Archive of SID

نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هشتم، شماره سوم، پاییز ۹۴
۴۱-۶۲
http://ejcp.gau.ac.ir

برآورد پارامترهای گیاهی مدل QUEFTS برای بهینه‌سازی تغذیه NPK در گندم

***الیاس سلطانی[۱]، افشین سلطانی[۲]، نادر محمدی[۳]، بنیامین ترابی[۴] و ابراهیم زینلی[۵]**

[۱]استادیار گروه علوم زراعی و اصلاح نباتات، دانشگاه تهران پردیس ابوریحان، [۲،۳،۴و۵] استاد، فارغ‌التحصیل کارشناسی‌ارشد زراعت، استادیار و دانشیار گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان.

تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۶/۳۰ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۱

چکیده

سابقه و هدف: مدل QUEFTS برای بهینه‌سازی مدیریت کود در گیاهان زراعی استفاده می‌شود، ولی تاکنون در ایران از این مدل استفاده نشده است. این مدل اثرات متقابل NPK روی کارایی درونی جذب عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم را در نظر می‌گیرد و امکان تفکیک سطوح مختلف عملکرد هدف در شرایط مختلف کودی را می‌دهد. پیش از کاربرد این مدل نیاز است که پارامترهای گیاهی برای منطقه مورد مطالعه تعیین شوند. اولین مرحله از مدل نیاز به تخمین ظرفیت خاک برای تأمین عناصر یا پتانسیل عرضه خاک برای عناصر NPK در هر مزرعه یا منطقه دارد. در مرحله دوم، میزان جذب واقعی یک عنصر (UN، UP و UK) براساس پتانسیل عرضه عنصر محاسبه می‌شود (SN، SP و SK). در مرحله سوم، دو دامنه عملکرد به‌دست آمده برای هر عنصر (YND, YNA, YPD, YPA, YKD, YKA) از مقادیر جذب NPK در مرحله دوم محاسبه می‌شود.

مواد و روش‌ها: برای این منظور دو آزمایش ۱) آزمایش پیمایشی در ۴۵ مزرعه زیرکشت گندم واقع در روستاهای جلین در شرق گرگان، محمدآباد و کریم‌آباد در شمال گرگان و اسبومحله و نودیجه در غرب گرگان ۲) آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳۶ ترکیب تیمار کودی در مزرعه تحقیقاتی (شماره ۱) دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان صورت گرفت. قبل از انجام هر دو آزمایش از خاک مزارع نمونه‌گیری شد و آنالیز خاک برای تعیین مقدار عناصر موجود در خاک صورت گرفت. در این دو آزمایش عملکرد دانه و بیولوژیک، میزان جذب عناصر NPK، کارایی درونی استفاده از عناصر و حداکثر تجمع و رقیق‌سازی عناصر محاسبه شدند.

یافته‌ها: نتایج نشان داد که مقادیر حداکثر و حداقل کارایی درونی استفاده از نیتروژن در آزمایش اول به‌ترتیب حدود ۴۸ و ۲۵ کیلوگرم بر کیلوگرم و در آزمایش دوم ۴۶ و ۱۷ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد. آزمایش اول نشان داد که

*مسئول مکاتبه: elias.soltani@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

کارایی درونی استفاده از فسفر در مزارع کشاورزان بین ۱۹٤ تا ٤٤۲ کیلوگرم بر کیلوگرم تغییر داشت. همین مقادیر در آزمایش دوم بین ۹۷ تا ۲٦٤ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. با محاسبه مقادیر کارایی درونی استفاده از پتاسیم در آزمایش اول مشاهده شد که مقادیر آن بین ۳۲ تا ٦۸ کیلوگرم بر کیلوگرم تغییر داشت. در آزمایش دوم بیشترین و کمترین مقادیر کارایی درونی استفاده از پتاسیم ۲۵ و ۹ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. حداکثر رقیق‌سازی برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ٤٦، ٤۱۵ و ۵٦ (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم عنصر جذب شده) به‌دست آمد. همچنین حداکثر تجمع برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ۲۵، ۱۲۰ و ۱٤ (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم عنصر جذب شده) بود.

نتیجه‌گیری: در گذشته چنین تحقیقی در ایران صورت نگرفته بود و این اولین بار بود که پارامترهای مربوط به دامنه‌های عملکرد (حداکثر تجمع و رقیق‌سازی) برای یک گیاه زراعی در ایران و گرگان تعیین شد. این مدل نه تنها امکان تخمین نیاز کودی برای رسیدن به عملکرد هدف را می‌دهد بلکه ابزاری مفید برای شناسایی شرایط تغذیه‌ای مناسب برای رسیدن به عملکرد هدف را مهیا می‌سازد. کالیبراسیون مدل QUEFTS برای گندم نیاز به تعیین دو حدبالا و پایین حداکثر تجمع (a) و حداکثر رقیق‌سازی (d) عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم در گیاهان در رابطه به عملکرد دانه دارد.

واژه‌های کلیدی: جذب، رقیق سازی، عناصر غذایی، کارایی

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

مدل QUEFTS[1] در ابتدا به‌منظور ارزیابی اراضی تهیه شد. حاصلخیزی خاک جنبه مهم کیفیت اراضی است و هدف QUEFTS بیان حاصلخیزی خاک در مقیاس چند بعدی می‌باشد. برای این منظور، مدل قادر است پتانسیل عرضه سه عنصر اصلی نیتروژن، فسفر و پتاسیم را با در نظر گرفتن اثرات متقابل بین آن‌ها محاسبه کند. این مدل اولین بار توسط جانسن و همکاران (۱۹۹۰) برای پیش‌بینی عملکرد ذرت در خاک‌های مناطق گرمسیری و در شرایط عدم کوددهی ساخته شد (٤)، ولی می‌توان مدل را برای دیگر محصولات زراعی و دیگر خاک‌ها اصلاح نمود (۸). اسمالینگ (۱۹۹۳) این مدل را روی ذرت و برای مناطق غیرگرمسیری ارزیابی نمود و نتیجه گرفت می‌توان از این مدل در مناطق دیگر نیز استفاده کرد (۱۱). بعد از آن مطالعات دیگری در مناطق مختلف دنیا و روی محصولات مختلفی صورت گرفت که از مدل QUEFTS برای توصیه کودی استفاده کرده بودند (۱؛ ۲؛ ۵؛ ٦؛ ۸؛ ۹؛ ۱۰). جانسن (۲۰۱۱) از مدل QUEFTS با تغییراتی استفاده نمودند (۳). ایشان نشان دادند که می‌توان میزان عناصر جذب شده توسط گیاه را به‌صورت یک مثلث نشان داد که هر ضلع آن مربوط به یک عنصر است و توازن عناصر در گیاه در مرکز مثلث به‌دست خواهد آمد. مدل QUEFTS پتانسیل دسترسی به سه عنصر NPK را با در نظر گرفتن اثرات متقابل آن‌ها با یکدیگر محاسبه کرده و تخمین کمّی از سطح حاصلخیزی ارائه می‌دهد که محاسبه تولید عنصر محدود بر اساس این روش در ۳ مرحله صورت می‌گیرد: ۱- برآورد میزان عرضه NPK توسط خاک ۲- برآورد میزان جذب NPK توسط گیاه زراعی با لحاظ اثر متقابل بین آن‌ها ۳- برآورد میزان محصول بر اساس میزان NPK جذب شده. توضیحات جامعی در مورد این مراحل توسط سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) ارائه شده است و خوانندگان می‌توانند برای مطالعه بیشتر به آن مراجعه نمایند (۱۳).

یکی از عوامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی، محدودیت عناصر غذایی است. نیتروژن، فسفر و پتاسیم در میان تمامی عناصر معدنی، پرمصرف‌ترین عناصری هستند که مورد استفاده گیاهان قرار می‌گیرد. اما، این‌که چه میزان کود برای گیاه زراعی مورد مصرف قرار گیرد، به شرایط محیطی و نوع گیاه زراعی بستگی دارد. مدل‌های شبیه‌سازی می‌توانند برای توصیه کودی مزارع مورد استفاده قرار گیرند. اما اغلب مدل‌های موجود تنها قادرند رابطه بین عرضه و جذب یک عنصر و عملکرد گیاه زراعی را برآورد کنند (۵). در مدل QUEFTS فرض بر این است که عملکرد تابعی از فراهمی NPK

1- Quantitative Evaluation of the Fertility of Tropical Soils

www.SID.ir

Archive of SID

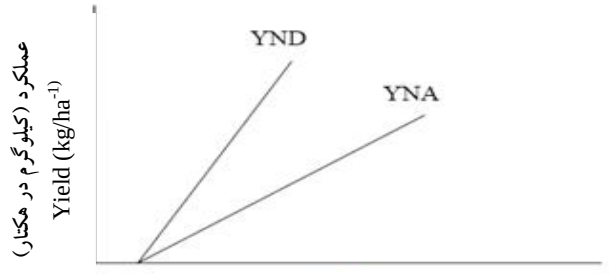
از خاک و کود است. ماهیت QUEFTS رابطه بین جذب مواد غذایی و عملکرد است (٦). مدل QUEFTS به‌طور معمول به‌عنوان ابزاری برای ارزیابی حاصلخیزی خاک توسعه داده شده است (۸).

برای استفاده از مدل QUEFTS نیاز است ابتدا پارامترهای گیاه برای منطقه مورد مطالعه تعیین شوند. این پارامترها شامل میزان جذب عناصر غذایی توسط گیاه زراعی، کارایی درونی استفاده از عناصر و دامنه‌های عملکرد (مقادیر حداکثر تجمع وحداکثر رقیق‌سازی عناصر) می‌شوند. مقدار جذب عنصر از خاک توسط گیاه با مقدار عرضه عنصر توسط خاک مساوی نیست. در این مدل میزان جذب عنصر به‌عنوان تابعی از میزان عرضه توسط خاک محاسبه می‌شود. مدل QUEFTS برای هر یک از عناصر NPK، میزان جذب یک عنصر با لحاظ کردن میزان عرضه آن عنصر و وضعیت عرضه هر یک از دو عنصر دیگر در دو مرحله مجزا محاسبه می‌گردد. پارامترهای این مدل شامل کارایی درونی، حداکثر رقیق شدن و حداکثر غلیظ شدن عنصر می‌باشند. کارایی درونی عنصر عبارت است از میزان محصول تولیدی برحسب کیلوگرم در واحد سطح به ازای میزان عنصر جذب شده بر حسب کیلوگرم در واحد سطح. حداکثر و حداقل کارایی درونی برآوردی از میزان عملکرد (حداکثر آن) در شرایطی را نشان می‌دهد که حداکثر رقیق شدن عنصر (برای مثال نیتروژن) اتفاق افتاده باشد[1] و خط پایینی برآوردی از میزان عملکرد (حداقل آن) در شرایطی را نشان می‌دهد که حداکثر تجمع و غلظت عنصر (برای مثال نیتروژن) اتفاق افتاده باشد[2] (شکل ۱). سلطانی و همکاران (۲۰۱۳) در مورد هر یک از این پارامترها توضیحات کاملی ارائه داده‌اند (۱۳). پارامترهای مدل QUEFTS در این مقاله مربوط به خصوصیات گیاه می‌باشند، بنابراین مقادیر این پارامترها در مناطق مختلف (برای مثال در یک استان یا کشور) کمتر تغییر خواهند داشت. تاکنون تحقیقی به‌این منظور در گرگان و حتی ایران صورت نگرفته است. بنابراین، هدف از این تحقیق؛ (۱) تعیین میزان جذب عناصر NPK توسط گندم، (۲) تعیین کارایی درونی استفاده از عناصر NPK و (۳) مقادیر حداکثر تجمع و حداکثر رقیق‌سازی عناصر NPK بود.

1- Yield with N maximally diluted (YND)
2- Yield with N maximally accumulated (YNA)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱- رابطه عملکرد دانه با میزان جذب نیتروژن در اندام‌های هوایی. YND میزان عملکرد (حداکثر آن) در شرایطی را نشان می‌دهد که حداکثر رقیق شدن نیتروژن اتفاق افتاده باشد و YNA میزان عملکرد (حداقل آن) در شرایطی را نشان می‌دهد که حداکثر تجمع و غلظت نیتروژن اتفاق افتاده باشد.

Figure 1. The relationship between grain yield with nitrogen uptake in shoots. YND is the yield (maximum) for the given maximum dilution and YNA is the yield (minimum) when maximum accumulation of nitrogen is occurred.

مواد و روش‌ها

جمع‌آوری داده‌ها

آزمایش اول: این آزمایش در سال زراعی ۱۳۸۷ در ٤٥ مزرعه واقع در روستاهای جلین در شرق گرگان، محمدآباد و کریم‌آباد در شمال گرگان و اسبومحله و نودیجه در غرب گرگان انجام شد. برای تهیه نمونه خاک از مزارع از عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متر به صورت تصادفی و تعداد متفاوت با توجه به سطح مزرعه نمونه گرفته شد و از ترکیب آن‌ها نمونه ارسالی به آزمایشگاه تهیه شد. اطلاعات جمع‌آوری شده شامل خصوصیات فیزیکی (درصد رس، شن، سیلت و نوع بافت خاک) و شیمیایی (فسفر قابل جذب، پتاسیم قابل جذب، کربن آلی، نیتروژن کل، درصد مواد خنثی شونده، هدایت الکتریکی و pH) بودند. میزان نیتروژن خاک از طریق روش کجلدال، فسفر قابل جذب از روش اولسن (با استفاده از اسید آسکوربیک) و پتاسیم قابل جذب از روش استات آمونیوم نرمال خاک و دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند.

در پایان فصل رشد، عملکرد گیاه و غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر دانه و غیردانه اندازه‌گیری شدند. بدین منظور در هر مزرعه سه پلات به‌طور تصادفی انتخاب و تراکم بوته در هر کرت محاسبه شد. در هر پلات ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. پس از محاسبه تعداد

www.SID.ir

Archive of SID

خوشه در بوته و تعداد دانه در خوشه، نمونه‌ها به‌صورت دانـه و غیردانـه در داخـل آون در دمـای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک و وزن شدند. اجزای دانه و غیردانه به‌طور جداگانه آسیاب شده و از هر قسمت (دانه و غیردانه) یک نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و غلظـت نیتـروژن، پتاسـیم و فسفر آن اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظـت عناصـر گیـاه ابتـدا نمونـه گیـاهی بـا اسـتفاده از اسـید سولفوریک هضم شد (روش تر) و پس از عصـاره‌گیـری نیتـروژن از روش کجلـدال، فسـفر از روش اولسن (با استفاده از وانادات مولیبدات) و پتاسیم از طریق دستگاه فلیم‌فتومتر انـدازه‌گیـری شـدند. بـا استفاده از غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شده دانه و غیردانه غلظت این عناصر برای کـل بوته محاسبه شد. برای کسب اطلاعات بیشتر در مورد این آزمایش، نحوه جمع‌آوری داده‌هـا و مـزارع به ترابی (۲۰۱۱) مراجعه نمایید (۱٤). داده‌های حاصل از این آزمایش برای به‌دست آوردن پارامترهای گیاه که موردنیاز مدل QUEFTS بودند، استفاده شد.

آزمایش دوم: این آزمایش در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳٦ تیمار، ٤ سـطح نیتـروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار)، از منبع کودی اوره، ۳ سـطح فسـفر (۰، ۲۰ و ۷۰ کیلـوگرم در هکتار) از منبع کودی سوپر فسفات تریپل و ۳ سطح پتاسیم (۰، ۲۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) از منبـع کودی کلرور پتاسیم در ٤ تکرار، طی سال زراعی ۸۹- ۸۸ در مزرعـه تحقیقـاتی شـماره (۱) دانشـگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. پس از انتخاب قطعـه زمـین مـوردنظر یـک نمونـه خاک مرکب از عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر گرفته شد و آزمایش‌های فیزیکی و شیمیایی بـر روی آن انجـام شد و برخی از خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک از قبیل بافت خاک، نیتروژن کـل، پتاسـیم قابـل جذب، فسفر قابل جذب، درصد مواد خنثی شونده، هدایت الکتریکی و pH تعیین شد (جدول ۱).

زمین در سال زراعی قبل زیر کشت ذرت علوفه‌ای بـود. در اواخـر آبـان مـاه یـک شـخم عمیـق برگردان‌دار زده شد سپس جهت نرم کردن و تسـطیح خـاک دو بـار دیسـک عمـود بـر هـم صـورت پذیرفت. طول هر کرت آزمایش ٤ متر و عرض آن هم ۱ متر در نظر گرفته شد. قبل از کاشـت مقـدار کود موردنیاز برای هرکرت محاسبه و توزین گردید و داخل شیارهای ایجاد شـده ریختـه شـد سـپس مقداری خاک روی آن قرار گرفت و بعـد در تـاریخ ۸۸/۹/۲۹ و ۸۸/۹/۳۰ گنـدم رقـم کوهدشـت در کرت‌های آزمایشی کشت گردید. فاصله ردیف‌های کشـت ۲۰ سـانتی‌متـر و تـراکم مـوردنظر جهـت استقرار مطلوب ٤۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (کاشت گندم با دست انجام شد). یـک سـوم نیتروژن موردنیاز در زمان کشت و یک سوم در زمان پنجه‌زنی و یک سوم دیگر در زمان ساقه رفتن به صورت سرک استفاده شد ولی کل فسفر و پتاسیم در زمان کاشت استفاده شد. برای کنترل علف‌هـای

www.SID.ir

Archive of SID

هرز باریک برگ و پهن برگ یک بار در تاریخ ۸۸/۱۱/۲۰از علف کش‌های تاپیک و گرانستار به همراه چند مرحله وجین دستی انجام شد. برای کنترل آفات و بیماری سموم تیلت (۸۸/۱۲/۱۹ و ۸۹/۲/۱۸) و دیازینون (۸۹/۳/۱۰) استفاده شد.

جدول ۱- ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مورد مطالعه.

Table 1. Selected physical and cheimical characteristics of the studied soil.

هدایت‌الکتریکی $EC(dSm^{-1})$	0.8
اسیدیته pH	7.8
کربن آلی Organic carbon (%)	0.77
نیتروژن کل Total nitrogen (%)	0.1
فسفر قابل جذب Phosphorus (ppm)	5.2
پتاسیم قابل جذب Potassium (ppm)	250
رس Clay (%)	32
سیلت Silt (%)	56
شن Sand (%)	12
بافت خاک Soil texture	SI – C- L

نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک صورت گرفت و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله بارور در بوته، تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزار دانه و تراکم در زمان برداشت در مزرعه تعیین شد. برای نمونه‌برداری تعدادی بوته از هر کرت به‌صورت جداگانه برداشت شد و بعد از انتقال به آزمایشگاه از هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد. سپس وزن خشک نمونه‌ها بعد از قرار گرفتن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤٨ ساعت اندازه‌گیری شد. در این مرحله وزن خشک دانه و غیردانه اندازه‌گیری و شاخص برداشت نیز محاسبه شد. در مرحله رسیدگی برداشت یک مترمربع برای تعیین عملکرد در واحد سطح کف بر شد و با استفاده از خرمنکوب دانه از کاه جدا شد. اجزای دانه و غیردانه به‌طور جداگانه آسیاب شده و از هر قسمت (دانه و غیردانه) یک نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر آن اندازه‌گیری شد. برای تعیین غلظت عناصر گیاه به روش گفته شده در آزمایش اول عمل شد. اطلاعات بیشتر در مورد این آزمایش در محمدی (۲۰۱۲) قابل دسترس است (۷).

www.SID.ir

Archive of SID

جذب عناصر توسط گیاه زراعی: برای تعیین میزان عنصر جذب شده (NPK) توسط گیاه زراعی از روابط زیر استفاده شد:

$$NU = (NG/100 \times Gyld) + (NNG/100 \times Nyld) \quad (۱)$$

$$PU = (PG/100 \times Gyld) + (PNG/100 \times Nyld) \quad (۲)$$

$$KU = (KG/100 \times Gyld) + (KNG/100 \times Nyld) \quad (۳)$$

در این روابط NU، PU و KU به‌ترتیب میزان جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم (کیلوگرم بر هکتار)؛ NG، PG و KG به‌ترتیب درصد نتیروژن، فسفر و پتاسیم کل در دانه؛ NNG، PNG و KNG به‌ترتیب درصد نیتروژن، فسفر و پتاسیم کل در اندام‌های غیر از دانه و Gyld و Nyld به‌ترتیب عملکرد دانه و عملکرد غیردانه (کیلوگرم بر هکتار) به‌صورت وزن خشک هستند.

محاسبه کارایی درونی استفاده[1] از عناصر برای داده‌های آزمایش اول و دوم به‌صورت زیر صورت گرفت (٦):

$$INUE = Gyld / TU \quad (٤)$$

در این رابطه INUE کارایی درونی استفاده از عناصر، Gyld عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) و TU میزان کل جذب عنصر (کیلوگرم بر هکتار) در اندام‌های هوایی گیاه در زمان رسیدگی هستند.

برای تعیین عملکرد دانه در واحد جذب هر عنصر در حداکثر تجمع ($Y_{(x)}A$) و حداکثر رقیق‌سازی ($Y_{(x)}D$) آن عنصر از داده‌های دو آزمایش اول و آزمایش دوم استفاده شد. چنان‌چه در شرایط مختلف، در زمان برداشت، میزان کل عنصر جذب شده در اندام‌های هوایی (دانه و غیردانه) و عملکرد دانه اندازه‌گیری شده و در یک نمودار رسم شوند، شیب خط به‌دست آمده از رگرسیون عملکرد دانه در مقابل میزان عنصر جذب شده، کارایی درونی استفاده از عنصر را نشان می‌دهد و عبارت است از میزان محصول تولیدی برحسب کیلوگرم به ازای میزان عنصر جذب شده بر حسب کیلوگرم. این شیب بسته به شرایط گیاه، خاک و مدیریت زراعی متفاوت است. اما، چنان‌چه تعداد زیادی اندازه‌گیری انجام شده باشد حداقل و حداکثر این شیب که در واقع همان حداقل و حداکثر کارایی درونی هستند، قابل تعیین می‌باشد و نتیجه دو خط رگرسیون خواهد بود که عموم نقاط اندازه‌گیری شده بین این دو خط قرار می‌گیرند (نظیر شکل ۱). خط بالایی برآوردی از میزان عملکرد (حداکثر آن) در شرایطی را نشان

1- Internal use efficiency

www.SID.ir

Archive of SID

می‌دهد که حداکثر رقیق شدن نیتروژن اتفاق افتاده باشد[1] و خط پایینی برآوردی از میزان عملکرد (حداقل آن) در شرایطی را نشان می‌دهد که حداکثر تجمع و غلظت نیتروژن اتفاق افتاده باشد[2]. در عموم شرایط عملکردهای حاصله بین این دو خط قرار دارند.

رابطه بین عملکرد دانه و جذب نیتروژن توسط گیاه زراعی با استفاده از یک مدل رگرسیون دوتکه‌ای به‌صورت زیر توصیف شد:

$$y=ymax+b*(x-x0) \quad \text{if} \quad x<xo \qquad (۵)$$

$$y=ymax \quad \text{if} \quad x\geq xo$$

در این رابطه y مقدار عملکرد دانه یا جذب نیتروژن، ymax مقدار حداکثر عملکرد دانه یا جذب نیتروژن، x سطوح کود نیتروژن، xo نقطه چرخش معادله را نشان می‌دهد که بعد از آن افزایش بیشتری در عملکرد دانه یا جذب نیتروژن حاصل نخواهد شد و در نهایت b شیب خط را نشان می‌دهد.

در این تحقیق بعد از تعیین کارایی درونی هر یک از عناصر در دو آزمایش ذکر شده، با استفاده از رویه‌های PROC FREQ و PROC UNIVARIATE (۱۲) ۱، ۲/۵ و ۵ درصد بیشترین و کمترین مشاهدات حذف شدند بر اساس این دو رویه فراوانی داده‌ها به‌دست می‌آید و می‌توان ۱، ۲/۵ و ۵ درصد داده‌هایی که بیشترین و کمترین مقادیر را دارند مشخص نمود (۵). این کار در سه مرحله انجام شد: (۱) مرحله اول برای داده‌های آزمایش اول، (۲) مرحله دوم برای داده‌های آزمایش دوم و (۳) در مرحله سوم داده‌های این دو آزمایش با یکدیگر ترکیب شدند. سپس با مقایسه منابع و مشاهده نتایج مقادیر حداکثر تجمع و حداکثر رقیق‌سازی تعیین شدند.

نتایج و بحث

عملکرد بیولوژیک و دانه: نتایج نشان داد که در آزمایش دوم تفاوت معنی‌داری در عملکرد بیولوژیک بین تیمارهای کودی مختلف وجود داشت (جدول ۲). در این آزمایش عملکرد بیولوژیک تیمارهای کودی بین حدود ۵۰۰۰ (N0P20K70) تا ۱۸۰۰۰ (N300P70K70) کیلوگرم در هکتار تغییر داشت (جدول ۳). در آزمایش اول عملکرد بیولوژیک بین مزارع مختلف در سال زراعی ۱۳۸۷ بین ۷۷۰۰ تا ۱۷۳۰۰ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (جدول ٤).

1- Yield with N maximally diluted (YND)
2- Yield with N maximally accumulated (YNA)

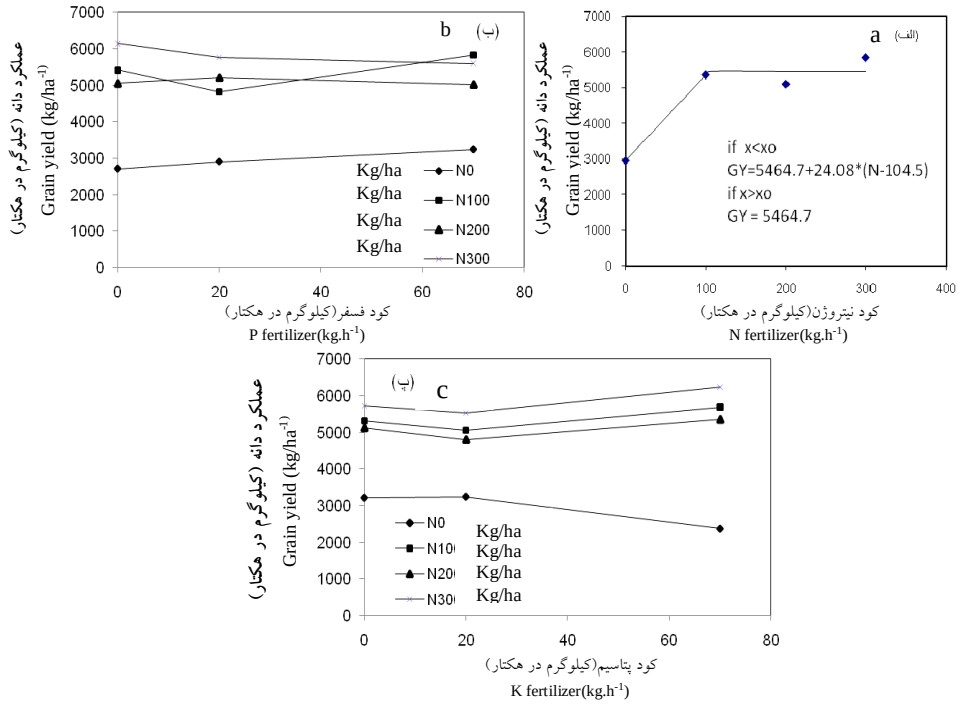
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- درجه آزادی و میانگین مربعات عملکرد غیردانه (**Nyld**؛ کیلوگرم بر هکتار)، عملکرد دانه (**Gyld**؛ کیلوگرم بر هکتار)، میزان جذب نیتروژن (**NU**؛ کیلوگرم بر هکتار)، میزان جذب فسفر (**PU**؛ کیلوگرم بر هکتار)، میزان جذب پتاسیم (**KU**؛ کیلوگرم بر هکتار)، کارایی درونی استفاده از نیتروژن (**INUE**؛ کیلوگرم بر کیلوگرم)، کارایی درونی استفاده از فسفر (**IPUE**؛ کیلوگرم بر کیلوگرم) و کارایی درونی استفاده از پتاسیم (**IKUE**؛ کیلوگرم بر کیلوگرم) در آزمایش دوم.

Table 2. Degree of freedom and mean square for non grain yield (Nyld, $Kg.h^{-1}$), grain yield (Gyld, $Kg.h^{-1}$), N uptake (NU, $Kg.h^{-1}$), P uptake (PU, $Kg.h^{-1}$), K uptake (KU, $Kg.h^{-1}$), Internal use efficiency of N (INUE, $Kg.h^{-1}$), Internal use efficiency of P (IPUE, $Kg.h^{-1}$), and Internal use efficiency of K (IKUE, $Kg.h^{-1}$) for the second experiment.

IKUE	IPUE	INUE	KU	PU	NU	Gyld	Nyld	df	S.O.V.
20	24238*	31	2204	166	763	693347	6006452	3	Block بلوک
30	7951	78**	18630**	202**	8335**	6173823**	337338948**	35	Treatment تیمار
21	5176	25	5502	86	1617	1415320	7638178	105	Residual باقیمانده



شکل ۲- رابطه بین عملکرد دانه و میزان کود نیتروژن (الف)، فسفر (ب) و پتاسیم (پ) در آزمایش دوم. در این شکل قسمت (الف) هر نقطه میانگین ۳٦ نقطه و قسمت (ب) و (پ) میانگین ۱۲ نقطه هستند.

Figure 2. Reliative between grain yield and N fertilizer (A), P fertilizer (B), and K fertilizer (C). (There were an average of 36 points for each point of the N uptake and an average of 12 points for each point of the P and K uptakes).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- میانگین، معنی‌داربودن F و LSD برای تیمارهای مختلف کود. در این جدول تیمارهای کودی مقادیر NPK را بر حسب کیلوگرم بر هکتار عنصر خالص نشان می‌دهد. واحد عملکردها و جذب‌ها برحسب کیلوگرم بر هکتار می‌باشد (آزمایش دوم).

Table 3. Mean, significant F value, and LSD for different fertilizer levels. The fertilizer levels (NPK) are in terms of $kg.h^{-1}$ for each nutrient. The units for crop yield and nutrient uptake are in terms of $kg.h^{-1}$(Experiment 2).

جذب پتاسیم	جذب فسفر	جذب نیتروژن	عملکرد دانه	عملکرد بیولوژیک	تیمار کودی
K uptake	P uptake	N uptake	Grain yield	Biological yield	Fertilizer treatment
153.13	21.79	75.30	2675	8164.7	N0P0K0
127.96	15.81	69.18	3150	7407.1	N0P20K0
167.84	21.04	82.54	3025	9071.4	N0P70K0
259.64	24.05	138.35	3400	1408.1	N100P0K0
168.39	18.05	123.10	4150	11453.3	N100P20K0
233.39	28.21	138.53	3625	12583.9	N100P70K0
251.71	21.48	158.06	3725	12625.3	N200P0K0
280.50	22.42	169.88	4375	14077.8	N200P20K0
270.29	21.90	152.66	4450	13301.3	N200P70K0
314.40	38.07	187.50	3875	15036.4	N300P0K0
229.73	38.71	157.69	3750	13305.9	N300P20K0
241.00	26.87	168.96	5000	12827.6	N300P70K0
117.28	24.83	60.61	2650	7149.7	N0P0K20
178.97	24.68	88.19	3425	9844.8	N0P20K20
148.65	21.77	81.18	3025	8015.9	N0P70K20
265.18	27.73	135.79	3825	13063.3	N100P0K20
210.22	23.95	135.34	3250	12118.5	N100P20K20
209.53	27.60	132.51	3300	12387.9	N100P70K20
234.12	22.83	146.91	4575	12123.6	N200P0K20
235.95	18.84	134.13	4100	11938.4	N200P20K20
260.48	22.79	156.13	4700	12698.3	N200P70K20
324.67	32.86	209.03	4075	15745.4	N300P0K20
217.96	20.67	163.25	3750	12480.2	N300P20K20
270.39	24.87	169.31	3975	12638.2	N300P70K20
96.08	8.98	57.27	2375	5787.3	N0P0K70
87.91	10.59	52.82	2200	4922.8	N0P20K70
146.93	15.93	80.26	2900	7754.3	N0P70K70
231.56	31.58	143.22	3900	12914.4	N100P0K70
216.39	20.74	141.75	3400	12271.6	N100P20K70
220.54	31.40	176.12	4225	15360.0	N100P70K70
242.77	27.54	165.48	3375	13716.8	N200P0K70
280.74	22.85	157.32	4325	13144.1	N200P20K70
238.84	28.81	148.34	4640	12197.1	N200P70K70
303.15	33.56	204.08	4625	15256.4	N300P0K70
300.66	37.67	204.97	4825	15096.9	N300P20K70
442.52	38.24	243.07	4100	17867.0	N300P70K70
**	**	**	**	**	معنی‌داری F Significant F value
51.93	6.47	28.15	832.81	1934.71	LSD (0.05)

www.SID.ir

Archive of SID

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در آزمایش دوم تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه بین تیمارهای کودی مختلف وجود داشت (جدول ۲). در این آزمایش عملکرد دانه بین تیمارهای کودی بین حدود ۲۲۰۰ (N0P20K70) تا ۵۰۰۰ (N300P70K0) کیلوگرم در هکتار تغییر داشتند (جدول ۳). شکل (۲ الف) روند تغییرات عملکرد دانه را در مقابل افزایش سطح کود نیتروژن نشان می‌دهد. در این شکل هر نقطه میانگین تکرارها، سطوح کود فسفر و پتاسیم می‌باشد. نتایج نشان داد که با افزایش کود نیتروژن تا مقدار ۱۰٤/۵ کیلوگرم در هکتار بیشترین عملکرد دانه (۵٤٦٤/۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل خواهد شد و افزایش بیشتر کود نیتروژن افزایش عملکرد را در پی نخواهد داشت. نتایج نشان داد که با افزایش سطح کود فسفر و پتاسیم به اندازه ۷۰ کیلوگرم در هکتار افزایش معنی‌داری در عملکرد دانه حاصل نخواهد شد (جدول ۳؛ شکل ۲ قسمت ب و پ)، ولی در هر دو کود بین سطوح عدم کاربرد نیتروژن و کاربرد نیتروژن اختلاف زیادی مشاهده شد. عدم وجود رابطه معنی‌دار بین عملکرد دانه و سطوح کود فسفر و پتاسیم به‌دلیل عدم واکنش گیاه زراعی به کود است که خود می‌تواند به‌دلیل زیادی میزان آن عناصر در خاک و یا تثبیت عناصر داده شده در خاک باشد. در آزمایش اول عملکرد دانه بین مزارع مختلف در سال زراعی ۱۳۸۷ بین ۲۹۰۰ تا ۷۵۰۰ کیلوگرم در هکتار تغییر داشت (جدول ۳).

جذب عناصر توسط گیاه زراعی: نتایج آزمایش دوم نشان داد که اختلافات معنی‌داری بین تیمارهای کودی مختلف در جذب نیتروژن، فسفر و پتاسیم توسط گیاه زراعی وجود داشت (جدول ۳). بیشترین و کمترین میزان جذب نیتروژن در تیمارهای N300P70K70 و N0P20K70 حاصل شد که به ترتیب در آن‌ها ۲٤۳ و ۵۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن توسط گیاه جذب شده بود (جدول ۳). نتایج این آزمایش نشان داد که افزایش سطح کود نیتروژن تا حد ۱٤٤ کیلوگرم بر هکتار منجربه افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه زراعی خواهد شد (شکل ۳ الف). افزایش بیشتر کود نیتروژن جذب بیشتر نیتروژن را در پی نخواهد داشت و بیشترین میزان جذب نیتروژن توسط گیاه زراعی حدود ۱۷۰/۷ کیلوگرم بر هکتار خواهد بود. در آزمایش اول دامنه تغییرات جذب نیتروژن توسط گیاه زراعی بین ۷٦ تا ۲۲۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ٤).

مصرف سطوح مختلف کودی در آزمایش دوم منجربه تغییرات معنی‌داری در جذب فسفر نیز شد و تیمارهای N300P70K70 و N0P0K70 به‌ترتیب دارای بیشترین (۳۸ کیلوگرم بر هکتار) و کمترین (۹ کیلوگرم بر هکتار) میزان جذب فسفر بودند (جدول ۳). میزان جذب فسفر بین مزارع آزمایش اول بین ۱۲ تا ۲۹ کیلوگرم بر هکتار تغییر داشتند (جدول ٤). در آزمایش دوم تیمارهای کودی

www.SID.ir

Archive of SID

N300P70K70 و N0P20K70 به‌ترتیب بیشترین و کمترین میزان جذب پتاسیم را دارا بودند. جذب پتاسیم در این تیمارها به‌ترتیب ٤٤٣ و ٨٨ کیلوگرم بر هکتار بود (جدول ٣). شبیه رابطه بین عملکرد دانه و مصرف کود فسفر و پتاسیم، رابطه‌ای بین میزان جذب فسفر و پتاسیم با مصرف کود مشاهده نشد (جدول ٣؛ شکل ٣ قسمت ب و پ). هرچند بین سطوح مختلف کود نیتروژن در این مورد تفاوت‌هایی وجود داشت. تیمار کود نیتروژن صفر کیلوگرم در هکتار در هر دو کود پتاسیم و فسفر، کمترین و تیمار کود ٣٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن، بیشترین میزان جذب را دارا بودند. دلیل عدم افزایش معنی‌دار جذب فسفر و پتاسیم می‌تواند بالا بودن میزان این عناصر در خاک باشد در نتیجه مصرف کود بیشتر موجب جذب بیشتر عنصر توسط گیاه زراعی نشده است. همچنین ممکن است نحوه کوددهی و تثبیت عناصر غذایی در خاک موجب افزایش بیشتر جذب این دو عنصر شود. میزان جذب پتاسیم بین مزارع مورد مطالعه در آزمایش اول بین ٦٢ تا ٢١٦ کیلوگرم در هکتار تغییر داشت (جدول ٤). نتایج این آزمایش با نتایج هافله و همکاران (٢٠٠٣) مطابقت داشت که در مطالعه ایشان، متوسط غلظت عناصر مختلف در دانه برابر ١٠/٢ گرم نیتروژن بر کیلوگرم، ٢/٥ گرم فسفر بر کیلوگرم و ٣/٣ گرم پتاسیم بر کیلوگرم بود در حالی که در کاه برابر ٦ گرم نیتروژن کیلوگرم، ١ گرم فسفر و ١٧/٤ گرم پتاسیم بر کیلوگرم به‌دست آمد(٢).

کارایی درونی استفاده از عناصر: نتایج نشان داد که در آزمایش دوم اختلاف بین تیمارهای کودی مختلف فقط بر کارایی درونی استفاده از نیتروژن معنی‌دار بود (جدول ٥). بیشترین و کمترین میزان کارایی درونی استفاده از نیتروژن در این آزمایش در تیمارهای N0P20K0 و N300P70K70 حاصل شد که مقادیر آن‌ها به‌ترتیب ٤٦ و ١٧ کیلوگرم بر کیلوگرم بود. لازم به ذکر است که این دو عدد به‌ترتیب حداکثر رقیق‌سازی و حداکثر تجمع هستند که در بخش بعد به‌طور کامل بحث خواهند شد. شکل (٤ الف) روند تغییرات کارایی درونی استفاده از نیتروژن را در مقابل میزان کود نیتروژن مصرفی نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش سطح کود نیتروژن از صفر به ٣٠٠ کیلوگرم بر هکتار کارایی درونی استفاده از نیتروژن با شیب ٠/٠٣ کاهش معنی‌داری یافت. مقادیر حداکثر و حداقل کارایی درونی استفاده از نیتروژن در آزمایش اول به‌ترتیب حدود ٤٨ و ٢٥ کیلوگرم بر کیلوگرم به‌دست آمد (جدول ٤).

www.SID.ir

Archive of SID

در آزمایش دوم اختلاف بین مقادیر کارایی درونی استفاده از فسفر از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). کمترین مقدار کارایی درونی استفاده از فسفر در تیمار کودی N300P20K0 حاصل شد و مقدار آن حدود ۹۷ کیلوگرم بر کیلوگرم بود (جدول ۵). بیشترین مقدار کارایی درونی استفاده از فسفر نیز در این آزمایش حدود ۲٦٤ کیلوگرم بر کیلوگرم بود و در تیمار کودی N0P0K70 ایجاد شده بود (جدول ۵). در نگاه اول به‌نظر می‌رسد که ارتباطی بین کارایی درونی استفاده از فسفر و افزایش سطح کود فسفر نباشد (شکل ٤ ب) ولی این نتایج وقتی در دامنه وسیع‌تری از سطح کود فسفر بررسی شود اعتبار بیشتری خواهند داشت. در مقایسه با این آزمایش داده‌های حاصل از آزمایش اول نشان داد که کارایی درونی استفاده از فسفر در مزارع کشاورزان بین ۱۹٤ تا ٤٤۲ کیلوگرم بر کیلوگرم تغییر داشت (جدول ٤). به‌نظر می‌رسد تفاوت بین دامنه‌های کارایی درونی استفاده از فسفر بین این دو آزمایش به‌دلیل پایین بودن سطوح کود مورد استفاده در آزمایش دوم باشد.

در آزمایش دوم اختلاف بین تیمارهای کودی مختلف در مقادیر کارایی درونی استفاده از پتاسیم از نظر آماری معنی‌دار نبود (جدول ۵). در این آزمایش تیمارهای N0P20K70 و N300P20K70 به‌ترتیب با مقادیر ۲۵ و ۹ کیلوگرم بر کیلوگرم بیشترین و کمترین مقادیر کارایی درونی استفاده از پتاسیم را دارا بودند (جدول ۵). شبیه آنچه در مورد فسفر مشاهده شد، ارتباطی بین کارایی درونی استفاده از پتاسیم و سطوح کود آن مشاهده نشد (شکل ٤ پ). با محاسبه مقادیر کارایی درونی استفاده از پتاسیم در آزمایش اول مشاهده شد که مقادیر آن بین ۳۲ تا ٦۸ کیلوگرم بر کیلوگرم تغییر داشت (جدول ٤).

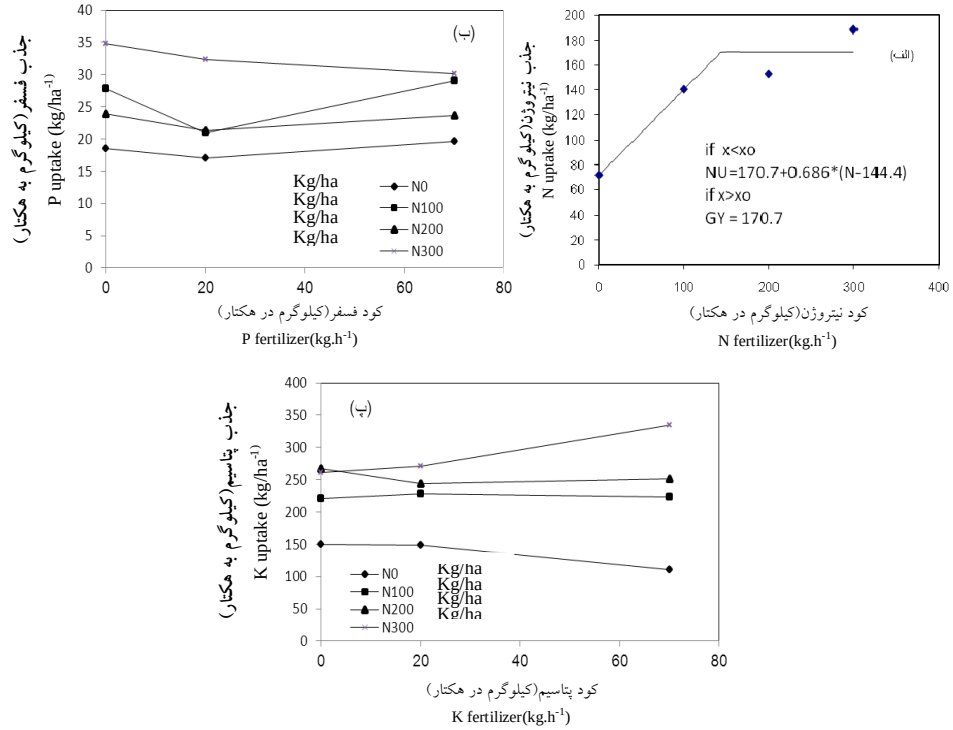
جدول ٤- دامنه تغییرات عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار)، عملکرد بیولوژیک (کیلوگرم بر هکتار)، شاخص برداشت، جذب عناصر غذایی (کیلوگرم بر هکتار)، میزان کود مصرفی (کیلوگرم بر هکتار) و کارایی درونی استفاده از عناصر (کیلوگرم بر کیلوگرم) برای آزمایش اول.

Table 4. The ranges for grian yield (kg.h^{-1}, GY), biological yield (kg.h^{-1}, BY), harvest index (HI), nutrient uptake (kg.h^{-1}, NU), fertilizer application (kg.h^{-1}, FA) and internal use efficiency (kg.kg^{-1}, IUE) at the first experiment.

خصوصیت Characteristic	مقدار Value		
عملکرد دانه (GY)	2874.8-7533.0		
عملکرد بیولوژیک (BY)	7698.9-17327.6		
شاخص برداشت (HI)	35.4-46.8		
	نیتروژن (N)	فسفر (P)	پتاسیم (K)
جذب عناصر غذایی (NU)	76.3-228.1	12.1-29.0	62.0-215.9
میزان کود مصرفی (FA)	64.8-175.5	0.0-63.0	0.0-110.0
کارایی درونی (IUE)	25.1-47.6	193.7-442.2	32.0-68.2

www.SID.ir

Archive of SID



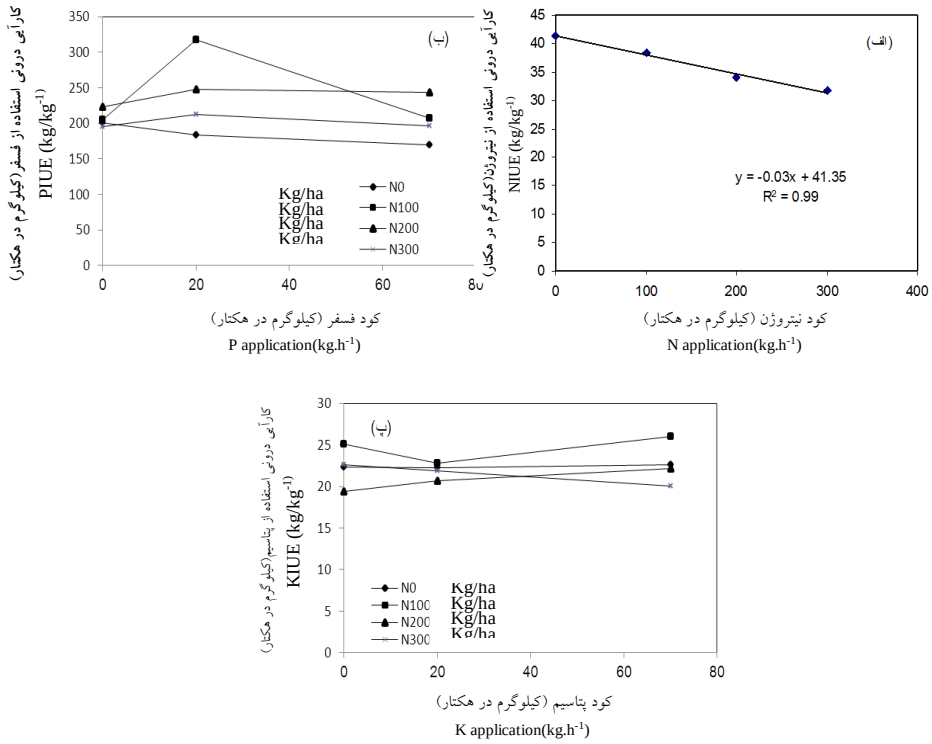
شکل ۳- رابطه بین میزان جذب و میزان کود نیتروژن (الف)، فسفر (ب) و پتاسیم (پ) در آزمایش دوم. در این شکل قسمت (الف) هر نقطه میانگین ۳۶ نقطه و قسمت (ب) و (پ) میانگین ۱۲ نقطه هستند.

Figure 3. The relationships among nutrient uptakes and fertilizer application of NPK at the second experiment. (There were an average of 36 points for each point of the N uptake and an average of 12 points for each point of the P and K uptakes).

تحقیقات مختلفی برای محاسبه کارایی درونی استفاده از عناصر صورت گرفته است: مایتی و همکاران (۲۰۰٦) کارائی درونی را برای گندم به‌طور متوسط به‌ترتیب برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم، ۳٦/۱، ۲۹۸/٦ و ۳۵/۹ گزارش نمودند(٦). هافله و همکاران (۲۰۰۳) این مقادیر را برای برنج ۷۱، ۳۳۱ و ۵۵ تعیین نمودند (۲). وایت و همکاران (۱۹۹۹) نیز برای برنج مقادیر ٦۹، ۳٤۵ و ۷۱ را به‌دست آوردند (۱۵)؛ لیو و همکاران (۲۰۰٦)، برای گندم مقادیر ٤۰/۱، ۲٦۹/۱ و ٤۳/۱ و برای درت ٤۲/۳، ۲۵٤/۹ و ۵۰/٦ را به‌دست آوردند (۵)؛ آبه گاز (۲۰۰۰) برای جو در سه نوع خاک مختلف مقادیر ٤۰-٤۳، ۲٤۳-۲٦۸ و ٦۳-۸۹ به‌دست آوردند (۱).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ٤- رابطه بین کارایی درونی استفاده از (الف) نیتروژن، (ب) فسفر و (پ) پتاسیم در آزمایش دوم. در این شکل قسمت (الف) هر نقطه میانگین ۳٦ نقطه و قسمت (ب) و (پ) میانگین ۱۲ نقطه هستند.

Figur 4. The relationships between internal use efficiency for N (NIUE), P (PIUE) and K (KIUE) at the second experiment. There were an average of 36 points for each point of the NIUE and an average of 12 points for each point of the PIUE and KIUE.

حداکثر تجمع و رقیق‌سازی عناصر: نتایج نشان داد برای به‌دست آوردن حداکثر تجمع و رقیق‌سازی عناصر بهترین حالت ترکیب داده‌های دو آزمایش و حذف ۲/۵ درصد بیشترین و کمترین مشاهدات است (جدول ٦). به این ترتیب، حداکثر رقیق‌سازی برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ٤٦، ٤۱۵ و ٥٦ (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم عنصر جذب شده) به‌دست آمد (شکل ٥ الف تا پ). همچنین حداکثر تجمع برای عناصر نیتروژن، فسفر و پتاسیم به‌ترتیب ۲٥، ۱۲۰ و ۱٤ (کیلوگرم دانه بر کیلوگرم عنصر جذب شده) بود.

www.SID.ir

Archive of SID

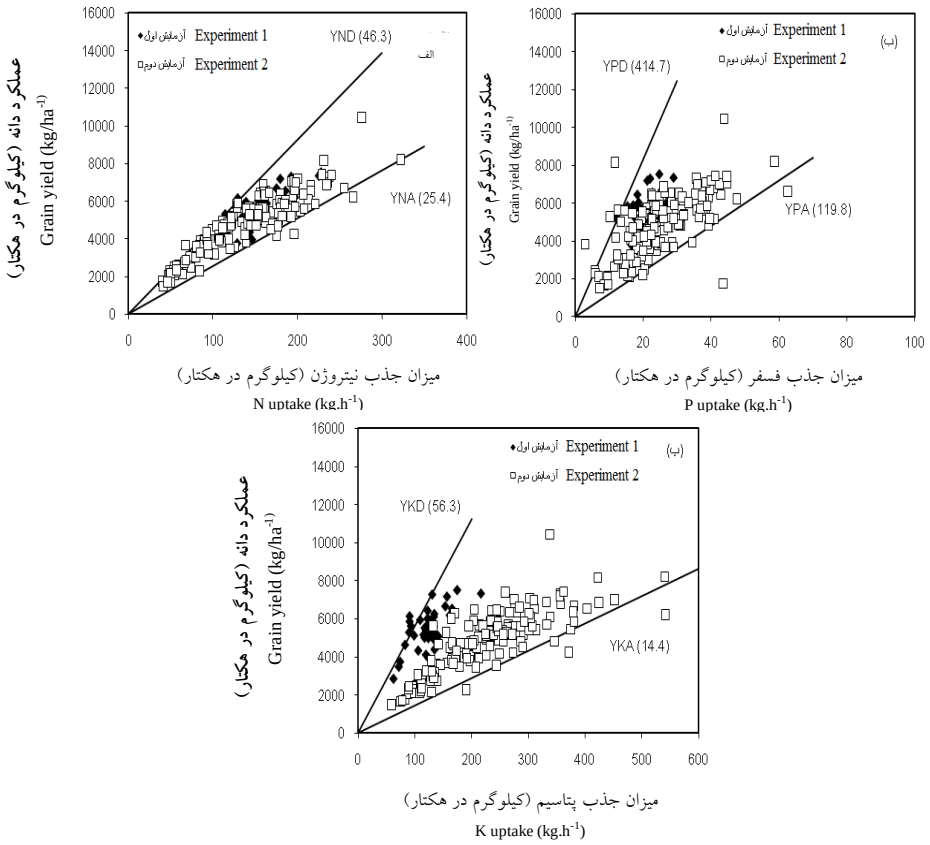
جدول ۵- میانگین، معنی‌داربودن F و LSD برای تیمارهای مختلف کود برای کارایی درونی استفاده از نیتروژن (INUE)، فسفر (IPUE) و پتاسیم (IKUE) بر حسب کیلوگرم بر کیلوگرم در آزمایش دوم. در این جدول تیمارهای کودی مقادیر NPK را بر حسب کیلوگرم بر هکتار کود خالص نشان می‌دهد.

Table 5. Mean, significant F value, and LSD of internal N use effeicency (INUE), internal P use effeicency (IPUE), and internal K use effeicency (IKUE) for different fertilizer levels. The fertilizer levels (NPK) are in terms of $kg.h^{-1}$ for each nutrient. The units for crop yield and nutrient uptake are in terms of $kg.h^{-1}$ (Experiment 2).

IKUE	IPUE	INUE	تیمار کودی Fertilizer treatment
17.5	122.8	35.5	N0P0K0
24.6	199.3	45.5	N0P20K0
18.0	143.8	36.6	N0P70K0
13.1	141.4	24.6	N100P0K0
24.6	229.9	33.7	N100P20K0
15.5	128.5	26.2	N100P70K0
14.8	173.4	23.6	N200P0K0
15.6	195.1	25.8	N200P20K0
16.5	203.2	29.1	N200P70K0
12.3	101.8	20.7	N300P0K0
16.3	96.9	23.8	N300P20K0
20.7	186.1	29.6	N300P70K0
22.6	106.7	43.7	N0P0K20
19.1	138.8	38.8	N0P20K20
20.3	139.0	37.3	N0P70K20
14.4	138.0	28.2	N100P0K20
15.5	135.7	24.0	N100P20K20
15.7	119.6	24.9	N100P70K20
19.5	200.4	31.1	N200P0K20
17.4	217.7	30.6	N200P20K20
18.0	206.2	30.1	N200P70K20
12.6	124.0	19.5	N300P0K20
17.2	181.4	23.0	N300P20K20
14.7	159.8	23.5	N300P70K20
24.7	264.4	41.5	N0P0K70
25.0	207.7	41.7	N0P20K70
19.7	182.0	36.1	N0P70K70
16.8	123.5	27.2	N100P0K70
15.7	163.9	24.0	N100P20K70
19.2	134.6	24.0	N100P70K70
13.9	122.5	20.4	N200P0K70
15.4	189.3	27.5	N200P20K70
19.4	161.1	31.3	N200P70K70
15.3	137.8	22.7	N300P0K70
16.1	128.1	23.5	N300P20K70
9.3	107.2	16.9	N300P70K70
Ns	Ns	**	معنی‌داری F Significant F value
3.20	50.36	3.46	LSD (0.05)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵- رابطه بین عملکرد دانه و تجمع نیتروژن (الف)، فسفر (ب) و پتاسیم (پ) بر اساس داده‌های آزمایش اول و آزمایش دوم. خطوط بالایی عملکردها با حداکثر رقیق‌سازی (حداکثر عملکرد) و خطوط پایینی عملکردها با حداکثر تجمع (حداقل عملکرد) را نشان می‌دهند.

Figure 5. The relationships among grain yield and NPK uptakes based on both experiments 1 and 2. Boundary lines represent the maximum dilution (maximum grain yield; YND) and accumulation of N (minimum yield; YNA) in the above-ground DM.

خلاصه‌ای از بررسی‌های گذشته در مناطق مختلف دنیا روی تعیین ضرایب حداکثر تجمع و رقیق‌سازی این عناصر در جدول (۷) ارائه شده است. پارامترهایی که در این تحقیق به‌دست آمد با نتایج مطالعات گذشته بر روی گندم در مناطق مختلف مطابقت داشت.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٦- ضرایب دامنه‌های تعیین عملکرد که حداکثر تجمع (a) و رقیق‌سازی (d) را برای آزمایش اول و دوم و ترکیب این دو آزمایش برای هر یک از عناصر N، P و K (برحسب کیلوگرم دانه بر کیلوگرم عنصر جذب شده). لازم به ذکر است در ست اول ۱ درصد داده‌ها، در ست دوم ۲/۵ درصد داده‌ها و در ست سوم ۵ درصد کمترین و بیشترین مقادیر داده‌ها کنار گذاشته شدند.

Table 6. Constants of envelope functions relating grain yield (GY) to the maximum accumulation (a) and dilution (d) of N, P and K (kg grain.kg nutrient uptake^{-1}) for the first, second and combination. Constants a and d were calculated by excluding the upper and lower 1, 2.5 or 5 percentiles (1th/99th, 2.5th/97.5th, or 5th/95th) of all internal nutrient efficiency data presented.

Set 3		Set 2		Set 1		عناصر
d (95th)	a (5th)	d (97.5th)	a (2.5th)	d (99th)	a (1th)	Nutrient
						آزمایش اول
						Experiment 1
44.4	28.5	46.1	25.4	47.6	25.1	N
380.4	217.3	402.6	195.3	442.2	193.7	P
60.9	34.0	64.6	32.1	68.2	32.0	K
						آزمایش دوم
						Experiment 2
45.4	26.8	46.3	24.8	47.7	23.5	N
349.4	127.2	406.9	113.0	515.3	105.7	P
29.7	15.4	33.6	13.2	37.1	11.5	K
						ترکیب دو آزمایش
						Combination
45.4	26.9	46.3	25.4	47.7	23.5	N
375.2	131.2	414.7	119.8	515.3	105.7	P
51.1	15.5	56.3	14.4	65.1	11.5	K

جدول ۷- مقادیر حداکثر تجمع عناصر (aX) و حداکثر رقیق شدن غلظت عنصر (dX) برای نیتروژن، فسفر و پتاسیم برای گندم.

Table 7. The values for maximum dilution (dX) and accumulation (aX) of NPK in wheat.

K	P	N	aX/dX	گزارش Report
٢٤	١٧١	٢٥	aX	لیو و همکاران (٢٠٠٦)
٦٧	٣٦٧	٥٦	dX	Liu et al., (2006)
٢٠	١٦٢	٢٧	aX	پاتاک و همکاران (٢٠٠٣)
٥٩	٣٩٠	٦٠	dX	Pathak et al., (2003)
١٧	١٢٩	٣٥	aX	مای‌تی و همکاران (٢٠٠٦)
٥٦	٧٣٨	١٠٠	dX	Maiti et al., (2006)

به‌عنوان مثال زمانی‌که aN برابر با ۳۰ است به‌این معنی می‌باشد که در شرایط حداکثر غلظت و تجمع نیتروژن، ۳۰ کیلوگرم دانه یا محصول به ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده تولید می‌گردد. همین‌طور dN برابر با ۷۰ یعنی این که در شرایط حداکثر رقیق شدن (حداقل غلظت) نیتروژن ۷۰ کیلوگرم محصول به ازای هر کیلوگرم نیتروژن جذب شده تولید می‌شود.

www.SID.ir

Archive of SID

نتیجه‌گیری کلی

در گذشته چنین تحقیقی در ایران صورت نگرفته بود و این اولین بار بود که پارامترهای مربوط بـه دامنه‌های عملکرد (حداکثر تجمع و رقیق‌سازی) برای یک گیاه زراعی در ایران و گرگـان تعیـین شـد. این پارامترها برای اجرای مدل QUEFTS (مدلی برای توصیه کودی) موردنیاز هستند. همچنین کارایی درونی عناصر، مقادیر جذب عناصر، حداکثر تجمع و رقیق‌سازی عناصر در شرایط گرگان برای گنـدم محاسبه شدند. در قسمت تعیین پارامترهای حداکثر تجمع و رقیق‌سازی مشاهده گردید که در آزمایش اول عملکرد دانه در مقابل جذب پتاسیم و فسفر نسبت به آزمایش دوم مقادیر بالاتری را دارا بود. دلیل این امر می‌تواند کافی بودن میزان عرضه خاک در مزرعه دوم باشد و دادن کود موجب افزایش جـذب توسط گیاه زراعی نشده است. توصیه می‌شود این آزمایش در محلی با عرضه پایین خاک تکرار شود.

منابع

1. Abegaz, A. 2000. Farm management mixed crop-livestok systems in the northern highlands of Ethiopia. Ph.D. thesis Wageningen university. ISBN: 90-8504-303-4.
2. Haefele, S.M., Wopereis, M.C.S., Ndiaye, M.K., Barro, S.E., and Ould Isselmou, M. 2003. Internal nutrient efficiencies, fertilizer recovery rates and indigenonus nutrient supply of irrigated lowland rice in Sahelian West Africa. Field Crop Res. 80: 19-32.
3. Janssen, B.H. 2011. Simple models and concepts as tools for the study of sustained soil productivity in long-term experiments. II. Crop nutrient equivalents, balanced supplies of availablenutrients, and NPK triangles. Plant Soil. 339: 17-33.
4. Janssen, B.H., Guiking, F.C.T., Van der Eijk, D., Smaling, E.M.A., Wolf, J., and Van Reuler, H. 1990. A system for quantitative evaluation of the fertility of tropical soils QUEFTS. Geoderma. 46: 299-318.
5. Liu, M., Yu, Z., Liu, Y., and Konijn, N.T. 2006. Fertilizer requirment for wheat and maize in China: the QUEFTS approch. Nut. Cycl. Agroeco. 74: 245-258.
6. Maiti, D., Das, D., and Pathak, H. 2006. Simulation of fertilizer requiement for irrigated wheat in estern India using the QUEFTS Model. Agron. Soil Sci. 52: 403-413.
7. Mohamadi, N. 2012. Modeling wheat fertilizer requirements using QUEFTS model in Gorgan. M.Sc. Thesis, Agronomy. Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources. 80p. (In Persian)
8. Mulder, I. 2000. Soil Fertility: QUEFTS and Farmers. Ph.D. thesis Perceptions. Section Economics and Development Economics Faculty of Economic Sciences, Business Administration and Econometrics Vrije Universiteit.

www.SID.ir

Archive of SID

9.Pathak, H., Aggarwal, P.K., Roetter, R., Kalra, N., Bandyopadhaya, S.K., Parsad, S., and Van Keulen, H. 2003. Modelling the quantitative evaluation of soil nutrient supply, nutreint use efficiency, and fertilizer requirement of wheat in India. Nut. Cycl. Agroeco. 65: 105-113.
10.Setiyonoa, T.D., Waltersa, D.T., Cassmana, K.G., Wittb, C., and Dobermannc, A. 2010. Estimating maize nutrient uptake requirements. Field Crop Res. 118: 158-168.
11.Smaling, E.M.A., and Janssen, B.H. 1993. Calibration of QUEFTS, a model predicting nutrient uptake and yields from chemical soil fertility indices. Geoderma. 59: 21-44.
12.Soltani, A. 2007. Application and Using of SAS Program in Statistical Analisis. Jihad- Daneshgahi, Press, Mashhsd, Iran, 180p. (In Persian)
13.Soltani, A., Soltani, E., Mohamadi, N., and Zeinali, E. 2013. Application of QUEFTS model for optimizing NPK nutrition wheat. Final Research Report. Gorgan Uni. Agricultural Sciences and Natural Resources. 60p. (In Persian)
14.Torabi, B. 2011. Analysis of wheat production limitations in Gorgan, using simiulation model and AHP. PhD thesis, Agronomy. Gorgan University Agricultural Sciences and Natural Resources. 222p. (In Persian)
15.Witt, C., Dobermann, A., Abdlrachman, S., Gines, H.C., Wang, G.H., Nagarajan, R., Satawatananont, S., Pham, S.T., Van Le, T., Simbahan, G.C., and Olk, D.C. 1999. Interal nutrient effieciencise of irrigated lowland rice in tropical and subtropical Asia. Field Crop Res. 63: 113-138.

www.SID.ir