



تحلیل عوامل محدودکننده عملکرد گندم در شرایط گرگان

* بنیامین ترابی^۱، افشین سلطانی^۲، سراله گالشی^۲ و ابراهیم زینلی^۳

^۱ دانش‌آموخته دوره دکتری زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان و استادیار گروه زراعت دانشگاه ولیعصر رفسنجان، ^۲ به ترتیب استاد و استادیار گروه زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان
تاریخ دریافت: ۱۳۹۰/۰۴/۰۲؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۰/۰۹/۲۹

چکیده

یکی از مشکلات اساسی تولید گیاهان زراعی در کشور ما اختلاف بین عملکرد واقعی کشاورزان و عملکرد قابل حصول (خلا عملکرد) می‌باشد. بنابراین شناسایی عوامل محدودکننده عملکرد و خلا عملکرد بسیار حایز اهمیت است. بدین منظور مطالعه‌ای در شهرستان گرگان در ۹۵ مزرعه در ۵ روستای، در دو سال زراعی متوالی ۱۳۸۶-۸۷ و ۸۸-۱۳۸۷ به صورت پیمایشی و براساس روش CPA انجام شد. در این پیمایش کلیه اطلاعات مربوط به عملیات مدیریتی، خصوصیات خاک و گیاه زراعی (شامل ۲۰۰ متغیر) ثبت و اندازه‌گیری شدند. سپس رابطه بین عملکرد و کلیه متغیرها (با استفاده از رگرسیون گام به گام) مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان داد که بین عملکرد کشاورزان (عملکرد واقعی) و عملکردی که می‌توانند برداشت کنند (عملکرد قابل حصول)، ۲۳۴۸ کیلوگرم در هکتار فاصله (خلا) وجود دارد. مشخص شد که میزان مصرف کود پتاسیم قبل از کاشت، میزان کود نیتروژن مصرفی پس از کاشت، شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، شاخص کلروفیل در گرده‌افشانی، کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه در رسیدگی و طول دوره رشد رویشی گیاه به ترتیب ۲۰، ۱۸، ۱۹، ۱۰، ۱۴ و ۱۹ درصد در ایجاد این خلا نقش دارند. بررسی داده‌ها نشان داد که شاخص سطح برگ، شاخص کلروفیل و میزان جذب نیتروژن، همگی تحت کنترل مدیریت کود نیتروژن هستند و همچنین طول دوره رشد رویشی توسط تاریخ کاشت کنترل می‌شود. بنابراین میزان مصرف پتاسیم، مدیریت تغذیه نیتروژن و تاریخ کاشت به ترتیب با ۲۰، ۶۱ و ۱۹ درصد مهم‌ترین عوامل موثر در خلا عملکرد هستند و با بهینه‌سازی آن‌ها می‌توان عملکرد گندم در گرگان را به میزان ۲۳۴۸ کیلوگرم افزایش داد.

واژه‌های کلیدی: خلا عملکرد، گندم، CPA، گرگان.

* نویسنده مسئول: ben_Torabi@yahoo.com

مقدمه

امنیت غذایی همواره مهم‌ترین دغدغه بشر بر روی کره زمین بوده است. بسیاری از سازمان‌های بین‌المللی و دولتی برای تضمین نیازهای بشر برای نسل‌های آتی در حال تحقیق هستند. بنابراین، آگاهی از مدیریت محصول برای تولید غذا یکی از وظایف اصلی مدیران کشاورزی و کشاورزان است. مدیریت نادرست موجب می‌شود که در بسیاری از شرایط عملکردی که برداشت می‌شود (واقعی)، فاصله قابل توجهی (خلاء) با آنچه که می‌توان برداشت کرد (پتانسیل) داشته باشد.

CPA^۱ یکی از روش‌هایی است که برای کمی کردن خلاء عملکرد استفاده می‌شود. با استفاده از این روش محدودیت‌های اصلی عملکرد و توابع کمی شده برای خلا عملکرد تعیین می‌شوند. در روش CPA با استفاده از رگرسیون چندگانه و با روش گام به گام (رضایی و سلطانی، ۲۰۰۷) محدودیت‌های عملکرد و در نهایت مدل تولید تعیین می‌شود. با استفاده از مدل تولید و مقادیر پارامترهای مدل سهم هر یک از محدودیت‌ها در ایجاد خلا عملکرد مشخص می‌گردد (دی‌بای، ۲۰۰۰). برای اجرای موفق روش CPA، مطالعه باید روی یک طبقه خاصی از کاربری زمین^۲ متمرکز باشد؛ و نیز سامانه‌های کاربری زمین^۳ جهت مطالعات پیمایشی باید شامل دامنه متنوعی از شرایط محیطی و فن‌آوری‌های مختلف باشد (دی‌بای، ۲۰۰۰).

راجاپاکس (۲۰۰۳) با استفاده از روش CPA نشان داد مدل تولید ۵۸ درصد از تنوع عملکرد برنج را با متوسط خلا عملکرد ۲۳۶۵ کیلوگرم در هکتار توجیه می‌کند. در این مدل میزان اثر هریک از محدودیت‌های عملکرد بدین صورت بود: اثر کود ۳۳ درصد، کمبود آب ۲۶ درصد، برداشت دیرهنگام ۱۸ درصد، وجین دستی در نوبت دوم ۱۶ درصد و به تعویق افتادن نشاکاری ۶ درصد. این مطالعه نشان داد که خلا عملکرد از طریق ارائه فن‌آوری مناسب همراه با بهبود مهارت مدیریتی کشاورزان کاهش می‌یابد. همچنین در مدلی که با روش CPA توسط پرادان (۲۰۰۴) به دست آمده، نشان داده شد که خاک دارای بافت سبک ۲۷ درصد، مساحت کرت‌ها در مزرعه ۳۰ درصد، تعداد بذر کاشته شده در هر کپه ۳۰ درصد و عدم انجام عملیات تنک به میزان ۱۳ درصد باعث کاهش عملکرد ذرت شدند. کایرانگا (۲۰۰۶) در مطالعه‌ای دیگر بر روی برنج با استفاده از روش CPA نشان داد که محدودیت‌های عملکرد به عوامل مدیریتی مربوط می‌باشد. مدل تولید در این مطالعه خلا عملکرد را

1- Comparative Performance Analysis

2- Land Use

3- Land Use System

۱۸۵۵ کیلوگرم در هکتار برآورد کرد و ۷۵ درصد از تغییرات عملکرد توسط مدل توجیه شد. بیماری تونگرو^۱ به میزان ۶۴/۱ درصد و وضعیت خاک ۳۵/۹ درصد از مهمترین عوامل ایجاد کننده خلا عملکرد بودند.

مطالعات انجام شده نشان می‌دهد که اولین قدم برای کاهش خلا عملکرد مشخص کردن محدودیت‌های عملکرد در یک ناحیه خاص می‌باشد. شناخت محدودیت‌های عملکرد می‌تواند ما را در تلاش برای کاهش خلا عملکرد یاری دهد. کاهش خلا عملکرد نه تنها به افزایش عملکرد و تولید کمک می‌کند، بلکه کارایی استفاده از زمین و کارگر را بهبود می‌بخشد، هزینه تولید را کاهش و پایداری عملکرد را افزایش می‌دهد (کوادهاری، ۲۰۰۰).

با توجه به این که تا کنون هیچ‌گونه تحقیقی در مورد خلا عملکرد با روش CPA در کشور صورت نگرفته است، بنابراین، اهداف اجرای این تحقیق شامل معرفی روش CPA و مراحل آن جهت آشنایی محققان، تعیین میزان خلا عملکرد گندم و تعیین عوامل محدودکننده (محدودیت‌های) عملکرد و سهم هر یک از آنها در ایجاد خلا عملکرد در مزارع گندم شهرستان گرگان می‌باشد.

مواد و روش‌ها

مناطق مورد مطالعه: شهرستان گرگان با میانگین درازمدت بارندگی سالانه ۶۰۷ میلی‌متر، میانگین دمای سالانه ۱۳ درجه سانتی‌گراد، دامنه نوسان دمای سالانه ۱۰ درجه سانتی‌گراد و ارتفاع ۱۳ متر از سطح دریا و در عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۸۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی قرار دارد. این طرح به صورت پیمایشی در سال‌های زراعی ۱۳۸۶-۸۷ و ۱۳۸۷-۸۸ در روستاهای جلین در شرق گرگان، محمدآباد و کریم‌آباد در شمال گرگان، و اسبومحله و نودیجه در غرب گرگان اجرا شد. منطقه شمال گرگان در محدوده آب و هوای خشک و نیمه خشک و منطقه غرب دارای آب و هوای نیمه مرطوب است که با پیش‌روی به سمت شرق گرگان از میزان رطوبت کاسته می‌شود. در سال اول آزمایش ۵۰ مزرعه و در سال دوم ۴۵ مزرعه به‌طور تصادفی در این نواحی انتخاب و کلیه اطلاعات لازم از این مزارع به صورت پیمایشی جمع‌آوری شدند. کلیه اقدامات مدیریتی مزارع انتخاب شده تحت نظارت مهندسان کشاورزی طرح گندم قرار داشتند، اما با این وجود مزارع انتخاب شده از لحاظ عملیات مدیریتی انجام شده دارای تنوع بودند.

1- Tungro

جمع‌آوری داده‌ها: در این مطالعه سه گروه اطلاعات شامل اطلاعات مربوط به خاک، مدیریت مزرعه و گیاه زراعی جمع‌آوری شدند.

اطلاعات مربوط به خاک: این اطلاعات 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 خشتی‌شونده، هدایت الکتریکی و pH) می‌باشد. میزان نیتروژن خاک از طریق روش کج‌دال، فسفر قابل جذب از روش اولسن (با استفاده از اسید اسکوربیک) و پتاسیم قابل جذب از روش استات آمونیوم نرمال خاک و دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند. این اطلاعات از کشاورزانی به‌دست آمد که آزمون خاک انجام داده بودند. همچنین، با استفاده از میزان نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شده در خاک، شاخص حاصل‌خیزی خاک (FI؛ عملکرد قابل‌حصول در شرایطی که هیچ‌گونه کودی مصرف نشود) برای هر مزرعه محاسبه شد (سلطانی، ۲۰۰۹b).

اطلاعات مربوط به مدیریت: این اطلاعات شامل عملیات تهیه بستر بذر (نوع، تعداد و زمان شخم، دیسک و ...)، رقم مورد استفاده و محل تهیه بذر آن، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود و زمان مصرف کود)، مبارزه با آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز، آبیاری (تعداد و زمان آبیاری) و مسایل مربوط به برداشت (زمان برداشت و میزان عملکرد) بودند. این اطلاعات در قالب پرسش‌نامه جمع‌آوری اطلاعات مزارع کشاورزان تهیه و در طول فصل رشد با همکاری کشاورزان تکمیل شد.

اطلاعات مربوط به گیاه زراعی: این اطلاعات مربوط به ثبت و اندازه‌گیری تاریخ پنجه‌زنی، ساقه‌رفتن، گرده‌افشانی، رسیدگی، برداشت، عملکرد واقعی، شاخص کلروفیل برگ، شاخص سطح برگ، غلظت نیتروژن کل بوته در مرحله گرده‌افشانی، غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر دانه و غیردانه در مرحله رسیدگی برداشت کل مزارع مورد مطالعه بودند. برای تعیین شاخص کلروفیل برگ، در مرحله گرده‌افشانی در هر مزرعه ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب شد و در هر بوته میزان کلروفیل قسمت وسط پهنک برگ پرچم با دستگاه کلروفیل‌متر (مدل CCM-200) اندازه‌گیری شد. همچنین در مرحله گرده‌افشانی در هر مزرعه ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل (DeltaT-Devices) سطح برگ این بوته‌ها اندازه‌گیری و شاخص سطح برگ (LAI) محاسبه شد. سپس کل اجزای بوته‌ها خشک و آسیاب شدند و یک نمونه به‌طور تصادفی انتخاب و غلظت نیتروژن اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد اجزای عملکرد و نیز غلظت نیتروژن، پتاسیم و فسفر دانه و غیردانه به ترتیب با روش‌های کج‌دال، اولسن (با استفاده از وانادات مولیبدات) و پتاسیم از طریق

دستگاه فلیم فتومتر اندازه‌گیری شدند. با استفاده از غلظت نیتروژن، فسفر و پتاسیم اندازه‌گیری شده دانه و غیردانه، غلظت این عناصر برای کل بوته محاسبه شد (سلطانی، ۲۰۰۹b). برای برآورد وضعیت تغذیه نیتروژن گندم در مرحله گرده افشانی از شاخص تغذیه نیتروژن^۱ (NNI) استفاده شد. مقدار NNI برابر یک حاکی از تغذیه مناسب نیتروژن در گیاه است، مقدار کوچک‌تر از یک نشان می‌دهد گیاه دچار کمبود نیتروژن است و غلظت بزرگ‌تر از یک حاکی از زیادبود غلظت نیتروژن در گیاه می‌باشد (جاستس و همکاران، ۱۹۹۴؛ زینلی، ۲۰۰۹).

تجزیه و تحلیل آماری: برای تعیین مدل عملکرد (تولید)، رابطه بین تمام متغیرهای اندازه‌گیری شده (کمی و کیفی؛ متغیرهای کیفی به صورت صفر و یک کدگذاری شدند) و عملکرد از طریق روش رگرسیون گام به گام (رضایی و سلطانی، ۲۰۰۷) مورد بررسی قرار گرفت. مدل نهایی با استفاده از روش آزمون و خطای کنترل شده تعیین شد که می‌تواند اثر محدودیت‌های عملکرد را کمی کند. با قرار دادن متوسط مشاهده شده متغیرها (X ها) در ۹۵ مزرعه بررسی شده در مدل عملکرد، عملکرد متوسط با مدل محاسبه گردید. سپس با قرار دادن بهترین مقدار مشاهده شده متغیرها در مدل عملکرد، حداکثر عملکرد قابل حصول محاسبه شد. اختلاف این دو، برابر خلا عملکرد خواهد بود. اختلاف حاصل ضرب مقدار متوسط مشاهده شده برای هر متغیر در ضریب آن با حاصل ضرب مقدار بهترین مشاهده شده برای همان متغیر در ضریب همان مشاهده مقدار خلا عملکرد ایجاد شده برای آن متغیر است (جدول ۱). نسبت مقدار خلا عملکرد برای هر متغیر به کل خلا عملکرد، نشان دهنده سهم آن متغیر در ایجاد خلا عملکرد می‌باشد و به صورت درصد نشان داده شد. برای تجزیه داده‌ها از رویه‌های مختلف نرم افزار SAS استفاده شد (سلطانی، ۲۰۰۷).

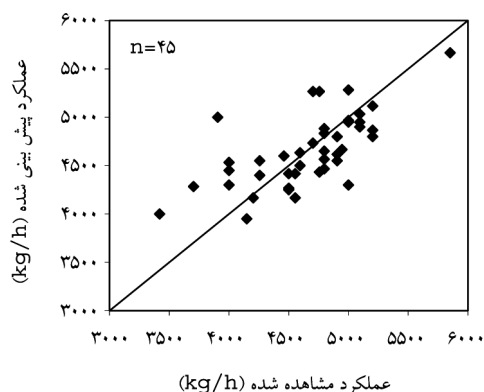
نتایج و بحث

مدل تولید: از حدود ۲۰۰ متغیر مورد بررسی، مدل (معادله رگرسیون نهایی) با هفت متغیر مستقل انتخاب شد. این مدل ۶۱ درصد از کل تغییرات عملکرد را توجیه کرد ($P < 0/0001$). مدل عملکرد به صورت زیر بود:

$$Y(kg/h) = -106/91 + 4/33KFBP + 5/81NFAP + 166/93LAI + 22/31CLI + 4/61TNU + 18/61LVGP - 0/004Den^2$$

1- Nitrogen Nutrition Index

که در آن Y : عملکرد؛ $KFBP$ ، میزان مصرف کود پتاسیم قبل از کاشت (کیلوگرم K_2O در هکتار) $NFAP$ ، میزان مصرف نیتروژن کودی پس از کاشت (کیلوگرم N در هکتار)؛ LAI ، شاخص سطح برگ؛ LCI ، شاخص کلروفیل برگ پرچم؛ TNU ، میزان تجمع نیتروژن توسط گیاه در زمان برداشت (کیلوگرم N در هکتار)؛ $LVGP$ ، طول دوره رشد رویشی؛ و Den ، تراکم (بوته در مترمربع) هستند. شکل ۱ رابطه بین عملکرد واقعی و تخمین زده شده با ضریب همبستگی $0/80$ را نشان می‌دهد. جذر میانگین مربعات خطا ($RMSE$) و ضریب تغییرات مدل به ترتیب برابر 351 کیلوگرم در هکتار و 8 درصد می‌باشد. این آماره‌ها نشان می‌دهند که دقت مدل مناسب است و می‌تواند برای تعیین میزان خلا عملکرد و سهم هر یک از محدودیت‌های عملکرد به کار گرفته شود.



شکل ۱- رابطه بین عملکرد مشاهده شده و پیش بینی شده.

عوامل محدودکننده عملکرد و تخمین خلا عملکرد: جدول (۱) کل خلا عملکرد و سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد نسبت به آن را نشان می‌دهد. مدل عملکرد، متوسط و حداکثر عملکرد را به ترتیب $4999/5$ و $7347/8$ کیلوگرم در هکتار تخمین زد که با متوسط و حداکثر عملکردهای مشاهده شده یعنی 4665 و 6300 کیلوگرم در هکتار قابل مقایسه هستند. کل خلا عملکرد تخمین زده شده $2348/3$ کیلوگرم در هکتار بود. این بدان معنی است که بین عملکرد واقعی کشاورزان و آنچه می‌توانند برداشت کنند $2348/3$ کیلوگرم در هکتار فاصله وجود دارد که با مدیریت مناسب‌تر قابل حذف خواهد بود. سهم هر یک از عوامل محدود کننده عملکرد به صورت زیر می‌باشد (جدول ۱ و شکل ۲).

فاطمه جودی و همکاران

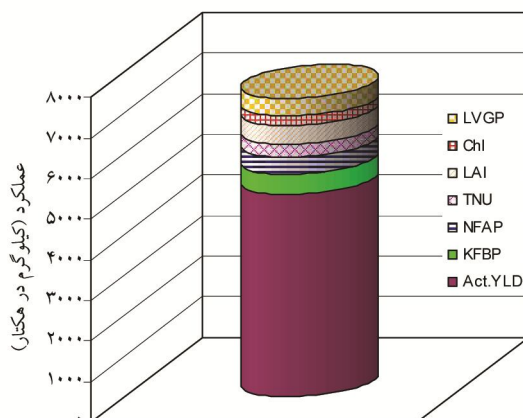
جدول ۱- کمی کردن خلا عملکرد در گندم در شرایط گرگان

خلا عملکرد (درصد)	اجزای خلا عملکرد	مقادیر محاسبه شده با مدل		مقادیر اندازه‌گیری شده در مزرعه		ضریب	متغیرها
		حداکثر	میانگین	حداکثر	میانگین		
		۰	۰	-۱۰۶/۹۱	-۱۰۶/۹۱		
۲۰/۱	۴۷۲/۷	۵۷۵/۹	۱۰۳/۲	۱۳۳	۲۳/۸۳	۴/۳۳	KFBP
۱۸/۳	۴۲۸/۸	۸۸۷/۹	۴۶۰/۱	۱۵۳	۷۹/۲	۵/۸۱	NFAP
۱۹/۱	۴۴۹	۹۷۸/۲	۵۲۹/۲	۵/۸۶	۳/۱۷	۱۶۶/۹۳	LAI
۹/۹	۲۳۲/۲	۱۱۴۷	۹۱۴/۷	۵۱/۴	۴۱	۲۲/۳۱	LCI
۱۳/۹	۳۲۷/۳	۱۰۵۱/۱	۷۲۳/۸	۲۲۸	۱۵۷	۴/۶۱	TNU
۰	۰	-۱/۱۸	-۱/۱۸	۲۹۴/۷	۲۹۴/۷	-۰/۰۰۴	Den ²
۱۸/۷	۴۳۸/۲	۲۸۱۴/۸	۲۳۷۶/۶	۱۵۵	۱۳۱	۱۸/۱۶	LVGP
-	-	-	-	۶۳۰۰	۴۶۶۵	-	عملکرد واقعی
-	-	۷۱۶۶/۲	۴۹۹۹/۵	-	-	-	عملکرد تخمین زده شده با مدل
۱۰۰	۲۳۴۸/۳	-	-	-	-	-	خلا عملکرد تخمین زده شده با مدل

KFBP: میزان مصرف پتاسیم قبل از کاشت (کیلوگرم K₂O در هکتار)، NFAP: میزان مصرف نیتروژن کودی پس از کاشت (کیلوگرم N در هکتار)، LAI: شاخص سطح برگ، LCI: شاخص کلروفیل برگ پرچم، TNU: میزان جذب نیتروژن توسط گیاه در مرحله برداشت (کیلوگرم بر کیلوگرم)، LVGP: طول دوره رشد رویشی (روز)، Den: تراکم (بوته در مترمربع)

میزان مصرف کود پتاسیم قبل از کاشت (KFBP): ۲۰/۱ درصد؛ میزان نیتروژن کودی مصرفی بعد از کاشت (NFAP): ۱۸/۳ درصد؛ میزان نیتروژن جذب شده توسط گیاه در مرحله رسیدگی (TNU): ۱۳/۹ درصد؛ شاخص سطح برگ در مرحله گرده افشانی (LAI): ۱۹/۱ درصد؛ شاخص کلروفیل برگ پرچم در مرحله گرده افشانی (LCI): ۹/۹ درصد و طول دوره رشد رویشی (LVGP): ۱۸/۷ درصد. در این مدل به دلیل این که متغیر تراکم به صورت توان دوم (Den²) وارد شده بود، بنابراین بهترین مقدار اندازه‌گیری شده آن در مزرعه برابر مقدار متوسط اندازه‌گیری شده آن بود و به این ترتیب سهم

تراکم در ایجاد خلا عملکرد برابر صفر گردید. درباره هر یک از این متغیرها جداگانه توضیحات ارائه خواهد شد.



شکل ۲- سهم محدودیت‌های اصلی خلا عملکرد در گندم. KFBP (میزان پتاسیم مصرفی قبل از کاشت)، NFAP (میزان نیتروژن کودی مصرف شده بعد از کاشت)، TNU (میزان جذب نیتروژن)، LAI (شاخص سطح برگ)، LCI (شاخص کلروفیل برگ) و LVGP (طول دوره رشد رویشی).

میزان پتاسیم قبل از کاشت (KFBP): نتایج روش CPA نشان داد میزان مصرف پتاسیم قبل از کاشت مسئول ۲۰/۱ درصد از کل خلا عملکرد برآورد شده در این مطالعه که برابر ۴۷۲/۷ کیلوگرم در هکتار است، می‌باشد (جدول ۱ و شکل ۲). امروزه، با رشد کشاورزی و رواج یافتن ارقام با عملکرد بالا، ذخیره پتاسیم خاک‌ها سریعاً تخلیه شده است (سامال، ۲۰۰۷). در ایران نیز رواج یافتن ارقام با عملکرد بالا و سیستم‌های فشرده کشاورزی باعث تخلیه پتاسیم قابل استفاده برای گیاهان شده است در نتیجه کمبود پتاسیم یکی از محدودیت‌های اصلی در تولید محصول به حساب می‌آید (طالبی‌زاده، ۲۰۰۹). بنابراین توصیه‌های مدیریتی برای پتاسیم باید با دقت بیشتری انجام شود و با نوع محصول و مدیریت آن، شرایط خاک و پتانسیل عملکرد مطابقت داشته باشند (دوبرمن، ۲۰۰۱؛ سامال، ۲۰۰۷).

رس غالب خاک‌های لسی منطقه از نوع ایلیت می‌باشد (طالبی‌زاده، ۲۰۰۹). این رس تامین‌کننده پتاسیم مورد نیاز گیاه برای تولید متوسط محصولات زراعی می‌باشد. با توجه به این‌که این رس‌ها دارای غلظت‌های بالای پتاسیم تبادل‌پذیر هستند اما آزادسازی پتاسیم (پتاسیم تبادل‌پذیر) موجود در لایه‌های مختلف کانی‌های رس ایلیت (میکاه) به کندی انجام می‌شود و بنابراین پتاسیم کم‌تری در دسترس

گیاه قرار می‌گیرد و نهایتاً باعث کاهش عملکرد می‌گردد (سلطانی، ۲۰۰۹b؛ زینلی، ۲۰۰۹؛ طالبی‌زاده، ۲۰۰۹). خاک‌های رسی از نوع ایلاتیت دارای قدرت تثبیت بالا هستند و برای دستیابی به حداکثر عملکرد، میزان مصرف کودهای پتاسیمی نسبت به حالت عادی افزایش می‌یابد؛ بنابراین برخی از محققان توصیه کرده‌اند که در خاک‌های با ظرفیت تثبیت پتاسیم خیلی زیاد، تعیین مقدار کود مصرفی سالیانه باید مستقل از مقدار پتاسیم قابل جذب خاک باشد و برای مقابله با قدرت تثبیت بالای پتاسیم، کاربرد سالانه ۳۵۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم (K_2O) را امری ضروری دانسته‌اند (طالبی‌زاده، ۲۰۰۹). این در حالی است که بیشترین مقدار پتاسیم استفاده شده در مزارع مورد مطالعه ۱۳۶ کیلوگرم K_2O در هکتار بوده است (داده‌ها نشان داده نشده است). افزودن کودهای آمونیومی به خاک موجب آزاد شدن یون پتاسیم و افزایش غلظت پتاسیم محلول (قابل جذب) می‌شود. بنابراین، استفاده از کودهای آمونیومی قبل از مصرف کودهای پتاسه باعث می‌شود کاتیون آمونیوم موجود در کود تثبیت شده و بدین ترتیب کاتیون موجود در کودهای پتاسه (K^+) با سهولت بیشتری در اختیار گیاه قرار گیرد (ملکوتی و همایی، ۲۰۰۴؛ ملکوتی و همکاران، ۲۰۰۵، زینلی، ۲۰۰۹؛ طالبی‌زاده، ۲۰۰۹). چنانچه آمونیوم و پتاسیم به‌طور هم‌زمان به خاک افزوده شوند، اگر میزان این کاتیون‌ها در خاک کم باشد آمونیوم بیشتر تثبیت می‌شود، ولی اگر غلظت هر دو در خاک زیاد باشد پتاسیم بیشتر تثبیت می‌شود (سالاردینی، ۲۰۰۵). بنابراین با توجه به میزان غلظت محلول و تثبیت پتاسیم در خاک باید به طرز صحیحی از کودهای آمونیوم و پتاسیم جهت کاهش میزان تثبیت و افزایش حلالیت پتاسیم استفاده کرد.

میزان نیتروژن کودی مصرف شده پس از کاشت (NFAP): میزان نیتروژن کودی مصرف شده بعد از کاشت عامل ۱۸/۳ درصد خلا عملکرد یعنی ۴۲۸/۸ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱ و شکل ۲). بنابراین، پایین بودن مصرف فعلی نیتروژن عامل خلا عملکرد است که با مصرف بیشتر نیتروژن می‌توان بخشی از خلا عملکرد را کاهش داد. مصرف بیشتر ترجیحاً باید در چند نوبت استفاده شود که نتیجه بهتری دارد و آبشویی کم‌تر خواهد بود. کودهای نیتروژن برای رفع نیاز نیتروژن گیاه به مقدار زیاد برای محصولات کشاورزی از جمله گندم استفاده می‌شوند. نیترات به دلیل حلالیت زیاد در آب به راحتی در معرض آبشویی قرار می‌گیرد (زینلی، ۲۰۰۹). زینلی و همکاران (۲۰۰۹) بسته به نوع خاک و سیستم کشت (آبی یا دیم) میزان آبشویی نیترات در منطقه مورد مطالعه را به‌طور متوسط بین

۱۳ تا ۳۹ کیلوگرم در هکتار در سال برآورد کردند. بنابراین مدیریت نیتروژن از طریق تنظیم زمان و مقدار مصرف نیتروژن می‌تواند به‌عنوان راهکار مهمی جهت کاهش خلا عملکرد مورد ارزیابی قرار گیرد.

میزان نیتروژن، رشد محصول را از طریق چندین واکنش در گیاه تحت تاثیر قرار می‌دهد. رابطه نیتروژن با فتوسنتز، توزیع نیتروژن بین برگ‌ها، گسترش و آرایش برگ و در نهایت اثرات بعدی آن بر روی دریافت نور توسط برگ از آن جمله هستند (گاستل و لمایر، ۲۰۰۲). افزایش کود نیتروژن معمولاً از طریق افزایش شاخص سطح برگ منجر به کاهش نسبت تبخیر به تعرق می‌شود (دبائک و ابودرار، ۲۰۰۴؛ به نقل از کوپر و گرگوری، ۱۹۸۷). مصرف نیتروژن ممکن است طول ریشه، عمق ریشه‌دهی و مصرف آب را افزایش دهد (دبائک و ابودرار، ۲۰۰۴ به نقل از گرگوری و همکاران، ۱۹۸۴). بنابراین، تامین نیاز نیتروژن در زمان‌های مختلف رشد و مطابق با نیاز گیاه و افزایش جذب آن می‌تواند بر روی سرعت رشد گیاه و تولید عملکرد تاثیرگذار باشد (گاستل و لمایر، ۲۰۰۲).

شاخص سطح برگ (LAI): شاخص سطح برگ عامل ۱۹/۱ درصد خلا عملکرد یعنی ۴۴۹ کیلوگرم در هکتار بود (جدول ۱ و شکل ۲). نتایج تجزیه همبستگی نشان داد میزان LAI خود با تعداد تقسیط کود اوره پس از کاشت همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت ($r = 0/33$ ؛ $P = 0/03$)، همچنین همبستگی آن با شاخص تغذیه نیتروژن (NNI) مثبت و معنی‌دار بود ($r = 0/61$ ؛ $P < 0/001$). شکل (۳) رابطه بین LAI با این دو متغیر را نشان می‌دهد. افزایش تقسیط کود اوره پس از کاشت و ایجاد شرایط مناسب به لحاظ تغذیه نیتروژن می‌تواند به‌عنوان راه‌های افزایش LAI مدنظر قرار گیرند. بنابراین، خلا عملکرد ناشی از پایین بودن LAI به‌طور غیرمستقیم به مدیریت تغذیه نیتروژن مربوط می‌شود. تقسیط کود اوره یا کودهای نیتروژنی باعث افزایش کارایی نیتروژن در طول دوره رشد گیاه می‌شود. استفاده یک مرحله‌ای از نیتروژن باعث تلفات نیتروژن در خاک به دو صورت آبشویی و فرار آمونیوم یا تصعید می‌گردد، بنابراین برای جلوگیری از فرآیندهای آبشویی نیترات و فرار آمونیوم، کود نیتروژن را باید به میزان کافی و در چندین مرحله و با توجه به میزان آب خاک و بارندگی به کار برد (دبائک و همکاران، ۲۰۰۴). افزایش قابلیت دسترسی کود نیتروژن برای گیاه از طریق تقسیط کود، باعث تحریک رشد و افزایش LAI می‌شود. افزایش LAI و بسته شدن سریع کنوپی می‌تواند تشعشع دریافتی و فتوسنتز را افزایش دهد و باعث افزایش میزان عملکرد گردد (سلطانی و گالشی، ۲۰۰۲؛ سلطانی،

۲۰۰۹a). دلیل دیگر در ایجاد خلا عملکرد در رابطه با شاخص سطح برگ مربوط به ذخیره نیتروژن توسط برگ می‌باشد. به دلیل غیرفعال شدن ریشه‌ها و عدم جذب نیتروژن از خاک در بعد از گرده‌افشانی، حدود دو سوم از نیتروژن دانه‌ها از انتقال مجدد تأمین می‌شود. یکی از نقش‌های مهم اندام‌های رویشی به خصوص برگ ذخیره نیتروژن است. افزایش شاخص سطح برگ باعث افزایش ذخیره و مقدار انتقال مجدد نیتروژن و نهایتاً باعث افزایش عملکرد می‌گردد. نقش ذخیره نیتروژن در افزایش عملکرد زمانی بیشتر از نقش دریافت تشعشع و فتوسنتز می‌شود که مقدار شاخص سطح برگ واقعی از شاخص سطح برگ بحرانی زیادتر گردد، زیرا در بالاتر از شاخص سطح برگ بحرانی دریافت تشعشع ثابت است، ولی میزان ذخیره نیتروژن افزایش می‌یابد (سلطانی، ۲۰۰۹b).

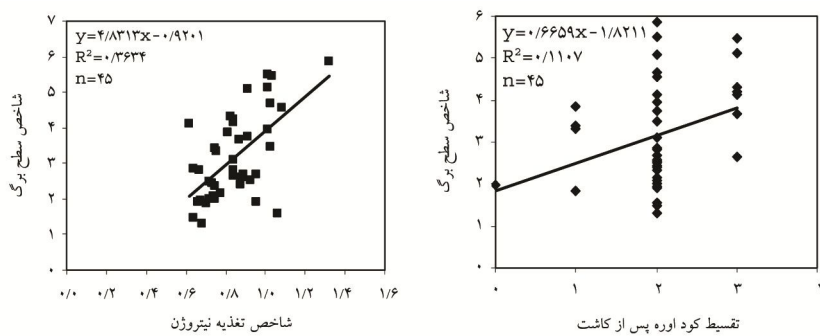
شاخص تغذیه نیتروژن (NNI) یک معیار برای نشان دادن میزان نیتروژن گیاه می‌باشد. تعیین NNI در یک تاریخ خاص در دوره رشد رویشی می‌تواند ابزار مفیدی جهت بهینه کردن مدیریت کود باشد. زمانی که NNI به شدت کاهش یابد می‌توان بسته به شدت کمبود نیتروژن از کود نیتروژنی استفاده کرد (جاستس و همکاران، ۱۹۹۴؛ زینلی، ۲۰۰۹؛ لمایر و همکاران، ۲۰۰۸). با توجه به شکل (۳) می‌توان استنباط کرد افزایش شاخص سطح برگ در برابر افزایش NNI به علت برطرف شدن تنش نیتروژن در محیط رشد گیاه می‌باشد. افزایش NNI باعث افزایش شاخص سطح برگ و دوام سطح برگ می‌گردد که این می‌تواند به افزایش دریافت تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) و ذخیره نیتروژن و در نهایت افزایش تولید ماده خشک و عملکرد منجر شود (وان دلدن، ۲۰۰۱؛ سلطانی، ۲۰۰۹a، سلطانی، ۲۰۰۹b).
شاخص کلروفیل برگ (LCI): شاخص کلروفیل برگ عامل ۹/۹ درصد خلا عملکرد یعنی ۲۳۲/۲ کیلوگرم در هکتار بود. نتایج تحقیق حاضر نشان داد بین شاخص کلروفیل برگ با میزان مصرف کود اوره در مرحله ساقه رفتن یک رابطه دوتکه‌ای وجود دارد ($P = 0/02$). شکل ۴ رابطه بین این دو متغیر را نشان می‌دهد. این رابطه نشان می‌دهد با افزایش مصرف کود اوره از صفر تا ۸۷ کیلوگرم در هکتار شاخص کلروفیل با یک شیب ثابتی افزایش می‌یابد، اما بعد از آن هیچ تاثیری بر شاخص کلروفیل نخواهد داشت. این موضوع بیانگر آن است که در مزارعی که کود نیتروژنی کم‌تر از ۸۷ کیلوگرم در هکتار استفاده شده است احتمال کمبود نیتروژن در گیاه وجود خواهد داشت. بنابراین، در مورد این متغیر (شاخص کلروفیل) نیز می‌توان اظهار داشت که به‌طور غیرمستقیم به مدیریت نیتروژن ارتباط دارد. از آن‌جا که بیشترین میزان نیتروژن برگ در کلروفیل وجود دارد، می‌توان گفت یک رابطه نزدیک

بین وضعیت نیتروژن گیاه و شاخص کلروفیل وجود دارد. این رابطه قوی و مثبت است و برای پیش‌بینی وضعیت نیتروژن برگ از طریق شاخص کلروفیل برگ استفاده می‌شود. مطالعاتی برای پیش‌بینی عملکرد از طریق کلروفیل‌متر انجام شده است، اما این پیش‌بینی‌ها نسبتاً ضعیف بوده‌اند، زیرا نتایج تحت تاثیر سال و رقم قرار می‌گرفتند (لی بایل و همکاران، ۲۰۰۵). بعضی از محققان دیگر شاخص کلروفیل را به مدیریت کود نیتروژن ارتباط داده‌اند (پیکلک و فکس، ۱۹۹۲؛ پنگ و همکاران، ۱۹۹۶؛ فیبو و همکاران، ۱۹۹۸).

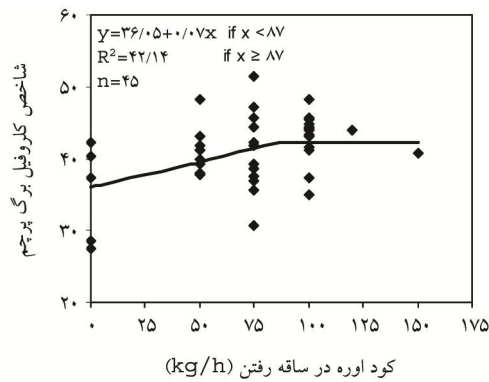
میزان جذب نیتروژن در مرحله رسیدگی (TNU): میزان جذب نیتروژن عامل ۱۳/۹ درصد خلا عملکرد یعنی ۳۲۷/۳ کیلوگرم در هکتار بود. میزان نیتروژن جذب شده (اندازه‌گیری شده در رسیدگی) در گیاه نشان دهنده وضعیت نیتروژن در طی دوره رشد گیاه می‌باشد. نتایج تجزیه همبستگی نشان داد بین این متغیر با سایر متغیرهای مربوط به مدیریت نیتروژن در سطح احتمال ۰/۲ همبستگی وجود نداشت. عدم همبستگی در این مورد به تنوع زیاد مزارع در این مطالعه مربوط می‌باشد؛ اما بدیهی است که میزان جذب نیتروژن به افزایش کارایی استفاده از نیتروژن بستگی دارد (زینلی، ۲۰۰۹). افزایش کارایی استفاده از نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه، تولید ماده خشک و عملکرد می‌شود (وان دلدن، ۲۰۰۱؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰۶). کارایی استفاده از نیتروژن با جلوگیری از بخار شدن (تبدیل آمونیوم به گاز آمونیاک) و آبشویی نیتروژن افزایش می‌یابد. کودهایی که باعث افزایش pH می‌شوند، مثل اوره و آمونیاک آبدار، بخار شدن را افزایش می‌دهند. در شرایط زراعت گندم در گرگان تلفات بخار شدن در زمانی که کشاورزان کود اوره سرک را در سطح مزرعه می‌پاشند و به انتظار باران می‌مانند، زیاد می‌باشد. یکی از راه‌های کاهش تلفات نیتروژن به صورت بخار شدن تزریق کودهای حاوی آمونیاک به خاک می‌باشد (سلطانی، ۲۰۰۹b). خروج آب از انتهای منطقه ریشه در شرایط بارندگی بالا و در خاک‌های با بافت نسبتاً درشت اتفاق می‌افتد و باعث می‌شود نیتروژن قابل استفاده (به صورت نترات) از دسترس ریشه گیاه خارج شده و هدر رود. تقسیط کود نیتروژن و برنامه زمان‌بندی صحیح آبیاری از عوامل مهم در کاهش آبشویی نترات هستند (زینلی، ۲۰۰۹).

طول دوره رشد رویشی (LVGP): طول دوره رشد رویشی عامل ۱۸/۷ درصد خلا عملکرد یعنی ۴۳۸/۲ کیلوگرم در هکتار بود. تجزیه همبستگی بین متغیرها نشان داد طول دوره رشد رویشی با تاخیر در تاریخ کاشت کاهش می‌یابد ($r = -0/87$; $P < 0/001$). شکل ۵ رابطه بین این دو متغیر را نشان می‌دهد. نتایج تجزیه همبستگی همچنین نشان داد بین طول دوره رشد رویشی و تقسیط کود اوره پس از کاشت یک رابطه مثبت و معنی‌داری وجود دارد ($r = 0/29$; $P < 0/005$), به طوری که با تقسیط کود

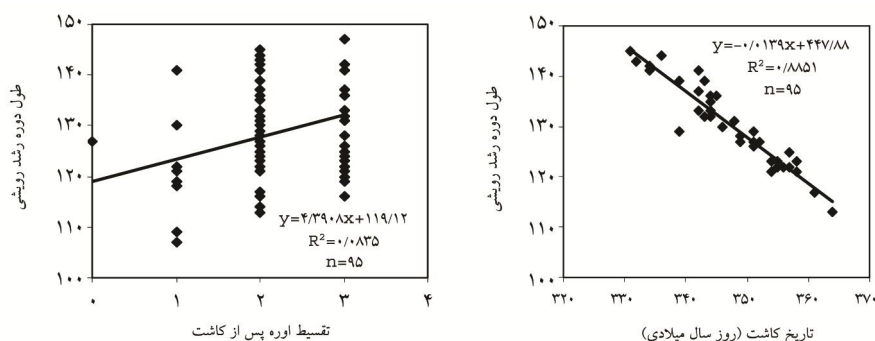
اوره طول دوره رشد رویشی افزایش می‌یابد. تغذیه نامناسب نیتروژن می‌تواند باعث تسریع نمو و کوتاه‌تر شدن طول دوره رشد گردد. بنابراین، برای داشتن طول دوره رشد رویشی مناسب، تاریخ کاشت زود و مصرف نیتروژن به مقدار مناسب در چندین نوبت ضروری به‌نظر می‌رسد.



شکل ۳- رابطه بین شاخص سطح برگ با تقسیط کود اوره (سمت راست) و شاخص تغذیه نیتروژن (سمت چپ).



شکل ۴- رابطه بین میزان کلروفیل برگ پرچم با میزان کود اوره مصرف شده در مرحله ساقه رفتن.



شکل ۵- رابطه بین طول دوره رشد رویشی گندم با تاریخ کاشت (سمت راست) و تقسیط کود اوره (سمت چپ).

جمع بندی عوامل محدود کننده عملکرد: با توجه به نتایج ارائه شده می توان مهم ترین عوامل محدود

کننده عملکرد را به صورت زیر جمع بندی کرد:

- ۱- میزان مصرف پتاسیم قبل از کاشت مسئول ۲۰ درصد از خلا عملکرد می باشد که با مصرف مقدار مناسب آن، این خلا مرتفع خواهد شد. از آنجا که خاک های اطراف گرگان دارای ظرفیت تثبیت بالایی برای پتاسیم می باشند این نتیجه گیری قابل انتظار است.
- ۲- عدم مصرف کود نیتروژن به میزان مناسب پس از کاشت به میزان ۱۸ درصد در خلا عملکرد نقش دارد، بنابراین ضروری است در مدیریت زراعی افزایش مصرف کود نیتروژن پس از کاشت، به صورت سرک در چند نوبت، مد نظر قرار گیرد.
- ۳- شاخص سطح برگ در گرده افشانی، شاخص کلروفیل در گرده افشانی، و کل نیتروژن جذب شده توسط گیاه در رسیدگی جمعا ۴۳ درصد در خلا عملکرد نقش دارند و هر سه به مدیریت تغذیه نیتروژن وابسته اند. میزان شاخص سطح برگ تحت کنترل تعداد دفعات کاربرد کود نیتروژن بود. میزان شاخص کلروفیل به میزان مصرف کود نیتروژن در مرحله ساقه رفتن بستگی داشت.
- ۴- طول دوره رشد رویشی به میزان ۱۹ درصد در خلا عملکرد موثر بود. بررسی داده ها نشان داد طول این دوره توسط تاریخ کاشت کنترل می شود. چنانچه تاریخ کاشت زود و به موقع صورت گیرد و به تاخیر نیافتد، طول دوره رشد رویشی طولانی خواهد بود و در نتیجه خلا ناشی از آن مرتفع خواهد شد. همچنین طول دوره رشد رویشی می تواند تحت تاثیر رقم

قرار گیرد، بنابراین احتمالا ارقامی که دارای طول دوره رشد رویشی کمتری باشند می توانند از این طریق در ایجاد خلا عملکرد نقش داشته باشند.

منابع

- Chaudhary, R.C. 2000. Strategies for bridging the yield gap in rice: A regional perspective. In: Papademetriou, M.K., Dent, F.J., Herath, E.M. (Eds.), Bridging the rice yield gap in the Asia-Pacific region. Food and Agriculture Organization of the United Nations Regional Office for Asia and the Pacific Bangkok, Thailand, pp: 201-214.
- Cooper, P.J.M., and Gregory, P.J. 1987. Soil water management in the rain-fed farming systems of the Mediterranean region. *Soil Use Manage J.* 3: 57-62.
- De Bie, C.A.J.M., 2000. Yield gap studies through comparative performance analysis of agro-ecosystems. International Institute for Aerospace and Earth Science (ITC), Enschede. The Netherlands. 234 p.
- Debaeke, P., and Aboudrare, A. 2004. Adaptation of crop management to water-limited Environments. *Eur. J. Agron.* 21: 433-446.
- Dobermann, A. 2001. Crop potassium nutrition-implications for fertilizer recommendations, In: Proceedings of the 31st. North-Central Extension-Industry Soil Fertility Conference, Potash & Phosphate Institute.
- Feibo, W., Lianghuan, W., and Fuha, X. 1998. Chlorophyll meter to predict nitrogen sidedress requirements for short-season cotton. *Field Crops Res.* 56: 309-314.
- Gastal, F., and Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. *J. Exp. Bot.* 53:789-799.
- Justes, E., Mary, B., Meynard, J.M., Mchet, J.M., and Thelie-Huches, L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. *Ann. Bot.* 74: 397-407.
- Kayiranga, D., 2006. The effects of land factors and management practices on rice yields. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 72 p.
- Le Bail, M., Jeuffroy, M.H., Bouchard, C., and Barbotin, A. 2005. Is it possible to forecast the grain quality and yield of different varieties of winter wheat from Minolta SPAD meter measurements? *Eur. J. Agron.* 23: 379-391.
- Lemaire, G., Jeuffroy, M.H., and Gastal, F., 2008. Diagnosis tool for plant and crop N status in vegetative stage Theory and practices for crop N management. *Eur. J. Agron.* 28: 614-624.
- Malakuti, M.J., and Homaie, M. 2004. Soils fertility of arid and semi-arid regions "Problemes and Strategies". Tarbiat Modares University Press. Tehran, Iran. 518 p. (In Persian).
- Malakuti, M.J., Shahabi, A.A., and Bazargan, K. 2005. Potassium in Iran Agriculture. Sana Press. 318 p. (In Persian).

- Peng, S., Garcia, F.V., Laza, R.C., Sanico, A.L., Visperas, R.M., and Cassman, K.G. 1996. Increased N-use efficiency using a chlorophyll meter on high-yielding irrigated rice. *Field Crops Res.* 47: 243–252.
- Piekeley, W.P., and Fox, R.H. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84: 59–65.
- Pradhan, R., 2004. The effect of land and management aspects on maize yield. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 52 p.
- Rajapakse, D.C., 2003. Biophysical factors defining rice yield gaps. International Institute for Geo-Information Science and Earth Observation Enschede (ITC). The Netherlands. 80 p.
- Rezaie, A., and Soltani, A. 2007. An Introduction to Applied Regression Analysis. Isfahan University of Technology Press. Isfahan. Iran. P: 294. (In Persian)
- Salardini, A. 2005. Soil Fertility (4th Ed). Tehran University Press. (In Persian)
- Samal, D. 2007. Potassium uptake efficiency mechanisms and root exudates of different crop species. A Thesis Submitted for the Degree of Ph.D in agriculture. In the Faculty of Agriculture Sciences, University Gottingen. 155 p.
- Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. JDM Press, Mashhad, Iran. 182p. (In Persian)
- Soltani, A. 2009a. Mathematical Modeling in Field Crops. JDM Press, Mashhad, Iran. 175p. (In Persian)
- Soltani, A. 2009b. Crop Production Ecology. Department of Agronomy (Course notes). Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. (In Persian)
- Soltani, A., and Galeshi, S., 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperature sub-humid environment: experimentation and simulation. *Field Crops Res.* 77: 17-30.
- Soltani, A., Robertson, M.J., and Manschadi, A.M. 2006. Modeling chickpea growth and development: Nitrogen accumulation and use. *Field Crops Res.* 99: 24–34.
- Talebizadeh E. 2009. The effect of calcium, ammonium and potassium based phosphorous fertilizers on potassium uptake by rain-fed winter wheat in potassium fixing loess soil with a dominance of weathered mica in clay fraction. 2009. Dissertation for M.Sc. degree in Soil Science. Dept. of Soil Science, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 147 p. (In Persian)
- Van Delden, A., 2001. Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen management. *Agron. J.* 93: 1370-1385.
- Zeinali, E. 2009. Wheat Nitrogen in Gorgan; Agronomical Physiological, and Environmental Aspects. A Thesis Submitted for the Degree of Ph.D. in Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. 201p. (In Persian)
- Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., and Movahedi-Naeni, S.A.R. 2009. Estimates of nitrate leaching from wheat fields in Gorgan, of Iran. *Res. J. Env. Sci.* 3: 645-655.



Analyzing Wheat Yield Constraints in Gorgan

***B. Torabi¹, A. Soltani², S. Galeshi² and E. Zeinali³**

¹Ph.D. Graduated Student of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, and Assistant Prof., Dept. of Agronomy, Vali-e-Asr University of Rafsanjan, ^{2,3}Prof., Assistant Prof, Dept. of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources

Received: 2011-6-23; Accepted: 2011-12-20

Abstract

One of the main problems in crop production in Iran is the difference between actual yield and attainable yield which is called yield gap. Thus, identifying yield constraints and yield gap are important. To do this, a study was conducted in 95 farms Gorgan of in five villages, during two years 2007 and 2008. In this study, all of the information about management operations, soil and crop characteristics were recorded and measured (including 200 variables). Then, relationships between variables and yield were considered (using stepwise regression). The results showed there is a 2348 kg/ha difference (gap) between actual yield (average farmers' yield) and attainable yield (maximum farmers' yield). It was identified that rate of potassium fertilizer before planting, rate of nitrogen fertilizer after planting, leaf area index at anthesis, leaf chlorophyll index at anthesis, total nitrogen uptake at maturity and the length of vegetative growth period were responsible in creation of yield gap with contribution of about 20, 18, 19, 10, 14 and 19%, respectively. Data investigations revealed that leaf area index at anthesis, leaf chlorophyll index at anthesis and total nitrogen uptake at maturity were controlled by nitrogen fertilizer management. Also, the length of vegetative growth period was controlled by planting date. Thus, it was then concluded that rate of applied potassium, nitrogen nutrition management and planting date are the most important responsible factors in creating yield gap with contribution of about 20, 61 and 19%, respectively. Optimizing of these factors could be increase wheat yield in Gorgan up to 2348 kg/ha.

Keywords: Yield gap; Wheat; CPA; Gorgan.

*Corresponding author; Email: ben_Torabi@yahoo.com

