نشریه تولید گیاهان زراعی
جلد چهاردهم، شماره اول، بهار ۱۴۰۰
۱-۱۸
http://ejcp.gau.ac.ir
DOI: 10.22069/EJCP.2021.12259.1947

بررسی حساسیت فلورسانس‌کلروفیل، شاخص سبزینگی، میزان کلروفیل (a , b)، غلظت نیتروژن و شاخص تغذیه نیتروژن گیاه تحت تغذیه نیتروژنی و فسفری در گندم

اکرم معینی‌راد[۱*]، ابراهیم زینلی[۲]، سراله گالشی[۳]، افشین سلطانی[۳]، فرهود یگانه‌پور[۴]

[۱]دانش‌آموخته دکتری، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۲]دانشیار، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۳]استاد، گروه زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
[۴]دانش‌آموخته دکتری، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۱۱/۱۲ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۹/۰۲/۰۲

چکیده

سابقه و هدف: در مقیاس جهانی پس از خشکی، نیتروژن مهم‌ترین عامل محدودکننده‌ی تولید گیاهان زراعی به‌شمار می‌رود و پس از نیتروژن، فسفر مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است. بین نیتروژن و فسفر حالت برهم‌کنش مثبت وجود دارد و جذب نیتروژن باعث می‌شود جذب فسفر توسط گیاه افزایش یابد. مطالعات بسیار کمی در زمینه بررسی وضعیت فلورسانس کلروفیل گیاه در شرایط تنش کمبود عناصر غذایی صورت پذیرفته است. کاهش دسترسی به نیتروژن عملکرد کوانتومی انتقال الکترون فتوسیستم ۲ و حداکثر کارایی آن را کاهش می‌دهد، از طرفی عملکرد کوانتومی در نتیجه اثرات متقابل نیتروژن و فسفر افزایش می‌یابد. با توجه به این‌که اندازه‌گیری غلظت نیتروژن بوته‌ها با استفاده از روش‌هایی هم‌چون اندازه‌گیری شاخص تغذیه نیتروژن بسیار پرهزینه، وقت‌گیر و مستلزم تجهیزات گران‌قیمت می‌باشد، اندازه‌گیری شاخص سبزینگی با استفاده از کلروفیل‌مترهای دستی و قابل حمل باعث راحتی کار شده است. بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی رابطه‌ی بین غلظت نیتروژن، کلروفیل، شاخص سبزینگی و شاخص تغذیه نیتروژن و همچنین، بررسی پارامترهای فلورسانس‌کلروفیل و میزان کلروفیل (a, b)تحت تأثیر تیمارهای مختلف کودی نیتروژن و فسفر در گیاه گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها: این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تکرار در شرایط مزرعه در شهرستان علی‌آباد کتول استان گلستان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. عامل اول مقدار نیتروژن کودی (صفر، ۱۶۳ و ۳۲۶ کیلوگرم اوره در هکتار) و عامل دوم مقدار فسفر کودی (صفر، ۹۸، ۱۹۶، ۲۹۴ و ۳۹۲ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار) بود. در این آزمایش صفاتی هم‌چون شاخص سبزینگی، پارامترهای فلورسانس، میزان کلروفیل a و b، شاخص تغذیه نیتروژن، غلظت نیتروژن گیاه، پروتئین و عملکرد دانه در گندم اندازه‌گیری شد.

یافته‌ها: بررسی نمودار پراکنش داده‌ها نشان داد که صفات شاخص سبزینگی، شاخص تغذیه نیتروژن، حداکثر عملکرد کوانتومی، غلظت کلروفیل a و b و غلظت نیتروژن گیاه و پروتئین دانه از مدل رگرسیونی خطی ساده تبعیت کرد، به‌طوری‌که با افزایش سطوح فسفر در هر سطح از سطوح نیتروژن، از روند افزایشی برخوردار بود. همچنین، غلظت نیتروژن و شاخص تغذیه نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل سال و نیتروژن قرار گرفت. پارامترهای فلورسانس کلروفیل شامل فلورسانس کمینه و فلورسانس بیشینه برخلاف سایر صفات با افزایش مقدار کود مصرفی از روند کاهشی برخوردار بودند که این روند کاهشی مربوط به افزایش

*مسئول مکاتبه: moeinidastgerd@yahoo.com

عملکرد کوانتومی با افزایش مقدار کود بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین شاخص سبزینگی، شاخص تغذیه نیتروژن، غلظت نیتروژن و میزان کلروفیل a مشاهده شد. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در ترکیب کودی $N_{326}P_{294}$ و $N_{326}P_{392}$ کیلوگرم در هکتار به‌دست آمد که از لحاظ آماری در سطح معنی‌داری بود.

نتیجه‌گیری: نتایج این آزمایش نشان‌دهنده رابطه‌ی بسیار قوی بین شاخص سبزینگی، غلظت کلروفیل، شاخص تغذیه نیتروژن و مقدار نیتروژن در دسترس گیاه بود، به‌طوری‌که با افزایش مقدار کود فسفر در هر سطح از سطوح نیتروژن، عملکرد کوانتومی و عملکرد دانه در گیاه نیز افزایش یافت. لذا می‌توان از دستگاه کلروفیل‌متر برای ارزیابی وضعیت تغذیه کودی گیاه جایگزین روش‌های پرهزینه و وقت‌گیر هم‌چون شاخص تغذیه نیتروژن استفاده نمود و در مدیریت کودی علاوه بر نیتروژن، فسفر نیز باید مد نظر قرار گیرد.

واژه‌های کلیدی: شاخص سبزینگی، شاخص تغذیه نیتروژن ، عملکرد ، کود.

مقدمه

گندم (*Triticum aestivum* L.) در میان گیاهان زراعی بیش‌ترین سطح کشت را در دنیا دارد و مهم‌ترین منبع تأمین غذای انسان محسوب می‌شود. بر اساس آمار فائو، در سال ۲۰۱۵ سطح زیر کشت گندم در دنیا بیش از ۲۲۰ میلیون هکتار و تولید کل آن بیش از ۷۳۰ میلیون تن بوده است (۸). همچنین، متوسط عملکرد آن در جهان حدود ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار می‌باشد (۸). میانگین مصرف سرانه گندم در جهان ۱۳۰ کیلوگرم و در ایران ۲۲۰ کیلوگرم گزارش شده است (۲۳). سطح زیر کشت این گیاه در سال ۲۰۱۳ در ایران هفت میلیون و ۵۰ هزار هکتار، با تولید ۱۴ میلیون تن و متوسط عملکرد آن ۱۹۸۵ کیلوگرم در هکتار گزارش شد (۱۰). محدودیت عناصر غذایی به‌ویژه نیتروژن از مهم‌ترین عوامل محدود کننده‌ی عملکرد گندم می‌باشد. نیاز گندم به نیتروژن بیش از هر عنصر دیگری می‌باشد. 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 ادامه‌ی زندگی گیاهان مورد نیاز است، از این‌رو، کمبود آن بیش از سایر عناصر معدنی اتفاق می‌افتد، به‌طوری‌که در مقیاس جهانی پس از خشکی، نیتروژن مهم‌ترین عامل محدود کننده‌ی تولید گیاهان زراعی به شمار می‌رود (۱۸، ۲۵). نیتروژن می‌تواند غلظت فسفر در گیاهان را به‌واسطه افزایش توانایی ریشه‌ها در جذب و انتقال و جابجایی این عنصر افزایش دهد و با بهبود صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان زراعی، در نهایت منجر به افزایش عملکرد شود (۱۸). پس از نیتروژن فسفر مهم‌ترین عنصر غذایی مورد نیاز گیاه است و گیاهان برای ساخت بسیاری از ترکیبات آلی به این عنصر نیاز دارند (۱۹). این عنصر در کلیه فرایندهای بیوشیمیایی، ساختار آنزیم‌ها و سازوکارهای انتقال آنزیم دخالت دارد. فسفر نیز مانند نیتروژن بر صفات زراعی و فیزیولوژیک گیاهان زراعی تأثیرگذار است (۱۹) و از آنجا که یون‌ها در هنگام عمل جذب روی هم اثر متقابل یا برهم‌کنش دارند و به‌عبارت دیگر، جذب یک یون در جذب یون دیگر دخالت دارد که می‌تواند مثبت یا منفی باشد، بین نیتروژن و فسفر حالت برهم‌کنش مثبت وجود دارد و جذب نیتروژن باعث می‌شود جذب فسفر توسط گیاه افزایش یابد (۹). اثر متقابل نیتروژن و فسفر یکی از مهم‌ترین اثرات متقابل کودی در تولیدات محصولات زراعی می‌باشد (۴).

به منظور تعیین وضعیت فیزیولوژی گیاه و کارکرد دستگاه فتوسنتزی از سنجش فلورسانس می‌توان استفاده نمود. کارکرد دستگاه فتوسنتزی را می‌توان از طریق اندازه‌گیری عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) مورد بررسی قرار داد که نشان‌دهنده عملکرد کوانتومی مرکز واکنش فتوسیستم ۲ می‌باشد. مطالعات بسیار کمی در زمینه بررسی وضعیت فلورسانس کلروفیل گیاه در شرایط تنش کمبود عناصر غذایی صورت پذیرفته است. کاهش دسترسی به نیتروژن، عملکرد کوانتومی انتقال الکترون فتوسیستم ۲ و حداکثر کارایی آن را کاهش می‌دهد و همچنین، کمبود نیتروژن باعث تخریب فتوسیستم ۲ و کاهش فلورسانس متغیر می‌شود (۷) به طوری که در بررسی اثر تغذیه برگی با عناصر کم‌مصرف نشان داده شد که افزایش بیش از اندازه سطوح تغذیه برگی عناصر ریز مغذی، باعث انهدام و تخریب بیش‌تر مراکز واکنش فتوسیستم ۲ گردیده است، علت کاهش عملکرد کوانتومی در شرایط کمبود نیتروژن، کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد که این کاهش در نتیجه تقلیل یافتن سنتز آنزیم‌های کلیدی در فرایند فتوسنتز می‌باشد که مهم‌ترین آن آنزیم رابیسکو (ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات کربوکسیلاز) می‌باشد، همچنین، کفایت نیتروژن در گیاه، با افزایش شاخص سطح برگ و متعاقب آن اسیمیلاسیون کربن طی فرایند فتوسنتز در تیلاکوئید کلروپلاست با حفظ کارایی بالا در تبدیل انرژی و زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی، باعث افزایش عملکرد کوانتومی می‌گردد (۱۲). زیوکاک و همکاران (۲۰۱۴) کاهش عملکرد کوانتومی در نتیجه کاهش سطح برگ گیاه و کاهش سنتز آنزیم رابیسکو را در شرایط کمبود گزارش داد (۳۰). کارولین (۲۰۱۲) همبستگی مثبت بین عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) و میزان نیتروژن گیاه را گزارش کرد (۶). در مطالعه چهار گونه جلبک سبز نشان داده شد که عملکرد کوانتومی در نتیجه اثرات متقابل نیتروژن و فسفر افزایش می‌یابد (۱۳). طی مطالعه‌ای گزارش شد که عدم کفایت کودهای نیتروژن و فسفر در گندم زمستانه منجر به کاهش عملکرد کوانتومی آن گردید (۲۶).

از آنجایی که ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست انباشته می‌شود و با توجه به آنکه از عناصر اصلی تشکیل دهنده رنگدانه‌های کلروفیلی در کلروپلاست برگ نیتروژن می باشد، از این‌رو، میزان کلروفیل و میزان نیتروژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند (۲۰). با توجه به این‌که اندازه‌گیری غلظت نیتروژن بوته‌ها بسیار پرهزینه، وقت‌گیر و مستلزم تجهیزات گران‌قیمت می‌باشد، استفاده از شاخص‌هایی که اندازه‌گیری آن‌ها آسان، ساده‌تر و سریع‌تر بوده و نیاز به وسایل گران‌قیمت ندارد و در سال‌های اخیر به‌طور گسترده مورد توجه محققین قرار گرفته است که از آن جمله اندازه‌گیری شاخص سبزینگی با استفاده از کلروفیل‌مترهای دستی و قابل حمل است، چرا که اندازه‌گیری روش‌هایی هم‌چون شاخص تغذیه نیتروژن وقت‌گیر، پرهزینه و نیازمند تجهیزات مدرن آزمایشگاهی است که به راحتی امکان‌پذیر نیست. در بررسی استفاده از کلروفیل‌متر برای توصیه نیتروژن گندم در مطالعات محققین نشان داده شد که مقادیر مختلف کود نیتروژنه با شاخص سبزینگی همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد. کمبود نیتروژن تولید ماده خشک، پروتئین، عملکرد دانه و میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد (۳). مصرف نیتروژن موجب بهبود رنگدانه‌های فتوسنتزی گردیده به طوری که میزان غلظت کلروفیل a و b با مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد (۲۴). با توجه به جایگاه سوم استان گلستان در تولید گندم در کشور (با سطح زیر کشت ۳۵۷ هزار هکتار و تولید ۷۵۰ هزار تن گندم (آمار نامه سال ۹۳-۱۳۹۲ وزارت جهاد کشاورزی) و نقش مهم آن در تأمین معیشت کشاورزان استان، شناخت جنبه‌های

زراعی و فیزیولوژیکی تغذیه نیتروژنی و فسفری گندم به عنوان یکی از عوامل مهم در افزایش عملکرد گیاه، امری ضروری است (۲۹). بنابراین، این تحقیق با هدف بررسی رابطه‌ی بین غلظت نیتروژن، کلروفیل، شاخص سبزینگی و شاخص تغذیه نیتروژن و بررسی پارامترهای فلورسانس‌کلروفیل و میزان کلروفیل (a, b) تحت تأثیر ترکیب تیمارهای مختلف کودی نیتروژن و فسفر در گیاه گندم انجام شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در شرایط مزرعه در شهرستان علی‌آباد کتول استان گلستان طی سال‌های زراعی ۱۳۹۴-۱۳۹۳ و ۱۳۹۵-۱۳۹۴ اجرا شد. عرض جغرافیایی محل اجرای آزمایش ۳۶ درجه و ۸۳ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی آن ۵۴ درجه و ۸۳ دقیقه شرقی و با ۱۴۰ متر بالاتر از سطح دریا می‌باشد. عامل اول مقدار نیتروژن کودی (صفر، ۱۶۳ و ۳۲۶ کیلوگرم اوره در هکتار) و عامل دوم مقدار فسفر کودی (صفر، ۹۸، ۱۹۶، ۲۹۴ و ۳۹۲ کیلوگرم سوپرفسفات تریپل در هکتار) بود (۲۹). مقدار نیتروژن کودی با استفاده از کود اوره (دارای ۴۶ درصد نیتروژن) و مقدار فسفر با استفاده از کود سوپر فسفات تریپل (دارای ۴۶ درصد P_2O_5) تأمین شد. به منظور یکنواخت شدن زمین از لحاظ مقدار نیتروژن و فسفر و به حداقل رساندن مقدار کود نیتروژن و فسفر موجود در خاک، زمین زراعی در سال اول به مدت پانزده سال نکاشت بوده و قبل از اجرای آزمایش در سال دوم در قطعه آزمایشی مورد نظر، ارزن با تراکم بالا بدون مصرف کود به عنوان پیش‌آزمایش کشت شد. قبل از کاشت، ابتدا آزمون خاک در عمق‌های ۰ تا ۳۰ و ۳۰ تا ۶۰ سانتی‌متری برای تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک انجام شد (جدول ۱). پس از آزمون خاک و آماده سازی زمین، مزرعه کرت‌بندی شده و مقدار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات‌پتاسیم ۵۰ درصد پس از آماده‌سازی زمین، قبل از کاشت و مقادیر کود نیتروژن و فسفر مورد نظر با توجه به تیمارهای آزمایش به زمین در زمان کاشت اضافه شد، مصرف کود سرک در دو مرحله پنجه‌زنی (در سال اول ۶۶ روز پس از کاشت و در سال دوم ۶۸ روز پس از کاشت) و ساقه‌رفتن (در سال اول ۹۴ روز پس از کاشت و در سال دوم ۱۱۱روز پس از کاشت) انجام شد.

هر کرت شامل ۱۰ ردیف کاشت به طول شش متر و فاصله ردیف ۱۵سانتی‌متر بود. فاصله کرت‌ها از یکدیگر یکم‌تر و فاصله بین بلوک‌ها نیز یک ونیم متر در نظر گرفته شد. در این مطالعه از لاین گندم N-87-20 استفاده گردید. در طول دوره رشد عملیات زراعی مانند کوددهی، آبیاری و مبارزه با علف‌های‌هرز و آفات بر حسب ضرورت صورت گرفت. تراکم کاشت ۳۰۰ بوته در متر مربع بود. در سال اول بذرها در تاریخ ۲۷ آذرماه و در سال دوم در تاریخ ۱۹ آذر ماه به صورت دستی و در عمق ۳ سانتی‌متری کشت شدند. به‌منظور اندازه‌گیری غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی گیاه در مرحله گرده‌افشانی از هر کرت یک نمونه ۲۰ بوته‌ای (نماینده تیمار) نمونه‌برداری و در داخل آون در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷۲ ساعت خشک و آسیاب شدند. غلظت نیتروژن به روش کجلدال تعیین گردید. به منظور تعیین عملکرد دانه در مرحله برداشت، پس از حذف اثرات حاشیه‌ای، به مساحت ۴/۵ مترمربع برداشت و عملکرد در واحد سطح بر اساس ۱۴ درصد رطوبت تعیین شد. برای تعیین شاخص سبزینگی از برگ پرچم در مرحله گرده‌افشانی، از کلروفیل‌متر مدل CCM-200 استفاده شد. میزان فلورسانس کلروفیل برگ‌ها با استفاده از دستگاه

فلورومتر (OS – 30 Chlorophyll Fluor meter) در برگ پرچم در مرحله گرده‌افشانی نیز تعیین شد. جهت سنجش میزان کلروفیل برگ از بافت تازه برگی با استفاده از روش آرنون طبق روابط ۱ و ۲ استفاده شد (۲):

رابطه ۱:

$$\text{Chlorophyll a}= (19.3 \times A_{663} - 0.86 \times A_{645})V/1000W$$

رابطه ۲:

$$\text{Chlorophyll b}= (19.3 \times A_{645} - 3.6 \times A_{663})V/1000W$$

که در آن V حجم عصاره مصرف شده و W وزن نمونه مصرفی می‌باشد. به‌منظور اندازه‌گیری شاخص تغذیه نیتروژن نیز از روابط ۳ و ۴ استفاده شد:

رابطه ۳:

$$N_{ct}= 5.35\ DM^{-0.442}$$

رابطه ۴:

$$NNI= N_t / N_{ct}$$

که N_t غلظت نیتروژن کل اندازه‌گیری شده و N_{ct} غلظت بحرانی نیتروژن متناظر با مقدار ماده خشک تاج پوشش تولید شده و DM وزن خشک زیست‌توده است (۱۵). پس از تعیین غلظت نیتروژن دانه، مقدار پروتئین دانه با حاصل‌ضرب غلظت نیتروژن دانه در عدد ۵/۷۵ تعیین شد (۲). داده‌های به‌دست آمده از آزمایش به کمک نرم‌افزار SAS نسخه ۹/۱ تجزیه و تحلیل شد (۲۵). برای ترسیم نمودارها از نرم‌افزار EXCEL استفاده شد. جهت بررسی روابط متغیرهای کودی با صفات مورد مطالعه در سطوح مختلف کودی برازش مدل رگرسیونی ساده خطی استفاده شد.

جدول ۱- مهم‌ترین خصوصیات شیمیایی و فیزیکی خاک آزمایش در سال اول و دوم.

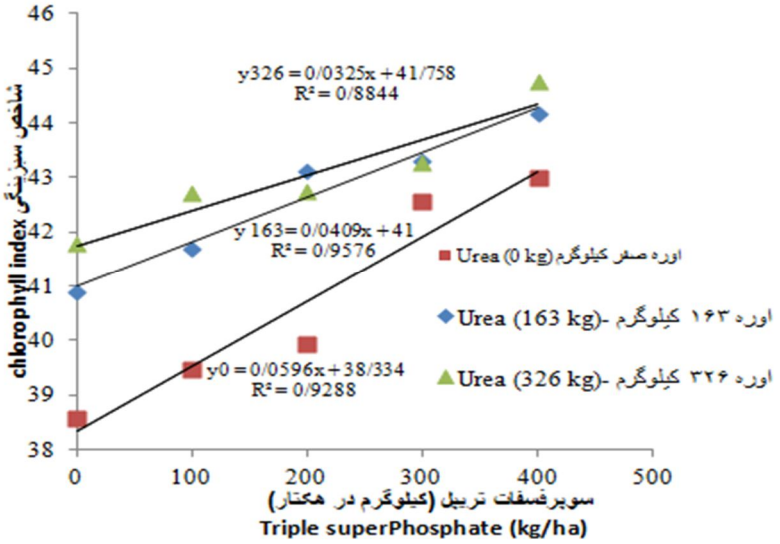
Table 1- Physical and chemical characteristics of the experimental soil in the first and second years.

عمق خاک (سانتی‌متر) Soil depth (cm)	بافت خاک Soil texture	پتاسیم قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available K (ppm)		فسفر قابل دسترس (پی‌پی‌ام) Available P (ppm)		نیتروژن آمونیومی (پی‌پی‌ام) Ammonium nitrogen(ppm)		نیتروژن نیتراتی (پی‌پی‌ام) Nitrate nitrogen (ppm)		نیتروژن کل (درصد) Total nitrogen (%)	
		سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال دوم Second year	سال اول First year	سال‌دوم Second year	سال اول First year
0-30	رسی Clay	200	240	2.46	3.55	5.01	4.62	8.64	8.32	0.18	0.18
30-60	رسی Clay	140	180	1.60	1.72	3.90	4.31	4.52	5.90	0.18	0.18

نتایج و بحث

شاخص سبزینگی: با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس شاخص سبزینگی تحت تأثیر تیمارهای کودی در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نمودار پراکنش داده‌ها نشان داد که با افزایش مقدار سطوح فسفر در هر سطح از نیتروژن شاخص سبزینگی از روند افزایشی برخوردار بود و از مدل رگرسیون ساده خطی تبعیت کرد (شکل ۱)، به طوری که در سطوح نیتروژن صفر، ۷۵ و ۱۵۰ کیلوگرم بیش‌ترین مقدار به‌ترتیب در ترکیب کودی N_0P_{392}، $N_{163}P_{392}$ و $N_{326}P_{392}$ با مقادیر ۴۳/۰۱، ۴۴/۱۶ و ۴۴/۷۶ و کم‌ترین مقدار آن در شرایط عدم مصرف کود فسفر در ترکیب کودی N_0P_0، $N_{163}P_0$ و $N_{326}P_0$ به‌ترتیب با مقادیر ۳۸/۵۹، ۴۰/۸۸ و ۴۱/۷۸ بود. در بررسی استفاده از کلروفیل‌متر برای توصیه نیتروژن گندم در مطالعات محققین نشان داده شد که مقادیر

مختلف کود نیتروژنه با شاخص سبزینگی همبستگی مثبت و معنی‌داری دارد (۳). ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست انباشته می‌شود و با توجه به آنکه از عناصر اصلی تشکیل‌دهنده رنگدانه‌های کلروفیلی در کلروپلاست برگ نیتروژن می باشد، از این‌رو، میزان کلروفیل و میزان نیتروژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند (۲۰). در این مطالعه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری (r=۰/۸۳) بین شاخص سبزینگی و غلظت نیتروژن گیاه مشاهده شد (جدول ۳). مارکاریان و همکاران (۲۰۱۵) گزارش دادند که اثرات مقادیر مختلف فسفر نیز بر شاخص کلروفیل یونجه (*Medicago sativa*) معنی‌دار بود، به‌طوری‌که با مصرف ۶۰ میلی‌گرم فسفر به ازای هر کیلوگرم خاک در مقایسه با مصرف ۳۰ میلی‌گرم فسفر به ازای هر کیلوگرم خاک این شاخص ۱/۹ درصد بیش‌تر بود (۱۶). این افزایش را می‌توان به نقش فسفر در ذخیره و انتقال انرژی نسبت داد که انرژی لازم برای تشکیل کلروفیل را فراهم می‌کند (۱۷). همچنین، در این مطالعه گزارش شد که غلظت نیتروژن بخش هوایی یونجه با مصرف کود فسفر در خاک به‌طور معنی‌داری افزایش یافت، با توجه به نقش نیتروژن در تشکیل کلروفیل به نظر می‌رسد که فسفر از طریق افزایش غلظت نیتروژن باعث افزایش شاخص کلروفیل برگ شده است (۱۶).



شکل ۱- برهمکنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر شاخص سبزینگی.

Figure 1- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on chlorophyll index.

پارامترهای فلورسانس کلروفیل: نتایج جدول تجزیه واریانس (جدول ۲) نشان داد که پارامترهای فلورسانس تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفتند، در هر یک از سطوح نیتروژن با افزایش مقدار فسفر، عملکرد کوانتومی نیز روند افزایشی را نشان داد که حاکی از برهم‌کنش مثبت اثرات متقابل تیمار کودی بود (شکل ۲)، بیش‌ترین مقدار عملکرد کوانتومی در ترکیب کودی N_0P_{392}، $N_{163}P_{392}$ و $N_{326}P_{392}$ به‌ترتیب ۰/۸۱۳، ۰/۸۱۵ و ۰/۸۲و کم‌ترین مقدار آن در ترکیب کودی N_0P_0 ،$N_{163}P_0$ و $N_{326}P_0$ به‌ترتیب ۰/۷۶، ۰/۷۸ و ۰/۸۰ بود، روند افزایشی عملکرد کوانتومی مربوط به کاهش فلورسانس بیشینه (Fm) می‌باشد که با عملکرد کوانتوم فتوسنتز خالص، همبستگی بالایی داشت (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثر تیمارهای کود نیتروژن و فسفر مختلف بر صفات مور مطالعه.

Table 2- Analysis of variance of the effect of nitrogen and phosphorus fertilizer dates on studied traits.

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شاخص سبزینگی Chlorophyll index	فلورسانس کمینه Minimum fluorescence	فلورسانس حداکثر Maximum fluorescence	عملکرد کوانتومی Quantum yield (Fv/Fm)	میزان کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a (mg/g fresh weight)	میزان کلروفیلb (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg/gr fresh weight)	غلظت نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	شاخص تغذیه نیتروژن (Nitrogen Nutrition Index)	پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
سال year	1	7.35^{ns}	700.88**	216.46^{ns}	0.679**	0.246*	0.122**	57685333**	0.086**	60.35**	15260977**
سال/تکرار year/replication	6	2.67^{ns}	40.54^{ns}	123.58^{ns}	0.002*	0.174**	0.010*	1231111*	0.009**	0.316^{ns}	130065**
نیتروژن Nitrogen	2	62.04**	52.32^{ns}	2851.28^{ns}	0.004*	57.160**	20.20**	193729333.3**	6.26**	517**	55001720**
فسفر phosphorus	4	4.83^{ns}	374.00**	3829.24*	0.003*	0.465**	0.079**	982933333.2**	1.12**	271**	3162655.8**
فسفر× نیتروژن Nitrogen × phosphorus	**8**	24.66**	189.74**	2047.16^{ns}	0.002*	0.173**	0.014**	8034333.3**	0.119**	7.78**	393225**
سال× نیتروژن Nitrogen × year	2	3.70^{ns}	22.22^{ns}	3811.38^{ns}	0.0002^{ns}	0.001^{ns}	0.002^{ns}	5385333.1**	0.015**	0.001^{ns}	141930.2**
فسفر × سال phosphorus× year	4	0.163^{ns}	14.75^{ns}	764.11^{ns}	0.0002^{ns}	0.001^{ns}	0.0008^{ns}	952000^{ns}	0.004^{ns}	1.11^{ns}	63782.5*
سال × نیتروژن× فسفر year× nitrogen× phosphorus	**8**	1.68^{ns}	347.05^{ns}	4628.07**	0.0004^{ns}	0.004^{ns}	0.0004^{ns}	1497000*	0.003^{ns}	0.696^{ns}	13409.9$^{n.s}$
خطای آزمایش Error	84	2.25	36.59	1352.51	0.001	0.055	0.003	581349.2	0.002	0.635	22793.6
ضریب تغییرات Coefficient of Variation(%)	-	3.56	8.46	5.85	4.13	10.4	5.37	12.77	8.1	7.32	3.89

*، **، و ^{ns} به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

*, **, ^{ns} significant at $p < 5\%$, $p < 1\%$ and non- significant, respectively.

جدول ۳- تجزیه همبستگی میانگین صفات مورد مطالعه.

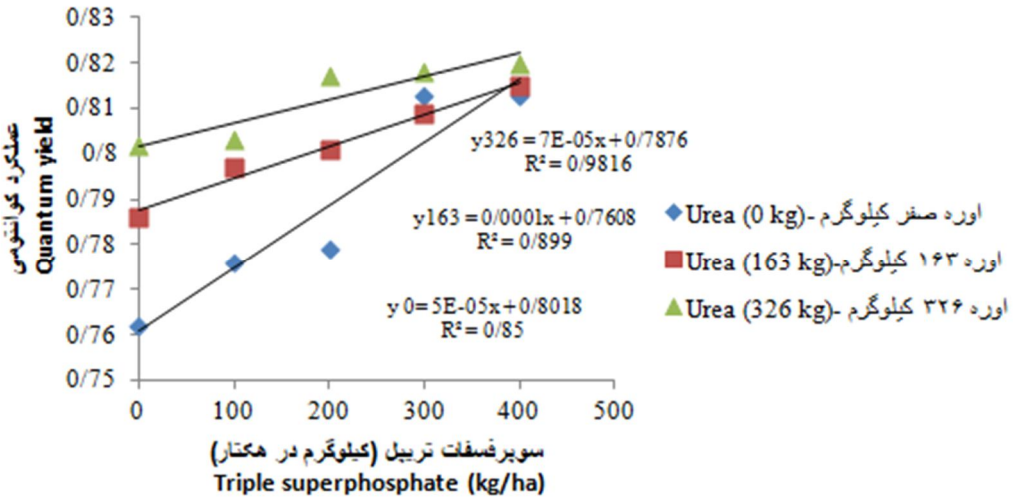
Table 3- Correlation analysis between mean of studied traits.

صفات traits	شاخص سبزینگی Chlorophyll index	فلورسانس کمینه Minimum fluorescen	فلورسانس حداکثر Maximum fluorescence	عملکرد کوانتومی Quantum yield (Fv/Fm)	میزان کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a(mg/g fresh weight)	میزان کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b (mg/gr fresh weight)	غلظت نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	شاخص تغذیه نیتروژن (Nitrogen Nutrition Index)	پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)	عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار) Grain yield (kg/ha)
شاخص سبزینگی Chlorophyll index	1									
فلورسانس کمینه Minimum fluorescece	-0.66**	1								
فلورسانس حداکثر Maximum fluorescence	-0.87**	0.85**	1							
عملکرد کوانتومی Quantum yield (Fv/Fm)	0.95**	-0.65**	-0.83**	1						
میزان کلروفیل a (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll a(mg/g fresh	0.67**	-0.32ns	-0.49 ns	0.67**	1					
میزان کلروفیل b (میلی‌گرم بر گرم وزن تر) Chlorophyll b(mg/g fresh	0.65**	-0.25 ns	-0.43 ns	0.61*	0.97**	1				
غلظت نیتروژن (درصد) Nitrogen (%)	0.83**	-0.67**	-0.77**	0.82**	0.76**	0.74**	1			
شاخص تغذیه نیتروژن Nitrogen nutrition index	0.64**	-0.52**	-0.61**	0.74**	0.81**	0.70**	0.97**	1		
پروتئین دانه (درصد) Grain protein (%)	0.73**	-0.70**	-0.61**	0.86**	0.78**	0.82**	0.72**	0.81	1	
عملکرد دانه (کیلوگرم بر هکتار) Grain yield (kg/ha)	0.73**	-0.43 ns	-0.58 ns	0.71**	0.96**	0.95**	0.86**	0.40**	0.85**	1

*، **، و ns به ترتیب معنی داری در سطح احتمال ۵ درصد، معنی داری در سطح احتمال ۱ درصد و عدم معنی‌داری می‌باشند.

*, **, ns significant at $p < 5\%$, $p < 1\%$ and non- significant, respectively.

در حالی‌که در هر سطح از نیتروژن با افزایش مقدار فسفر، صفات فلورسانس کمینه و فلورسانس بیشینه کاهش یافتند (شکل ۲ و ۳). کاهش دسترسی به نیتروژن، عملکرد کوانتومی انتقال الکترون فتوسیستم ۲ و حداکثر کارایی آن را کاهش می‌دهد و همچنین، کمبود نیتروژن باعث تخریب فتوسیستم ۲ و کاهش فلورسانس متغیر می‌شود، چرا که معمولاً میزان مبادله‌ی دی اکسید کربن برگ پرچم در زمان باز بودن روزنه‌ها رابطه‌ی مثبتی با غلظت نیتروژن دارد (۷). فلورسانس کلروفیل به‌طور مستقیم به فعالیت کلروفیل در مراکز واکنش فتوسیستم‌ها ارتباط دارد و وجود هرگونه آشفتگی و یا دگرگونی ساختار و تغییر در رنگ‌دانه‌های فتوسیستم ۲ منجر به کاهش عملکرد کوانتوم فتوسیستم در شرایط سازگار با تاریکی می‌گردد و یکی از عناصر مهم تشکیل کلروفیل گیاهان نیتروژن گیاه می باشد (۱۱). علت کاهش عملکرد کوانتومی در شرایط کمبود نیتروژن، کاهش ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌باشد که این کاهش در نتیجه تقلیل یافتن سنتز آنزیم‌های کلیدی در فرایند فتوسنتز می‌باشد که مهم‌ترین آن آنزیم رابیسکو (ریبولوز ۱ و ۵ بیس فسفات کربوکسیلاز) می‌باشد، همچنین، کفایت نیتروژن در گیاه، با افزایش شاخص سطح برگ و متعاقب آن اسیمیلاسیون کربن طی فرایند فتوسنتز در تیلاکوئید کلروپلاست با حفظ کارایی بالا در تبدیل انرژی و زنجیره انتقال الکترون فتوسنتزی، باعث افزایش عملکرد کوانتومی می‌گردد (۱۳). زیوکاک و همکاران (۲۰۱۴) کاهش عملکرد کوانتومی در نتیجه کاهش سطح برگ گیاه و کاهش سنتز آنزیم رابیسکو را در شرایط کمبود نیتروژن گزارش داد (۳۰). کارولین (۲۰۱۲) همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد کوانتومی (F_v/F_m) و میزان نیتروژن گیاه گزارش داد (۶). در مطالعه چهار گونه جلبک سبز نشان داده شد که عملکرد کوانتومی در نتیجه اثرات متقابل نیتروژن و فسفر افزایش می‌یابد (۱۳) همچنین، عدم کفایت کودهای نیتروژن و فسفر در گندم زمستانه منجر به کاهش عملکرد کوانتومی آن گردید (۳۰). در این مطالعه نیز همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد کوانتومی و غلظت نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳).

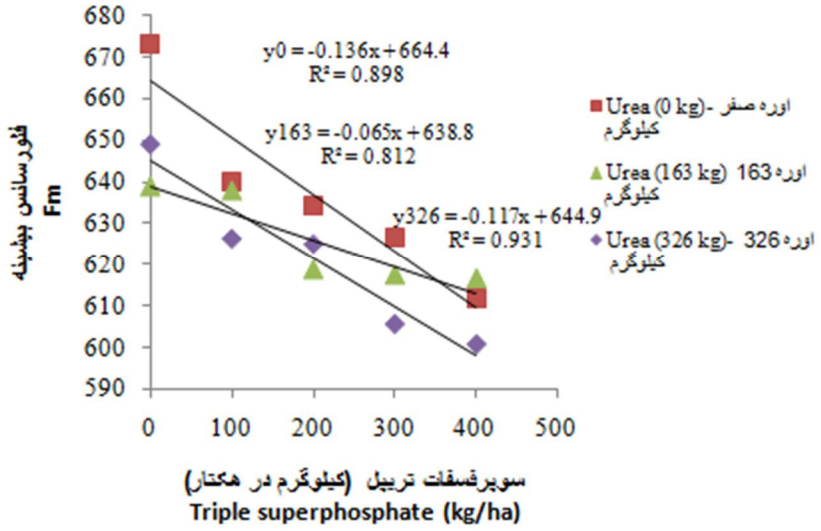


شکل ۲- برهم‌کنش کود نیتروژن و فسفر بر عملکرد کوانتومی.

Figure 2- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on quantum yield.

شکل ۳- برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر فلورسانس کمینه.

Figure 3- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on minimum fluorescence.

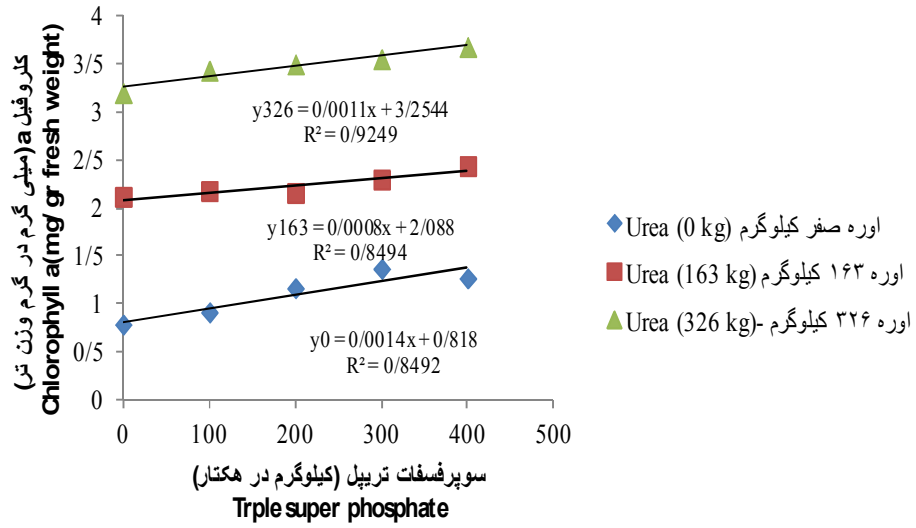


شکل ٤- برهمکنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر فلورسانس بیشینه.

Figure 4- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on maximum fluorescence.

میزان کلروفیل a و b: نتایج جدول تجزیه واریانس اختلاف معنی‌داری در سطح یک درصد برای صفات مقدار کلروفیل a و b نشان داد (جدول ۲). با افزایش سطوح فسفر مصرفی در هر سطح از نیتروژن، میزان کلروفیل نیز افزایش یافت. به‌طوری‌که حداکثر مقدار کلروفیل a در ترکیب تیمار کودی N_0P_{392}، $N_{163}P_{392}$ و $N_{326}P_{392}$ به‌ترتیب ۱/۲۷، ۲/۴۴ و ۳/۶۸ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و کم‌ترین مقدار آن در ترتیب کودی N_0P_0، $N_{163}P_0$ و $N_{326}P_0$ به‌ترتیب ۰/۷۸، ۲/۱۲و ۳/۱۹ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود. حداکثر مقدار کلروفیل b در ترکیب تیمار کودی N_0P_{392}، $N_{163}P_{392}$ و $N_{326}P_{392}$ به‌ترتیب ۰/۳۷، ۱/۳۷و ۱/۸۱ میلی‌گرم بر گرم وزن تر و حداقل مقدار آن در ترکیب تیمار کودی N_0P_0، $N_{163}P_0$ و $N_{326}P_0$ به‌ترتیب ۰/۳۱، ۱/۱۷ و ۱/۶۴ میلی‌گرم بر گرم وزن تر بود (شکل‌های ۵ و ۶). از آنجایی که ۷۰ درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست انباشته می‌شود، میزان کلروفیل و میزان نیتروژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند (۲۴). نیتروژن

باعث افزایش سطح برگ می‌شود و کلروپلاست‌ها در سطح برگ پراکنش پیدا کرده‌اند و رنگ‌دانه‌های کلروفیلی مهم‌ترین رنگ‌دانه‌های دخیل در فرایند فتوسنتز هستند که میزان آن با مقدار نیتروژن در دسترس گیاه ارتباط مستقیم دارد، از این‌رو، کمبود نیتروژن میزان کلروفیل را کاهش می‌دهد (۳) در مطالعه دیگری گزارش شده است که مصرف نیتروژن موجب بهبود رنگ‌دانه‌های فتوسنتزی گردیده به‌طوری‌که میزان غلظت کلروفیل a و b با مصرف نیتروژن افزایش می‌یابد (۲۷). عارفی و همکاران (۲۰۱۲) در مطالعه خود روی گیاه دارویی موسیر (*Allium cepa var.*) گزارش دادند که بالا رفتن میزان سطوح نیتروژن و فسفر مصرفی در گیاه باعث افزایش میزان نسبی کلروفیل شد (۱). همچنین، اثر متقابل نیتروژن و فسفر تأثیر معنی‌داری در افزایش میزان نسبی کلروفیل داشت (۱، ۱۹، ۲۰). کمبود فسفر ممکن است سبب محدودیت ریشه شود و توانایی جذب نیتروژن از خاک را کاهش دهد. نتایج تحقیقات تعداد زیادی از پژوهش‌گران نشان داده است که مقدار کلروفیل برگ با غلظت نیتروژن، فعالیت آنزیم ریبولوز بی فسفات کربوکسیلاز و ظرفیت فتوسنتزی برگ همبستگی خوبی دارد (۱۹، ۱۴، ۲۰). در این مطالعه، همبستگی مثبت و معنی‌داری بین غلظت نیتروژن گیاه و میزان کلروفیل برگ وجود داشت (جدول ۳).

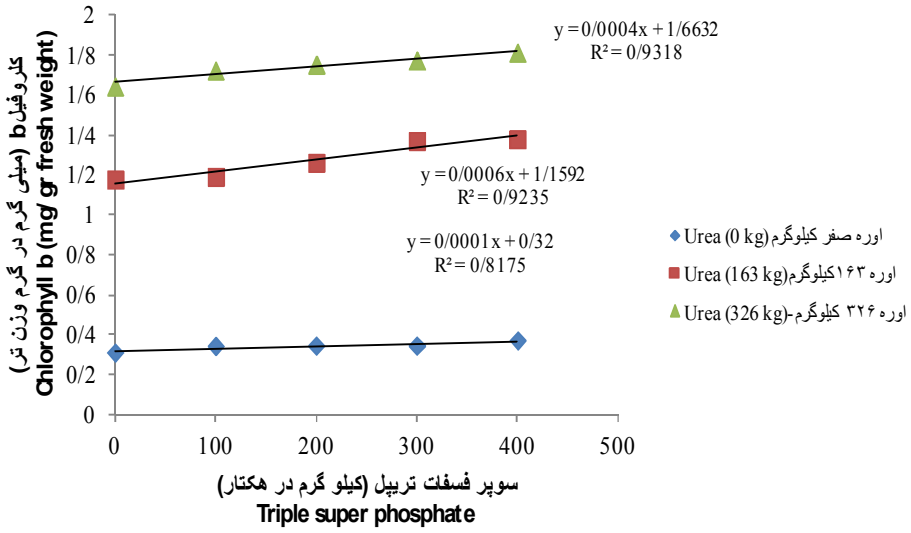


شکل ۵- برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر کلروفیل a.

Figure 5- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on chlorophyll a.

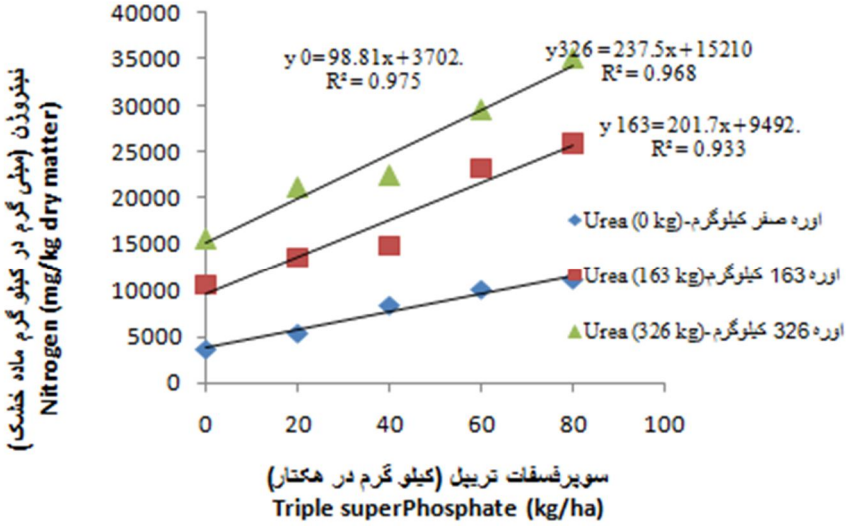
غلظت نیتروژن و شاخص تغذیه نیتروژن: براساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی گیاه تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نمودار پراکنش داده‌ها نشان داد غلظت نیتروژن اندام‌های هوایی گیاه در هر سطح از نیتروژن با افزایش سطوح کود فسفر از روند افزایشی برخوردار بود و از مدل خطی ساده رگرسیونی خطی تبعیت کرد، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن در ترکیب کودی N_0P_{392}، $N_{163}P_{392}$ و $N_{326}P_{392}$ به ترتیب ۱/۱۱، ۲/۵۸ و ۳/۵۱ درصد و کم‌ترین مقدار آن در ترکیب کودی N_0P_0، $N_{163}P_0$ و $N_{326}P_0$ به ترتیب ۰/۳۶، ۱/۵۰ و ۱/۵۵ درصد بود (شکل ۷). یون‌ها در هنگام عمل جذب روی هم اثر متقابل یا برهم‌کنش دارند و به‌عبارت دیگر جذب یک یون در جذب یون دیگر دخالت دارد که می‌تواند مثبت یا منفی باشد. بین

نیتروژن و فسفر حالت برهم‌کنش مثبت وجـود دارد و جذب نیتروژن باعث می‌شود جذب فسفر توسط گیاه افزایش یابد (۹). مصرف کود نیتـروژن بـا تغییـر pH محیط ریشه منجر به افزایش حلالیت و بهبود جـذب فسفر در رایزوسفر ریشه خواهد شـد (۵). همچنـین، غلظت نیتروژن گیاه تحت تأثیر اثر متقابل سال و تیمار نیتروژن قرار گرفت و در سطح یک درصـد معنـی‌دار بود، به‌طوری‌که حداکثر مقدار آن در سال اول آزمایش در تیمار ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص به مقدار ۲/۶۴ درصد و کم‌ترین مقدار آن در سال اول و دوم آزمایش در شرایط عدم مصرف کود نیتروژن به‌ترتیـب ۰/۸۱و ۰/۷۵ درصد بود که از لحـاظ آمـاری در یـک سـطح معنی‌داری بود (جدول ۲).



شکل ۶- میانگین تأثیر برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر کلروفیل b.

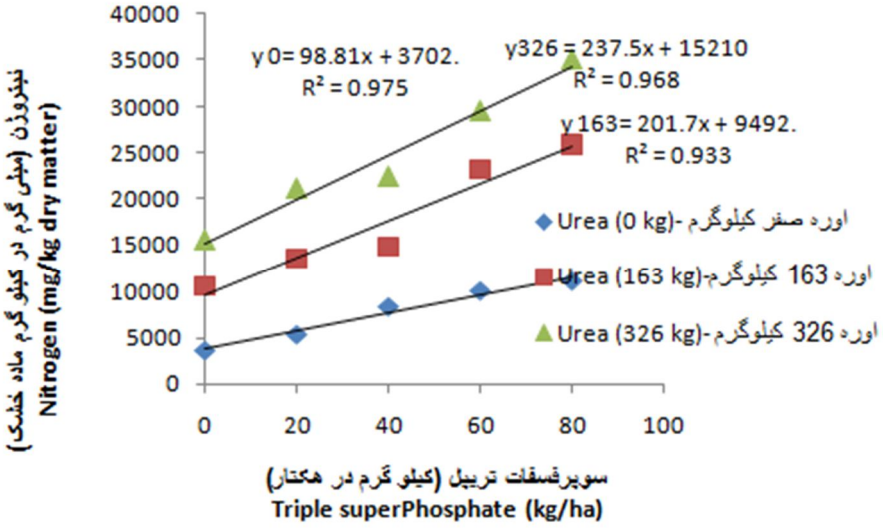
Figure 6- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on chlorophyll b.



شکل ۷- برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر نیتروژن گیاه.

Figure 7- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on plant nitrogen concentration.

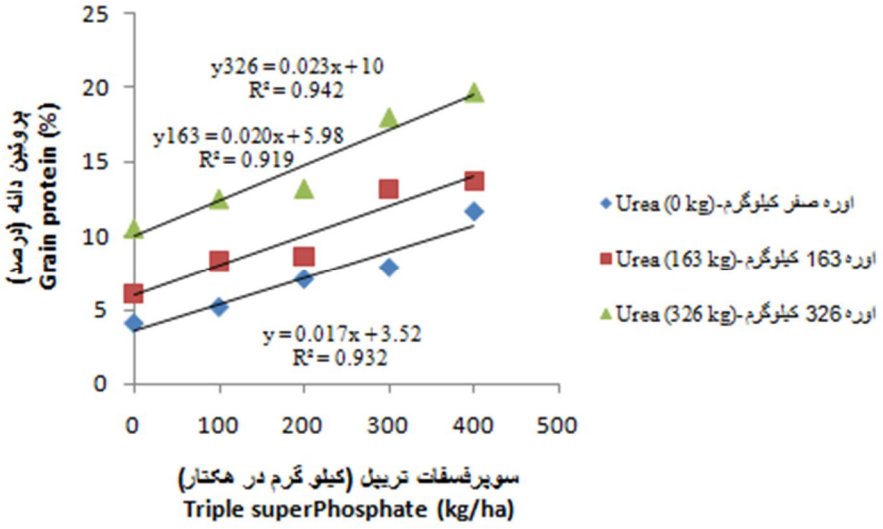
شاخص تغذیه نیتروژن نیز تحت تأثیر تیمار کودی قرار گرفت و در سطح یک درصد معنی‌دار بود. با افزایش سطوح فسفر در هر سطح از نیتروژن، شاخص تغذیه نیتروژن از روند افزایشی برخوردار بود، به‌طوری که حداکثر شاخص تغذیه نیتروژنی در ترکیب تیمارهای کودی N_0P_{392}، $N_{163}P_{392}$ و $N_{326}P_{392}$ به‌ترتیب ۱/۴۵، ۰/۹۴ و ۰/۳۱ بود. همچنین، شاخص تغذیه نیتروژن تحت تأثیر اثر متقابل تیمار سال و نیتروژن قرار گرفت، به‌طوری‌که حداکثر مقدار آن با مصرف ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن خالص در هکتار طی سال دوم و اول آزمایش به ترتیب ۱/۰۴ و ۰/۹۷ و حداقل مقدار آن در شرایط عدم مصرف کود به مقدار ۰/۲۱ و ۰/۲۳ به‌ترتیب در سال اول و دوم آزمایش بود که از لحاظ آماری در یک سطح معنی‌داری قرار داشت (جدول ۲).



شکل ۸- برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر شاخص تغذیه نیتروژن.

Figure 8- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on nitrogen nutrition index.

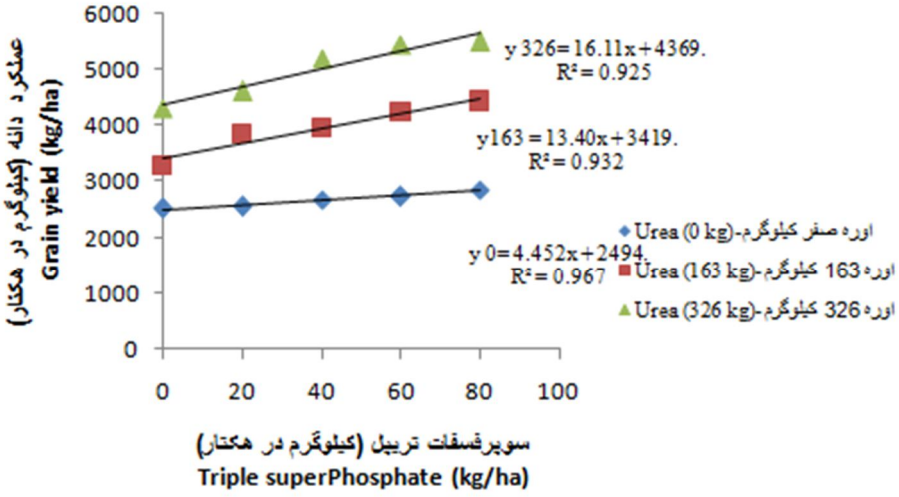
پروتئین دانه: نتایج جدول تجزیه واریانس حاکی از آن بود که پروتئین دانه تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت ودر سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). بررسی نمودار پراکنش داده‌های پروتیئن دانه در مقابل تیمارهای کودی نشان داد که با افزایش سطوح فسفر در هر سطح از نیتروژن، درصد پروتئین دانه افزایش یافته و از یک معادله ساده خطی رگرسیون تبعیت کرد (شکل ۹). حداکثر مقدار پروتئین دانه در ترکیب تیمار کودی N_0P_{392}، $N_{163}P_{392}$ و $N_{326}P_{392}$ به‌ترتیب ۱۲/۹۹، ۱۴/۲ و ۱۷/۹۴ درصد و حداقل مقدار آن در ترکیب کودی N_0P_0، $N_{163}P_0$ و $N_{326}P_0$ به‌ترتیب ۳/۳۴، ۶/۲۱ و ۱۰/۸۳ درصد بود. همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد پروتئین دانه، نیتروژن گیاه، شاخص سبزینگی و شاخص تغذیه نیتروژن مشاهده شد (جدول ۳). طی مطالعات انجام شده توسط محققین اثرات متقابل کاربرد نیتروژن و فسفر بر افزایش درصد پروتئین دانه محصولات زراعی گزارش شده است (۱۸، ۲۱).



شکل ۹- برهم‌کنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر برپروتئین دانه.

Figure 9- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on grain protein.

عملکرد دانه: در هرسطح از نیتروژن پراکنش عملکرد در سطوح مختلف فسفر از مدل رگرسیونی ساده خطی ساده تبعیت کرد. بر اساس نتایج جدول تجزیه واریانس میزان عملکرد به‌طور معنی‌داری در سطح یک درصد تحت تأثیر تیمارهای کودی قرار گرفت. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در ترکیب تیمار کودی $N_{326}P_{392}$ و $N_{326}P_{294}$ به‌ترتیب به مقدار ۵۵۰۰/۵۱ و ۵۴۴۴/۴۱ کیلوگرم در هکتار بود که از لحاظ آماری در یک سطح معنی‌داری بود و کم‌ترین آن به مقدار ۲۵۱۸/۱۷ کیلوگرم در هکتار در تیمار عدم مصرف کود حاصل شد (شکل ۱۰). نیتروژن می‌تواند غلظت فسفر در گیاهان را به‌واسطه افزایش توانایی ریشه‌ها در جذب و انتقال و جابجایی این عنصر افزایش دهد و با بهبود صفات مورفولوژیک و فیزیولوژیک گیاهان زراعی، در نهایت منجر به افزایش عملکرد شود (۱۳، ۲۷). همبستگی مثبت و معنی‌داری بین عملکرد و صفات شاخص سبزینگی، عملکرد کوانتومی، غلظت کلروفیل (a, b)، غلظت نیتروژن و شاخص تغذیه نیتروژن در گیاه مشاهده شد (جدول ۴). افزایش جذب فسفر در بررسی اثرات متقابل این دو عنصر بر روی گیاه سورگوم (*Sorghum bicolor*) نیز حاکی از آن بود که نیتروژن به عنوان یک مکمل در افزایش جذب فسفر عمل می‌کند (۳). فاجریا (۲۰۰۵) و بالیگار(۲۰۰۱) یک ارتباط مثبت بین این دو عنصر در عملکرد زیست‌توده و دانه لوبیا (*Phaseolus vulgaris*) گزارش کردند (۵، ۱۰). عملکرد لوبیا به‌واسطه استفاده صحیح ترکیب نیتروژن و فسفر در مقایسه با کرت‌های شاهد افزایش یافت که ۵۹ درصد از افزایش عملکرد مربوط به اثر متقابل این دو عنصر بود، البته برهم‌کنش مثبت نیتروژن و فسفر می‌تواند به‌واسطه شرایط آب و هوایی، گونه گیاهان زراعی و ژنوتیپ‌های درون گیاهی و سطوح قابل دسترس نیتروژن و فسفر خاک تعدیل شود (۹).



شکل۱۰- برهمکنش تیمارهای کود نیتروژن و فسفر بر عملکرد دانه.

Figure 10- Interaction between nitrogen and phosphorus fertilizers on grain yield.

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی نتایج این تحقیق نشان داد که صفات مورد مطالعه از مدل ساده رگرسیون خطی تبعیت کرد و در هر سطح از نیتروژن با افزایش مقدار فسفر، کلیه صفات از روند افزایشی برخوردار بودند که حاکی از برهم‌کنش مثبت بین کودهای نیتروژن و فسفر مصرفی می‌باشد. لذا در مدیریت کودی علاوه بر نیتروژن، فسفر نیز باید مد نظر قرار بگیرد. از این‌رو، در توصیه به کشاورزان چنانچه شرایطی باشد که یک کشاورز قادر به تأمین مقدار کافی هر دو کود نیتروژن و فسفر مورد نیاز و مطلوب مزرعه خود نباشد، بهتر آن است که ترکیبی از دو کود نیتروژن و فسفر را در مقادیر کم‌تری از هر یک از آن‌ها، جایگزین سطوح مصرف کود نیتروژن بالا بدون مصرف فسفر، در مزرعه خود نماید. همچنین، رابطه‌ی قوی مثبت و معنی‌داری بین غلظت نیتروژن، کلروفیل، شاخص سبزینگی و شاخص تغذیه نیتروژن مشاهده شد و با توجه به اینکه اندازه‌گیری غلظت نیتروژن بوته‌ها بسیار پرهزینه، وقت‌گیر و مستلزم تجهیزات گران قیمت و آزمایشگاهی می‌باشد، دستگاه کلروفیل‌متر دستی و قابل حمل می‌تواند در جهت ارزیابی وضعیت تغذیه‌ای گیاه در کم‌ترین زمان به‌کار رود. بیش‌ترین میزان عملکرد دانه در ترکیب تیمار کودی $N_{326}P_{392}$ و $N_{326}P_{294}$ به‌ترتیب به مقدار ۵۵۰۰/۵۱ و ۵۴۴۴/۴۱ کیلوگرم در هکتار مشاهده شد.

References

1.Arefi, F., Kafi, H,. Khazaei, H.R., and Banayan-aval, M. 2012. Study of different levels of nitrogen, phosphorus and potassium on yield, photosynthesis and pigments of photosynthesis, chlorophyll and concentration nitrogen on *Allium altissimum*. Regel. J. Agro. ecol. 4: 3. 207-214.

2.Arnon, A.N. 1967. Method of extraction of chlorophyll in the plants. Agron J. 23: 4. 112-121.

3.Ashiono, G.B., Akuja, T.E., Gatulku, S., and Mwangi, P. 2005. Effect of nitrogen and phosphorus application on growth and yield of dual purpose sorghum in the dry high-lands of Kenya. Asian J. Plant Sci. 4: 4. 379-382.

4.Aulakh, M.S., and Malhi, S.S. 2005. Interactions of nitrogen with other nutrients and water: Effect on crop yield and quality, nutrient use efficiency, carbon sequestration, and environmental pollution. Adv Agron. 86: 341-409.

5.Baligar, V.C., Fageria, N.K., and He, Z.L. 2001. Nutrient use efficiency in plants. Commun Soil Sci. Plant Anal. 32: 7-8. 921-950.

6.Caroline, A. 2014. Predicting Nitrogen and phosphorus concentration using chlorophyll a-fluorescence and turbidity. Mississippi Water Resources Conference. Pp:155-159.

7.Coming, L., Zang. 2000. Photosynthetic CO2 assimilation chlorophyll fluorescence and photoinhibiton as affected by nitrogen deficiency in maize plants. J. Plant Sci.15: 2. 135-143.

8. FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations).www. fao.org

9. Fageria, N.K., and Baligar, V.C. 2005. Enhancing nitrogen use efficiency in crop plants. Adv Agron. 88: 5. 97-185.

10.Fageria, N.K. 2014. Nitrogen management in crop production. Boca Raton. 418 p.

11.Francheboud, Y., and Leipner, J. 2003. The application of chlorophyll fluorescence to study light, temperature and drought stress. P. 125-150. In: J.R. De-Ell., and P.M.A. Tiovonen (eds), Practical applications of chlorophyll fluorescence in plant biology. Boston: Kluwer Academic Publishers.

12.Harbinson, J., Genty, B., and Baker, N.R. 1990. The relationship between CO2 assimilation and electron transport in leaves. Photosyn Res. 25: 3. 213-224.

13.Hongju, Q.I., Jiangtao, W., and Zhaoyu, W. 2013. A comparative study of the senility of F_V/F_M to phosphorus limitation on four Marin Algae. J. Ocean Univ China. 12: 1. 77-84.

14.Le Bail, M., Jeffory, M.H., Bouchard, C. and Barbottin, A. 2005. It is possible to forecast the grain quality and yield of differences varieties of winter wheat from Minolta SPAD meter measurements? Eur. J. Agron. 23: 4. 379-391.

15.Justes, E., Mary, B., Meynard, J.M., Machet, J.M., and Theleir-Huches, L. 1994. Determination of a critical nitrogen dilution curve for winter wheat crops. Anna. Bota. 74: 4. 397-407.

16.Markarian, S.H., Najafi, N., Aliasgharzad, N., Oustan, S.H. 2015. Effects of *Sinorhizobium meliloti* bacterium and phosphorus on leaf chlorophyll index nitrogen and phosphorus concentration in alfalfa shoot and root under drought stress conditions. J. Water. Soil. 25: 4-1. 27-45.

17.Marschner, H. 1995. Mineral nutrition of higher plants, 2nd edition. New York. Acadmic Press.

18. Mousavi, S.K., Faizian, M., and Ahmadi, A. 2011. Influence of nitrogen fertilizer application methods on yield and yield components of winter wheat (*Triticum aestivum* L.). J. Sci. Soil Water. 25: 1. 19-28.

19.Lopez-Belido, R.J., Shepherd, C.E., and Barraclough, P.B. 2004. Predicting post-anthesis N requirements of bread wheat with a Minolta SPAD meter. Eur Agron. 20: 3. 313-320.

20.Poblaciones, M.A.J., Lopez-Bellido, L., Rafel, J. 2009. Field estimation of technological bread-making quality in wheat in wheat. Filed Crops Res. 112: 2-3. 253-259.

21.Sadeghipoor, O., and Moneem, R. 2008. Effect of stress nitrogen and phosphorus on vigna. J. Environ. Stresses Agric. Sci. 2: 1.159-167

22.Saseendran, S., Nielsen, A.D.C., Ma, L., Ahuja, L.R., and Halvorson, A.D. 2004. Modeling nitrogen ts on winter wheat production using RZWQM and CERES wheat. Agron J. 97: 615-630.

23.Sepehr, A., Malakooti, M.J., Khold Barin, B., Karimian, N., Mohamadi, A., Rasooli, H., Noor Gholipoor, F., Rezaee, H., and Khademi, Z. 2009. Study of efficiency different varieties cereals absorption phosphorus. J. Sci. Soil Water. 23: 2.125-134.

24.Schlemmer, M.R., Francis, D.D., Shanahan, J.F., and Schepers, J.S. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen

levels and relative water content. Agron J. 97: 1. 106- 12.
25. Soltani, A. 2007. The SAS statically analysis software application. Mashhad University Press. 182 p. (In Persisn)
26. Statistics and formality information Ministry of Jihad Agriculture. 2012. Statistics letter of agriculture. First copy. Published by Ministry of Jihad Agriculture. 167 p. (In Persian)
27. Sultana, S., Ullah, J., Karim, F., and Asaduzzaman, 2009. Response of mungbean to integrated nitrogen and weed managements. Am-Eur J. Agro. 2: 2.104-108.
28. Wilkinson, S.R., Grunes, D.L., and Sumner, M.E. 2000. Nutrient interactions in soil and plant nutrition. P. 89-111. In: M.E. Sumner (eds), Handbook of soil science. Boca Raton, Florida, CRC Press.
29. Zeinali, E. 2009. Wheat nitrogen nutrition in gorgan; agronomical, physiological, and environmental aspects. Ph.D. Thesis, Gorgan University of Agricultural Sciences and Natural Resources.
30. Zivcak, M., Olsovska, K., and Slamka, P. 2014. Measurements of chlorophyll fluorescence in different leaf positions may detect nitrogen deficiency in wheat. Zemdirbyste- Agric. 101: 4. 437-444.