به نام خداوند جان و خرد

معاونت پژوهش و فناوری

دانشکده تولید گیاهی- گروه زراعت

گزارش طرح پژوهشی

ارزیابی نقش سطح برگ در تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن

مجری طرح:

افشین سلطانی

همکاران طرح:

علیرضا نه‌بندانی

ابراهیم زینلی

پاییز ۱۳۹۶

شناسنامه طرح

معاونت پژوهش و فناوری

دانشکده تولید گیاهی- گروه زراعت

۱- عنوان: ارزیابی نقش سطح برگ در تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن

۲- مجری طرح: افشین سلطانی

۳- همکاران طرح: علیرضا نه‌بندانی، ابراهیم زینلی

٤- ناظر طرح: ----------

۵- اعتبار طرح: ---------- ریال

٦- محل تامین اعتبار: از اعتبارات پژوهشی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان

۷- تصویب: پیشنهادیه طرح در جلسه ۳۱٤ مورخ ۱۳۹۲/۱۰/۳۰ شورای پژوهش و فناوری دانشگاه به تصویب رسید.

۸- اختتام: گزارش نهایی طرح در جلسه ---- مورخ ---------- شورای پژوهش و فناوری دانشگاه به تصویب نهایی رسید.

۹- شماره شناسه طرح: ٤۲-۳۱٤-۹۲

مسئولیت صحت مطالب مندرج در این گزارش بر عهده مجری طرح می‌باشد.

چکیده

نیتروژن بعد از آب دومین عامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود. برگ‌ها به مقدار زیادی نیتروژن نیاز دارند زیرا این عنصر جز ضروری آنزیم‌های فتوسنتزی است. کمبود نیتروژن گسترش سطح برگ و درنتیجه دریافت و استفاده از تشعشع در تولید ماده خشک توسط گیاه را محدود می‌سازد. دیگر جنبه مهم عبارت از نقش برگ‌ها در ذخیره‌سازی نیتروژن جهت انتقال و استفاده بعدی توسط دانه‌ها است. این جنبه مهم از سال ۲۰۰۰ به این سو مورد توجه قرار گرفته است ولی به‌طور کمی و تفضیلی در گیاهان زراعی به آن پرداخته نشده است. هدف اصلی این مطالعه ارزیابی میزان و سهم نیتروژن ذخیره شده در برگ و ساقه تا گرده‌افشانی در تعیین عملکرد دانه گندم بود. بدین‌منظور مدلی تهیه شد که عملکرد را به‌عنوان تابعی از شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی و برخی پارامترهای مرتبط با نیتروژن پیش‌بینی می‌کند. این پارامترها عبارتند از: نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های سبز، نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های زرد، حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز، حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد، نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی و کسری از نیتروژن دانه که بعد از گرده‌افشانی از خاک جذب می‌شود. همچنین از داده‌های هشت آزمایش مزرعه‌ای و پیمایشی همراه مدل تهیه شده استفاده شد. پنج آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، یک آزمایش در مزارع روستای مزرعه کتول از توابع شهرستان علی‌آباد کتول و دو آزمایش در مزراع گندم واقع در محدوده شهرستان گرگان انجام شده بودند. نتایج نشان داد بخش اعظمی از نیتروژن مورد نیاز دانه از انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی تامین شده است (متوسط مقدار نیتروژن دانه تامین شده از خاک ۱۹ درصد بود) و در سطح برگ بیشتر از ٤/۲۵ مهم‌ترین منبع انتقال‌دهنده نیتروژن برگ‌ها بودند. رابطه بین هر یک از پارامترهای مدل با عملکرد با مدل آنالیز شده و نتیجه‌گیری شد که در بین پارامترهای مورد بررسی شاخص سطح برگ از طریق تجمع و ذخیره‌سازی نیتروژن برای دانه مهم‌ترین پارامتر تاثیرگذار بر عملکرد دانه بود طوری‌که اگر شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی از ٤ به ٦ برسد، عملکرد از ۵۸۵۰ به ۷۷۰۱ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد (با فرض اینکه ۸۱ درصد نیتروژن دانه از انتقال مجدد تامین گردد). همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص سطح برگ وابسته به مدیریت زراعی و رقم بوده و نسبت به سایر پارامترها بهتر مدیریت می‌شود.

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ، انتقال مجدد نیتروژن، نیتروژن ویژه برگ، غلظت نیتروژن دانه

چکیده این گزارش در سایت معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه در آدرس www.gau.ac.ir قابل دسترس می‌باشد.

یافته‌های کوتاه علمی

شماره: ۹۲-۳۱۴-۴۲

تاریخ: ----

عنوان: ارزیابی نقش سطح برگ در تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن

نویسنده(گان): افشین سلطانی، علیرضا نه‌بندانی، ابراهیم زینلی

منبع یافته: طرح تحقیقاتی شماره شناسه ۹۲-۳۱۴-۴۲

واژه‌های کلیدی: شاخص سطح برگ، انتقال مجدد نیتروژن، نیتروژن ویژه برگ، غلظت نیتروژن دانه

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، صندوق پستی: ۳۸۶؛ کد پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸، نمابر: ۳۲۲۲۵۹۸۹

مهم‌ترین یافته‌ها

مدلی تهیه شد که عملکرد به‌عنوان تابعی از شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی و برخی پارامترهای مرتبط با نیتروژن پیش‌بینی می‌کند. این پارامترها عبارتند از: نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های سبز، نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های زرد، غلظت حداکثر نیتروژن در ساقه سبز، غلظت حداقل نیتروژن در ساقه زرد، نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی و کسری از نیتروژن دانه که بعد از گرده‌افشانی از خاک جذب می‌شود.

مقدمه (شرح مساله)

نیتروژن بعد از آب دومین عامل محدودکننده تولید گیاهان زراعی محسوب می‌شود. برگ‌ها به مقدار زیادی نیتروژن نیاز دارند زیرا این عنصر جز ضروری آنزیم‌های فتوسنتزی است. کمبود نیتروژن گسترش سطح برگ و در نتیجه دریافت و استفاده از تشعشع در تولید ماده خشک توسط گیاه را محدود می‌سازد. دیگر جنبه مهم عبارت از نقش برگ‌ها در ذخیره‌سازی نیتروژن جهت انتقال و استفاده بعدی توسط دانه‌ها است. این جنبه مهم از سال ۲۰۰۰ به این سو مورد توجه قرار گرفته است ولی به‌طور کمی و تفضیلی در گیاهان زراعی به آن پرداخته نشده است.

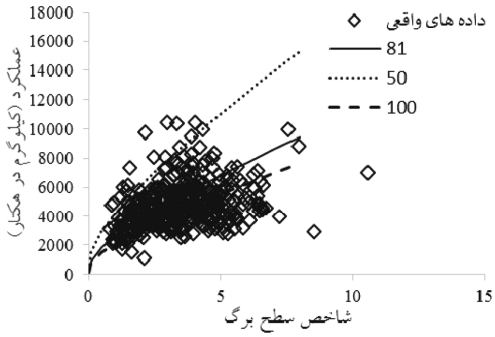
اهمیت موضوع

هدف اصلی این مطالعه ارزیابی میزان و سهم نیتروژن ذخیره شده در برگ و ساقه تا گرده‌افشانی در تعیین عملکرد دانه گندم بود. بدین‌منظور مدلی تهیه شد که عملکرد به‌عنوان تابعی از شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی و برخی پارامترهای مرتبط با نیتروژن پیش‌بینی می‌کند. این پارامترها عبارتند از: نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های سبز، نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های زرد، غلظت حداکثر نیتروژن در ساقه سبز، غلظت حداقل نیتروژن در ساقه زرد، نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی و کسری از نیتروژن دانه که بعد از گرده‌افشانی از خاک جذب می‌شود. همچنین از داده‌های هشت آزمایش مزرعه‌ای و پیمایشی همراه مدل تهیه شده استفاده شد. پنج آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، یک آزمایش در مزارع روستای مزرعه کتول از توابع شهرستان علی‌آباد کتول و دو آزمایش در مزراع گندم واقع در محدوده شهرستان گرگان انجام شده بودند.

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، صندوق پستی: ۳۸۶؛ کد پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸، نمابر: ۳۲۲۲۵۹۸۹

اطلاعات تکمیلی (مشتمل بر شکل‌ها، جداول و سایر مستندات)

نتایج نشان داد بخش اعظمی از نیتروژن مورد نیاز دانه از انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی تامین شده است (متوسط مقدار نیتروژن دانه تامین شده از خاک ۱۹ درصد بود) و در شاخص سطح برگ بیشتر از ۴/۲۵ مهم‌ترین منبع انتقال‌دهنده نیتروژن برگ‌ها بودند. رابطه بین هر یک از پارامترهای مدل با عملکرد با مدل آنالیز شده و نتیجه‌گیری شد که در بین پارامترهای مورد بررسی شاخص سطح برگ از طریق تجمع و ذخیره‌سازی نیتروژن برای دانه مهم‌ترین پارامتر تاثیرگذار بر عملکرد دانه بود طوری‌که اگر شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی از ۴ به ۶ برسد، عملکرد از ۵۸۵۰ به ۷۷۰۱ کیلوگرم در هکتار افزایش می‌یابد (با فرض اینکه ۸۱ درصد نیتروژن دانه از انتقال مجدد تامین گردد؛ شکل ۱). همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص سطح برگ وابسته به مدیریت زراعی و رقم بوده و نسبت به سایر پارامترها بهتر مدیریت می‌شود.



شکل ۱- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با LAI. (۵۰) شرایطی که نیمی از نیتروژن مورد نیاز دانه از اندام‌های رویشی و نیمی دیگر از خاک تامین شود، (۸۱) شرایطی که ۸۱ درصد از نیتروژن مورد نیاز دانه از اندام‌های رویشی و بقیه از خاک تامین شود و (۱۰۰) شرایطی که ۱۰۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز دانه از اندام‌های رویشی تامین شود.)

معاونت پژوهشی و فناوری دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، خیابان شهید بهشتی، صندوق پستی: ۳۸۶؛ کد پستی: ۱۵۷۳۹-۴۹۱۳۸، نمابر: ۳۲۲۲۵۹۸۹

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

فصل اول- مقدمه

۱-۱- نقش نیتروژن در گیاهان ۱

۱-۲-۱- نیتروژن و مراحل فنولوژی ۲

۱-۲-۲- نیتروژن و توسعه سطح برگ ۲

۱-۲-۳- نیتروژن و تولید ماده خشک ٤

۱-۲-٤- برگ‌ها منابع ذخیره موقت نیتروژن برای دانه ۷

۱-۲-۵- نیتروژن و پیری برگ ۸

۱-۲-٦- هدف از تحقیق ۱۰

فصل دوم- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه مدل "سطح برگ- نیتروژن- عملکرد" ۱۱

۲-۲- آزمایش‌های مزرعه‌ای و پیمایشی ۱۳

۲-۳- اندازه‌گیری‌ها ۲۱

۲-٤- تحلیل داده‌ها ۲۳

فصل سوم- نتایج و بحث

۳-۱- محتوای نیتروژن در برگ و ساقه (SLNG، SLNS، SNCG و SNCS) ۲۷

۳-۲- شاخص سطح برگ (LAI) ۳۰

۳-۳- نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ (SLR) ۳۱

۳-٤- جذب نیتروژن از خاک (FSN) ۳۲

۳-۵- غلظت نیتروژن در دانه (GNC) ۳۳

۳-٦- عملکرد دانه ۳۳

فهرست مطالب

عنوان **صفحه**

۳-۷- ارتباط پارامترهای مدل با عملکرد ۳۵
۳-۸- ارزیابی نقش سطح برگ در تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن ۴۰
۳-۹- نتیجه‌گیری ۴۲
۳-۱۰- پیشنهادات ۴۳

منابع ۴۵

فهرست جداول

عنوان **صفحه**

جدول ۲-۱- خلاصه‌ای از عملیات زراعی و اندازه‌گیری‌ها در آزمایشات مزرعه‌ای..... ۱٤
جدول ۲-۲- خلاصه‌ای از عملیات زراعی و اندازه‌گیری‌ها در آزمایشات پیمایشی ۱۵
جدول ۲-۳- میانگین ماهانه دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)، دمای حداقل (درجه سانتی‌گـراد) و کل بارندگی ماهانه (میلی‌متر) در طی آزمایشات مزرعه‌ای ۱٦
جدول ۲-٤- میانگین ماهانه دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)، دمای حداقل (درجه سانتی‌گـراد) و کل بارندگی ماهانه (میلی‌متر) در طی آزمایشات پیمایشی ۱۷
جدول ۲-۵- مقادیر کود نیتروژن مصرفی بر حسب درصد در مراحل مختلف رشد گیاه گندم ۲۰
جدول ۲-٦- علایم اختصاری ۲۵
جدول ۳-۱- مقادیر صفات مورد بررسی در گروه‌های تیماری مختلف ۲۹
جدول ۳-۲- مقادیر صفات مورد بررسی در گروه‌های تیماری مختلف ۳۲
جدول ۳-۳- مقادیر صفات مورد بررسی در گروه‌های تیماری مختلف ۳٤
جدول ۳-٤- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ۳٦
جدول ۳-۵- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی ٤۲

فهرست اشکال

عنوان **صفحه**

شکل ۱-۱- پیش‌بینی LAI بعد از گذشت ٤٠ روز از رشد در پاسخ به ٤ سطح فراهمی نیتروژن برای رشد برگ در مقابل محتوای نیتروژن برگ در واحد سطح برگ ٤

شکل ۱-۲- ارتباط بین سرعت تبادل دی‌اکسیدکربن (CER) در حالت اشباع نوری و محتوای نیتروژن برگ در ذرت، برنج و سویا..... ٥

شکل ۱-۳- کارایی استفاده از تشعشع به‌عنوان تابعی از محتوای نیتروژن برگ در واحد سطح..... ٥

شکل ۱-٤- شبیه‌سازی تغییرات شاخص سطح برگ در طی زمان بعد از رشد دانه‌ها در سویا با یک شاخص سطح برگ اولیه برابر با ٤ و مقادیر مختلف فراهمی نیتروزن برای ریشه‌ها (NSUP، کیلوگرم در هکتار در روز)..... ۹

شکل ۲-۱- نمودار جریانی نشان‌دهنده نقش سطح برگ در تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن..... ۱۱

شکل ۳-۱- رابطه شاخص سطح برگ با میزان تجمع نیتروژن کل در گرده‌افشانی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ) ۳۰

شکل ۳-۲- رابطه بین نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی (SLR) با شاخص سطح برگ (LAI) ۳۱

شکل ۳-۳- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با SLNG بر حسب گرم نیتروژن در مترمربع برگ ۳۵

شکل ۳-٤- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با SNCG بر حسب گرم بر گرم ۳۷

شکل ۳-٥- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با SNCS بر حسب گرم بر گرم ۳۸

شکل ۳-٦- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با GNC بر حسب گرم بر گرم..... ۳۸

شکل ۳-۷- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با FSN..... ۳۹

شکل ۳-۸- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با LAI..... ٤۱

فصل اول- مقدمه

گندم در رده غلات سردسیری قرار گرفته و نقش آن به‌عنوان تأمین‌کننده اصلی غذای بشر روشن و آشکار است. این گیاه در محدوده وسیعی از شرایط آب‌وهوایی جهان رشد می‌کند و در حقیقت از سازگارترین غلات است. ایران از لحاظ تولید گندم رتبه دوازدهم را در بین کشورهای جهان به خود اختصاص داده است (فائو، ۲۰۱۵). در سال ۲۰۱۳ میلادی میزان تولید گندم در ایران ١٤ میلیون تن، سطح زیرکشت آن حدود ۷ میلیون هکتار و متوسط عملکرد آن ۱۹۸۵ کیلوگرم در هکتار بوده است (فائو، ۲۰۱۵). گندم گیاه زراعی شماره یک در سطح کشور و استان گلستان می‌باشد. در سال زراعی ۱۳۹۳-۱۳۹۲، میزان تولید گندم آبی و دیم در استان گلستان به‌ترتیب ۵۲۸ و ۵۱۷ هزار تن (مجموع حدود ۱ میلیون تن)؛ سطح زیرکشت آبی و دیم به‌ترتیب ۱۷۲ و ۲۲۷ هزار هکتار (در مجموع حدود ٤۰۰ هزار هکتار) و متوسط عملکرد گندم آبی و دیم به‌ترتیب ۲۲۳۰ و ١٤٩٥ کیلوگرم در هکتار بوده است (آمارنامه جهاد کشاورزی، ١٣٩٤).

۱-۱- نقش نیتروژن در گیاهان

نیتروژن و آب دو عامل مهم محدودکننده تولید گیاهان زراعی هستند. نیتروژن برای تولید گیاهان زراعی ضروری است زیرا نیتروژن جزء اصلی پروتئین، اسید نوکلئیک و بسیاری از اجزای دیگر سلول‌های گیاهی است. بدون نیتروژن، این اجزا ساخته نمی‌شوند و گیاهان نیز نمی‌توانند رشد کنند. بیشترین میزان بهبود تولید گیاهان زراعی، با بهبود مدیریت نیتروژن همراه بوده است (سینکلر و دویت، ١٩٧٦؛ گودوین و جونز، ۱۹۹۱؛ سینکلر، ٢٠٠٤؛ سینکلر و ویس، ۲۰۱۰؛ سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

در بافت‌های گیاهی، نیتروژن فراوان‌ترین عنصر پس از اکسیژن، کربن و هیدروژن است و به مقداری بیش از سایر عناصر غذایی معدنی برای رشد و ادامه زندگی گیاهان مورد نیاز است. از این‌رو، کمبود آن بیش از سایر عناصر غذایی معدنی اتفاق می‌افتد. به‌طوری‌که در مقیاس جهانی پس از خشکی مهم‌ترین عامل محدودکننده عملکرد می‌باشد و به‌طور معمول رشد و عملکرد گیاهان زراعی بیش از هر عنصر دیگری به مصرف کودهای نیتروژن واکنش نشان می‌دهد (زینلی، ۱۳۸۸).

نیتروژن در مقایسه با سایر عناصر غذایی ضروری گیاه تأثیر بیشتری بر رشد و عملکرد گیاهان زراعی دارد. این عنصر نقشی محوری در بسیاری از فرآیندهای فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی گیاهان ایفا می‌کند و جزئی از بسیاری از ترکیبات آلی مهم از پروتئین‌ها گرفته تا اسیدهای نوکلئیک می‌باشد. نیتروژن جزئی از مولکول کلروفیل است که نقش مهمی در فتوسنتز گیاهان برعهده دارد. همه آنزیم‌ها، پروتئینی هستند، از این رو نیتروژن نقش کلیدی در همه واکنش‌های متابولیکی ایفا می‌کند. نیتروژن همچنین یک جزء ساختاری از دیواره سلولی است. گیاهان مواجه با کمبود نیتروژن به آهستگی رشد می‌کنند و برگ‌های آنها کوچک هستند. همچنین، کمبود نیتروژن شاخص سطح برگ را کاهش می‌دهد و در نتیجه کارایی مصرف تشعشع و فعالیت فتوسنتزی گیاهان را کم می‌کند (ماکو و همکاران، ۱۹۸۸؛ سینکلر و هوریه، ۱۹۸۹؛ فاجریا و بالیگار، ۲۰۰۵).

۱-۲-۱- نیتروژن و مراحل فنولوژی

به‌طورکلی، نیتروژن اثر ناچیزی بر سرعت نمو و زمان وقوع مراحل مختلف نمو فنولوژیک گیاه در شرایط محیطی عادی تولید گیاهان زراعی دارد و تنها تحت شرایط کمبود شدید نیتروژن ممکن است بر زمان وقوع مراحل نمو فنولوژیک تأثیر بگذارد.

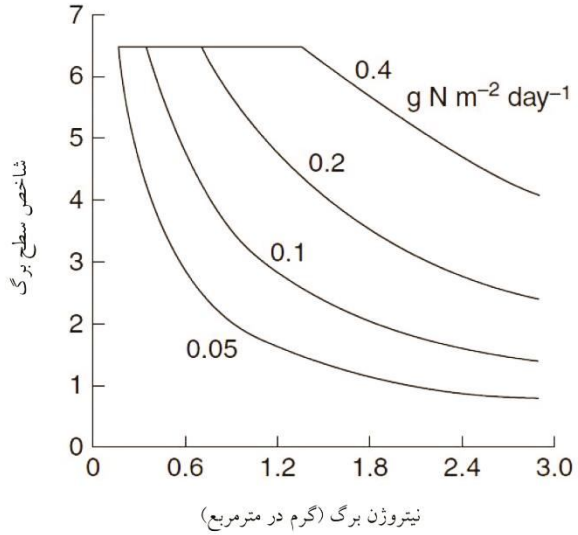
۱-۲-۲- نیتروژن و توسعه سطح برگ

برگ‌ها به مقادیر زیادی از نیتروژن به‌عنوان جزیی مهم از آنزیم‌های فتوسنتزی، نیاز دارند. در حدود سه چهارم نیتروژن برگ با فتوسنتز در ارتباط است (سینکلر و هوری، ۱۹۸۹). در حقیقت، فراوان‌ترین پروتئین بر روی کره زمین ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز اکسیژناز است که آنزیمی برای احیای دی‌اکسیدکربن در اولین گام فتوسنتز است. اختصاص نیتروژن به برگ‌ها بسیار مهم است چون

رابطه مثبتی بین میزان نیتروژن تجمع‌یافته در برگ و گسترش سطح برگ وجود دارد (سینکلر و دی‌ویت، ۱۹۷٦؛ سینکلر و هوری، ۱۹۸۹).

کمبود نیتروژن باعث محدود شدن گسترش سطح برگ می‌شود، با این حال تجمع ماده خشک در برگ‌ها بیشتر از گسترش سطح برگ تحت‌تأثیر محدودیت نیتروژن است که منجر به افزایش وزن مخصوص برگ می‌گردد. در شرایط کمبود نیتروژن، نوسان زیادی در وزن مخصوص برگ تا دو برابر هم گزارش شده است (گریندلی، ۱۹۹۷). از طرف دیگر، از آنجا که مقادیر بالایی از نیتروژن در برگ گیاهان زراعی وجود دارد، گسترش سطح برگ به‌عنوان یک عامل تعیین‌کننده نیاز گیاه به نیتروژن مطرح می‌باشد (گریندلی، ۱۹۹۷).

سینکلر و هوری (۱۹۸۹) اثر مقدار فراهمی نیتروژن (از طریق خاک و یا تثبیت بیولوژیک) و محتوای نیتروژن برگ را بر روی توسعه سطح برگ گیاه آنالیز کردند (شکل ۱-۱). آنها مقادیر مختلفی از نیتروژن را انتخاب کردند که شامل ۰/۰۵، ۰/۱۰، ۰/۲۰ و ۰/٤۰ گرم نیتروژن در مترمربع برگ در روز بود تا بتوانند محدوده مناسبی از دسترسی به نیتروژن را پوشش بدهند. آن‌ها اثر محتوای نیتروژن برگ (گرم نیتروژن در مترمربع برگ) را در یک محدوده صفر تا ۳ گرم در مترمربع بررسی کردند. برای مثال، محتوای نیتروژن برگ در طی دوره رویشی در گندم و سویا به‌ترتیب ۱/۵ تا ۲/۵ گرم در مترمربع است. شکل ۱ نشان می‌دهد که چگونه سطح برگ گیاه می‌تواند به‌وسیله فراهمی کم نیتروژن و یا به‌وسیله محتوای نیتروژن بالای برگ محدود شود. مطابق با شکل ۱، با مقدار فراهمی نیتروژن ۰/۲ گرم نیتروژن در مترمربع برگ در روز، گیاهی مانند سویا می‌تواند شاخص سطح برگ خود را تا ۳ واحد گسترش بدهد اما این مقدار برای گندم برابر با ٤/۵ خواهد بود زیرا محتوای نیتروژن برگ آن پایین‌تر است. برای یک گیاه با محتوای نیتروژن برگ برابر با ۲/٤ گرم نیتروژن در مترمربع، کاهش در فراهمی نیتروژن از ۰/٤ به ۰/۰۵ گرم نیتروژن در مترمربع برگ در روز باعث کاهش شاخص سطح برگ از ۵ به یک خواهد شد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

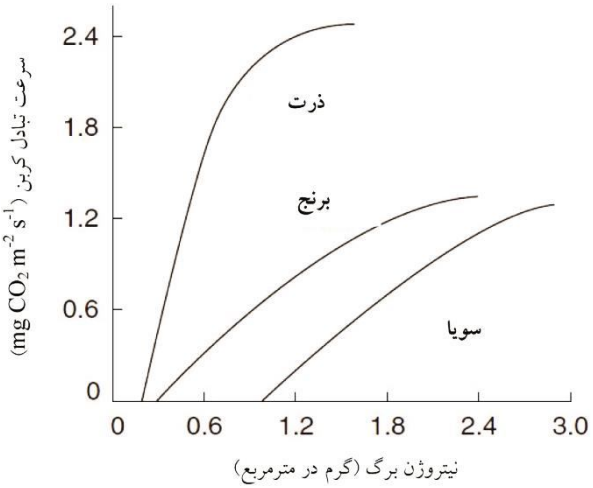


شکل ۱-۱- پیش‌بینی شاخص سطح برگ (LAI) بعد از گذشت ٤٠ روز از رشد در پاسخ به ٤ سطح فراهمی نیتروژن برای رشد برگ در مقابل محتوای نیتروژن برگ در واحد سطح برگ (سینکلر و هوری، ۱۹۸۹).

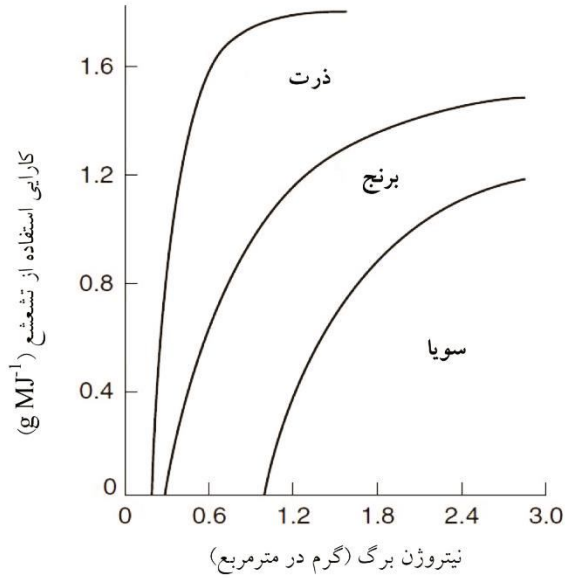
۱-۲-۳- نیتروژن و تولید ماده خشک

مطالعات بسیاری نشان داده‌اند که یک رابطه نزدیک بین سرعت تبادل کربن برگ‌ها (فتوسنتز) و محتوای نیتروژن آنها وجود دارد (به‌عنوان مثال شکل ۱-۲؛ سینکلر و هوری، ۱۹۸۹). سینکلر و هوری (۱۹۸۹) اثر نیتروژن را بر روی تجمع ماده خشک گیاه به‌وسیله برقراری یک رابطه کمی بین محتوای نیتروژن برگ با سرعت تبادل کربن و کارایی استفاده از تشعشع در سویا، برنج و ذرت آنالیز کردند. آنها روابطی برای پیش‌بینی کارایی استفاده از تشعشع به عنوان تابعی از محتوای نیتروژن برگ برای هر کدام از این گیاهان ارائه دادند که در این روابط غلظت نیتروژن برگ کارایی استفاده از تشعشع (RUE)[1] را تعیین می‌کند (شکل ۱-۳). بنابراین، رشد گیاه از طریق RUE به‌طور مستقیم به محتوای نیتروژن ارتباط داده شده است.

1. Radiation use efficiency



شکل ۱-۲- ارتباط بین سرعت تبادل دی‌اکسیدکربن (CER) در حالت اشباع نوری و محتوای نیتروژن برگ در ذرت، برنج و سویا (سینکلر و هوری، ۱۹۸۹).



شکل ۱-۳- کارایی استفاده از تشعشع به‌عنوان تابعی از محتوای نیتروژن برگ در واحد سطح (سینکلر و هوری، ۱۹۸۹).

در گونه‌هایی که توسط سینکلر و هوری (۱۹۸۹) بررسی شدند، RUE حساسیت بالایی به نیتروژن برگ در مقادیر پایین نیتروژن برگ از خود نشان داد (شکل ۱-۳). نتایج آن‌ها نشان داد که در مقادیر بالای نیتروژن برگ، RUE به حداکثر خود نزدیک می‌شود و به افزایش بیشتر نیتروژن برگ پاسخ کمتری می‌دهد. بنابراین، آن‌ها نتیجه گرفتند که تجمع مقادیر بالای نیتروژن در برگ هیچ تأثیری بر روی افزایش RUE ندارد، در حالی‌که کاهش نیتروژن برگ به کاهش جدی در پتانسیل تولید و تجمع ماده خشک در گیاه می‌شود. RUE در هر گونه زراعی وقتی که محتوای نیتروژن برگ بالا باشد، تقریباً ثابت است اما وقتی که محتوای نیتروژن برگ پایین باشد، RUE نیز به‌شدت تحت‌تأثیر قرار می‌گیرد و کاهش می‌یابد.

شیرایوا و سینکلر (۱۹۹۳) با اجرای یک آزمایش مزرعه‌ای بر روی گیاه سویا به این نتیجه دست یافتند که در یک کنوپی با برگ‌های در حال گسترش، نیتروژن برگ در شاخص سطح برگ ۱/۵ تا ۲ که در بخش بالایی کنوپی قرار گرفته است، نسبتاً ثابت است. در زیر این ناحیه با افزایش تجمعی شاخص سطح برگ، نیتروژن برگ به‌صورت خطی کاهش پیدا می‌کند. در یک کنوپی کامل با برگ‌های کاملاً گسترش یافته، غلظت نیتروژن برگ از بالا به پایین کاهش می‌یابد به‌طوری‌که برگ‌های بالایی دارای غلظت بیشتری از نیتروژن هستند. نه تراکم بوته و نه کود نیتروژن نتوانستند این روند کاهش خطی در نیتروژن برگ همراه با افزایش تجمعی شاخص سطح برگ را تغییر بدهند. نتایج آنها نشان می‌دهد که نیتروژن برگ در بالای کنوپی به‌نحوی بود که برگ‌ها بتوانند به حداکثر سرعت فتوسنتز دست پیدا کنند، پدیده‌ای که گریندلی (۱۹۹۷) آن را به‌عنوان بهینه سازی نیتروژن[1] نام‌گذاری کرده است.

سینکلر و شیرایوا (۱۹۹۳) اثر توزیع غیر یکنواخت نیتروژن برگ را بر روی RUE ارزیابی کردند و نشان دادند که توزیع غیریکنواخت نیتروژن برگ، RUE را افزایش می‌دهد. توزیع غیریکنواخت نیتروژن برگ در کنوپی، امکان افزایش RUE، در صورتی که بیشتر نیتروژن در برگ‌های بالایی و کمتر در برگ‌های پایینی کنوپی باشد را فراهم می‌کند. از آنجایی‌که برگ‌های بالایی میزان بیشتری از تشعشع خورشیدی رسیده را نسبت به برگ‌های پایین جذب می‌کنند این برگ‌ها مسئولیت بیشتری در فعالیت فتوسنتزی گیاه بر عهده دارند و به این دلیل توزیع غیریکنواخت نیتروژن برگ، سودمندتر خواهد بود (سینکلر و شیرایوا، ۱۹۹۳؛ همر و رایت، ۱۹۹٤).

1. Nitrogen optimization

۱-۲-٤- برگ‌ها منابع ذخیره موقت نیتروژن برای دانه

اسکارسبروگ و همکاران (۱۹۹۳) و وینتر و همکاران (۱۹۹۳) 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.

جذب و توزیع نیتروژن در طی پرشدن دانه از فرایندهای حیاتی برای تولید عملکرد در بسیاری از گیاهان زراعی است (سینکلر و دویت، ۱۹۷۵). نیتروژن در یک غلظت نسبتاً مشخصی برای پروتئین‌ها و نوکلئوتیدهای موجود در دانه‌های در حال رشد لازم است، بنابراین عملکرد دانه به نیتروژن تأمین شده برای دانه‌ها وابسته است. در طی دوره پرشدن دانه، دو منبع نیتروژن برای رشد دانه وجود دارد: نیتروژن جذب‌شده از خاک و انتقال مجدد نیتروژن از بافت‌های رویشی (تا و ویلند، ۱۹۹۲؛ لکویور و سینکلر، ۲۰۰۱). در گندم بخش عمده نیتروژن گیاه تا شروع پرشدن دانه توسط گیاه جذب می‌شود و پس از آن به‌علت پیرشدن ریشه‌ها طی مرحله پرشدن دانه و کاهش فعالیت مؤثر ریشه‌ها در مراحل نزدیک به رسیدگی گیاه که ممکن است با خشکی پایان فصل نیز مواجه شود، جذب نیتروژن به‌صورت محدود توسط گیاه انجام می‌شود. کمیت و کیفیت عملکرد گیاهان زراعی به جذب یا تثبیت نیتروژن بستگی دارد جذب نیتروژن یک فرآیند مهم در چرخه نیتروژن است. مقدار نیتروژن تجمع‌یافته در طی فصل رشد می‌تواند بین ۰ تا ۲۵ گرم نیتروژن در مترمربع برگ (۰ تا ۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) متغیّر باشد: در بقولات که درصد پروتئین بالایی دارند میزان تجمع نیتروژن حتی بالاتر است (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). در غلات زمستانه جذب و تجمع نیتروژن تا قبل از گرده‌افشانی ۷۵ تا ۹۰ درصد از کل نیتروژن گیاه در مرحله برداشت را تشکیل می‌دهد (اسپرتز و الن، ۱۹۷۸؛ هیتهولت و همکاران، ۱۹۹۰؛ پاپکوستا و گاگیانس، ۱۹۹۱) در خاک‌های حاصلخیز حتی جذب نیتروژن بعد از گرده‌افشانی به‌دلیل همبستگی مثبت بین محتوای پروتئین دانه و شاخص برداشت نیتروژن خیلی مهم است (پرز و همکاران، ۱۹۸۳). گارابت و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده کردند که بخش اعظم جذب نیتروژن توسط گندم در طی مرحله پنجه‌زنی تا گرده‌افشانی اتفاق می‌افتد و بعد از گرده‌افشانی تا رسیدگی فیزیولوژیک مقدار جذب نیتروژن کاهش می‌یابد (فاجریا و همکاران، ۲۰۰٦).

بنابراین، در طی پرشدن دانه بخش بزرگی از نیاز دانه به نیتروژن از طریق انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی حاصل می‌شود. سهم مقدار نیتروژن دانه که از طریق انتقال مجدد حاصل می‌شود به شرایط محیطی بستگی دارد و در گندم بین ٦۰ تا ۹۲ درصد متغیر می‌باشد (پاپاکوستا و گاریاناس،

۱۹۹۱). همچنین، ارتباط معکوسی بین سهم مقدار نیتروژن دانه جذب شده از خاک و مقدار نیتروژن دانه حاصل از انتقال مجدد وجود دارد. انتقال مجدد نیتروژن به‌سمت دانه در طول دوره پرشدن دانه تحت‌تأثیر رقم، محیط، تاریخ کاشت، تراکم، کود و تنش آب قرار دارد که عوامل اصلی برای تعیین عملکرد نهایی دانه محسوب می‌شوند.

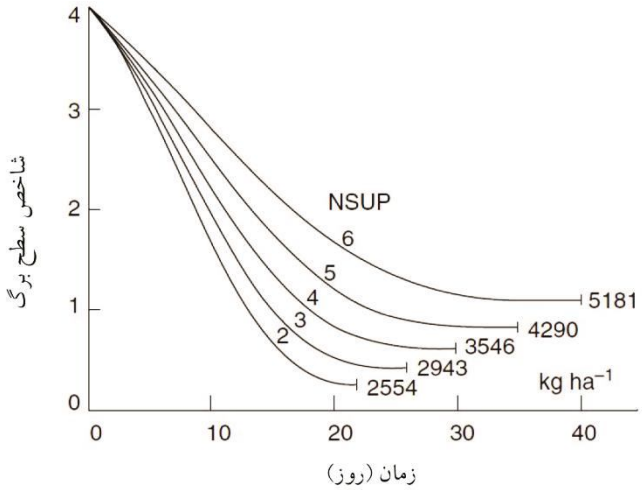
یک جنبه مهم از نیتروژن گیاه، نقش برگ‌های گیاه به‌عنوان منابع تأمین نیتروژن مورد نیاز برای رشد دانه‌ها است که از طریق انتقال مجدد به دانه‌های در حال رشد منتقل می‌شود. از این‌رو، افزایش شاخص سطح برگ، باعث افزایش ذخیره و مقدار انتقال مجدد نیتروژن می‌شود که در نهایت افزایش عملکرد را به دنبال دارد. نقش ذخیره نیتروژن در افزایش عملکرد زمانی بیشتر از نقش دریافت تابش و فتوسنتز می‌شود که مقدار شاخص سطح برگ واقعی از شاخص سطح برگ بحرانی بیشتر باشد، زیرا در بالاتر از شاخص سطح برگ بحرانی دریافت تشعشع ثابت است، ولی میزان ذخیره نیتروژن افزایش می‌یابد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). سینکلر (۲۰۰٤) بیان کرد که برای افزایش عملکرد بسیار مهم است که میزان ذخیره نیتروژن در بافت‌های گیاهی، به‌ویژه با افزایش سطح برگ، جهت انتقال بعدی به دانه‌های در حال رشد، افزایش پیدا کند. سینکلر و شیهی (۱۹۹۹) اشاره کردند که یکی از راه‌های دستیابی به مقادیر بالای سطح برگ، گسترش برگ‌های عمودی جهت اجازه دادن به عبور نور و در نتیجه رسیدن نور به برگ‌های پایین‌تر است تا در این صورت گیاه بتواند این برگ‌ها را نگه دارد. نگه‌داری این برگ‌های اضافی باعث افزایش ذخیره نیتروژن گیاه جهت انتقال مجدد به دانه‌ها در طی دوره پر شدن آنها می‌شود. اگرچه افزایش برگ‌های عمودی به‌عنوان یکی از نتایج اصلاحی انقلاب سبز به‌طور معمول به دریافت بهتر نور توسط گیاه نسبت داده می‌شود، اما شواهد کمی برای این فرضیه وجود دارد و افزایش ذخیره نیتروژن برتری اصلی این گیاهان برای افزایش عملکرد گیاه زراعی است (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

۱-۲-۵- نیتروژن و پیری برگ

با شروع رشد دانه‌ها، روابط نیتروژن گیاه به‌صورت معنی‌داری تغییر می‌کند. همان‌گونه که گفته شده در بسیاری از موارد احتمالاً جذب نیتروژن به‌وسیله گیاه در مراحل بعد از شروع پر شدن دانه‌ها بسیار ناچیز است و یا سهم کوچکی از کل نیتروژن تجمع‌یافته دارد (به‌عنوان مثال کیچی و همکاران، ۲۰۰۷). بنابراین، دانه‌ها تقریباً تاحدود زیادی، وابسته به ذخیره نیتروژنی هستند که قبل از شروع

پرشدن دانه در برگ‌ها و ساقه‌ها تجمع‌یافته است. اما انتقال نیتروژن از برگ‌ها و ساقه‌ها به دانه‌ها منجر به پدیده‌ای به نام خود تخریبی[1] می‌شود که اولین بار به‌وسیله سینکلر و ویت (۱۹۷۶) شرح داده شد. شکل ۱-٤ اثر رشد دانه بر کاهش نیتروژن برگ‌ها و در نتیجه مرگ برگ در سویا تحت ۵ سناریوی فراهمی نیتروژن توسط ریشه‌ها را نشان می‌دهد. یک اثر مشابهی نیز در سایر محصولات دانه‌ای مشاهده شده و همچنین بسیاری از مدل‌های گیاهی از بین رفتن و پیرشدن برگ را به انتقال نیتروژن ربط داده‌اند (به‌عنوان مثال جونز و همکاران، ۲۰۰۳؛ سینکلر و همکاران، ۲۰۰۳).

وابستگی دانه به نیتروژن برگ و در نتیجه پیرشدن برگ‌ها می‌تواند نقش برگ در تشکیل عملکرد را پیچیده‌تر کند، زیرا با خروج نیتروژن و حرکت آن به دانه‌ها سطح برگ کاهش می‌یابد و ممکن است دریافت تشعشع و تولید ماده خشک کاهش یابد.



شکل ۱-٤- شبیه‌سازی تغییرات شاخص سطح برگ در طی زمان بعد از رشد دانه‌ها در سویا با یک شاخص سطح برگ اولیه برابر با ٤ و مقادیر مختلف فراهمی نیتروزن برای ریشه‌ها (NSUP، کیلوگرم در هکتار در روز). عملکرد نهایی دانه در پایین، در سمت راست شکل نشان داده شده است (سینکلر و دی‌ویت، ۱۹۷۶).

1. Self-destruction

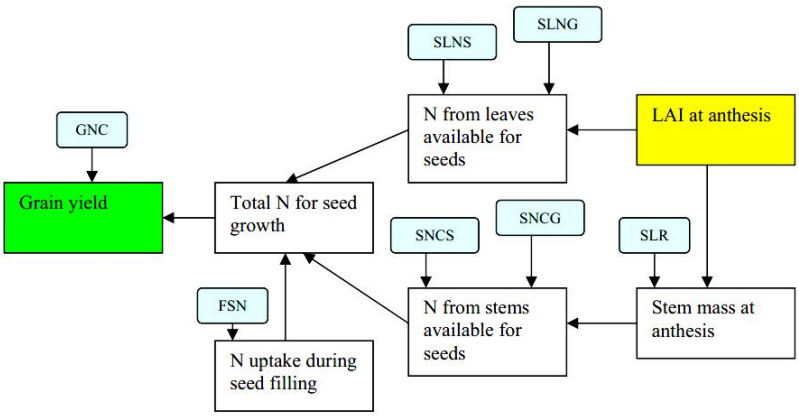
۱-۲-٦- هدف از تحقیق

در این طرح تحقیقاتی ارتباط جذب نیتروژن با گسترش سطح برگ، میزان ذخیره‌سازی نیتروژن در برگ‌ها، اهمیت این ذخیره‌سازی در تشکیل عملکرد و میزان جذب نیتروژن در قبل و بعد از مرحله گرده‌افشانی با استفاده از داده‌های پایان‌نامه‌ها و طرح‌های قبلی انجام شده در دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان مورد تجزیه و تحلیل قرار می‌گیرند و راه‌های ممکن برای افزایش عملکرد از این طریق نیز مورد توجه خواهد بود. بنابراین، این مطالعه با هدف (۱) کمی‌سازی اهمیت ذخیره نیتروژن در برگ در تشکیل عملکرد و (۲) ارایه مدل و بررسی اهمیت ذخیره نیتروژن و شاخص سطح برگ در تشکیل عملکرد انجام شد.

فصل دوم- مواد و روش‌ها

۲-۱- تهیه مدل "سطح برگ- نیتروژن- عملکرد"

در این مطالعه عملکرد گندم به شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی ارتباط داده شد. برای این منظور مدل "سطح برگ- نیتروژن- عملکرد" ارایه شد که در ادامه اجزا و روابط مورد استفاده در این مدل توضیح داده می‌شود. شکل ۲-۱ ارتباط عملکرد دانه گندم با شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی را در مدل سطح برگ- نیتروژن- عملکرد نشان می‌دهد.



شکل ۲-۱- نمودار جریانی نشان‌دهنده نقش سطح برگ در تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن. SNCG حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز بر حسب گرم بر گرم، SNCS حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد بر حسب گرم بر گرم، SLNG نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های سبز بر حسب گرم نیتروژن در مترمربع برگ. SLNS نیتروژن مخصوص برگ در برگ‌های زرد بر حسب گرم نیتروژن در مترمربع برگ، SLR نسبت ماده خشک ساقه (گرم در مترمربع) به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی، FSN نیتروژن جذب‌شده در طی دوره پرشدن دانه و GNC غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی بر حسب گرم بر گرم.

در این مدل با دردست داشتن مقدار LAI در گرده‌افشانی، ابتدا با استفاده از رابطه بین شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی با SLR (نسبت ماده خشک ساقه به LAI) مقدار وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی محاسبه می‌گردد. برای توصیف رابطه بین SLR با LAI در مرحله گرده‌افشانی از معادله توانی زیر استفاده شد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲):

$$SLR = a \times LAI^{-b}$$ رابطه ۱

که در آن، a و b ضرایب ثابت معادله می‌باشند. با ضرب کردن شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی در SLR از معادله توانی بالا، وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی (گرم ماده خشک ساقه در مترمربع برگ) محاسبه می‌گردد.

میزان نیتروژن ذخیره شده در برگ‌ها که قابل انتقال به دانه‌ها می‌باشد (N_{leaves}؛ گرم نیتروژن در مترمربع زمین) از مقادیر شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی، نیتروژن ویژه برگ سبز (SLNG؛ گرم نیتروژن در مترمربع برگ) و نیتروژن ویژه برگ زرد (SLNS؛ گرم نیتروژن در مترمربع برگ) محاسبه می‌شود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

$$N_{leaves} = LAI \times (SLNG - SLNS)$$ رابطه ۲

SLNG و SLNS را می‌توان با اندازه‌گیری نیتروژن برگ به‌ترتیب در مرحله رویشی و رسیدگی تعیین کرد.

میزان نیتروژن ذخیره شده در ساقه‌ها که قابل انتقال به دانه‌ها می‌باشد (N_{stems}؛ گرم نیتروژن در مترمربع زمین) از وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی (STEMS؛ گرم نیتروژن در مترمربع برگ زمین)، غلظت نیتروژن در ساقه سبز (SNCG؛ گرم بر گرم) و غلظت نیتروژن حداقل در ساقه زرد (SNCS؛ گرم بر گرم) محاسبه می‌شود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

$$N_{stems} = STEMS \times (SNCG - SNCS)$$ رابطه ۳

SNCG و SNCS را می‌توان با اندازه‌گیری نیتروژن ساقه به‌ترتیب در مرحله رویشی و رسیدگی تعیین کرد.

از حاصل جمع نیتروژن ذخیره شده در برگ‌ها و ساقه برای دانه، مقدار نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی (NSTOR؛ گرم نیتروژن در مترمربع) محاسبه می‌گردد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲).

$$NSTOR = N_{stems} + N_{leaves}$$ رابطه ٤

کسری از نیتروژن دانه نیز در فاصله گرده‌افشانی تا رسیدگی، از خاک جذب می‌شود (FSN). این کسر به شرایط محیطی و احتمالاً رقم بستگی دارد و ورودی مدل در نظر گرفته شده است. با کمک این کسر، مقدار کل نیتروژن فراهم برای رشد دانه (NTOTAL؛ گرم نیتروژن در مترمربع) محاسبه می‌گردد (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲):

$$NTOTAL = \frac{NSTOR}{(1-FSN)}$$ رابطه ٥

در نهایت با توجه به غلظت نیتروژن دانه در رسیدگی (GNC؛ گرم بر گرم) عملکرد دانه (GRAIN؛ گرم در مترمربع) از رابطه زیر بدست می‌آید (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲):

$$GRAIN = \frac{NTOTAL}{GNC} \times 10$$ رابطه ٦

۲-۲- آزمایش‌های مزرعه‌ای و پیمایشی

برای بدست آوردن پارامترهای مدل سطح برگ- نیتروژن- عملکرد که در بالا ذکر شد از اطلاعات چند آزمایش مزرعه‌ای و پیمایشی استفاده شد. در ادامه اطلاعات آزمایش‌های مورد استفاده آورده شده است.

از داده‌های هشت آزمایش مزرعه‌ای و پیمایشی در مطالعه استفاده شد. پنج آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان (عرض جغرافیایی ۳٦ درجه و ۸۵ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ٥٤ درجه و ۲۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۰ متر از دریا)، یک آزمایش در مزارع روستای مزرعه کتول از توابع شهرستان علی‌آباد کتول و دو آزمایش در مزراع گندم واقع در محدوده شهرستان گرگان انجام شد. برخی از جزئیات درباره آزمایش‌ها و شرایط آب و هوایی در مدت انجام آزمایش‌ها در جدول ۲-۱، ۲-۲، ۲-۳ و ۲-٤ آمده است.

جدول ۲-۱- خلاصه‌ای از عملیات زراعی و اندازه‌گیری‌ها در آزمایشات مزرعه‌ای گندم در شهرستان گرگان.

	آزمایش اول (غریب‌عاطری، ۱۳۸۷)	آزمایش دوم (صالح‌پوری، ۱۳۸۵)	آزمایش سوم (قدیریان، ۱۳۹۰)	آزمایش چهارم (محمدی، ۱۳۹۱)	آزمایش پنجم (یوسفی‌دار، ۱۳۹۳)
مکان آزمایش	گرگان	گرگان	گرگان	گرگان	گرگان
فصل رشد	۱۳۸۵-۱۳۸۴	۱۳۸۵-۱۳۸۴	۱۳۸۸-۱۳۸۷	۱۳۸۹-۱۳۸۸	۱۳۹۱-۱۳۹۰
محصول قبلی	آیش	آیش	گندم	ذرت علوفه‌ای	گندم
خاک	لوم رسی سیلتی	لوم رسی سیلتی	لوم رسی سیلتی	لوم رسی سیلتی	لوم رسی سیلتی
شرایط ابتدایی	هدایت الکتریکی ۰٫۶ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته گل اشباع ۷/۹، کربن آلی ۱٫۰۳٪، نیتروژن کل ۰٫۰۱٪، فسفر قابل دسترس ۹/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، پتاسیم قابل دسترس ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم	هدایت الکتریکی ۰٫۶ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته گل اشباع ۷/۹، کربن آلی ۱٫۰۳٪، نیتروژن کل ۰٫۰۱٪، فسفر قابل دسترس ۹/۵ میلی‌گرم در کیلوگرم، پتاسیم قابل دسترس ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم	هدایت الکتریکی ۱ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته گل اشباع ۷/۸، کربن آلی ۱٪، نیتروژن کل ۰٫۰۱٪، فسفر قابل دسترس ۹/۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، پتاسیم قابل دسترس ۱۹۰ میلی‌گرم در کیلوگرم	هدایت الکتریکی ۰٫۷ دسی‌زیمنس بر متر، اسیدیته گل اشباع ۷/۸، کربن آلی ۰٫۷۷٪، نیتروژن کل ۰٫۰۱٪، فسفر قابل دسترس ۵٫۲ میلی‌گرم در کیلوگرم، پتاسیم قابل دسترس ۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم	نیتروژن کل ۰٫۰۱٪، فسفر قابل دسترس ۹٫۴ میلی‌گرم در کیلوگرم، پتاسیم قابل دسترس ۲۰۰ میلی‌گرم در کیلوگرم
کوددهی در زمان کاشت	۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بصورت قبل کاشت و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله پنجه زنی و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله گرده‌افشانی بصورت سرک	۱۶۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱۶۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره بصورت قبل کاشت و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله پنجه زنی و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله گرده‌افشانی بصورت سرک	۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات تریپل، ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات پتاسیم قبل از کاشت و ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیز بصورت تقسیط در چهار نوبت (زمان کاشت، پنجه‌زنی، ساقه رفتن و سنبله‌دهی) و در هر بار مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار	بر اساس نتایج یک سوم نیتروژن مورد نیاز در زمان کاشت، یک سوم در زمان پنجه‌زنی و یک سوم دیگر در زمان ساقه رفتن بصورت سرک استفاده شد. ولی کل فسفر و پتاسیم در زمان کاشت استفاده شد.	مقدار ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در زمان کاشت و مقادیر کود نیتروژن مورد نظر با توجه به جدول ۵ به زمین اضافه شد.
تیمارها	۴ رقم گندم (کوهدشت، شیرودی، نجن و زاگرس) در ۳ تاریخ کاشت (۳۱ آذر، ۳۰ دی، ۱ اسفند در سال ۱۳۸۴)	در رقم گندم (نجن و زاگرس)	هفت رقم گندم (شیرودی، نجن، کوهدشت، زاگرس، دریا، آریا و تاروا)	۴ مقدار اوره (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار)، ۳ سطح سوپر فسفات تریپل (۰، ۲۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) و ۳ سطح کلرور پتاسیم (۰، ۲۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار)	چهار مقدار کودی ۰، ۱۰۰، ۱۷۵ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار با چهار الگوی مصرف (۴ نوبت برابر، ۴ نوبت نابرابر، ۳ نوبت برابر و ۳ نوبت نابرابر) در مراحل کاشت، پنجه‌زنی، ساقه رفتن و آبستنی
اندازه‌گیری‌ها	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن به تفکیک اندام	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن به تفکیک اندام	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن به تفکیک اندام	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن به تفکیک اندام	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن به تفکیک اندام
مراحل اندازه‌گیری نیتروژن	گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت	پنجه‌زنی، ساقه رفتن، گرده‌افشانی و رسیدگی	گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت	رسیدگی برداشت	شروع پرشدن دانه و رسیدگی فیزیولوژیک

جدول ۲-۲- خلاصه‌ای از عملیات زراعی و اندازه‌گیری‌های گندم در آزمایشات پیمایشی شهرستان گرگان و علی‌آباد کتول.

	آزمایش ششم (زینلی، ۱۳۸۸)	آزمایش هفتم (ترابی، ۱۳۹۰)	آزمایش هشتم (پارسا، ۱۳۹۰)
مکان آزمایش	محدوده گرگان	محدوده گرگان	علی‌آباد کتول، روستای مزرعه کتول
فصل رشد	۱۳۸۵-۱۳۸۶	۱۳۸۶-۱۳۸۷	۱۳۸۷-۱۳۸۸
تعداد مزارع	۱۷	٤٥	۱۵
تیمارها	در شرایط مدیریت متداول مزارع توسط کشاورزان منطقه	انتخاب مزارع در منطقه به صورت تصادفی انجام شد.	براساس عملکرد به‌دست آمده در سال آزمایش و نحوه مدیریت کشاورزان در این سال به ۳ سطح مدیریتی خوب، متوسط و ضعیف تقسیم شدند.
اندازه‌گیری‌ها	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن کل زیتوده گیاهی	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن کل زیتوده گیاهی	فنولوژی، سطح برگ، ماده خشک، عملکرد، غلظت نیتروژن کل زیتوده گیاهی
مراحل اندازه‌گیری نیتروژن	ابتدا و میانه پنجه‌زنی، ساقه رفتن، آبستنی، رسیدگی آبکی (ابتدای رشد دانه) و رسیدگی برداشت	گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت	پنجه‌زنی، ساقه رفتن و تکمیل سنبله رفتن

جدول ۲-۳- میانگین ماهانه دمای حداکثر (درجه سانتی‌گراد)، دمای حداقل (درجه سانتی‌گراد) و کل بارندگی ماهانه (میلی‌متر) در طی آزمایشات مزرعه‌ای گندم در شهرستان گرگان.

ماه	آزمایش اول و دوم			آزمایش سوم			آزمایش چهارم			آزمایش پنجم		
	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی
مهر	–	–	–	۸/۴	۲۸	۶۳/۷	–	–	–	–	–	–
آبان	–	–	–	۴/۶	۳۰/۲	۷۶/۲	۷	۳۴/۴	۷۰/۵	–	–	–
آذر	۷/۴	۱۷/۹	۴۱/۱	۰	۲۲	۷۵/۷	۰/۶	۲۲	۷۳	–	–	–
دی	۲/۱	۱۰/۸	۱۴۱/۲	۰/۸	۲۵	۴۰/۵	۰/۴	۲۵	۲۲	۳/۲	۱۳	۴۷/۴
بهمن	۳/۴	۱۲/۵	۵۱/۵	-۲	۲۷/۴	۱۲۴/۳	-۰/۸	۲۴	۸۱	۱/۱	۸/۹	۱۲۶/۵
اسفند	۶/۴	۱۸/۲	۲۷/۷	۲/۴	۳۵	۸۰/۷	۲/۸	۲۸	۸۰/۱	۲/۹	۱۲/۹	۷۲/۶
فروردین	۹/۹	۲۰	۳۱/۸	۲/۲	۲۵/۴	۵۰/۵	۲	۲۵/۸	۱۸/۸	۹/۶	۲۱/۳	۱۲/۸
اردیبهشت	۱۴/۷	۲۳/۱	۴۸/۴	۷/۸	۳۵/۴	۴۸/۳	۷	۳۶	۴۱/۴	۱۵/۸	۲۸	۲۳/۶
خرداد	۱۹/۴	۲۳/۸	۵/۹	۱۴	۴۰	۱۱	۱۴	۳۹/۲	۰	۲۰/۵	۳۲/۸	۴۱/۴
تیر	۲۳/۸	۳۲/۹	۷/۲	۱۸/۸	۳۷/۸	۵۷/۳	–	–	–	–	–	–
مرداد	۲۴/۱	۳۴/۶	۰/۳	۸/۴	۲۸	۶۳/۷	–	–	–	–	–	–

جدول ۲-٤- میانگین ماهانه دمای حداکثر (درجه سانتی گراد)، دمای حداقل (درجه سانتی گراد) و کل بارندگی ماهانه (میلی‌متر) در طی آزمایشات پیمایشی گندم در شهرستان گرگان و علی‌آباد کتول.

ماه	آزمایش ششم			آزمایش هفتم			آزمایش هشتم		
	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی	دمای حداقل	دمای حداکثر	بارندگی
مهر	۱۸/۳	۲۹/۵	۱۳/۵	۱۵/٦	۳۰	٤۹	۸/٤	۲۸	٦۳/۷
آبان	۱۲/٤	۲۳/۱	۱۳٦/۳	۱۰/۷	۲۲/۸	۲۸/۲	٤/٦	۳۰/۲	۷٦/۲
آذر	٤/۹	۱۳/۳	٦٦/۱	۵/۸	۱٤/۹	۷۱/۹	۰	۲۲	۷۵/۷
دی	۲/۵	۱۲/۳	۳۵/۷	-۲/۳	۸	۱٦/۵	۰/۸	۲۵	٤۰/۵
بهمن	٤/۵	۱۵/۳	۳۹/٦	۰/٤	۱۰/۷	۵۵/۸	-۲	۲۷/٤	۱۲٤/۳
اسفند	۳/۷	۱٤/۸	۱۰۹/۸	٦/۱	۱۸/۵	۳۸/۱	۲/٤	۳۵	۸۰/۷
فروردین	۸/۸	۱٦/۵	٦٦/۷	۱۱/۲	۲۳/۵	۸	۲/۲	۲۵/٤	۵۰/۵
اردیبهشت	۱۳/۰	۲۲/۸	۲۹/۹	۱۳/۹	۲٦/٦	۲٤/۸	۷/۸	۳۵/٤	٤۸/۳
خرداد	۱۸/۷	۳۲/۱	۱۷/۹	۱۸/۵	۲۹/۹	۱٤/۵	۱٤	٤۰	۱۱
تیر	-	-	-	۲۲/۳	۳۱/۷	۱۲/٤	۱۸/۸	۳۷/۸	۵۷/۳

همه آزمایشاتی که در مزرعه دانشگاه اجرا شده بود در شرایط عدم محدودیت عناصر غذایی، آفات، بیماری‌ها و علف‌های هرز انجام شدند. در مراحل مختلف با توجه به نیاز آبی در مواقع لزوم، آبیاری انجام شد. علف‌های‌هرز با دست کنترل شدند و در صورت نیاز از آفت‌کش‌های شیمیایی مناسب استفاده شد.

آزمایش اول در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸٤ به‌صورت تجزیه مرکب بر مبنای بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار اجرا شد. تیمارهای مورد آزمایش شامل ٤ رقم گندم بهاره (کوهدشت، شیرودی، تجن و زاگرس) و ۳ تاریخ کاشت (۲۳ آذر، ۳۰ دی، ۱ اسفند سال ۱۳۸٤) بودند. مقدار بذر براساس تراکم مطلوب ۳۳۳ بوته در مترمربع محاسبه و کاشت در خطوطی با فاصله ۱۵ سانتی‌متر انجام شد. متوسط فاصله بذرها در هر خط کاشت ۲ سانتی‌متر بود و بین ارقام در هر کرت ٤۰ سانتی‌متر فاصله در نظر گرفته شد. ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌صورت قبل کاشت استفاده شد و همچنین، ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله پنجه‌زنی و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله گرده‌افشانی به‌صورت سرک استفاده شد (عرب‌عامری، ۱۳۸۷).

آزمایش دوم در سال زراعی ۱۳۸۵-۱۳۸٤در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با چهار تکرار اجرا شد. تیمارها شامل دو رقم گندم تجن و زاگرس بودند. فاصله بین ردیف و روی ردیف به‌ترتیب ۱۵ و ۲ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. تاریخ کاشت ۱۵ آذر ماه سال ۱۳۸٤ بود. ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار کود سوپر فسفات تریپل، ۱٦۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره به‌صورت قبل کاشت استفاده شد و همچنین، ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله پنجه‌زنی و ۵۰ کیلوگرم کود اوره در مرحله گرده‌افشانی به‌صورت سرک استفاده شد (مداح‌یزدی، ۱۳۸۵).

آزمایش سوم در سال ۱۳۸۸-۱۳۸۷ اجرا شد. آزمایش با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در چهار تکرار و در دو شرایط دیم و آبی به‌صورت تجزیه مرکب اجرا شد. در این آزمایش هفت رقم گندم (شیرودی، تجن، کوهدشت، زاگرس، دریا، آریا و تارو) مورد مطالعه قرار گرفت. تراکم مطلوب ۳۰۰ بوته در مترمربع با فاصله ردیف ۲۰ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. براساس نتایج آزمون خاک ۱۵۰ کیلوگرم در هکتار کود فسفاته به‌صورت سوپرفسفات تریپل و مقدار ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود پتاسه به‌صورت سولفات پتاسیم قبل از کاشت به زمین داده شد. مقدار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره نیز به‌صورت تقسیط در چهار نوبت (زمان کاشت، پنجه‌زنی، ساقه رفتن و سنبله‌دهی) و در هر بار مقدار

۵۰ کیلوگرم در هکتار مصرف شد. در بخش آبی در مواقع لزوم کرت‌ها براساس تبخیر و تعرق انجام شده آبیاری شدند، به‌طوری‌که هیچ گونه تنش خشکی ایجاد نشود (غدیریان، ۱۳۹۰).

آزمایش چهارم در قالب طرح فاکتوریل بر پایه بلوک‌های کامل تصادفی با ۳٦ تیمار، ٤ مقدار نیتروژن (۰، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار)، از منبع کودی اوره، ۳ سطح فسفر (۰، ۲۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع کودی سوپرفسفات تریپل و ۳ سطح پتاسیم (۰، ۲۰ و ۷۰ کیلوگرم در هکتار) از منبع کودی کلرور پتاسیم در ٤ تکرار، طی سال زراعی ۸۹–۸۸ در مزرعه دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان اجرا گردید. رقم مورد استفاده در این آزمایش کوهدشت بود. فاصله ردیف‌های کشت ۲۰ سانتی‌متر و تراکم مورد نظر جهت استقرار مطلوب ٤۵۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. یک سوم نیتروژن مورد نیاز در زمان کاشت، یک سوم در زمان پنجه‌زنی و یک سوم دیگر در زمان ساقه رفتن به‌صورت سرک استفاده شد. ولی کل فسفر و پتاسیم در زمان کاشت استفاده شد (محمدی، ۱۳۹۱).

آزمایش پنجم با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در ٤ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان در سال زراعی ۱۳۹۱–۱۳۹۰ اجرا شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار مقدار کودی ۰، ۱۰۰، ۱۷۵ و ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار بود. نیتروژن مصرفی در این آزمایش کود اوره و رقم گندم نیز مروارید بود. به‌منظور یکنواخت شدن زمین از لحاظ مقدار نیتروژن و کاهش پسماند نیتروژن خاک، یک سال قبل از اجرای طرح، در قطعه آزمایشی مورد نظر گندم با تراکم بالا بدون مصرف کود نیتروژن، کشت شد. مقدار ۵۰ کیلوگرم سوپر فسفات تریپل و ۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در زمان کاشت و مقادیر کود نیتروژن مورد نظر با توجه به جدول ۲–۵ به زمین اضافه شد. فاصله بین ردیف‌ها ۲۰ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۳۰۰ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. کرت‌های آزمایشی شامل ۱۰ ردیف و به طول ٦ متر بودند (یوسفی‌داز، ۱۳۹۳).

جدول ۲-۵- مقادیر کود نیتروژن مصرفی برحسب درصد در مراحل مختلف رشد گیاه گندم (یوسفی‌داز، ۱۳۹۳).

الگوی مصرف	کاشت	پنجه‌زنی	ساقه‌رفتن	آبستنی
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	۳۴ درصد	-
D (سه نوبت نابرابر)	۲۵ درصد	۳۷/۵ درصد	۳۷/۵ درصد	-

در آزمایش ششم به‌صورت پیمایشی اطلاعات ۱۶ مزرعه گندم واقع در محدوده شهرستان گرگان در شرایط مدیریت متداول مزارع توسط کشاورزان منطقه در سال زراعی ۱۳۸۶-۱۳۸۵ ثبت شد. این مزارع با همکاری مدیریت کشاورزی گرگان از میان مزارعی انتخاب شدند که دارای سابقه زراعی معین و آزمایش خاک برای توصیه مصرف کودهای شیمیایی بودند (زینلی، ۱۳۸۸).

آزمایش هفتم به‌صورت پیمایشی در طی سال زراعی ۱۳۸۷-۱۳۸۶ انجام شد. برای این مطالعه ۴۵ مزرعه به‌طور تصادفی در منطقه گرگان انتخاب شدند. کلیه اطلاعات مربوط به مدیریت و گیاه زراعی جمع‌آوری شدند. اطلاعات مدیریتی شامل رقم مورد استفاده، زمان کاشت، کود (نوع کود، میزان کود و زمان مصرف کود)، مبارزه با آفات و بیماری‌ها و علف‌هرز، آبیاری (تعداد و زمان آبیاری) و میزان عملکرد بودند. اطلاعات مربوط به گیاه زراعی شامل ثبت تاریخ پنجه‌زنی، ساقه رفتن، گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت، شاخص سطح برگ، غلظت نیتروژن کل بوته در مرحله گرده‌افشانی، غلظت نیتروژن دانه و غیردانه در مرحله رسیدگی برداشت بودند (ترابی، ۱۳۹۰).

آزمایش هشتم به‌صورت پیمایشی در مزارع روستای مزرعه کتول از توابع شهرستان علی‌آباد کتول انجام شد. در این آزمایش ۱۵ مزرعه تحت مدیریت کشاورزان طی سال زراعی ۱۳۸۹-۱۳۸۸ انتخاب شد. این مزارع بر اساس عملکرد به‌دست آمده در سال آزمایش و نحوه مدیریت کشاورزان در این سال به ۳ سطح مدیریتی خوب، متوسط و ضعیف تقسیم‌بندی شدند. ارقام مورد استفاده در مزارع شامل دریا و مروارید بود. این آزمایش به‌صورت نستد در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۳ تکرار انجام شد (پارسا، ۱۳۹۰).

۲-۳- اندازه‌گیری‌ها

در همه آزمایشات مراحل فنولوژیک براساس روش زادوکس (۱۹۷٤) ثبت شد و همچنین، اندازه‌گیری مقدار نیتروژن از روش کجلدال انجام شد.

در آزمایش اول برای اندازه‌گیری ارتفاع بوته و وزن خشک در هر مرحله نمو گیاه (مرحله پنجه‌زنی، ساقه رفتن، شروع آبستنی، شروع گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت)، برگ سبز، برگ زرد افتاده و نیفتاده و ساقه و غلاف برگ به‌علاوه خوشه و دانه به‌صورت جداگانه در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آون قرار گرفتند، سپس وزن خشک آن‌ها اندازه‌گیری شد و در هر مرحله، سطح برگ ۱۰ بوته نیز اندازه‌گیری شد. سنجش سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج مدل DELTA-T1td صورت گرفت. برای اندازه‌گیری نیتروژن در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی برداشت به تفکیک اندام (برگ سبز، برگ زرد افتاده و نیفتاده و ساقه و غلاف برگ به‌علاوه خوشه و دانه در مرحله رسیدگی) نمونه‌برداری انجام شد و مقدار نیتروژن آن‌ها براساس روش کجلدال تعیین شد. برای تعیین عملکرد و اجزای عملکرد سطحی معادل ۲ مترمربع از هر کرت برای هر رقم در مرحله رسیدگی برداشت، عملکرد دانه در واحد سطح مشخص گردید (عرب‌عامری، ۱۳۸۷).

اندازه‌گیری‌ها در آزمایش دوم و سوم مشابه آزمایش اول بودند.

در آزمایش چهارم نمونه‌برداری در دو مرحله انجام شد. اولین نمونه‌برداری در مرحله اواسط گرده‌افشانی انجام شد و سطح برگ و ارتفاع بوته اندازه‌گیری شده و سپس وزن خشک نمونه‌ها بعد از قرار گرفتن در آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ٤۸ ساعت اندازه‌گیری شد. دومین نمونه‌برداری در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک انجام شد و مانند مرحله اول صورت گرفت و اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله بارور در بوته، تعداد دانه در هر سنبله، وزن هزاردانه و تراکم در زمان برداشت در مزرعه تعیین شد. در این مرحله وزن خشک دانه و غیردانه اندازه‌گیری و شاخص برداشت نیز محاسبه شد. از همین نمونه‌ها برای اندازه‌گیری نیتروژن استفاده شد (محمدی، ۱۳۹۱).

در آزمایش پنجم 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. همچنین برای اندازه‌گیری وزن خشک، بوته‌ها در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد تا رسیدن به وزن ثابت درون آون قرار گرفتند. در مرحله رسیدگی

فیزیولوژیک بر روی ۲۰ بوته اجزای عملکرد شامل تعداد سنبله در بوته، تعداد دانه در سنبله و وزن تک‌دانه تعیین شد. 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 آزمایش وزن خشک و غلظت نیتروژن (درصد نیتروژن) برگ سبز، زرد و ساقه در مرحله شروع پرشدن دانه و وزن خشک و غلظت نیتروژن (درصد نیتروژن) برگ زرد، ساقه و دانه در مرحله رسیدگی فیزیولوژیک بر روی یک نمونه گیاهی شامل ۱۰ بوته در آزمایشگاه خاک آزمای گرگان اندازه‌گیری شد (یوسفی‌داز، ۱۳۹۳).

در آزمایش ششم نمونه‌برداری از مزارع برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک و مقدار نیتروژن در زیتوده گیاهی در طول فصل رشد در ٦ مرحله شامل ابتدا و میانه پنجه‌زنی، ساقه‌رفتن، آبستنی، رسیدگی آبکی (ابتدای رشد دانه) و رسیدگی برداشت با چهار تکرار انجام شد. در هر نوبت و در هر مزرعه، ابتدا برای تعیین تراکم بوته، تعداد بوته در کوادراتی به ابعاد ۰/۵ متر شمارش می‌شد، سپس با انتخاب ۱۵ تا ۲۰ بوته به‌طور تصادفی مرحله نمو براساس روش زادوکس تعیین می‌شد و در نهایت بوته‌هایی که در کوادرات قرار داشتند برای اندازه‌گیری عملکرد ماده خشک و مقدار نیتروژن به آزمایشگاه منتقل می‌شدند. در آزمایشگاه پس از تعیین وزن‌تر، زیر نمونه‌ای تهیه و به آونی با دمای ٦٨ درجه سانتی‌گراد منتقل می‌شد. پس از توزین وزن خشک و محاسبه درصد رطوبت و با توجه به مساحت نمونه‌برداری عملکرد ماده خشک در هکتار محاسبه شد. زیر نمونه‌هایی که شامل کل اندام‌های گیاه بودند پس از توزین و ثبت وزن آن‌ها به‌وسیله آسیاب برقی به‌طور کامل پودر شده و برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن با استفاده از دستگاه کجلتک استفاده شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه نمونه‌برداری با ٤ تکرار هر یک به مساحت ۳ مترمربع از قسمت‌های مختلف مزرعه در زمان رسیدگی برداشت انجام شد. دانه‌های برداشت شده توزین شدند و برای تعیین عملکرد دانه در واحد سطح زیر نمونه‌ای از آن‌ها تهیه و در آون با دمای ۷۲ درجه تا ثابت شدن وزن نگه داشته شد. سپس زیرنمونه‌های خشک توزین و عملکرد دانه در هکتار محاسبه شد (زینلی، ۱۳۸۸).

در آزمایش هفتم برای اندازه‌گیری سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی در هر مزرعه ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج سطح برگ این بوته‌ها اندازه‌گیری و LAI محاسبه شد. بعد از اندازه‌گیری سطح برگ، کل ۱۰ بوته در داخل آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت خشک و پس از توزین آن‌ها با دستگاه آسیاب کاملاً پودر شدند. یک نمونه به‌طور

تصادفی از بوته‌های آسیاب شده انتخاب و غلظت نیتروژن آن اندازه‌گیری شد. در پایان فصل رشد عملکرد گیاه و غلظت نیتروژن دانه و غیردانه اندازه‌گیری شد. بدین‌منظور در هر مزرعه سه پلات به‌طور تصادفی انتخاب و تراکم بوته در هر کرت محاسبه شد. در هر کرت ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شد. سپس نمونه‌ها به‌صورت دانه و غیردانه در داخل آون در دمای 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 غلظت نیتروژن آن اندازه‌گیری شد. با استفاده از غلظت نیتروژن اندازه‌گیری شده دانه و غیردانه، غلظت نیتروژن برای کل بوته محاسبه شد (ترابی، ۱۳۹۰).

در آزمایش هشتم نیتروژن گندم در سه مرحله پنجه‌زنی، ساقه‌رفتن و تکمیل سنبله‌رفتن اندازه‌گیری شد. بدین‌ترتیب که در ابتدای هر مرحله، سه نمونه که هریک شامل ۲۰ بوته نرمال بودند انتخاب و به آزمایشگاه منتقل شدند. پس از خشک شدن نمونه‌ها در آون (دمای ٦٨ درجه سانتی‌گراد)، نمونه‌ها به‌وسیله هاون کاملاً آسیاب شده آنگاه ۳ تکرار هر مزرعه را بایکدیگر مخلوط نموده و زیرنمونه‌ای برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن کل ماده خشک تهیه شد و غلظت نیتروژن کل نمونه‌ها اندازه‌گیری شد. در زمان رسیدگی فیزیولوژیک نیز به همین ترتیب نمونه‌گیری صورت گرفت و عملکرد دانه محاسبه شد (پارسا، ۱۳۹۰).

۲-٤- تحلیل داده‌ها

به‌دلیل تعداد زیاد آزمایش‌ها و تیمارهای مورد بررسی و نیز شرایط متفاوت در مزارع کشاورزان، تیمارها به این صورت گروه‌بندی شدند: تیمار(ها)یی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدوه ۲۰ آذر بوده (date-1)؛ تیمار(ها)یی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدوده ۳۰ دی بوده (date-2)؛ تیمار(ها)یی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدوده ۱ اسفند بوده (date-3)؛ تیمار(ها)یی که شرایط آن‌ها مشابه مدیریت متداول زارعین بوده (normal)؛ تیمار(ها)یی که مربوط به مزارع کشاورزان بوده (farmer)؛ تیمار(ها)یی که مقادیر مختلف نیتروژن، فسفر و پتاس بوده (NPK)؛ تیمار(ها)یی که کود نیتروژن استفاده نکرده‌اند (0-N)؛ تیمار(ها)یی که حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (100-N)؛ تیمار(ها)یی که حدود ۱۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (175-N) و تیمار(ها)یی که حدود ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (250-N). پس از

بررسی داده‌ها و حذف داده‌های پرت و ناقص، ۷ گروه تیماری شامل date-2، date-3، normal، 0-N، 100-N، 175-N و 250-N به عنوان گروه‌های تیماری نهایی مورد استفاده قرار گرفتند.

متغیرهای محاسبه شده برای آزمایش‌ها شامل شاخص سطح برگ در گرده افشانی (LAI؛ مترمربع در مترمربع)؛ ماده خشک ساقه در گرده افشانی (STDM؛ گرم در متر مربع)؛ نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی (SLR)؛ نیتروژن ویژه برگ‌های سبز در گرده‌افشانی (SLNG؛ گرم نیتروژن در مترمربع)؛ نیتروژن ویژه برگ‌های زرد در رسیدگی (SLNS؛ گرم نیتروژن در مترمربع)؛ غلظت نیتروژن در ساقه در گرده‌افشانی (SNCG؛ گرم بر گرم)؛ غلظت نیتروژن در ساقه در رسیدگی (SNCS؛ گرم بر گرم)؛ غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (GNC؛ گرم بر گرم) و درصد نیتروژن دانه‌ها که از خاک در بعد گرده‌افشانی جذب شده است (GRNNS) بودند. تجزیه واریانس هر آزمایش در قالب طرح مربوطه انجام شد. همچنین، برای هر آزمایش میانگین، انحراف معیار و حداقل و حداکثر محاسبه شد.

برخی از متغیرها به‌صورت زیر محاسبه شدند:

۱- نیتروژن تجمع‌یافته در هر یک از اندام‌های بوته با ضرب غلظت نیتروژن (درصد) در وزن ماده خشک آن اندام محاسبه شد.

۲- SLR از تقسیم ماده خشک ساقه در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع) بر شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی محاسبه شد.

۳- SLNG از تقسیم نیتروژن تجمع‌یافته در برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع) بر شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی محاسبه شد.

٤- SLNS از تقسیم نیتروژن تجمع‌یافته در برگ زرد در رسیدگی (گرم در مترمربع) بر شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی محاسبه شد.

۵- SNCG از تقسیم درصد نیتروژن ساقه در مرحله گرده‌افشانی بر ۱۰۰ محاسبه شد.

٦- SNCS از تقسیم درصد نیتروژن ساقه در مرحله رسیدگی بر ۱۰۰ محاسبه شد.

۷- GNC از تقسیم درصد نیتروژن دانه در مرحله رسیدگی بر ۱۰۰ محاسبه شد.

پارامترهای مدل Y-L-N شامل SLNG، SLNS، SNCG، SNCS، LAI، SLR، FSN و GNC در گروه‌های تیماری مورد بررسی قرار گرفت و در نهایت تاثیر تغییرات آن‌ها بر روی عملکرد بررسی شد. برای تجزیه آماری از نرم‌افزار آماری SAS (سلطانی، ۱۳۸٦) استفاده شد. در جدول ۲-٦ علایم اختصاری مورد استفاده در این تحقیق آورده شده است.

جدول ۲-٦- علایم اختصاری مورد استفاده در تحقیق حاضر.

عنوان	واحد	اختصار
مدل سطح برگ- نیتروژن- عملکرد		Y-N-L
نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی		SLR
مقدار نیتروژن ذخیره‌شده در برگ‌ها که قابل انتقال به دانه‌ها می‌باشد	گرم نیتروژن در مترمربع زمین	N_{leaves}
نیتروژن ویژه برگ سبز	گرم نیتروژن در مترمربع برگ	SLNG
نیتروژن ویژه برگ زرد	گرم نیتروژن در مترمربع برگ	SLNS
مقدار نیتروژن ذخیره شده در ساقه‌ها که قابل انتقال به دانه‌ها می‌باشد	گرم نیتروژن در مترمربع زمین	N_{stems}
وزن خشک ساقه در مرحله گرده‌افشانی	گرم نیتروژن در مترمربع برگ زمین	STEMS
غلظت نیتروژن در ساقه سبز	گرم بر گرم	SNCG
غلظت نیتروژن حداقل در ساقه زرد	گرم بر گرم	SNCS
مقدار نیتروژن ذخیره شده در اندام‌های رویشی	گرم نیتروژن در مترمربع	NSTOR
کسری از نیاز دانه به نیتروژن از خاک جذب می‌شود		FSN
مقدار کل نیتروژن فراهم برای رشد دانه	گرم نیتروژن در مترمربع	NTOTAL
درصد نیتروژن دانه‌ها که از خاک در بعد گرده‌افشانی جذب شده است		GRNNS
عملکرد دانه	گرم در مترمربع	GRAIN
غلظت نیتروژن دانه در رسیدگی	گرم بر گرم	GNC
تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدوده ۲۰ آذر بوده است		date-1
تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدوده ۳۰ دی بوده است		date-2
تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدوده ۱ اسفند بوده است		date-3
تیمار(ها)ی که شرایط آن‌ها مشابه مدیریت متداول زارعین بوده است		normal
تیمار(ها)ی که مربوط به مزارع کشاورزان بوده است		farmer
تیمار(ها)ی که سطوح مختلف نیتروژن، فسفر و پتاس بوده است		NPK
تیمار(ها)ی که کود نیتروژن استفاده نکرده‌اند		0-N
تیمار(ها)ی که حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند		100-N
تیمار(ها)ی که حدود ۱۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند		175-N
تیمار(ها)ی که حدود ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند		250-N

فصل سوم - نتایج و بحث

۳-۱- محتوای نیتروژن در برگ و ساقه (SLNG، SLNS، SNCG و SNCS)

در گروه‌های مختلف تیماری دامنه SLNG از ۱/٤۰ تا ۳/٤۰ گرم نیتروژن در مترمربع برگ، SLNS از ۰/۲۳ تا ۱/۲۸ گرم نیتروژن در مترمربع برگ، SNCG از ۰/۰۰۷ تا ۰/۰۲۷ گرم در گرم و SNCS از ۰/۰۰۳ تا ۰/۰۲۱ گرم در گرم متغیر بود (جدول ۳-۱). در گروه normal مقدار SLNG ۱/۷۸ گرم نیتروژن در مترمربع برگ، SLNS ۰/٤٦ گرم نیتروژن در مترمربع برگ، SNCG ۰/۰۱٤ گرم در گرم و SNCS ۰/۰۰۸ گرم در گرم بود (جدول ۳-۱).

SLNG و SLNS با افزایش مقدار کود نیتروژن کاهش یافت که علت آن افزایش شاخص سطح برگ در تیمارهایی است که کود نیتروژن بیشتری مصرف کرده‌اند (جدول ۳-۱). در مقابل، با تأخیر در کاشت SLNG و SLNS افزایش یافت که ناشی از کاهش شاخص سطح برگ در تاریخ‌های کاشت تاخیری می‌باشد. افزایش سطح برگ می‌تواند باعث رقیق شدن نیتروژن در برگ‌ها شود البته مشروط به اینکه افزایش سطح برگ بیشتر از افزایش جذب نیتروژن باشد.

در مطالعه‌ای که توسط سوورس و همکاران (۱۹۹٤) انجام شد، با افزایش مقدار کود مصرفی، مقدار نیتروژن در بخش هوایی گندم به‌طور خطی افزایش یافت. باراکلوگ و همکاران (۲۰۱۰) و دلوگیو و همکاران (۱۹۹۸) مشاهده کردند که مقدار نیتروژن دانه، ساقه و بخش‌های هوایی در گندم، به‌طور معنی‌داری تحت‌تاثیر مقدار کود نیتروژن مصرفی قرار گرفتند و با افزایش مقدار کود افزایش یافتند. چامورو و همکاران (۲۰۰۲) بیان کردند که افزایش مقدار نیتروژن کودی باعث افزایش غلظت نیتروژن در اندام‌های مختلف و کل بوته کلزا شده است.

SNCG و SNCS با افزایش کود نیتروژن افزایش یافت زیرا با مصرف بیشتر نیتروژن، مقدار نیتروژن بیشتری در اختیار گیاه قرار گرفته و می‌تواند نیتروژن بیشتری را در ساقه ذخیره کند. در مقابل، با تاخیر در کاشت SNCG و SNCS کاهش یافت زیرا گیاه در کشت‌های تاخیری دوره رشد کوتاه‌تری داشته و بنابراین مقدار جذب نیتروژن توسط گیاه کاهش یافته و برگ‌ها برای دریافت نیتروژن اولویت دارند (جدول ۳-۱).

به‌طورکلی، با گذشت زمان در مرحله دوره رشد دانه، غلظت نیتروژن برگ و ساقه نسبت به مرحله گرده‌افشانی کاهش یافت که آن را می‌توان به پیرشدن برگ‌ها و انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها و ساقه‌ها به اندام‌های زایشی (دانه) نسبت داد. سن گیاه یکی از مهم‌ترین عوامل تاثیرگذار بر غلظت عناصر غذایی در بافت گیاه است. غلظت نیتروژن در گونه‌های گیاهی به‌طور بارزی با پیشرفت سن گیاه کاهش می‌یابد. سلطانی و همکاران (۲۰۰۶) گزارش کردند که درصد نیتروژن در ساقه‌های نخود تقریباً به‌صورت خطی در طی فصل رشد کاهش یافت و علت آن را در مرحله قبل از شروع فاز خطی رشد دانه، رقیق‌شدن نیتروژن (پدیده رقیق‌شدن نیتروژن در کل گیاه و در هر یک از اندام‌ها در طول فصل رشد به‌دلیل افزایش سهم ساختمان‌های فقیر، مانند ساقه از نظر نیتروژن با پیشرفت نمو گیاه رخ می‌دهد) و کاهش آن پس از این مرحله را انتقال مجدد نیتروژن ساقه به دانه‌های در حال رشد بیان نمودند؛ این دلایل در سایر گیاهان زراعی دانه‌ای نیز صادق است. همچنین، ایشان اظهار داشتند که با گذشت زمان در طول فصل رشد، به‌تدریج میانگین غلظت نیتروژن در کل گیاه کاهش می‌یابد. چامور و همکاران (۲۰۰۲) در کلزا مشاهده کردند که در طی مراحل رشدی گیاه غلظت نیتروژن در همه اندام‌ها به غیر از دانه کاهش یافت که دلیل آن را اثر رقیق‌شدگی بیان کردند که با تجمع بیشتر ماده خشک در مقایسه با تجمع نیتروژن در ارتباط است.

جدول ۳-۱- مقادیر صفات مورد بررسی در گروه‌های تیماری مختلف برای تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن.

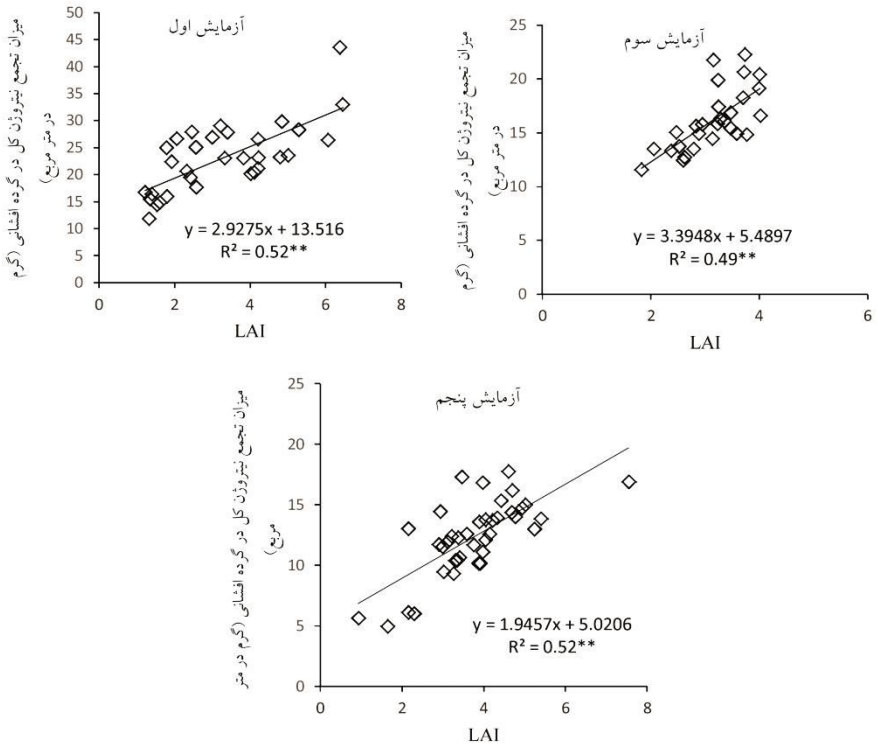
حداکثر	حداقل	خطای استاندارد	میانگین	عنوان	گروه تیماری*
۳/۸۲	۱/٤٥	۱/۱۸	۲/٦۳	نیتروژن ویژه برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)	0-N
۱/۷٦	۱/۱۲	۰/۱۲	۱/٥۰	نیتروژن ویژه برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)	100-N
۱/٥٤	۱/۲٦	۰/۰٥	۱/٤۰	نیتروژن ویژه برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)	175-N
۱/٦۰	۱/٤۹	۰/۰٥	۱/٥٥	نیتروژن ویژه برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)	250-N
۲/٥۱	۱/۹۲	۰/۰۸	۲/۱۸	نیتروژن ویژه برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)	date-2
٤/۱٥	۳/۰۲	۰/۲۱	۳/٤۰	نیتروژن ویژه برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)	date-3
۲/۰۸	۱/۳٤	۰/۰٥	۱/۷۸	نیتروژن ویژه برگ سبز در گرده‌افشانی (گرم در مترمربع)	normal
۰/۳٤	۰/۱۹	۰/۱۱	۰/۲٦	نیتروژن ویژه برگ زرد در رسیدگی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ)	0-N
۰/۲۷	۰/۲۰	۰/۰۳	۰/۲۳	نیتروژن ویژه برگ زرد در رسیدگی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ)	100-N
۰/۲۹	۰/۲۰	۰/۰٤	۰/۲۳	نیتروژن ویژه برگ زرد در رسیدگی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ)	175-N
۰/۲۷	۰/۲۳	۰/۰۳	۰/۲٥	نیتروژن ویژه برگ زرد در رسیدگی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ)	250-N
۱/۲۱	۰/٥٥	۰/۲۲	۰/۸٦	نیتروژن ویژه برگ زرد در رسیدگی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ)	date-2
۱/۸۹	۰/۹۹	۰/۳۷	۱/۲۸	نیتروژن ویژه برگ زرد در رسیدگی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ)	date-3
۰/۷۲	۰/۱۸	۰/۱۹	۰/٤٦	نیتروژن ویژه برگ زرد در رسیدگی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ)	normal
۰/۰۰۹	۰/۰۰٦	۰/۰۰۲	۰/۰۰۷	حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز (گرم در گرم)	0-N
۰/۰۱۰	۰/۰۰۷	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز (گرم در گرم)	100-N
۰/۰۱۲	۰/۰۰٦	۰/۰۰۱	۰/۰۰۹	حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز (گرم در گرم)	175-N
۰/۰۱۱	۰/۰۰۷	۰/۰۰۲	۰/۰۰۹	حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز (گرم در گرم)	250-N
۰/۰۳۱	۰/۰۲٥	۰/۰۰۱	۰/۰۲۷	حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز (گرم در گرم)	date-2
۰/۰۲۲	۰/۰۲۱	۰/۰۰۰	۰/۰۲۲	حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز (گرم در گرم)	date-3
۰/۰۱٦	۰/۰۱۱	۰/۰۰۰	۰/۰۱٤	حداکثر غلظت نیتروژن در ساقه سبز (گرم در گرم)	normal
۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۰۱	۰/۰۰۳	حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد (گرم در گرم)	0-N
۰/۰۰٤	۰/۰۰۳	۰/۰۰۰	۰/۰۰۳	حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد (گرم در گرم)	100-N
۰/۰۰۷	۰/۰۰٤	۰/۰۰۰	۰/۰۰٥	حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد (گرم در گرم)	175-N
۰/۰۰۷	۰/۰۰٤	۰/۰۰۱	۰/۰۰٦	حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد (گرم در گرم)	250-N
۰/۰۲۷	۰/۰۱٤	۰/۰۰۱	۰/۰۲۱	حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد (گرم در گرم)	date-2
۰/۰۲۲	۰/۰۱٦	۰/۰۰۱	۰/۰۱۹	حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد (گرم در گرم)	date-3
۰/۰۱٥	۰/۰۰٥	۰/۰۰۱	۰/۰۰۸	حداقل غلظت نیتروژن در ساقه زرد (گرم در گرم)	normal

* تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدود ۳۰ دی بوده (date-2)؛ تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدود ۱ اسفند بوده (date-3)؛ تیمار(ها)ی که شرایط آن‌ها مشابه مدیریت متداول زارعین بوده (normal)؛ تیمار(ها)ی که کود نیتروژن استفاده نکرده‌اند (0-N)؛ تیمار(ها)ی که حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (100-N)؛ تیمار(ها)ی که حدود ۱۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (175-N) و تیمار(ها)ی که حدود ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (250-N).

۳-۲- شاخص سطح برگ (LAI)

شاخص سطح برگ در مرحله گرده‌افشانی در گروه‌های تیماری بین ۱/۲۹ تا ٤/۷۷ متغیر بود (جدول ۳-۲). در گروه normal شاخص سطح برگ ۳/۲۱ بود. شاخص سطح برگ با افزایش مقدار کود نیتروژن به‌صورت خطی افزایش یافت. همچنین، با تاخیر در کاشت شاخص سطح برگ کاهش یافت.

بررسی رابطه بین میزان تجمع نیتروژن کل در گرده‌افشانی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ) با LAI نشان داد که ارتباط معنی‌داری ($P<۰/۰۱$) بین جذب نیتروژن در گندم و شاخص سطح برگ وجود دارد به‌طوری‌که با افزایش شاخص سطح برگ میزان تجمع نیتروژن کل در گرده‌افشانی به‌صورت خطی افزایش یافت (شکل ۳-۱).

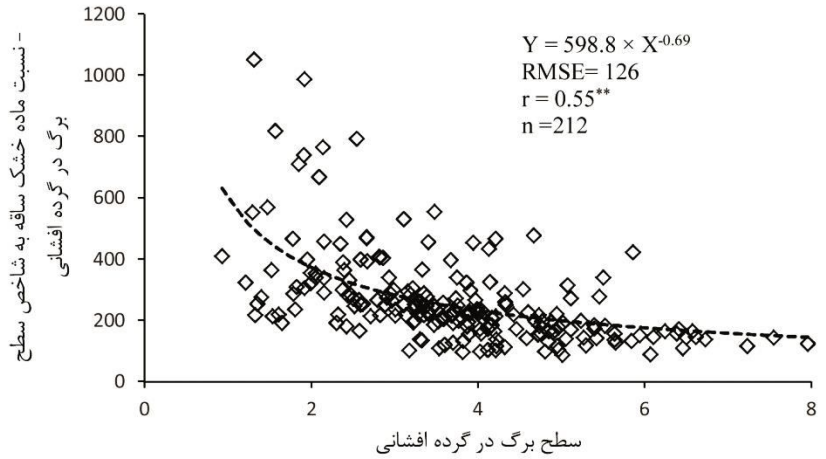


شکل ۳-۱- رابطه شاخص سطح برگ با میزان تجمع نیتروژن کل در گرده‌افشانی (گرم نیتروژن در مترمربع برگ).

۳-۳- نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ (SLR)

میانگین نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی در گروه‌های تیماری بین ۱۲۶ تا ۳۰۱ گرم در مترمربع برگ متغیر بود (جدول ۳-۲). در گروه تیمار(ها)ی normal نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی ۱۹۶ گرم در مترمربع برگ بود. نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی با افزایش مقدار کود نیتروژن کاهش یافت. با افزایش نیتروژن مصرفی با توجه به افزایش بیشتر شاخص سطح برگ نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی کاهش می‌یابد. همچنین، با تاخیر در کاشت نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ افزایش یافت زیرا در تاریخ کاشت‌های تاخیری سطح برگ کمتری ایجاد شده و بنابراین نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ افزایش می‌یابد.

شکل ۳-۲ برازش رابطه ۱ را به داده‌های SLR در مقابل LAI برای کل آزمایش‌ها نشان می‌دهد. همان‌طور که مشاهده می‌شود رابطه بین SLR و LAI به لحاظ آماری معنی‌دار ($P<0.01$) می‌باشد. بر این اساس مقادیر ضرایب a و b به‌ترتیب ۵۹۸/۸ و ۰/۶۹- محاسبه گردید.



شکل ۳-۲- رابطه بین نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی (SLR) با شاخص سطح برگ (LAI).

جدول ۳-۲- مقادیر صفات مورد بررسی در گروه‌های تیماری مختلف برای تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن.

گروه تیماری*	عنوان	میانگین	خطای استاندارد	حداقل	حداکثر
0-N	سطح برگ در گرده‌افشانی (مترمربع در مترمربع)	۱/۲۹	۰/۳٦	۰/۹۳	۱/٦٥
100-N	سطح برگ در گرده‌افشانی (مترمربع در مترمربع)	۳/۳۲	۰/۲۳	۲/۹۱	٤/۱٥
175-N	سطح برگ در گرده‌افشانی (مترمربع در مترمربع)	۳/۷٦	۰/۳٥	۳/۰۱	٥/۲٤
250-N	سطح برگ در گرده‌افشانی (مترمربع در مترمربع)	٤/۷۷	۰/۱۷	٤/٦۰	٤/۹٤
date-2	سطح برگ در گرده‌افشانی (مترمربع در مترمربع)	۳/۹۷	۰/٤٦	۲/٤۲	٦/٤٦
date-3	سطح برگ در گرده‌افشانی (مترمربع در مترمربع)	۱/۹۹	۰/۲۲	۱/۳۳	۲/٥۷
normal	سطح برگ در گرده‌افشانی (مترمربع در مترمربع)	۳/۲۱	۰/۱۹	۱/۸۳	٤/۹۷
0-N	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	۳۰۱	۱۰۸	۱۹۲	٤۰۹
100-N	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	۲٦۲	۲٦	۱۸۰	۳٤۱
175-N	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	۲٤۸	۱٥	۲۰۰	۳۰٦
250-N	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	۲۲۳	۳	۲۲۰	۲۲۷
date-2	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	۱۲٦	۱۲	۸۷	۱۸۱
date-3	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	۲٤۸	۱۷	۲۱۷	۳۰٥
normal	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی	۱۹٦	۱۸	۱۰۳	۳۰۸

* تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدود ۳۰ دی بوده (date-2)؛ تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدود ۱ اسفند بوده (date-3)؛ تیمار(ها)ی که شرایط آن‌ها مشابه مدیریت متداول زارعین بوده (normal)؛ تیمار(ها)ی که کود نیتروژن استفاده نکرده‌اند (0-N)؛ تیمار(ها)ی که حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (100-N)؛ تیمار(ها)ی که حدود ۱۷٥ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (175-N) و تیمار(ها)ی که حدود ۲٥۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (250-N).

۳-٤- جذب نیتروژن از خاک (FSN)

سهم نیتروژن دانه جذب شده از خاک در دوره پس از گرده‌افشانی در گروه‌های تیماری بین ۱۹ تا ۳۸ درصد متغیر بود (جدول ۳-۳). در گروه تیماری normal سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک ۱۹ درصد بود. سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک با افزایش مقدار کود نیتروژن کاهش یافت. همچنین، با تاخیر در کاشت سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک افزایش یافت (جدول ۳-۳). چنان‌چه به‌جای مرحله گرده‌افشانی، مرحله شروع پرشدن در نظر گرفته شود که حدود ٦ روز دیرتر رخ می‌دهد، سهم نیتروژن جذب شده از خاک برای رشد دانه بازهم کمتر خواهد شد. اندازه‌گیری‌ها در یکی از آزمایش‌ها در هر دو زمان گرده‌افشانی و شروع پرشدن دانه نشان داد که ٦٦ درصد نیتروژن کل تجمعی

در قبل از گرده‌افشانی جذب می‌شود ولی چناچه شروع پرشدن دانه را مدنظر قرار دهیم ۷۵ درصد نیتروژن کل تجمعی یعنی حدود ۱۰ درصد کل جذب در فاصله گرده‌افشانی تا شروع پرشدن دانه صورت گرفته است.

این نتایج نشان داد که بخش اعظم نیتروژن دانه از انتقال مجدد حاصل می‌شود که این نتیجه با نتایج پیپلس و دالینگ (۱۹۸۸)، فلر و فیسچر (۱۹۹٤) و کیچی و همکاران (۲۰۰۷) بر روی گندم مطابقت داشت. سلطانی و سینکلر (۲۰۱۲) بیان کردند که در گندم تقریبا ۷۵ تا ۱۰۰ درصد نیتروژن دانه از انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها و ساقه‌ها تامین می‌شود و مابقی را گیاه بعد از گرده‌افشانی از خاک جذب می‌کند. سوپرایوگی و همکاران (۲۰۱۱) با مطالعه گندم دوروم بیان کردند که مقدار انتقال مجدد نیتروژن از اندام‌های رویشی به دانه در شرایط محیطی مختلف متفاوت بود و بین ۷۳ تا ۹۸ درصد متغیر بود. سلطانی و همکاران (۲۰۰٦) گزارش کردند که در نخود درصد انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها بیشتر از ساقه است و در مجموع ٦۷/۵ درصد از نیتروژن دانه از طریق انتقال مجدد نیتروژن از برگ‌ها، ساقه‌ها و غلاف‌ها تامین می‌شود.

۳-۵- غلظت نیتروژن در دانه (GNC)

در مرحله رسیدگی، در گروه‌های تیماری غلظت نیتروژن در دانه از ۰/۰۱٦ تا ۰/۰۳٤ گرم در گرم معادل پروتئین متغیر بود (جدول ۳-۳). در گروه تیمار(ها)ی normal غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی ۰/۰۳۳ گرم در گرم معادل پروتئین بود. غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی با افزایش مقدار کود نیتروژن افزایش یافت زیرا با افزایش کود نیتروژن، مقدار بیشتری نیتروژن در اختیار گیاه قرار می‌گیرد و بنابراین، نیتروژن انتقال یافته به دانه‌ها افزایش می‌یابد (جدول ۳-۳). همچنین، با تاخیر در کاشت غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی افزایش یافت زیرا در تاریخ کاشت‌های تاخیری عملکرد دانه کاهش می‌یابد و این به معنای دریافت نیتروژن توسط تعداد دانه کمتر بوده و بنابراین افزایش غلظت نیتروژن در دانه را شاهد خواهیم بود.

۳-٦- عملکرد دانه

عملکرد دانه در گروه‌های تیماری بین ٤۳٦٦ تا ۷۲۸٦ کیلوگرم در هکتار متغیر بود (جدول ۳-۳). در گروه normal عملکرد دانه ۵۵۱٤ کیلوگرم در هکتار بود. عملکرد دانه با افزایش مقدار کود

نیتروژن افزایش یافت. پاپکوستا و گاگیانس (۱۹۹۱) مشاهده کردند که با مصرف کود نیتروژن مقدار ماده خشک در مرحله گرده‌افشانی و رسیدگی فیزیولوژیک و عملکرد دانه افزایش یافت. همچنین، با تاخیر در کاشت عملکرد دانه کاهش یافت.

جدول ۳-۳- مقادیر صفات مورد بررسی در گروه‌های تیماری مختلف برای تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن.

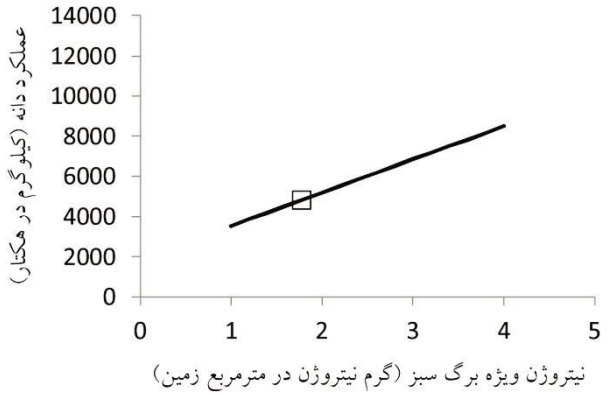
حداکثر	حداقل	خطای استاندارد	میانگین	عنوان	گروه تیماری*
٤١	٣٤	٣/٤	٣٨	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	0-N
٥٢	٦	٨/١	٢٦	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	100-N
٥٠	١٥	٥/٥	٣٤	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	175-N
٤٠	١٢	١٣/٩	٢٦	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	250-N
٤٩	٥	٥/٢	٢٨	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	date-2
٦٨	٢	١٠/٩	٣٣	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	date-3
٣٨	٠	٣/٠	١٩	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	normal
٠/٠١٧	٠/٠١٦	٠/٠٠١	٠/٠١٦	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم در گرم)	100-N
٠/٠٢٤	٠/٠١٨	٠/٠٠١	٠/٠٢١	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم در گرم)	175-N
٠/٠٢٨	٠/٠٢٣	٠/٠٠١	٠/٠٢٥	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم در گرم)	250-N
٠/٠٢٨	٠/٠٢٧	٠/٠٠٠	٠/٠٢٧	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم در گرم)	date-2
٠/٠٤٢	٠/٠٣١	٠/٠٠١	٠/٠٣٤	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم در گرم)	date-3
٠/٠٣٥	٠/٠٣١	٠/٠٠١	٠/٠٣٣	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم در گرم)	normal
٤٩٥٤	٤٦٠٥	١٧٥	٤٧٨٠	ماده خشک دانه در رسیدگی(کیلوگرم در هکتار)	0-N
٨٠٧٩	٦٠٦٣	٣٥٧	٧٢٨٦	ماده خشک دانه در رسیدگی(کیلوگرم در هکتار)	100-N
٧٦٧٠	٤٨٢٦	٤٣٦	٦٢٥٣	ماده خشک دانه در رسیدگی(کیلوگرم در هکتار)	175-N
٦٨٩٣	٦٦٣٧	١٢٨	٦٧٦٥	ماده خشک دانه در رسیدگی(کیلوگرم در هکتار)	250-N
٥١١٨	٣٩٩٧	١٣١	٤٧٨٠	ماده خشک دانه در رسیدگی(کیلوگرم در هکتار)	date-2
٥٨٠٥	٣٠٩٩	٤٦٤	٤٣٦٦	ماده خشک دانه در رسیدگی(کیلوگرم در هکتار)	date-3
٦٣٧٦	٤٣٥٧	١٦٦	٥٥١٤	ماده خشک دانه در رسیدگی(کیلوگرم در هکتار)	normal

* تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدود ۳۰ دی بوده (date-2)؛ تیمار(ها)ی که تاریخ کاشت آن‌ها در محدود ۱ اسفند بوده (date-3)؛ تیمار(ها)ی که شرایط آن‌ها مشابه مدیریت متداول زارعین بوده (normal)؛ تیمار(ها)ی که کود نیتروژن استفاده نکرده‌اند (0-N)؛ تیمار(ها)ی که حدود ۱۰۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (100-N)؛ تیمار(ها)ی که حدود ۱۷۵ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (175-N) و تیمار(ها)ی که حدود ۲۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار استفاده کرده‌اند (250-N).

۳-۷- ارتباط پارامترهای مدل با عملکرد

ارتباط پارامترهای مدل Y-L-N شامل SLNG، SLNS، SNCG، SNCS، LAI، SLR، FSN و GNC با عملکرد دانه مورد بررسی قرار گرفت. با فرض اینکه مقادیر تمامی پارامترهای مدل برابر با مقادیر گروه تیماری نرمال یعنی گرم نیتروژن در مترمربع برگ SLNG=۱/۷۸، گرم نیتروژن در مترمربع برگ SLNS=۰/٤٦، گرم در گرم SNCG=۰/۰۱٤، گرم در گرم SNCS=۰/۰۰۸، گرم در گرم GNC=۰/۰۲٤، LAI=۳/۲۱ و FSN=۰/۱۹ باشد، عملکردی معادل با ٤۸۳۳ کیلوگرم در هکتار بدست خواهد آمد. تغییر در مقدار هر یک از پارامترهای SLNG، SLNS، SNCG، SNCS، GNC، LAI و FSN می‌تواند مقدار عملکرد دانه را تغییر دهند. در ادامه تاثیر تغییر هر یک از پارامترها بر عملکرد دانه بررسی می‌شود.

همان‌طور که در شکل ۳-۳ دیده می‌شود با فرض ثابت بودن تمامی پارامترهای مدل و تنها با تغییر مقدار SLNG در مدل، با افزایش مقدار SLNG عملکرد دانه به‌صورت خطی افزایش پیدا خواهد کرد. در واقع با افزایش مقدار SLNG نیتروژن فراهم برای انتقال مجدد از برگ‌ها به دانه افزیش می‌یابد و این باعث افزایش عملکرد دانه می‌شود. با فرض ثابت بودن سایر متغیرها، برای رسیدن به عملکرد بالای ۸ تن در هکتار نیاز به افزایش SLNG به بیش از ۳/٦ گرم نیتروژن در مترمربع برگ می‌باشد. مقدار SLNG در گیاه وابسته به رقم نمی‌باشد. بررسی آزمایشاتی که تیمار آن‌ها رقم بوده نشان داد (جدول ۳-٤) که از نظر SLNG بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود ندارد. بنابراین، کار چندانی برای افزایش مقدار SLNG در حال حاضر نمی‌توان انجام داد.

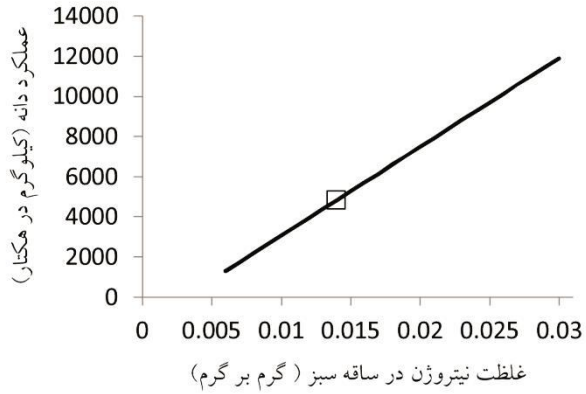


شکل ۳-۳- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با SLNG بر حسب گرم نیتروژن در مترمربع برگ (علامت مربع در شکل مقدار SLNG در گروه تیماری نرمال را نشان می‌دهد).

جدول ۳-٤- نتایج تجزیه واریانس صفات مورد بررسی در آزمایش دوم و سوم.

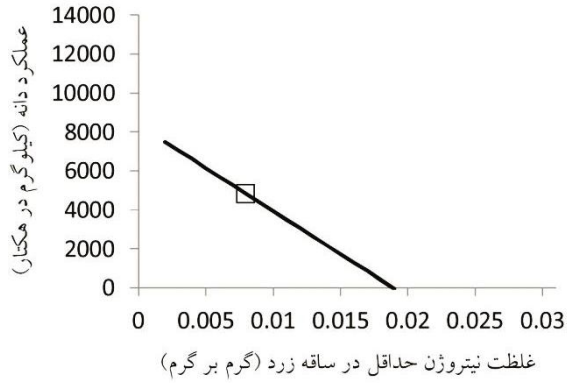
آزمایش	عنوان	F	میانگین	حداقل	حداکثر
دوم	شاخص سطح برگ	٥/٦٩^{ns}	٣/٨٣	٣/١٧	٤/٩٧
	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گردهافشانی	٠/٤٤^{ns}	١١٨	٩٦	١٥٦
	نیتروژن ویژه برگهای سبز در گردهافشانی (گرم در مترمربع)	٠/٥٧^{ns}	١/٧٨	١/٢٩	٢/١٥
	غلظت نیتروژن در ساقه در گردهافشانی (گرم بر گرم)	١٧/٥٣*	٠/٠١٣٧	٠/٠٠٨٣	٠/٠١٦٤
	غلظت نیتروژن در ساقه در رسیدگی (گرم بر گرم)	١٨/٢٩*	٠/٠١١٠	٠/٠٠٥٠	٠/٠١٥٠
	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	٠/٦٢^{ns}	٣٠	-١	٦٩
	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم بر گرم)	١٧*	٠/٠٢٣٧	٠/٠٢٢٠	٠/٠٢٥٠
سوم	شاخص سطح برگ	٤/٠٥**	٣/١٤	١/٨٣	٤/٠٢
	نسبت ماده خشک ساقه به شاخص سطح برگ در گردهافشانی	٤/٠٩**	٢٤٣	١٧٢	٣٣٩
	نیتروژن ویژه برگهای سبز در گردهافشانی(گرم در مترمربع)	١/٨٥^{ns}	١/٧٤	١/٣٣	٢/٢٦
	غلظت نیتروژن در ساقه در گردهافشانی (گرم بر گرم)	٤/٣٥**	٠/٠١٣٩	٠/٠١١٠	٠/٠١٨٦
	غلظت نیتروژن در ساقه در رسیدگی (گرم بر گرم)	٦/٩٣**	٠/٠٠٦٠	٠/٠٠٤٣	٠/٠١٠٣
	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	٢/١٢^{ns}	-٥	-١٠٠	٣٩
	غلظت نیتروژن در دانه در رسیدگی (گرم بر گرم)	٥/٩٣**	٠/٠٢٤٤	٠/٠٢١٣	٠/٠٢٨١

همانطور که در شکل ۳-٤ دیده میشود با فرض ثابت بودن تمامی پارامترهای مدل و تنها با تغییر مقدار SNCG در مدل، با افزایش مقدار SNCG عملکرد دانه بهصورت خطی افزایش پیدا خواهد کرد. افزایش SNCG به معنای نیتروژن فراهم بیشتر در ساقهها برای انتقال مجدد به دانه میباشد و نیتروژن بیشتر باعث عملکرد دانه بالاتر میگردد. با فرض افزایش SNCG به بیش از ۰/۰۲۱ گرم در گرم میتوان عملکرد دانه را به بالای ۸ تن در هکتار رساند. مقدار SNCG در گیاه وابسته به رقم میباشد. بررسی آزمایشاتی که تیمار آنها رقم بوده نشان داد (جدول ۳-٤) که از نظر SNCG بین ارقام اختلاف معنیداری وجود دارد. بنابراین، میتوان با انتخاب ارقامی که مقدار SNCG بالاتری دارند در جهت بهبود عملکرد دانه اقدام کرد. البته در ارقام مورد بررسی حداکثر مقدار SNCG ۰/۰۱۹ گرم در گرم بود که عملکرد معادل آن ۷۰٤٤ میباشد (عملکرد با مقدار SNCG =۰/۰۱٤ در گروه تیماری نرمال ٤٨٣٣ میباشد).



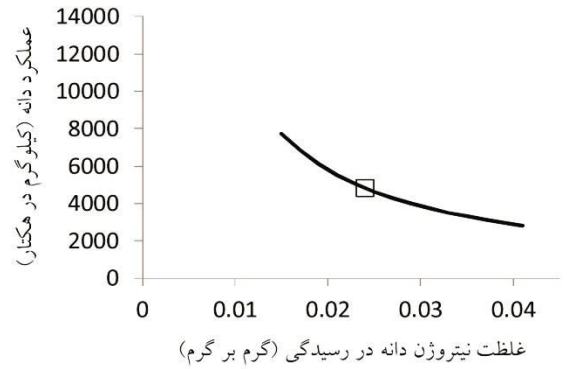
شکل ۳-٤- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با SNCG بر حسب گرم بر گرم (علامت مربع در شکل مقدار SNCG در گروه تیماری نرمال را نشان می‌دهد).

همان‌طور که در شکل ۳-۵ دیده می‌شود با فرض ثابت بودن تمامی پارامترهای مدل نیتروژن و تنها با تغییر مقدار SNCS در مدل، با افزایش مقدار SNCS عملکرد دانه به‌صورت خطی کاهش پیدا خواهد کرد. به‌عبارت دیگر با کاهش مقدار SNCS، انتقال مجدد نیتروژن از ساقه بیشتر انجام شده و نیتروژن فراهم برای دانه افزایش یافته و در نتیجه عملکرد دانه افزایش خواهد یافت. با فرض کاهش SNCS از ۰/۰۰۸ گرم در گرم در گروه تیماری نرمال به کمتر از ۰/۰۰٤ گرم در گرم با فرض ثابت بودن سایر شرایط می‌توان به عملکرد ٦/٦ تن در هکتار دست یافت که حدود ۲ تن بیشتر از عملکرد حاصله با SNCS معادل ۰/۰۰۸ گرم در گرم می‌باشد. باید توجه داشت که همه نیتروژن ساقه قابل انتقال مجدد نمی‌باشد زیرا بخشی از آن در ساختار اندام‌هاست که بسته به گیاه و رقم فرق می‌کند. مقدار حداقل SNCS در گیاه یک صفت ژنتیکی می‌باشد. بررسی آزمایشاتی که تیمار آن‌ها رقم بوده نشان داد (جدول ۳-٤) که از نظر SNCS بین ارقام اختلاف معنی‌داری وجود دارد. بنابراین، می‌توان با انتخاب ارقامی که انتقال مجدد نیتروژن از ساقه به دانه را بیشتر انجام می‌دهند در جهت بهبود عملکرد دانه اقدام کرد. در ارقام مورد بررسی حداقل مقدار SNCS ۰/۰۰٤ بود.



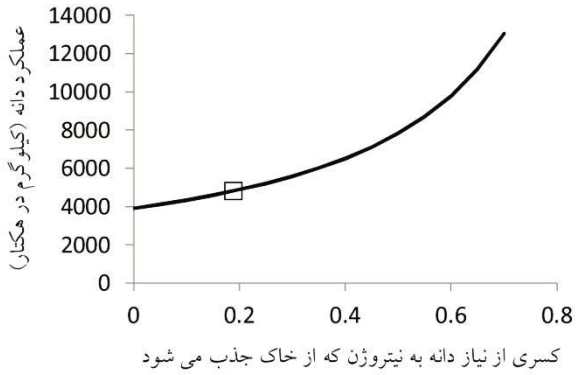
شکل ۳-۵- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با SNCS بر حسب گرم بر گرم (علامت مربع در شکل مقدار SNCS در گروه تیماری نرمال را نشان می‌دهد).

همان‌طور که در شکل ۳-٦ دیده می‌شود با فرض ثابت بودن تمامی پارامترهای مدل نیتروژن و تنها با تغییر مقدار GNC در مدل، با افزایش مقدار GNC عملکرد دانه به‌صورت نمایی کاهش پیدا خواهد کرد. به‌عبارت دیگر، برای رسیدن به عملکرد دانه بالاتر باید غلظت نیتروژن دانه کاهش پیدا کند. برای رسیدن به عملکرد بالای ۷/۷ تن در هکتار نیاز به کاهش GNC به کمتر از ۰/۰۱۵ گرم در گرم می‌باشد. کاهش مقدار GNC برای رسیدن به عملکرد دانه بالاتر منطقی نمی‌باشد زیرا کاهش غلظت نیتروژن دانه باعث کاهش پروتئین دانه و در نتیجه کاهش کیفیت آرد حاصل از دانه گندم برای نانوایی می‌باشد. بنابراین، کاهش مقدار GNC گزینه مناسبی برای بهبود عملکرد دانه گندم نمی‌باشد.



شکل ۳-٦- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با GNC بر حسب گرم بر گرم (علامت مربع در شکل مقدار GNC در گروه تیماری نرمال را نشان می‌دهد).

همان‌طور که در شکل ۳-۷ دیده می‌شود با فرض ثابت بودن تمامی پارامترهای مدل نیتروژن و تنها با تغییر مقدار FSN در مدل، با افزایش مقدار FSN عملکرد دانه به‌صورت نمایی افزایش پیدا خواهد کرد. البته نکته قابل‌توجه این است که افزایش FSN تا حدود ۰/٤ باعث افزایش چندانی در عملکرد دانه نمی‌شود و در چنین حالتی همان‌طور که در شکل ۱۱ مشخص می‌باشد عملکرد به کندی افزایش خواهد یافت. با فرض افزایش FSN به بیش از ۰/۵ می‌توان به عملکرد بالای ۸ تن در هکتار رسید. مقدار FSN عمدتاً وابسته به مدیریت زراعی است. بررسی تاثیر تاریخ کاشت نشان داد که اثر تاریخ کاشت بر مقدار FSN معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳-٤) و همان‌طور که گفته شد تاخیر در کاشت با توجه به کاهش سطح برگ و وزن خشک اندام‌های رویشی سبب کاهش نقش آن‌ها در تامین نیتروژن دانه از طریق انتقال مجدد شده و باعث افزایش مقدار FSN می‌گردد. بنابراین، با توجه به اینکه برای افزایش قابل‌توجه در عملکرد دانه نیاز به افزایش زیادی در سهم FSN (مقادیر بالاتر از ۰/۵) می‌باشد و رسیدن به چنین سهم بالایی از FSN و کاهش سهم اندام‌های رویشی در تامین نیتروژن دانه امری دشوار، بلکه ناممکن می‌نماید.

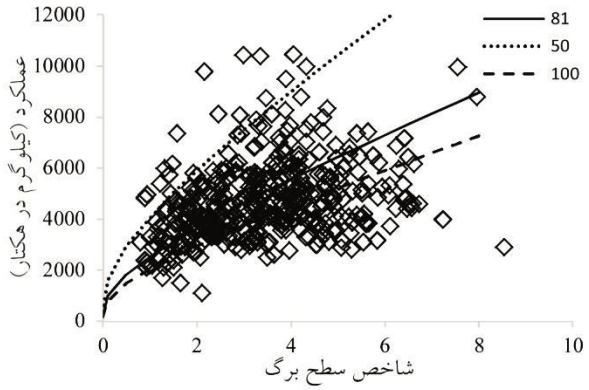


شکل ۳-۷- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با FSN (علامت مربع در شکل مقدار FSN در گروه تیماری نرمال را نشان می‌دهد).

۳-۸- ارزیابی نقش سطح برگ در تعیین عملکرد گندم از طریق ذخیره‌سازی موقت نیتروژن

رابطه بین عملکرد و LAI در مدل بررسی شد. با فرض ثابت بودن تمامی پارامترهای مدل و تنها تغییر در مقدار LAI با افزایش مقدار LAI عملکرد دانه به‌صورت خطی افزایش پیدا خواهد کرد (شکل ۳-۸). در گذشته تصور بر این بود که با بهبود آنزیم رابیسکو می‌توان نیاز به نیتروژن گیاه را کاهش داد. همچنین، تصور می‌شد افزایش عملکرد در گیاهان با اصلاح برای برگ‌های عمودی توام با سطح برگ بالاتر، به‌دلیل افزایش فتوسنتز در اثر افزایش نفوذ نور باشد. یعنی با افزایش زاویه برگ (برگ‌های عمودی) امکان افزایش شاخص سطح برگ فراهم شده و نیز فتوسنتز برگ‌های زیرین به‌دلیل نور بیشتر می‌شود اما این دیدگاه‌ها به یک واقعیت مهم توجه نمی‌کردند و آن لزوم برداشت مقادیر زیاد نیتروژن برای رسیدن به عملکردهای بالا است که بخش عمده این نیتروژن باید قبل از شروع پرشدن دانه در برگ‌ها جمع و ذخیره شود (سینکلر و شیهی، ۱۹۹۹). از این‌رو، افزایش شاخص سطح برگ، باعث افزایش ذخیره و مقدار انتقال مجدد نیتروژن می‌شود که در نهایت افزایش عملکرد را به دنبال 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، ۲۰۱۲). سینکلر (۲۰۰٤) بیان کرد که برای افزایش عملکرد بسیار مهم است که میزان ذخیره نیتروژن در بافت‌های گیاهی، به‌ویژه با افزایش سطح برگ، جهت انتقال بعدی به دانه‌های در حال رشد، افزایش پیدا کند. سینکلر و شیهی (۱۹۹۹) اشاره کردند که یکی از راه‌های دستیابی به مقادیر بالای سطح برگ، گسترش برگ‌های عمودی جهت اجازه دادن به عبور نور و در نتیجه رسیدن نور به برگ‌های پایین‌تر است تا به این صورت گیاه بتواند این برگ‌ها را نگه‌دارد. نگه‌داری این برگ‌های اضافی باعث افزایش ذخیره نیتروژن گیاه جهت انتقال مجدد به دانه‌ها در طی دوره پر شدن آنها می‌شود (سلطانی و سینکلر، ۲۰۱۲). برای مثال، برگ‌های سبز گندم در هر مترمربع ۱/۸٦ گرم نیتروژن دارند که حدود ۱/۳٦ گرم آن می‌تواند انتقال مجدد پیدا کند. هر یک گرم ساقه جوان نیز می‌تواند ۱۲ میلی‌گرم بر گرم نیتروژن داشته باشد که ٦/٤ میلی‌گرم از آن می‌تواند انتقال مجدد پیدا کند. هر یک گرم دانه نیز ۲٤ میلی‌گرم نیتروژن دارد. براساس این مشخصات و فرض این‌که چه بخشی از نیتروژن دانه‌ها از انتقال مجدد تامین گردد می‌توان مقدار عملکرد قابل حصول را محاسبه کرد. مثلاً چنان‌چه مقدار شاخص سطح برگ در گرده‌افشانی برابر ٤ باشد و اگر فرض شود ۸۱ درصد نیتروژن از

انتقال مجدد تامین گردد (۱۹ درصد جذب از خاک)، عملکرد قابل حصول ۵۵۵۶ کیلوگرم در هکتار خواهد بود (شکل ۳-۸). اگر شاخص سطح برگ از ٤ به ٦ برسد سطح برگ اضافی، نیتروژن ذخیره کرده و می‌تواند عملکرد را از ۵۵۵۶ به ۷۲۹۵ کیلوگرم در هکتار برساند. با تغییر درصد نیتروژن که از انتقال مجدد تامین می‌شود از ۸۱ درصد به ۵۰ و ۱۰۰ درصد عملکرد به‌ترتیب ۱۱۸۱۸ و ۵۹۰۹ کیلوگرم در هکتار بدست خواهد آمد (شکل ۳-۸). سینکلر و شیهی (۱۹۹۹) بیان داشتند به‌منظور رسیدن به عملکرد ۱۰ تن در هکتار در برنج نیاز به برداشت ۱٤۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن برای دانه است که حدود نیمی از آن باید از انتقال مجدد نیتروژن از برگ به‌دست آید و با توجه به اینکه برگ‌ها قادر به انتقال ۱ گرم نیتروژن در مترمربع می‌باشند نیاز به شاخص سطح برگ بالاتر از ۷ می‌باشد. آن‌ها پیشنهاد کردند که برگ‌های عمودی به‌منظور افزایش سطح برگ برای افزایش ذخیره نیتروژن لازم می‌باشند.



شکل ۳-۸- رابطه عملکرد دانه بر حسب کیلوگرم در هکتار با LAI. ((50) شرایطی که نیمی از نیتروژن مورد نیاز دانه از اندام‌های رویشی و نیمی دیگر از خاک تامین شود، (81) شرایطی که ۸۱ درصد از نیتروژن مورد نیاز دانه از اندام‌های رویشی و بقیه از خاک تامین شود و (100) شرایطی که ۱۰۰ درصد از نیتروژن مورد نیاز دانه از اندام‌های رویشی تامین شود)).

مقدار LAI وابسته به مدیریت زراعی و رقم می‌باشد. تاثیر کود نیتروژن مصرفی و تاریخ کاشت بر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۳-۵) به‌طوری‌که با افزایش کود مصرفی و کشت به‌موقع گندم می‌توان شاخص سطح برگ را افزایش داد. همچنین، نتایج نشان داد که اثر رقم بر شاخص سطح

برگ معنی‌دار می‌باشد (جدول ۳-۵) و می‌توان با انتخاب ارقامی که سطح برگ بیشتری تولید می‌کنند به افزایش عملکرد دانه کمک کرد. همان‌طور که نتایج این مطالعه نشان داد در گروه‌های تیماری مورد مطالعه تنها بین ۱۹ تا ۳۸ درصد از نیتروژن دانه از خاک تامین می‌شود و بخش اعظم آن حاصل انتقال مجدد از اندام‌های رویشی می‌باشد. در واقع، نقش مهم اندام‌های رویشی غیر از فتوسنتز ذخیره نیتروژن در ساقه و برگ است. در شرایط نرمال، چنان‌چه LAI برابر با ٤/٢٥ باشد برگ و ساقه سهم برابری در انتقال مجدد نیتروژن به دانه دارند در LAI کمتر از ٤/٢٥ سهم ساقه نسبت به برگ بیشتر می‌شود و در LAI بیشتر از ٤/٢٥ سهم برگ‌ها در انتقال مجدد بیشتر از ساقه می‌شود.

جدول ۳-۵- نتایج تجزیه واریانس شاخص سطح برگ و سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک در آزمایش اول و پنجم.

آزمایش	عنوان	F	میانگین	حداقل	حداکثر
اول	شاخص سطح برگ	۷/۰۷**	۳/۲۱	۱/۳۳	٦/٤٦
	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	۳/۲۸**	۳۰	٥	٦٨
پنجم	شاخص سطح برگ	٦/٥٠**	۳/۷٦	۰/۹۳	۷/٥٥
	سهم نیتروژن دانه از جذب از خاک (درصد)	۱/۸۹ns	٤٤	-١٦	۷۸

۳-۹- نتیجه‌گیری

یک نقش مهم سطح برگ که نادیده گرفته شده است تجمع و ذخیره‌سازی موقت نیتروژن می‌باشد. در این تحقیق، بررسی آزمایش‌های مختلف نشان داد که جذب از خاک در فاصله گرده‌افشانی تا رسیدگی بین ۱۹ تا ۳۸ درصد از نیتروژن مورد نیاز دانه را تامین می‌کند و بقیه نیتروژن مورد نیاز از طریق انتقال مجدد از اندام‌های رویشی تامین می‌شود. در شرایط نرمال چنان‌چه LAI برابر با ٤/٢٥ باشد برگ و ساقه سهم برابری از انتقال مجدد نیتروژن به دانه دارند. در LAI کمتر از ٤/٢٥ سهم ساقه نسبت به برگ بیشتر می‌شود و در LAI بیشتر از ٤/٢٥ سهم برگ‌ها در انتقال مجدد بیشتر از ساقه می‌شود که حاکی از اهمیت نقش میزان شاخص سطح برگ در گرده افشانی در تشکیل عملکرد است.

۳-۱۰- پیشنهادات

آنالیز با مدل تهیه شده نشان داد چنان چه شاخص سطح برگ گندم در گرگان از متوسط ٤ به ٦ افزایش یابد، عملکرد دانه از ۵۸۵۰ به ۷۷۰۱ کیلوگرم افزایش می‌یابد. بنابراین، یکی از راهبردهای اصلی افزایش عملکرد گندم، افزایش دادن سطح برگ در گرده‌افشانی است که به معنی ذخیره بیشتر نیتروژن در برگ‌ها برای استفاده بعدی دانه است. همچنین، نتایج این تحقیق نشان داد که شاخص سطح برگ وابسته به مدیریت زراعی و رقم بوده و نسبت به سایر پارامترها مدیریت‌پذیری بالاتری دارد.

منابع

آمارنامه کشاورزی. ۱۳۹٤. جلد اول: محصولات زراعی سال ۹٤-۹۳.

پارسا، ب. ۱۳۹۰. ارزیابی تغذیه نیتروژن مزارع گندم در شرایط علی‌آباد کتول. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان. ۸۰ صفحه.

ترابی، ب. ۱۳۹۰. تحلیل محدودیت‌های عملکرد گندم در شرایط گرگان با استفاده از مدل شبیه‌سازی و فرآیند تحلیل سلسله‌مراتبی (AHP). رساله دکترا. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲۲۲ صفحه.

زینلی، ا. ۱۳۸۸. تغذیه نیتروژنی گندم در گرگان؛ جنبه‌های زراعی، فیزیولوژیکی و زیست‌محیطی. رساله دکترا. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۲۰۱ صفحه.

سلطانی، ا. ۱۳۸٦. کاربرد نرم‌افزار SAS در تجزیه‌های آماری. انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد. ۱۸۲ صفحه.

عرب‌عامری، ر. ۱۳۸۷. پیش‌بینی تعداد دانه و انتقال مجدد در گندم. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۹۰ صفحه.

غدیریان، ر. ۱۳۹۰. آنالیز رشد ارقام گندم استان گلستان. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۱٤ صفحه.

محمدی، ن. ۱۳۹۱. شبیه‌سازی نیازهای کودی گندم با استفاده از مدل QUEFTS. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۷۷ صفحه.

مداح‌یزدی، و. ۱۳۸۵. فیزیولوژی مقایسه‌ای رشد، نمو و تشکیل عملکرد بین گندم و نخود. پایان‌نامه کارشناسی‌ارشد. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۱٤ صفحه.

یوسفی‌داز، م. ۱۳۹۳. بهینه‌سازی تغذیه نیتروژنی و کارایی استفاده از نیتروژن. رساله دکترا. دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان. ۱۵٦ صفحه.

Barraclough, P.B., Howartha, J.R., Jonesa, J., Lopez-Bellidob, R., Parmara, S., Shepherda, C.E., and Hawkesforda, M.J. 2010. Nitrogen efficiency of wheat: Genotypic and environmental variation and prospects for improvement. Eur. J. Agron. 33: 1-11.

Chamorro, A.M., Tamagno, L.N., Bezus, R., and Sarandon, S.J. 2002. Nitrogen accumulation, partition, and nitrogen-use efficiency in canola under different nitrogen availabilities. Soil Sci. Plant Anal. 33: 493-504.

Cox, M.C., Qualset, C.O., and Rains, D.W. 1985. Genetic variation for nitrogen assimilation and translocation in wheat. I. Dry matter and nitrogen accumulation. Crops Sci. 25: 430-435.

Delogu, G., Cattivelli, L., Pecchioni, N., De Falcis, D., Maggiore, T., and Stanca, A.M. 1998. Uptake and agronomic efficiency of nitrogen in winter barley and winter wheat. Eur. J. Agron. 9: 11-20.

Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Adv. Agron. 88: 97-185.

Fageria, N.K. 2006. Liming and copper fertilization in dry bean production on an Oxisol in no-tillage system. J. Plant. Nutr. 29: 1219-1228.

FAOSTAT. 2015. http://faostat.fao.org/.

Feller, U., and Fischer, A. 1994. Nitrogen metabolism in senescing leaves. Crit. Rev. Plant Sci. 13: 241-273.

Garabet, S., Ryan, J., and Wood, M. 1998. Nitrogen and water effects on wheat yield in a Mediterranean-type climate. II. Fertilizer-use efficiency with labelled nitrogen. Field Crop Res. 58: 213-221.

Heitholt, J.J., Croy, L.I., Maness, N.O., and Nguyen, H.T. 1990. Nitrogen partitioning in genotypes of winter wheat differing in grain N concentration. Field Crops Res. 23: 133-144.

Papakosta, D.K., and Garianas, A.A. 1991. Nitrogen and dry matter accumulation, remobilization, and losses for mediterranean wheat during grainlling. Agron J. 83: 864-870.

Scarsbook, G.E., and Doss, D.B. 1993. Leaf area index and radiation as related to corn Yield. Agron. J. 65: 459-461.

Soltani, A., and Sinclair, T.R. 2012. Modeling physiology of crop development, growth and yield. Cabi. 322p.

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.

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.

Spiertz, J.H.J., and Ellen, J. 1978. Effects of nitrogen on crop development and grain growth of winter wheat in relation to assimilation and utilization of assimilates and nutrients, Neth. J. Agrric. Sci. 26: 210-231.

Stoddard, F.L., and Marshall, D.R. 1990. Rariability in grain protein in Australian hexapolid wheat. Aust. J. Agric. Res. 41: 277-288.

Suprayogi, Y., Clarke, J.M., Bueckert, R., Clarke, F.R., and Pozniak, C.J. 2011. Nitrogen remobilization and post-anthesis nitrogen uptake in relation to elevated grain proteinb concentration in durum wheat. Can. J. Plant Sci. 91: 273-282.

Ta, C.T., and Weiland, R.T. 1992. Nitrogen partitioning in maizeduring ear development. Crop Sci. 32: 443-451.

Winter, S.R., and Ohlrogge, A.J. 1993. Leaf angle, leaf area and corn yield. Agron. J. 65: 395-397.

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.

Other Information (including tables and figures)

The results showed that a large share of the nitrogen required for the grain was supplied from nitrogen remobilization of vegetative organs (19% of grain nitrogen was supply from soil) and the leaves were the most important source of nitrogen transport. The relationship between model parameters and yield was analyzed with the model and it was concluded that between the parameters, the leaf area index through accumulation and storage of nitrogen for grain was the most important effective parameter on yield, So that, if the leaf area index increases from 4 to 6 at the pollination stage the yield rises from 5850 to 7701 $kg.ha^{-1}$ (Assuming that 81% of the nitrogen of the grain is provided from the remobilization; Fig. 1). Also, the results of this study showed that leaf area index was dependent on crop management and cultivar and it is better managed than other parameters.

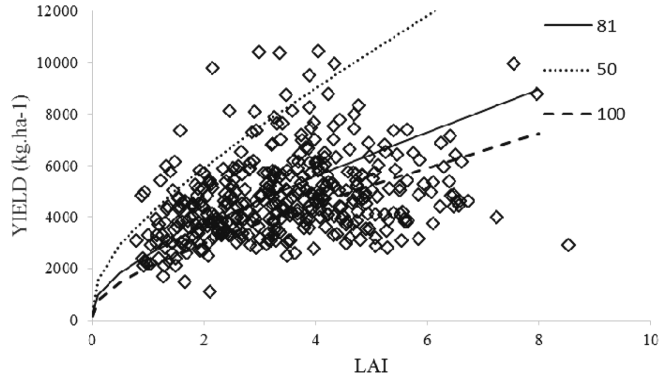


Figure 1. Relationship of grain yield with LAI. ((50) Conditions that half of the nitrogen required for the grain provided from vegetative organs and the other half of the soil; (81) 81% of the nitrogen required for the grain provided from vegetative organs and 19% of the soil; (100) 100% of the nitrogen required for the grain provided from vegetative organs.)

Vice Presidency of Research and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR). This material may be reprinted provided that the article and the author(s) are acknowledged.

Highlights

A model was prepared which predicts yield as a function of leaf area index in pollination and some nitrogen-related parameters. These parameters include: specific leaf nitrogen in green leaves, specific leaf nitrogen in senesced leaves, Stem nitrogen concentration in green stems, stem nitrogen concentration in senesced stems, the ratio of stem dry matter of leaf area index in pollination, grain nitrogen concentration in maturity and a fraction of grain nitrogen absorbed from the soil after pollination.

Introduction (Hypothesis and aims)

Nitrogen after water is the second limiting factor in crop production. Leaves need a lot of nitrogen because it is an essential element of photosynthesis enzymes. Nitrogen deficiency is limited the spread of leaf area and the consequent reception and use of radiation in the production of dry matter. Other important aspects include: the role of leaves in temporary nitrogen storage for transfer and subsequent use of grains. This important aspect has been considered since 2000. However, it has not been studied quantitatively in crop plants.

Importance

The main aim of this study was to evaluate the amount and share of stored nitrogen in leaf and stem to pollination in determining wheat grain yield. For this purpose, a model was prepared which predicts yield as a function of leaf area index in pollination and some parameters related to nitrogen. These parameters include: specific leaf nitrogen in green leaves, specific leaf nitrogen in senesced leaves, stem nitrogen concentration in green stems, Stem nitrogen concentration in senesced stems, the ratio of stem dry matter of leaf area index in pollination, grain nitrogen concentration in maturity and a fraction of grain nitrogen absorbed from the soil after pollination. Also, it was used eight farm experiments data, Survey data and the model is provided. Five experiments were conducted in the research farm of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, an experiment was conducted in farms of the village of Mazrae Katoul located in Aliabad Katoul County and two experiments were conducted in wheat farm located in Gorgan County.

Vice Presidency of Research and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR). This material may be reprinted provided that the article and the author(s) are acknowledged.

FactSheet

Gorgan University of Agricultural Sciences & Natural Resources

NO: 92-314-42

Date: ---

Title: Evaluation of leaf area role by temporary nitrogen storage for determining wheat yield

Author(s): Afshin Soltani, Alireza Nehbandani, Ebrahim Zeinali

Finding source: Research No: 92-314-42 GUASNR

Keywords: Grain nitrogen concentration, Leaf area index, Nitrogen remobilization, Specific leaf nitrogen

Vice Presidency of Research and Technology, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources (GUASNR). This material may be reprinted provided that the article and the author(s) are acknowledged.

Abstract

Nitrogen after water is the second limiting factor in crop production. Leaves need a lot of nitrogen because it is an essential element of photosynthesis enzymes. Nitrogen deficiency is limited the spread of leaf area and the consequent reception and use of radiation in the production of dry matter. Other important aspects include: the role of leaves in temporary nitrogen storage for transfer and subsequent use of grains. This important aspect has been considered since 2000. However, it has not been studied quantitatively in crop plants. The main aim of this study was to evaluate the amount and share of stored nitrogen in leaf and stem to pollination in determining wheat grain yield. For this purpose, a model was prepared which predicts yield as a function of leaf area index in pollination and some parameters related to nitrogen. These parameters include: Specific leaf nitrogen in green leaves, Specific leaf nitrogen in senesced leaves, Stem nitrogen concentration in green stems, Stem nitrogen concentration in senesced stems, the ratio of stem dry matter of leaf area index in pollination, grain nitrogen concentration in maturity and a fraction of grain nitrogen is absorbed from the soil after pollination. Also, it was used eight farm experiments data, Survey data and the model is provided. Five experiments were conducted in the research farm of Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources, an experiment was conducted in farms of the village of Mazrae Katoul located in Aliabad Katoul County and two experiments were conducted in wheat farm located in Gorgan County. The results showed that a large share of the nitrogen required for the grain was supplied from nitrogen remobilization of vegetative organs (19% of grain nitrogen was supply from soil) and the leaves were the most important source of nitrogen transport. The relationship between model parameters and yield was analyzed with the model and it was concluded that between the parameters, the leaf area index through accumulation and storage of nitrogen for grain was the most important effective parameter on yield, So that, if the leaf area index increases from 4 to 6 at the pollination stage the yield rises from 5850 to 7701 kg ha^{-1} (Assuming that 81% of the nitrogen of the grain is provided from the remobilization). Also, the results of this study showed that leaf area index was dependent on crop management and cultivar and it is better managed than other parameters.

Keywords: Grain nitrogen concentration, Leaf area index, Nitrogen remobilization, Specific leaf nitrogen

Gorgan University of Agricultural
Sciences and Natural Resources

Vice Presidency for Research and Technology

Research Report

Evaluation of leaf area role by temporary nitrogen storage for determining wheat yield

By:
A. Soltani

Co-Workers:
A.R. Nehbandani
E. Zeinali

Autumn 2017