزل کیفیت اراضی مشکل جدیدی نیست که بشر امروزی با آن مواجه باشد بلکه در واقع فرسایش، شوری و سایر مسائل مربوط به خاک مشکلاتی هستند که از ۷۰۰۰ سال پیش با استقرار انسان بر روی کره زمین و همراه با فعالیت انسان بر روی این کره خاکی گریبانگر بوده است. لذا به منظور پیش‌بینی اثر اقدامات انسانی بر روی فرسایش خاک تحقیقات زیادی صورت گرفته و یکی از آنها معادله جهانی فرسایش خاک^۲ می‌باشد. تمام عوامل این مدل را می‌توان با استفاده از شرایط منطقه و نمودارها و جدولهای مربوطه تعیین نمود ولی پارامتر شاخص فرسایش‌زایی باران تابع شرایط بارانهای هر منطقه می‌باشد که بایستی برای آنها محاسبه گردد. این ضریب را می‌توان با تحلیل آماری باران‌سنجهای ثابت بدست آورد. متأسفانه این اطلاعات نیز در سطح کشور به اندازه کافی وجود نداشته و ضمناً به راحتی در اختیار قرار نمی‌گیرد. همچنین تلاشهای زیادی جهت محاسبه این عامل با استفاده از اطلاعات بارندگی در ایستگاههای هواشناسی دنیا انجام گرفته است. بنابراین هدف از این تحقیق نیز ارائه مدلی مناسب برای محاسبه شاخص فرسایش‌زایی ماهانه باران برای حوزه دریاچه ارومیه می‌باشد.

در این تحقیق با استخراج رگبارهای ۱۹ ایستگاه باران نگار ثابت تحت پوشش سازمان آب منطقه‌ای استانهای آذربایجان شرقی و آذربایجان غربی، مدت بارش کلیه رگبارها از بدو تأسیس هر ایستگاه به فواصل ۱۵ دقیقه‌ای تقسیم شده و شدت ۱۵ دقیقه‌ای و انرژی جنبشی رگبار با استفاده از معادله فوستر و همکاران، حداکثر شدت ۳۰ دقیقه‌ای، انرژی کل رگبار و در نتیجه شاخص فرسایش‌زایی هر رگبار و شاخص فرسایش‌زایی ماهانه محاسبه گردید. برای انجام کلیه محاسبات مزبور برنامه‌ای به زبان کوئیک بیسیک نوشته شد علاوه بر آن مدلهایی که جهت محاسبه شاخص فرسایش‌زایی ماهانه در مکانهای دیگر ارائه شده بود مورد آزمون قرار گرفت. به منظور دستیابی به مدل مناسب برای تخمین شاخص فرسایش‌زایی ماهانه ابتدا شاخص فرسایش‌زایی ماهانه، بارندگی ماهانه و حداکثر بارندگی روزانه جهت بررسی و آزمون مدلهای برای تمام ایستگاههای مهیا گردید. برای ارزیابی مدلهای برنامه‌هایی در نرم‌افزار سس نوشته شد. در نهایت علاوه بر آزمون مدلهای ضرایب آنها نیز برای ایستگاههای مورد مطالعه محاسبه گردید.

برای تخمین شاخص فرسایش‌زایی ماهانه مدل سرخوش با شکل کلی زیر مورد آزمون قرار گرفت، ضرایب و مشخصات آماری آن تعیین گردید.

$$EI_{r_0} = (a + (bP_{r_0})^c)$$

که در آن EI_{r_0} شاخص فرسایش‌زایی ماهانه باران برحسب مگاژول - میلی‌متر بر هکتار - ساعت، P_{r_0} حداکثر بارندگی روزانه در ماه مورد نظر برحسب میلی‌متر و a و b ضرایب مدل می‌باشند.

که در آن ضریب a از ۲۵۷۳۲ تا ۵۲۲۸۴ و ضریب b از ۰.۰۰۰۷۷ تا ۰.۱۲۷۶ متغیر بود که ضرایب مذکور در ایستگاههای مختلف اختلاف نسبتاً زیادی دارند. علاوه بر آن رابطه بین شاخص فرسایش‌زایی ماهانه با بارندگی ماهانه مورد بررسی قرار گرفت. فرم مناسب معادله مذکور بصورت زیر ارائه گردید.

$$EI_{r_0} = aP_m^b$$

EI_{r_0} شاخص فرسایش‌زایی ماهانه برحسب مگاژول میلی‌متر بر هکتار ساعت و P_m بارندگی ماهانه برحسب میلی‌متر و a و b ضرایب مدل می‌باشند. ضرایب فوق در کلیه ایستگاهها در یک محدوده مشخص و کوچکی تغییر کرده و در

^۱ به ترتیب اعضاء هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی فارس و دانشکده‌های کشاورزی دانشگاه تبریز و تهران

^۲ Universal soil loss Equation

ضمن رابطه‌ای بین ضرایب مزبور و پارامترهای قابل دسترس وجود نداشت. ضریب a از ۰،۰۹۷۹ تا ۰،۹۴۸۳ و ضریب b از ۰،۴۶۱۶ تا ۱،۶۴۱۳ متغیر بود. میانگین ضرایب a و b به ترتیب ۰،۳۲۸۱ و ۱،۲۸۹۲ می‌باشد. شاخص فرسایش‌زایی حاصل از معادله فوق با آزمون کی دو در تمام ایستگاهها در سطح یک درصد معنی‌دار بود همچنین میانگین مربعات رگرسیون در تمام ایستگاهها نیز در سطح یک درصد معنی‌دار بود. در نهایت با توجه به موارد فوق کار کردن با معادله مذکور در مقایسه با معادله ارائه شده توسط آقای سرخوش سهل‌تر بوده و نتایج قابل قبول‌تری عاید می‌کند.

برای نیل به سیستم پایدار کشاورزی، حفظ توان تولید، جلوگیری از آلودگی محیط زیست و کاربری مطلوب اراضی، شناخت عوامل تهدید کننده ثبات تولید محصول و تعیین سهم هریک از این عوامل، ضروری بنظر می رسد. یکی از عوامل تهدید کننده کشاورزی پایدار فرسایش و تخریب خاک مخصوصاً در اراضی شیب دار می باشد که معمولاً بعلت اعمال مدیریت های زراعی نادرست به وجود می آید. مثلاً ثابت شده است که فرسایش با شدت ۳۸ تن در هکتار قادر است در طول ۵۰ سال ۱۳ سانتیمتر خاک سطحی را از بین ببرد. همچنین مطالعات نشان داده است که عامل اصلی کاهش عملکرد در زمین های فرسایش یافته تغییر خصوصیات فیزیکی و شیمیائی مانند ظرفیت آب قابل استفاده، وزن مخصوص ظاهری و اسیدیته می باشد. برای تعیین تأثیر تخریب خاک در کاهش قدرت تولید اراضی شیب دار و معرفی مدیریت مناسب برای نیل به کشاورزی پایدار در این اراضی، آزمایشی در قالب طرح دوبار خرده شده (split split plot) در سه تکرار بر روی گندم رقم الموت در ایستگاه تیکمه داش به اجرا درآمد. برداشت های خاک در کرت های اصلی (main plot)، مقادیر مختلف کود فسفره در کرت های فرعی (sub plot) و مقادیر مختلف کود ازته در کرتچه ها (sub sub plot) قرار گرفتند. تیمارهای برداشت خاک شامل صفر (شاهد، D_0)، ۵ (D₅)، ۱۰ (D₁₀) و ۱۵ (D₁₅) سانتیمتر، سطوح کود فسفره شامل صفر (P_0)، ۳۰ (P₃₀) و ۶۰ (P₆₀) کیلوگرم در هکتار و سطوح کود ازته شامل صفر (N_0)، ۳۰ (N₃₀) و ۶۰ (N₆₀) کیلوگرم در هکتار بود.

برای تعیین اهمیت خاک برداشت شده از نظر تغذیه ای، آزمایش مشابهی انجام گرفت با این تفاوت که در کرت های اصلی بجای عمق های مختلف برداشت خاک، از عمق های مختلف خاکریزی که از آزمایش قبلی بدست آمده بود استفاده گردید یعنی کرت های اصلی شامل خاکریزی به عمق های بترتیب صفر (شاهد، D_0)، ۵ (D₅)، ۱۰ (D₁₀)، ۱۵ (D₁₅) سانتیمتر بود.

هم از نظر عملکرد دانه و هم عملکرد کاه و کلش اختلاف بین اعماق مختلف خاکبرداری از نظر آماری معنی دار بوده است و تیمار شاهد با تولید ۳،۰۵۴ تن دانه و ۳،۴۰۹ تن کاه و کلش در هکتار بیشترین و تیمار D₁₅ با ۲،۹۱۱ تن دانه و ۳،۲۴۲ تن کاه و کلش در هکتار کمترین عملکرد را داشته است. تیمارهای مربوط به مقادیر مختلف کود ازته چه از نظر عملکرد دانه و چه عملکرد کاه و کلش اختلاف معنی داری نشان دادند و در مورد عملکرد دانه تیمار N₆₀ با ۳،۰۳۱ و تیمار N₀ با ۲،۹۴۰ تن در هکتار بترتیب بیشترین و کمترین عملکرد را به خود اختصاص دادند. در مورد عملکرد کاه و کلش نیز تیمار N₆₀ و N₀ بترتیب با ۳،۳۶۸ و ۳،۲۹۳ تن در هکتار بیشترین و کمترین عملکرد را داشتند.

در مورد آزمایش خاکریزی نیز اختلاف بین تیمارها چه از نظر عملکرد دانه و چه عملکرد کاه و کلش معنی دار بود و در این مورد تیمار D₁₅ (خاکریزی بمق ۱۵ سانتیمتر) با ۱،۶۵۲ و ۳،۵۷۹ تن در هکتار بیشترین عملکرد دانه و کاه و تیمار شاهد (بدون خاکریزی) با ۰،۷۴۲ و ۱،۶۹۹ تن در هکتار کمترین عملکرد دانه و کاه را به خود اختصاص دادند. در مورد مقادیر مختلف کود ازته نیز اختلاف بین تیمارها معنی دار بود و تیمار N₆₀ با ۱،۳۹۵ تن دانه و ۳،۰۴۶ تن کاه و کلش در هکتار بیشترین و N₀ با عملکرد ۱،۰۳۳ تن دانه و ۲،۳۷۷ تن کاه و کلش در هکتار کمترین عملکرد را داشته اند.

اختلاف بین تیمارهای کود فسفره چه در آزمایش خاکبرداری و چه خاکریزی از نظر آماری معنی دار نبوده است.

^۱ به ترتیب کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی استان آذربایجان شرقی و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

دشت کویری سگری در فاصله ۲۵ کیلومتری از شهر زیبا و تاریخی اصفهان قرار دارد که گسترش بیابان و فرسایش بادی مشکلات زیادی را برای مناطق مسکونی، اقتصادی و نظامی ایجاد کرده است یا حتی بعضی از اوقات گرد و غبارهای ناشی از آن به شهر اصفهان نیز نفوذ میکند. در این دشت قسمتهایی با پوشش گیاهی طبیعی مناسب با تراکم خوب وجود دارد که از سرسبزی و شادابی مناسبی نیز برخوردار هستند، با دیدن این قسمتها این سؤال به ذهن خطور می‌کند که چه عاملی سبب استقرار این پوشش شده در صورتیکه قسمتهای مجاور عاری از هر گونه پوشش هستند. از طرف دیگر اداره کل منابع طبیعی اصفهان از سال ۵۴-۵۳ اقدام به کاشت تاغ کرده است که با وجود گذشت زمان زیادی رشد خوبی نداشتند که لازم دیده شد جهت جلوگیری از مصرف هزینه‌های بیشتر به بررسی علل رشد نامناسب تاغ پرداخت. اهداف این مطالعه عبارت بودند از:

۱- مقایسه خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای دارای پوشش گیاهی با سطوح مجاور عاری از پوشش بمنظور یافتن علت استقرار منطقه‌ای پوشش گیاهی.

۲- بررسی علل عدم رشد مناسب تاغ و رابطه رشد آن با خصوصیات خاک.

به منظور بررسی پوشش گیاهی طبیعی پنج منطقه که دارای قسمتهای پوشش دار در مجاورت قسمتهای عاری از پوشش بود انتخاب و در این مناطق در هر کدام از قسمتهای مذکور یک پروفیل حفر گردید. نمونه‌های خاک از افقهای مختلف پروفیل‌ها جهت آزمایشهای شیمیایی و فیزیکی لازم به آزمایشگاه منتقل گردید. در مناطق اول و دوم گیاه *Karlinia capscia* از تیره *Compositae* به نام محلی (الهند) و در مناطق سوم، چهارم و پنجم گیاه *Halocneumum sp* (هالوکنوموم) از تیره *Chenopodiaceae* رشد میکردند که با بررسیهای گیاهشناسی که بعمل آمد معلوم شد که این گیاهان تحمل بالاتری را نسبت به شوری دارند.

در مرحله دوم عملیات صحرایی جهت مطالعه تأثیر خصوصیات خاک بر رشد تاغ در تاغکاریهای دشت سگری پنج پروفیل حفر گردید. بدلیل اینکه تاغکاریهای این دشت رشد خوبی نداشتند برای نتیجه‌گیری بهتر در تاغکاریهای شرق کاشان که از نظر اقلیمی مشابه دشت سگری است ۶ پروفیل روی تپه‌های شنی (تاغ خوب) و بین تپه‌های شنی (تاغ زرد و پژمرده) مورد مطالعه قرار گرفت و اثر شوری، بافت و ساختمان خاک بر رشد تاغ بررسی شد. برای کمی کردن سه عامل مذکور و استفاده از محاسبات آماری از هدایت الکتریکی (اثر شوری)، درصد (سلیت + رس)، درصد رس و درصد اشباع خاک (نماینده اثر بافت) تخیل (اثر ساختمان) استفاده شد. برای کمی کردن رشد تاغ نیز فرمول

$$\text{شاخص رشد مورد استفاده قرار گرفت. مدل نمایی } y = a x^b \text{ رابطه رشد تاغ با عوامل گفته شده}$$

را به خوبی توجیه کرد. خاک قسمتهای پوشش دار و بدون پوشش از نظر خصوصیات فیزیکی تفاوت معنی‌داری نداشتند ولی

^۱ به ترتیب: کارشناس ارشد خاکشناسی، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، استادیار دانشکده منابع طبیعی، استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان.

از لحاظ خصوصیات شیمیایی بخصوص تا عمق ۵۰ سانتیمتری تفاوت زیادی مشاهده گردید. در مناطق اول، سوم و چهارم در قسمت بدون پوشش و در مناطق دوم و پنجم در قسمت پوشش دار شوری و قلیائیت بیشتر بود. مشاهدات صحرایی و همچنین چگونگی تفاوت در خصوصیات شیمیایی مؤید این است که رطوبت عامل استقرار پوشش گیاهی و همچنین عامل تفاوت در شوری و قلیائیت پروفیل‌های نزدیک به هم است. قسمت‌های پوشش‌دار در کنار و داخل آبراهه‌ها یا در قسمت‌های گود افتاده قرار داشتند. قسمت‌هایی که در آبراهه‌ها قرار داشتند در اثر عبور آب املاح شسته شده و شوری و قلیائیت آنها نسبت به اطراف کاهش پیدا میکند. (قسمت پوشش دار مناطق اول، سوم و چهارم) ولی قسمت‌های پوشش دار مناطق دوم و پنجم نسبت به قسمت‌های بدون پوشش پائین‌تر بودند که آب وارد قسمت‌های گود افتاده شده و املاح را نیز با خود می‌آورد و سپس تبخیر آب باعث افزایش شوری و قلیائیت شده است که در حین حرکت آب رطوبت لازم برای رشد گیاهان نیز فراهم میگردد. درصد پوشش دست کاشت شاخص رشد اندازه‌گیری شده تفاوت زیادی داشت. حداکثر آن ۱۲ روی تپه‌های شنی و حداقل آن ۱/۱۵ در تاغکاریهای جنوب پایگاه شهید بابائی اصفهان بود. نتایج آزمایش‌ها نشان داد که پروفیل‌های دشت سگری دارای خاک رسی و سنگین و متراکم است و جرم حجمی ظاهری آن در بعضی از افق‌ها به بیش از ۱/۷ گرم بر سانتیمتر مکعب میرسد که سبب میشود ریشه نتواند بخوبی در خاک نفوذ و گسترش یابد. این مسأله در بین تپه‌های شنی کاشان نیز مشهود بود که با وجودیکه خاک حدود ۶۵٪ شن داشت ولی بدلیل رسوب رس و سیلت بین ذرات شن خاک را متراکم و سخت کرده و از نفوذ ریشه جلوگیری میکند. ولی تاغ‌ها روی تپه‌های شنی رشد مناسبی داشتند و بین ۹۵٪ بافت خاک را جزء شن تشکیل میداد و بدلیل ساختمان تک دانه ریشه براحتی از جهات مختلف گسترش پیدا کرده است و همانگونه که میدانیم گیاهان مناطق خشک بدلیل کمبود آب باید ریشه‌های گسترده و عمیق ایجاد کنند تا بتوانند آب و مواد غذایی لازم را جذب نمایند ولی ساختمان متراکم و بافت سنگین و تهویه نامناسب سبب شده است که تاغ نتواند رشد مناسب ایجاد کند و در نتیجه قسمت هوایی رشد کم و نامناسبی داشته باشند.

محاسبات آماری نیز نشان داد که عامل اصلی کم بودن رشد تاغ بافت سنگین و ساختمان تراکم خاک است. درصد (سیلت + رس)، درصد رس و درصد اشباع خاک بعنوان نماینده اثر بافت خاک این موضوع را بخوبی نشان دادند که با افزایش آنها شاخص رشد کاهش می‌یابد. افزایش درصد (سیلت + رس) از ۱۰ تا ۱۵ درصد و افزایش درصد رس از ۵ تا ۱۰ درصد سبب کاهش ناگهانی شاخص رشد میگردد.

اثر شوری معنی‌دار نشد که با توجه به تحمل بالای تاغ نسبت به شوری و قلیائیت دور از انتظار نبود. بدلیل اینکه حد بحرانی جرم حجمی ظاهر خاک یا تخلخل خاک (بعنوان نماینده اثر ساختمان و تراکم خاک) بستگی به بافت خاک دارد. برای بررسی اثر آن خاک‌های کاشان (سبک بافت) و سگری (سنگین بافت) جدا شدند که محاسبات آماری در سطح ۱ درصد اثر تخلخل بر رشد خاک را معنی‌دار نشان داد و با افزایش جرم حجمی ظاهری یا کاهش تخلخل، شاخص رشد کاهش می‌یابد. در نهایت می‌توان گفت که برای استقرار پوشش طبیعی در این تست باید رواناب‌های سطحی به نحوی هدایت و پخش شوند که در سطح وسیعتری ذخیره رطوبت انجام گیرد و پوشش در سطح وسیعتری مستقر شود و با توجه به بافت سنگین خاک و تراکم زیاد لایه‌های زیرین در این منطقه تاغکاری انجام نگیرد و یا بنحوی در محل رشد ریشه آن شرایط مناسب فراهم گردد و عوامل محدود کننده آن را برطرف کرد.

حوزه‌های آبخیز بعنوان یک سیستم پویای محاط بر مجموعه عوامل انسانی، طبیعی و ساخته دست بشر مطرح می‌باشند. در حال طبیعی موجودات زنده در تعادل با محیط‌زیست خود بسر می‌برند و تعداد و فعالیت‌های هر موجودی بوسیله منابع در دسترس آنها کنترل می‌شود. تنها انسان است که بطور بسیار مؤثری توانائی جمع‌آوری منابع را از خارج محیط اطرافش دارد و این منابع را به شکلهای دیگری تبدیل می‌کند. نقطه شروع برهم زدن تعادل در سیستم طبیعی حوزه‌ها، جایی است که نیازهای غیرضروری خودنمائی کنند. با توجه به افزایش تقاضا برای غذا در آینده و سیر قهقرائی محیط‌زیست که بصورت فزاینده‌ای در جریان است، نیاز به توسعه و ابداع روشهای نوین در جهت رفع نیازهای آتی اجتناب‌ناپذیر است لذا فعالیتهای توسعه‌ای بایستی به صورت پایدار ادامه یابند.

پایداری، مقوله‌ای است پیچیده و گاه حتی مفهومی خشن و خام دارد. پایداری، در کشاورزی پیچیدگی‌اش دو چندان می‌شود زیرا در این حالت سیستم کشاورزی پایدار مطرح می‌شود که در آن نه تنها تولید و میزان آن بلکه بقای پتانسیل تولید هم مورد نظر است گاه مفهوم پایداری، در سیستمهای کیفی توسعه کشاورزی معادل ورود حداقل نهاده (low input) یا سیستمهای متکی به قوانین اکولوژیکی یا ارگانیکی، در نظر گرفته می‌شود. به عبارت دیگر اینچنین سیستمهایی، سیستمهای پایداری تلقی می‌شوند.

سازمان خوار و بار و کشاورزی ملل متحد (FAO)، توسعه پایدار را به این صورت تعریف می‌کند: توسعه پایدار، عبارت است از مدیریت و حفاظت اساسی از منابع طبیعی و جهت دادن فن‌آوری و سنتها به طریقی که اطمینان حاصل شود که نیازهای انسانی برای همیشه، در حال حاضر و برای نسل آینده برآورد می‌گردد. توسعه پایدار اکولوژیکی (ecologically sustainable)، بهترین و ایده‌آل‌ترین نوع توسعه محسوب می‌گردد و عبارت است از: توسعه‌ای که کیفیت کلی زندگی را در حال و آینده بهبود بخشد، بطوریکه فرآیندهای اکولوژیکی ضروری را برای ادامه زندگی حفظ نماید. چنین توسعه پایداری از زمین، آب، گیاهان و منابع ژنتیکی حفاظت می‌کند، از نظر محیط زیستی مخرب نبوده، از نظر تکنولوژیکی مناسب و از نظر اقتصادی توجیه‌پذیر است. همچنین این الگوی توسعه از نظر اجتماعی پذیرفته شده است. بطور نمونه در توسعه پایدار کرخه سه مؤلفه عمده اقتصادی، اجتماعی و اکولوژیکی دارای نقش اساسی هستند.

به دلیل نیازهای روزافزون بشر به مواد غذایی بیشتر در آینده و سیر قهقرائی محیط‌زیست که بصورت فزاینده‌ای این نیازها را مورد تهدید قرار می‌دهد، مسئله پایداری در منابع طبیعی از جمله منابع آب و خاک، اهمیت روزافزون یافته است. لذا اکنون به نظر می‌رسد توسعه پایدار بدون در نظر گرفتن وضعیت منابع آب و خاک بی‌معناست. توسعه پایدار در حوزه کرخه شامل مدیریت پایدار این منابع زیستی است و مستلزم شناخت شاخصهای پایداری است. این شاخصها رهنمودهای لازم را پس از ارزیابی و تجزیه و تحلیل در جهت دستیابی به الگوی بهره‌برداری پایدار از منابع طبیعی و زیستی حوزه در اختیار مدیریت آن قرار می‌دهند. منابع طبیعی حوزه شامل خاک، آب، هوا، معادن و بانک ژن جانوری و گیاهی است. بطور کلی هر طرح در راستای توسعه پایدار در حوزه آبریز کرخه باید بتواند نیازهای متعددی را مرتفع نماید. این نیازها شامل امکان فن‌آوری لازم، اقتصادی بودن، مقبولیت سیاسی داشتن، قابل اجرا بودن، قابلیت پذیرش اجتماعی داشتن و بالاخره از نظر زیست‌محیطی بدون ضرر و زیان بودن می‌باشند.

^۱ به ترتیب کارشناس ارشد آبخیزداری، عضو مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، تهران، دکتری در علوم خاک، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات خاک و آبخیزداری

حوزه آبریز رودخانه کرخه در غرب کشور قرار گرفته است. مساحت این حوزه در محدوده داخل خاک ایران حدود ۵۴۰۳۰ کیلومتر مربع است که حدود ۳۷۴۱۰ کیلومتر مربع (۶۹٪ سطح) آن در مناطق کوهستانی و حدود ۱۶۶۲۰ کیلومتر مربع (۳۱٪ سطح) آنرا دشتها و کوهپایه‌ها تشکیل می‌دهند. مناطق کوهستانی این حوزه اکثراً در بخشهای شرقی و میانی حوزه متمرکزند. دشتها عموماً در بخشهای شمالی و جنوبی قرار دارند.

حوزه کرخه شامل ۵ زیر حوزه به قرار زیر است :

زیر حوزه گاماسیاب - دیناور، به مساحت ۱۱۶۹۰۰۰ هکتار (۲۱،۶٪ کل حوزه)

زیر حوزه قره‌سو، به مساحت ۵۶۳۵۰۰ هکتار (۱۰،۵٪ کل)

زیر حوزه سمیره - چرداول - کرند: به مساحت ۱۵۷۳۵۰۰ هکتار (۲۹،۱٪ کل)

زیر حوزه کشکان، به مساحت ۹۵۶۰۰۰ هکتار (۱۷،۷٪ کل)

زیر حوزه کرخه پائین : به وسعت ۱۱۴۱۰۰۰ هکتار (۲۱،۱٪ کل)

از سطح ۵۴۰۳۰ هکتاری حوزه کرخه، ۱۶۶۱۸۵۰ هکتار آن در تیپ دشتها قرار می‌گیرد. تاکنون حدود ۹۶٪ دشتهای حوزه کرخه مورد مطالعه قرار گرفته است. مساحت اراضی قابل آبیاری در کل حوزه کرخه ۸۵۱۷۷۵ هکتار است که حدود ۵۱٪ از سطح دشتهای حوزه را می‌پوشاند. اراضی غیرقابل آبیاری در این حوزه، حدود ۱۵٪ سطح کل حوزه را به خود اختصاص داده است که کلاسه‌های ۴ و ۵ را تشکیل می‌دهند. محدودیتهای عمده اراضی قابل آبیاری این حوزه به ترتیب از نظر مساحت، مربوط به خاک، توپوگرافی، شوری و قلیائیت و زهکشی است.

در حوزه آبخیز کرخه، ۱۲۶ ایستگاه اندازه‌گیری هواشناسی وجود دارد که از بین آنها، اطلاعات مربوط به ۵۴ ایستگاه دارای کیفیت مناسب و یا قابل اصلاح می‌باشند. بررسی سریع ارقام هواشناسی، مشخص می‌سازد که بطور کلی میزان بارش سالانه از جنوب به شمال و همچنین برحسب ارتفاع، افزایش می‌یابد. حجم متوسط بارندگی سالیانه حوزه حدود ۲۳۰۲۱ میلیون مترمکعب است. دبی متوسط سالیانه کرخه حدود ۷۰۶۰۵۵ میلیون مترمکعب در ثانیه است. عموماً بیشترین دبی در فروردین‌ماه و اردیبهشت‌ماه اندازه‌گیری شده است. از نظر مصرف منابع آب، ۴۹،۴۸٪ آن مربوط به آبهای سطحی و ۵۰،۵۲٪ باقیمانده مربوط به آبهای زیرزمینی می‌باشد. راندمان کلی مصرفی آب در بخش کشاورزی حوزه حدود ۳۳٪ تخمین زده شده است که اساساً راندمان پائینی است و هزینه‌های توسعه‌ای را به شدت بالا می‌برد. ضمن اینکه آلودگیهای زیست‌محیطی (مثل شوری) را توسعه خواهد داد.

وجود درصد قابل توجهی از اراضی مرتفع و شیبدار در حوزه کرخه لزوم پایش فرسایش و رسوب و ارزیابی کاهش حاصلخیزی خاک را نشان می‌دهد. در قسمتهای کوهستانی و پرشیب این حوزه بایستی برنامه‌ریزی و سیاستگذاری دقیقتری به مورد اجرا گذارده شود. حساسیت سازندهای موجود در این مناطق خصوصاً سازندهای گچساران و آسماری شاهبازان و نیز سازندهای آبرفتی کواترنر نسبت به انواع فرسایش آبی مورد توجه ویژه قرار گیرد. همچنین این مناطق باید از نظر سیل‌خیزی مطالعه شوند. با توجه به اینکه عموماً بیشترین دبی این حوزه در اوایل بهار اتفاق می‌افتد بایستی تمهیداتی به منظور جلوگیری و یا کاهش سیلاب و در جهت تغذیه سفره‌های زیرزمینی در نظر گرفته شود. در بین زیر حوزه‌های پنجگانه کرخه، کشکان با میانگین بارندگی ۶۱۹ میلی‌متر سیلخیزترین زیر حوزه کرخه است که می‌بایستی در اولویت برنامه‌ریزی آبخیزداری قرار گیرد.

حدود ۸۵٪ سطح دشتهای حوزه کرخه را اراضی با کلاسه‌های با قابلیت ۴ و ۵ بخود اختصاص می‌دهند و از آنجا که اینگونه اراضی غالباً با محدودیتهای شیب و خاک مواجه هستند، بایستی مورد توجه بیشتری قرار گیرند زیرا پتانسیل تخریب‌پذیری زیادی دارند. لذا تعریف شاخصهای خاص پایداری و کاربری این اراضی اهمیت ویژه‌ای دارد و بایستی حتی‌الامکان از کشت و زرع در این مناطق خودداری شود و بهتر است این اراضی به کاربریهای مرتع و بوته‌زار اختصاص داده شوند و هرگونه گسترش و توسعه کشاورزی در سطح اراضی قابل آبیاری (که محدودیت کمتری دارند و ۱۵٪ سطح دشتهای حوزه کرخه را به خود اختصاص داده‌اند) پیشنهاد و اجرا شود.

از نظر منابع آب، با توجه به اینکه از یک طرف بیش از دو سوم سطح حوزه کرخه در مناطق کوهستانی و پرشیب قرار دارد و از طرف دیگر بیش از نیمی از مصارف آبی حوزه از طریق آبهای زیرزمینی تأمین می‌شود، مدیریت این منابع اهمیت بیشتری پیدا می‌کند و بایستی بین تغذیه و برداشت این منابع تعادل دقیق برقرار شود. شعاع عمل چاهها رعایت شده و شاخصهای توسعه‌ای منطقه طوری تعریف شوند که در آینده نیز این منابع از نظر کمی و کیفی دچار افت نشوند. در بخش کشاورزی نیز با بهبود وارتقاء روشهای آبیاری و بهره‌گیری از روشهای به زراعی و توصیه نوع کشت مناسب می‌توان راندمان بهره‌برداری آبی را به حد مطلوب رسانید.

فرسایش یک پدیده طبیعی است ولی فعالیت غیراصولی انسان نظیر جنگل تراشی و تخریب پوشش گیاهی، چرای مفرط، فعالیتهای غلط کشاورزی، بهره‌برداری بیش از حد برای مصارف محلی و فعالیتهای صنعتی به عنوان کاتالیزور باعث تسریع آن می‌شوند، بطوریکه در آنها با از بین رفتن پوشش محافظ خاک، ساختمان خاک و باروری خاک، لایه سطحی خاک متراکم و با کاهش نفوذپذیری روان آب و فرسایش افزایش می‌یابند. لذا با توجه به اهمیت موضوع، نحوه مدیریت و بهره‌برداری از اراضی روی فرسایش خاک در حوزه آبخیز سوق، ایدنک با سطحی معادل ۱۰۴۹ کیلومترمربع در قسمتی از استان کهگیلویه و بویراحمد مورد مطالعه قرار گرفت به گونه‌ای که در فاصله زمانی ۲۶ سال (۷۴-۱۳۴۸) نقشه‌های کاربردی اراضی با استفاده از عکسهای هوایی، تصاویر ماهواره‌ای و بازدیدهای صحرایی برای چهار مقطع زمانی (۱۳۴۸، ۱۳۶۳، ۱۳۶۹ و ۱۳۷۴) تعیین گردیده و به دنبال آن در همین تقاطع با استفاده از آمار رسوب ایستگاههای رسوب‌سنجی در ورودی و خروجی حوزه، مقادیر بار معلق سالیانه به روش اداره احیای اراضی آمریکا برآورد شده است نهایتاً با استفاده از مدل تجربی اصلاح شده PSIAC و بازدیدهای صحرایی شدت فرسایش و پراکنش انواع اشکال فرسایش نیز در حال حاضر تعیین شده است.

با توجه به روند مطالعات انجام گرفته نتایجی به شرح زیر حاصل شده است بطوریکه سطوح دیم با سرعت متوسط ۴/۷ کیلومتر مربع در سال به میزان ۱۲۱/۲ کیلومتر مربع یا ۱۷۷/۷ درصد عمدتاً در کلاسهای شیب ۲۵-۴۰ درصد و کمتر افزایش داشته است و بیشترین افزایش سطح آن مربوط به کلاس شیب ۵-۸ درصد با سطحی معادل ۲۸/۵ کیلومتر مربع می‌باشد، سطوح جنگل با سرعت متوسط ۲/۵ کیلومترمربع در سال به میزان ۶۸/۷ کیلومترمربع یا ۱۵/۷ درصد عمدتاً در کلاسهای شیب ۱۲-۸ درصد و بیشتر کاهش داشته و بیشترین کاهش سطح آن مربوط به کلاس شیب ۱۲-۱۸ درصد با سطحی معادل ۱۰ کیلومتر مربع می‌باشد. سطوح مرتع با سرعت متوسط ۳/۵ کیلومترمربع در سال به میزان ۹۰/۲ کیلومترمربع یا ۲۴ درصد عمدتاً در کلاسهای شیب ۱۸-۲۵ درصد و کمتر کاهش داشته و بیشترین کاهش آن مربوط به کلاس شیب ۸-۵ درصد با سطحی معادل ۲۶/۳ کیلومترمربع می‌باشد و نهایتاً سطوح اراضی با پوشش سنگی با سرعت متوسط ۱/۲ کیلومترمربع به میزان ۳۱/۹ کیلومترمربع یا ۱۶/۸ درصد عمدتاً در کلاسهای شیب ۱۲-۱۸ درصد و بیشتر افزایش داشته و بیشترین افزایش آن مربوط به کلاس شیب بیش از ۷۰ درصد با سطحی معادل ۹/۲ کیلومترمربع می‌باشد، با توجه به اینکه در کلیه حالات بیشترین سرعت تغییرات مربوط به فواصل زمانی سالهای ۱۳۶۳ تا ۱۳۶۹ بوده است.

همچنین وضعیت بار معلق در این فاصله زمانی نشان داده است که مقدار آن با سرعت متوسط ۳۰۱۷۳/۱ تن در سال به میزان ۷۸۴۵۰۰/۴ تن یا ۲۴۸/۵ درصد افزایش داشته بطوریکه مقدار رسوب ویژه از حدود ۳ تن در هکتار در سال به حدود ۱۲ تن در هکتار در سال رسیده است و نهایتاً مطابق مقادیر شدت فرسایش و پراکنش انواع اشکال فرسایش در حال حاضر مشخص شده است که اراضی مرتعی با رسوب ویژه بیش از ۱۰ تن در هکتار عمدتاً دارای اشکال فرسایشهای انحلالی، گالی و شیاری، اراضی جنگلی تخریب یافته و دیمزارها با رسوب ویژه ۷/۵-۱۰ تن در هکتار عمدتاً دارای فرسایشهای گالی، انحلالی و سطحی و اراضی جنگلی و اراضی با پوشش سنگی با رسوب ویژه کمتر از ۸ تن در هکتار عمدتاً دارای اشکال فرسایشهای سطحی و ریزشی می‌باشند. لذا با مقایسه نتایج تغییرات کاربری و رسوب با نتایج مطالعات مشابه در دیگر نقاط جهان نتیجه شده است که:

^۱ به ترتیب محقق مؤسسه تحقیقات خاک و آب، استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران، دانشیار دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان

۱- افزایش سطوح اراضی دیم عمدتاً ناشی از کاهش سطوح اراضی مرتعی و به مقدار کمتر ناشی از کاهش سطوح اراضی جنگلی می‌باشد.

۲- افزایش بار معلق سالیانه عمدتاً ناشی از کاهش سطوح جنگل و مرتع و به دنبال آن افزایش سطوح دیم، اعمال مدیریتهای غلط نظیر چراندن و سوزاندن بقایای محصول، عدم رعایت تناوب زراعی، شخم و شیار غلط در اراضی شیبدار و از همه مهمتر افزایش تعداد دام به میزان ۴،۵ برابر با ترکیب غالب بز همزمان با کاهش سطح مراتع و جنگلهای می‌باشد.

۳- بالا بودن مقادیر رسوب در فصل پاییز در تمام فواصل زمانی مورد مطالعه عمدتاً ناشی از بالا بودن فشار چرای دام و جابجائی آنها در شش ماهه اول هر سال، شخم و شیار غلط اراضی شیبدار و لخت بودن سطح آنها در شروع فصل بارندگی می‌باشد.

۴- بیشترین مقدار رسوب ویژه در مراتع عمدتاً ناشی از چرای بیش از حد ظرفیت و زودتر از آمادگی مراتع، کاهش سطح مراتع و تبدیل آنها به دیمزارها و نتیجتاً افزایش تراکم دام در مراتع و تخریب آنها می‌باشد.

۵- بیشترین سرعت افزایش رسوب در طی فاصله زمانی سالهای ۱۳۶۳ تا ۱۳۶۹ عمدتاً ناشی از عدم کنترل کافی دولت روی سطح مراتع، جنگلهای و تعداد دام در زمان اوج جنگ تحمیلی می‌باشد.

علل فرسایش خاک چایکاریهای لاهیجان مورد بررسی قرار گرفته است. کشت چای از سال ۱۲۸۰ شمسی در ایران به صورت سنتی آغاز شده و امروزه بیش از ۳۲ هزار هکتار از اراضی حاصلخیز کشور زیر کشت چای می‌باشد. حدود ۹۰ درصد از این سطوح در استان گیلان واقع می‌باشند و ۴۲ هزار خانوار از طریق کشت چای امرار معاش می‌کنند. اگر تمام عوامل را که مستقیم و غیرمستقیم دست‌اندرکار تبدیل، توزیع، ... و خرید و فروش چای را به حساب بیاوریم زندگی صدها هزار نفر به چای وابسته شده است. گرچه بیشتر باغ‌های چای کمتر از ۸۰ سال است که احداث شده‌اند اما مناطقی در لاهیجان یافت می‌شوند که انواع مختلف فرسایش خاک در آنها دیده می‌شود و باغ‌ها به شدت افت محصول پیدا کرده‌اند، و فرسایش خاک بطور جدی اراضی کشاورزی را مورد تهاجم خود قرار داده است. منطقه مورد مطالعه در ۵ کیلومتری جنوب غربی لاهیجان واقع شده است. هدف از این تحقیق بررسی عوامل مؤثر فرسایش خاک، تعیین برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاکهای حساس به فرسایش و آسیب‌پذیر منطقه می‌باشد. جهت نیل به این اهداف، دو منطقه با شرایط آب و هوایی و پستی و بلندی مشابه جهت مطالعه انتخاب شده است. منطقه ۱ در محل سطل سر واقع شده است، که سنگ مادر تشکیل دهنده خاکها گرانیت می‌باشد و اشکال مختلف فرسایش خاک در آن به وضوح مشاهده می‌شود، بوته‌های چای ضعیف شده و در بعضی مناطق از بین رفته‌اند، مواد آلی سطح خاکها از بین رفته است و لکه‌هایی به رنگ سفید در سطوح بزرگ و کوچک از دور و نزدیک در سطح خاک دیده می‌شود و بنا به اظهار کشاورزان، باردهی و محصول باغها کم شده است، ریشه بوته‌های چای در بعضی از مناطق ۵ تا ۲۰ سانتی‌متر بیرون از خاک مشاهده می‌شوند. منطقه ۲، در محل امیرکلايه واقع شده که سنگ مادر تشکیل دهنده خاکها از سنگ فیلیت می‌باشد و فرسایش خاک در این سطوح به وضوح قابل مشاهده نیست، مناطق فوق‌الذکر، تقریباً به فاصله دو کیلومتری از هم قرار گرفته‌اند. به منظور ریشه‌یابی عوامل مؤثر بر فرسایش خاک، مدیریت اراضی (کاشت، داشت و برداشت)، برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی و زمین‌شناسی بررسی و با هم مورد مقایسه قرار گرفته‌اند. بطور مثال بافت خاک به روش پی‌پت، اسیدیته در گل اشباع و با pH متر دیجیتالی مدل جنوی، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع و بوسیله هدایت‌سنج مدل جنوی، درصد ازت کل به روش کلدال، پتاسیم قابل تبادل با استفاده از عصاره‌گیری استات آمونیم نرمال، فسفر قابل جذب به روش السن و درصد کربن آلی به روش والکلی - بلاک تعیین شد. و از سنگ‌ها مقطع نازک تهیه گردید، و با استفاده از میکروسکوپ پلاریزان میکرومورفولوژی کانیها بررسی شده است. نتایج به دست آمده نشان می‌دهد که اختلافی بین مدیریت اراضی دو منطقه وجود ندارد، کشاورزان در هر دو منطقه بدون توجه به درصد شیب حتی در شیب‌های بیش از ۷۰ درصد اقدام به هرس کف بر (در هرس کف بر بوته چای از طوقه قطع می‌گردد) می‌کنند و به منظور سهولت کار در باغ، شاخ و بال و بقایای حاصل از آن را به بیرون از باغ انتقال می‌دهند و سطح باغ به مدت زیادی لخت باقی می‌ماند که مصادف با پرباران‌ترین ماههای سال است. نتایج فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهد که خاکهای منطقه ۱ دارای بافت لومی شنی و شنی بوده و اسیدیته خاکها ۳٫۸ الی ۴٫۵ است، هدایت الکتریکی ۲ تا ۰٫۴ دسی‌زیمنس بر متر، کربن آلی در خاکهای سطحی ۰٫۴ تا ۰٫۸ درصد، عمق غالب خاکها ۰ تا ۲۰ سانتی‌متر متغیر است. مطالعه میکروسکوپی مقاطع نازک نشان می‌دهد که سنگ مادر خاکها گرانیت بیوتیت‌دار دانه متوسط تا دانه درشت است، در امتداد مناطق برشی میکروسکوپی سطوح زیادی از سنگ دارای بافت کاتاکلاستیک (Cataclastic) و تبلور مجدد می‌باشد. در بافت کاتاکلاستیک قطعات تشکیل‌دهنده سنگ خرد شده و شکستگی‌های موجود جهت‌یابی خاصی ندارند،

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام گیلان، دانشجوی کارشناسی ارشد رشته زمین‌شناسی دانشگاه تهران

حاشیه بعضی از کانیهای کوارتز به صورت چین خورده و مضرس می باشد و ماکل ها در بعضی از فلدسپاتها مقداری تاب (خم) برداشته اند. خاکهای منطقه ۲ دارای بافت رسی و لومی رسی، با اسیدپته ۵٫۲ تا ۶ هدایت الکتریکی ۲۱ تا ۴۵ / دسی زیمنس بر متر می باشند، کربن آلی در خاکهای سطحی ۱٫۲ تا ۲ درصد، عمق غالب خاکها ۶۰ تا ۹۰ سانتی متر متغییر است. در مطالعه میکروسکوپی سنگ فیلیت مشخص شد که کانیهای غالب آن مسکویت می باشد. نتایج به دست آمده نشان می دهد که مواد مادری تشکیل دهنده خاکها نقش مهمی در فرسایش خاک منطقه دارد و شواهد به دست آمده از میکرومورفولوژی گرانیات حکایت از یک فشار و حرکت در منطقه دارد. احتمالاً حرکت گسل لاهیجان و عملکرد آن نقش مهمی در هوا دیدگی سنگها و خاکهای منطقه دارد. در نهایت با استفاده از نتایج حاصله راههای مقابله با گسترش فرسایش پیشنهاد شده است.

PSIAC

اکثر حوزه‌های آبخیز کشور فاقد ایستگاههای رسوب‌سنجی هستند و از طرف دیگر احداث چنین ایستگاههایی بسیار پرهزینه می‌باشد. این امر یافتن یک روش تجربی مناسب را جهت برآورد رسوب ضروری می‌کند که ضمن عملی بودن از دقت لازم نیز برخوردار باشد و برای شرایط و مکانهای مختلف مورد واسنجی قرار گرفته باشد.

هدف از این تحقیق بررسی کاربرد روش تجربی PSIAC اصلاح شده برای برآورد مقادیر کمی رسوب در حوزه‌های آبخیز استان آذربایجان غربی می‌باشد تا در صورت تأیید در نقاط فاقد ایستگاههای رسوب‌سنجی مورد استفاده قرار گیرد. تعداد ۵ حوزه آبخیز واقع در محدوده آبریز دریاچه ارومیه انتخاب شد. داده‌های یک دوره آماری ۲۰ ساله با تصحیح، تکمیل و تجزیه و تحلیل آمار ایستگاههای آب‌سنجی بر روی رودخانه‌های حوزه‌ها مورد استفاده قرار گرفت. سپس بار رسوبی حمل شده توسط رودخانه‌های مذکور هم طی دوره آماری ۲۰ ساله تعیین گردید. در مرحله بعدی میزان تولید رسوب با استفاده از روش PSIAC برآورد و تخمین زده شد. این روش برای نخستین بار توسط کمیته مدیریت منابع آب برای محاسبه و برآورد رسوب در مناطق خشک و نیمه خشک آمریکا معرفی شده است. این روش با بررسی ۹ عامل مؤثر در فرسایش شامل عوامل زمین‌شناسی، آب و هوا، خاک، رواناب سطحی، شیب، پوشش زمین، کاربری اراضی، فرسایش سطحی و فرسایش رودخانه‌ای کار امتیازدهی و ارزیابی را انجام می‌دهد. میزان تولید رسوب با فرمول زیر محاسبه می‌شود:

$$S_y = 0.253e^{0.036R}$$

که در آن :

S_y = میزان تولید رسوب برحسب تن در هکتار در سال

e = لگاریتم طبیعی

R = حاصل جمع امتیازات عوامل نه گانه

مناطق مورد بررسی شامل حوزه‌های آبخیز رودخانه‌های زولا، نازلو، باراندوز، گدار و سیمینه رود واقع در نقاط مختلف استان در محدوده حوزه آبریز دریاچه ارومیه قرار گرفته‌اند. بررسی داده‌های آب‌سنجی یک دوره آماری ۲۰ ساله نشان داد که دامنه تغییرات آبدی سالانه رودخانه‌ها از حداکثر ۱۶،۱۹ مترمکعب در ثانیه در مورد رودخانه سیمینه رود تا حداقل ۴،۳۱ مترمکعب در ثانیه در رودخانه زولا می‌باشد. مقادیر رسوب اندازه‌گیری شده رودخانه‌ها نیز در همین دوره آماری مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بیشترین مقدار رسوب سالیانه بوسیله رودخانه سیمینه رود به مقدار ۳۹۲۳۱۱ هزار تن و کمترین آن توسط رودخانه گدار به میزان ۱۲۳۲۷۰ هزار تن حمل می‌شود. در مرحله بعدی میزان رسوب سالیانه مربوط به هر حوزه آبخیز با استفاده از روش تجربی پسیاک اصلاح شده برآورد گردید. دامنه تغییرات مقادیر برآورد شده توسط مدل از حداقل ۱،۷۹ تن در کیلومتر مربع در سال در حوزه آبخیز گدار تا ۴،۰۴ تن در کیلومتر مربع در سال در حوزه آبخیز رودخانه زولا بود. به منظور بررسی رابطه بین مقادیر رسوب بدست آمده از آمار رسوب اندازه‌گیری شده (مقادیر مشاهداتی) به تعداد ۲۰ نمونه با مقادیر رسوب برآورد شده به تعداد یک نمونه و مقایسه آنها با هم، از آزمون تعیین معنی‌دار بودن اختلاف میانگینها (آزمون t استیودنت) بهره‌جویی شد. نتایج نشان داد که بجز در یک مورد، آبخیز یعنی رودخانه زولا، اختلاف بین میانگینها، در سطح اطمینان ۹۵ درصد معنی‌دار نمی‌باشد و استفاده از این مدل در برآورد رسوب در مناطق مشابه فاقد ایستگاههای رسوب‌سنجی امکان‌پذیر است. نکته‌ای که باید به آن هم توجه نمود این است که تفاوت برآوردها با مقادیر اندازه‌گیری شده در حوزه آبخیز زولا برابر ۷۸،۸ درصد، در حوزه آبخیز نازلو ۱۳،۶ درصد، در حوزه آبخیز باراندوز ۲۴،۲ درصد، در حوزه آبخیز

گذار برابر ۳۹،۷ درصد و در حوزه آبخیز سیمینه رود معادل ۸،۷ درصد بوده است. همانطوریکه ملاحظه می‌گردد فقط تفاوت بین میزان رسوب برآوردی و اندازه‌گیری شده در حوزه آبخیز زولا، در محدوده نتایج آزمایشات اولیه اعلام شده مدل که بین ۱،۳ الی ۴۸،۱ درصد است، قرار ندارد. بنابراین موفقیت در ۴ مورد یا حوزه آبخیز از ۵ مورد به معنای انطباق ۸۰ درصد میانگین داده‌های مشاهداتی و برآوردی بوده و بنظر می‌رسد ضریب اطمینان بالایی مبنی بر اعتماد به این مدل یعنی پسیاک اصلاح شده و توصیه به کاربست آن باشد.

سزیم - ۱۳۷ یک رادیو نوکلید مصنوعی است که در نتیجه آزمایشهای اتمسفری تسلیحات هسته‌ای طی سالهای ۱۹۵۰ تا ۱۹۸۰ و انفجار نیروگاه هسته‌ای چرنوبیل (۲۶ آوریل ۱۹۸۶) وارد محیط شده است.

سزیم - ۱۳۷ حاصل از آزمایشهای اتمسفری در لایه استراتوا سفر پخش شده و سپس توسط بادهای شدید این لایه در سطح جهانی توزیع یافته و در مرحله بعد توسط بارندگی به سطح خاک رسیده است. تغییرات زمانی فرو نشست عنصر پرتوزا به تغییرات زمانی آزمایشهای هسته‌ای مربوط می‌شود.

در اغلب محیط‌ها فرو نشست سزیم - ۱۳۷، خاک سطحی را از این عنصر غنی ساخته و کانیهای رسی این عنصر را بطور محکمی جذب سطحی کرده‌اند. در نتیجه توزیع مجدد رادیو نوکلید سزیم - ۱۳۷ فقط در ارتباط با فرسایش، انتقال و رسوبگذاری ذرات خاک توسط آب و باد امکان‌پذیر است. الگوی تلفات و توزیع مجدد سزیم - ۱۳۷ نحوه انتقال سزیم - ۱۳۷ و رسوبات را منعکس می‌کند و بنابراین ردیاب خوبی برای حرکت خاک می‌باشد.

استفاده از اندازه‌گیریهای سزیم - ۱۳۷ برای برآورد شدت فرسایش و رسوب عمدتاً براین فرض استوار است که بتوان ارتباط قابل اطمینانی بین درجه افزایش یا کاهش مقادیر سزیم - ۱۳۷ خاک نسبت به مقدار مینا و عمق کل خاک تلف شده و یا رسوبگذاری شده بدست آورد. روشهای متداول در برآورد شدتهای فرسایش با استفاده از داده‌های سزیم - ۱۳۷ اغلب تحت عنوان روشهای واسنجی خوانده می‌شود. روشهای واسنجی موجود در دو گروه عمده قرار می‌گیرند. گروه اول براساس روابط تجربی بین تلفات خاک اندازه‌گیری شده یا برآورد شده و اندازه‌گیری کاهش سزیم - ۱۳۷ استوار می‌باشند این عمل یا از طریق اندازه‌گیری مستقیم کشتهای آزمایشی یا با استفاده از فرمول جهانی هدر رفت خاک انجام می‌شود. شکل کلی معادلات تجربی بصورت زیر می‌باشد:

$$X = a \cdot x^b \quad (۱) \text{ معادله}$$

Y : کل تلفات خاک

X : تلفات سزیم - ۱۳۷ (درصد)

a و b ثابتهای معادله هستند

گروه دوم مدلهای تئوری با روشهای محاسباتی را برای استنتاج رابطه بین اتلاف خاک و درصد سزیم - ۱۳۷ کاهش یافته بکار می‌برند. شکل کلی رابطه بصورت زیر می‌باشد.

$$Y = p \cdot r \cdot c \cdot x / t \quad (۲) \text{ معادله}$$

Y : تلفات کل خاک

X : تلفات سزیم - ۱۳۷ (درصد)

p : عمق شخم

r : وزن مخصوص ظاهری

c : ثابت وابسته به واحد

^۱ به ترتیب کارشناس مرکز تحقیقات کشاورزی مازندران، عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری، عضو هیأت علمی سازمان انرژی اتمی ایران

این تحقیق به منظور بررسی امکان تعمیم نتایج حاصل از روش سزیم - ۱۳۷ به مناطق مشابه (از لحاظ شیب، جهت، سنگ‌شناسی و کاربری) و نیز برآورد فرسایش سطحی در حوزه آبخیز کسپیلان (شهرستان ساری) صورت پذیرفته است. حوزه مورد مطالعه بین عرض شمالی "۵۸°-۳۵" تا "۷۰°-۳۶" و طول شرقی "۸°-۵۳" تا "۱۵°-۵۳" واقع شده و حداقل و حداکثر ارتفاع آن به ترتیب ۱۱۰۰ تا ۲۷۰۰ متر می‌باشد. میانگین بارندگی به روشهای حسابی و تیسن به ترتیب ۷۹۶،۶۲ و ۷۷۴،۱۷ میلی‌متر می‌باشد.

برای انجام این تحقیق ابتدا نقشه‌های شیب، جهت و سنگ‌شناسی تهیه شده و سپس از روی نقشه‌های فوق چهار دامنه از اراضی زراعی که دارای مقدار و جهت شیب (کلاس ۲۰ تا ۳۰٪) و سنگ‌شناسی مشابه بودند انتخاب شدند. برای محاسبه فرسایش سطحی روی دامنه‌های مورد مطالعه در هریک از آنها روی سه ترانسکت نمونه‌های حجمی (بالا، وسط و پایین شیب) برداشت شده و پرتوایی سزیم - ۱۳۷ آنها اندازه‌گیری شد. سپس در هر یک از نقاط نمونه‌برداری فرسایش سطحی با استفاده از رابطه پیشنهادی Zhang و همکارانی که توسط Cao و همکاران و Kachanoski و همکاران نیز بکار برده شده است، محاسبه گردید.

مدل توازن جرم

$$Y = YR \left(1 - \frac{\Delta H}{h}\right) N - 1963$$

Y موجودی سزیم - ۱۳۷ در نقطه نمونه‌گیری

YR موجودی کل سزیم - ۱۳۷ در نقطه مرجع

DH تلفات سالانه خاک

H عمق لایه شخم

N سال نمونه‌گیری

نتایج تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که بین جوامع مورد مطالعه (دامنه‌ها) اختلاف معنی‌داری در شدت فرسایش محاسبه شده وجود ندارد به عبارت بهتر روش بکار رفته در این تحقیق مقدار فرسایش سطحی را در چهار دامنه که دارای کلاس شیب، جهت، کاربری و سنگ‌شناسی مشابه بوده‌اند بطور یکسان (از دیدگاه آماری) برآورد کرده است.

نتایج تحقیق فوق بیانگر بالا بودن شدت فرسایش خاک در اراضی تحت مطالعه می‌باشد (با میانگین ۴۹ تن در هکتار در سال) که دلایل عمده آن مدیریت نادرست زراعی، وضعیت توپوگرافی، زمین‌شناسی و ژئومورفولوژی اراضی مذکور می‌باشد. از طرفی به علت فرونشست سزیم - ۱۳۷ در حد فاصل دو شخم و باقی ماندن آن در سطح، این عنصر بیشتر تحت جابجایی در اثر فرسایش خاک واقع می‌شود نتیجه آنکه روش مورد استفاده شدت فرسایش خاک را بیشتر از حد واقعی برآورد می‌کند. بنابراین توصیه می‌شود از مدل‌های توسعه یافته توازن جرم که توسط والینگ و کوئن (۱۹۹۳) ارائه شده است استفاده نمود.

مدل رایانه‌ای پروفیسور والینگ می‌کوشد تا عوامل عمده کنترل کننده توزیع مجدد سزیم - ۱۳۷ را که در مقیاس پروفیلی عمل می‌کنند تشخیص داده و در همانندسازی اثر فرسایش و رسوب روی توزیع و مقدار سزیم پروفیل خاک اعمال نماید.

GIS

-

سیستم‌های اطلاعات جغرافیایی بدلیل توانایی ارتباط بین اطلاعات مکانی و توصیفی امکان جمع‌آوری، ذخیره، بازیابی و نحوه ترکیب پارامترهای مورد نیاز مدل و نهایتاً ارزیابی مدل را به شکل مناسبی، فراهم می‌سازند.

در این تحقیق از میان مدل‌های فرسایشی ارائه شده، مدل فرسایش Morgan et al (1982) انتخاب و با استفاده از تکنولوژی GIS^۲ مورد آزمون قرار گرفت. نتایج حاصل از این روش با نتایج حاصل از دو روش بررسی صحرایی^۳ و اندازه‌گیری رسوب تجمع یافته در مخازن ذخیره^۴، مقایسه و به منظور به کارگیری مدل در شرایط مشابه کشور پیشنهادات لازم ارائه شده است. هدف اصلی از انجام این تحقیق، بکارگیری، ارزیابی و اصلاح مدل فرسایشی مورگان و ارائه پیشنهادات لازم برای استفاده آن در شرایط مشابه ایران می‌باشد.

منطقه مورد مطالعه در قسمت غربی زنجانرود، در فاصله ۶۵ کیلومتری غرب شهرستان زنجان، بین دو طول جغرافیایی ۴۷،۵۹،۴۲ و ۴۸،۱۳ و دو عرض جغرافیایی ۳۷،۱۲،۴۶ و ۳۷،۱۲،۹ واقع شده است. این منطقه بخشی از حوزه آبخیز سد سفیدرود بشمار می‌آید که تعداد بسیار زیادی بندهای کوچک خاکی، با ارتفاع ۲ تا ۸ متر، به منظور جلوگیری از ورود رسوب حاصل از اراضی حوزه به داخل مخزن سد، طی چند سال اخیر، در آن احداث شده است.

روش کار در این تحقیق مبتنی بر داده‌های مکانی و توصیفی و تجزیه و تحلیل آنها بوده و در سه بخش به قرار ذیل می‌باشد:

در مرحله مقدماتی - تهیه نقشه واحد شکل زمین^۵ برای حوزه آبخیز مورد مطالعه، به کمک تفسیر عکسهای هوایی منطقه و گردآوری تصاویر ماهواره‌ای منطقه، که پس از انجام اصلاحات مورد نیاز، پردازش کامپیوتری شدند. تهیه نقشه رقومی ارتفاع^۶ و سپس نقشه شیب^۷ حوزه در محیط GIS، براساس نقشه توپوگرافی منطقه، تهیه نقشه پوشش گیاهی، با استخراج از تصاویر ماهواره‌ای لندست TM و کنترل‌های صحرایی، محاسبه داده‌های هیدرولوژی، براساس اطلاعات هوا و اقلیم موجود منطقه، تعیین اشکال مختلف فرسایش در حوزه، با استفاده از تفسیر عکسهای هوایی.

در مرحله عملیات صحرایی، کنترل و اصلاح واحدهای TMU در صحرا، و سپس ذخیره در محیط GIS، جمع‌آوری و ذخیره پارامترهای مورد نیاز مدل برای هر واحد^۸ بطور جداگانه، کنترل و اصلاح اشکال فرسایش شناسایی شده و محاسبه رسوب انباشته شده در پشت بندهای خاکی احداث شده در منطقه برحسب تن در هکتار در سال.

در مرحله پایانی ادغام داده‌های مکانی و توصیفی، انجام تجزیه و تحلیل‌های کمی و کیفی مورد نیاز از قبیل تهیه اطلاعات پایه رقومی، نقشه شیب، نقشه فاکتور پوشش گیاهی (C)، نقشه انرژی جنبشی باران و نقشه توان جابجایی جریان،

^۱ عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام خراسان

^۲ Geographic information System (GIS)

^۳ Field method

^۴ Reservoir Sediment Deposition Measurement

^۵ Terrain Mapping Units's (TMU)

^۶ Digital Elevation Mode (DEM)

^۷ Unit

^۸ Slope Map

با ایجاد بانکها و لایه‌های اطلاعاتی در محیط GIS، ارزیابی کمی و کیفی مدل، ارائه اصلاحات مورد نیاز مدل و بیان توصیه‌های لازم برای بکارگیری آن در شرایط مشابه.

به منظور ارزیابی مدل دو روش زیر مورد استفاده قرار گرفت:

-

(Reservoir Sediment Deposition Measurement)

با توجه به تأسیسات احداث شده در منطقه مورد مطالعه (به توضیحات داده شده در معرفی منطقه مورد مطالعه توجه نمائید)، رسوب حاصل از فرسایش، با اندازه‌گیری مستقیم آن در پشت بندهای خاکی، محاسبه شد. جدول زیر مقدار تولید رسوب محاسبه شده توسط مدل و اندازه‌گیری آن از این روش را، در تعدادی از واحدهای حوزه مورد مطالعه نشان می‌دهد.

مقایسه دو روش، به جز در واحد $R1$ ، نزدیکی مناسبی را با هم نشان می‌دهد. تفاوت موجود بین مقادیر اندازه‌گیری شده و محاسبه شده توسط مدل، بدلیل تفاوت خصوصیات هرکدام از زیر حوزه‌های انتخابی به لحاظ شیب، پوشش گیاهی، پوشش سنگی و خاک می‌باشد. بدیهی است، چنانچه تعداد نمونه‌گیری زیادتری در هر واحد انجام گیرد، اعداد بدست آمده، تفاوت کمتری با هم خواهند داشت.

بدلیل عدم وجود تأسیسات مناسب ذخیره آب و خاک، در سایر واحدها، امکان ارزیابی مدل برای سایر نقاط حوزه، از این روش، میسر نشد.

(Field method):

بمنظور ارزیابی مجدد مدل انتخابی، نقشه فرسایش حاصل از مدل، با نقشه فرسایش حاصل از روش بررسی صحرایی مقایسه گردید. بدون شک، نقشه حاصل از روش صحرایی، قابل اعتمادترین روش برای شناسایی توزیع مکانی فرسایش در حوزه می‌باشد. نقشه فرسایش حاصل از بررسی صحرایی، مقدار فرسایش در واحدهای مخروط‌افکنه^۱ و گلاسی^۲ را کم، و در واحدهای تپه^۳ و اراضی بدخیم^۴ را زیاد، نشان داد. نقشه فرسایش محاسبه شده با مدل مورگان، تشابه اندکی با نقاط کم فرسایش و تشابه کاملاً یکسانی با نقاط پر فرسایش حوزه از خود نشان داد.

به رغم تفاوت مشاهده شده بین تولید رسوب محاسبه شده توسط مدل فرسایشی مورگان، با مقدار فرسایش واقعی در اراضی با "پوشش گیاهی بالا" و اراضی "با نفوذپذیری کم"، به کارگیری مدل در حوزه‌های "با پوشش گیاهی فقیر" توصیه می‌گردد. برای استفاده از این مدل در شرایط حوزه‌هایی با پوشش گیاهی بالا و با حوزه‌هایی با نفوذپذیری کم، بایستی نفوذپذیری به عنوان یک عامل مستقل، در مدل منظور گردد. همچنین مدل بایستی بتواند مقدار رسوب به تله افتاده در نقاط مختلف حوزه را منظور نماید. برای به کارگیری فراگیر این مدل، بایستی تحقیقاتی مشابه، با داده‌های زیاده‌تر انجام پذیرد.

^۱ Fan

^۲ Accumulational glacis

^۳ Residual hill

^۴ Badland

(USLE)

-

()

با توجه به اهمیت فرسایش در کاهش حاصلخیزی خاکها تاکنون مطالعات زیادی در زمینه آگاهی از مقدار و سرعت این پدیده مخرب انجام گرفته است. بدلیل مشکلات و محدودیتهای موجود در روشها و مدلهای برآورد فرسایش خاک و رسوب همواره اندیشه استفاده از روشهایی با دقت، سرعت و سهولت بالا مدنظر بوده است. اولین بار تامورا و روکوفسکی (۱۹۷۰) ارتباط معنی‌داری بین هدر رفت خاک از یک کرت آزمایشی و هدر رفت سزیم - ۱۳۷ گزارش نمود. این گزارش سبب شد که در سال ۱۹۷۴ مطالعات فرسایش خاک به روش سزیم - ۱۳۷ متداول شود. از آن زمان تاکنون تغییرات و پیشرفت‌هایی در زمینه کاربرد این روش بوجود آمده است. هدف از این تحقیق اولاً برآورد فرسایش سطحی در اراضی تپه‌ماهوری (که در ابتدا به مرتع اختصاص داشته‌اند و اکنون تحت کشت دیم هستند)، ثانیاً مقایسه دو روش سزیم - ۱۳۷ و USLE و ثالثاً بررسی توانایی روش سزیم - ۱۳۷ در برآورد فرسایش حوزه‌های آبخیز نسبتاً بزرگ بوده است. بهمین منظور با استفاده از عکس‌های هوایی (مقیاس ۱:۲۰۰۰۰) و نقشه توپوگرافی (مقیاس ۱:۵۰۰۰۰) حوزه مذکور واقع در ۳۵ کیلومتری شمال خرم‌آباد (مرکز استان لرستان) مورد مطالعه قرار گرفت. در مجموع ۱۷ ترانسکت بر روی اراضی شامل ۱۲ ترانسکت بر روی اراضی تپه‌ماهوری (با شیب ۵ تا ۵۰ درصد از انواع یکنواخت و مرکب) و ۵ ترانسکت در اراضی نسبتاً مسطح (دشت دامنه‌ای با شیب ۲ تا ۸ درصد) مطالعه و نمونه‌برداری خاک بعمل آمد. در شیب‌های یکنواخت (شامل قسمت‌های فوقانی، میانی، و تحتانی) و مرکب (شامل بالای تپه، شانه شیب، شیب برگشتی، پای شیب و پنجه شیب) بسته به طول شیب بین ۲ تا ۷ نمونه خاک سطحی (۰ تا ۳۰ سانتی‌متری) برداشت شد و سزیم - ۱۳۷ آنها توسط دستگاه گاما اسپکترومتر اندازه‌گیری گردید. میزان فرسایش سطحی و انباشت خاک در هر نقطه با استفاده از رابطه پیشنهادی زانگ و همکاران (۱۹۹۰) محاسبه شد. نتایج نشان می‌دهد که میزان متوسط فرسایش خاک در موقعیت‌های مختلف شیب مرکب بالای تپه، شانه شیب و شیب برگشتی به ترتیب ۳۱،۷۴، ۶۶،۲۸ و ۴۸،۷۷ و در موقعیت‌های مختلف شیب یکنواخت شامل قسمت‌های فوقانی، میانی و تحتانی به ترتیب ۷۸،۶، ۵۴،۴۷ و ۷۹ تن در هکتار در سال بود. در موقعیت پای شیب که منطقه‌ای دینامیک است، پروسه انباشت خاک غالب‌تر از هدر رفت آن در پنجه شیب (غیرفرسایشی) میزان رسوبگذاری ۶۴،۲۷ تن در هکتار در سال می‌باشد. همبستگی بین مدل USLE با روش سزیم - ۱۳۷ و همچنین بین تلفات سزیم با درصد شیب در سطح ۵ درصد معنی‌دار گردید.

^۱ به ترتیب کارشناس ارشد مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان، دانشیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه صنعتی اصفهان، استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه کردستان

(κ)

این تحقیق به منظور بررسی رابطه بین فاکتور فرسایش‌پذیری خاک (K در معادله جهانی فرسایش خاک) با میزان پایداری خاکدانه‌ها انجام گرفت.

همچنین اثر کربنات کلسیم از طریق بافت خاک که بر فاکتور فرسایش‌پذیری، مورد مطالعه قرار گرفت. بدین‌منظور از ۲۱ سری خاک دشت قزوین که با تحت سربهای جدا شده، جمعاً ۴۴ سری و تحت سری را شامل می‌شود (براساس مطالعات مؤسسه تحقیقات خاک و آب)، تعداد ۱۱۱ نمونه مرکب از خاکهای سطحی برداشته شد آزمایشات مختلف فیزیکی‌شیمیایی روی آنها انجام گرفت و سپس ۳۷ نمونه خاک جهت تعیین میزان فرسایش‌پذیری خاک و اندازه‌گیری درصد پایداری خاکدانه‌ها انتخاب شد.

ابتدا با استفاده از نمودار و یشمایر و همکاران (۱۹۷۱) میزان فرسایش‌پذیری خاک محاسبه گردید (۷). سپس پایداری خاکدانه‌ها به روش کمپر و روسنو (۱۹۸۵) (در آب مقطر، برای نمونه‌هایی با SAR بالا در آب مقطر و آب شور) اندازه‌گیری شد (۳). و در آزمایش آخر، بافت خاک مجدداً در دو حالت یکی با حذف آهک (برای ۲۷ نمونه خاک با آهک بالا) و دیگری بدون حذف آهک و با آب مقطر تعیین گردید. نتایج بدست آمده نشان داد که بافت خاکهای منطقه در واریزه‌های ارتفاعات، سبک تا متوسط (لوم، لوم سیلتی، لومی شنی) و در دشت و نقاط پست سنگینتر شده عموماً لومی رسی و رسی بود. شوری در اراضی پست حداکثر ۲۴۶ دسی‌زیمنس بر متر (سری ولدآباد) و میزان قلیائیت ($50 \leq SAR$) در سربهای ولدآباد و فارسین مشاهده شد. کربن آلی خاکها بین ۰ تا ۱۰۴ درصد و میزان آهک از ۱ تا ۲۵ درصد متغیر بود. گچ فقط در برخی سربها (کهکین، ولدآباد، فارسین) مشاهده شد.

میزان فرسایش‌پذیری خاکها در سیستم انگلیسی ۵۱، ۰ - ۲۲، ۰ و درصد پایداری خاکدانه‌ها ۸۰ - ۶۰٪ تعیین گردید. همچنین مشخص شد که همبستگی ضعیفی بین پایداری خاکدانه‌ها با فرسایش‌پذیری خاک وجود دارد ($R^2 = ۱۶،۲۱$)، ضریب همبستگی پایین نشان می‌دهد که این شاخص از پایداری برای بیان میزان فرسایش‌پذیری خاکهای منطقه قابل اعتماد نیست. نتایج مربوط به حذف کربنات کلسیم نشان داد که در این حالت میزان رس نسبت به حالت بدون حذف بطور معنی‌دار کاهش می‌یابد و یا به عبارت دیگر قسمت اعظم کربنات کلسیم خاکها جزو بخش رس می‌باشد، با کاهش میزان رس فرسایش‌پذیری محاسبه شده خاکها نیز زیاد شد. با توجه به اثر آهک بنظر می‌رسد برای استفاده مطمئن از نمودار و یشمایر و همکاران که منتج از خاکهای فاقد آهک ایالات متحده آمریکا است، در خاکهای آهکی ایران مطالعات بیشتری باید صورت گیرد.

^۱ به ترتیب کارشناس ارشد خاکشناسی، استاد گروه خاکشناسی دانشگاه تهران، عضو هیأت علمی گروه خاکشناسی دانشگاه تهران

دشت گربایگان در حدود ۵۰ کیلومتری جنوب شهرستان فسا در استان فارس واقع است. رودخانه شور زهکش اصلی این دشت را تشکیل داده و از مرکز آن عبور می‌کند. در سال ۱۳۶۱ "طرح پخش سیلاب کوثر" توسط مؤسسه تحقیقات جنگلها و مراتع در بخش وسیعی از دشت اجرا گردید. مطالعات زمین‌شناسی و آبهای زیرزمینی مبنای این مقاله نیز در ارتباط با "طرح توسعه پخش سیلاب گربایگان" توسط مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور انجام شده است. هدف از انجام این بخش از مطالعات، بررسی عوامل زمین‌شناسی در تخریب کیفیت آبهای سطحی و زیرزمینی و شناخت بهتر منابع آب‌آخوان گربایگان و تعیین مرز جبهه آب شور بوده است.

نتایج بررسیهای زمین‌شناسی نشان داد که وجود املاح شور کننده و نمک در بسیاری از سازندهای گسترده در منطقه، مانند سازندهای ساچون، گچساران، رزک، میشان و آغاچاری و بویژه گنبدهای نمکی سازند تبخیری هرمز، عامل اصلی شوری منابع آب ناحیه می‌باشد.

ارزیابی و مطالعه آبهای سطحی و زیرزمینی نیز مشخص نمود که تنها منابع آب، در مرکز دشت قابل شرب بوده و منابع آب دیگر نقاط دشت تنها برای آبیاری مزارع کشاورزی مناسب می‌باشند.

^۱ به ترتیب محققین بخش تحقیقات بهره‌وری از سیلاب و تغذیه آبخوانها، مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری کشور

خصوصیات مختلف سزیم رادیوایزوتوپ باعث گردیده که استفاده از این عنصر در بررسیهای فرسایش و رسوب بطور روزافزون گسترش یابد. این عنصر منبع طبیعی نداشته و از آزمایشهای هسته‌ای به محیط وارد می‌گردد. جذب سطحی سزیم - ۱۳۷ به رسها و مواد آلی بسیار سریع و شدید است. شستشوی پروفیلی نداشته و در خاکهای فاقد فرسایش با عمق کاهش توانی نشان می‌دهد. در لایه شخم توزیع یکنواختی دارد و بالاخره اینکه اشعه گامای قوی از خود منتشر کرده که اندازه‌گیری آنرا براحتی ممکن می‌سازد.

با توجه به خصوصیات فوق، تغییرات مکانی سزیم رادیوایزوتوپ در رابطه با فرسایش خاک در افقهای سطحی قسمتهای مختلف شیب در منطقه امام قیس چهارمحال و بختیاری مورد بررسی قرار گرفت.

دشت امام قیس واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب غربی بروجن از زیر حوزه‌های فرعی آبخیز شمالی رودخانه کارون بوده و اقلیم آن طبق روش کوپن معتدل سرد با تابستانهای گرم و خشک می‌باشد. میانگین بارندگی و دمای سالانه به ترتیب ۵۷۶،۱ میلیمتر و ۱۰ درجه سانتیگراد است. از نظر زمین‌شناسی رسوبات و نهشته‌های کواترنری و سازندهای سروک، مدود و بنگستان مربوط به کرتاسه در منطقه وجود دارند. تعداد پنج ترانسکت هریک شامل قسمتهای مختلف یک سیستم هیل اسلپ شامل قسمت مسطح (Summit)، شانه شیب (Shoulder)، شیب پستی (Backslope)، پایه شیب (Foot slope) و قسمت پست (Toeslope) در مطالعات صحرایی مورد بررسی قرار گرفته و از آن بین یک ترانسکت (ترانسکت شماره ۵) به عنوان شاهد انتخاب گردید و تحت آزمایشهای شیمیایی، فیزیکی، میکرومرفولوژیکی و همچنین شمارش سزیم رادیوایزوتوپ (در افق سطحی) قرار گرفت. به علاوه چون دو نوع قسمت مسطح به لحاظ فرسایش وجود داشت، علاوه بر ترانسکت شاهد که دارای قسمت مسطح فاقد فرسایش (non-eroded summit) بود، موقعیت قسمت مسطح از ترانسکت دوم نیز که از دو طرف فرسایش یافته بود (eroded summit) به عنوان شاهد انتخاب گردید تا تغییرات خاک در منطقه بهتر مورد مطالعه قرار گیرد.

میزان سزیم رادیوایزوتوپ از قسمت بالای شیب بطرف پایین در موقعیتهای قسمت مسطح فاقد فرسایش، شانه شیب، شیب پستی، پایه شیب و قسمت پست به ترتیب معادل ۲۰۴، ۱۲۲،۳، ۱۶۹،۲، ۱۳۶ و ۱۹۱،۸۵ بکرل بر کیلوگرم شمارش شد. میزان سزیم رادیوایزوتوپ در موقعیت قسمت مسطح فرسایش یافته (ترانسکت دوم)، کمترین مقدار یعنی ۱۰۳،۰۸ بکرل بر کیلوگرم بوده است.

نظر به اینکه سزیم شستشوی پروفیلی نداشته و به شدت جذب خاکها و رسوبات و بخصوص رس و ماده آلی می‌شود (Ritchie and McHenry 1990)، لذا زیاد بودن میزان این رادیوایزوتوپ در قسمت مسطح فاقد فرسایش نشان‌دهنده فرسایش ناچیز در این موقعیت شیب می‌باشد. به علاوه ریز ساختمان دانه‌ای و تکامل پروفیلی نیز نشان‌دهنده پایداری سطح و عدم فرسایش در این موقعیت شیب می‌باشد. در مقابل شانه شیب با میزان سزیم ۱۲۲،۳ Bq/kg تکامل پروفیلی کمتری داشته و تنها دارای افقهای AP و Bk می‌باشد. شیب پستی مقدار سزیم بیشتری در افق شخم نسبت به شانه شیب دارد بنابراین فرسایش کمتری داشته و خاک متکامل‌تری را نیز شامل می‌گردد (Calcic Haploxeralfs) در شیب پستی در

^۱ به ترتیب اعضای هیأت علمی گروه خاکشناسی دانشگاه ولی‌عصر رفسنجان و گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

مقایسه با Calcixerolic Xerochrepts در شانه شیب با توجه به کلید تاکسونومی (۱۹۹۶). به رغم اینکه موقعیتهای پایه شیب و قسمت پست مکان رسوبگذاری بوده و فرسایش بسیار کمی دارند، ولی میزان سزیم رادیوایزوتوپ در افق شخم این دو موقعیت شیب نسبتاً کم می‌باشد. نتایج آزمایشهای فیزیکی و شیمیایی نشان می‌دهند که میزان رس و ماده آلی در قسمت پست بیشتر بوده ولی آهک که به عنوان یک عامل فلاکوله کننده مطرح است و بنابراین به عنوان ذره درشت عمل می‌کند در موقعیت پایه شیب تجمع می‌یابد. با توجه به اینکه جذب سطحی سزیم به رسها و مواد آلی بسیار شدید است، لذا میزان سزیم در قسمت پست که رسوبات ریز بافت‌تری دریافت داشته و به علاوه ماده آلی بیشتری هم دارد، از موقعیت پایه شیب بیشتر است. به علاوه بخاطر فرسایش زیاد قسمتهای بالا دست شیب و رسوبگذاری در قسمتهای پایین دست (مقایسه ریز ساختمان دانه‌ای خاک قسمت مسطح فاقد فرسایش با ریز ساختمان توده‌ای قسمت پست) احتمالاً افقهای زیر سطحی فاقد سزیم نیز از موقعیتهای بالای شیب بطرف پایین حمل شده و خاک سطحی پایه شیب و قسمت پست را پوشانده‌اند. بنابراین چنانچه توزیع عمودی سزیم مورد بررسی قرار می‌گرفت، احتمالاً افق دفن شده سزیم مشاهده می‌گردید. نتایج تجزیه مکانیکی خاکها مؤید آن است که بخش زیادی از افق A در شانه شیب بطرف پایین دست شستشو شده و باقیمانده افق سطحی با افق رسی زیری مخلوط گردیده است بطوریکه به رغم مقدار زیاد رس، شرط لازم برای افق Bt (افزایش ۸٪ رس ریز) در این موقعیت شیب مهیا نمی‌باشد.

با فرض اینکه میزان فرسایش در قسمت مسطح فاقد فرسایش ناچیز بوده و بنابراین شمارش سزیم در این افق باید به عنوان استاندارد بکار رود و نیز اینکه فرسایش در موقعیتهای پایه شیب و قسمت پست که محلهای رسوبگذاری هستند، به رغم وجود فرسایش، ناچیز در نظر گرفته شود، میزان فرسایش خاک از فرمول اسپومر، مک هنری و پیست (۱۹۸۵) معادل ۱۱۶ تن در هکتار در سال در منطقه امام قیس محاسبه گردید. بدیهی است که این فرمول در منطقه دیگری از جهان مورد استفاده قرار گرفته و بنابراین بکار گرفتن آن بدون واسنجی در منطقه مورد مطالعه خالی از اشکال نمی‌باشد ولی بدلیل اینکه اعداد ثابت در این فرمول وجود ندارد، لذا در این تحقیق از آن استفاده گردید. با توجه به اینکه استفاده از روش سزیم بسیار سریع، ساده، ارزان و دقیق می‌باشد، بطور روزافزون در کشورمان بکار می‌رود در حالیکه عدم یک فرمول مناسب یا حداقل واسنجی آن توسط یک روش غیرتجربی دقیق، به عنوان محدودیت این روش در اندازه‌گیری فرسایش خاک همواره مطرح می‌باشد.

به منظور بررسی تاثیر تنش شوری بر خواص کمی و کیفی چغندر قند و همچنین اثر شوری آب آبیاری بر خواص شیمیایی خاک، آزمایشی در سال ۱۳۷۳ در ایستگاه تحقیقات شوری رودشت اصفهان به اجرا درآمد. در این آزمایش اثر چهار تیمار شوری آب آبیاری با هدایت الکتریکی ۲، ۶، ۱۰ و ۱۴ دسی زیمنس بر متر بعنوان فاکتور اصلی و سه رقم چغندر قند ۰۳-P، ۷۲۳۳-P و ۹۵۹۷-P بعنوان فاکتور فرعی در قالب طرح آماری بلوکهای کامل تصادفی به صورت کرت‌های خرد شده در سه تکرار بررسی شد. تیمارهای شوری پس از استقرار کامل بوته‌ها از طریق اختلاط آب رودخانه با آب زهکش منطقه به نسبت معین اعمال گردید. آبیاری بر اساس ۵۰٪ تخلیه آب قابل استفاده صورت گرفت. نمونه برداری خاک قبل از هر آبیاری انجام و هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) در طول فصل رشد اندازه‌گیری گردید. اسیدیته، هدایت الکتریکی در عصاره اشباع، درصد رطوبت اشباع خاک، مقدار سدیم قابل تعویض و ظرفیت تبادل کاتیونی نمونه‌های خاک مربوط به زمان کاشت و برداشت اندازه‌گیری و درصد سدیم قابل تبدیلی (ESP) محاسبه شد.

در زمان برداشت برای تعیین عملکرد و خواص کیفی چغندر قند اندام هوایی، گردن و تنه چغندر قند به طور جداگانه توزین گردید و عیار چغندر قند، یونهای سدیم، پتاسیم، آلfa آمینو ازت، ماده خشک غیر محلول و مواد معدنی بر روی خمیر گردن و تنه چغندر قند اندازه‌گیری شد و عیار قابل استحصال، ضایعات قند ملاس، شکر سفید قابل استحصال، ضریب قلیائی و راندمان استحصال با استفاده از فرمولهای مربوطه محاسبه گردید.

بر اساس نتایج بدست آمده از تجزیه‌های شیمیایی خاک مشاهده گردید که خاک محل آزمایش در زمان کاشت دارای هدایت الکتریکی عصاره اشباع بیش از ۴ ds/m، درصد سدیم تبدیلی (ESP) کمتر از ۱۵ درصد و pH کمتر از ۸٫۵ و در زمان برداشت ظاهراً آب آبیاری بعلت درشتی سدیم قابل تبادل بالا به تدریج در طی فصل رشد موجب قلیایی شدن خاک گردیده است.

هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (ECe) در طول فصل رشد در هر دو عمق ۳۰-۰ و ۶۰-۳۰ سانتی‌متری روند افزایشی داشت، به طوری که از اواسط فصل رشد به بعد در تمام تیمارهای آزمایشی به بیش از ۱۵ ds/m رسید که می‌تواند موجب بیش از ۵۰ درصد کاهش محصول گردد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که شوری اثر معنی‌داری بر عملکرد کل گیاه، تنه چغندر قند و شکر سفید قابل استحصال داشته است. لیکن اثر شوری بر اندام هوایی معنی‌دار نبود. حداکثر عملکرد کل گیاه، ریشه و تنه به ترتیب به ۷۲، ۵۶ و ۵۲ تن در هکتار در تیمار شوری ۲ ds/m حداقل ۵۵، ۴۰ و ۳۸ تن در هکتار در تیمار شوری ۱۴ ds/m حاصل گردید. عیار قند چغندر قند در هر دو قسمت ریشه (تنه و گردن) با افزایش شوری افزایش یافت. لیکن شکر سفید قابل استحصال با افزایش شوری کاهش نشان داد و از حداکثر ۹٫۲ در تیمار شوری ۲ ds/m به حداقل ۷٫۵ تن در هکتار در تیمار شوری ۱۴ ds/m رسید.

مواد خشبی غیر محلول چغندر قند با افزایش شوری افزایش یافت که می‌تواند در آزمایشات تعیین عیار موثر باشد، شوری اثر معنی‌داری بر خاکستر چغندر قند نداشت.

^۱ عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی لرستان.

در کلیه تیمارهای شوری میزان سدیم و ازت مضره موجود در تنه و گردن بالا بود. بر اساس نتایج تجزیه شیمیایی خاک مشاهده شد که درصد سدیم تبدلی خاک در تیمارهای مختلف شوری بالا بوده که می‌تواند کاهش عملکرد قند را توجیه نماید.

در این آزمایش رقم $7233-P.3$ در کلیه تیمارهای شوری از نظر عملکرد کل گیاه، ریشه، تنه و شکر سفید قابل استحصال به میزان حداکثر 10.2 در تیمار شوری 2 ds/m و حداقل 8.5 تن در هکتار در تیمار شوری 14 ds/m نسبت به سایر ارقام برتری معنی‌دار نشان داد که بعنوان رقم متحمل جهت کشت در اراضی شور قابل توصیه است.

زمان‌بندی آبیاری و مقدار آب تحویلی به مزرعه از عوامل مهم در مدیریت مزرعه می‌باشد زمان بندی آبیاری می‌تواند به طرق مختلف انجام شود. از بین روش‌های ارائه شده جهت زمان‌بندی آبیاری روش استفاده از نمایه تنش آبی گیاه (Crop Water Stress-index) از مقبولیت زیادی برخوردار است. این نمایه توانایی پیش‌بینی عملکرد را نیز دارا می‌باشد. برای استفاده از این نمایه بایستی عوامل مؤثر در این نمایه در منطقه جهت هر محصول تعیین شوند. خط مبنای بالایی و پائینی دو عامل مهم در تعیین این نمایه می‌باشند. لذا جهت برآوردن این منظور زمینی به مساحت تقریبی ۵۰ هکتار در شمال شرقی دانشکده کشاورزی واقع در باجگاه انتخاب و بعد از آماده‌سازی زمین در تاریخ ۱۳۷۳/۸/۱۱ جو والفجر کشت گردید. جهت اعمال تیمارهای مختلف آبیاری از سیستم آبیاری بارانی خطی (Line Source) استفاده گردید. در طی فصل رشد درجه حرارت پوشش سبز و هوا، رطوبت نسبی و رطوبت خاک اندازه‌گیری می‌شد. خط مبنای پائینی برای جو والفجر به صورت زیر تعیین گردید:

$$T_c - T_a = 206 - 203 \text{ (VPD)} \text{ قبل از سنبله رفتن}$$

$$T_c - T_a = 1.43 - 1.68 \text{ (VPD)} \text{ بعد از سنبله رفتن}$$

$T_c - T_a$: اختلاف درجه حرارت پوشش سبز با هوا بر حسب درجه سانتی‌گراد

VPD: کمبود فشار بخار بر حسب کیلو پاسکال

حد مبنای بالایی به روش تجربی و مستقیم به ترتیب ۲،۷۹ و ۳،۰۹ سانتی‌گراد بدست آمد. معادله بین نمایه تنش آبی گیاه CWSI و تبخیر و تعرق به صورت زیر تخمین زده شد.

$$CWSI = 0.167 + 1.475 (1 - ET/ET_p)$$

مقدار CWSI محاسبه شده بوسیله این معادله بیش از مقدار واقعی تخمین زده می‌شود و این می‌تواند به خاطر ثابت در نظر گرفتن خط مبنای بالایی در طول دوره رشد و همچنین به خاطر اینکه تبخیر و تعرق از ابتدای دوره رشد ولی CWSI از هنگامی که به تیمارها تنش وارد شد اندازه‌گیری گردیده باشد. ضریب کاهش عملکرد (نسبت کمبود نسبی محصول به کمبود نسبی تبخیر و تعرق) برای دانه و کل ماده خشک به ترتیب ۰،۹۴۱ و ۰،۵۳۰ بدست آمد که نشان دهنده درجه مقاومت گیاه جو به خشکی می‌باشد. با بررسی نمایه برداشت (HI) نیز مشخص شد که نمایه تنش آبی گیاه CWSI با نسبت عملکرد دانه به عملکرد کل ماده خشک همبستگی بالایی دارد.

^۱ از بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز.

در این تحقیق اثر سه سطح مصرف ازت (۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار حاصل از کود اوره و فسفات آمونیم)، دو راندمان کاربرد آبیاری (۵۰ و ۷۰ درصد) و سه بافت خاک (شن لومی، لوم رسی شنی و لوم رسی) بر آبشویی ازت نیتراتی در کشت گندم در گلخانه بررسی شد. لوله‌های پی‌وی‌سی به طول یک متر و قطر داخلی ۲۰ سانتیمتر بجای گلدان مورد استفاده قرار گرفت و ۹۰ سانتیمتر از عمق لوله‌ها از خاک پر شد. ۴۰ و ۶۰ درصد ازت بترتیب قبل از کاشت و قبل از ساقه روی گندم به ستون‌های خاک اضافه گردید. گندم وارپته نیک نژاد به میزان ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار (۱۰ بوته در هر گلدان) در گلدان‌ها کشت شد. مدت انجام آزمایش چهار ماه بود و در این مدت ۸ آبیاری صورت گرفت. بعد از هر آبیاری غلظت ازت نیتراتی، حجم زه آب خروجی از هر ستون خاک و میزان رشد گندم اندازه‌گیری شد. طرح آماری مورد استفاده در این تحقیق فاکتوریل در قالب کرت‌های کاملاً تصادفی با سه تکرار بود.

نتایج حاصل نشان داد که مقدار نیترات آبشویی شده نسبت به مقدار ازت مصرفی در هر ستون خاک برای سه سطح ازت ۱۰۰، ۱۵۰ و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار با راندمان آبیاری ۵۰ درصد بترتیب ۹۲، ۷۰ و ۶۰ و با راندمان ۷۰ درصد به ترتیب ۴۸، ۳۶ و ۳۰ درصد برای خاک شن لومی بود با راندمان آبیاری ۵۰ درصد برای خاک لوم شنی رسی مقادیر آبشویی بترتیب ۷۳، ۵۳ و ۴۵ و یا برای خاک لوم رسی در راندمان آبیاری ۵۰ درصد ارقام بترتیب ۵۹، ۴۴ و ۳۸ و در ۷۰ درصد بترتیب ۳۲، ۲۴ و ۲۱ درصد شد. تجزیه و تحلیل آماری نشان داد که تفاوت میانگین مقادیر ازت نیتراتی آبشویی شده در سه نوع بافت خاک و در دو راندمان کاربرد آب آبیاری معنی‌دار بود.

در پایان توصیه‌هایی در رابطه با مدیریت صحیح مصرف کودهای ازته با توجه به راندمان کاربرد آبیاری و بافت خاک بمنظور استفاده بهینه از کود و جلوگیری از آلوده شدن آبهای سطحی و زیرزمینی ارائه گردید.

^۱ به ترتیب دانشجوی سابق کارشناسی ارشد آبیاری و زهکشی و استادیار بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

در یک تحقیق ۲ ساله برای تعیین اثر تیمارهای مختلف آبیاری بر بعضی پارامترهای فیزیولوژیک و عملکرد پنبه، رطوبت خاک و پتانسیل آب در گیاه و خاک از موقع کاشت تا برداشت محصول اندازه‌گیری شد. این اندازه‌گیری‌ها قبل از آبیاری در صبحگاه پیش از طلوع آفتاب انجام گرفت و آمار و ارقام حاصله بر مبنای رفتارهای آبیاری زیر تجزیه و تحلیل شد. S0 - موقعی که پتانسیل آب در گیاه (برگهای تازه تکامل یافته) قبل از ظهور گل به $0/6 - 0/5$ - مگا پاسکال، در مرحله گل و غوزه $0/8 - 0/5$ - مگا پاسکال و در موقع شکوفائی غوزه‌ها به $1 - 0/8$ - مگا پاسکال رسید آبیاری انجام شد.

S1 - آبیاری هنگامی که پتانسیل آب در گیاه (برگهای تازه تکامل یافته) به $1 -$ مگا پاسکال رسید.

S2 - آبیاری وقتی که پتانسیل آب در گیاه (برگهای تازه تکامل یافته) به $1/5 -$ مگا پاسکال رسید.

S3 - آبیاری وقتی که پتانسیل آب در گیاه (در برگهای تازه تکامل یافته) به $2 -$ مگا پاسکال رسید.

اندازه‌گیری‌های رطوبت خاک قبل از آبیاریها نشان داد که پتانسیل آب در خاک در عمق توسعه ریشه در تیمارها متفاوت بوده که دامنه تغییر آنها از این قرار است. در دوره استقرار گیاه (از کاشت بذر تا حدود ۴۰ روز بعد) در تمام تیمارها به حداقل $1/4 -$ مگا پاسکال رسید. در سایر مراحل رشد پتانسیل آب و خاک در تیمار S0 بین $1/5 - 0/3$ - در تیمار S1 بین $1/5 - 0/8$ - در تیمار S2 بین $1/8 - 1/3$ - و در تیمار S3 بین $2 - 0/3$ - مگا پاسکال متغیر بود. مقایسه تیمارهای آبیاری نشان داد که بالاترین عملکرد به میزان ۲۷۹۸ کیلوگرم وش در هکتار مربوط به تیمار S0 است. در این تیمار تغییرات پتانسیل آب در برگ بین $1 - 0/5$ - مگا پاسکال بود که میزان آب مصرف شده در آن ۱۲۲۰۰ متر مکعب در هکتار شد. کمترین عملکرد از تیمار S3 به میزان ۲۳۹ کیلوگرم وش در هکتار به دست آمد و پتانسیل آب در برگ قبل از آبیاری به $2 -$ مگا پاسکال رسید و میزان آب مصرف شده برای آن ۴۲۶۰ متر مکعب در هکتار شد.

بازده مصرف آب برای تولید محصول (Water Use Efficiency) در تیمار S0 برابر حدودا ۲۶۰ گرم برای هر متر مکعب به دست آمد در حالیکه در تیمار S3 در حدود ۸۰ گرم بر متر مکعب بود. براساس این نتایج می‌توان توصیه کرد که دور آبیاری پنبه به گونه‌ای انتخاب شود تا پتانسیل آب برگ پنبه در اوایل صبح از حدود $0/8 -$ مگا پاسکال پائینتر نرود. تغییرات پتانسیل آب در خاک برای این تیمار، در محدوده $0/3 - 1/5$ - مگا پاسکال با توجه به مرحله رشد گیاه مجاز خواهد بود.

^۱ به ترتیب کارشناس تحقیقات آبیاری و فیزیک خاک و استاد پژوهش مؤسسه تحقیقات خاک و آب

در منطقه شرق اصفهان حدود ۶۰ هزار هکتار اراضی شور و سدیمی وجود دارد. آبهای سطح الارض شور و آب رودخانه از جمله منابع محدود آب آبیاری محسوب می‌شوند. به منظور تعیین مدیریت مناسب استفاده از اینگونه آبها و تاثیر آنها بر خاک و گیاه از سال ۱۳۷۳ پروژه‌ای با استفاده از تیمارهای مختلف بر روی گیاهان جو، پنبه و آفتابگردان در کرت‌های ثابت بصورت تناوب در ایستگاه تحقیقات زهکشی و اصلاح اراضی رودشت واقع در شرق اصفهان به اجرا درآمد. در این مطالعه هفت تیمار مدیریت مصرف آبهای شور با استفاده از سه کیفیت آب آبیاری (۳،۲، ۶،۱ و ۱۰ دسی سیمنس بر متر) در سه تکرار به صورت طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی همراه با کشت گیاه آفتابگردان (رقم زاربا) به اجرا درآمد. تیمارهای مختلف عبارتند از:

T₁ = آبیاری در طول فصل زراعی از آب رودخانه با شوری حدود ۳،۲ دسی سیمنس بر متر

T₂ = آبیاری در طول فصل زراعی از آب با شوری حدود ۶،۱ دسی سیمنس بر متر

T₃ = آبیاری در طول فصل زراعی از آب با شوری حدود ۱۰ دسی سیمنس بر متر

T₄ = آبیاری تا مرحله جوانه زدن و استقرار گیاه از آب رودخانه و سپس آب با شوری حدود ۶،۱ دسی سیمنس بر متر.

T₅ = آبیاری تا مرحله جوانه زدن و استقرار گیاه از آب رودخانه و سپس آب با شوری حدود ۱۰ دسی سیمنس بر متر.

T₆ = آبیاری به صورت یک در میان از آب رودخانه و آب با شوری حدود ۶،۱ دسی سیمنس بر متر.

T₇ = آبیاری به صورت یک در میان از آب رودخانه و آب با شوری حدود ۱۰ دسی سیمنس بر متر.

نتایج حاصله از دو سال آزمایش نشان داد که تیمارهای مختلف مدیریت مصرف آبهای شور از نظر عملکرد دانه، تعداد بوته در هکتار، ارتفاع گیاه و قطر طبق آفتابگردان دارای اختلاف معنی‌دار بوده است. بر اساس نتایج مقایسه میانگین‌ها تیمار مصرف آب با شوری ۳،۲ دسی سیمنس بر متر (T₁) و مصرف آب به صورت یک در میان از آب با شوری ۳،۲ و ۶،۱ دسی سیمنس بر متر (T₆) به ترتیب با عملکرد ۲۰۳۱ و ۱۹۸۶ کیلوگرم در هکتار دانه در یک گروه جای می‌گیرند. تیمارهای مصرف آب به صورت یک در میان از آب با شوری ۳،۲ و ۱۰ دسی سیمنس بر متر (T₇) و تیمار مصرف آب آبیاری با شوری ۳،۲ دسی سیمنس بر متر تا مرحله سبز شدن و سپس کاربرد آب با شوری ۶،۱ دسی سیمنس بر متر (T₄) و تیمار مصرف آب با شوری ۶،۱ دسی سیمنس بر متر در طول فصل زراعی به ترتیب با عملکرد دانه ۱۵۴۴، ۱۳۵۳ و ۱۲۶۲ کیلوگرم در هکتار در گروه دوم واقع شده‌اند. تیمار آبیاری با آب رودخانه در طول فصل زراعی (T₃) به ترتیب با عملکرد دانه ۹۷۹ و ۳۷۷ کیلوگرم در هکتار کمترین عملکرد و در دو گروه سوم و چهارم قرار گرفته‌اند. به طور کلی مقایسه میانگین‌ها برای صفات اندازه‌گیری شده تعداد بوته در هکتار، ارتفاع گیاه و قطر طبق آفتابگردان با سطوح عملکرد دانه تقریباً مطابقت داشت. میزان بوته در هکتار تیمار T₁ در مقایسه با تیمار T₃ حدود ۵۸،۵ درصد کاهش داشته است که این نشان می‌دهد که مصرف آب با شوری ۱۰ دسی سیمنس بر متر در مقایسه با ۳،۲ دسی سیمنس بر متر به مقدار قابل ملاحظه‌ای میزان جوانه‌زدن و سبز شدن گیاه را کاهش می‌دهد. مقایسه تیمار T₁ با T₆ نتیجه آبیاری متناوب با آبهای با هدایت الکتریکی ۳،۲ و ۶،۱ دسی سیمنس بر متر حدود ۵۰ درصد در مصرف آب شیرین (T₁) صرفه‌جویی شده است و از نظر عملکرد تقریباً یکسان (حدود ۲،۲ درصد کاهش عملکرد دانه) بوده است. همچنین مقایسه تیمار T₁ با T₇ بیصورت متناوب با آبهای با هدایت الکتریکی ۳،۲ و ۱۰ دسی سیمنس بر متر نیز در مصرف آب مناسب به همین میزان صرفه‌جویی شده است در حالی که از نظر عملکرد تقریباً

^۱ عضو هیات علمی بخش تحقیقات خاک و آب اصفهان.

۲۴ درصد کاهش عملکرد دانه داشته است. این میزان صرفه‌جوئی آب جهت افزایش سطح زیر کشت گیاهان حساس‌تر به شوری در منطقه حائز اهمیت می‌باشد.

در این مطالعه تغییرات فیزیکوشیمیائی خاک نیز مورد بررسی و تجزیه و تحلیل قرار گرفت.

کارایی کود مصرفی در روش‌های آبیاری زیرزمینی و شیاری در کشت گندم پاییزه (رقم قدس) مورد بررسی قرار گرفت. به این منظور از روش آبیاری زیرزمینی با لوله‌های کوزه‌ای که در ادامه به اختصار آزلک نامیده می‌شود و روش آبیاری شیاری استفاده گردید. لوله‌های کوزه‌ای چنانچه از نام آنها پیداست از جنس کوزه می‌باشند و آب از جداره آنها به خاک نشت می‌کند. این تحقیق از سال ۱۳۷۱ الی ۱۳۷۳ در مزرعه دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران در کرج به اجرا در آمد. آزمایش در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با پنج تکرار انجام شد. هر بلوک شامل ۴ تیمار کوددهی برای هر یک از دو روش آبیاری بود که در کل ۴۰ کرت در ۵ بلوک تحت آزمایش قرار داشتند. سطح هر کرت ۵ متر مربع بود. در کرت‌های آبیاری زیرزمینی خط لوله کوزه‌ای در عمق ۳۰ سانتی‌متری قرار داشت که بوسیله یک منبع مجزا آبیاری می‌شد. کوددهی در ۳ سطح به شرح زیر انجام شد:

a	درجه = شاهد (N_0, P_0, K_0)
b	درجه = 50KgN, 20KgP, 50KgK (N_1, P_1, K_1)
c	درجه = 100KgN, 40KgP, 100KgK (N_2, P_2, K_2)
d	درجه = 150KgN, 60KgP, 150KgK (N_3, P_3, K_3)

کود ازت به صورت اوره، فسفر به صورت فسفات آمونیم و پتاسیم به صورت سولفات پتاسیم بکار رفت. کوددهی در سه مرحله بنا به نیاز و دوران بحرانی گیاه (پنجه زنی، مرحله ساقه و خوشه) صورت گرفته با زمان و مقدار کوددهی در دو روش آبیاری یکسان بود. کوددهی در روش آبیاری زیرزمینی به صورت اضافه کردن کود محلول به آب آبیاری و در روش شیاری کود در عمق ۵ سانتی‌متر به خاک داده شد و سپس آبیاری انجام گرفت.

نمونه‌برداری از خاک در دو مرحله یعنی قبل و بعد از کشت برای تعیین مقدار ازت کل، ازت معدنی، فسفر کل و قابل جذب، پتاسیم قابل دسترس گیاه و مقدار مواد آلی انجام گردید. در هر دو روش آبیاری تا عمق ۶۰ سانتی‌متری خاک نمونه‌برداری شد.

نتایج بدست آمده نشان می‌دهند که در هر دو سال آزمایش مقدار تولید محصول در تمامی درجه‌های کوددهی در روش آبیاری زیرزمینی با لوله‌های کوزه‌ای، به صورت کاملاً معنی‌داری بیش از روش سطحی بوده است. در کرت‌های آزلک میزان محصول برداشتی از ردیف گیاه کشت شده روی لوله افزایش زیادی نشان می‌داد که حتی به ۱۴ تن در هکتار رسید. تاثیر دو روش آبیاری بر روی حاصلخیزی خاک به وسیله تعیین مقدار مواد آلی خاک و ازت کل خاک قبل و بعد از کشت معین گردید. نتایج اندازه‌گیری مواد آلی طی دو سال متوالی بیانگر این مطلب بوده‌اند که مقدار مواد آلی خاک در تمامی درجات کوددهی به روش زیرزمینی بیش از روش سطحی بود. میانگین مقدار مواد آلی خاک؛ ۲۸٪ - ۵۰٪ مشاهده گردید. همچنین معدنی شدن مواد غذایی در نتیجه تجزیه مواد آلی خاک در روش آبیاری زیرزمینی بیش از روش سطحی بوده که علت آن را می‌توان رطوبت مطلوب خاک ناشی از تراوش لوله‌های کوزه‌ای ذکر کرد. آزادسازی مواد غذایی خاک به وسیله تجزیه خاک و محاسبه مقدار ازت قابل دسترس گیاه بعد از برداشت نیز تایید می‌شود. به عنوان مثال در سال دوم در روش آبیاری زیرزمینی در دو درجه بالای کوددهی ۴۵ و ۷۵ کیلوگرم ازت (درجات c و d) قابل مصرف در هر هکتار خاک وجود

داشت. این میزان در روش سطحی به ترتیب ۲۱ و ۴۷ کیلوگرم بود. با وجود این که محصول به دست آمده در روش زیرزمینی به میزان قابل توجهی بیش از روش شیاری بود. آزمایش‌های انجام شده در مورد فسفر قابل جذب که در عمق‌های ۲۰ - ۰ و ۴۰-۲۰ سانتی‌متر اندازه‌گیری شد؛ نمایانگر توزیع یکنواخت‌تر و مناسب آن در آبیاری زیرزمینی در مقایسه با آبیاری سطحی بود. در آبیاری سطحی قسمت اعظم فسفر در عمق ۲۰ - ۰ سانتی‌متر خاک قرار داشت. نتایج فوق نشان می‌دهند که ازت معدنی در روش آزلک حرکت محدودی داشته حال آن که در روش آبیاری شیاری جریان پخش آب سبب حرکت ازت به سمت پائین شده است.

تداوم آبیاری در روش آزلک به احتمال زیاد عامل مؤثری در افزایش قابلیت جذب کود می‌باشد. در مورد پتاسیم قابل جذب اختلافی بین دو روش فوق مشاهده نگردید. مقدار پروتئین خام اندازه‌گیری شده در دانه گندم در سال ۷۱-۷۲ در تمام سطوح کوددهی به طریقه زیرزمینی بیش از روش سطحی بوده (به استثنا تیمار d که هر دو روش ۱۵۶٪ مشاهده شد). حال آن که در سال بعد (۷۲-۷۳) این مقدار در همین تیمار کوددهی در روش سطحی ۱۳،۱٪ و در روش زیرزمینی ۱۴،۲٪ اندازه‌گیری شد. کارایی کود مصرفی در روش زیرزمینی در مقایسه با روش سطحی به طور متوسط حدود دو برابر بود.

مطالعه حاضر تاثیر هفت نوع تیمار مختلف خاک‌ورزی را بر برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک و برخی خصوصیات مرفولوژیکی ریشه گندم مورد بررسی قرار داده است. مطالعه در مزرعه تحقیقاتی - پژوهشی کبوترآباد اصفهان وابسته به سازمان تحقیقات کشاورزی و بر روی خاک لوم رسی (لومی ریز میکس، ترمیک، کمب اورتیدز) انجام گرفته است. هفت روش خاک ورزی شامل گاو آهن بر - گرداندار + دیسک (T₁)، گاو آهن قلمی + دیسک (T₂)، گاو آهن قلمی + روتواتور (T₃)، گاو آهن قلمی دوبار عمود بر هم + دیسک (T₄)، خیش چی + دیسک (T₅)، ورز - کاشت (T₆) و بی‌خاک ورزی (T₇) بوده است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک شامل، بافت، جرم مخصوص ظاهری، pH و EC و مقدار مواد آلی میانگین وزنی قطر (MWD) بانضمام خصوصیات مرفولوژیکی ریشه گندم شامل، وزن مرطوب و خشک، طول، قطر و سطح ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. آزمایش در ۴ سال (از سال زراعی ۷۲ تا ۷۶) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار انجام شد. از میان خصوصیات یاد شده جرم مخصوص ظاهری، MWD و میزان مواد آلی بیشترین تاثیر پذیری را از بهم خوردن خاک داشتند. طی ۴ سال عملیات کشاورزی در سیستم‌های با خاک ورزی جرم مخصوص ظاهری تقریباً ۱۰ درصد افزایش را نشان داد در صورتی که در تیمارها بدون خاک ورزی که بقایای گیاهی روی سطح خاک باقی‌مانده بود تغییری در جرم مخصوص ظاهری حاصل نگردید مقدار ماده آلی در سیستم ورز - کاشت حدود ۱۵ درصد افزایش نشان داد همین امر و عدم بهم خوردن سالانه خاک باعث شد که در این سیستم مقدار MWD ۲۰ درصد نسبت به دیگر روشهای خاک ورزی افزایش یابد. در pH و EC و فسفر و پتاسیم قابل جذب تغییری از نظر تیمارهای خاک ورزی مشاهده نگردید. مقدار ماده آلی خاک در سیستم بدون خاک ورزی تقریباً ۴۰ درصد بالاتر بود و همین امر و عدم متلاشی شدن خاکدانه‌ها در این سیستم باعث شد مقدار MWD بزرگتر از دیگر روشهای خاک‌ورزی گردد وجود خاک ورزی‌های مختلف باعث تجمع کمی و کیفی متفاوت ریشه در لایه‌های مختلف گردید. اگر چه در کلیه تیمارها حدود ۴۵ درصد از وزن مرطوب و خشک در ۱۰ سانتیمتر اول سطح خاک و مابقی در دیگر لایه‌های خاک توزیع گردید ولی تفاوت‌هایی در تیمارهای مختلف نیز در این مورد دیده شد ۲۵ درصد طول و سطح ریشه‌ها نیز در لایه اول و مابقی در دیگر لایه‌ها توزیع گردید. توزیع عمقی ریشه در تیمار گاو آهن برگرداندار (T₁) و گاو آهن قلمی (T₂) نسبت به دیگر تیمارها متعادل تر بوده است. با توجه به پایین بودن عملکرد محصول در تیمار بی‌خاک ورزی و مشکلات دیگر همچون کاشت و کوددهی و همچنین مبارزه با علفهای هرز و سله بستن خاک استفاده از ادوات خاک ورزی برای تولید بالاتر محصول در مناطق خشک در ابتدا و در طول فصل رشد امری اجتناب ناپذیر می‌باشد. نسو زانندن بقایای گیاهی و مخلوط نمودن این بقایا همراه با روشهای حداقل خاک ورزی برای این مناطق توصیه می‌گردد.

^۱ به ترتیب استادیار و دانشیار دانشگاه صنعتی اصفهان و کارشناس سازمان تحقیقات کشاورزی.

SAR EC

واژه‌های کلیدی : هدایت الکتریکی (EC)، نسبت جذب سدیم (SAR)، مواد آلی، ساختمان خاک، پایداری خاکدانه‌ها در آب (WAS)، مقدار پراکنش رس (DC).

نقش مواد آلی در پایداری کردن ساختمان خاک، گرچه به طور کلی پذیرفته شده، اما هنوز اثر کمی آن کاملاً شناخته نشده است. مکانیسم پایداری با مواد آلی نه تنها به مقدار و طبیعت شیمیایی مواد آلی بستگی دارد، بلکه بیش از آن به آرایش و نحوه پیوندهای آن با اجزاء معدنی خاک وابسته است. در برخی از مطالعات بر کاهش مقدار خرد شدن و پراکنش خاکدانه‌های خشک در اثر پیوندهای آلی تأکید شده است، اما در صورت اعمال تنش (مانند خاک ورزی در حالت خیس) مواد آلی به ذره رس چسبیده و نیروهای دافعه میان ذرات را افزایش داده و حالت کلویدی در خاک را تشدید می‌کند.

هدف این پژوهش، بررسی اثر EC و SAR بر ویژگیهای فیزیکی خاک‌های با مدیریت کشت مختلف (که بالتبع میزان مواد آلی آنها متفاوت می‌باشد) بوده است. برای دستیابی به این هدف، از تحقیقات آزمایشگاهی استفاده شده است که طی آن، نمونه‌های خاک، از یک منطقه با شرایط تقریباً یکسان (اقلیم، نوع و مقدار رس، وضعیت خاکدانه‌ها) که تنها تفاوتشان مقدار موال آلی آنهاست، برداشت شده و در آزمایشگاه، تحت تیمارهای متفاوت EC و SAR قرار گرفته‌اند. پس از تهیه تیمارها، برای ارزیابی ویژگیهای فیزیکی، پایداری خاکدانه‌ها^۱ و مقدار پراکنش رس^۲، اندازه‌گیری شده است.

منطقه انتخاب شده برای نمونه‌برداری در حد فاصل شهرهای ساری و نکا و در حدود ۲۰ کیلومتری ساحل دریای مازندران واقع شده است. پیش از سال ۱۳۴۵ اراضی منطقه پوشیده از جنگل طبیعی بوده و پس از آن عمدتاً جنگل تراشی شده و

در هر محل نمونه‌برداری، از حداقل ده نقطه مختلف، در عمق صفر تا ۱۰ و ۱۰ تا ۲۰ سانتی‌متر (صفر تا ۵ و ۵ تا ۱۰ سانتی‌متر در مورد خاک P) نمونه‌برداری شد. سپس نمونه‌های خاک به آزمایشگاه مؤسسه تحقیقات فنی و مهندسی کشاورزی منتقل و در هوا خشک گردیدند و خاکدانه‌های به اندازه ۴-۲ میلی‌متر از آن جدا شد تا برای تهیه تیمارها مورد استفاده قرار گیرد و ذرات کوچکتر از ۲ میلی‌متر نیز برای انجام آزمایش‌های شیمیایی و فیزیکی مورد استفاده قرار گرفت. زمان نمونه‌برداری در تیرماه ۱۳۷۵، پس از برداشت محصول و پیش از شخم، بوده است.

ویژگی‌های تعیین شده خاک در ذرات کوچکتر از دو میلی‌متر عبارتند از: pH، EC و SAR در عصاره اشباع خاک؛ درصد آهک، رس، سیلیت و ماسه؛ حد روانی، خمیری و شاخص خمیرایی؛ نوع رس با استفاده از روش تفرق اشعه ایکس؛ درصد کربن آلی به روش واکلی - بلاک.

با توجه به هدف پژوهش که تهیه نمونه‌هایی با EC و SAR مشخص در شرایط آزمایشگاهی بوده است، نمونه‌های خاکدانه به قطر ۴-۲ میلی‌متر، با محلول‌های دارای EC و SAR معین، در آزمایشگاه تیمار گردیدند. بدین منظور، محلول‌هایی با EC و SAR مشخص (EC در دو سطح ۵ و ۴ دسی‌زیمنس بر متر و SAR در سه سطح صفر، ۵ و ۱۵) بر اساس محاسبات انجام شده، تهیه گردیدند. برای ساختن محلول‌ها، نمک‌های خالص کلرید سدیم، کلرید کلسیم و کلرید منیزیم، به کار رفت. برای جلوگیری از خرد شدن نمونه‌ها در حین تهیه تیمارها، از قیف‌های معروف به قیف هینز^۳ استفاده شد که با آن میتوان خاکدانه‌ها را در مکش معین مرطوب نمود. تهیه هر تیمار شامل پنج سیکل خشک و تر شدن ۴۸ ساعته

^۱ Aggregate Stability

^۲ Dispersed or Dispersible Clay

^۳ Sintered glass funneles

بوده است که در هر سیکل، نمونه از قرار گرفتن روی صفحه مکش قیف، بمدت ۷ ساعت با محلول مربوطه در حالت غرقاب و سپس بمدت ۱۷ ساعت در مکش ۳۰ سانتی متر (معادل ۳ کیلوپاسکال) قرار داده شد. پس از ۲۴ ساعت، نمونه‌ها زهکش شده و تا ۲۴ ساعت بعد در حالت زهکشی باقی ماندند. پس از انجام پنج سیکل خشک و تر شدن، برای حصول اطمینان از رسیدن خاکدانه‌ها به EC و SAR مورد نظر، مقدار EC و محلول تعادلی هر قیف، تعیین گردید. پس از پایان سیکل پنجم هر تیمار، نمونه‌ها بمدت یک هفته در هوا خشک و برای انجام آزمایش‌های مربوطه نگهداری شدند.

پایداری خاکدانه‌ها با استفاده از روش پیشنهادی پوجاسوک و کی^۱، تعیین شده است. این روش بر مبنای اندازه‌گیری توام پایداری خاکدانه‌های تر (WAS) و مقدار پراکنش رس (DC) قرار دارد و طی آن، ۲۰ گرم از خاکدانه‌های ۴-۲ میلی‌متر تیمار شده که در کوره ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد بمدت ۲۴ ساعت خشک شده‌اند، به یک لوله^۲ ۱۰۰ میلی‌لیتر منتقل شده و ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر به آن اضافه می‌شود. پس از آن لوله حاوی نمونه روی یک دستگاه تکان دهنده^۳ قرار گرفته و بمدت ده دقیقه در ۱۰۰ دور در دقیقه، تکان داده می‌شود. سپس محتویات لوله، روی الک ۰.۲۵ میلی‌متر تخلیه و در دو نوبت با ۴۰ میلی‌لیتر آب مقطر شسته می‌شود. خاکدانه‌های باقی مانده روی الک به کوره منتقل شده و در ۱۱۰ درجه سانتی‌گراد، بمدت ۲۴ ساعت خشک می‌شود. تعلیق زیر الک نیز به ظرف دیگری منتقل و پس از سه ساعت، نمونه‌ای از محلول رویی آن برای اندازه‌گیری مقدار پراکنش رس برداشت می‌گردد. مقدار پایداری خاکدانه‌های تر که با WAS نشان داده می‌شود، از رابطه زیر بدست می‌آید.

$$\%WAS = \frac{\text{وزن خشک خاکدانه‌های مانده روی الک } ۰.۲۵ \text{ میلی‌متر}}{\text{وزن کل نمونه خشک شده در کوره}} \times ۱۰۰$$

در این رابطه، مقدار ماسه (ذرات بزرگتر از ۰.۲۵ میلی‌متر) موجود در نمونه، در نظر گرفته نشده است. برای بدست آوردن مقدار DC، مقادیر جذب نمونه‌های برداشت شده از تعلیق هر نمونه با دستگاه اسپکتروفتومتر و در طول موج ۶۲۰ نانومتر اندازه‌گیری می‌شود. پیش از اندازه‌گیری، اسپکتروفتومتر برای مقدار جذب صفر، با آب مقطر و اسفنجی می‌شود. این مقادیر با توجه به منحنی‌های سنجه هر خاک بر حسب گرم رس دیسپرس شده در ۱۰۰ گرم از کل خاک بیان می‌گردد. برای تهیه منحنی‌های سنجه هر خاک، نمونه‌ای به وزن ۲۰ گرم از خاکدانه‌ها، بشدت در ۱۰۰ میلی‌لیتر آب مقطر تکان داده شده و پس از سه ساعت، ۵ میلی‌لیتر از محلول رویی برداشت می‌شود. این نمونه در کوره خشک شده و مقدار رس آن بر حسب میلی‌گرم در میلی‌لیتر آب بدست می‌آید. همزمان، نمونه دیگری از همین تعلیق برداشت شده و به طور متوالی رقیق می‌شود. مقدار جذب در محلول‌های رقیق‌شده، با توجه به میلی‌گرم رس در میلی‌لیتر آب برای نمونه اولیه، و نسبت رقت، غلظت رس را بر حسب گرم رس دیسپرس شده در ۱۰۰ گرم خاک نشان می‌دهد. منحنی‌های سنجه از روی دامنه‌ای از غلظت‌ها و قرائت مربوطه، ترسیم می‌شود.

ترتیب مقدار کربن آلی خاک‌ها چنین بوده است:

$$P.1 > P.2 > F.1 > F.2 > E.1 > W.1 > W.2 > E.2$$

تقریباً در همه موارد، ترتیب بزرگی WAS در هر تیمار، تابع مستقیم مقدار کربن آلی خاک‌هاست. در هر خاک، به طور کلی مقدار WAS به تیمار مورد نظر بستگی دارد و تقریباً متناسب با افزایش SAR، کاهش می‌یابد و در SAR مشابه، مقدار WAS در تیمار با EC بالاتر، بزرگتر است.

^۱ Pojasok and Kay (1990)

^۲ Shaker

تقریباً در همه موارد و در هر تیمار، متناسب با افزایش مقدار کربن آلی، مقدار DC کاهش یافته است. در هر خاک مشخص، مقدار DC به تیمار اعمال شده بستگی دارد و تقریباً متناسب با افزایش SAR، افزایش می‌یابد و در SAR مشابه، مقدار DC در تیمار با EC بالاتر، کوچکتر است.

آنالیز واریانس داده‌ها، طی آزمایش فاکتوریل (با فاکتورهای خاک در چهار سطح، عمق نمونه‌برداری در دو سطح، EC در دو سطح و SAR در سه سطح) و در یک طرح کاملاً تصادفی انجام شده و آزمون معنی‌دار بودن تفاوت میانگین‌ها به روش دانکن و در سطح احتمال یک درصد، صورت گرفته است.

آزمون دانکن برای متغیر WAS نشان داده است که برای فاکتور خاک (در چهار سطح) تفاوت‌ها در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و ترتیب بزرگی میانگین‌ها چنین است: $E < W < F < P$ برای فاکتور SAR (در سه سطح) نیز تفاوت در سطح یک درصد معنی‌دار بوده و ترتیب بزرگی میانگین‌ها چنین است: $SAR = 15 < SAR = 5 < SAR = 0$ آزمون دانکن برای متغیر DC روند معکوسی را نشان داده است.

مقدار و نوع مواد آلی (در مراحل مختلف تجزیه)، از جمله عوامل مهم پایدار کننده ساختمان خاک محسوب می‌گردند. اثر دوگانه مواد آلی در افزایش پراکنش رس (به واسطه افزایش نیروهای دافعه میان ذرات، افزایش بار منفی خالص رس و تشدید حالت کلویدی ذرات) و پایداری سازی خاکدانه‌ها (طی مکانیسم‌های تشکیل پیوند با کاتیونهای سطح ذرات و افزایش مقاومت فیزیکی خاکدانه‌ها در برابر پراکنش) و پیچیدگی سیستم خاک، توضیح مکانیسم‌های دخیل در پایداری ساختمان خاک را دشوار می‌سازد. نوع کشت و مدیریت اراضی نیز به واسطه تأثیر بر مقدار و نوع مواد آلی، بر پایداری ساختمان خاک تأثیر می‌گذارند که این تأثیر عمدتاً از طریق اثر فیزیکی و شیمیایی ریشه‌های گیاهی اعمال می‌گردد. مواد آلی همچنین می‌توانند اثر منفی شرایط سدیمی را تعدیل نمایند. در شرایط سدیمی، خاکدانه‌ها در معرض پراکنش بوده و از پایداری آنها کاسته می‌شود. میزان کاهش پایداری در اثر وجود سدیم، همچنین متأثر از مقدار کاتیونهای موجود در محلول خاک (کلسیم، منیزیم، آهن، آلومینیوم و ...) بوده و با افزایش غلظت املاح، اثر منفی شرایط سدیمی تعدیل می‌گردد. مقدار رطوبت و دوره‌های متناوب خشک و تر شدن نیز از عوامل موثر بر ویژگی‌های فیزیکی و مکانیکی خاک محسوب می‌شود اما تعیین اثر کمی آن به شرایط آزمایشگاهی بستگی دارد.

تفاوت میان خاک‌ها با توجه به مقدار مواد آلی و نوع مدیریت آنها مورد انتظار بوده اما نکته جالب توجه آن است که نمونه‌های E و F که هر دو با مدیریت مشابه، تحت کشت دیم علوفه بوده و در یک محل نیز قرار گرفته‌اند، تفاوت معنی‌داری در مقادیر WAS و DC دارند. چنین وضعیتی را علاوه بر تفاوت در مقدار رس، آهک و کربن آلی خاکها (خاک E کربن آلی و رس کمتر و آهک بیشتر دارد) می‌توان به تفاوت در سیستم ریشه‌ای دو علوفه مورد نظر نسبت داد. علوفه فسکیو (در خاک F) دارای ریشه‌های عمیق و انبوه‌تر از علوفه آگروپایرون (در خاک E) و لذا پایداری بیشتر و میزان پراکنش رس کمتری دارد.

مقاومت ساختمانی خاک خصوصیتی است تابع نیروی چسبندگی بین ذرات خاک و یا مقاومت باندهای اتصال‌دهنده این ذرات در مقابل نیروهای حاصل از ضربات خارجی، نیروی پارگی، نیروی ساییدگی و یا نیروهای داخلی حاصل از انفجار هوای محبوس و فشرده موجود در خلل و فرج خاک در هنگامیکه خاک در اثر سیلاب طبیعی یا آبیاری سریعاً غرقاب شده و فرصت کافی برای خروج این هوا موجود نباشد.

مقاومت ساختمانی خاک و یا پایداری خاکدانه‌ها در مقابل عوامل فرساینده معیاری است شناخته شده برای تعیین تأثیرپذیری خاکها در فرسایش آبی. این معیار میزان مقاومت خاکدانه‌ها را در مقابل نیروهای تخریب‌کننده ساختمان خاک تعیین می‌کند.

در این تحقیق مقاومت ساختمانی **Structural Stability** چند نوع خاک زراعی واقع در منطقه **Wye** واقع در جنوب شرق انگلستان مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. برای این منظور با انجام هفت سری آزمایش مقاومت ساختمانی خاک یا پایداری خاکدانه‌ها **Aggregate Stability** اندازه‌گیری شد. اثرات دو عامل مهم فرساینده خاک شامل ضربات ناشی از دانه‌های باران (بعنوان عامل بیرونی) و اثر انفجار حباب‌های هوای متراکم حبس شده در خلل و فرج خاک در هنگام غرق شدن سریع خاک (بعنوان عامل درونی) بر روی ساختمان خاک طی آزمایشاتی بشرح ذیل بمورد اجرا گذاشته شد.

در اولین آزمایش تغییرات ساختمان ظاهری خاک به روش عکسبرداری پیش از بارندگی و بعد از دوبار و هشت بار بارندگی مورد مقایسه قرار گرفت. ده نمونه خاک (شش نمونه خاک سیلتی و سیلتی لوم و چهار نمونه خاک رسی) پس از قرار گرفتن در پلاتهای کوچک در زیر باران مصنوعی با شدت ۴۰ میلیمتر در ساعت قرار گرفت. هر بارندگی به مدت ۳۰ دقیقه و با فاصله ۱۲ ساعت از یکدیگر بر روی خاکها باریده شد تا پایداری خاکها در مقابل اثرات تخریبی دانه‌های باران ارزیابی شود. طی دومین آزمایش با تعیین وزن مخصوص ظاهری (**Bd**) و درصد رطوبت وزنی (۱۰٪) میزان پایداری نمونه‌های خاک پیش از بارندگی و پس از دومین و هشتمین بارندگی مورد اندازه‌گیری قرار گرفت تا با مقایسه نتایج حاصل در هر مرحله اثر بارندگی (ضربات دانه‌های باران) بر روی وزن مخصوص خاکها ارزیابی گردد.

در سومین آزمایش، پایداری خاکدانه‌ها و پراکنش اندازه‌های مختلف آنها برای هر خاک به روش **Wet sieving** مورد اندازه‌گیری و شاخص **WSI (Wet sieving index)** مورد مقایسه قرار گرفت. هدف از انجام این آزمایش تعیین پایداری خاکدانه‌ها در شرایطی شبیه به حرکت سیلاب بر سطح خاک بود.

در ادامه طی چهارمین سری آزمایش با اندازه‌گیری میزان گل آلودگی یا (**Turbidity**) مقاومت خاکدانه‌های کوچک تعیین گردید. خاکدانه‌هایی در اندازه معین در مایع برای مدت ۵ و ۲۰ دقیقه تکان داده شد. سپس با استفاده از دستگاه اسپکترومتر میزان عبور نور از داخل هر مایع که معیاری برای تعیین پایداری خاکدانه‌ها می‌باشد تعیین و مقایسه گردید. در پنجمین سری آزمایش، تغییرات میزان تخلخل خاک در اثر ضربات دانه‌های باران بر روی سطح خاک تعیین گردید. اندازه‌گیری ظرفیت نگهداری آب در شش نوع خاک سیلتی پیش از بارندگی و پس از بارندگی بعنوان شاخص میزان تخلخل خاک، کمک نمود تا با این روش نیز به میزان مقاومت ساختمانی خاک در اثر ضربات دانه‌های باران پی برد. در این آزمایش به روش "هانیز" میزان ظرفیت نگهداری آب بین $0-24\text{pa}$ (کیلوپاسکال) تعیین و مقایسه گردید.

با انجام ششمین آزمایش میزان هدایت هیدرولیکی آب در خاک در حالت اشباع (K_s) قبل و بعد از بارندگی تعیین گردید. با مقایسه نتایج حاصل از قبل و بعد از بارندگی مقاومت ساختمانی خاکهای مورد آزمایش نیز تعیین گردید. علاوه بر

آن اثر دو روش مختلف اشباع بر روی K_s نیز مورد ارزیابی قرار گرفت. در این آزمایش خاکهایی که تحت اثر باران مصنوعی قرار گرفته بودند با K_s نمونه‌های جمع‌آوری شده از خاک دست نخورده در مزرعه پس از بارش باران طبیعی نیز مورد مقایسه و ارزیابی قرار گرفتند.

هفتمین سری از آزمایشات، تعیین مقاومت خاکدانه‌ها در مقابل نیروهای داخلی بود. انجام از این آزمایش کمک کرد تا درک صحیحی از یکی از اثرات تخریبی سیلاب هنگامیکه سریعاً خاک خشک قبل از اشباع شدن تدریجی غرقاب می‌شود، بدست آید. بدین منظور خاکدانه‌هایی در اندازه معین پس از خشک شدن در هوا با دو روش لوله‌های موئینه و غرقابی اشباع گردیدند تا مقاومت خاکهای مختلف در مقابل نیروهای فرسایشی داخلی تعیین گردد. با استفاده از عکسبرداری تغییرات ساختمانی خاکدانه‌ها مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج حاصل از کاربرد تکنیک‌های فوق و مقایسه آن نشان داد که اندازه‌گیری وزن مخصوص ظاهری و شاخص WSI ، مطمئن‌ترین نتایج را در تعیین مقاومت ساختمانی خاکها فراهم می‌نماید. این نتایج با نتایج حاصل از روش بسیار ساده و مقایسه‌ای پایداری خاکدانه‌ها تحت دو روش مختلف اشباع (آزمایش ۷) کاملاً مطابقت داشت. این تحقیق اثبات کرد تا در مواقعی که نیاز به معیار کمی جهت تعیین مقاومت ساختمانی خاکها نباشد، یکی از سریع‌ترین و ساده‌ترین روش مقایسه کیفی مقاومت ساختمانی خاکهای مختلف با استفاده از روشهای مختلف اشباع خاکدانه‌ها می‌باشد.

آزمایشات تجزیه بافت و موادآلی و شیمیایی خاک نشان داد که خاکهای رسی بعلاوه خاصیت چسبندگی ذرات رس موجود در بین دانه‌های خاک از مقاومت بالاتری برخوردارند در حالیکه افزایش میزان ماسه و سیلت باعث کاهش مقاومت ساختمانی گردید. تأثیر مواد آلی و مواد آهکی موجود در خاک که بصورت سیمان و یا با ایجاد اتصال‌های شیمیایی و آلی باعث افزایش قدرت چسبندگی دانه‌های خاک می‌شوند بیشتر در خاکهای سیلتی مشهود بود.

با تجزیه آماری یافته‌ها و محاسبه معادلات همبستگی روابط بین عناصر تشکیل دهنده خاک و شاخص‌های پایداری نیز تعیین گردید.

یکی از شاخصهای تخریب خصوصیات فیزیکی خاک، تراکم است که بصورت اثرات متقابل ماشین، خاک، گیاه و اقلیم می‌باشد. در طی سی سال گذشته به دلیل مکانیزه شدن کشاورزی و افزایش وزن ماشین‌آلات، تراکم خاک به صورت یک مشکل جدی در مقابل کشاورزی پایداری شناخته شده است. تراکم‌پذیری خاک یکی از معیارهای کمی بیان رفتار خاک تحت تأثیر فشارهای مشخص بوده که معمولاً با تغییر جرم مخصوص ظاهری خاک، درجه پوکی، تخلخل کل و تهویه‌ای، نفوذپذیری نسبت به آب، مقاومت خاک و غیره بیان می‌شود. بطور کلی راهکارهای مبارزه با تراکم شامل: (۱) کنترل رطوبت خاک در زمان خاک‌ورزی و تردد ماشینهای کشاورزی در مزرعه؛ (۲) کنترل تردد بر روی خاک، (۳) کاهش وزن و فشار تماسی ماشینها با خاک؛ (۴) تغییر ساختمان خاک با اضافه نمودن مواد آلی به آن می‌باشند. سه موضوع اول با روشهای معمولی خاک‌ورزی توأم اند و اغلب وقت‌گیر و غیرمؤثر می‌باشند. ولی اضافه نمودن مواد آلی علاوه بر کاهش تراکم‌پذیری اثرات مفیدی بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارد.

هدف این مطالعه بررسی اثر رطوبت خاک هنگام تردد ماشینها، و کود دامی بر تراکم‌پذیری خاک مزرعه لورک دانشگاه صنعتی اصفهان (Typic Haplargids و thermic و mixed و fine-loamy) بود و از طرح نوارهای خرد شده در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی استفاده گردید. رطوبت خاک و کود دامی بعنوان فاکتورهای اصلی و تعداد عبور تراکتور به عنوان فاکتور فرعی انتخاب شد که در چهار تکرار مورد آزمایش قرار گرفتند. تیمارهای رطوبتی شامل حد خمیری (PL)، ۸۰ درصد حد خمیری (۰.۸PL)، و ۶۰ درصد حد خمیری (۰.۶PL) (۲۰-۰cm) و تیمارهای کودی شامل ۵۰، ۰ و ۱۰۰ تن در هکتار و تیمارهای عبور تراکتور شامل بدون، یک، و دو عبور بود. کود دامی (یک سال مانده) توسط دیسک سنگین تا عمق ۲۰ سانتیمتری با خاک مخلوط شده و زمین به مدت ۵ ماه به منظور تجزیه جزئی مواد آلی و نشست خاک آبیاری شد. سپس تیمارهای تراکم بوسیله تراکتور اونیورسال مدل U-650 در رطوبتهای ذکر شده اعمال گردید. سرعت حرکت در 4.5 km hr^{-1} و گاوآهن برگرداندار به تراکتور متصل و در حین آزمایشات در وضعیت حمل و نقل قرار داده شد. خصوصیات فیزیکی و مکانیکی اندازه‌گیری شده خاک قبل و بعد از عبور تراکتور شامل جرم مخصوص ظاهری (BD) و مقاومت فروسنجی یا شاخص مخروطی (CI) تا عمق ۴۰ سانتیمتری و نشست خاک (برابر با عمق متوسط محل عبور چرخ تراکتور) بود. رطوبت خاک در موقع اندازه‌گیری مقاومت فروسنجی برابر ۱.۱PL (۲۰-۰cm) بود. به دلیل تغییرپذیری فاصله‌ای قابل توجه BD و CI اندازه‌گیری در هر پلات بترتیب ۲ و ۱۰ بار تکرار شد که نیمی از آنها از محل اثر آجها و نیم دیگر از محل بین آجهای تایلر برداشته شد. برای در نظر گرفتن بدترین شرایط تراکم، BD و CI در محل خط مرکزی شیار عبور اندازه‌گیری شد. برای تجزیه آماری BD و CI از مقادیر عمق ۳۰-۰ سانتیمتری خاک اولیه در تیمارهای بدون تراکم و در تیمارهای تراکم از مقادیر ۰ تا نشست ۳۰- سانتیمتری میانگین گرفته شد. دلیل انتخاب عمق ۳۰cm به عنوان عمق تأثیر تراکم این بود که بدترین شرایط تراکم که در رطوبت PL و تیمار بدون کود و دو عبور بود، تا این عمق بر BD و CI تأثیر معنی‌دار گذاشته بود (عمق تأثیر فشردگی عمقی است که تفاوت BD و CI خاک متراکم شده نسبت به خاک اولیه در آن عمق به ترتیب 0.05 Mgm^{-3} یا 0.1 MPa می‌باشد).

نتایج حاصل از تجزیه واریانس نشان‌دهنده تأثیر معنی‌دار رطوبت، کود دامی و تعداد عبور بر BD در سطح ۱ درصد بوده ولی به دلیل تغییرات فاصله‌ای CI تنها اثر کود در سطح ۱ درصد و تعداد عبور در سطح ۵ درصد بر آن معنی‌دار بود. اثر متقابل رطوبت و کود بر BD معنی‌دار بود که بیانگر رفتار متفاوت موادآلی در رطوبتهای مختلف فشردگی می‌باشد. اثر

^۱ به ترتیب دانشجوی دوره دکتری و استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

متقابل رطوبت و عبور، و اثر متقابل کود و عبور بر BD معنی‌دار بود که نشان‌دهنده رفتار متفاوت خاک در سطوح مختلف رطوبتی و تأثیر متفاوت کود در عبور مجدد نسبت به عبور اول می‌باشد. به غیر از رطوبت PL ۰.۶ سایر رطوبت‌ها تغییر معنی‌دار (در سطح ۰.۰۱) نسبت به قبل از تراکم ایجاد کرده‌اند. چون در رطوبتهای زیاد در حضور مولکولهای آب، جهت‌یابی ذرات تحت فشار براحتی صورت گرفته و این عمل سبب افزایش شدیدی در BD می‌شود. در مورد CI در تیمار بدون کود و دو عبور تفاوت معنی‌دار (در سطح ۰.۰۱) بین سطوح رطوبتی بالا (PL و PL ۰.۸) و PL ۰.۶ وجود داشت ولی در بقیه تیمارها، تفاوتی بین سطوح رطوبتی دیده نشد. بطور کلی روند تنگییرات CI نسبت به تیمار بدون عبور در رطوبت‌های مختلف شبیه به BD می‌باشد، یعنی با افزایش رطوبت در موقع تراکم، مقاومت خاک افزایش یافته است. در رطوبت PL ۰.۶ عمق تأثیر فشردگی ناچیز بود.

افزایش کود سبب کاهش معنی‌دار در BD و CI در تمام رطوبت‌های مورد استفاده برای تراکم شده است. بیشترین اثر مواد آلی در کاهش تراکم‌پذیری (BD و CI) در رطوبت PL و عبور مجدد می‌باشد. کوددایمی سبب افزایش عمق BD بیشینه می‌شود. بنابراین خاک سطحی در تیمارهای کودی ممانعت کمتری در مقابل جوانه‌زنی از خود نشان می‌دهد. همچنین موادآلی سبب کاهش عمق تأثیر تراکم می‌شود. این شاخص در تیمارهای ۵۰ و 100 t ha^{-1} تفاوت معنی‌داری نداشت. این یک خصوصیت مهم است که موادآلی به صورت بالشتک عمل کرده و از انتقال تنش به خاک زیرین جلوگیری می‌کند. نتیجه دیگر اینکه در رطوبت‌های زیاد خاک متراکم می‌شود و در عبور مجدد موادآلی از تراکم اضافی جلوگیری می‌کند. مواد آلی در رطوبت PL سبب کاهش نشست (بدلیل خاصیت ارتجاعی) و در رطوبت PL ۰.۸ و PL ۰.۶ سبب افزایش نشست خاک (بدلیل اثر پوک کنندگی) شد.

بطور کلی تردد تراکتور در رطوبت حد خمیری (PL) حتی با وجود موادآلی سبب افزایش معنی‌دار در BD و CI شد. در این رطوبت، تردد در مزرعه سبب افزایش BD و CI تا حد آستانه بحرانی رشد ریشه اکثر گیاهان زراعی شد (حد آستانه بحرانی به ترتیب 1.43 Mg m^{-3} و 0.8 MPa). در صورت اضافه نمودن مواد آلی به مقدار 50 t ha^{-1} ، تردد در مزرعه در رطوبت PL ۰.۸ از نظر BD و CI مشکلی ایجاد نکرد. مواد آلی علاوه بر کاهش تراکم‌پذیری سبب کاهش فشردگی خاک تحت‌الارض نیز می‌شوند. از نظر آماری تفاوتی بین سطوح کودی ۵۰ و 100 t ha^{-1} در رطوبت‌های زیاد (PL) مشاهده نشد. عبور مجدد سبب افزایش معنی‌دار در درجه تراکم خاک شد. با در نظر گرفتن خواص اندازه‌گیری شده و آزمایشات نفوذ آب به خاک (نتایج آورده نشده است)، رطوبت مطلوب برای ترددپذیری در این مزرعه PL ۰.۶ (۱۳ درصد وزنی) بوده و در صورت افزودن کود دامی به میزان 50 t ha^{-1} تا PL ۰.۸ (۱۸ درصد وزنی) نیز قابل قبول است.

از جمله عواملی که در تشکیل و پایداری ساختمان خاک نقش اساسی دارد میزان کربن آلی خاک است. برای درک بیشتر نقش مواد آلی در تشکیل خاکدانه‌های با اندازه مختلف، ماده آلی را می‌توان به اجزاء مختلف تقسیم نمود. ماده آلی را می‌توان به روش شیمیایی و یا فیزیکی به اجزاء مختلف تقسیم نمود. جزء به جزء کردن شیمیایی ماده آلی که براساس حلالیت ماده آلی در مواد قلیایی یا اسیدی صورت می‌پذیرد اجزایی با نامهای هومین، اسید هومیک و اسیدفولویک ایجاد می‌شود. که این اجزاء اطلاعات زیادی درباره نقش مواد آلی در تشکیل و پایداری ساختمان خاک بما نمی‌دهند. در صورتیکه جزء به جزء کردن فیزیکی ماده آلی خاک که بر اساس دانسیته صورت می‌پذیرد نشان می‌دهد که اجزاء مواد آلی خاک از لحاظ شکل، ترکیب شیمیایی، محل قرار گیری در خاک و پویائی متفاوت بوده و نقش متفاوتی را در تشکیل خاکدانه‌های با اندازه مختلف ایفا می‌نمایند.

براساس توزیع فضایی ماده آلی در بستر معدنی خاکها، مواد آلی خاک را می‌توان براساس دانسیته به مواد آلی آزاد، مواد آلی محبوس شده در خاکدانه‌ها و مواد آلی چسبیده به سطح ذرات رس (مواد آلی کلوئیدی) دسته‌بندی نمود. این سه جزء ماده آلی بعلت همراه داشتن مقادیر متفاوتی ماده معدنی دارای دانسیته‌های مختلفی بوده و می‌توان آنها را با استفاده از محلول‌هایی با دانسیته مشخص مثل محلول پلی‌تنگستات سدیم از خاک جدا نمود. مواد آلی آزاد شامل بقایای گیاهی تازه یا کمی تجزیه شده بوده که بعلت عدم وابستگی زیاد به مواد معدنی به مواد آلی سبک نیز معروف می‌باشند. این جزء ماده آلی به صورت ذرات با اندازه‌های متفاوت در خاک پراکنده بوده و در خارج از خاکدانه‌ها (بین خاکدانه‌ها) قرار دارند. مواد آلی آزاد یا سبک را می‌توان با ریختن نمونه خاک در محلولی از پلی‌تنگستات سدیم با دانسیته ۱۶ گرم بر سانتیمتر مکعب از خاک جدا نمود. مواد آلی محبوس شده در خاکدانه‌ها به صورت ذرات با اندازه ۲۰ تا ۲۵۰ میکرون بوده که پس از شکستن خاکدانه‌ها توسط نیروی آلتراسونیک آزاد می‌گردند. مواد آلی محبوس شده در خاکدانه‌ها بعلت همراه داشتن مقادیر متفاوتی مواد معدنی دارای دانسیته‌های متفاوتی بوده و می‌توان آنها را با محلول‌هایی با دانسیته‌های ۱۶، ۱۸ و ۲ گرم بر سانتیمتری مکعب از خاک جدا نمود. مواد آلی محبوس شده در خاکدانه‌ها در مراحل مختلف تجزیه و پوسیدگی قرار داشته و هرچه میزان پوسیدگی آنها افزایش می‌یابد چسبندگی آنها به مواد معدنی کاهش یافته و می‌توان آنها را با دانسیته کمتر جدا نمود. مواد آلی کلوئیدی که جذب سطحی ذرات رس هستند بعلت همراه داشتن مقادیر معتدلهای مواد معدنی سنگین بوده و بنام مواد آلی سنگین معروف هستند و با دانسیته‌ای بیشتر از ۲ گرم بر سانتیمتر مکعب از خاک جدا می‌گردند. در این مقاله سعی شده است که نحوه ارتباط این سه جزء ماده آلی با یکدیگر و همچنین نقش آنها در تشکیل ساختمان خاک مورد بررسی قرار گیرد. علاوه بر این تأثیر متقابل ساختمان خاک بر تجزیه مواد آلی و همچنین تأثیر تجزیه مواد آلی بر حالت دینامیکی بودن ساختمان خاک مورد بحث و بررسی قرار گرفته است. براساس مشاهدات میکروسکوپی و آزمایشات انجام شده مدلی برای چگونگی تشکیل ساختمان خاک ارائه خواهد شد که این مدل تجزیه مواد آلی را به دینامیک ساختمان مرتبط می‌سازد. در این مدل مواد آلی آزاد که از طریق ریشه و بقایای گیاهی وارد خاک می‌شود مورد هجوم میکروبی قرار گرفته و شروع به جذب ذرات رس می‌نماید. ذره آلی با رس پوشیده شده و یک خاکدانه بزرگ ($>250\mu\text{m}$) ایجاد می‌شود که شکل و اندازه خاکدانه تشکیل شده تابعی از شکل و اندازه ذره آلی خواهد بود. خاکدانه‌های بزرگ (Macro Aggregate) تشکیل شده، موقتی خواهند بود و با همان سرعتی که ماده آلی در خاک تجزیه می‌شود از بین می‌روند. نقاطی از ذره آلی که کاملاً با مواد معدنی

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی دانشگاه زنجان و سرپرست بخش تحقیقات خاک و آب زنجان - کارشناس بخش تحقیقات خاک و آب زنجان

پوشیده نشده مورد هجوم موجودات خاک قرار گرفته و به قطعات کوچکتری تقسیم می‌شود در نتیجه خاکدانه بزرگ شکسته شده و به قطعات کوچکتری که هر کدام خود یک خاکدانه کوچک هستند تقسیم می‌شود. برخلاف هسته خاکدانه‌های بزرگ که به سرعت تجزیه می‌شوند هسته خاکدانه‌های کوچک به آرامی درون خاکدانه‌ها تجزیه و پوسیدن می‌شوند. با گذشت زمان ترکیبات غیرمقاوم مثل هیدراتهای کربن توسط موجودات میکروسکوپی مصرف شده و قسمت‌های سخت ماده آلی مثل لیگنین و ترکیبات آلیفاتیک درون خاکدانه‌های کوچک تجمع می‌نمایند. محصولات میکروبی مثل صمغ‌های میکروبی و اجساد میکروبی که در اثر مصرف کربوهیدراتها حاصل می‌شوند به سطح ذرات رسی که ذره آلی را می‌پوشانند می‌چسبند. عمل تجزیه آنقدر ادامه می‌یابد که سرانجام مواد مقاوم نیز تجزیه شده و هسته آلی خاکدانه‌های کوچک بکلی از بین می‌رود و حفره‌هایی در خاکدانه ایجاد می‌شود. تجزیه هسته آلی خاکدانه‌های کوچک آنها را ناپایدار ساخته و آنها را در مقابل استرس (مثل خیس شدن سریع) حساس می‌سازد. زمانی که هنوز هسته خاکدانه‌های کوچک پوسیده نشده است و غنی از کربوهیدراتها می‌باشد خاکدانه‌ها پایدار بوده و چون میزان تولید صمغ‌های میکروبی زیاد بوده، این صمغها باعث نگهداری مواد معدنی بر سطح هسته آلی خواهند شد. ولی با گذشت زمان و باقی ماندن قسمت‌های سخت گیاهی تولید صمغ‌های میکروبی کاهش یافته و خاکدانه‌ها ناپایداری می‌گردند و با تجزیه کامل هسته انسجام خاکدانه‌ها از بین می‌رود.

انجام خاک‌ورزی به منظور کشت دوم در آن گروه از اراضی زراعی که در آنها قبلاً غلاتی مانند برنج کاشته شده‌اند به لحاظ سختی بیش از حد خاک مشکل بوده و نفوذ ادوات خاک‌ورزی معمول مانند گاواهن سوکی و بشقابی با موانع عمده‌ای روبرو می‌باشد.

در تحقیق حاضر به منظور برطرف نمودن مشکل خاک‌ورزی در اینگونه اراضی اقدام به طراحی، ساخت و ارزیابی مزرعه‌ای یکدستگاه گاواهن بشقابی موتور گرد یکطرفه گردید. این گاواهن برخلاف گاواهن بشقابی معمولی جهت انجام خاک‌ورزی فقط متکی به نیروی کشش نبوده و از محور تواندهی عقب نیز جهت انجام خاک‌ورزی استفاده می‌نماید. ساختمان اجزاء عمده این گاواهن از شاسی، واحد انتقال نیرو و یک محور دوار که دارای پنج عدد دیسک است تشکیل می‌گردد. محور بشقابها از طریق واحد انتقال نیرو از محور تواندهی تراکتور در حالت موتور گرد توان لازم را دریافت می‌کند. پس از انجام آزمایشات مقدماتی که به منظور حصول اطمینان از کارکرد گاواهن و رفع عیوب احتمالی و انجام تنظیم لازم صورت گرفت نسبت به آزمایشهای مزرعه‌ای جهت ارزیابی دستگاه اقدام گردید. آزمایشات مذکور در ایستگاه تحقیقات زراعی کوشک در شمال شیراز انجام گردید. بافت خاک محل آزمایش سیلت رسی و دارای باقی‌مانده گیاهی نسبتاً زیاد پس از برداشت شلتوک بوده و رطوبت بهنگام انجام آزمایشات برابر ۱۴٪ وزن خاک خشک بود. فاکتور اول در آزمایشات مزرعه‌ای دو نوع گاواهن بشقابی موتور گرد و گاواهن بشقابی معمولی (تیمار شاهد) و فاکتور دوم سرعت پیشروی دستگاه در مزرعه در سه سطح ۳،۷۵ ، ۵ و ۶،۲۵ کیلومتر در ساعت در نظر گرفته شد.

در هر آزمایش شاخص مخروطی خاک قبل بعد از انجام خاک‌ورزی، قطر متوسط وزنی خاک و مقدار سطح بهم خورده خاک توسط گاواهن اندازه‌گیری گردید.

تجزیه واریانس در مورد اثرات نوع گاواهن بر تغییرات شاخص مخروطی خاک نشانگر معنی‌داری بودن اثرات نوع گاواهن و عمق کار وعدم معنی‌دار بودن سرعتهای مختلف پیشروی بر این پارامتر بود. نتایج مقایسه میانگین‌های شاخص مخروطی به روش دانکن بیانگر این است که بر اثر خاک‌ورزی با هر دو نوع گاواهن میزان شاخص مذکور نسبت به حالت قبل از شخم کاهش یافته است. مشخص گردید که جهت بالاترین عمق خاک‌ورزی میزان شاخص مخروطی برای گاواهن موتور گرد نسبت به تیمار شاهد کمتر بوده است. همچنین ملاحظه گردید از میان نسبتهای سرعت پیرامونی بشقاب به سرعت پیشروی، در نسبت سرعت برابر ۳، کمترین شاخص مخروطی خاک حاصل گردید و در این نسبت میزان شاخص مخروطی خاک نسبت به حالت قبل از خاک‌ورزی حدود ۷ برابر کم گردیده است. نتایج تجزیه واریانس در مورد میزان خرد شدن خاک نشان داد که در سرعتهای مشابه برای هر دو نوع گاواهن اختلاف معنی‌داری در بکار بردن نوع گاواهن و همچنین سرعتهای مختلف پیشروی وجود دارد. با انجام مقایسه میانگین به روش دانکن در سطح ۱٪ معلوم گردید که مقادیر بدست آمده قطر متوسط وزنی خاک برای گاواهن موتور گرد کمتر از گاواهن معمولی است و با افزایش سرعت پیشروی و در نتیجه کاهش مقادیر نسبت سرعت محیطی بشقاب به سرعت پیشروی دستگاه مقادیر بدست آمده قطر متوسط وزنی برای هر دو گاواهن کمتر گردیده است. نتایج آنالیز واریانس مربوط به میزان سطح بهم خورده خاک نمایانگر معنی‌دار بودن نوع

^۱ به ترتیب استادیار و دانشجوی سابق کارشناسی ارشد بخش مکانیک ماشین‌های کشاورزی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

گاواهن بر مقدار این پارامتر است و با مقایسه میانگین به روش دانکن معلوم گردید که گاواهن بشقایی موتور گرد در مقایسه با گاواهن بشقایی معمولی سطح بیشتری از خاک را بهم زده است و با افزایش سرعت پیشروی میزان سطح بهم خورده خاک کمتر می‌گردد.

زمان اجرای این آزمایش گزارشات متعددی در چندین نقاط کشور امریکا در رابطه با مشکل آلودگی آبهای زیرزمینی توسط سموم انتشار یافته بود. این مطلب موجب شد که تحقیقات در نقاط مختلف در رابطه با مکانیزم و روند حرکت املاح در خاک صورت گیرد. اکثر این تحقیقات در شرایط آزمایشگاهی و گلخانه‌ای با ستونهای خاک دست خورده صورت گرفته و لذا شدت و مجرای انتقال املاح به آبهای زیرزمینی را با دهها بار اختلاف مطالعه نموده‌اند. خاکها دارای شرایط طبیعی مانند ترکها (منافذ بین خاکدانه‌ها) می‌باشند که در اثر شرایط اقلیمی و یا شرایط بیولوژیکی ایجاد می‌شوند. این ترکها قادر هستند با هدایت هیدرولیکی بسیار بالا مجرای جهت انتقال آب و املاح ایجاد نمایند. در مطالعات متعدد محققین نشان داده‌اند که پس از وقوع بارندگی یا آبیاری بدون افزایش عمومی رطوبت در نیمرخ خاک، املاح به عمقهای پایین خاک نفوذ نموده‌اند. در این میان مطالعه کافی جهت بررسی تأثیر رطوبت اولیه خاک و زمان‌بندی آبیاری یا زمان پاشیدن سموم نسبت به زمان وقوع بارندگی صورت نگرفته. هدف از انجام این تحقیق بررسی تأثیر رطوبت اولیه (مرطوب در مقایسه با خشک) قبل از پاشیدن سم و زمان انجام آبیاری اولیه (بدون هیچ تأخیر در مقایسه با ۲۴ ساعت تأخیر پس از پاشیدن سم) بر میزان انتقال و شدت تخریب الیکرب و کاربوفیورن (از آفت‌کش‌های مرسوم) در خاک صحرا با خواص آماس‌پذیری در یک ساختمان دانه‌ای^۱ پیشرفته می‌باشد. رده‌بندی خاک محل آزمایش لوم سیلتی با کلاس Typic Hapludalf و mesic و mixed و Fine-silty بود. جهت انجام آزمایش ۱۶ کرت به اندازه‌های ۱،۵ × ۱،۵ متر ایجاد شدند که نیمی از آنها با افزایش آب نزدیک به حالت اشباع بوده (تیمار مرطوب) و نیمه دیگر نزدیک به نقطه پژمردگی (تیمار خشک). جهت ایجاد تیمار خشک پوششهای پلاستیکی طوری در بالای این کرتها ایجاد شد تا ریشه علفهای موجود برای ادامه حیات آب موجود در نیمرخ خاک را کاملاً استفاده نموده و کمک در ایجاد خشکی نمایند. میزان رطوبت در کلیه کرتها با استفاده از دستگاه نوترون متر بطور هفتگی قرائت و کنترل می‌گردید. پس از اطمینان از خشک بودن کامل نیمرخ خاک بوسیله یک سمپاش مخصوص سموم با غلظت ۲،۹۸ کیلوگرم در هکتار در کلیه کرتها پاشیده شدند. پس از آن فوراً مقدار ۹۲،۴ میلی‌متر آب به هشت کرت (چهار کرت خشک و چهار کرت مرطوب) اضافه شد و پس از نفوذ کامل آب نمونه‌های خاک استخراج گردید. پس از گذشت ۲۴ ساعت بعد از پاشیدن سموم، همان میزان آب به هشت کرت باقیمانده (چهار کرت خشک و چهار کرت مرطوب) اضافه شده و سپس نمونه‌های خاک استخراج گردید. این روش موجب چهار تیمار گردید. از آنجایی که فرضه حرکت املاح از طریق پخشیدگی در کرتهای مرطوب وجود داشت، نمونه‌های خاک از کرتهای مرطوب تا عمق ۱۳۰ سانتیمتر خارج گردید. در کرتهای خشک، نمونه‌های خاک تا عمق ۷۰ سانتیمتر که برحسب محاسبات پایین‌تر از عمق نفوذ آب بود خارج گردید. پس از آبیاری اولیه، جهت جلوگیری از رسیدن آب باران و یا کاهش آب از طریق تبخیر از سطح خاک، کلیه کرتها بوسیله پوشش پلاستیکی محفوظ گشتند. قبل از نمونه‌برداری دوم (۱۴ روز پس از سم‌پاشی)، میزان ۴۶،۲ میلی‌متر آب به کرتها اضافه شد. پس از نمونه‌برداری دوم کرتها بدون پوشش رها شدند ضمن اینکه هرگونه بارندگی ثبت می‌گردید. نمونه‌های خاک در پنج موعد موردنظر خارج گردیدند که عبارتند از: ۰، ۱۴، ۴۲، ۱۲۰ و ۲۱۴ روز پس از سم‌پاشی. نمونه‌های خاک بوسیله یک سیستم هیدرولیکی نمونه‌بردار که در عقب یک خودرو نصب شده بود خارج می‌گردیدند. پس از اخراج، هر استوانه خاک به مقاطع ۱۰ سانتیمتری تقسیم می‌شد. جهت اطمینان از آلوده نشدن نمونه‌ها ضمن اخراج استوانه خاک، فقط قسمت میانی هر نمونه جدا می‌گردید. نمونه‌ها تا موعد انجام عملیات آزمایشگاهی در ظرفهای شیشه‌ای در دمای ۴- درجه سانتیگراد نگهداری می‌شدند. تعداد ۸۷۲ نمونه خاک در طی آزمایش حاصل شد. نمونه‌ها تا ۱۰ سانتیمتر پایین‌تر از عمقی که مقادیری از سموم

^۱ highly aggregated

یافت شده بود، آزمایش شدند. بنابراین روش تعداد کل ۳۸۴ نمونه خاک جهت اندازه‌گیری غلظت سموم مورد آزمایش قرار گرفت. الیکرب و کاربوفیورن در آزمایشگاه دانشگاه ایالتی می‌زوری پس از استخراج از نمونه‌های خاک با دستگاه HPLC اندازه‌گیری شدند.

میزان بارندگی، حداقل و حداکثر دمای روزانه، در محل انجام آزمایش جمع‌آوری گردید. در هر یک از کرت‌ها لوله‌های دسترسی جهت استفاده از نوترون‌متر نصب شده و قرائت‌های رطوبت بطور هفتگی در عمق‌های ۰،۱۵، ۰،۳۰، ۰،۴۵، ۰،۶۰، ۰،۹۰ و ۱،۰۵ متر جمع‌آوری می‌گردید. میزان تخمینی تبخیر پتانسیل به روش تورنت‌ویت^۱ محاسبه شد. بیلان آبی با استفاده از قرائت‌های هفتگی رطوبت، بارندگی و میزان تبخیر محاسبه شد. جهت تخمین شدت تخریب سموم مزبور، نیمه عمر آنها در آزمایشگاه میکروبیولوژی خاک با استفاده از روش نشاندار نمودن با ^{14}C تعیین شد. جهت تخمین ضرایب انتقال املاح از مدل CXTFIT استفاده شد. در اثر نتایج بدست آمده آثار انتقال ترجیحی مواد محلول در کرت‌های خشک در مقایسه با کرت‌های مرطوب مشاهده شد. این انتقال ترجیحی عمدتاً مربوط می‌شد به منافذ درشت موجود در کرت‌های خشک. بهرحال، اختلاف غلظت مواد در کرت‌های خشک و مرطوب بطور قابل توجه معنی‌دار نبود. یکی از دلایل عمده در معنی‌دار نبودن اختلاف بین دو تیمار اختلاف (نوسانات) زیاد در ارقام اندازه‌گیری شده بود. امید است با انجام آزمایش‌های مشابه بتوان در مطالعات آبشویی در خاک‌های مبتلا به مشکلات شوری و جلوگیری از آلودگی آب و خاک توسط آلاینده‌ها نتایج مفید کسب نمود.

^۱ Thornthwaite

هدف از اجرای این طرح تعیین تأثیر مواد آلی مختلف بر خصوصیات فیزیکی خاک می‌باشد. این طرح در سال ۱۳۷۵ در مزرعه تحقیقاتی لورک واقع در نجف‌آباد، متعلق به دانشگاه صنعتی اصفهان اجرا گردید. خاک مزرعه *Haplargids*، *Thermic*، *Typic* و *Fine-loamy* طبقه‌بندی شده است. این خاک در عمق ۳۰-۰ سانتیمتر دارای ۱۶ درصد شن، ۴۷ درصد سیلت و ۳۷ درصد رس می‌باشد. این تحقیق با چهار نوع تیمار کودی شامل لجن فاضلاب، کمپوست، کود گاوی و کود شیمیایی هریک در دو سطح و یک شاهد در قالب طرح نواری و با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در کرت‌هایی به ابعاد 4×6 متر انجام گرفت. در سال ۱۳۷۵ کودهای آلی به مقدار ۵۰ تن در هکتار و کود شیمیایی به مقدار ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار فسفات آمونیم و ۲۵۰ کیلوگرم اوره بصورت سرک به کرت‌ها اضافه شد، سپس تا عمق ۳۰ سانتیمتری با خاک مخلوط گردید. در این سال خاک به زیر کشت ذرت برده شد، در سال بعد (۱۳۷۶) کرت‌های 4×6 متر به دو کرت 3×4 متر تقسیم شد و به یک قطعه مقدار کودی برابر تیمار سال قبل اضافه گردید و کرت‌ها به زیر کشت گندم برده شد. در سال ۱۳۷۷ کودی به هیچ یک از کرت‌ها اضافه نشد و قطعه‌بندی هرکرت زیر کشت ذرت برده شد، پس از برداشت ذرت در سال ۱۳۷۷ نفوذپذیری خاک در مزرعه با روش استوانه مضاعف، هدایت هیدرولیکی خاک در حالت اشباع در نمونه‌های دست نخورده، پایداری خاکدانه‌ها با روش الک کردن مرطوب و جرم مخصوص ظاهری خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شد. نتایج بدست آمده با برنامه آماری SAS93 مورد تجزیه و تحلیلی آماری قرار گرفت. کودهای آلی بطور معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) باعث کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک شد. در تیمارهای کود کمپوست و کود گاوی جرم مخصوص ظاهری بطور معنی‌داری کاهش یافت و اثر تیمار ۱۰۰ تن در هکتار بیشتر از ۵۰ تن در هکتار است. در مورد لجن فاضلاب در هر دو سطح آن افزایش معنی‌دار جرم مخصوص ظاهری مشاهده شد، دلیل این امر زیاد بودن سنگریزه در لجن فاضلاب می‌باشد که این ممکن است در درازمدت ایجاد محدودیت کند. تیمار کود شیمیایی اثر معنی‌داری بر روی جرم مخصوص ظاهری خاک نداشت، از میان همه تیمارها، تیمار ۱۰۰ تن در هکتار کود کمپوست بیشترین تأثیر را روی کاهش جرم مخصوص ظاهری خاک گذاشت. تیمارهای کمپوست و کود گاوی در سطح ۱۰۰ تن در هکتار تأثیر معنی‌داری روی نفوذپذیری خاک داشت، ولی تیمارهای کودی در سطح ۵۰ تن در هکتار و تیمار کودی ۱۰۰ تن در هکتار لجن فاضلاب و تیمار کود شیمیایی اثر معنی‌داری روی نفوذپذیری خاک نگذاشتند. در مورد هدایت هیدرولیکی خاک، کود کمپوست بیشترین تأثیر را داشت و تأثیر لجن فاضلاب بیشتر از کود گاوی بود. اثر هریک از کودها بر روی پایداری خاکدانه‌ها به این صورت است که تفاوت معنی‌داری بین سطوح ۵۰ تن و ۱۰۰ تن در هکتار وجود دارد و اثر سطح کودی ۱۰۰ تن بر هکتار در افزایش پایداری خاکدانه‌ها بیشتر است، اما در مورد لجن فاضلاب در هر دو سطح نسبت به شاهد اختلاف معنی‌دار نشد. کود شیمیایی هم اثری بر پایداری خاکدانه‌ها ندارد. بطور کلی کود کمپوست باعث داشتن نسبت کربن به نیتروژن (C/N) بالاتر و در نتیجه تجزیه کندتر آن توسط میکروبها، بیشترین اثر را روی بهبود خواص فیزیکی خاک در درازمدت گذاشت.

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد، استادیار گروه خاکشناسی دانشگاه صنعتی اصفهان

تعیین تبخیر و تعرق یونجه به عنوان گیاهی علوفه‌ای و گیاه مرجع دارای اهمیت می‌باشد. برای اندازه‌گیری تبخیر و تعرق پتانسیل یونجه یک آزمایش مزرعه‌ای با استفاده از لایسیمتر بمدت ۵ سال در ایستگاه تحقیقات کشاورزی کبوترآباد واقع در شرق اصفهان انجام یافت. برای تعیین آب لایسیمتر در زمینی به مساحت ۱۰۰۰ متر مربع با سطح 1×2 و عمق $2/1$ متر ساخته شد. کف لایسیمتر شیبدار بوده و بوسیله لوله‌ای به خارج متصل گردید تا زه آب به محل اندازه منتقل شود. جهت نصب لایسیمتر، گودالی کمی بزرگتر از ابعاد لایسیمتر حفر گردید و لایسیمتر در آن قرار داده شد بطوریکه که لبه آن ۱۰ سانتی‌متر بالاتر از سطح خاک باشد تا آب آبیاری محیط اطراف به لایسیمتر وارد نشود. در داخل لایسیمتر ابتدا به ضخامت حدود ۲۰ سانتی‌متر قلوه سنگ و شن ریخته و بعد یک توری در روی این لایه جهت جلوگیری از شسته شدن ذرات خاک قرار داده شد و سپس لایسیمتر با خاک محل حفر گودال با در نظر گرفتن ترتیب لایه‌های پروفیل خاک در چندین نوبت پر و کوبیده گردید. جهت تحکیم خاک قبل از کاشت یونجه، لایسیمتر چندین بار آبیاری گردید و پس از نشست کامل خاک لایسیمتر مجدداً از خاک پر شد. داخل لایسیمتر و اراضی اطراف آن یونجه کشت شد. رقم مورد استفاده یزدی، میزان بذر مصرفی ۶۰ کیلوگرم در هکتار و کود مصرفی براساس توصیه‌های کودی $138-P$ ، $189-N$ بود که تمامی کود فسفره و نیمی از کود از ته قبل از کاشت و بقیه کود از ته هنگامی که یونجه کاملاً رشد کرده بود مصرف گردید، منبع کودازته و فسفره به ترتیب اوره و سوپر فسفات بوده است. کشت در خرداد سال ۱۳۶۹ انجام گرفت لیکن نتایج این سال منظور نشده و به عنوان سال استقرار محسوب گردید. جهت تعیین عملکرد یونجه در هر چین، کل سطح لایسیمتر و ۴ سطح ۲ متر مربعی در چهار محل اطراف لایسیمتر در زمان مناسب برداشت و توزین گردید.

در طول فصل زراعی با استفاده از فرمول $ETp = P + I - D + DW$ میزان تبخیر و تعرق یونجه بین دو نوبت آبیاری محاسبه گردید. که در آن ETp ، تبخیر و تعرق پتانسیل یونجه، I ، عمق آب آبیاری P ، مقدار نزولات آسمانی D ، عمق آب زهکش شده و DW تغییرات رطوبت خاک می‌باشد. تبخیر و تعرق ماهانه یونجه با استفاده از ارقام بدست آمده و تبخیر از طشتک کلاس آ در ماههای مختلف محاسبه گردید.

متوسط تبخیر و تعرق اندازه‌گیری شده در طی ۵ سال آزمایش با طول فصل رشد ۱۷۶ تا ۲۹۰ روز و ۱۶ تا ۲۱ نوبت آبیاری برابر با ۱۱۸۲ میلی‌متر و حداکثر و حداقل آن بترتیب برابر با ۱۳۴۳ و ۱۰۱۸ میلی‌متر می‌باشد. متوسط تبخیر از طشتک کلاس آ برابر با ۱۳۸۶ میلی‌متر با حداکثر و حداقل ۱۴۹۲ و ۱۳۲۱ میلی‌متر بدست آمد. میانگین نسبت تبخیر و تعرق سالانه یونجه به تبخیر از طشتک کلاس آ در طول ۵ سال در طی ماههای اردیبهشت تا شهریور برابر با $0/81$ گردید. تبخیر و تعرق پتانسیل و تبخیر از طشتک در ماههای فروردین و مهر بعلا تغییرات شدید آب و هوا دارای نوسانات زیاد ولی در خرداد، تیر و مرداد تقریباً ثابت بود. میانگین حداکثر تبخیر و تعرق روزانه یونجه در طول فصل رشد در تیرماه برابر $8/5$ میلی‌متر بود. متوسط میزان تبخیر و تعرق یونجه در ماههای فروردین، اردیبهشت، خرداد، تیر، مرداد و شهریور بترتیب برابر ۱۴۲، ۱۴۷، ۱۸۳، ۲۱۰، ۱۹۲، ۱۶۸ و ۱۱۶ میلی‌متر گردید. متوسط عملکرد یونجه تر در داخل و حاشیه لایسیمتر بترتیب برابر با $72/5$ و $94/5$ تن در هکتار در طی ۵ سال آزمایش بدست آمده.

^۱ مرکز تحقیقات کشاورزی اصفهان بخش خاک و آب اصفهان صندوق پستی ۱۹۹-۸۱۷۸۵

نقشه خاک کاربردهای مختلفی دارد. در این مقاله نقشه خاک تهیه شده به روش ژئوپدولوژیک پروفیسور زینک (Zinck)، برای منطقه دشت شرا به وسعت ۱۲۰۰۰۰ هکتار که در پنجاه کیلومتری شرق شهر همدان قرار گرفته است، در برآورد موضوعات هیدرولوژی نظیر گروههای هیدرولوژیکی خاک، شماره منحنی (CN)، ضریب هرز آب، میزان درصد نفوذ آب باران در سفره آب زیرزمینی، راندمان آبیاری و تبخیر از سطح آب زیرزمینی بکار گرفته است. برآورد پارامترهای فوق در محاسبه بیلان آبی منطقه نقش اساسی را دارند.

نقشه تهیه شده، دارای ۳۳ واحد خاک (Soil map unit) بوده، که با استفاده از تصویر ماهواره‌ای و تفسیر عکسهای هوازی بدست آمده است. واحدهای اصلی فیزیوگرافیک در منطقه عبارتند از: کوهها، تپهها، دشتهای دامنه‌ای و در قسمت بیشتر منطقه را دشتهای دامنه‌ای زیر پوشش خود قرار داده است.

برای تعیین گروههای هیدرولوژیکی خاکها براساس مشخصات واحدهای خاک (بافت و نفوذپذیری) به سه گروه B، C و D گروه‌بندی شده‌اند که با استفاده از نرم‌افزار GIS نقشه ناحیه‌بندی منطقه از نظر گروههای هیدرولوژیکی خاک تهیه شده و سپس با در نظر گرفتن کاربری اراضی و گروههای هیدرولوژیکی خاک، نقشه شماره منحنی تهیه و CN مربوط به واحدهای مختلف خاک با استفاده از تلفیق نقشه‌ها بدست آمده است. با استفاده از این نقشه، شماره منحنی متوسط ۷۵۸ و ضریب هرز آب حدود ۲۳ درصد برای دشت محاسبه گردیده.

درصد نفوذ آب باران در سفره آب زیرزمینی با توجه به بافت و میزان نفوذپذیری دشت با استفاده از جدول ضریب ذخیره مواد مختلف حدود ۲۰ درصد محاسبه شده و راندمان آبیاری با توجه به نوع زراعت و تعداد آبیاری و گروه‌بندی واحدهای خاک در اراضی زراعی حدود ۳۸ درصد برآورد گردید. تخلیه آب زیرزمینی از طریق تبخیر از سطح آن در واحد فیزیوگرافیک دره، بدلیل داشتن بافت سنگین و حالت باتلاقی در فصل بارندگی و با استفاده از جدول جریان عمودی آب در لوله‌های موئینه خاک، حدود ۱۵ میلیون مترمکعب در سال محاسبه شد. در مجموع کاربرد نقشه خاک نه تنها در خاکشناسی و مدیریت اراضی زراعی و مرتعی منطقه مؤثر است، بلکه در تعیین پارامترهای هیدرولوژی نیز می‌تواند مورد استفاده قرار گیرد، که در محاسبه آب قابل دسترسی و مورد نیاز و در نهایت در تعیین بیلان آبی منطقه می‌تواند از اهمیت خاصی برخوردارند.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات منابع طبیعی و امور دام استان زنجان و استاد خاکشناسی مؤسسه بین‌المللی ITC هلند

ژئواستاتستیک (آمار زمین‌شناسی) مجموعه‌ای از روشهای شبه آماری است که در بسیاری علوم از قبیل زمین‌شناسی، خاکشناسی، هیدرولوژی، اکولوژی مورد استفاده قرار می‌گیرد. در روش آماری معمولی مهمترین پارامتر تعیین تغییرات یک متغیر، واریانس آن از میانگین مجموعه داده‌ها می‌باشد. در روش ژئواستاتستیک همبستگی فضایی داده‌های یک متغیر در مکان براساس فاصله و جهت بین نمونه‌های اندازه‌گیری شده بصورت زوجهای دو به دو با هم مقایسه می‌شوند. در این مطالعه یکی از مهمترین پارامترهای خاک یعنی ضرایب آبگذری که وابسته به خصوصیات فیزیکی خاک است با استفاده از روش ژئواستاتستیک مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفته است. اصولاً تعداد نقاط اندازه‌گیری ضرایب آبگذری به مرحله مطالعات پروژه‌های آبیاری و زهکشی بستگی دارد. لیکن در هر مرحله از مطالعات، دو فاکتور مهم کلی جنبه عملی که دقت اندازه‌گیری را شامل می‌شود و دیگر جنبه اقتصادی بایستی مدنظر قرار گیرد. عموماً حفر چاهک و هزینه آنها رقم بسیار سنگین را شامل شده و در عمل طرحهای در دست مطالعه را با مشکلات مواجه می‌سازد. هدف از تحلیل ژئواستاتستیکی ضریب آبگذری، بدست آوردن تغییرات و همبستگی مکانی این متغیر در دشتهای فکه و دهلران در استان ایلام می‌باشد که نتایج بدست آمده نشان می‌دهد که فاصله مؤثر متوسط در این دشتهای در حدود ۲۵۰۰ متر می‌باشد.

^۱ به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات حفاظت خاک و آبخیزداری وزارت جهاد سازندگی

کلمات کلیدی:

مواد آلی، خصوصیات فیزیکی خاک، خاکهای شور و سدیمی، انتقال املاح

افزایش روزافزون جمعیت و ارتقاء سطح استاندارد زندگی در مقیاس جهانی، استفاده بیشتر و متمرکز ولی صحیح از منابع آب و خاک را ضروری می‌سازد. عواقب در نظر نگرفتن اصول صحیح زراعی بخصوص در کشورهای در حال توسعه و استفاده نامناسب از آب و کشتهای بی‌رویه بویژه در زمینهای که توان زهکشی ضعیفی دارند، باعث تخریب اراضی می‌گردد. تأثیرات تخریبی مذکور شامل مقاومت در برابر نفوذ آب و ریشه گیاه، مشکلات کشت و کار مناسب، افزایش بحرانی غلظت املاح در محلول خاک و بطور کلی مشکلات رشد گیاه می‌باشد. مواد آلی از اجزاء اصلی خاکهای زراعی می‌باشند که تأثیرات قابل ملاحظه‌ای بر خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک دارند. با توجه به اهمیت مواد آلی در اصلاح خاک بخصوص خواص فیزیکی و از طرفی کمبود شدید مواد آلی خاکهای ایران که کمتر از یک درصد تخمین زده می‌شود، سعی در افزایش مواد آلی خاک در اولویت می‌باشد. به منظور بررسی تأثیر مواد آلی بر خصوصیات فیزیکی و روند انتقال املاح، مطالعه‌ای در سال ۱۳۷۶ در مزرعه تحقیقاتی شرکت کشت و صنعت نیشکر دانیال (شعبیه) واقع در استان خوزستان انجام شد. در منطقه مورد مطالعه بدلیل کشت متمرکز نیشکر توسط شرکت‌های توسعه نیشکر و کارون، هر ساله مقادیر معتناهی با گاس^۳ و فیلترکیک^۴ تولید می‌شود که بعنوان تولیدات جانبی محسوب شده و عمده آن بصورت ضایعات حذف می‌شود. هدف از این تحقیق، بررسی تأثیر مواد آلی (باگاس و فیلترکیک) بر خصوصیات فیزیکی و روند حرکت املاح در خاکهای خوزستان با بافت سنگین می‌باشد. این منطقه در ۴۰ کیلومتری جنوب شهرستان شوشتر در استان خوزستان واقع است. خاکهای محل مورد آزمایش تا حد تحت گروه بصورت Typic torrifluvents طبقه‌بندی می‌شوند. این مطالعه در قالب طرح بلوکهای کامل تصادفی با سه تیمار و سه تکرار انجام شد. تیمارها شامل شاهد، ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار ماده آلی (باگاس نیشکر) بود که تا عمق ۳۰ سانتیمتری بطور کامل با خاک مخلوط گردید. بدلیل حالت انعطاف‌پذیری باگاس، جهت تهیه نمونه‌های دست نخورده، کرت‌های مشاهده‌ای با ماده جانبی دیگری بنام فیلتر کیک (از دیگر ضایعات نیشکر) آماده شد. برمید پتاسیم^۵ بصورت محلول بر روی کرت‌ها پاشیده شده و ۴۰ سانتیمتر آب در چهار نوبت به کرت‌ها داده شد. نمونه‌های دست خورده از عمقهای ۱۵-۰-۰، ۳۰-۱۵، ۴۵-۳۰، ۶۰-۴۵، ۷۵-۶۰، ۹۰-۷۵، ۱۰۵-۹۰، ۱۲۰-۹۰ سانتیمتری در دو، هفت، چهارده و سی‌روز پس از برم پاشی تهیه شد. نمونه‌های دست نخورده تا عمق ۳۰ سانتیمتری و به ارتفاع هفت سانتیمتر جهت تعیین خواص فیزیکی خاک تهیه شد. خواص فیزیکی خاک نظیر وزن مخصوص ظاهری^۶، هدایت هیدرولیکی اشباع^۷ و درصد رطوبت وزنی در فشارهای معین^۱)

^۱ این مقاله برگرفته از پایان‌نامه کارشناسی ارشد در دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس می‌باشد.

^۲ به ترتیب عضو هیأت علمی مرکز تحقیقات کشاورزی استان خوزستان و استادیار دانشکده کشاورزی دانشگاه تهران

^۳ Baggase

^۴ Filter cake

^۵ KBr

^۶ Bulk density

^۷ Saturated hydraulic conductivity

۰،۰۱، ۰،۳۳، ۱، ۳ و ۵ ۱۵ اتمسفر) تعیین شد. شدت نفوذپذیری^۲ سه ساعته با روش استوانه‌های مضاعف و بار افتان نیز اندازه‌گیری شد. میزان تبخیر در طول مدت آزمایش از ایستگاه هواشناسی مجاور منطقه دریافت شد. به منظور بررسی روند حرکت برم، از مدال رایانه‌ای CXTFIT استفاده گردید. غلظت‌های برم در روزها و عمق‌های مختلف بعنوان اطلاعات مدل مذکور استفاده گردید و این مدل، سرعت حرکت روان^۳ و پخشیدگی^۴ برم را در خاک تعیین نمود. علاوه بر این، حرکت برم در کلیه تیمارها و روزهای نمونه‌برداری توسط مدل پیش‌بینی شد. نتایج نشان داد افزون ماده آلی باعث کاهش وزن مخصوص ظاهری خاک گردید. وزن مخصوص ظاهری در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار نسبت به شاهد ۷ و ۱۱ درصد کاهش داشت. همچنین هدایت هیدرولیکی اشباع برای تیمارهای مذکور نسبت به شاهد ۶۶ و ۸۰ درصد افزایش داشت. نفوذ تجمعی و شدت نفوذ سه ساعته در تیمارهای ۲۰ و ۴۰ تن در هکتار ماده آلی نسبت به شاهد بترتیب ۷۶ و ۳۵۶ درصد زیاد شد. درصد رطوبت وزنی در فشارهای معین در کلیه تیمارها، اختلاف معنی‌داری را نشان نداد. اندازه‌گیریهای برم نشان داد که حرکت برم در تیمارهای مختلف با افزایش ماده آلی تا حد ۴۰ تن در هکتار زیاد شد و حداکثر حرکت برم در طول نیمرخ خاک در این تیمار مشاهده شد. مدل CXTFIT روند حرکت برم را در تیمار ۴۰ تن در هکتار با دقت قابل توجهی ($R^2 = 0.9$) پیش‌بینی نمود. بطور کلی ترتیب تیمارها براساس حرکت برم بصورت: $40 > 20$ شاهد تن در هکتار ماده آلی بود. افزایش سرعت حرکت برم همزمان با افزایش ماده آلی نشان‌دهنده امکان استفاده از مواد آلی در مراحل آبشویی نمکها در خاک بوده است. بدین‌ترتیب در صورت افزایش ماده آلی می‌توان با مقدار ثابت آب آبشویی، نمکها را به نقاط عمیقتر خاک منتقل و توسط زهکشها از زمین خارج نمود. پیشنهاد می‌گردد جهت اطمینان از نتایج بدست آمده، مطالعات بیشتری در این زمینه صورت گیرد.

^۱ Moisture curev

^۲ Infiltration rate

^۳ Mass flow

^۴ Diffusion

این طرح به منظور تعیین تبخیر و تعرق پتانسیل گیاه چغندرقد در هریک از مراحل رشد و تعیین مراحل حساس گیاه به آب اجرا می‌شود. این آزمایش از سال ۱۳۶۸ الی ۱۳۷۱ در ایستگاه تحقیقاتی کههریز (دکتر نخجوانی) ارومیه اجرا شد. مقدار املاح خاک برای نباتات زراعی مناسب و خاک دارای اسیدیته قلیایی متوسط می‌باشد. مواد آلی خاک کم و فسفر قابل جذب متوسط و پتاسیم قابل جذب زیاد و بافت خاک از نوع لومی (Loam) می‌باشد. به منظور تعیین آب مصرفی چغندرقد از دو دستگاه لایسیمتر زهکش دار بطور متناوب استفاده گردیده که ابعاد مسطح آنها بترتیب $۱,۵ \times ۱,۲ \times ۱,۲۵$ را متر و کف آنها شیبدار می‌باشد بطوریکه عمق آنها در یکی از دو دیواره، ۱ متر و در دیواره مقابل ۱,۲ متر می‌باشد جنس لایسیمترها از آهن گالوانیزه ۲ میلی‌متری می‌باشد. لوله زهکشی جهت خروج زه آب داخل لایسیمتر به قطر ۲,۵ سانتی‌متر بود و زهکشی بطریقه پمپاژ از داخل این لوله انجام گرفته است. زمین اطراف لایسیمتر به مساحت ۴۰۰ مترمربع چغندرقد کاشته شد فاصله ردیفهای کشت چغندرقد ۶۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها بر روی ردیفها ۲۲-۲۰ سانتی‌متر بوده است. کود مصرفی طبق فرمول $P_{۱۸۰} K_{۹۰}$ استفاده گردید.

$$ETP = P + 1 - D \pm DW$$

با استفاده از فرمول:

تبخیر و تعرق پتانسیل چغندرقد در دوره‌های ده روزه و یکماهه تعیین شده است. نتایج حاصل از چهار سال اجرای آزمایش از نظر میزان تبخیر و تعرق پتانسیل در طول دوره رشد چغندرقد (جمعاً ۱۸۰ روز) و در مراحل مختلف رشد بصورت زیر می‌باشد:

در مرحله اولیه رشد که از زمان کشت محصول شروع و حدود ۳۰ روز طول کشیده است به دلیل اینکه هیچگونه تنش رطوبتی وجود نداشته است سبز شدن چغندرقد به نحو احسن انجام گرفته است. میانگین مقدار تبخیر و تعرق چهارسال در این مرحله حدود ۱۰۰ میلی‌متر و میانگین تبخیر از طشتک به مدت چهار سال ۱۲۵ میلی‌متر و نسبت تبخیر و تعرق به تبخیر از طشتک کلاس A برابر ۰,۸ شده است.

در مرحله توسعه رشد که از پایان مرحله اول تا حدود ۵۰ روز بعد از آن طول کشیده است به دلیل رساندن آب کافی برای آماس برگ، رشد بحد کافی انجام گرفته زیرا که حفظ آماس بر توسعه برگ مؤثر بوده و در این مرحله بسیار محسوس می‌باشد. در این مرحله میانگین تبخیر و تعرق ۴۸۰ میلی‌متر و میانگین تبخیر از طشتک نیز ۴۸۵ میلی‌متر شده است که نسبت برابر ۱ بوده است.

مرحله میان فصل که حدوداً به مدت ۶۰ روز بعد از مرحله دوم به طول انجامیده است ضمن اینکه ریشه حجیم می‌شود این مرحله با تقاضای زیادی مواجه است آب مورد نیاز چغندرقد در این مرحله نسبت به سایر مراحل بسیار زیاد می‌باشد میانگین کل تبخیر و تعرق در این مرحله حدود ۸۰۰ میلی‌متر و میانگین تبخیر از طشتک کلاس A ۶۰۰ میلی‌متر و نسبت تبخیر و تعرق به تبخیر از طشتک حدود ۱,۳ بوده است.

در مرحله پایان فصل رشد که حدود ۴۰ روز آخر فصل رشد چغندرقد را شامل می‌شود تبخیر و تعرق نسبت به مرحله قبل کاهش یافته میانگین تبخیر و تعرق چهار سال در این مرحله حدود ۲۰۰ میلی‌متر و میانگین تبخیر از طشتک کلاس A ۲۲۰ میلی‌متر و نسبت تبخیر و تعرق به تبخیر ۰,۹ شده است.

میانگین کل عملکرد ریشه در داخل لایسیمتر ۱۳۰ تن در هکتار و در خارج از لایسیمتر ۷۸,۵ تن در هکتار شده است همچنین میانگین درصد قند داخل لایسیمتر ۱۶,۰۱ و در خارج از لایسیمتر ۱۵,۲۹ درصد شده است. به دلیل اینکه در طول

^۱ کارشناس تحقیقات خاک و آب مرکز تحقیقات کشاورزی آذربایجان غربی

فصل رشد گیاه چغندر قند تحت هیچگونه تنش رطوبتی قرار نگرفته است رساندن آب کافی در داخل لایسیمتر باعث افزایش عمل فتوسنتز و در نتیجه افزایش ساکاروز در گیاه شده است. بطور کلی چون چغندر قند گیاهی است که مرحله خاصی از دوره رشد آن وجود ندارد که در آن نیاز به آب بحرانی باشد و باید گفت با وجود تأثیر مهم آب در عملکرد ریشه و درصد قند چغندر قند مرحله بحرانی نیز وجود ندارد.

A

FAO

برای دستیابی به اطمینان بیشتر در برآورد آب مصرفی گیاه با استفاده از طشتک تبخیر کلاس A لازم است مقدار K_p برای هر منطقه تعیین و تأثیر شرایط نصب طشتک نصب طشتک بر روی آن مورد بررسی قرار گیرد. بدین منظور آزمایشی در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز در سال ۱۳۷۶ انجام شد. در این آزمایش سه عدد طشتک تبخیر کلاس A یکی در داخل چمن به مساحت ۱۲۱ متر مربع مطابق با شرایط توصیه شده توسط FAO و دوتای دیگر در مزرعه ۱/۶ هکتاری یونجه در ارتفاعات ۵۰ و ۸۰ سانتی‌متری (ارتفاع لبه طشتک از سطح زمین) نصب و تبخیر روزانه (E_p) از آنها اندازه‌گیری گردید. تبخیر و تعرق گیاه مرجع (E_{To}) نیز به روش بیلان آبی محاسبه شد. مقادیر هفتگی K_p برای طشتک‌های یاد شده از رابطه $\frac{E_{To}}{E_p}$ و ارقام توصیه شده توسط FAO از رابطه‌اشنايدر بصورت زیر بدست آمد

$$K_p = 0.482 + 0.024 \ln F - 0.00376 U + 0.0045 H$$

در رابطه فوق H میانگین رطوبت نسبی هوا بر حسب درصد، U میانگین سرعت باد بر حسب کیلومتر در روز و F فاصله طشتک از حاشیه پوشش گیاهی احاطه کننده در جهت وزش باد می‌باشد.

متوسط K_p در طول ۱۰۰ روز فصل رویش برای طشتک‌های یاد شده بترتیب ۰/۷۷، ۰/۷۵، ۰/۶۹ و متوسط مقدار توصیه شده توسط FAO در همین دوره برابر ۰/۶۷ بود. مقایسه K_p های حاصله از طشتک‌های نصب شده در دو ارتفاع ۵۰ و ۸۰ سانتی‌متری مزرعه یونجه اختلاف معنی‌داری را بین آنها نشان داد اما اختلاف بین K_p های حاصله از طشتک نصب شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری و طشتک چمن معنی‌دار نشد. با توجه به این یافته و همچنین ساده و راحت‌تر بودن نصب و نگهداری طشتک در مزرعه یونجه، می‌توان پیشنهاد کرد که اگر هدف از نصب طشتک برآورد تبخیر و تعرق فصلی باشد. به جای نصب طشتک در داخل چمن که پرهزینه و مشکل‌تر است از طشتک نصب شده در ارتفاع ۵۰ سانتی‌متری مزرعه یونجه (با توجه به حداکثر ارتفاع گیاه در این تحقیق که برابر ۶۴ سانتی‌متر بود) برای برآورد E_{To} استفاده شود. بدیهی است اظهار نظر دقیق‌تر در این مورد نیاز به بررسی‌های بیشتری خواهد داشت.

K_p های هفتگی حاصله از طشتک نصب شده در داخل چمن در ماه‌های تابستان عموماً بیش از مقادیر توصیه شده توسط FAO بود در حالیکه در مهرماه عکس این مطلب اتفاق افتاد. براساس نتایج این آزمایش متوسط K_p های توصیه شده توسط FAO در حدود ۰/۱ واحد کمتر از ارقام حاصله از طشتک چمن می‌باشد. اگر این تفاوت همیشگی و واقعی باشد انتخاب رقم ۰/۶۷ توصیه شده در مقایسه با ۰/۷۷ بدست آمده برای منطقه باعث می‌شود که تبخیر و تعرق در حدود ۱۳ درصد کمتر از مقدار واقعی برآورد گردد و بالطبع می‌تواند منجر به نوعی کم آبیاری و در نتیجه ایجاد تنش در گیاه بشود.

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد و استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی، استادیار گروه جغرافیای طبیعی دانشکده علوم انسانی و اجتماعی و استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

()

تخریب ساختمانی و در نتیجه کاهش هدایت آبی خاک‌های شور و خاک‌های شور و سدیمی تحت تأثیر دو فرآیند تورم (Swelling) و پراکنش (Dispersion) کانیهای رسی می‌باشد. تأثیر غلظت نمک و یون سدیم بر روی کاهش هدایت آبی خاک به این صورت است که هرچه غلظت املاح محلول در آب کمتر و میزان سدیم قابل تبادل بیشتر باشد، کاهش هدایت آبی و تخریب ساختمانی خاک نیز زیاده‌تر خواهد بود. در بین خصوصیات خاکی، عواملی چون نوع و میزان رس عوامل اصلی مؤثر در تورم و پراکنش کانیهای رسی خاک بوده و عوامل دیگری چون ماده آلی خاک و نیز مواد معدنی چون آهنک، گچ و اکسیدهای آبدار آهن و آلومینیم اثر تعدیل کننده بر روی فرآیندهای فوق‌الذکر اعمال می‌نمایند.

اگرچه مقدار ماده آلی در اکثر خاک‌های معدنی نسبتاً کم است، لیکن وجود حتی همین مقدار جزئی ماده آلی تأثیر زیادی بر خصوصیات فیزیکی خاک دارد. ماده آلی بعنوان یک عامل پیوند دهنده در نگهداری ذرات اولیه خاک برای تشکیل خاکدانه‌ها عمل نموده و ساختمان خاک را حفظ می‌نماید. تفاله ریشه شیرین بیان که بعنوان یک محصول جنبی از کارخانه‌های تولید کننده پودر و عصاره شیرین بیان بدست می‌آید از جمله موادی است که می‌تواند بعنوان یک ماده اصلاح کننده بخصوص در خاک‌های شور و سدیمی مورد استفاده قرار گیرد. از تفاله ریشه شیرین بیان بعنوان یک ماده اصلاح کننده در بعضی نقاط، بخصوص مناطقی از استان فارس استفاده می‌گردد، ولی هنوز اثرات آن بر خصوصیات فیزیکی خاک بطور علمی مورد بررسی قرار نگرفته است.

با توجه به مطالب فوق‌الذکر برای روشن شدن اثرات اصلاحی این ماده آلی بر ساختمان و هدایت آبی خاک‌های شور و سدیمی این آزمایش انجام گردید.

در اجرای این آزمایش ابتدا مقادیر ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار از تفاله ریشه شیرین بیان به ۶ نمونه از خاک‌های سطحی مناطق مختلف استانهای فارس و کرمان افزوده شد و ضمن حفظ رطوبت خاک در حد ظرفیت مزرعه، نمونه‌ها به مدت ۵۰ روز در حرارت آزمایشگاه نگهداری شدند. بعد از خشک کردن، خرد کردن و گذراندن نمونه‌های فوق‌الذکر از الک ۲ میلیمتری، هدایت آبی نمونه‌ها تحت شرایط مختلف شوری و سدیمی مورد بررسی قرار گرفت. برای این کار در یک سری آزمایشات خاکشویی ستونهایی از این نمونه‌ها ابتدا با محلولهایی با غلظت ۱۰۰ میلی‌اکی والان در لیتر (کلرید سدیم + کلرید کلسیم) و نسبت‌های سدیم جذبی (SAR) ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ اشباع شده و سپس با آب مقطر شسته گردید و هدایت آبی آنها به عنوان شاخصی از وضعیت ساختمانی خاک به روش تعیین شاخص حساسیت (Sensitivity index) اندازه‌گیری گردید. همچنین از میزان رس خارج شده از نمونه‌ها بعنوان معیاری از میزان پراکنش و نیز از تغییرات حاصله در ارتفاع ستون خاک بعنوان تورم کانیهای رسی خاک استفاده گردید.

نتایج حاصله حاکی از آن است که :

۱- با توجه به اختلاف در خصوصیات خاک‌های آزمایشی از قبیل میزان رس، گچ، آهنک، ماده آلی و سایر خصوصیات، مقادیر شاخص حساسیت، درصد تورم و درصد پراکنش در آنها متفاوت بوده و مقادیر شاخص حساسیت این خاک‌ها از ۰،۳۸۷ تا ۰،۸۶۶ متغیر بود.

۲- افزایش نسبت سدیم جذبی محلول شستشو باعث کاهش مقادیر شاخص حساسیت شد و این کاهش توأم با افزایش در میزان رس خارج شده (یا به تعبیری پراکنش نسبی کانیهای رسی نمونه‌های خاک) و کاهش در ارتفاع ستون خاک (یا به تعبیری انقباض خاک) بوده است. مقادیر شاخص حساسیت برای سطوح ۵، ۱۰، ۱۵ و ۲۰ نسبت سدیم جذبی (صرفنظر

^۱ به ترتیب دانشجوی دکتری و استادیار بخش خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

از نوع خاک و میزان ماده آلی) به ترتیب برابر ۰،۸۱۰، ۰،۷۱۴، ۰،۵۴۸ و ۰،۴۲۵ بوده است. این نتایج نشان‌دهنده یک رابطه خطی بین شاخص حساسیت خاکهای آزمایشی و سطوح مختلف SAR بصورت زیر می‌باشد:

$$y = 0.941 - 0.025x \quad R^2 = 0.33^{***}$$

که در آن y مقدار شاخص حساسیت و x سطح SAR است.

۳- کاهش در مقدار شاخص حساسیت (یا به تعبیری کاهش در هدایت آبی خاک) تحت تأثیر مکانیزم تورم نبوده بلکه تحت تأثیر مکانیزم پراکنش کانیهای رسی و در نتیجه فروریختگی ساختمانی (Slaking) و ایجاد ساختمان فشرده جدید بوده که در مقابل هدایت آب ایجاد اختلال نموده است و این خود توجه کننده علت کاهش در ارتفاع ستون خاکهای آزمایشی نیز می‌باشد.

۴- افزایش تقاله ریشه شیرین‌بیان تا میزان ۲۰ تن در هکتار اثرات سوء شوری و سدیم بر ساختمان خاک را تعدیل نموده، ضمن اینکه مصرف ۳۰ تن در هکتار از این ماده آلی اثر تعدیل‌کنندگی کمتری را نشان داد. افزایش تقاله ریشه شیرین‌بیان باعث کاهش درصد انقباض خاکهای آزمایشی گردید ولی تأثیر معنی‌داری بر درصد پراکنش رس نمونه‌ها نداشت.

۵- صرف‌نظر از سطح SAR و نوع خاک، افزایش مقادیر مختلف ماده آلی بر مقادیر شاخص حساسیت تأثیر افزایشی متفاوتی داشته و برای سطح ۰، ۱۰، ۲۰ و ۳۰ تن در هکتار تقاله ریشه شیرین‌بیان، مقادیر شاخص حساسیت به ترتیب برابر ۰،۶۱۱، ۰،۶۲۹، ۰،۶۵۹ و ۰،۶۲۵ بوده است. همانگونه که مشاهده می‌شود این روند افزایشی برای سطح ۲۰ تن در هکتار ماده آلی بالاترین تأثیر را نشان می‌دهد. با افزودن ۳۰ تن در هکتار آلی به خاک و افزایش نسبت سدیم جذبی احتمالاً به دلیل تشکیل مقدار بیشتری هیوماتهای سدیم ساختمان خاک به هم ریخته و در نتیجه باعث کاهش شاخص حساسیت در سطح ۳۰ تن در هکتار تقاله ریشه شیرین‌بیان گردیده است.

Sensitivity analysis of hydraulic Parameters in Simulation of unsaturated soil water Status

در دو دهه اخیر استفاده از مدل‌های شبیه‌سازی برای پیش‌بینی تغییرات رطوبت خاک در حل بسیاری از مسایل کشاورزی و محیط‌زیستی رواج پیدا کرده است. از این مدل‌ها به عنوان ابزاری در طرح‌های مختلف مدیریت کشاورزی و محیط‌زیست از قبیل طراحی شبکه‌های آبیاری و زهکشی و یا کنترل آلودگی آب‌های سطحی و زیرزمینی می‌توان بهره جست. شرط لازم برای استفاده بسیاری از این مدل‌ها امکان دسترسی به خصوصیات هیدرولیکی خاک یا به تعبیر دیگر رابطه پتانسیل ماتریک و محتوی رطوبت خاک (Soil water retention curve) و همچنین رابطه هدایت هیدرولیکی و رطوبت خاک (Hydraulic conductivity function) می‌باشد. مشکلات عملی در اندازه‌گیری مستقیم این پارامترها به علت ناهمگون بودن آنها نسبت به زمان و مکان، استفاده گسترده از این مدل‌ها را محدود می‌سازد. روش‌های تجربی پیشنهاد شده برای تخمین این پارامترها خالی از اشکال نبوده و مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که نتایج حاصله از این روش‌ها بالاخص در تخمین هدایت هیدرولیکی خاک غالباً از اطمینان لازم برخوردار نبوده است.

یکی از رایج‌ترین روش‌ها برای تخمین هدایت هیدرولیکی خاک که در بسیاری از مدل‌ها بکار رفته است روش کمپبل (Campbell) می‌باشد. هدایت در این مطالعه به منظور بررسی میزان حساسیت لازم در تخمین هدایت هیدرولیکی خاک، دامنه وسیعی از ضرایب فوق در مدل LEACHW بکار گرفته شده تا وضعیت رطوبتی خاک را در دو دوره مرطوب و خشک پیش‌بینی کند.

مطالعات در یک مزرعه تحقیقاتی وابسته به دانشگاه آلبرتا - کانادا انجام گرفت. مزرعه مورد نظر دارای خاک Grey luvisol می‌باشد. در طول فصل زراعی سال ۱۹۹۵ با استفاده از روش TDR تغییرات رطوبت خاک در لایه ۲۰ سانتیمتری سطحی در دو دوره مرطوب اول الی ششم ژوئیه و دوره خشک (۲۰ الی ۲۹ آگوست) در فواصل نیم ساعته اندازه‌گیری شد. بعلا وجود باران‌های شدید در طول دوره مرطوب این دوره برای ارزیابی وضعیت متغیر و دینامیک رطوبت در لایه سطحی خاک مورد توجه قرار گرفت. در عین حال دوره خشک برای نشان دادن تغییرات تدریجی رطوبت خاک در طول یک دوره کاهش تدریجی رطوبت انتخاب شد. به منظور ارزیابی حساسیت هیدرولیکی خاک مقادیر متنوعی از Ψ_e (پتانسیل ورود هوا)، b (شیب منحنی رطوبتی خاک) و همچنین K_s (هدایت هیدرولیکی خاک اشباع) در مدل LEACHW مورد استفاده قرار گرفت. و با استفاده از خصوصیات فیزیکی خاک که از مطالعات قبلی بدست آمده ضرایب هیدرولیکی با استفاده از روش Campbell برای لایه‌های مختلف محاسبه شد.

ترکیب‌های مختلفی از مقادیر ضرایب هیدرولیکی خاک برای شبیه‌سازی وضعیت رطوبت خاک در دوره‌های تعیین شده مرطوب و خشک بکار گرفته شد و سپس مقادیر شبیه‌سازی شده با اندازه‌گیری‌های مستقیم در مزرعه مورد مقایسه قرار گرفت. نتایج بدست آمده نشان داد که مقادیر پیش‌بینی شده بطور سیستماتیک با مقادیر رطوبت خاک که در مزرعه اندازه‌گیری شده متفاوت می‌باشد. از این بررسی نتیجه گرفته می‌شود که به منظور پیش‌بینی تغییر رطوبت خاک، بجای استفاده از مدل‌های پیچیده ریاضی که لازمه بکارگیری آنها در دسترس بودن مقادیر ناهمگون ضرایب هیدرولیکی خاک است می‌توان با استفاده از مقادیر فرضی ضرایب هیدرولیکی خاک روند کلی تغییرات رطوبت خاک نسبت به زمان را بدست آورد و

^۱ استادیار گروه آبیاری دانشگاه گیلان

سپس با استفاده از تعداد محدودی مقادیر اندازه‌گیری شده رطوبت خاک منحنی‌های بدست آمده را تصحیح کرد. با توجه به نیاز حداقل اطلاعات، این روش می‌توان بعنوان جایگزین مدل‌های رایج جهت تخمین رطوبت خاک مطرح شود. مقایسه مقادیر پیش‌بینی شده از روش پیشنهادی در این مطالعه با مقادیر اندازه‌گیری شده در دوره‌های مرطوب و خشک رضایت‌بخش بوده است.

منحنی مشخصه آب خاک یکی از ویژگیهای مهم فیزیکی خاک می باشد. تعیین آن در آزمایشگاه مستلزم نمونه برداری از خاک، انتقال نمونه به آزمایشگاه و آماده سازی نمونه و اندازه گیری های مختلف دارد. همگی نیاز به صرف وقت و هزینه قابل توجه دارند. به همین دلیل دانشمندان مدلهایی را برای پیش بینی این منحنی ارائه داده اند. برخی مدلها نیاز به بکارگیری پارامترهای تجربی دارند که تعیین یا تخمین آنها بدون اشکال نیست. برخی هم با داده های آزمایشگاهی سازگاری نداشت. در سال ۱۹۸۱ آریا و پاریس با توجه به مشابهت ظاهری شکل منحنی توزیع اندازه ذرات خاک و منحنی مشخصه آب خاک به این فکر افتادند که احتمالاً روابطی بین این دو منحنی باشد. نتیجه منجر به ارائه مدلی بصورت زیر شد که از روی بافت و جرم مخصوص ظاهری خاک منحنی مشخصه آب خاک تضمین می گردد:

$$\psi_1 = 0.31 R_i \left(4en_i^{1-\alpha/6} \right)^{1/2}$$

$$\theta_i = P_b \sum P_{vi}$$

P_{vi} ، n_i ، R_i ، Ψ_i به ترتیب پتانسیل ماتریک، شعاع ذرات، تعداد ذرات و رطوبت حجمی خاک در هر کلاس بوده و i تعداد کلاس اندازه ذرات است که از روی منحنی توزیع تجمعی اندازه ذرات خاک حاصل می شود. e نسبت پوکی است. به دلیل اینکه ذرات لزوماً کروی نبوده و بطور مرتب پشت سرهم نیستند ضریب α برای تصحیح این نقیصه منظور شده است و تنها مشکل مدل نیز یافتن یک ثابت فراگیر می باشد در تحقیقاتی که ارائه کنندگان مدل بر روی خاکهای مختلف داشتند عدد ۱،۳۸ برای a حاصل شد. هدف این تحقیق بدست آوردن و بررسی این ضریب برای خاکهای مورد مطالعه می باشد. برای این کار ۵ سری از خاکهای منطقه سراب (با توجه به تنوع بافت) انتخاب و در هر سری از هفت مکان نمونه های بهم خورده به صورت مرکب و بهم نخورده ($5.6 \times 4 \text{ cm}$) در سه تکرار انجام پذیرفت و در آزمایشگاه بوسیله سری غربالها و هیدرومتر منحنی توزیع اندازه ذرات خاک در سه تکرار رسم گردید. همچنین منحنی مشخصه آب خاک از طریق دستگاههای ستون آب آویزان و صفحات فشار در محدوده صفر تا ۱۵ بار بدست آمد. جرم مخصوص ظاهری با استفاده از نمونه های بهم نخورده جرم مخصوص حقیقی از روش پیکنومتر در سه تکرار و رطوبت اشباع با اشباع کردن نمونه ها در دیستکاتور تعیین گردید. آنگاه با توجه به مدل و با استفاده از منحنی توزیع اندازه ذرات خاک با انتخاب ضرایب مختلف برای α منحنی مشخصه آب خاک رسم گردید و با منحنی بدست آمده از آزمایشگاه مقایسه گردید. در نهایت مشاهده گردید که همان عدد ۱،۳۸ مناسب است و از نظر ظاهری و آماری (χ^2) اختلاف معنی داری مشاهده نگردید. اگر در آزمایشات مختلف این نتیجه تأیید گردد مدل ذکر شده می تواند مدل مناسبی برای تعیین این منحنی باشد.

^۱ به ترتیب مربی و استادیار دانشگاه تبریز

()

برای بررسی و مقایسه شدت نفوذ، نفوذ تجمعی و تعیین ضرائب مدلهای نفوذ (گرین و امپت، فیلیپ، کاستیاکف، کاستیاکف تعدیل شده و هورتون) با روشهای مختلف نفوذسنجی اعم از غرقابی و تحت فشار، پژوهشی در سال زراعی ۱۳۷۷ در مزرعه مرکز تحقیقات آذربایجان شرقی (خسروشهر) بصورت فاکتوریل و با طرح پایه بلوکهای کامل تصادفی در چهار تکرار اجرا گردید. فاکتور اول شامل چهار روش مختلف نفوذسنجی (بارانساز مصنوعی با دو شدت بارش ۲۰۰ و ۱۰۰ میلی‌متر بر ساعت، استوانه‌های مضاعف و آبپاش). فاکتور دوم شامل دو وضعیت سطح خاک (شخم خورده و شخم نخورده) و فاکتور سوم اندازه‌گیری با فواصل زمانی ۵ دقیقه بود.

میانگین نفوذ تجمعی بین روشهای مختلف نفوذسنجی اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد نشان داد. در زمین شخم خورده شدت نفوذ آب بخاک به روش استوانه مضاعف ۲ تا ۳ برابر شدت نفوذ با دیگر روشهای نفوذسنجی بود. نفوذ تجمعی در خاک شخم نخورده با روش استوانه مضاعف کمتر از دو روش دیگر بدست آمد. میانگین شدت نفوذ آب بخاک در کلیه روشهای نفوذسنجی در ۵ دقیقه اول نفوذ حدود ۲ برابر نفوذ در ۵ دقیقه‌های بعدی بود. شدت نفوذ و نفوذ تجمعی بارانساز مصنوعی با شدت بارش ۲۰۰ میلی‌متر بر ساعت در مقایسه با ۱۰۰ میلی‌متر بر ساعت ۲۶ درصد بیشتر بود. مقادیر شدت نفوذ و نفوذ تجمعی در هر دو شدت بارش بطور معنی‌داری کمتر از روش آبپاشی شد. برازش مدلهای مختلف نفوذ و همخوانی آنها با مشاهدات تجربی مورد ارزیابی و مقایسه قرار گرفت. در بین آنها مدل تجربی کاستیاکف بهترین برازش را با داده‌های تجربی بدست آمده در خاک منطقه نشان داد.

^۱ به ترتیب دانشجوی کارشناسی ارشد خاکشناسی و استادیار گروه خاکشناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز.

هدف از این تحقیق، ارائه مدل‌هایی برای پیش‌بینی رطوبت معادل ظرفیت مزرعه‌ای (FC) و رطوبت معادل پژمردگی (PWP) است. ۲۳ نمونه خاک از نقاط مختلف استانهای اصفهان و چهارمحال و بختاری تهیه شد. نمونه‌های خاک از اعماق ۰-۳۰ و ۳۰-۶۰ سانتیمتری تهیه و پس از آماده‌سازی‌های اولیه، درصد اندازه ذرات، درصد مواد آلی و CEC آنها اندازه‌گیری شد. جهت تعیین مقدار آب در پتانسیل‌های ۳۳- و ۱۵۰۰- کیلوپاسکال (به ترتیب FC، PWP) از دستگاه صفحه فشاری استفاده گردید. بین هریک از دو ضریب رطوبتی ذکر شده و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی اندازه‌گیری شده خاکها ابتدا رگرسیون‌های ساده و سپس چند متغیره صورت گرفت. تجزیه‌های آماری با استفاده از نرم‌افزار استات گراف انجام گردید.

تجزیه و تحلیل همبستگی ساده خطی نشان داد که بین درصد رطوبت در ظرفیت مزرعه با تمام پارامترها به جز درصد رس همبستگی معنی‌دار (در سطح ۰.۰۱) وجود دارد. از بین پارامترهای مورد مطالعه شن و ظرفیت تبادل کاتیونی بیشترین همبستگی را دارا می‌باشد. بین رطوبت FC و درصد رس همبستگی معنی‌داری مشاهده نگردید.

استفاده از رگرسیون چند متغیره مرحله به مرحله نشان داد که با وارد کردن درصد شن، ظرفیت تبادل کاتیونی و درصد ماده آلی و میزان همبستگی مدل چند متغیره افزایش می‌یابد. معادله زیر برای تخمین FC حاصل شد.

$$FC = 26.08 - 0.22\text{sand}\% + 0.6\text{OM}\% + 0.2\text{CEC} \quad r = 0.97$$

تجزیه و تحلیل همبستگی خطی ساده بین رطوبت نقطه پژمردگی دایم با هریک از پارامترهای فیزیکی و شیمیایی، نشان داد که PWP با درصد شن، درصد سیلت، درصد مواد آلی و ظرفیت تبادل کاتیونی همبستگی معنی‌دار (در سطح ۰.۰۱) دارد. رگرسیون چند متغیره مرحله به مرحله نشان می‌دهد که از روی ظرفیت تبادل کاتیونی، درصد سیلت و درصد مواد آلی به ترتیب وارد شدن آنها در مدل می‌توان PWP را از مدل زیر بدست آورد.

$$PWP = 268 + 0.13\text{silt}\% + 0.40\text{OM}\% + 0.29\text{CEC} \quad r = 0.95$$

به طور کلی نتیجه‌گیری می‌شود که با استفاده از خصوصیات فیزیکی یا شیمیایی خاکها که به طور روزمره اندازه‌گیری می‌شوند، می‌توان با اطمینان قابل قبول اقدام به تخمین آب قابل استفاده خاک نمود. برای افزایش اعتبار این مدل‌ها لازم است مطالعات مشابه در خاکهای متفاوت صورت گرفته و معادلات رگرسیونی با استفاده از اطلاعات بدست آمده از جامعه آماری جدید بهبود یابد.

^۱ به ترتیب مربی و استادیار گروه خاکشناسی، دانشگاه صنعتی اصفهان

اطلاعاتی که معمولاً در مطالعات حرکت آب در خاک مورد نیاز از دو نوع می‌باشند، مقدار آب خاک و وضعیت انرژی آب در خاک (پتانسیل ماتریک خاک). با اینکه می‌توان این دو را به طور مستقل اندازه‌گیری کرد ولی با یکدیگر رابطه دارند. این رابطه که تحت اثر پسماند قرار می‌گیرد با منحنی مشخصه آب خاک تعریف می‌شود. این منحنی اهمیت اساسی در فیزیک خاک دارد زیرا تأثیر ساختمان خاک، تخلخل، توزیع اندازه خلل و فرج و جذب سطحی را در وضعیت آب در خاک بیان می‌کند. وضعیت آب و تغییرات آن در نیمرخ خاک تعیین کننده جهت حرکت آب در خاک می‌باشد و در میزان حرکت آب در خاک و جذب آن بوسیله گیاه مؤثر است. منحنی مشخصه آب خاک در آزمایشگاه اندازه‌گیری شده و یا توسط مدلهایی از روی خواص فیزیکی خاک تعیین می‌گردد.

دانشمندان مختلف معادلات مختلفی برای تعیین منحنی مکش آب خاک ارائه نمودند. ونگنختن (۱۹۸۰) برای رسم منحنی مکش آب خاک معادلات زیر را ارائه نمود:

$$\theta = \theta_r + \frac{\theta_s - \theta_r}{[1 + (a - h)^n]^m}$$

θ_s و θ_r به ترتیب رطوبت حجمی اشباع و رطوبت حجمی باقی مانده خاک برحسب اعشار

h ، مکش آب خاک حسب سانتی‌متر

m و n و a ضرایبی که بشرح زیر بدست می‌آیند.

اگر شیب منحنی در نقطه عطف S_p و P نقطه‌ای باشد که در آن $\frac{\theta - \theta_r}{\theta_s - \theta_r} = 1/2$ است یا به عبارتی $\theta_p =$

$$\frac{\theta_s - \theta_r}{2}$$

$$S_p = \frac{1}{\theta_s - \theta_r} \left| \frac{d\theta}{d(\log h)} \right|$$

باشد در این صورت خواهد بود و با داشتن S_p می‌توان m را با معادلات زیر بدست آورد:

$$\frac{0.5755}{S_p} + \frac{0.1}{S_p^2} + \frac{0.025}{S_p^3} \quad S_p < 1 \Rightarrow m = 1 - \exp(-0.8 S_p) \quad S_p > 1 \Rightarrow m = 1 -$$

و برای تعیین a و n با معلوم بودن h_p داریم :

$$a = \frac{1}{h_p} (2^{\frac{1}{m}} - 1)^{1-m} \quad n = \frac{1}{1-m}$$

بخاطر دقیق بودن و کارائی زیاد معادله و نگنختن محققین زیادی روی این معادله کار کردند و داده‌های مکش آب خاک خود را با این مدل بیان نمودند.

در این تحقیق منحنی‌های مشخصه آب خاک در ۵۴ نمونه خاک و خصوصیات فیزیکی آنها در استان‌های فارس و خراسان اندازه‌گیری شد. سپس با توجه به مدل ونگنوختن ضرایب m و h_p که از ضرایب اصلی معادله فوق می‌باشند به کمک رگرسیون چند متغیره خطی به خصوصیات فیزیکی خاک نظیر درصد شن، چگالی ظاهری، درصد مواد آلی و مقدار رطوبت خاک در نقطه عطف منحنی ربط داده شد. به این ترتیب با m و h_p جدید می‌توان ضرایب دیگر یعنی a و n را تعیین نمود و با داشتن θ_f و θ_s می‌توان معادلات منحنی مشخصه آب خاک را بدست آورده و منحنی‌های مشخصه آب خاک را رسم کرد.

با مقایسه منحنی‌های بدست آمده از روش فوق و منحنی‌های بدست آمده از روش ونگنوختنی مشاهده شد که اختلاف بین این دو منحنی بسیار جزئی است و چون خاک‌های مورد آزمایش شامل طیف وسیعی از خاک‌های مناطق استان خراسان و استان فارس می‌باشند لذا می‌توان این مدل ساده‌تر و کاربردی‌تر را برای تعیین منحنی مشخصه آب خاک از نوع ونگنوختن بکار برد. برای آزمون کارایی معادله‌های تجربی ارائه شده، منحنی کامل مشخصه آب خاکی در منطقه باجگاه تخمین زده شده و نتیجه با منحنی اندازه‌گیری شده مقایسه گردید. نتایج نشان داد که منحنی کامل مشخصه آب خاک تخمینی اختلاف بسیار کمی با منحنی کامل مشخصه آب خاک اندازه‌گیری شده دارد.

اگر مجاری خاک به صورت استوانه‌ای منظور گردند از معادله پوازیه می‌توان شدت جریان آب را در خاک محاسبه کرد. پدیده مهمی که در جریان آب در خاک وجود دارد این است که سطح تماس آب با ذرات خاک زیاد می‌باشند. در اثر این تماس و تحت اثر لزجت آب در عبور از این منافذ، افت انرژی به وجود می‌آید. در این مقاله با منظور نمودن سطح ویژه خیس شده ذرات خاک، ضخامت آب در اطراف ذرات و کشش سطحی آب، منحنی مشخصه رطوبتی خاک توسط یک معادله بدست آمده است. با تغییر منحنی مشخصه رطوبتی خاک در آزمایشگاه، مقادیر سطح ویژه خیس شده ذرات خاک و توزیع ضخامت آب در اطراف ذرات آن، در رطوبتهای مختلف محاسبه گردید. سپس با منظور کردن سطح تماس آب با خاک و ضخامت آب در اطراف ذرات خاک، هدایت هیدرولیکی خاک در مقادیر مختلف رطوبت محاسبه شد.

نتایج حاصله از روش پیشنهادی برای ۱۹ نوع خاک با بافتهای مختلف از شن تا رس با مقادیر اندازه‌گیری شده مقایسه گردید و نتایج بدست آمده نشان داد که روش پیشنهادی در همه موارد هدایت هیدرولیکی را با دقت خوبی برآورد می‌کند.

برای تعیین دقیق تغییرات هدایت هیدرولیکی خاک در رطوبتهای مختلف لازم است که فقط هدایت هیدرولیکی خاک برای یک رطوبت (مثلاً رطوبت اشباع) اندازه‌گیری شود. بنابراین با روش پیشنهادی می‌توان با تعیین منحنی مشخصه آب خاک و اندازه‌گیری هدایت هیدرولیکی اشباع، هدایت هیدرولیکی خاک در رطوبتهای مختلف را با دقت زیادی تعیین نمود.

^۱ به ترتیب مربی و استاد بخش آبیاری دانشگاه شیراز

ANSWERS

...

فرسایش خاک یکی از بزرگترین معضلاتی است که امروزه با آن دست به گریبان هستیم از بین رفتن قشر روئی خاک که در دل آن گیاه می‌روید و حیات تجلی می‌یابد تنها نتیجه ظاهری فرسایش است و اگر به این نتیجه کاهش عمر مفید سدها و تأسیسات آبی، ایجاد پدیده سیل، رانش زمین و ... را اضافه نمائیم عمق مسأله هویداتر می‌گردد. اصولاً رابطه مستقیم و تنگاتنگی بین شدت فرسایش و مقدار رواناب حوزه‌های آبخیز وجود دارد و این رابطه دو طرفه است یعنی هرچه عوامل تشدید کننده فراهم‌تر باشد، مقدار آب جاری حوزه بیشتر می‌گردد و هرچه مقدار آب جاری بیشتر شود فرسایش نیز شدیدتر می‌گردد.

به منظور مدیریت بهینه حوزه‌های آبخیز لازم است تا به کارگیری ابزارهای لازم مقدار رواناب و به تبع آن رسوب خروجی از حوزه‌ها پیش‌بینی گردد و تا بتوان با اتخاذ تدابیری بهینه‌سازی را در مورد آنان به اجرا در آورد. در این پژوهش با استفاده از مدل رایانه‌ای ANSWERS برای حوزه‌های با مساحت ۳۶۲ هکتار، در محل دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز واقع در باجگاه در نزدیکی شیراز رواناب و رسوب خروجی از حوزه در سال آبی ۷۷-۱۳۷۶ برای ۵ واقعه بارندگی اندازه‌گیری گردید و نیز از ۳ واقعه بارندگی اندازه‌گیری شده در سال آبی ۷۶-۱۳۷۵ استفاده گردید و نیز داده‌های لازم برای مدل‌سازی بدست آمد و یا محاسبه گردید سپس این داده‌ها به مدل معرفی گردید و مدل‌سازی انجام گرفت و رواناب‌ها و رسوبات پیش‌بینی شده با داده‌های اندازه‌گیری شده مقایسه گردید تا دقت و صحت تخمین‌های مدل برآورد گردد. سپس معادله‌های مختلف نفوذ شامل معادله‌های گرین و امپنت، کوستیاکوف، هورتون، هولتان و فیلیپ به مدل اضافه گردیده و ویرایش‌های جدیدی از مدل ایجاد گردید و آنگاه برای ۸ بارندگی داده‌برداری شده توسط ویرایش‌های مختلف مدل رواناب و رسوب پیش‌بینی گردید و با داده‌های اندازه‌گیری شده مقایسه گردید.

نتایج حاصل نشان داد که مدل اصلی به خوبی می‌تواند رواناب و رسوب را پیش‌بینی نماید. ضریب‌های تعیین (R^2) بین ۰.۸۷ تا ۰.۹۸، که همگی توسط آزمون t در سطح ۱٪ معنی‌دار می‌باشند مؤید این نکته می‌باشد و نیز مشخص گردید که در وقایع بارندگی که متوسط شدت بارندگی کم می‌باشد مدل با معادله نفوذ فیلیپ بهترین جواب را می‌دهد و در وقایع بارندگی که متوسط شدت بارندگی بالا است مدل گرین و امپنت بهترین نتایج را به دست می‌دهد. در مورد رسوبات نیز همین نتایج صدق می‌نماید. همچنین برای کلیه بارندگی‌ها نسبت رسوب‌دهی حوزه (Sediment Delivery Ratio) محاسبه گردید. مقایسه ویرایش‌های مختلف مدل مقایسه زیر را در مورد معادله‌های نفوذ به دست می‌دهد.

مدل فیلیپ: تقریباً در تمامی موارد نتایج مناسبی را به دست می‌دهد و تنها در حالتی که متوسط شدت بارندگی بالا است نمی‌تواند به خوبی نفوذ را تبیین نماید اما در وقایع با متوسط شدت بارندگی کم بهترین تخمین را به دست می‌دهد. مدل هولتان: در این تحقیق نتوانسته است به خوبی جواب دهد و تنها در دو بارندگی ضریب‌های تعیین بالائی دارد. مدل هورتون: تنها در شرایطی که متوسط شدت بارندگی کم و یا زیاد می‌باشد پاسخ‌های مناسبی به دست می‌دهد و در شرایط متوسط شدت بارندگی نتوانسته تخمین‌های صحیحی بدست دهد. مدل کوستیاکوف: در تبیین نفوذ مانند معادله هولتان عمل می‌نماید. به طور کلی سه معادله هولتان، هورتون و کوستیاکوف تقریباً روند مشابهی را در تبیین نفوذ نشان می‌دهند.

^۱ به ترتیب دانشیار بخش آبیاری دانشگاه شیراز و دانشجوی کارشناسی ارشد بخش آبیاری دانشگاه شیراز

مدل گرین و امپنت : در حالتی که متوسط شدت بارندگی بالا است بهترین نتیجه را داده است.