



انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد نهم، شماره دوم، تابستان ۹۵
۵۷-۷۳
<http://ejcp.gau.ac.ir>



دانشگاه گوارز و منابع طبیعی

امکان‌سنجی استفاده از اضافه بار پتاسیم در تعیین پتاسیم قابل جذب در برخی مزارع گندم دیم استان گلستان

*مانیا یوسفی^۱، سیدعلیرضا موحدی نائینی^۲ و حسینعلی شمس‌آبادی^۳

^۱دانش‌آموخته کارشناسی ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۲دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، ^۳استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۳/۹/۲۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۸/۱۷

چکیده

سابقه و هدف: تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به‌شمار می‌رود. عرضه کافی و متعادل عناصر غذایی برای دستیابی به حداکثر بالقوه تولید ضروری می‌باشد. پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاهان می‌باشد، لذا آگاهی از وضعیت پتاسیم خاک در استفاده بهتر از کودهای پتاسیمی در مزارع ضروری است. چندین روش برای اندازه‌گیری پتاسیم خاک وجود دارد. استات آمونیوم در همه خاک‌ها برای عصاره‌گیری پتاسیم قابل استفاده گیاه از کارایی خوبی برخوردار نیست و هزینه بالای تترافنیل‌بران سدیم از مطلوبیت آن برای عصاره‌گیری نمونه‌های زیاد خاک می‌کاهد. با در نظر داشتن این مطلب که در خاک‌های لسی با سطح ویژه بالا در استان گلستان، روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم از دقت کمتری در مقایسه با روش عصاره‌گیری با تترافنیل‌بران سدیم برخوردار می‌باشد و از طرف دیگر استفاده از روش عصاره‌گیری با تترافنیل‌بران سدیم مستلزم صرف زمان و هزینه بالایی است، ما را بر آن می‌دارد تا روش دیگری جهت برآورد پتاسیم خاک اتخاذ نماییم که هم از دقت بیشتری برخوردار باشد و هم زمان و هزینه کمتری را در برداشته باشد. هدف از این تحقیق امکان‌سنجی استفاده از شاخص کم‌هزینه اضافه بار پتاسیم در تعیین پتاسیم قابل استفاده خاک در برخی مزارع گندم دیم استان گلستان با محدودیت قابلیت کاربری استات آمونیوم می‌باشد. پیش‌بینی عملکرد گندم دیم نیز با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی در یک واحد محدود مزرعه‌ای، جهت رسیدن به هدف نهایی کاربرد اضافه بار پتاسیم برای برآورد کود موردنیاز صورت گرفت.

*مسئول مکاتبه: yousefmania@gmail.com

مواد و روش‌ها: برای تحقق هدف مذکور قطعه زمینی به وسعت ۹۲۲ مترمربع واقع در مزرعه شماره ۱ دانشگاه کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در نظر گرفته شد. قطعه زمین مورد مطالعه به ۴۰ پلات مساوی تقسیم و در آن گندم دیم رقم، line17 کشت گردید. طی یک مرحله (قبل از کشت) نمونه خاک از هر ۴۰ پلات برداشت و جهت انجام تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک به آزمایشگاه خاک انتقال یافت. در زمان برداشت محصول، گیاهان هر پلات به‌طور مجزا برداشت گردید. پتاسیم توسط سه روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم، تترافنیل بران سدیم و اضافه بار پتاسیم اندازه‌گیری شد. از مدل شبکه عصبی مصنوعی جهت برآورد عملکرد پیش‌بینی شده استفاده گردید. در این مدل خروجی، عملکرد دانه و ورودی، پتاسیم اندازه‌گیری شده با سه روش فوق‌الذکر بود.

یافته‌ها: طبق نتایج به‌دست آمده، میزان همبستگی بین عملکرد دانه و سه عصاره‌گیر استات آمونیوم، تترافنیل بران سدیم و اضافه بار پتاسیم به ترتیب ۰/۶۲، ۰/۷۸ و ۰/۷۷ می‌باشد. بر همین اساس روش عصاره‌گیری با اضافه بار پتاسیم نسبت به روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم، از همبستگی بالاتری با عملکرد دانه، برخوردار است و نتایج نزدیکی را با روش عصاره‌گیر تترافنیل بران سدیم دارد.

نتیجه‌گیری: در خاک‌های مورد مطالعه روش عصاره‌گیری با اضافه بار پتاسیم نسبت به روش رایج (در منطقه مورد مطالعه) عصاره‌گیری توسط استات آمونیوم از دقت و کارایی بیشتری برخوردار است. در نتیجه با استفاده از روش اضافه بار پتاسیم و مصرف کود کمتر نه تنها افزایش عملکرد در واحد سطح؛ بلکه کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی را خواهیم داشت.

واژه‌های کلیدی: استات آمونیوم، اضافه بار پتاسیم، شبکه عصبی مصنوعی، گندم دیم، گلستان

مقدمه

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به‌شمار می‌رود. پتاسیم یکی از عناصر پر مصرف گیاه می‌باشد. بیش از ۸۰ آنزیم گیاهی برای فعالیت خود به پتاسیم نیاز دارند. با تعیین میزان پتاسیم قابل استفاده گیاه می‌توان درباره وضعیت پتاسیم خاک، مصرف یا عدم مصرف کود در مزارع تصمیم‌گیری نمود (۱۶).

تاکنون عصاره‌گیرهای مختلفی جهت بررسی سرعت و روند رهاسازی پتاسیم از خاک‌ها، کانی‌های رسی و اجزا خاک توسط محققین مختلف مورد استفاده قرار گرفته است. از میان این روش‌های عصاره‌گیری می‌توان به اسیدهای معدنی، اسیدهای آلی، تترافنیل بران سدیم، رزین تبادل کاتیونی، جریان الکتریسیته و نمک‌های معدنی اشاره نمود (۱۵). انتخاب یک روش شیمیایی یا عصاره‌گیر مناسب برای اندازه‌گیری یا برآورد مقدار ماده غذایی قابل استفاده خاک از ارکان اساسی هر نظام خاک آزمایشی بوده و در موفقیت و کارایی آن نقش به‌سزایی دارد (۲۳).

با توجه به تحقیقات انجام گرفته بر روی خاک‌های استان گلستان با رس غالب ایلیت، نتایج حاکی از آن می‌باشد که روش عصاره‌گیری توسط استات آمونیوم روش نامناسبی در این خاک‌ها بوده و از دقت کافی و لازم در برآورد مقدار پتاسیم قابل جذب گیاه برخوردار نمی‌باشد (۲، ۱۰، ۱۲، ۱۴). روش عصاره‌گیری توسط تترافنیل بران سدیم (در مدت زمان ۱ دقیقه) دقت بالایی در برآورد مقدار پتاسیم قابل جذب گیاه دارد (۱۲، ۱۴ و ۲۰)، لیکن به دلیل صرف زمان زیاد و هزینه بالای آن باعث شده تا از مطلوبیت این عصاره‌گیر به‌عنوان یک عصاره‌گیر پیشنهادی کاسته شود (۶). این نتایج محقق را وادار می‌سازد تا در پی روش اقتصادی مناسب دیگری برای اخذ نتیجه مطلوب‌تر و در عین حال دقیق‌تر باشد. با توجه به نتایج تحقیقاتی که در گذشته بر روی خاک‌های رحمت‌آباد گرگان صورت گرفته، نشان می‌دهد که استفاده از روش اضافه بار پتاسیم ممکن است شیوه امیدبخشی برای تخمین اقتصادی پتاسیم قابل استفاده گیاه با روش‌های جدید تجزیه و تحلیل اطلاعات باشد (۱۸).

طبق مطالعاتی که بر روی خاک‌های گرگان صورت گرفته نشان می‌دهد، بیشترین همبستگی با عملکرد گندم را پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط تترافنیل بران سدیم در مدت زمان ۱ دقیقه داشته و بعد از آن این همبستگی با روش عصاره‌گیری توسط اضافه بار پتاسیم بیشتر بوده و در نهایت کمترین همبستگی را با روش عصاره‌گیری استات آمونیوم با وجود مقادیر بالای به‌دست آمده (به دلیل سرعت کم پخشیدگی) داشته است (۲۴ و ۱۴). امینی و موحدی نائینی (۲۰۱۳) مشاهده نمودند که با وجود

مقادیر بالای پتاسیم اندازه‌گیری شده توسط عصاره‌گیر استات آمونیوم، کاربرد و مصرف کود پتاسیم در این خاک‌ها عملکرد گندم را افزایش می‌دهد. در مطالعه حاضر با پیروی از روش کشاورزی دقیق، زمین را شبکه‌بندی نموده و پتاسیم قابل جذب، توسط عصاره‌گیرهای مختلف تعیین می‌گردد. در نهایت عصاره‌گیری مناسب خواهد بود که در مزرعه و در فواصل کم، در شبکه‌ها بتواند مقدار پتاسیم را با دقت بالاتر و در عین حال با صرف هزینه کمتری ارزیابی نماید. اگر عصاره‌گیر بتواند در یک مزرعه کوچک جواب مناسبی بدهد، در مناطق دیگر که خاک‌ها متفاوت هستند نتیجه بهتری را نشان خواهد داد (۲).

گندم مهمترین غله دانه‌ای و همچنین گیاه زراعی می‌باشد که منبع اصلی تأمین کننده فیبر و کالری مورد نیاز است. گندم در کشور ما حدود نیمی از سطح زیر کشت را به خود اختصاص می‌دهد. به‌منظور افزایش کیفیت این محصول و برنامه کوددهی مؤثر و مناسب آن، شناسایی مراحل مختلف رشد گیاه و همچنین وضعیت عناصر مهم غذایی، ضروری می‌باشد (۱۳). کشاورزی دقیق یک سیستم ترکیبی مدیریت کشاورزی بر پایه بهینه‌سازی نهاده‌ها، حداکثرسازی تولیدات کشاورزی با کاربرد اطلاعات محصولات می‌باشد و یک فناوری پیشرفته و اصل مدیریتی است که به‌عنوان کشاورزی خاص مکانی نیز نامیده شده که تغییرات را در مزرعه تشخیص داده و میزان صحیح نهاده‌ها را در مکان درست و زمان مناسب به‌کار می‌برد (۹).

تغذیه پتاسیمی با روش‌های کشاورزی دقیق با استفاده از دستگاه‌های جاگذاری کود (اعمال متغیر مقدار کود) در نقاط^۱ GPS مستلزم تعیین میزان پتاسیم قابل استفاده است. با قرار دادن میزان مناسب کود در نقاط GPS در فواصل معین سیستماتیک (مثلاً فواصل یک متری)، با استفاده از دستگاه‌های ویژه جاگذاری کود، انتظار عملکرد بیشتر با مصرف کمتر کود وجود دارد. علاءالدین (۲۰۱۰) در دامنه وسیعی از خاک‌های استان گلستان با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ارتباط خوبی بین پتاسیم قابل عصاره‌گیری با تترافنیل بران سدیم، اضافه بار پتاسیم و درجه دانه‌بندی مشاهده نمود (۱). همکاران (۲۰۰۹)، در مدل‌سازی خصوصیات خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی رگرسیون چند متغیره و توابع انتقالی دریافتند پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی بهترین عملکرد را نسبت به سایر مدل‌ها دارد (۱۷). معماریان فرد و همکاران (۲۰۰۹) نیز در برآزش

1- Global Positioning System

توابع انتقالی ظرفیت تبادل کاتیونی خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی دریافتند که با استفاده از درصد رس، درصد اشباع و ماده آلی به عنوان ورودی در شبکه عصبی، ظرفیت تبدالی کاتیونی را نسبت به سایر مدل‌های رگرسیونی می‌توان با دقت بسیار بالاتری پیش‌بینی نمود (۱۸). هدف از این تحقیق امکان‌سنجی استفاده از شاخص کم هزینه اضافه بار پتاسیم با جذب پتاسیم و عملکرد گندم دیم است و با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، تأمین هدف نهایی کاربرد اضافه بار پتاسیم در برآورد کود مورد نیاز در کشاورزی دقیق را دنبال خواهد کرد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر پایه شبکه‌بندی زراعی و با پیروی از روش کشاورزی دقیق، در مزرعه شماره ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. پس از شخم با گاواهن برگردان‌دار و یک‌بار دیسک زدن، کشت گندم دیم به میزان ۲۵۰ کیلوگرم بر هکتار، توسط خطی‌کار با فاصله خطوط کاشت ۱۲ سانتی‌متر صورت گرفت. زمین زراعی به مساحت ۹۲۲ مترمربع به ۴۰ پلات ۲۳ مترمربعی (۴/۸×۴/۸) تقسیم و در ۵۴ نقطه از زمین مختصات با استفاده از GPS مشخص گردید که این نقاط گوشه‌های هر یک از پلات‌های آزمایشی بود. سه نمونه تصادفی خاک به روش نمونه‌برداری نقطه‌ای از عمق ۰-۳۰ سانتی‌متر سطحی خاک در مرحله قبل از کشت، از هر پلات برداشت و مخلوط گردید. نمونه‌های خاک بعد از هوا خشک شدن و نیز کوبیده شدن و عبور از الک ۲ میلی‌متری، جهت اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب در خاک مورد استفاده قرار گرفت. کود اوره به میزان ۳۰۰ کیلوگرم بر هکتار طی سه مرحله رشد گیاه (قبل از کشت، قبل از پنجه‌زنی و قبل از خوشه‌دهی) به میزان برابر به هر پلات به صورت جداگانه اعمال گردید. برداشت محصول به صورت دستی از ۴۰ پلات مورد آزمایش صورت گرفت و در کیسه‌های جداگانه قرار داده شد و جهت جدا نمودن کاه از دانه به خرمن کوب انتقال یافت. در نهایت نمونه‌های گندم به دست آمده توزین گردید. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر بافت خاک پس از اکسیداسیون مواد آلی (۸) و با روش هیدرومتری (۴) اندازه‌گیری شد. pH و قابلیت هدایت الکتریکی در عصاره گل اشباع (۱۹) و ظرفیت تبادل کاتیونی به روش استات سدیم با $pH=8/2$ ، درصد رطوبت در گل اشباع اندازه‌گیری شد (۵) و ماده آلی خاک به روش والکی و بلاک (۱۹۳۴) تعیین گردید (۲۵). نتایج حاصل در جدول (۱) ارائه شده است.

جدول ۱- تجزیه فیزیکی و شیمیایی نمونه مرکب خاک مزرعه.

Table 1. Physical and chemical analysis of Compound soil samples of farm.

نام کاربری Land use	نوع بافت Soil texture	رطوبت گل اشباع (درصد) SP(%)	ماده آلی (درصد) Organic matter(%)	PH(1:2)	EC (dSm ⁻¹)
زمین کشاورزی Farmland	لوم رسی سیلتی (Silty clay loam)	56.58	1.8	7.8	0.88

پتاسیم قابل استخراج با استات آمونیوم به شرح ذیل اندازه گیری شد. مقدار ۲/۵ گرم خاک هوا خشک را در لوله سانتریفیوژ ریخته و در ۳ نوبت به آن ۱۶/۵ میلی لیتر استات آمونیوم ۱ نرمال اضافه گردید. سپس به مدت ۱۰ دقیقه شیک و ۵ دقیقه با سرعت ۲۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید تا محلول رویی شفاف گردد. در نهایت محلول رویی را در یک بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری جمع آوری نموده و باقی حجم بالن با استفاده استات آمونیوم به حجم ۵۰ میلی لیتر رسانده شد. سپس پتاسیم موجود با دستگاه فلیم فتومتر AFP-100 Biotech Engineering Management Co. Ltd مدل قرائت شد (۲۱).

برای اندازه گیری پتاسیم قابل جذب خاک با عصاره گیر تترافنیل بران سدیم ۰/۵ گرم خاک عبور داده شده از الک ۲ میلی متری را وزن کرده و داخل لوله های دستگاه بلوک هضم ریخته و به آن ۳ میلی لیتر محلول استخراج که حاوی تترافنیل بران سدیم ۰/۲ مولار، کلرید سدیم ۱/۷ مولار و EDTA (اتیلن دی آمین تترا استیک اسید) ۰/۰۱ مولار می باشد، اضافه گردید. ۱ دقیقه پس از اضافه کردن این محلول عصاره گیر، به آن ۲۵ CC محلول حاوی ۰/۵ مولار کلرید آمونیوم و ۰/۰۵ مولار کلرید مس اضافه شد تا عمل عصاره گیری پتاسیم متوقف شود. سپس لوله های هضم حاوی این مواد را به مدت ۳۰ الی ۴۵ دقیقه روی دستگاه بلوک هضم گذاشته و دمای آن را روی ۱۵۰ سانتی گراد تنظیم کرده تا کاملاً رسوب نماید. پس از آن حجم این محلول را به ۵۰ CC رسانده و اجازه داده شد تا خاک رسوب کند و از محلول رویی ۲۰ CC برداشته و داخل لوله های سانتریفیوژ ریخته و به آن سه قطره اسید کلریدریک ۶ نرمال اضافه شد. سپس محلول مورد نظر با سرعت ۴۷۰۰ دور در دقیقه به مدت ۵ دقیقه سانتریفیوژ گردید. در انتها محلول زلال رویی را جدا کرده و پتاسیم موجود در آن به وسیله دستگاه فلیم فتومتر AFP-100 Biotech Engineering Management Co. Ltd اندازه گیری شد (۶).

برای اندازه گیری پتاسیم کل خاک در روش اضافه بار پتاسیم، مقدار ۵ گرم خاک هوا خشک و از الک ۲ میلی متری عبور و آن را توزین کرده و در لوله سانتریفیوژ ریخته و در سه نوبت به آن ۱۵

میلی لیتر نیترات آمونیوم نرمال اضافه گردید. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با دستگاه شیکر رفت و برگشتی با سرعت ۲۰۰ دور در دقیقه مخلوط شد و ۱۰ دقیقه با سرعت ۱۰۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ گردید تا محلول رویی شفاف شود. در نهایت محلول شفاف رویی را در یک بالن ژوژه ۵۰ میلی لیتری جمع آوری کرده و با نیترات آمونیوم نرمال به حجم رسانده، آنگاه پتاسیم را با دستگاه فلیم فتومتر Biotech Engineering Management Co. Ltd مدل AFP-100 قرائت شد (۳).

برای محاسبه میزان پتاسیم با روش فوق الذکر از فرمول زیر استفاده می گردد.

$$ni \equiv niT - Mwm_i$$

(mi) غلظت کاتیون پتاسیم در عصاره اشباع خاک، (niT) عصاره حاوی کل کاتیونها و آنیونها و (Mw) درصد رطوبت اشباع خاک می باشد. لذا عصاره گیری مانند روش اندازه گیری غلظت کل عناصر انجام گرفت، غلظت کاتیون پتاسیم در عصاره اشباع خاک، عصاره حاوی کل کاتیونها و آنیونها (توسط عصاره گیر نیترات آمونیوم) و رطوبت اشباع اندازه گیری شد (۱۱).

برای تجزیه آماری داده ها از نرم افزار SAS 9.3 استفاده شد. ابتدا نرمال بودن توزیع مشاهدات، همبستگی و رگرسیون آنها بررسی می شود. سپس با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی MATLAB R2011B، مدل سازی انجام گرفت.

نتایج و بحث

ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با سه نوع عصاره گیر متفاوت در مراحل قبل از کشت با عملکرد دانه گندم: همان طور که در جدول (۲) ملاحظه می گردد ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و پتاسیم با تترافنیل بران سدیم و اضافه بار پتاسیم که قبل از کشت اندازه گیری شدند، به ترتیب ۰/۷۸ و ۰/۷۷ می باشند. همبستگی عملکرد دانه با پتاسیم عصاره گیری شده توسط استات آمونیوم در مرحله قبل از کشت ۰/۶۲ به دست آمد، که کمتر از همبستگی عملکرد دانه با دو عصاره گیر یاد شده بود که با نتایج وفاخواه و همکاران (۲۰۱۰) و خوراشاهی و همکاران (۲۰۱۱) مطابقت دارد (۱۴، ۲۴). مطالعه ایگرت و همکاران (۱۹۹۶) در خاک های ایلاتی گواه این مطلب می باشد که عصاره گیر استات آمونیوم عصاره گیر مناسبی در این خاک ها نمی باشد (۱۰).

بر اساس مطالعه کاکس و همکاران (۱۹۹۶) عصاره گیری خاک توسط تترافنیل بران سدیم (در مدت زمان ۱ دقیقه) میزان پتاسیم قابل جذب ریشه را اندازه گیری می کند همبستگی بالاتری را با عملکرد گندم دیم نسبت به عصاره گیر استات آمونیوم نشان می دهد (۶). نتایج تحقیق پیش رو با مطالعات هاو لین و همکاران (۲۰۰۵) و خوراشاهی و همکاران (۲۰۱۱) که بر روی خاک هایی که رس

غالبشان ایلات می باشد تطابق داشت. کاکس و همکاران (۱۹۹۶) از معایب این روش به هزینه بالای تترافنیل بران سدیم اشاره نمودند که باعث گشته از مقبولیت آن در تعداد زیاد نمونه کاسته شود به ویژه در مطالعه حاضر که بر پایه کشاورزی پایدار و با استفاده از روش کشاورزی دقیق می باشد مهم می باشد که نیاز به نمونه گیری بیشتری از خاک جهت تحقق هدف مذکور داریم و از لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه به نظر نمی رسد.

اسپوزیتو (۲۰۰۸) روش جدیدی را تحت عنوان اضافه بار پتاسیم پیشنهاد نمود که نسبت به عصاره گیر استات آمونیوم در خاک های ایلاتی همبستگی بالاتری را با عملکرد نشان می دهد و در مقایسه با عصاره گیر تترافنیل بران سدیم از دقت کمتری برخوردار است اما این اختلاف به اندازه ای است که می توان، این روش را جایگزین مناسبی برای روش پرهزینه تترافنیل بران سدیم در نظر گرفت. طبق مطالعه ای که وفاخواه و همکاران (۲۰۰۵) بر روی خاک های لسی گرگان انجام داد این شیوه عصاره گیری پتاسیم توسط روش اضافه بار پتاسیم را شیوه رضایت بخشی اعلام نمود (۲۴) که نتایج مطالعات خوراشاهی و همکاران (۲۰۱۱) نیز گواه این مطلب بود که با نتایج به دست آمده در مطالعه حاضر تطابق دارد (۱۴). مقادیر عملکرد دانه گندم اندازه گیری شده در ۴۰ پلات آزمایشی به میزان حدقل ۲۹۹۹/۴۵، حداکثر ۴۵۸۵/۷۰، میانگین ۳۶۹۵/۴۲ کیلوگرم در هکتار و با انحراف معیار ۳۹۵/۷۳ به دست آمد.

جدول ۲- ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با سه نوع عصاره گیر متفاوت (در مرحله قبل از کشت) با عملکرد دانه.

Table 2. Correlation coefficients between the available soil potassium different forms whit several extractor (Before planting) with grain yield.

	عصاره گیر (extractor) 1	عصاره گیر (extractor) 2	عصاره گیر (extractor) 3	عملکرد دانه (Grain yield) 1
1 پتاسیم عصاره گیری شده با استات آمونیوم Potassium extracted with Ammonium acetate	1			
2 پتاسیم عصاره گیری شده با تترافنیل بران سدیم Potassium extracted with sodium tetra-phenyl boron	0.51**	1		
3 پتاسیم عصاره گیری شده با اضافه بار پتاسیم Potassium extracted with potassium excess	0.54**	0.70**	1	
4 عملکرد دانه Grain yield	0.62**	0.78**	0.77**	1

در جدول (۴) مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین غلظت‌های پتاسیم اندازه‌گیری شده در ۴۰ پلات می‌باشد. غلظت پتاسیم توسط دو عصاره‌گیر تترافنیل بران سدیم و استات آمونیوم بر حسب میلی‌گرم بر کیلوگرم و اضافه بار پتاسیم بر حسب میلی‌اکی والان در ۱۰۰ گرم آورده شده است.

جدول ۳- پتاسیم با اشکال متفاوت با چند عصاره‌گیر مختلف در زمان قبل از کشت.

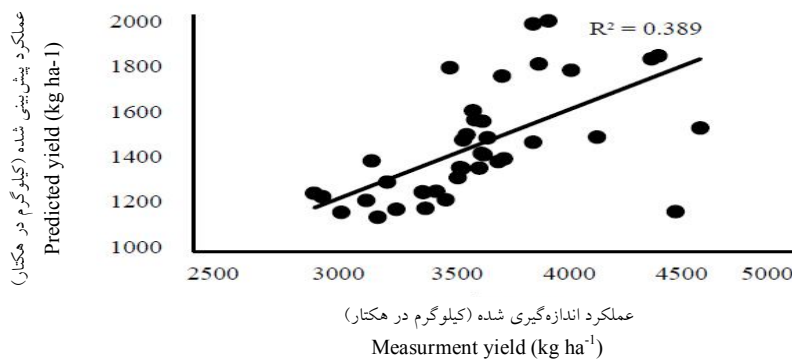
Table 3. Potassium different forms whit several extractor before planting.

اشکال پتاسیم Potassium forms	K (NH ₄ OAC)	K (NaTPB)	K (water)	K (SEC)	K (NH ₄ No ₃)
شاخص‌های آماری Statistics	(mg kg ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)	(mg l ⁻¹)	(meg 100gr ⁻¹)	(mg kg ⁻¹)
حداقل Minimum	408.16	180.25	17.8	0.46	181.71
حداکثر Minimum	717.21	483.93	58.3	1.53	597.38
میانگین Average	520.43	310.88	29.49	0.76	299.32
انحراف معیار Standard deviation	87.78	68.86	9.52	0.25	97.50

K(NH₄OAC): مقدار پتاسیم به‌دست آمده توسط عصاره‌گیر استات آمونیوم، K(NaTPB): مقدار پتاسیم به‌دست آمده توسط عصاره‌گیر تترافنیل بران سدیم، K(water): مقدار پتاسیم به‌دست آمده در عصاره خاک، K(SEC): مقدار پتاسیم به‌دست آمده توسط عصاره‌گیر اضافه بار پتاسیم، K(NH₄No₃): مقدار پتاسیم به‌دست آمده توسط عصاره‌گیر نیترات آمونیوم.

در رگرسیون خطی و شبکه عصبی به‌ترتیب زیر عمل شد: با توجه که مطالعاتی که در گذشته با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی، همچون علاءالدین (۲۰۱۰) صورت گرفته نشان می‌دهد که با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی ارتباط خوبی بین پتاسیم قابل عصاره‌گیری با تترافنیل بران سدیم، اضافه بار پتاسیم و درجه دانه‌بندی مشاهده می‌شود (۱). مهربانیان و همکاران (۲۰۰۹) نیز در مدل‌سازی خصوصیات خاک با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی رگرسیون چند متغیره و توابع انتقالی دریافتند پیش‌بینی ظرفیت تبادل کاتیونی با استفاده از شبکه عصبی مصنوعی بهترین عملکرد را نسبت به سایر مدل‌ها دارد (۱۷). معماریان فرد و همکاران (۲۰۰۹) نیز در برآزش توابع انتقالی ظرفیت تبادل

کاتیونی خاک با استفاده از شبکه‌های عصبی مصنوعی دریافتند که با استفاده از درصد رس، درصد اشباع و ماده آلی به‌عنوان ورودی در شبکه عصبی مصنوعی، ظرفیت تبادل کاتیونی را نسبت به سایر مدل‌های رگرسیونی می‌توان با دقت بسیار بالاتری پیش‌بینی نمود (۱۸). با در نظر داشتن مطالعات انجام گرفته ما را بر آن داشت تا از نرم‌افزار شبکه عصبی مصنوعی برای مطالعه پیش‌رو در مقایسه با رگرسیون خطی ساده استفاده نماییم. به جهت درک بهتر نتایج، مدل رگرسیون خطی را مدل شماره "یک"، مدل شبکه عصبی مصنوعی را مدل شماره "دو" و مدل‌هایی که ورودی آن، پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم بود را "الف"، پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترافیل بران سدیم را "ب" و پتاسیم عصاره‌گیری شده با اضافه بار پتاسیم را "ج" نام‌گذاری نمودیم. در مدل شماره (یک-الف) با استفاده از نرم‌افزار SAS و با استفاده از اطلاعات ۴۰ نمونه خاک، ورودی، پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط استات آمونیوم در زمان قبل از کشت و خروجی، عملکرد دانه قرار داده شد.



شکل ۱- رگرسیون عملکرد اندازه‌گیری شده با پیش‌بینی شده (مدل شماره یک-الف).

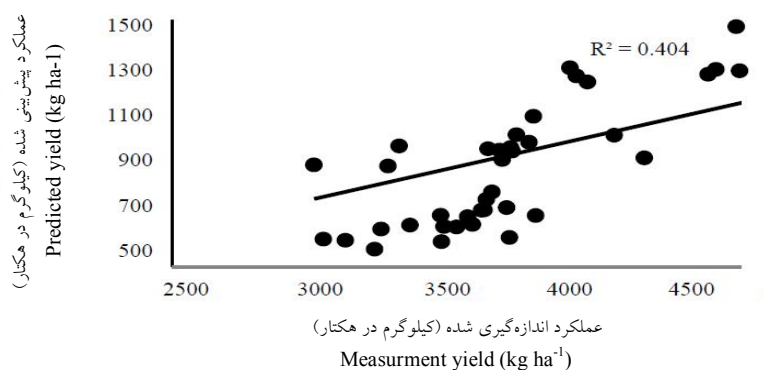
Figure 1. Regression as measured by the predicted yield (model1-a).

۲/۸۱۰۰۸ × پتاسیم به‌دست آمده توسط عصاره‌گیر استات آمونیوم = میزان عملکرد گندم

$$R^2 = 0.38, RMSE = 2253.74, n=40, P < 0.01$$

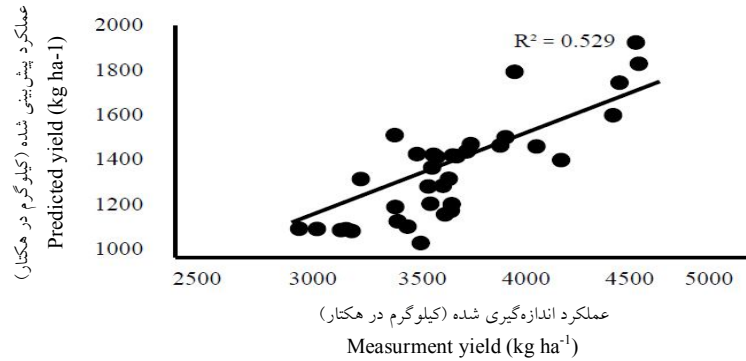
همان‌طور که در شکل (۱) مشاهده می‌شود همبستگی پایینی (۳۸ درصد و $P < 0.01$) بین عملکرد اندازه‌گیری شده و عملکرد پیش‌بینی شده با این روش به‌دست آمد که نشان می‌دهد عصاره‌گیر استات آمونیوم، عصاره‌گیر مناسبی برای خاک‌های لسی مورد مطالعه نمی‌باشد (۲۴ و ۱۴). در مدل شماره (دو-

ب) با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و نیز اطلاعات ۴۰ نمونه خاک، ورودی، پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم و خروجی، عملکرد دانه قرار داده شد. برای تمامی مدل‌ها شبکه عصبی تعداد ۳۴ نمونه را training و تعداد ۶ نمونه برای test استفاده شد. رابطه عملکرد با پتاسیم خاک با شبکه عصبی در ماتریس‌هایی در حافظه کامپیوتر موجود است که قابل ارائه نیست. در شبیه‌سازی نیز، شبکه انتخاب شده MLP بوده است.



شکل ۲- رابطه عملکرد اندازه‌گیری شده با پیش‌بینی شده با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مدل شماره دو- الف).
Figure 2. The relationship between the predicted and measured yield using artificial neural network (model 2-a).

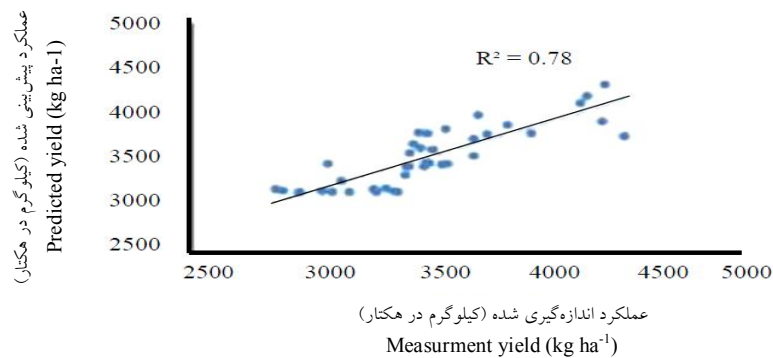
در این مدل، R_{test} ۰/۹۶ و میزان میانگین جذر مربعات خطا (RMSE) در آن ۲۸۷/۳۶ می‌باشد. همچنین با دقت R^2 ۰/۴۴ توانایی برآورد و تخمین میزان عملکرد با استفاده از پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیر استات آمونیوم را دارا می‌باشد (شکل ۲). در مدل شماره (یک- ب) با استفاده از نرم‌افزار SAS و اطلاعات ۴۰ نمونه خاک، ورودی، پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترانیل بران سدیم و خروجی، عملکرد دانه قرار داده شد.



شکل ۳- رگرسیون عملکرد اندازه گیری شده با پیش بینی شده (مدل شماره یک- ب).
Figure 3. Regression as measured by the predicted yield (model 1-b).

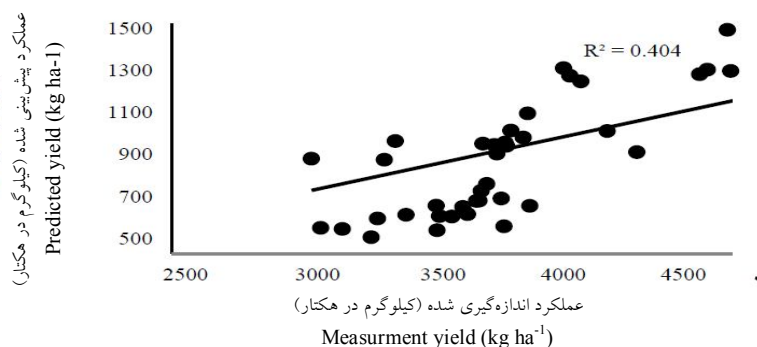
۴/۵۳۰۳۳ پتاسیم به دست آمده توسط عصاره گیر تترافنیل بران سدیم = میزان عملکرد گندم
 $R^2 = 0.52$, $RMSE = 2299/629$, $n=40$, $P<0.01$

همان طور که در شکل (۳) مشاهده می شود بین عملکرد اندازه گیری شده و عملکرد پیش بینی شده با این روش همبستگی (۵۲ درصد و $P<0.01$) وجود دارد و نشان می دهد که عصاره گیر تترافنیل بران سدیم نسبت به عصاره گیر استات آمونیوم در خاک های مورد مطالعه عصاره گیر مناسب تری می باشد (۲۴ و ۱۴). در مدل شماره (دو- ب) با استفاده از نرم افزار MATLAB و اطلاعات ۴۰ نمونه خاک، ورودی، پتاسیم عصاره گیری شده توسط تترافنیل بران سدیم و خروجی، عملکرد دانه قرار داده شد.



شکل ۴- رابطه عملکرد اندازه گیری شده با پیش بینی شده با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی. (مدل شماره دو- ب).
Figure 4. The relationship between the predicted and measured yield using artificial neural network (model 2-b).

در این مدل، R_{test} ۰/۹۹ و میزان میانگین جذر مربعات خطا (RMSE) در آن ۱۷۸/۲۸ می‌باشد. همچنین این شبکه با دقت (R^2) ۰/۷۸ توانایی برآورد و تخمین میزان عملکرد با استفاده از پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیر تترافنیل بران سدیم را دارا می‌باشد (شکل ۴). مدل شماره (یک-ج) با استفاده از نرم‌افزار SAS و اطلاعات ۴۰ نمونه خاک، ورودی را پتاسیم عصاره‌گیری شده با اضافه بار پتاسیم و خروجی را عملکرد دانه قرار دادیم.



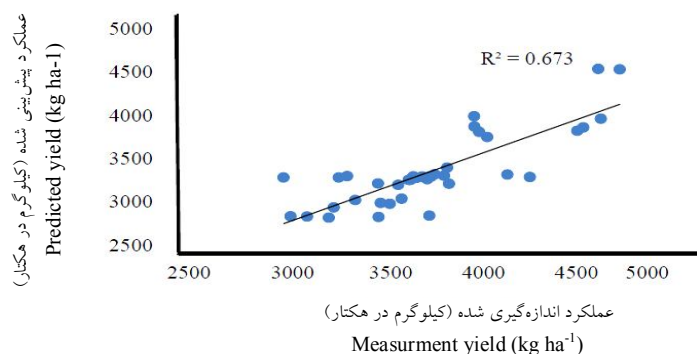
شکل ۵- رگرسیون عملکرد اندازه‌گیری شده با پیش‌بینی شده (مدل شماره یک-ج).

Figure 5. Regression as measured by the predicted yield (model 1-c).

۱۲۲۷/۳۶۴۷۱ پتاسیم به دست آمده توسط عصاره‌گیر اضافه بار پتاسیم = میزان عملکرد گندم

$$R^2 = 0/40, RMSE = 2764/456, n = 40, P < 0/01$$

همان‌طور در شکل ۵ مشاهده می‌شود بین عملکرد اندازه‌گیری شده و عملکرد پیش‌بینی شده با این روش همبستگی (۴۰ درصد و $P < 0/01$) وجود دارد. در مدل شماره (دو-ج) با استفاده از نرم‌افزار MATLAB و اطلاعات ۴۰ نمونه خاک، ورودی، پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط عصاره‌گیر اضافه بار پتاسیم و خروجی، عملکرد دانه می‌باشد.



شکل ۶- رابطه عملکرد اندازه‌گیری شده با پیش‌بینی شده با استفاده از مدل شبکه عصبی مصنوعی (مدل شماره دو-ج).
Figure 6. The relationship between the predicted and measured yield using artificial neural network (model 2-c).

در این مدل، R_{test} ۰/۹۸ و میزان میانگین جذر مربعات خطا (RMSE) در آن ۲۲۴/۸۲ می‌باشد. همچنین این شبکه با دقت (R^2) ۰/۶۷ توانایی برآورد و تخمین میزان عملکرد با استفاده از پتاسیم قابل استفاده با عصاره‌گیر اضافه بار پتاسیم را دارا می‌باشد (شکل ۶).
با توجه به نتایج حاصل از دو مدل رگرسیون خطی و شبکه عصبی مصنوعی مشاهده می‌گردد که مدل شبکه عصبی مصنوعی به مراتب دارای دقت بیشتر و خطای کمتری در برآورد و تخمین میزان عملکرد با استفاده از پتاسیم قابل استفاده خاک نسبت به مدل رگرسیون خطی می‌باشد.

نتیجه‌گیری کلی

روش عصاره‌گیری با استات آمونیوم در خاک‌های مورد مطالعه از همبستگی و دقت کمتری با عملکرد دانه در مقایسه با روش عصاره‌گیری با تترافنیل بران سدیم برخوردار می‌باشد؛ و از طرف دیگر استفاده از روش عصاره‌گیری با تترافنیل بران سدیم مستلزم صرف زمان و هزینه بالایی است و محقق را بر آن می‌دارد تا روش دیگری جهت برآورد پتاسیم خاک اتخاذ نماید که هم از دقت بیشتری برخوردار باشد و هم زمان و هزینه کمتری را در برداشته باشد. نتایج جدول ۲ نشان داد که پتاسیم عصاره‌گیری شده با روش اضافه بار پتاسیم، همبستگی بالاتری را با عملکرد در مقایسه با پتاسیم عصاره‌گیری شده با استات آمونیوم داشته است. به‌نظر می‌رسد استات آمونیوم، عصاره‌گیر مناسبی برای اندازه‌گیری پتاسیم خاک‌های مورد آزمایش نمی‌باشد و از آنجایی که خاک موردنظر غنی از پتاسیم

تبادلی کندرها می‌باشد، تعیین پتاسیم قابل استفاده در این خاک‌ها با استفاده از عصاره‌گیر اضافه بار پتاسیم روش مناسب‌تری است. در نتیجه با استفاده از روش کم هزینه اضافه بار پتاسیم در تعیین پتاسیم قابل استفاده خاک می‌توان برآورد دقیق‌تری از میزان پتاسیم خاک به دست آورد و نیز می‌توان با مصرف کود کمتر در مدت زمان کوتاهی مشکل کمبود پتاسیم را در اراضی یاد شده تا حد زیادی مرتفع نمود.

منابع

1. Alaedin, M. 2010. The physical and chemical parameters affecting resorbable potassium in some soils of Golestsn and Tehran provinces. M.Sc. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
2. Amini, S., and Movahedi Naeini, S.A.R. 2013. Effects of paper sludge application physical properties of an Illitic loess slowly swelling soil with high specific surface area and wheat yield in a temperate climate. *Agr. Sci. J.*, 5(1): 293-313.
3. Bolt, G.H., and Bruggenwert, M.G.M. 1976. *Soil Chemistry, Part A. Basic Elements*. Elsevier Scientific Publishing Company, Amsterdam. 281p.
4. Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. *Agr. J.*, 54: 464 - 465.
5. Chapman, H.D. 1965. Cation-exchange capacity. In: C.A. Black et al. (ed.) *Method of Soil Analysis. Part 2. Agron. Monogr. 9. ASA*.
6. Cox, A.E., Joern, B.C., and Roth, B.C. 1996. Nonexchangeable ammonium and potassium determination in soils with a modified sodium tetraphenylboron method. *WI: Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 60: 10-17.
7. Darunsontaya, T., Suddhiprakarn, A., Kheoruenromne, I., and Prakongkep, N. 2012. The forms and availability to plants of soil potassium as related to mineralogy for upland Oxisols and Ultisols from Thailand. *Geoderma*, 170: 11-24.
8. Day, P.R. 1955. *Methods of soil Analysis. Part I. Agronomy Madison, WI.*, Pp: 545-567.
9. Doede, S., Achemir, R., Vanmeter, K., Flora, J., and Webb, C.A.E. 2008. Precision agriculture technology program. Oklahoma State University, instate of technology.
10. Eckret, D.J., and Watson, M.E. 1966. Integrating mehlich extractant into existing soil test interpretation schemes. *Commun. Soil. Sci. Plant Ann.* 27: 1237-1249.
11. Esposito, G. 2008. *The Chemistry of Soils*, Oxford University Press, 2nd edition.

15. Haby, V.A., Russelle, M.D., and Skogley, E.O. 1990. Testing soils for potassium, calcium and magnesium. In: S.H. Mickelson (Ed.), Soil Testing and plant analysis. Madison. WI., USA. P: 181-227.
12. Havlin, J.L., Beaton, J.D., Tisdale, S.L., and Nelson, W.L. 2005. Potassium, 7th ed. Soil Fertility and Fertilizers: An Introduction to Nutrient Management, Pp: 199–218. Upper Saddle River, New Jersey. Illite dominance in clay fraction and the effects of Azotobacter and vermicompost on wheat yield, potassium uptake and tissue concentration. Plant Prod Sci. J., 16: 4.76-59. (In Persian)
13. Keshavarz, A., Jalali, A., Dehghani, M.R., Hamid Nezhad, A.B., Sadri, M., Heydari, B., and Mohsenin, A.M. 2001. The plan of increasing yield and production of irrigated and dryland wheat. Ministry of Agriculture Jihad. Tehran. Iran. (In Persian)
14. Khorashahi, M., Movahedi Naini, S.A., Mashayekhi, K., and Zeynahl, E. 2011. Effect of different levels of Potassium fertilizer on Potassium concentration and dryland wheat yield in soil with high specific. National Conference on Sustainable Agriculture and Natural Resources. (In Persian)
15. Malakouti, M.J., and Homaei, M. 1993. Dry Lands Soil Fertility. Tarbiat Modarres University Press. (In Persian)
16. Martin, W.H., and Sparks, D.L. 1985. On the behavior on nonexchangeable potassium in soil. Commun Soil Sci., J. 16: 133-162.
17. Mehrabian, M., Taghi Zadeh, R., Dehghani, F., and Zamanian, K. 2009. Modeling of soil properties using the Artificial Neural Network Multivariable. Proceedings of 11th Iran Congress of Soil Science. (In Persian)
18. Memariyan Fard, A., Talebi Zadeh, A., Begi, H., Mohamadi, J., Salehi, M.H. 2009. Fitting soil cation exchange capacity (CEC) alienable functions using Artificial neural networks. Proceedings of 11th Iran Congress of Soil Science. (In Persian)
19. Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney, D.R. 1992. Methods of Soil Analysis, In: II. Physical and Properties. SSSA Pub. Madison. 1750p.
20. Rao, C.S., and Takker, P.N. 1997. Evaluation of different extractants for measuring the soil potassium and determination of critical levels for plantavailable K in semectitic soils for sorghum. Indian. J. Soc. Soil Sci., 45: 113-119.
21. Rowell, D.L. 1995. Soil Science: methods and Application. Longman Group, Harlow, UK.
22. Smith, S.J., and Scott, A.D. 1966. Extractable potassium in grundite corn. Agron. J., 84: 850-856.
23. Tofigh, H. 1999. Comparision of Four Chmeical Extrants for Estimation of Available Potassium in Paddy Soil of North of Iran. Iran. J. Agric. Sci., 30: 3. 632-647. (In Persian)

24. Vafakhah, M., Movahedi naeini, S.A., Zeinali, E., and Ghasemi chapi, O. 2010. Determination a suitable available potassium extractant and their correlation coefficient with wheat yield in soil dominated by illite in clay fraction. Second National Conference on agriculture and sustainable development, opportunities and challenges ahead. (In Persian)
25. Walkey, A., and Black, I.A. 1934. An examination of Degtjareff method for determination soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid in soil analysis. I. Exp. J. Soil Sci., 79: 459-465.

