نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد هفتم، شماره چهارم، زمستان ۹۳
۸۱-۱۰۲
http://ejcp.gau.ac.ir

بهینه‌سازی مدیریت نیتروژن کودی گندم در گرگان: مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن

*مینا یوسفی‌داز[۱]، افشین سلطانی[۲]، سراله گالشی[۲] و ابراهیم زینلی[۳]
[۱،۲،۳] دانشجوی دکتری گروه زراعت، استاد و دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان،
تاریخ دریافت: ۱۳۹۲/۱۰/۱۵ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۳/۶/۱۳

چکیده

نیتروژن یکی از مهم‌ترین عناصر غذایی محدود کننده عملکرد گیاهان زراعی می‌باشد. به‌منظور بررسی اثر مدیریت مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده، شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، شاخص برداشت و عملکرد دانه گندم، آزمایشی به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در دو سال زراعی ۱۳۹۱-۱۳۹۰ و ۱۳۹۲-۱۳۹۱ اجرا شد. تیمارهای آزمایش در سال اول شامل چهار مقدار کودی ۰، ۱۰۰، ۱۷۵ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و در سال دوم ۰، ٦۰، ۱۲۰ و ۱۸۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و چهار مرحله تقسیط کود شامل کاشت، پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و آبستنی بودند. نتایج نشان داد که مدیریت مقدار و زمان کود نیتروژن بر عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ گندم در گرده‌افشانی معنی‌دار بود. حداکثر عملکرد حاصله ۵۵۲۹/۹ کیلوگرم در هکتار بود که در ۷۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد. بنابراین می‌توان گفت که برای حصول عملکرد مطلوب گندم، ۷۸ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص (۱۷۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره) به‌صورت تقسیط مصرف شود، به طوری‌که ۱۲/۵ درصد در مرحله کاشت، ۳۷/۵ درصد در مرحله پنجه‌زنی، ۳۷/۵ درصد در مرحله ساقه‌رفتن و ۱۲/۵ درصد در مرحله آبستنی مصرف گردد و نیز بهتر است که در مرحله ساقه‌رفتن، کود نیتروژن زودتر مصرف شود.

واژه‌های کلیدی: تغذیه نیتروژنی، تقسیط، شاخص سطح برگ، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت

*مسئول مکاتبه: m_y_daz@yahoo.com

مقدمه

همواره یکی از دغدغه‌های کشاورزان آن است که با وجود محدودیت‌های محیطی و هزینه‌های بالای کوددهی، تولید گندم را در حدی حفظ نمایند که به لحاظ اقتصادی مقرون به صرفه باشد. کودهای نیتروژنی یکی از مهم‌ترین عوامل آلوده‌کننده آب (از طریق آبشویی نیترات) و همچنین هوا (از طریق انتشار اکسیدهای نیتروژن) می‌باشند، و از طرفی امکان تأمین غذای موردنیاز جهان بدون استفاده از کود نیتروژن تقریباً غیرممکن است (تیلمن و همکاران، ۲۰۰۲؛ زینلی و همکاران، ۲۰۰۹). بنابراین، توسعه روش‌هایی که کارایی مصرف نیتروژن را افزایش دهد، می‌تواند هزینه‌های غیرضروری کشاورزان و اثرات زیست‌محیطی ناشی از تلفات نیتروژن را با حفظ عملکرد گیاه زراعی در حد مطلوب، کاهش دهد (اسنیدر و همکاران، ۲۰۰۹).

نیتروژن رشد گیاه زراعی را از چندین طریق تحت تأثیر 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 (گاستال و لمایر، ۲۰۰۲). همچنین تأمین نیتروژن از طریق تأثیر بر تعداد پنجه‌ها، سنبله‌ها، دانه‌های تشکیل شده و وزن هزار دانه بر تمام اجزای عملکرد دانه گندم تأثیر مستقیم می‌گذارد (لاولار، ۱۹۹۵؛ گریندلی، ۱۹۹۷؛ جئوفری و مینارد، ۱۹۹۷). تعداد سنبله‌ها به‌طور عمده در اوایل رشد تعیین می‌شود و تعداد دانه و پتانسیل اندازه دانه دیرتر از تعداد سنبله به‌وسیله میزان دسترسی به ماده‌سازی[1] کربنی و نیتروژنی تعیین می‌شود که بدون تردید تا حد زیادی بر اندازه نهایی دانه اثر می‌گذارند. بنابراین، تأمین نیاز نیتروژن در زمان‌های مختلف رشد و مطابق با نیاز گیاه و افزایش جذب آن می‌تواند بر روی سرعت رشد گیاه زراعی و تولید عملکرد تأثیرگذار باشد (استیکسل و همکاران، ۱۹۹۹؛ گاستال و لمایر، ۲۰۰۲).

یکی از عوامل مؤثر بر توسعه سطح برگ گیاه، میزان دسترسی به نیتروژن است، که با تأثیر بر اندازه و طول عمر برگ موجب افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. شاخص سطح برگ بالاتر نشان‌دهندهٔ وضعیت رشد رویشی بهتر گیاه و در نتیجه عملکرد بالاتر است. همچنین، یکی از نقش‌های مهم اندام‌های رویشی به‌خصوص برگ ذخیره نیتروژن است. افزایش سطح برگ باعث افزایش نیتروژن در آن‌ها، ذخیره و مقدار انتقال مجدد بعدی و نهایتا باعث افزایش عملکرد می‌گردد (سلطانی، ۲۰۰۹b).

1- Assimilation

میزان نیتروژن جذب شده در گیاه نشان دهنده وضعیت نیتروژن در طی دوره رشد گیاه می‌باشد. افزایش کارایی استفاده از نیتروژن باعث افزایش جذب نیتروژن توسط گیاه، تولید ماده خشک و عملکرد می‌شود (وان دلدن، ۲۰۰۱؛ سلطانی و همکاران، ۲۰۰٦؛ سلطانی، ۲۰۰۹a).

لوپز- بلیدو و همکاران (۲۰۰۵) در مطالعه‌ای با بررسی اثرات تقسیط کود نیتروژن بر روی گندم در شرایط مدیترانه‌ای واقع در جنوب اسپانیا مشاهده کردند که زمان مصرف و تقسیط کود نیتروژن، عملکرد دانه را تحت تأثیر قرار می‌دهد، ولی بر بیوماس، اجزای عملکرد و شاخص برداشت تأثیر چندانی ندارد. به‌طوری که بالاترین عملکرد دانه وقتی به‌دست آمد که نصف یا یک سوم از کل مقدار کود نیتروژن مصرفی در مرحله ساقه‌رفتن مصرف شد. گولبا و همکاران (۲۰۱۳) با بررسی روش‌های مدیریتی متفاوت از جمله مقدار کود نیتروژن کم و زیاد و تقسیط آن در دو مرحله مشاهده کردند که روش‌های مدیریتی از جمله کود نیتروژن برروی اجزای عملکرد و مهم‌ترین جزء تعیین کننده عملکرد تأثیر می‌گذارد. عملکرد دانه در غلات تابعی از سه جزء تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن تک دانه می‌باشد (پوهلمن، ۱۹۷۹). که در این مطالعه مشاهده شد، در مقدار کود نیتروژن کم هر سه جزء عملکرد (تعداد سنبله در واحد سطح، تعداد دانه در سنبله و وزن تک دانه) سهم مشابهی در تعیین عملکرد داشتند ولی در مقادیر زیاد کود اثر تعداد سنبله در مترمربع نسبت به تعداد دانه در سنبله و وزن تک دانه بیشتر بود.

آرگوئی و کیومادا (۲۰۰۸) بیان کردند که تقسیط کود نیتروژن در مقایسه با مصرف تمام کود در یک مرحله، در زمان کاشت یا پیش از کاشت، در شرایط دیم (در شرایط مدیترانه‌ای) هیچ‌گونه بهبودی در واکنش گیاه ایجاد نکرد، که البته این نتیجه با نتایج بسیاری از مطالعات دیگر مغایرت دارد. در عمل، اثرات تقسیط کود نیتروژن به آسانی قابل پیش‌بینی نیست، زیرا این اثرات به عوامل متعددی از قبیل ۱- تعداد دفعات مصرف، زمان مصرف و مقدار مصرف در هر نوبت (ماهلر و همکاران، ۱۹۹٤) ۲- شرایط آب و هوایی طی فصل رشد که آبشویی، تصعید، و رشد گیاه را تحت تأثیر قرار می‌دهد (آلکوز و همکاران، ۱۹۹۳) و ۳- مقدار نیتروژن معدنی موجود در خاک در زمان کاربرد کود (سوورس و همکاران، ۱۹۹٤) بستگی دارد.

سلطانی و همکاران (۲۰۱۰) با مطالعه بر روی گندم در منطقه گرگان سهم عوامل مختلف در خلاء عملکرد را برآورد کردند. بر اساس نتایج این مطالعه، میزان مصرف پتاسیم، تاریخ کاشت و مدیریت تغذیه نیتروژن به‌ترتیب با ۲۰، ۱۹ و ٦۱ درصد مهم‌ترین عوامل مؤثر بر خلا عملکرد هستند و با

بهینه‌سازی آن‌ها می‌توان عملکرد گندم در گرگان را به‌میزان ٧٣٤٧/٨ کیلوگرم در هکتار (پتانسیل حداکثر عملکرد) افزایش داد. ایشان بیان کردند مدیریت نیتروژن از طریق تنظیم زمان و مقدار مصرف نیتروژن می‌تواند به‌عنوان راهکار مهمی جهت کاهش خلاء عملکرد مورد ارزیابی قرار گیرد.

نظر به این‌که در مطالعات قبلی مشخص شد بخش اعظم خلاء عملکرد گندم در گرگان ناشی از مدیریت تغذیه نیتروژن است، بنابراین هدف از این تحقیق بررسی راهکارهایی برای افزایش عملکرد گندم با تأکید بر مقدار کود نیتروژن و مقادیر متفاوت در مراحل مختلف رشد بود.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ١٣٩١-١٣٩٠ و ١٣٩٢-١٣٩١ اجرا شد. تیمارهای آزمایش در سال اول شامل چهار مقدار کودی ٠، ١٠٠، ١٧٥ و ٢٥٠ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار و در سال دوم ٠، ٦٠، ١٢٠ و ١٨٠ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود که براساس نتایج سلطانی و همکاران (٢٠١٠) و زینلی، (٢٠٠٩) انتخاب شدند. مقادیر نیتروژن کودی انتخاب شده در هر دو سال طبق جدول (١) به زمین اضافه گردید. در این جدول مقادیر مصرف در هر نوبت، برای هر مقدار کود به‌صورت درصد بیان شده است. نیتروژن مصرفی در این آزمایش کود اوره و رقم گندم نیز مروارید بود. این رقم گندم مقاوم به بیمارهای قارچی و مناسب برای مناطق گرم و مرطوب شمال کشور می‌باشد.

مهم‌ترین ویژگی‌های اقلیمی منطقه در طی دو سال آزمایش و در مقایسه با آمار دراز مدت در جدول (٢) ارائه شده است. در هر دو سال آزمایش، به‌منظور یکنواخت شدن زمین از لحاظ مقدار نیتروژن و کاهش پسماند نیتروژن خاک، یک سال قبل از اجرای طرح، در قطعه آزمایشی موردنظر گندم با تراکم بالا بدون مصرف کود نیتروژن، کشت شد (پیش آزمایش).

قبل از کاشت، ابتدا آزمون خاک در عمق‌های ٠ تا ٣٠، ٣٠ تا ٦٠ و ٦٠ تا ٩٠ سانتی‌متری برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد (جدول ٣). پس از آزمون خاک و تهیه زمین، مزرعه بلوک‌بندی شده و مقدار ٥٠ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ٥٠ کیلوگرم سولفات پتاسیم در زمان کاشت و مقادیر کود نیتروژن موردنظر با توجه به جدول (١) به زمین اضافه شد. رطوبت خاک در زمان کاشت در حد ظرفیت زراعی مزرعه بود. فاصله بین ردیف‌ها ٢٠ سانتی‌متر و تراکم کاشت

۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کرت‌های آزمایشی شامل ۱۰ ردیف و به طول ٦ متر بودند. بذرها قبل از کاشت با سم قارچ‌کش کربوکسیل تیرام به نسبت ۲ در هزار ضدعفونی شدند. بذرها در سال اول در تاریخ ۲٦ آذر و در سال دوم در تاریخ ۱ دی‌ماه به‌صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متری کشت شدند. ثبت مراحل فنولوژیک طی فصل رشد بر روی ۱۰ بوته مشخص هر سه روز یکبار و بر اساس روش زادوکس (۱۹۷٤) انجام شد (جدول ٤). در طول فصل رشد در مواقع لزوم آبیاری، کنترل آفات، بیماری‌ها و علف‌های‌هرز صورت گرفت به نحوی که تا حد امکان گیاه زراعی تحت تنش‌های محیطی و زنده قابل کنترل قرار نگرفت.

جدول ۱- مقادیر کود نیتروژن مصرفی بر حسب درصد در مراحل مختلف رشد گیاه گندم.

الگوی مصرف	کاشت	پنجه‌زنی (GS-21)*	ساقه رفتن (GS-31)**	آبستنی (GS-47)*
A (چهار نوبت برابر)	۲۵ درصد	۲۵ درصد	۲۵ درصد	۲۵ درصد
B (چهار نوبت نابرابر)	۱۲/۵ درصد	۳۷/۵ درصد	۳۷/۵ درصد	۱۲/۵ درصد
C (سه نوبت برابر)	۳۳ درصد	۳۳ درصد	۳٤ درصد	-
D (سه نوبت نابرابر)	۲۵ درصد	۳۷/۵ درصد	۳۷/۵ درصد	-

* در هر دو سال، کوددهی در پنجه‌زنی در مرحله GS-21 (ساقه اصلی و یک پنجه دیده می‌شود) و در آبستنی، در مرحله GS-47 (غلاف برگ پرچم باز شده) صورت گرفت، ** کوددهی در ساقه‌رفتن در سال اول در مرحله قابل رؤیت شدن اولین گره (GS-31) و در سال دوم در مرحله تشکیل ساقهٔ کاذب (GS-30) صورت گرفت. در سال دوم فاصلهٔ بین مرحلهٔ تشکیل ساقهٔ کاذب (GS-30) و قابل رؤیت شدن اولین گره (GS-31) در حدود دو هفته بود.

نمونه‌برداری از تمام کرت‌ها در طول دوره سبزشدن تا رسیدگی در فاصله زمانی هر ۷ تا ۱۰ روز (بسته به شرایط آب و هوایی) انجام شد. در هر مرحله نمونه‌برداری، سطح برگ و وزن خشک ده بوته به تفکیک اندام اندازه‌گیری شدند. جهت سنجش سطح برگ از دستگاه سطح برگ سنج دلتاتی استفاده شد. همچنین برای اندازه‌گیری وزن خشک، بوته‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آون قرار گرفتند. به‌منظور تعیین عملکرد دانه در مرحله برداشت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌های باقی‌مانده برداشت شد و بر اساس بوته‌های برداشت شده عملکرد دانه و شاخص برداشت تعیین گردید.

در این مطالعه به داده‌های عملکرد در مقابل مقادیر کود مصرفی، شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی و عملکرد زیست توده، مدل دو تکه‌ای زیر برازش داده شد (آرگوئی و کیومادا، ٢٠٠٨).

$$Y = bx + a \quad \text{if } x < c$$
$$Y = M \quad \text{if } x \geq c$$

که در این مدل Y عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)، x بسته به نوع صفت مقدار کود یا حداکثر شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی یا عملکرد زیست‌توده، a عملکرد دانه وقتی مقدار x صفر باشد، b ضریب معادله خطی، c نقطه چرخش منحنی (روز پس از کاشت) و M حداکثر عملکرد به‌دست آمده می‌باشد.

پس از جمع‌آوری داده‌ها تجزیه واریانس داده‌های مربوط به عملکرد و اجزای آن بین مقادیر و زمان مصرف کود نیتروژن به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ٩/١ انجام شد. و در صورت معنی‌دار بودن مقادیر F، میانگین‌ها با آزمون LSD مورد مقایسه قرار گرفتند. همچنین به‌منظور بررسی اثر تیمارهای مختلف تقسیط کود بر عملکرد، مقایسات مستقل صورت گرفت که نتایج این مقایسات برای سال اول، سال دوم و مجموع دو سال انجام شد (سلطانی، ٢٠٠٦). از نرم‌افزار EXCEL نیز برای ترسیم نمودارها استفاده شد.

نتایج و بحث

مقایسه آمار هواشناسی دو سال آزمایش با آمار بلندمدت (٤٠ ساله) شهر گرگان (جدول ٢) نشان داد که در سال اول میانگین دمای حداقل در ماه‌های دی و بهمن کاهش و بقیه دوره افزایش و در سال دوم میانگین دمای حداقل در دی و اردیبهشت کاهش، در فروردین برابر و در بقیه ماه‌ها افزایش یافت. به‌طور کلی بیشترین اختلاف در سال اول مربوط به بهمن‌ماه بود که میانگین دمای حداقل ٢/٣ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش و در سال دوم مربوط به اسفندماه بود که میانگین دمای حداقل ٤/٦ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافت. میانگین دمای حداکثر در سال اول در ماه‌های بهمن و اسفند کاهش و در بقیه ماه‌ها افزایش و در سال دوم در همه ماه‌ها افزایش یافت. در واقع بیشترین اختلاف در سال اول مربوط به بهمن‌ماه بود که میانگین دمای حداکثر ٣/٥ درجهٔ سانتی‌گراد کاهش و در سال دوم نیز مربوط به بهمن‌ماه بود که میانگین دمای حداکثر ٢/٩ درجهٔ سانتی‌گراد افزایش یافت. کل میزان بارندگی برای

دوره رشد گندم در سال اول و دوم به‌ترتیب ۳۲٤/٤ و ۳/ ۲۷۸ میلی‌متر، در حالی‌که در درازمدت برابر ۳۳۳/۷ میلی‌متر بود. میانگین تشعشع روزانه نشان می‌دهد که از این نظر اختلاف زیادی بین دو سال آزمایش و آمار بلندمدت وجود نداشت به‌طوری که بیشترین اختلاف در سال اول ۲/۲ و در سال دوم ۲/۵ مگاژول در مترمربع در روز بود که به‌ترتیب در بهمن و فروردین مشاهده شد.

جدول ۲- میانگین دمای حداکثر، حداقل و تشعشع ماهانه و مجموع بارندگی ماهانه در سال اول (۹۱-۱۳۹۰) و دوم (۹۲-۱۳۹۱) آزمایش در مقایسه با آمار بلندمدت (٤۰ ساله) در شرایط آب و هوایی شهر گرگان.

دما	حداقل دما (درجهٔ سانتی‌گراد)			حداکثر دما (درجهٔ سانتی‌گراد)			مجموع بارندگی (میلی‌متر)			میانگین تشعشع (مگاژول در مترمربع در روز)		
	سال اول	سال دوم	بلند مدت	سال اول	سال دوم	بلند مدت	سال اول	سال دوم	بلند مدت	سال اول	سال دوم	بلند مدت
دی	۳/۲	۲/۱	۳/۸	۱۳	۱۳/۳	۱۲/۹	٤۷/٤	۸۸/٤	٥٦/۹	۸/٤	۹/۳	۹/٤
بهمن	۱/۱	٦/۳	۳/٤	۸/۹	۱٥/۳	۱۲/٤	۱۲٦/٥	٤۰/٥	٥۷/٦	۹	۹	۱۱/۲
اسفند	۲/۹	۷/۱	۲/٥	۱۲/۹	۱٦/٤	۱٤/٥	۷۲/٦	٥۸/۱	۷۳/۳	۱۲/۸	۱۲/۱	۱٤/۱
فروردین	۹/٦	۹	۹	۲۱/۳	۲۱/۲	۱۹/۳	۱۲/۸	۲۹/٦	٦۰/۳	۱٦/۹	۱٤/۹	۱۷/٤
اردیبهشت	۱٥/۸	۱۳/٦	۱۳/۸	۲۸	۲٥/۸	۲٤/۹	۲۳/٦	٥۱/۹	٤۷/۲	۲۰/٦	۲۱/۷	۲۰/۱
خرداد	۲۰/٥	۱۹/۷	۱۸/٤	۳۲/۸	۳۱/٥	۲۹/٦	٤۱/٤	۹/۸	۳٥/۷	۲۲/۹	۲۱/۹	۲۱/٦

بین دو سال آزمایش از نظر مراحل فنولوژیک روز تا سبزشدن و پنجه‌زنی اختلاف زیادی دیده نشد ولی در سال دوم آزمایش، سایر مراحل فنولوژیک حداقل ٦ روز زودتر اتفاق افتاد (جدول ٤). به احتمال زیاد یکی از دلایلی که باعث شد در سال دوم مراحل فنولوژی گیاه گندم با سرعت بیشتری اتفاق بیافتد، شرایط اقلیمی (گرمتر بودن هوا)، مقدار و توزیع بارندگی مناسب‌تر بود. به‌طور کلی تحت شرایط معمول تولید گیاهان زراعی، نیتروژن اثر ناچیزی بر نمو فنولوژیکی گیاهان دارد. تنها در شرایطی که کمبود شدید نیتروژن وجود دارد، ممکن است که نیتروژن نمو فنولوژیکی گیاهان را تحت تأثیر قرار بدهد. بنابراین در شرایط عادی رشد و تولید گیاهان زراعی، نیتروژن نمی‌تواند نمو فنولوژیکی گیاه را زیاد تحت تأثیر قرار دهد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

جدول ٣- مشخصات نمونه خاک در سال اول (٩١-١٣٩٠) و دوم (٩٢-١٣٩١) محل اجرای آزمایش.

عمق خاک (سانتی‌متر)	کربن آلی (درصد)		نیتروژن کل (درصد)		نیتروژن نیتراتی (قسمت در میلیون)		نیتروژن آمونیومی (قسمت در میلیون)		فسفر قابل جذب (قسمت در میلیون)		پتاسیم قابل جذب (قسمت در میلیون)		بافت خاک	
	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم	سال اول	سال دوم
٠ - ٣٠	-	٠/٧٥	٠/١	٠/١	٥/٩	٦/١٦	٠/٩	٤/٤٨	٦/٦	٤/٦	٢٠٠	١٤٠	SI.C.L.	SI.C.L.
٣٠ - ٦٠	-	٠/٥٤	٠/١	٠/١	٥/١	٢/٥٢	١/٢	١/١٢	٤	١/٦	١٤٠	٨٠	SI.C.	SI.C.
٦٠ - ٩٠	-	٠/٧٥	٠/١	٠/١	١/٤	٤/٤٨	٢/٣	٢/٥٢	١	١/٢	١٨٠	٨٠	SI.C.	SI.C.

SI.C.L. لوم رسی‌سیلتی؛ SI.C. رس‌سیلتی.

جدول ٤- تاریخ کاشت و زمان وقوع (تعداد روز) مراحل اصلی نمو گندم در سال اول و دوم آزمایش.

مراحل مختلف نمو	سال اول		سال دوم	
	تاریخ	روز پس از کاشت	تاریخ	روز پس از کاشت
کاشت	١٣٩٠/٩/٢٦	٠	١٣٩١/١٠/١	٠
سبز شدن	١٣٩٠/١٠/١٥	١٩	١٣٩١/١٠/١٩	١٨
پنجه‌زنی	١٣٩٠/١١/٢٨	٦٢	١٣٩١/١٢/١	٦١
ساقه‌رفتن	١٣٩١/١/١٦	١٠٩	١٣٩٢/١/٧	٩٧
آبستنی	١٣٩١/١/٢٦	١١٩	١٣٩٢/١/١٩	١٠٢
پایان آبستنی (سنبله‌دهی)	١٣٩١/١/٣١	١٢٤	١٣٩٢/١/٢٣	١١٣
گرده افشانی	١٣٩١/٢/٧	١٣١	١٣٩٢/٢/٣	١٢٤
رسیدگی فیزیولوژیک	١٣٩١/٣/١٦	١٧١	١٣٩٢/٣/١٣	١٦٥
رسیدگی برداشت	١٣٩١/٣/٢٤	١٧٩	١٣٩٢/٣/٢٠	١٧٢

با توجه به نتایج جدول تجزیهٔ واریانس، اثر تیمارهای مختلف کودی در هر دو سال بر عملکرد زیست توده در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ٥ و ٦). مقایسهٔ میانگین اثر تیمارهای مختلف نیز نشان داد که در سال اول بیشترین مقدار عملکرد زیست‌توده ١٥٢٢٥ کیلوگرم در هکتار و در سال دوم ١٨١٠٦ کیلوگرم در هکتار بود که به‌ترتیب در تیمارهای C-٢٥٠ و D-١٨٠ حاصل شد. کمترین مقدار آن نیز در سال اول و دوم به‌ترتیب ٨٦٠٢ و ١١٠٧٦ کیلوگرم در هکتار بود که در هر دو

سال در تیمار شاهد به‌دست آمد، که نشان‌دهنده افزایش عملکرد زیست‌توده با افزایش مقدار نیتروژن کودی بود (جدول ۷). جان و همکاران (۲۰۱۰) نیز با بررسی منبع و تقسیط کود نیتروژن مصرفی در گندم مشاهده کردند که حداقل عملکرد زیست توده در تیمار شاهد به‌دست آمد و تقسیط کود نیتروژن تفاوت معنی‌داری بر عملکرد زیست توده نداشت. عملکرد زیست‌توده بستگی دارد که گیاه چه مقدار نیتروژن می‌تواند جذب کند و به ازای هر واحد نیتروژن جذب شده چه مقدار سطح برگ می‌تواند تولید کند (لمایر و گاستال، ۱۹۹۷). عملکرد زیست‌توده در غلات، عملاً با افزایش کاربرد نیتروژن تا رسیدن به مقدار حداکثر، که بعد از آن ثابت یا متوقف می‌شود، تمایل به افزایش خطی دارد (های و والکر، ۱۹۸۹).

جدول ۵- نتایج تجزیه واریانس عملکرد زیست توده، شاخص برداشت، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی گندم در تیمارهای مختلف نیتروژن کودی در سال اول آزمایش (۹۱-۱۳۹۰).

منابع تغییر	درجهٔ آزادی	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه در رسیدگی برداشت (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی
بلوک	۳	٤٧٥٣٠٥٩/٥	٤٦/٣٣	١٥٢٦٤٣/٧٦	١/١٦
تیمار	١٢	١٢١٢٢٠٦٦/٨**	٥٢/٩٩**	٢٧٣٢١٩٨/١٩**	٢/٢٧**
اشتباه	٣٦	٢٢٧٤٧٦٥/٧	١٥/٠١	٤٧٣١٧٠/٥٨	٠/٣١٣

ns غیر معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ٦- نتایج تجزیه واریانس واریانس عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی گندم در تیمارهای مختلف نیتروژن کودی در سال دوم آزمایش (۹۱-۱۳۹۰).

منابع تغییر	درجه آزادی	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه در رسیدگی برداشت (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی
بلوک	٣	٢٣٢١٥٣٠٣/٢	٣٥/٤٨	٥٠١٠٥٢/٦٣	٠/٦٢٠
تیمار	١٢	١٦٤٠٧٦٤٥/١**	٣٥/٩٩ns	٢٢٠٢٤٧٤/٧٣**	٣/٧٧**
اشتباه	٣٦	٣٨٦٧٠٥٢/٦	٢٤/٠٦	٢٦٠٣٦٤/٨٨	٠/٢٧٣

ns غیر معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.

جدول ٧- مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی گندم در تیمارهای مختلف نیتروژن کودی در سال اول آزمایش (٩١-١٣٩٠).

تیمار	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه در رسیدگی برداشت(کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی
شاهد	٨٦٠٢^{e}	٣٣/٧٨^{c}	٢٨٥٤/٨^{c}	٢/٥٥^{f}
١٠٠-A	١٢١٣٤^{d}	٤٣/٠٤^{ab}	٥٦٠١/٥^{ab}	٤/١١^{e}
١٠٠ -B	١٣١٦٢^{abcd}	٤٢/١٧^{b}	٥٢٣٢/١^{ab}	٤/٣٨^{de}
١٠٠ -C	١٢٢٩٥^{cd}	٤٤/٢٢^{ab}	٤٧٦١/٩^{b}	٤/٠٢^{e}
١٠٠ -D	١٢٣١٥^{cd}	٤٥/١٣^{ab}	٤٨٣٠/٦^{b}	٤/٢٦^{e}
١٧٥ -A	١٤٤٣٣^{abc}	٤٦/١٦^{ab}	٥٤٣١/٢^{ab}	٤/٤٠^{cde}
١٧٥ -B	١٢٩٩١^{bcd}	٤٨/٣٤^{a}	٥٦٠٠/٠^{ab}	٤/٦٩^{cde}
١٧٥ -C	١٣٠٨٢^{abcd}	٤٤/٠٦^{ab}	٥٦٢٦/٥^{ab}	٥/٢٤^{ab}
١٧٥ -D	١٣٨٥٩^{abcd}	٤٧/٨٧^{a}	٥٧٤٧/٤^{ab}	٤/٥٠^{bcde}
٢٥٠ -A	١٤٨٣٣^{ab}	٤٦/٠٧^{ab}	٦٠٩٢/٨^{a}	٥/٠٨^{abcd}
٢٥٠ -B	١٤٨١٣^{ab}	٤٦/١٣^{ab}	٥٧٩٩/٤^{ab}	٥/٣١^{a}
٢٥٠ -C	١٥٢٢٥^{a}	٤٥/٧١^{ab}	٥٥٧٢/٤^{ab}	٥/٢٠^{abc}
٢٥٠ -D	١٤٢٥٧^{abcd}	٤٥/٠٧^{ab}	٥٨١٥/٨^{ab}	٥/١٩^{abc}
$LSD_{(0/05)}$	٢١٦٢/٩	٥/٥٦	-*	٠/٨٠٢

* به‌دلیل وجود یک داده گمشده از روش میانگین‌های کمترین توان‌های دوم استفاده شد.

اثر تیمارهای مختلف بر شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی در هر دو سال در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ٥ و ٦). بیشترین مقدار شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی برای سال‌های اول و دوم به‌ترتیب ٥/٣ و ٥/٧ بود که به‌ترتیب در تیمارهای کودی C-٢٥٠ و a-١٨٠ به‌دست آمد و کمترین مقدار آن نیز در هر دو سال در تیمار شاهد حاصل شد که در سال اول و دوم به‌ترتیب ٢/٥ و ٢/٢ بود (جدول‌های ٧ و ٨). این نتایج نشان داد که با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی شاخص سطح برگ افزایش یافت. برگ‌ها نیازمند مقدار زیادی نیتروژن به‌عنوان یک جزء اصلی سازندهٔ آنزیم‌های دخیل در فتوسنتز هستند. در حدود سه چهارم از نیتروژن برگ در ارتباط با فتوسنتز است (سینکلر و هوریه، ١٩٨٩). در حقیقت بخش اعظم پروتئین موجود بر روی زمین به‌صورت ریبولوز بیس فسفات کربوکسیلاز (آنزیمی که دی‌اکسید کربن را به‌عنوان اولین مرحله در فتوسنتز جذب

می‌کند) می‌باشد. کمبود نیتروژن توسعه سطح برگ را محدود می‌کند، ولی تجمع ماده خشک برگ به‌میزان کمتری تحت تأثیر کمبود نیتروژن قرار می‌گیرد، از این‌رو با کمبود نیتروژن وزن مخصوص برگ افزایش می‌یابد، و از آن‌جایی که بخش اعظم نیتروژن گیاه به برگ‌ها اختصاص می‌یابد، گسترش سطح برگ به‌عنوان یک عامل مهم در تعیین نیاز گیاهان به نیتروژن، در نظر گرفته می‌شود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲؛ گریندلی، ۱۹۹۷). ماسکار و همکاران (۲۰۰۵) با مطالعهٔ سطوح مختلف نیتروژن کودی بر روی برنج مشاهده کردند که با افزایش مقدار نیتروژن کودی از ۰ تا ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار مقدار شاخص سطح برگ به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. آصف و همکاران (۲۰۱۲) نیز بیان کردند که مقدار شاخص سطح برگ گندم با افزایش سطوح نیتروژن کودی افزایش می‌یابد.

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت، عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی گندم در تیمارهای مختلف نیتروژن کودی در سال دوم آزمایش (۹۱-۱۳۹۰).

تیمار	عملکرد زیست‌توده (کیلوگرم در هکتار)	شاخص برداشت (درصد)	عملکرد دانه در رسیدگی برداشت (کیلوگرم در هکتار)	شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی
شاهد	۱۱۰۷۷^{e}	۳۸/۶۳	۳۳۷۳/۱^{d}	۲/۱۶^{g}
۶۰-A	۱۴۳۳۱^{bcd}	۴۵/۷۰	۴۳۶۷/۲^{c}	۳/۷۳^{f}
۶۰ -B	۱۳۷۱۷^{cde}	۵۰/۷۳	۴۹۷۲/۴^{bc}	۴/۰۷^{ef}
۶۰ -C	۱۳۶۱۵^{de}	۴۷/۲۴	۴۳۱۴/۳^{c}	۴/۴۹^{de}
۶۰ -D	۱۳۴۷۳^{de}	۴۵/۳۶	۴۳۸۷/۲^{c}	۴/۵۶^{cde}
۱۲۰ -A	۱۵۷۰۶^{abcd}	۴۴/۵۲	۵۱۲۰/۹^{b}	۴/۷۹^{bcde}
۱۲۰ -B	۱۴۳۸۴^{bcd}	۴۶/۴۵	۵۶۷۱/۷^{ab}	۵/۲۰^{abcd}
۱۲۰ -C	۱۷۴۵۷^{a}	۴۱/۷۳	۵۳۸۳/۱^{b}	۵/۴۲^{ab}
۱۲۰ -D	۱۶۶۸۰^{ab}	۴۴/۰۴	۵۶۱۹/۱^{ab}	۵/۲۸^{abc}
۱۸۰ -A	۱۶۸۲۵^{ab}	۴۵/۰۶	۵۴۳۱/۷^{ab}	۵/۷۰^{a}
۱۸۰ -B	۱۶۸۹۹^{ab}	۴۵/۲۴	۵۳۴۳/۵^{b}	۴/۹۵^{abcd}
۱۸۰ -C	۱۶۵۰۳^{abc}	۴۸/۸۰	۵۲۸۸/۰^{b}	۵/۵۸^{a}
۱۸۰ -D	۱۸۱۰۶^{a}	۴۶/۵۳	۶۱۵۹/۸^{a}	۵/۴۰^{ab}
$LSD_{(0/05)}$	۲۸۲۰/۲	Ns	۷۳۱/۸	۰/۷۴۹

نتایج نشان داد که شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی با عملکرد زیست‌توده (r= ٠/٦٤**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ٩). در واقع افزایش شاخص سطح برگ از طریق افزایش تولید و سرعت توسعهٔ برگ بر روی جذب تشعشع فعال فتوسنتزی (PAR) تأثیر می‌گذارد، که از این طریق نیز منجربه افزایش تولید زیست‌توده می‌گردد (ویتفیلد و اسمیت، ١٩٨٩).

جدول ٩- ضرایب همبستگی بین عملکرد دانه، تراکم بوته در مترمربع، تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله، وزن تک دانه، عملکرد زیست‌توده، شاخص برداشت و شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی در سال اول و دوم آزمایش.

متغیر	عملکرد زیست‌توده	شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	شاخص برداشت	عملکرد دانه
عملکرد زیست‌توده	١			
شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	٠/٦٤**	١		
شاخص برداشت	٠/١٨	٠/٢٧**	١	
عملکرد دانه	٠/٤٢**	٠/٦٥**	٠/٣٤**	١

اثر تیمارهای مختلف بر شاخص برداشت در سال اول در سطح احتمال ١ درصد معنی‌دار بود ولی در سال دوم معنی‌دار نشد (جدول‌های ٥ و ٦). شاخص برداشت عامل مهمی در افزایش عملکرد محسوب می‌شود (رنیولد و راجارلم، ١٩٩٩). شاخص برداشت بیشتر نشان دهنده این مطلب است که بخش بیشتری از مواد فتوسنتزی به عملکرد اقتصادی اختصاص یافته است. نتایج این مطالعه نشان داد که بیشترین شاخص برداشت در سال اول ٤٨/٣ درصد بود که در تیمار B-١٧٥ شاهد به‌دست آمد. البته بین تیمار B-١٧٥ و سایر تیمارها به غیر از تیمار شاهد تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد. کمترین شاخص برداشت نیز در سال اول ٣٣/٨ درصد بود که در تیمار شاهد حاصل شد. شاخص برداشت با شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی (r=٠/٢٧**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول ٩). به‌دلیل واکنش متفاوت زیست‌توده و عملکرد دانه به نیتروژن، شاخص برداشت با افزایش مقادیر نیتروژن کاهش می‌یابد. اثرات منفی مقادیر بالای نیتروژن بر روی عملکرد دانه به‌دلیل ضعف اندام‌های رویشی می‌باشد که محصول را به خوابیدگی ساقه حساس‌تر و بافت‌های لطیف را در برابر انگل‌ها آسیب‌پذیر می‌سازد (کافی، ٢٠٠٥). در مطالعه دلوگیو و همکاران (١٩٩٨) روی بررسی اثر مقادیر ٠، ١٤٠ و ٢١٠ کیلوگرم نیتروژن در هکتار بر گندم، بیشترین مقدار عملکرد و تعداد سنبله در بوته و

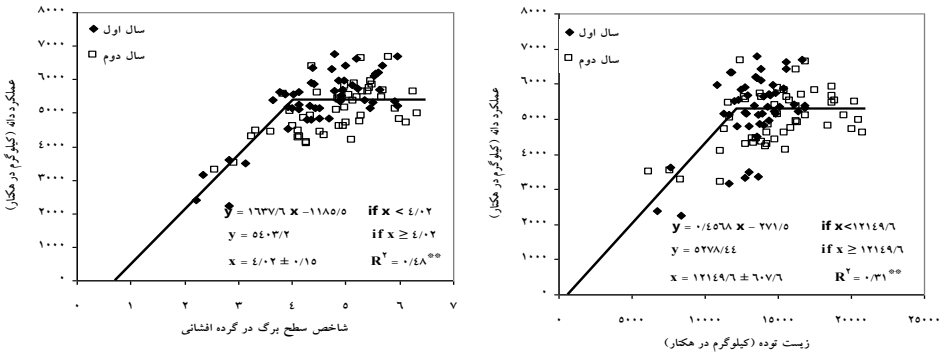
کمترین مقدار شاخص برداشت و وزن هزار دانه در مقدار کود ۲۱۰ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد. تأثیر وضعیت نیتروژن بر شاخص برداشت بین نواحی جغرافیایی و گیاهان زراعی تغییر می‌کند که به شدت به اهمیت عرضهٔ نیتروژن برای دوام کارکرد تاج پوشش و بقای اندام‌های قابل برداشت بستگی دارد (لمایر و گاستال، ۱۹۹۷؛ های، ۱۹۹۹). آصف و همکاران (۲۰۱۲) با بررسی اثر آبیاری و سه سطح نیتروژن (۰، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار) بر عملکرد و شاخص برداشت گندم بیان کردند که اثر متقابل آبیاری و نیتروژن بر شاخص برداشت معنی‌دار نبود. نامبردگان مشاهده کردند که بیشترین شاخص برداشت (۳٦/٤ درصد) در مقدار نیتروژن کودی ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار و کمترین مقدار شاخص برداشت (۳۳/۱ درصد) در تیمار شاهد به‌دست آمد. در این مطالعه مقدار شاخص برداشت در همهٔ تیمارها بیشتر از تیمار شاهد بود. این نتایج با نتایج ما در این مطالعه و نتایج اسلام (۲۰۰۲) مطابقت داشت.

در هر دو سال آزمایش اثر تیمارهای مختلف بر عملکرد دانه در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول‌های ۵ و ٦). بیشترین عملکرد دانه در سال اول و دوم به‌ترتیب ٦۰۹۲/۸ و ٦۱۵۹/۸ کیلوگرم در هکتار بود که به‌ترتیب در تیمارهای A–۲۵۰ و D–۱۸۰ به‌دست آمد و کمترین مقدار نیز در سال اول و دوم به‌ترتیب ۲۸۵٤/۸ و ۳۳۷۳/۱ کیلوگرم در هکتار بود که در تیمار شاهد به‌دست آمد (جدول‌های ۷ و ۸). همان‌طور که مشاهده می‌شود کوددهی باعث افزایش عملکرد گردیده است و در سال دوم با وجود مصرف کود کمتر ولی عملکرد دانه بیشتری به‌دست آمده است که از دلایل این موضوع می‌توان به شرایط بهتر آب و هوائی و خاک در سال دوم و ورس شدید بوته‌ها در مقادیر بیشتر کود در سال اول اشاره کرد. مصرف صحیح و متناسب کودهای نیتروژن عملکرد دانه گندم را افزایش می‌دهد (گیوانی و همکاران، ۲۰۰٤؛ ایوب و همکاران، ۱۹۹٤). عملکرد دانه با عملکرد زیست‌توده (r=۰/٤۲**)، شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی (r=۰/٦۵**) و شاخص برداشت (r=۰/۳٤**) همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت. برگ‌ها از طریق افزایش فتوسنتز به‌صورت‌های مختلف: ۱- بستن سریع تاج‌پوشش ۲- سطح برگ بیشتر ۳- دوام سطح برگ سبز و همچنین از طریق ذخیره و انتقال مجدد نیتروژن باعث افزایش عملکرد در گیاهان می‌شوند.

در شکل (۱) رابطه بین عملکرد و شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی و عملکرد زیست‌توده برای دو سال نشان داده شده است. همان‌طور که مشاهده می‌شود با افزایش شاخص سطح برگ عملکرد دانه نیز افزایش یافت که این افزایش تا شاخص سطح برگ ٤/۰۲ به‌صورت خطی بود و با افزایش هر

واحد از شاخص سطح برگ عملکرد به‌میزان ١٦٣٧/٦ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت تا به حداکثر عملکرد (٥٤٠٣/٢ کیلوگرم در هکتار) رسید. بعد از این شاخص سطح برگ، افزایش معنی‌داری در عملکرد مشاهده نشد. همین روند در عملکرد زیست‌توده نیز مشاهده شد، به‌این صورت که با افزایش عملکرد زیست‌توده تا ١٢١٤٩/٦ کیلوگرم در هکتار، عملکرد دانه به‌صورت خطی افزایش یافت، به‌طوری که با افزایش هر یک کیلوگرم عملکرد زیست‌توده، عملکرد دانه به‌میزان ٠/٤٥٧ کیلوگرم در هکتار افزایش یافت تا به حداکثر مقدار خود (٥٢٧٨/٤ کیلوگرم در هکتار) رسید و بعد از آن مقدار، دیگر افزایش عملکرد زیست‌توده تأثیری بر عملکرد دانه نداشت و ثابت ماند. از آن‌جایی که تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی توسط برگ‌های سبز صورت می‌گیرد، شاخص سطح برگ می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید زیست‌توده و در نتیجه عملکرد دانه باشد (کوچکی و بنایان، ١٩٩٤). افزایش قابلیت دسترسی کود نیتروژنی برای گیاه از طریق تقسیط کود امکان‌پذیر است، که این امر باعث تحریک رشد و افزایش شاخص سطح برگ می‌شود. افزایش شاخص سطح برگ و بسته شدن سریع تاج‌پوشش می‌تواند تابش دریافتی و فتوسنتز را افزایش دهد و باعث افزایش میزان عملکرد گردد (سلطانی و گالشی، ٢٠٠٢؛ سلطانی، ٢٠٠٩a). دلیل دیگر افزایش عملکرد ناشی از افزایش شاخص سطح برگ به افزایش ذخیره نیتروژن توسط برگ برای انتقال به دانه‌های در حال رشد، مربوط می‌شود. به‌دلیل غیر فعال شدن ریشه‌ها و عدم جذب نیتروژن از خاک در بعد از گرده‌افشانی، حدود دو سوم (٧٥ تا ١٠٠ درصد) نیتروژن دانه‌ها از انتقال مجدد تأمین می‌شود. از این‌رو افزایش شاخص سطح برگ، باعث افزایش ذخیره و مقدار انتقال مجدد نیتروژن می‌شود که در نهایت افزایش عملکرد را به‌دنبال دارد. نقش ذخیره نیتروژن در افزایش عملکرد زمانی بیشتر از نقش دریافت تابش 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 و سینکلر، ٢٠١٢؛ سلطانی، ٢٠٠٩b). سلطانی و سینکلر (٢٠١٢) رابطهٔ بین عملکرد دانه و شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی را در گندم مورد بررسی قرار دادند. در این مطالعه فرض شد که حدود ٧٥ تا ١٠٠ درصد از نیتروژن دانه، از انتقال نیتروژن از برگ‌ها و ساقه‌ها به‌دست می‌آید و مشاهده شد که برای به‌دست آوردن عملکردهای بالا در حدود ٦ تا ٨ تن در هکتار، حداقل شاخص سطح برگ ٦ لازم می‌باشد. اسکارسبروگ و همکاران (١٩٩٣) و وینتر و همکاران (١٩٩٣) همبستگی بین سطح برگ و عملکرد را در ذرت تأیید کردند و اظهار داشتند که این همبستگی آنقدر شدید است که براساس میزان سطح برگ می‌توان عملکرد ذرت را تخمین زد. نیتروژن وزن

خشک اندام هوایی را افزایش می‌دهد که رابطه مثبتی با عملکرد دانه در غلات و بقولات دارد (فاجریا، ۲۰۰۷، فاجریا و همکاران، ۲۰۰۸). روابط معنی‌دار بین عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده در زمان گلدهی یا در طول پرشدن دانه در مورد گندم نان (تانو و همکاران، ۱۹۸۵؛ تورنر، ۱۹۹۷) و جو (راموس و همکاران، ۱۹۸۵) گزارش شده است. که این نتایج با نتایج این مطالعه همخوانی دارند.



شکل ۱- رابطه عملکرد با شاخص سطح برگ و عملکرد زیست‌توده در مرحله گرده‌افشانی.

نتایج مقایسات اورتوگونال ارائه شده در جدول (۱۰) نشان داد که تفاوت بین کوددهی چهار مرحله‌ای (B–A) و سه مرحله‌ای (D–C) در سال اول و مجموع دو سال معنی‌دار بود ولی در سال دوم معنی‌دار نبود. بین مقادیر مساوی و متفاوت در کوددهی چهار مرحله‌ای (B–A) در سال اول، دوم و مجموع دو سال تفاوت معنی‌دار وجود نداشت، همچنین تفاوت بین مقادیر مساوی و متفاوت در کوددهی سه مرحله‌ای (D–C) در سال اول، سال دوم و مجموع دو سال معنی‌دار بود. با توجه به‌این نتایج، می‌توان گفت که کوددهی چهار مرحله‌ای (B–A) با سه مرحله‌ای (D–C) متفاوت بود، ولی A با B تفاوت معنی‌داری نداشت، در حالی‌که بین C با D تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

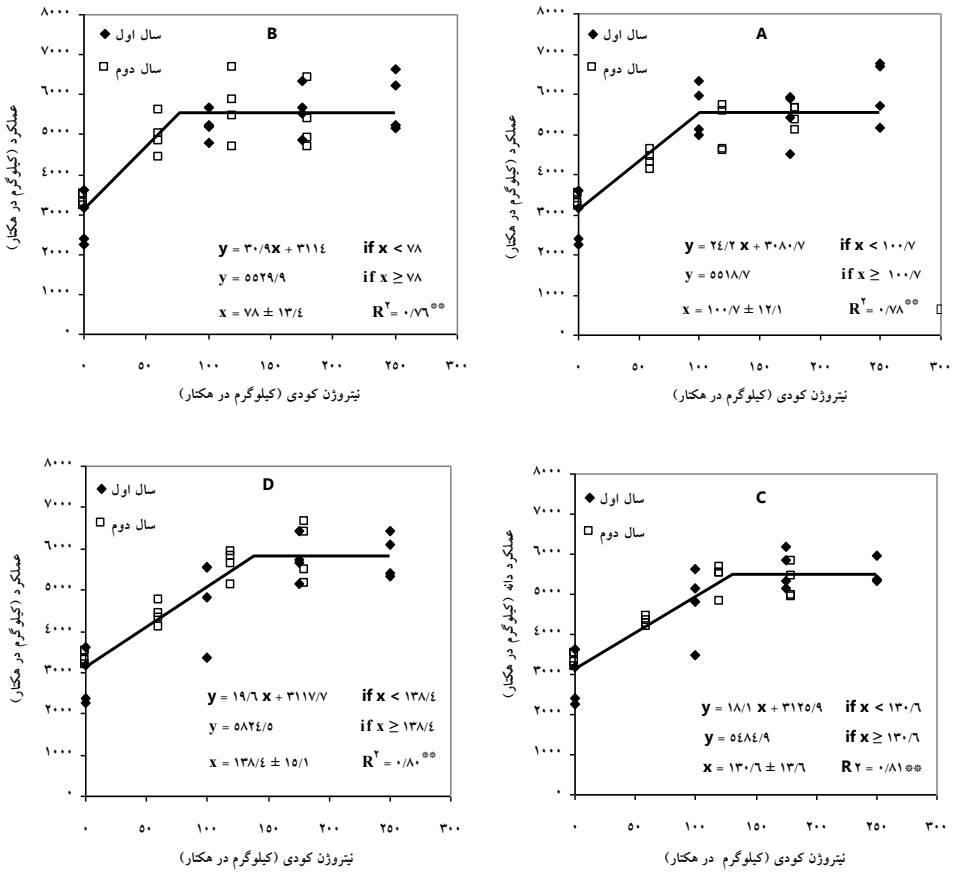
در شکل (۲) رابطه عملکرد با مقدار کود مصرفی در تیمارهای مختلف تقسیط رسم شد، که این رابطه از یک تابع دوتکه‌ای تبعیت کرد. در جدول (۱۱) نیز نتایج برآورد متغیرهای این مدل ارائه شده است. با توجه به‌این نتایج مشاهده شد که حداکثر عملکرد به‌دست آمده در تیمارهای تقسیط کود (A، B، C، D) بین ۵/۵ تا ۵/۸ تن در هکتار متفاوت بود که تفاوت معنی‌داری بین A با B وجود نداشت، ولی بین C با D تفاوت معنی‌داری وجود داشت.

جدول ١٠- جدول مقایسات اورتوگونال عملکرد دانه در تیمارهای مختلف تقسیط کود در سال اول (٩١-١٣٩٠)، سال دوم (٩١-١٣٩٠) و مجموع دو سال آزمایش.

مقایسات	SSQ	F	Pr>F
سال اول			
١- تفاوت کوددهی در سه مرحله نسبت به چهار مرحله؟ (A و C-B و D)	٤١٣٩٨٦٠/١١	٤/٥٧	٠/٠٣٨١
٢- تفاوت کوددهی با مقادیر مساوی و مقادیر متفاوت در کوددهی چهار مرحله‌ای؟ (B-A)	١٦٢٦٩٨/٩٠	٠/١٨	٠/٦٧٣٧
٣- تفاوت کوددهی با مقادیر مساوی و مقادیر متفاوت در کوددهی سه مرحله‌ای؟ (D -C)	٤٥٠٠٨٣١/٧٧	٤/٩٧	٠/٠٣٠٩
سال دوم			
١- تفاوت کوددهی در سه مرحله نسبت به چهار مرحله؟ (A و C-B و D)	٣٣٦١٦٤/٣٧	٠/٥٠	٠/٤٨١٦
٢- تفاوت کوددهی با مقادیر مساوی و مقادیر متفاوت در کوددهی چهار مرحله‌ای؟ (B-A)	٧٦٠٠٨٤/٩٦	١/١٤	٠/٢٩١٧
٣- تفاوت کوددهی با مقادیر مساوی و مقادیر متفاوت در کوددهی سه مرحله‌ای؟ (D-C)	٤٣٧٨١٠٦/٨٢	٦/٥٦	٠/٠١٣٩
مجموع دو سال			
١- تفاوت کوددهی در سه مرحله نسبت به چهار مرحله؟ (A و C-B و D)	٣٤٦٠٠٠٩/٦٤	٤/٤٢	٠/٠٣٨٠
٢- تفاوت کوددهی با مقادیر مساوی و مقادیر متفاوت در کوددهی چهار مرحله‌ای؟ (B-A)	١٠٩٧٣١/٦٠	٠/١٤	٠/٧٠٨٨
٣- تفاوت کوددهی با مقادیر مساوی و مقادیر متفاوت در کوددهی سه مرحله‌ای؟ (D-C)	٨٩٥١٦٧١/٧٨	١١/٤٥	٠/٠٠١٠

از نظر حداقل کودی که در آن حداکثر عملکرد حاصل شد (x_0) که مقادیر آن در تیمارهای A، B، C و D به‌ترتیب ١٠٠/٧، ٧٨/٠، ١٣٠/٦ و ١٣٨/٤ کیلوگرم در هکتار بود، بین کوددهی چهار مرحله‌ای (A-B) و سه مرحله‌ای (D-C) تفاوت معنی‌داری وجود داشت، ولی بین تیمارهای A و B از این نظر اختلاف معنی‌داری وجود نداشت. ولی از آن‌جایی که در تیمار B در مقایسه با تیمار A حداکثر عملکرد در مقدار کود کمتری حاصل شد (٧٨ کیلوگرم در هکتار در مقابل ١٠٠/٧ کیلوگرم در هکتار) پس تیمار B از نظر اقتصادی سودمندتر بود، زیرا با مقدار کود کمتر و هزینه کمتر عملکردی تقریبا برابر با سایر تیمارها به‌دست آمد. پس تیمار B بهتر از سایر تیمارها بود. در هر دو تیمار A و B تعداد تقسیط کود در چهار مرحله شامل کاشت، پنجه‌زنی، ساقه‌دهی و آبستنی صورت گرفت، با این تفاوت که در تیمار A مقدار کود مصرفی در هر چهار مرحله با هم برابر ولی در تیمار B مقادیر کود مصرفی در چهار مرحله با هم متفاوت بودند و بیشترین مقدار کود مصرفی در مرحله پنجه‌زنی و ساقه‌دهی مصرف شد. ایوب و همکاران (١٩٩٤) گزارش کردند که مصرف کود در چهار مرحله در مقایسه با سه مرحله منجربه عملکرد دانه بالاتری شد، اگرچه در تعداد سنبله در مترمربع و وزن دانه تفاوت معنی‌داری بین این دو تیمار مشاهده نشد. لوپز- بلیدو و همکاران (٢٠٠٥) نیز با در نظر گرفتن تمامی شرایط محیطی و منافع کشاورز مناسب‌ترین زمان برای مصرف حداکثر کود نیتروژن در گندم را در فاصله زمانی بین پنجه‌زنی و ساقه‌دهی پیشنهاد کردند. از طرفی زمان مصرف کود در سال اول در مرحله ساقه‌رفتن در (GS-31) یعنی

قابل رؤیت شدن اولین گره ولی در سال دوم کمی زودتر و در (GS-30) یعنی تشکیل ساقه کاذب بود. پس می‌توان نتیجه گرفت که مصرف کود در مرحله ساقه‌رفتن اگر زودتر صورت گیرد، بهتر است. سلطانی و همکاران (۲۰۱۰) در بررسی که بر روی خلا عملکرد انجام دادند مشاهده کردند که تأخیر در کوددهی در مرحله ساقه‌رفتن بر روی عملکرد اثر منفی داشت. به‌طوری که با تأخیر در کوددهی عملکرد به‌میزان ۲۰ کیلوگرم در هکتار کاهش خواهد یافت. بنابراین می‌توان اظهار داشت که مصرف زودتر کود در مرحله ساقه‌رفتن به احتمال زیاد به‌دلیل تأثیر بر روی آغازش سنبله و سنبلچه مؤثرتر است. آلکوز و همکاران (۱۹۹۳)، سوورس و همکاران (۱۹۹٤) نیز بیان کردند که وقتی رطوبت کافی وجود داشته باشد با مصرف کود نیتروژن در شروع ساقه‌دهی عملکرد دانه افزایش می‌یابد.



شکل ۲- رابطه عملکرد با مقدار کود نیتروژن مصرفی در تیمارهای مختلف.

جدول ١١- برآورد پارامترهای مدل دوتکه‌ای برازش داده شده به داده‌های عملکرد در مقابل مقدار نیتروژن کودی در تیمارهای مختلف تقسیط نیتروژن کودی در مجموع دو سال آزمایش.

تیمار	a ± SE	*حدود اطمینان a	b ± SE	*حدود اطمینان b	c ± SE	*حدود اطمینان c	CV
A	٣٠٨٠/٧ ± ٢٠٠/٥	٣٤٩٢/٧٣، ٢٦٦٧/٦٧	٢٤/٢١ ± ٣/٤٤	٣١/٢٩، ١٧/١٣	١٠٠/٧ ± ١٢/١٣	١٢٥/٦٨، ٧٥/٧٢	١١/٩٩
B	٣١١٤/٠ ± ٢١١/٣	٣٥٤٩/٢٨، ٢٦٧٨/٧٢	٣٠/٩٧ ± ٦/١٠	٤٣/٥٤، ١٨/٤٢	٧٧/٩٨ ± ١٣/٤١	١٠٥/٦٢، ٥٠/٣٥	١٢/١٠
C	٣١٢٥/٩ ± ١٦٤/٩	٣٤٦٥/٥٩، ٢٧٨٦/٢١	١٨/٠٦ ± ٢/٢٠	٢٢/٦٠، ١٣/٥٢	١٣٠/٦٠ ± ١٣/٦٤	١٥٨/٧٠، ١٠٢/٥٠	١٠/٤١
D	٣١١٧/٧ ± ١٩١/٤	٣٥١١/٩٨، ٢٧٢٣/٤٢	١٩/٥٦ ± ٢/٥٦	٢٤/٨٣، ١٤/٢٩	١٣٨/٤ ± ١٥/١٢	١٦٩/٥٤، ١٠٧/٢٦	١١/٥٩

*حدود اطمینان a = a ± SE *ts ؛ *حدود اطمینان b = b ± SE *ts ، *حدود اطمینان c = c ± SE *ts

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که مدیریت مقدار و زمان مصرف کود نیتروژن تأثیر چشم‌گیری بر عملکرد دانه گندم دارد. نتایج این تحقیق نشان داد که کوددهی در چهار مرحله (A و B) در مقایسه با سه مرحله (C و D) بهتر است. در کوددهی چهار مرحله‌ای (B–A) بین عملکرد حداکثر و کمترین مقدار کودی که در آن حداکثر عملکرد حاصل می‌شود از نظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمار A و B وجود نداشت، ولی چون در تیمار B حداکثر عملکرد در ٧٨ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص به‌دست آمد، ولی در تیمار A در ١٠٠ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص حاصل شد و این موضوع از نظر اقتصادی سودمندتر است، پس تیمار B را به‌عنوان بهترین تیمار انتخاب کرده و پیشنهاد می‌شود که برای حصول ٥٥٢٩/٩ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه، مقدار ٧٨ کیلوگرم در هکتار نیتروژن خالص که معادل ١٧٠ کیلوگرم در هکتار کود اوره است به روش تقسیط مصرف شود. به‌طوری که ١٢/٥ درصد در مرحله کاشت، ٣٧/٥ درصد در مرحله پنجه‌زنی، ٣٧/٥ درصد در مرحله ساقه‌رفتن و ١٢/٥ درصد در مرحله آبستنی مصرف گردد، و نیز بهتر است که در مرحله ساقه‌رفتن کود نیتروژن زودتر (یعنی در مرحله تشکیل ساقه کاذب) مصرف شود.

منابع

1.Alcoz, M.M., Hons, F.M., and Haby, V.A. 1993. Nitrogen fertilization timing effect on wheat production, nitrogen uptake efficiency, and residual soil nitrogen. Agron. J., 85: 1198-1203.

2.Arregui, L.M., and Quemada, M. 2008. Strategies to improve use efficiency in winter wheat cereal crops under rainfed conditions. Agron J., 100: 277-284.

3.Asif, M., Maqsood, M., Ali, A., Hassan, S.W., Hussain, A., Ahmad, Sh., and Arshid Javed, M. 2012. Growth, yield components and harvest index of wheat

(*Triticum aestivune* L.) affected different irrigation regimes and nitrogen management strategy. Sci. Inter. (Lahore) ., 24: 215-218.
4.Ayoub, M., Guertin, S., Lussier, S., and Smith, D.L. 1994. Timing and level of nitrogen fertility effects on spring wheat yield in Eastern Canada. Crop Sci., 34: 748-756.
5.Delogu, G., Gattivelli, L., Pecchioni, N., De Falcis, D., and Maggiore, T. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. Eur. J. Agron., 91: 11-20.
6.Fageria, N.K. 2007. Yield physiology of rice. J. Plant Nut., 30: 843–879.
7.Fageria, N.K., Baligar, V.C., and Li, Y.C. 2008. The role of nutrient efficient plants in improving crop yields in the twenty first century. J. Plant Nut., 31: 1121-1157.
8.Gastal, F., and Lemaire, G. 2002. N uptake and distribution in crops: an agronomical and ecophysiological perspective. J. Exp. Bot., 53: 789-799.
9.Giovanni, G., Silvano, P., and Giovanni, D. 2004. Grain yield, nitrogen-use efficiency and baking quality of old and modern Italian bredd-wheat cultivars grown at different nitrogen levels. Eur. J. Agron., 34: 321-332.
10.Golba, J., Rozbicki, J., Gozdowski, D., Sas, D., Nadry, W., Piechocinski, M., Kurzynska, L., Studnicki, M., and Derejko, A. 2013. Adjusting yield components under different levels of N applications in winter wheat. Inter J. Plant Prod., 7: 139-150.
11.Grindlay, D.J.C. 1997. Towards an explanation of crop nitrogen demand based on the optimosattion of leaf nitrogen per unit leaf area. J. Agric. Sci., 128: 377-396.
12.Hay, R.K.M. 1999. Physiological control of growth and yield in wheat: analysis and synthesis. In Smith., D.L., Hamel., C. (eds) Crop Yield. Physiology and Processes. Springer Verlag, Pp: 1-38.
13.Hay, R.K.M., and Walker, A.J. 1989. An Introduction to the Physiology of Crop Yield. Longman Scientific and Technical. 292.
14.Islam, Z.U., Khan, S., Bakht, J., and W.A. 2002. Frequency of various N levels, lodging and seed quality in wheat. Asian J. Plant Sci., 1(5): 510-512.
15.Jeufry, M.H., and Meynard, J.M. 1997. Nitrogen: Agricultural Production and Environment, INRA. Paris.
16.Jun, M.T., Khan, M.J., Khan, A., Arif, M., Shafi, M., and Farmanullah, D. 2010. Wheat nitrogen indices response to nitrogen source and application time. Pak J. Bot., 42: 4267-4279.
17.Kafi, M., Jafarnegad, A., and Jami Al-Ahmadi, M. 2005. Wheat (Ecology, Physiology and Estimated Yield). Mashhad Jihad-e-Daneshgahi Press.
18.Kocheki, A., and Banaiane, M. 1994. The Physiology of Crop Yield. Mashhad Jihad-e-Daneshgahi Press.
19.Lawlar, D.W. 1995. Photosynthesis, productivity and environment. J. Exp. Bot., 46: 1449-1461.

20. Lemaire, G., and Gastal. F. 1997. N uptake and distribution in plant canopies. In Lemaire, G. (ed) Diagnosis of the Nitrogen Status in Crops. Spronger Verlag, Pp: 3-43.
21. Lopez-Bellido, L., Lopez-Bellido, R.J., and Redondo, R. 2005. Nitrogen efficiency in wheat under rainfed Mediterranean conditions as affected by split nitrogen application. Field Crop Res., 94: 86–97.
22. Mahler, R.L., Koehler, F.E., and Lutcher, L.K. 1994. Nitrogen source, timing of application and placement: Effects on winter wheat production. Agron. J., 86: 637-642.
23. Mhaskar, N.V., Thorat, S.T, and Bhagat, S.B. 2005. Effect of nitrogen levels on leaf area, leaf erea index and grain yield of scented rice varieties. J. Soil. Crop., 15: 218-220.
24. Poehlman, J.M. 1979. Breeding Field Crops. The AVI Pubs. Co. Inc. Westport, Connecticut.
25. Ramos, J.M., Garsia Del Moral, L.F., and Recalde, L. 1985. Vegetative growth of winter barley in relation to environmental conditions and grain yield. J. Agric Sci., 104: 413-419.
26. Reynold, M.P., and Rajarm, S. 1999. Physiological and genetic changes of irrigated wheat in the post green revolution period and approaches for meeting projected global demand. Crop Sci., 39: 1611-1621.
27. Scarsbook, G.E., and Doss, D.B. 1993. Leaf area index and radiation as related to corn yield. Agron. J., 65: 459-461.
28. Sinclair, T.R., and Horie, T. 1989. Leaf nitrogen, photosynthesis, and crop radiation use efficiency: a review. Crop Sci., 29: 90–98.
29. Snyder, C.S., Bruulsema, T.W., Jensen, T.L., and Fixen, P.E. 2009. Review of greenhouse gas emissions from crop production systems and fertilizer management effects. Agric. Ecosyst. Environ., 133: 247-266.
30. Soltani, A., and Galeshi, S. 2002. Importance of rapid canopy closure for wheat production in a temperature sub-humid environment: experimentation and simulation. Field Crop Res., 77: 17-30.
31. Soltani, A. 2006. Re-consideration of Application of Statistical Methods in Agricultural Research. JDM Press, Mashhad. Iran. 74p.
32. Soltani, A., Robertson, M.J., and Manschadi, A.M. 2006. Modeling chickpea growth and development: Nitrogen accumulation and use. Field Crop Res., 99: 24-34.
33. Soltani, A. 2009a. Mathematical Modeling in Field Crops. JDM Press, Mashhad. Iran. 175p.
34. Soltani, A. 2009b. Crop Production Ecology. Department of Agronomy. Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources. Course notes.
35. Soltani, A., Torabi, B., Galeshi, S., and Zeinali, E. 2010. Analyzing Wheat yield constraints in Gorgan with comparative performance analysis (CPA) method.

Research Report. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
36. Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. Modeling Physiology of Crop Development, Growth and Yield. CAB International.
37. Sowers, K.E., Miller, B.C., and Pan, W.L. 1994. Optimizing yield and grain protein in soft white winter wheat with split nitrogen applications. Agron. J., 86: 1020–1025.
38. Sticksel, E., Maidi, F.X., Retzer, F., and Fischeck, G. 1999. Nitrogen uptake and utilization in winter wheat under different fertilization regimes, with particular reference to main stems and tiller. J. Agron. Crop Sci., 183: 47-52.
39. Tanno, H., Komaki, Y., and Gotoh, K. 1985. The effectiveness of selection based on harvest index in spring wheat. Memoirs of the Faculty o Agriculture, Hokkaido University, Japan. 14: 352-356.
40. Tilman, D., Cassman, K.G., Matson, P.A., Naylor, R., and Polasky, S. 2002. Agricultural sustainability and intensive production practices. Nature., 418: 671–677.
41. Turner, N.C. 1997. Further progress in crop water relations. Adv. Agron., 58: 293-338.
42. Van Delden, A. 2001. Yield and growth components of potato and wheat under organic nitrogen managmenent. Agron. J., 93: 1370-1385.
43. Whitfield, D.M., Smith, C.J., Gyles, O.A., and Wright, G.C. 1989. Effect of irrigation, nitrogen and gypsum on yield, nitrogen accumulation and water use by wheat. Field Crop Res., 20: 261-277.
44. Winter, S.R., and Ohlrogge, A.J. 1993. Leaf angle, leaf area and corn yield. Agron. J., 65: 395-397.
45. Zadoks, J.C., Chang, T.T., and Konzak, C.F. 1974. A decimal code for the growth stages of cereals. Weed Res., 14: 415-421.
46. Zeinali, E. 2009. Wheat Nitrogen Nutrition in Gorgan; Agronomical, Physiological, and Environmental Aspects. Ph.D. Thesis in Agronomy. Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
47. Zeinali, E., Soltani, A., Galeshi, S., and Movahedi-Naeeni, S.A.R. 2009. Estimates of nitrate leaching from wheat fields in Gorgan of Iran. Res. J. Environ. Sci., 3: 645-655.

EJCP., Vol. 7 (4): 81-102
http://ejcp.gau.ac.ir

Optimization of the nitrogen fertilizer management of wheat in Gorgan: Rate and time of nitrogen application

***M. Yousefidaz[1], A. Soltani[2], S. Galeshi[2] and E. Zeinali[3]**
[1،2،3] Ph.D. Student, Professor and Associate Prof., Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, Gorgan, Iran
Accepted: 5-1-2014 ; Received: 4-9-2014

Abstract

Nitrogen (N) is one of the most important nutritious element limiting yield crop. In order to study the effects of rate and time of nitrogen application management on leaf area index at anthesis, biological yield, harvest index, and grain yield in wheat (*Triticum aestivum* L.), a factorial experiment based on a randomized complete blocks design with four replications was done on the research field of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources during growing seasons 2011-2012 and 2012-2013. Experimental treatments in first year included four net nitrogen fertilizer rates of 0, 100, 175 and 250 kg N ha^{-1} and 0, 60, 120, 180 kg N ha^{-1} in second year; which were split in four stages of planting, tillering, stem elongation and booting. The result showed that rate and time of nitrogen application management had significant effect on leaf area index at an thesis, biological yield, and grain yield of wheat. In this study, the maximum yield was 5529.9 kg ha^{-1} that achieved at 78 kg net N ha^{-1}. Thus, 78 kg net N ha^{-1} (170 kg ha^{-1} of urea fertilizer) should be used in splitting manner for gaining the optimum yield of wheat so that 12.5% in planting stage, 37.5 % in tillering stage, 37.5 % in stem elongation stage and 12.5 % in booting stage should be applied and it seems better to apply nitrogen fertilizer earlier in stem elongation stage.

Keywords: Nitrogen nutrition, Split, Leaf area index, Biological yield, Harvest index

*Corresponding author: m_y_daz@yahoo.com