نشریه پژوهش‌های تولید گیاهی
جلد بیست و دوم، شماره سوم، ۱۳۹٤
http://jopp.gau.ac.ir

بررسی رابطه مکانی توزیع پتاسیم خاک با صفات رشدی و عملکرد گندم دیم

مانیا یوسفی[1]*، سیّد علی‌رضا موحّدی نائینی[2] و حسینعلی شمس‌آبادی[3]

[1]دانش‌آموخته کارشناسی‌ارشد گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [2]دانشیار گروه علوم خاک، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، [3]استادیار گروه مهندسی مکانیک بیوسیستم، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

تاریخ دریافت: ۹۳/۹/۲۲ ؛ تاریخ پذیرش: ۹٤/۵/۵

چکیده

سابقه و هدف: با توجه به اهمیت کشت گندم در کشور و بالا بودن سطح کشت و میزان مصرف این محصول و همچنین زیاد بودن هزینه‌های کوددهی و اثرات مخربی که کودهای مورد استفاده محیط به‌جا می‌گذارند؛ شناسایی و مطالعه نیاز گندم به کودهای موردنیاز در مراحل مختلف رشد ضروری به‌نظر می‌رسد. مصرف مقدار مناسب کود بر اساس نقاط GPS (سیستم موقعیت یاب جهانی) و پیروی از روش کشاورزی دقیق موجب افزایش عملکرد در واحد سطح و کاهش مصرف کود و کاهش آلودگی‌های زیست‌محیطی ناشی از استفاده بیش از حد کودهای شیمیایی خواهد شد. طبق تحقیقات گذشته در خاک‌های مختلف، گیاهان حساسیت متفاوتی را نسبت به کمبود پتاسیم نشان می‌دهند. بنابراین، می‌توان با شناخت دقیق و نقطه به نقطه مزرعه، شرایط مزرعه را بررسی و در جهت اصلاح و یکنواختی مزرعه گام برداشت. هدف از اجرای این تحقیق، بررسی رابطه مکانی توزیع پتاسیم در خاک با صفات رشدی و عملکرد گندم در شرایط دیم می‌باشد.

*مسئول مکاتبه: yousefimania@gmail.com

مواد و روش‌ها: برای اجرای این طرح قطعه زمینی به مساحت ۹۲۲ مترمربع واقع در مزرعه شماره ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در نظر گرفته شد. زمین مورد مطالعه به ٤۰ کرت مساوی تقسیم و گندم دیم (لاین ۱۷) در آن کشت گردید. طی دو مرحله، قبل از کشت و قبل از خوشه‌دهی، نمونه‌های خاک از هر کرت برداشت و جهت انجام بررسی‌های مربوطه به آزمایشگاه انتقال یافت.

یافته‌ها: مشخص گردید که عملکرد و نیاز کودی در نقاط مختلف مزرعه مورد مطالعه یکسان نبوده و مستلزم اعمال کود به مقدارهای متفاوت در هر قسمت از زمین می‌باشد. بر اساس نتایج بررسی‌ها، کمینه و بیشینه میزان عملکرد به‌دست آمده در نقاط مختلف زمین به‌ترتیب ۲۹۹۹ و ٤۵۸۵ کیلوگرم در هکتار بود. مقدار پتاسیم اندازه‌گیری شده طی دو مرحله مذکور، بیش‌ترین همبستگی را با نمونه‌های خاک قبل از کشت داشته و مقدار کمینه و بیشینه پتاسیم اندازه‌گیری شده به‌ترتیب ۱۸۰/۲۵ و ٤۸۳/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. با توجه به مقایسه نتایج به‌دست آمده، همبستگی مثبتی بین عملکرد گندم و مقدار غلظت‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری پتاسیم خاک وجود دارد. این رابطه در زمان قبل از کشت نسبت به زمان قبل از خوشه‌دهی مثبت بود.

نتیجه‌گیری: بر اساس نتایج تحقیق حاضر در منطقه مورد مطالعه، در کشت گندم شیوه مدیریتی با پیروی از روش کشاورزی دقیق برای تولید پایدار توصیه می‌گردد که با استفاده از آن می‌توان برآورد دقیق‌تر و مناسب‌تری از نیاز کودی گیاه داشت.

واژه‌های کلیدی: پتاسیم، کشاورزی دقیق، گندم، GPS

مقدمه

کشاورزی دقیق یک نظام ترکیبی مدیریت کشاورزی بر پایه بهینه‌سازی نهاده‌ها، به‌دست آوردن تولیدات کشاورزی بیشتر با کاربرد اطلاعات محصولات و یک فناوری پیشرفته و اصل مدیریتی است که به‌عنوان کشاورزی متناسب با مکان نیز نامیده می‌شود. این فناوری، تغییرات را در مزرعه تشخیص داده و میزان صحیح نهاده‌ها را در مکان درست و زمان مناسب به‌کار می‌برد (۱۱). کشاورزی دقیق به‌دلیل سطح مدیریتی که دارا می‌باشد با کشاورزی متداول متمایز است. در کشاورزی دقیق به‌جای این که کل مزرعه به‌عنوان یک واحد مدیریتی باشد، اعمال برای مناطق کوچک در مزرعه در نظر گرفته می‌شود که این کار سطح مدیریت را با تأکید بر نیازهای صحیح کشاورزان افزایش می‌دهد. کشاورزی دقیق یک سیستم مدیریتی تلفیقی است که کوشش دارد نوع و میزان نهاده‌ها را بر اساس نیازهای واقعی محصولات که در مناطق کوچکتر زمین قرار دارند، تطبیق دهد (۷). در پژوهشی که توسط شوبرت و همکاران در سال (۲۰۰۲) در ارتباط با سیستم نقشه برداری عملکرد بادام زمینی با استفاده از کشاورزی دقیق انجام گرفت، گزارش شده است که با استفاده از این روش میزان عملکردها افزایش یافته و بهبود اتخاذ تصمیمات مدیریتی را نیز در برداشت (۲۱).

در بررسی انجام شده توسط بریزیل (۲۰۰٦) مشخص شد که استفاده از روش‌های کشاورزی دقیق می‌تواند منجربه افزایش عملکرد و بهبود تولید شود که از نقطه نظر اقتصادی هزینه‌ها را جبران خواهد نمود (۲). از طرفی سود اقتصادی بیشتر، افزایش عملکرد محصول، کاهش مصرف نهاده‌هایی مانند کود، آب و آسانی کار نیز از دیدگاه فردی برای کشاورزان حائز اهمیت است (۱۰). کشاورزی دقیق گرچه ابتدا با هدف ایجاد سود بیشتر متولد شد امّا هم‌اکنون، نیل به سود پایدار و کاهش آلودگی‌های زیست محیطی از مهم‌ترین نتایج آن است (۹). اسونتن و لونبرگ- دیبور در سال (۲۰۰۲) در پژوهش خود در ارتباط با پذیرش جهانی فناوری کشاورزی دقیق عنوان داشتند که نمونه‌برداری خاک بیش‌ترین میزان پذیرش را دارد (۲۳). از نقطه نظر مکانیزاسیون کشاورزی و کشاورزی دقیق، ماشین‌ها و ادوات کشاورزی باید متناسب با اندازه مساحت زمین زراعی انتخاب و به‌کار گرفته شوند. در آسیا مزارع خصوصی دارای ابعاد کوچکی هستند. بنابراین، تنها می‌توان از تجهیزات کوچک استفاده نمود (۱۰). گندم در اکثر جوامع بشری به‌عنوان یک محصول راهبردی، منبع اصلی تأمین کننده فیبر و کالری موردنیاز است. در کشور ایران نیز یک محصول بسیار مهم غذایی است که در سطح وسیعی کشت می‌شود و حدود نیمی از سطح زیر کشت محصولات به گندم اختصاص دارد (۱۵).

تغذیه صحیح گیاه یکی از عوامل مهم در بهبود کیفی و کمی محصول به‌شمار می‌رود. پتاسیم یکی از عناصر پرمصرف 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 (۱۸). با انجام مطالعاتی روی گندم دیم زمستانه، هاولین (۲۰۰۵)، سبطی (۲۰۰۹) و طالبی‌زاده (۲۰۰۹) دریافتند که اندازه‌گیری پتاسیم قابل جذب خاک با عصاره‌گیر تترافنیل بران سدیم در مقایسه با عصاره‌گیر استات آمونیوم در خاک‌هایی با رس غالب ایلایت روش مناسب‌تری می‌باشد (۱٤، ۲۲ و ۲۵).

بر اساس اصل «وجود اختلاف‌های زراعی در سطح مزرعه»، یک مزرعه چندین هکتاری دارای تفاوت‌های اساسی در سطح پتانسیل زراعی و در قسمت‌های مختلف می‌باشد. بر همین اساس نقاط مختلف مزرعه از لحاظ رویش و رشد گیاه متفاوت است. بنابراین، می‌توان در مرحله به‌زراعی با شناخت دقیق و نقطه به نقطه مزرعه، شرایط مزرعه را بررسی و در جهت اصلاح و یکنواختی مزرعه گام برداشت (۱۹). پخش یکنواخت کود در تمامی سطح مزرعه باعث می‌گردد برخی نقاط کمتر از نیاز گیاه، کود دریافت نمایند که در نتیجه آن کاهش عملکرد را در پی خواهد داشت. سایر نقاط مزرعه نیز بیش از نیاز گیاه کود دریافت می‌کنند که با عناصر متحرک مثل نیتروژن ممکن است باعث آلودگی آب و هوا گردند. با قرار دادن میزان مناسب کود (بر اساس حدود کفایت تعیین شده) با استفاده از نقاط GPS[1] زده شده، در فواصل معین منظم (مثلاً فواصل یک متری)، با استفاده از دستگاه‌های ویژه جاگذاری کود، انتظار عملکرد بیشتر با مصرف کود کمتر وجود دارد (۱٤). شروع کوددهی دقیق در بار اول مستلزم اطلاعات پتاسیم قابل استفاده خاک در نقاط GPS است. بنابراین، در این مطالعه کشت گندم با پیروی از روش کشاورزی دقیق انجام شد و در پی آن رابطه عملکرد و میزان پتاسیم قابل جذب گیاه در نقاط مختلف زمین زراعی به‌دست آمد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق بر پایه شبکه‌بندی زراعی، در مزرعه شماره ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان طی سال زراعی ۹۱-۱۳۹۰ انجام شد. با پیروی از روش کشاورزی دقیق، زمین زراعی به سطح ۹۲۲ مترمربع به ٤۰ واحد ۲۳ مترمربعی (٤/۸×٤/۸) تقسیم و در ٥٤ نقطه از زمین GPS (گارمین مدل MAP62S) زده شد که این نقاط گوشه‌های هر یک از کرت‌های آزمایشی بود. سه نمونه تصادفی خاک به‌روش نمونه‌برداری نقطه‌ای[2] از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر سطحی در مراحل قبل از کشت و قبل از خوشه‌دهی، از هر کرت برداشت و مخلوط گردید. نمونه‌های خاک تهیه شده از هر کرت به‌صورت

1- Global Positioning System
2- Point Sampling

جداگانه هواخشک و از الک ۲ میلی‌متر عبور و جهت اندازه‌گیری پتاسیم قابل استفاده به آزمایشگاه خاک انتقال داده شدند. نمونه‌ای مرکب از خاک که شامل مخلوطی از نمونه‌های خاک در تمامی کرت‌های آزمایشی بود برای اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک تهیه شد (جدول ۱). خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک نظیر بافت خاک پس از اکسیداسیون مواد آلی (۸) و با روش هیدرومتری (۱) اندازه‌گیری شد. اسیدیته (pH) و قابلیت هدایت الکتریکی (EC) در عصاره گل اشباع (۲۰) و ظرفیت تبادل کاتیونی (CEC) با استفاده از استات سدیم و با pH = ۸/۲ اندازه‌گیری شد. درصد رطوبت در گل اشباع (۵) و ماده آلی خاک نیز به روش والکی و بلاک (۱۹۳٤) تعیین گردید (۲۸). 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.

CEC ($cmol_c kg^{-1}$)	EC($dS\ m^{-1}$)	pH(1:2)	ماده آلی (درصد) Organic matter(%)	رطوبت گل اشباع (درصد) SP(%)	نوع بافت Soil texture
20.60	0.88	7.8	1.8	56.58	لوم رسی سیلتی (Silty.clay.loam)

کود به‌میزان ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار طی سه مرحله رشد گیاه (قبل از کشت، قبل از پنجه‌زنی و قبل از خوشه‌دهی) به‌میزان برابر در هر کرت به‌صورت جداگانه مصرف گردید. کشت گندم در تاریخ ۱۹ آذر ماه انجام شد. در این بررسی از لاین ۱۷ که مخصوص مناطق دیم است استفاده شد. میزان بذر مصرفی ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار بود. علف‌کش‌های گرانستار با نام عمومی تری بنورون متیل (۹۵ درصد ماده موثره) به‌میزان ۲۵ گرم در هکتار و تاپیک با نام عمومی کلودینافوپ پروپارژیل (۸۰ درصد ماده مؤثره) به‌میزان یک لیتر در هکتار، در تاریخ ۱۲ بهمن ۱۳۹۰ جهت مبارزه با علف‌های هرز استفاده گردید. برای اندازه‌گیری اجزای عملکرد، از هر کرت به‌صورت جداگانه قبل از برداشت محصول، ۱۵ بوته برداشت گردید. برای اندازه‌گیری میزان عملکرد دانه نیز برداشت محصول به‌صورت دستی از ٤۰ کرت مورد آزمایش به‌طور کامل انجام گرفت و در کیسه‌های جداگانه قرار داده شد و جهت جدا نمودن کاه از دانه hc خرمن کوب استفاده گردید. در نهایت، نمونه‌های گندم به‌دست آمده توزین گردید. نمونه‌های گندم و کاه از هر کرت جهت اندازه‌گیری عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به آزمایشگاه انتقال یافت. پتاسیم قابل جذب خاک توسط عصاره‌گیر تترافنیل بران سدیم و به‌وسیله دستگاه فلیم فتومتر تعیین گردید (٦). برای اندازه‌گیری عناصر فسفر و پتاسیم، عصاره‌گیری از دانه و کاه صورت گرفت. درصد فسفر و پتاسیم عصاره گیاه با دستگاه فلیم فتومتر قرائت شد (۱۲). برای تعیین نیتروژن کل گیاه از روش کجلدال استفاده گردید (ملوینی و برمر، ۱۹۸۲). برای تجزیه آماری داده‌ها از نرم‌افزار SPSS استفاده شد.

مناطق مورد مطالعه واقع در مزرعه شماره یک دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان با GPS نقاط ثبت شده این در جدول ۲ آورده شده است.

جدول ۲- موقعیت جغرافیایی کرت‌های آزمایشی.

Table 2. Geographical location of plots.

X	Y	کرت plot	X	Y	کرت plot
261344.9	4079021	21	261329.4	4079014	1
361345.1	4079027	22	261329.5	4079021	2
261346.5	4079032	23	261331	4079027	3
261344.2	4079039	24	261328.7	4079033	4
261341.9	4079046	25	261326.4	4079039	5
261348.7	4079023	26	261333.1	4079016	6
261348.9	4079029	27	261333.3	4079022	7
261350.3	4079035	28	261334.7	4079028	8
268348	4079041	29	261332.4	4079034	9
261345.7	4079047	30	261330.1	4079041	10
261352.7	4079024	31	261336.9	4079017	11
261352.9	4079030	32	261337.1	4079023	12
261354.3	4079037	33	261338.5	4079030	13
261352	4079043	34	261336.2	4079036	14
261349.7	4079049	35	261333.9	4079042	15
261356.7	4079026	36	261340.9	4079016	16
261356.9	4079032	37	261341.1	4079025	17
261358	4079038	38	261342.5	4079031	18
261356	4079045	39	261340.2	4079038	19
261353.7	4079051	40	261337.9	4079044	20

جدول ۳- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی صفات گندم.

Table 3. Correlation coefficients between grain yield, yield components and some wheat traits.

عملکرد دانه Grain yield	تعداد دانه در سنبله Grain number per spike	تعداد سنبله در مترمربع Spike number per m^2	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet number per spike	وزن ۱۰۰۰ دانه 1000 seed weight	طول سنبله Spike length	
					1	طول سنبله (Spike length)
				1	0.34*	وزن ۱۰۰۰ دانه (1000 seed weight)
			1	0.34*	0.33*	تعداد سنبلچه در سنبله (Spikelet number per spike)
		1	0.50**	0.65**	0.31*	تعداد سنبله در مترمربع (Spike number per m^2)
	1	0.77**	0.50**	0.61**	0.39*	تعداد دانه در سنبله (Grain number per spike)
1	0.57**	0.66**	0.46**	0.49**	0.48**	عملکرد دانه (Grain yield)

* و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and ** significant at $p<0.05$ and $p<0.01$ respectively.

نتایج و بحث

ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، اجزای عملکرد و برخی صفات زراعی: ضرایب همبستگی در جدول ۳ نشان شده است. همبستگی معنی‌داری بین عملکرد دانه با ارتفاع ساقه در سطح پنج درصد مشاهده شد. تعداد سنبله در واحد سطح بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه نشان داد و عملکرد دانه بیش‌تر تحت تأثیر تعداد سنبله در واحد سطح بود. نتایج به‌دست آمده با نتایج طالبی‌زاده (۲۰۰۹)، وفاخواه (۲۰۱۰) و خوراشاهی (۲۰۱۱) مطابقت دارد (۲٤، ۲۷ و ۱٦).

در جدول ٤ مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین عملکرد دانه و اجزای عملکرد و نیز انحراف معیار در تعداد ٤۰ نمونه از کرت‌های آزمایشی آورده شده است.

جدول ٤- عملکرد و اجزای عملکرد گندم.

Table 4. Grain yield and yield components of wheat.

شاخص‌های آماری Statistics	طول سنبله Spike length (cm)	وزن هزار دانه 1000 seed weight (gr)	تعداد سنبلچه در سنبله Spikelet number per spike	تعداد سنبله در مترمربع Spike number per m^2	تعداد دانه در سنبله Grain number per spike	عملکرد دانه Grain yield (kg ha^{-1})
حداقل (Minimum)	6.53	31.6	12.56	516	23.13	2999
حداکثر (Minimum)	8.15	40.2	15.66	793	33	4585
میانگین (Average)	7.37	36.67	14.03	658.55	27.27	3695
انحراف معیار (Standard deviation)	0.34	1.79	0.77	72.38	2.46	395

ضرایب همبستگی بین درصد عناصر غذایی در دانه و کاه گندم با عملکرد دانه: ضرایب همبستگی بین غلظت عناصر غذایی در دانه و کاه گندم و عملکرد دانه در جدول ۵ نشان شده است. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت عناصر پتاسیم، فسفر و نیتروژن در دانه مشاهده شد. نیتروژن دانه و کاه بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه داشتند. پتاسیم نیز پس از نیتروژن بیش‌ترین همبستگی را با عملکرد دانه داشت. این نتایج با نتایج خوراشاهی (۲۰۱۱) در خاک مزرعه شماره ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مطابقت دارد (۱٦).

جدول ۵- ضرایب همبستگی بین غلظت عناصر غذایی به‌وسیله دانه و کاه گندم با عملکرد دانه.

Table 5. Correlation coefficients between the concentrations of nutrients by seed and wheat straw, with grain yield.

		1	2	3	4	5	6	7
1	درصد پتاسیم در دانه (Potassium percent in seed)	1						
2	درصد فسفر در دانه (Phosphor percent in seed)	0.44**	1					
3	درصد نیتروژن در دانه (Nitrogen percent in seed)	0.35*	0.33*	1				
4	درصد پتاسیم در کاه (Potassium percent in straw)	0.36*	0.41**	0.33*	1			
5	درصد فسفر در کاه (Phosphor percent in straw)	0.38*	0.38*	0.49**	0.45**	1		
6	درصد نیتروژن در کاه (Nitrogen percent in straw)	-0.24^{ns}	0.11^{ns}	0.41**	0.28^{ns}	0.13^{ns}	1	
7	عملکرد دانه (Grain yield)	0.47**	0.34*	0.66**	0.46**	0.41**	0.47**	1

ns، * و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and ** significant at $p<0.05$ and $p<0.01$ respectively.

در جدول ٦ مقادیر اندازه‌گیری شده غلظت عناصر فسفر، پتاسیم و ازت دانه و کاه در تعداد ٤٠ نمونه، از کرت‌های مورد آزمایش به‌صورت میزان حداقل، حداکثر و میانگین بر حسب درصد و نیز انحراف معیار آن آورده شده است.

جدول ٦- نیتروژن، فسفر و پتاسیم گندم و کاه.

Table 6. Nitrogen, phosphor and potassium in wheat and straw.

شاخص‌های آماری Statistics	نیتروژن گندم (درصد) Nitrogen seed (%)	نیتروژن کاه (درصد) Nitrogen straw (%)	فسفر گندم (درصد) Phosphor seed (%)	فسفر کاه (درصد) Phosphor straw (%)	پتاسیم گندم (درصد) Potassium seed (%)	پتاسیم کاه (درصد) Potassium straw (%)
حداقل (Minimum)	1.4	0.56	0.15	0.01	0.38	0.47
حداکثر (Maximum)	2.56	0.88	0.21	0.03	0.53	0.87
میانگین (Average)	1.93	068	0.19	0.02	0.45	0.67
انحراف معیار (Standard deviation)	0.29	0.07	0.013	0.005	0.04	0.06

ضرایب همبستگی بین جذب عناصر غذایی به‌وسیله دانه گندم با عملکرد دانه: ضریب همبستگی بین برداشت عناصر غذایی به‌وسیله دانه و کاه با عملکرد دانه گندم در جدول ۷ آورده شده است. بین برداشت عناصر غذایی پتاسیم، فسفر و نیتروژن در دانه و کاه و کلش گندم با عملکرد دانه همبستگی بالایی مشاهده شد که در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود. نتایج خوراشاهی (۲۰۱۲) در خاک‌های گرگان نشان می‌دهد که مصرف کود پتاسیم در کرت‌های آزمایشی منجر به افزایش کارایی مصرف کود و عملکرد می‌شود (۱۶).

جدول ۷- ضرایب همبستگی بین جذب عناصر غذایی به‌وسیله دانه با عملکرد دانه.

Table 7. Correlation coefficients between the nutrient uptake by seed and grain yield.

	1	2	3	4	5	6	7	8
1	برداشت پتاسیم به‌وسیله دانه (Potassium uptake by seed)	1						
2	برداشت فسفر به‌وسیله دانه (Phosphor uptake by seed)	0.84**	1					
3	برداشت نیتروژن به‌وسیله دانه (Nitrogen uptake by seed)	0.79**	0.81**	1				
4	برداشت پتاسیم به‌وسیله کاه (Potassium uptake by straw)	0.81**	0.82**	0.78**	1			
5	برداشت فسفر به‌وسیله کاه (Phosphor uptake by straw)	0.77**	0.77**	0.79**	0.78**	1		
6	برداشت نیتروژن به‌وسیله کاه (Nitrogen uptake by straw)	0.61**	0.73**	0.80**	0.75**	0.64**	1	
7	عملکرد دانه (Grain yield)	0.87**	0/88**	0.88**	0.87**	0.80**	0.84**	1

* و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

*and** significant at $p<0.05$ and $p<0.01$, respectively.

در جدول ۸ مقادیر به‌دست آمده از برداشت نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط دانه و کاه در ٤٠ کرت مورد آزمایش به‌صورت مقادیر حداقل، حداکثر و میانگین برحسب کیلوگرم در هکتار و نیز انحراف معیار آورده شده است.

جدول ۸- میزان برداشت ازت، فسفر و پتاسیم توسط دانه و کاه.

Table 8. Uptake of nitrogen, phosphorus and potassium by seed and straw.

شاخص‌های آماری Statistics	برداشت نیتروژن گندم Nitrogen uptake by seed	برداشت نیتروژن کاه Nitrogen uptake by straw	برداشت فسفر دانه Phosphor uptake by seed	برداشت فسفر کاه Phosphor uptake by straw	برداشت پتاسیم دانه Potassium uptake by seed	برداشت پتاسیم کاه Potassium uptake by straw
	کیلوگرم در هکتار $Kg\ ha^{-1}$					
حداقل (Minimum)	47.16	18.19	4.68	0.36	11.62	14.19
حداکثر (Maximum)	115.55	39.76	9.09	1.43	24.41	40.05
میانگین (Average)	72.36	25.36	7.07	0.82	16.76	24.95
انحراف معیار (Standard deviation)	17.29	4.98	1.02	0.28	2.85	4.63

ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک عصاره‌گیر ترا فنیل بران سدیم در مراحل قبل از کشت و قبل از خوشه‌دهی با عملکرد دانه گندم: این نتایج در جدول ۹ آورده شده است. ضریب همبستگی بین عملکرد دانه و پتاسیم عصاره‌گیری شده توسط ترافنیل‌بران سدیم در نمونه‌های قبل از کشت ۰/۷۸ و در نمونه‌های قبل از خوشه‌دهی ۰/۷۱ بود. با استفاده از این نتایج، عصاره‌گیری خاک برای پتاسیم قابل جذب قبل از کشت نسبت به عصاره‌گیری قبل از خوشه‌دهی مناسب‌تر است و با نتایج سبطی (۲۰۰۹)، وفاخواه (۲۰۱۰) و خوراشاهی (۲۰۱۱) مطابقت داشت (۲۲، ۲۷ و ۱۷).

مقدار پتاسیم عصاره‌گیری شده با ترافنیل بران سدیم در ٤۰ نمونه اندازه‌گیری شده در زمان قبل از کشت حداقل ۱۸۰/۲۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم، حداکثر ٤۸۳/۹۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم و به‌طور متوسط ۳۱۰/۸۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم و در زمان قبل از خوشه‌دهی حداقل ۱۳۹/۳٤ میلی‌گرم بر کیلوگرم و حداکثر ۳۳۰/۵۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم و به‌طور متوسط ۲۳٤/٦٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم بود. علت تفاوت در مقادیر به‌دست آمده از غلظت پتاسیم به‌دلیل وجود اختلاف‌های زراعی در سطح مزرعه می‌باشد. بر همین اساس، نقاط مختلف مزرعه از لحاظ پتانسیل رشدی گیاه متفاوت می‌باشد که یکی از دلایل آن وجود تفاوت در غلظت عناصر غذایی موجود در خاک می‌باشد.

جدول ۹- ضریب همبستگی بین غلظت پتاسیم قابل جذب خاک با عصاره‌گیر تترافنیل بران سدیم با عملکرد دانه.

Table 9. Correlation coefficients between the available soil potassium concentrations by tetraphenyl boron extractor with grain yield.

	3	2	1		
1			1	پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترا فنیل بران سدیم (قبل از کشت) (Potassium extracted with tetraphenyl boron (before drilling seed))	
2		1	0.76**	پتاسیم عصاره‌گیری شده با تترا فنیل بران سدیم (قبل از خوشه‌دهی) (Potassium extracted with tetraphenyl boron (before wheat heading))	
3	1	0.71**	0.78**	عملکرد دانه (Grain yield)	

* و ** به‌ترتیب عدم معنی‌داری در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

* and ** significant at p<0.05 and p<0.01 respectively.

مقایسه نتایج حاصل از نقشه عملکرد دانه و پتاسیم قابل جذب خاک (قبل از کشت و قبل از خوشه‌دهی): عملکرد گندم بر حسب کیلوگرم در هکتار در دامنه تغییرات مختلف و در مقابل هر کرت در شکل ۱ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود دامنه تغییرات عملکرد بالا از ٤٢٧٥ تا ٤٧٥٠ کیلوگرم در هکتار، دامنه تغییرات عملکرد متوسط از ٣٣٢٥ تا ٤٢٧٥ کیلوگرم در هکتار و دامنه تغییرات عملکرد پایین از ٢٣٧٥ تا ٣٣٢٥ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تفاوت در مقادیر عملکرد به‌دست آمده به‌دلیل تفاوت در میزان غلظت عناصر غذایی در نقاط مختلف زمین زراعی می‌باشد.

1 3691.21	2 377.85	3 4161.47	4 3756.05	5 3661.42
6 4385.35	7 3235.70	8 3260.08	9 3687.13	10 4484.4
11 3899.51	12 3961.13	13 3337.57	14 4585.7	15 4413.61
16 3611.97	17 3556.75	18 3677.57	19 3605.76	20 4055.30
21 2999.45	22 3899.5	23 3447.83	24 3922.04	25 3696.14
26 3299.31	27 3540.16	28 3032.95	29 3779.72	30 4496.66
31 300.71	32 3652.48	33 3712.12	34 3589.28	35 3598.34
36 3110.37	37 3625.54	38 3213.08	39 3445.05	40 3457.12

شکل ۱- عملکرد گندم بر حسب کیلوگرم در هکتار در دامنه تغییرات مختلف در ٤٠ کرت.

Figure 1. Wheat yield based on kilogram per hectare in several variation range on 40 plots.

محدوده عملکرد بالا: ٤٧٥٠-٤٢٧٥ کیلوگرم در هکتار.

High-performance range: 4750-4275 kilogram per hectare.

محدوده عملکرد متوسط: ٤٢٧٥-٣٣٢٥ کیلوگرم در هکتار.

Medium performance range: 4275-3325 kilogram per hectare.

محدوده عملکرد پایین: ٣٣٢٥-٢٣٧٥ کیلوگرم در هکتار.

Lower performance range: 3325-2375 kilogram per hectare.

در توزیع عملکردها می‌توان اظهار نمود که با توجه به مطالعات گذشته که در مزرعه شماره ۱ دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان توسط طالبی‌زاده (۲۰۰۹) و سایر محققین انجام شده است، بیش‌ترین مقدار عملکرد گندم دیم ٤۷۵۰ کیلوگرم در هکتار بود (۲٤). این مقدار و مقادیر بیشتر از آن، عملکرد بسیار بالا درنظر گرفته شد. بنابراین، عملکرد بالا بین ۹۰ تا ۱۰۰ درصد مقدار یاد شده (٤۷۵۰-٤۲۷۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد متوسط بین ۷۰ تا ۹۰ درصد مقدار یاد شده (٤۲۷۵-۳۳۲۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد پایین بین ۵۰ تا ۷۰ درصد مقدار یاد شده (۳۳۲۵-۲۳۷۵ کیلوگرم در هکتار)، عملکرد خیلی پایین کمتر از ۵۰ درصد یاد شده، یعنی کمتر از ۲۳۷۵ کیلوگرم در هکتار برآورد شد.

همان‌طور که در شکل ۱ و در طی تقسیم‌بندی ٤۰ کرت است مشاهده می‌گردد، ۵ کرت در دسته عملکرد بالا، ۲۸ کرت در دسته عملکرد متوسط و ۷ کرت در دسته عملکرد پایین قرار گرفتند. نتایج حاصل از اندازه‌گیری پتاسیم به‌روش (عصاره‌گیری با تترا فنیل‌بران سدیم) در زمان قبل از کشت نشان می‌دهد که ۳ کرت با غلظت بالا پتاسیم (۳۸۷/٤۲ تا ٤۸۳/۹۳۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۲٤ کرت با غلظت متوسط (۲٤۷/۹۸۳ تا ۳۸۷/٤۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ۵ کرت با غلظت پایین (۱۸۰/۲۵۷ تا ۲٤۷/۹۸۳ میلی‌گرم بر کیلوگرم) به‌دست آمده است، یعنی جمعاً از ٤۰ کرت مورد مطالعه، ۳۲ کرت با نقشه عملکرد گندم تطابق دارد و در زمان قبل از خوشه‌دهی ۳ کرت با غلظت بالای پتاسیم (از ۲۹۷/۲۹۷ تا ۳۳۰/۵۲٦ میلی‌گرم بر کیلوگرم)، ۲۳ کرت با غلظت متوسط (از ۱۷۸/۲۷۸ تا ۲۹۷/۲۹۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم) و ٤ کرت با غلظت پایین (از ۱۳۹/۳٤٤ تا ۱۷۸/۲۷۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم) حاصل شد. به‌عبارت دیگر، جمعاً از ٤۰ کرت مورد مطالعه ۳۰ کرت با میزان عملکرد گندم مطابقت دارد. می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که برای دستیابی به دامنه تغییرات عملکرد مطلوب (بالا) می‌بایستی میزان پتاسیم به‌دست آمده در کرت‌هایی با عملکرد بیش‌تر را در کرت‌های با عملکرد کمتر با توجه به حدود کفایت اعمال گردد. البته تعیین حدود کفایت نیازمند مطالعات بیش‌تر در سال‌های آتی است. این‌کار می‌تواند با انتخاب عصاره‌گیر بهتر و زمان مناسب‌تر نمونه‌برداری، جهت برآورد دقیق‌تر میزان نیاز کودی محقق می‌گردد. با توجه به مقایسه نتایج به‌دست آمده ملاحظه می‌گردد که همبستگی خوبی بین عملکرد گندم و مقدار غلظت‌های به‌دست آمده از اندازه‌گیری پتاسیم خاک وجود دارد که این رابطه در زمان قبل از کشت نسبت به زمان قبل از خوشه‌دهی بیش‌تر است. تغذیه پتاسیمی با روش‌های کشاورزی دقیق با استفاده از دستگاه‌های جاگذاری کود (اعمال متغیر مقدار کود) در نقاط GPS مستلزم تعیین میزان پتاسیم قابل استفاده است. با قرار دادن میزان مناسب کود در نقاط GPS در

فواصل معین منظم (مثلاً فواصل یک متری)، با استفاده از دستگاه‌های ویژه جاگذاری کود، انتظار عملکرد بیشتر با مصرف کمتر کود وجود دارد.

پیشنهاد می‌شود در تحقیقات آتی برای سه میزان عملکرد گندم ارائه شده در شکل ۱ با استفاده از سه طرح تحقیقاتی جداگانه با تیمارهایی از سه سطح مختلف کود پتاسیم، حدود کفایت پتاسیم مشخص شود و در منطقه مورد مطالعه نیاز نیتروژن گیاه به‌صورت پخش یکنواخت در کل سطح مزرعه تأمین گردد. چراغ‌پور (۲۰۱٤) در مزرعه مورد آزمایش این تحقیق به‌صورت سه قطعه پرتولید، با تولید متوسط و کم تولید (با استفاده از نتایج عملکرد تحقیقاتی مطالعه حاضر) حد بهینه کود پتاسیم را برای شرایط پرتولید، با تولید متوسط و کم تولید تعیین کرد که در تمام این شرایط با مصرف کود پتاسیم عملکرد افزایش یافت (٤).

نتیجه‌گیری کلی

با استفاده از نتایج این تحقیق می‌توان با مطالعه خاک‌های زراعی استان گلستان از نظر پتاسیم قابل استفاده خاک قبل از کشت بر مبنای سه دامنه تغییرات کم تا زیاد، حدود کفایت را در مناطق مختلف تعیین کرد. تعیین حدود کفایت در چند ناحیه به اطمینان بیشتر از نتایج حاصله کمک می‌کند. پس از تعیین حدود کفایت، امکان کوددهی پتاسیم بر اساس نقاط ثبت شده در منطقه فراهم می‌شود. مقدار مصرف مناسب کود بر اساس نقاط GPS زده شده، موجب افزایش عملکرد و کاهش مصرف کود پتاسیمی می‌شود. در ادامه این کار می‌توان در زمان برداشت عملکرد محصول را برای هر متر مربع تعیین و سال بعد دستگاه کودپاشی بر اساس نقشه عملکرد و حدود کفایت کودپاشی نماید. نتایج حاصل از این مطالعه می‌تواند زمینه‌ای باشد برای تحقیقات بیش‌تر و نیز می‌تواند جهت پیشبرد برنامه‌های مدیریتی کارآمد باشد. با استفاده از آن می‌توان برآورد دقیق‌تر و مناسب‌تری از میزان نیاز خاک جهت اعمال کودهای شیمیایی داشت.

منابع

1.Bouyoucos, C.J. 1962. Hydrometer method improved for making particle-size analysis of soil. Agron. J. 54: 464-465.
2.Breazeale, D. 2006. A precision agriculture fertilization program for alfalfa hay production: Will it pay for itself. University of Nevada, Cooperative Extension. 3p.

3.Bremner, J.M., and Mulvaney, C.S. 1982. Nitrogen-total. In: Methods of soil analysis 2. (Page, A.L., Miller, R.H., and Keeney) American Society of Agronomy, Madison, Wis. Pp: 595-522.
4.Cheraghpoor, F. 2014. Feasibility assessment of sit-specific nutrient management and calibrating potassium soil test sufficiency level based on spatial variation in yield potential and soil test sufficiency ranges in-sufficient levels of availabie potassium for rainfedwheat uptake. M.Sc. Thesis. Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian)
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., Vol. 60.
7.Davis, G., Casady, W., and Massey, R. 1998. Precision agriculture: An introduction. Published by University Extension. University of Missouri System. WQ450.
8.Day, P.R. 1955. Methods of soil analysis. Part I. Agronomy 9, Soil Sci. Soc. Am. Madison, WI. Pp: 545-567.
9.Dobermann, A., and Cassman, K.G. 2002. Plant nutrient management for enhanced productivity in intensive grain production systems of the United States and Asia. Progress in Plant Nutrition: Plenary Lectures of the XIV International Plant Nutrition Colloquium Developments in Plant and Soil Sciences, Pp: 153-175.
10.Dobermann, A., Witt, C., and Dawe, D. 2004. Increasing productivity of intensive rice systems through site-specific nutrient management. Enfield, N.H. (USA) and Los Banos (Philippines): Science Publishers, Inc., and International Rice Research Institute (IRRI). 410p.
11.Doede, S., Achemir, R., Vanmeter, K., Flora, J., and Webb, C.A.E. 2008. Precision agriculture technology program. Oklahoma State University.
12.Ehyayi, A., and Behbahani Zadeh, A. 1993. Description of Methods of soil chemical analysis. Vol. 893 Bulletin of Soil and Water Research Institute, Tehran. 129p. (In Persian)
13.Griffin, T., Lowenberg-Debore, J., Lambert, D.M., Peone, J., Payne, T., and Daberkw, S.G. 2004. Adopting, profitability, and making better use of precision farming data. Purdue University.
14.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. Pp: 1-420.
15.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 dry land wheat. Ministry of Agriculture Jihad. Tehran. Iran. (In Persian)
16. Khorashahi, M. 2012. The effect of Zeolite and the nitrification inhibitors and potassium uptake and wheat yield in soil with high specific surface and grading inappropriate in Golestan province. M.Sc. Thesis. Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian)
17. Khorashahi, M., Movahedi Naini, S.A., Mashayekhi, K., 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)
18. Martin, W.H., and Sparks, D.L. 1985. On the behavior on nonexchengable potassium in soil. Communication in Soil Science and Plant Analysis. 16: 133-162.
19. Nazar Zadehoghaz, S., Mostofi Sarkari, M.R., Mirzaei Moghadam, H. 2008. The preparation of mapping farm yield as the most important step in precision agriculture. Fifth National Conference on Agricultural Machinery Engineering and Mechanization.
20. Page, M.C., Sparks, D.L., Noll, M.R., and, Hendricks, G.J. 1978. Kineticsand mechanisms of potassium release from sandy middle Atlantic. Coastal plain soils. Soil Sci. Soc. Am. J. 51:1460-1465.
21. Schubert, A.M., Calvin, T., and Porter, D. 2002. Precision agriculture yield mapping system for Peanuts on the Texas south plains. Taexam A and M university agricultural research and extension center. *http://precisiona Agriculture. tamu.edu/*
22. Sebti, M., Movahedi Naini, S.A., Ghorbani Nasrabadi, R., Roshani, GH., Shahriari, GH., and Movahedi, M. 2009. A suitable soil plant available potassium extractant for a loess soil with illite dominance in clay fraction and the effects of Azotobacter and vermicompost on wheat yield, potassium uptake and tissue concentration. J. Plant Prod. 16(4): 59-76. (In Persian)
23. Swinton, S.M., and Lowenberg-Debore, J. 2002. Global adoption of precision agriculture technologies: Who, when and why? In G. Grenier and S. Blackmore, (Eds.). Third European Conference on Precision Agriculture, Montpellier, France. Agro Montpellier (ENSAM), Pp: 557-562.
24. Talebi Zadeh, E. 2009. Evaluation of basic Calcium, Ammonium and potassium, phosphate fertilizers, and effect on potassium uptake by winter dryland wheat in loess soil stabilizer k with dominant clay weathered Mica. M.Sc. Thesis. Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran. (In Persian)
25. Talebizadeh, E., and Movahedi Naeini, S.A. 2009. The effects of different potassium mixed fertilizers on wheat growth and yield in a soil with a high specific surface. Proceedings of 11th Iran Congress of Soil Science. (In Persian)

26. Vafakhah, M., Movahedi Naeini, S.A., Zeinali, E., 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)
27. Vafakhah, M. 2010. The effect of alcium on potassium releasing in root environment and uptake by wheat in soil containing illite and particularly high levels. Thesis. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources. (In Persian)
28. 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. Experim. J. Soil Sci. 79: 459-465.