مجله پژوهش‌های خاک (علوم خاک و آب) / الف / جلد 27 / شماره 3 / 1392

تخمین نیاز کود نیتروژن و عملکرد دانه ذرت با استفاده از کلروفیل متر طی مراحل مختلف رشد

زهرا خادمی[1]* و فاطمه اسدی

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب ؛ zr_khademi@yahoo.com

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب ؛ ffasadi@yahoo.com

چکیده

کود نیتروژن یکی از نهاده‌های عمده برای تولید ذرت (*Zea mays* L.) می‌باشد. کلروفیل‌متر می‌تواند به عنوان ابزاری مفید در ارزیابی و تخمین نیاز نیتروژنی گیاه مورد استفاده قرار گیرد. این آزمایش با هدف پیش‌بینی نیاز نیتروژنه ذرت، زمان تقسیط و پاسخ عملکرد دانه ذرت به مصرف نیتروژن با استفاده از قرائت کلروفیل متر انجام شد. بدین منظور طرحی در قالب بلوک‌های کامل تصادفی با 5 تیمار (شاهد بدون مصرف کود نیتروژن، 50، 75 و 100 درصد مصرف کود نیتروژن مورد نیاز گیاه) و 3 تکرار در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج در سال زراعی 88-1387 به اجرا در آمد. فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک در هنگام کشت و نیتروژن در سه تقسیط هنگام کشت و مراحل 4 برگی و 7 برگی مصرف گردید. نمونه‌برداری برگ و قرائت کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل‌متر در مراحل مختلف رشد گیاه شامل 3، 5، 7 و 10 برگی، گل‌دهی و کاکل رفتن انجام شد. بررسی نتایج نشان داد بالاترین قرائت کلروفیل‌متر، درصد نیتروژن و عملکرد مربوط به تیمارهای T4 و T5 بود. در راستای توجیه اقتصادی، با توجه به اینکه تیمارهای T4 و T5 از نظر کلروفیل برگ و نیز عملکرد تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، می‌توان تیمار T4 را به عنوان تیمار مصرف بهینه کود نیتروژنه مبنا قرار داد، یعنی در این تیمار، هرگاه قرائت کلروفیل متر در مراحل 7 برگی و 10 برگی به ترتیب اعداد 67/20 و 56/55 را نشان دهد، با توجه به غلظت نیتروژن برگ و عملکرد دانه، می‌توان نتیجه گرفت مقدار نیتروژن مصرفی گیاه کافی بوده است. اما اگر قرائت‌ها در مراحل ذکر شده کمتر از این مقادیر باشد، یعنی گیاه دچار کمبود نیتروژن بوده و در صورت عدم مصرف سرک نیتروژن، دچار افت عملکرد خواهد شد. بر این اساس، بررسی قرائت‌های کلروفیل برگ در مراحل قبل تر (3 و 5 برگی) نیز می‌تواند ما را در دستیابی سریعتر به نتیجه یاری نماید. بدین ترتیب که اگر عدد کلروفیل‌متر در مرحله 3 برگی کمتر از 17 و در مرحله 5 برگی کمتر از 40 باشد، بیانگر کمبود بوده و برای پیشگیری از کاهش عملکرد، نیاز به مصرف سریع کود سرک نیتروژن وجود دارد. بدین ترتیب با تشخیص زودهنگام کمبود، پیشگیری به موقع امکان‌پذیر خواهد بود.

واژه‌های کلیدی: آزمون خاک، کود سرک

مقدمه

ذرت گیاهی است پرتوقع که با مصرف متعادل عناصر غذایی می‌توان عملکرد آن را افزایش داد. از طرفی تغذیه بهینه گیاه، شرط اصلی بهبود کمی و کیفی محصول است. در تغذیه گیاه نه تنها باید عنصر به اندازه کافی در دسترس گیاه قرار گیرد، بلکه ایجاد تعادل در رعایت نسبت میان عناصر غذایی از اهمیت بالایی برخوردار است. مصرف مطلوب نهاده‌ها متناسب با شرایط رشد گیاه، دستیابی به عملکرد بالا را ممکن می‌سازد و به دلیل مدیریت صحیح از مبتلاً شدن گیاه

---

[1] نویسنده مسئول، آدرس: کرج، مؤسسه تحقیقات خاک و آب، بخش تحقیقات شیمی، حاصلخیزی خاک و تغذیه گیاه، کدپستی:3177993545، صندوق پستی: 311-31785

* دریافت: 91/8/1 و پذیرش: 91/12/9

به آفات و امراض، علف‌های هرز و تنش آب ممانعت به عمل می‌آورد (خدابنده، 1377؛ زهتابیان و همکاران، 1384؛ مجیدیان و همکاران، 1387).

راندمان پایین کودهای نیتروژنه در کشور، دستیابی به روش‌های مختلف در جهت افزایش کارآیی این کودها و نهایتاً افزایش عملکرد گیاه را ضروری می‌نماید. با وجودی که مقدار و زمان مصرف کودهای نیتروژنه اهمیت بسزایی در مدیریت تغذیه نیتروژن گیاه دارا است، اما متأسفانه در بسیاری از مناطق مصرف کودهای شیمیایی به ویژه کودهای نیتروژنه مطابقتی با نیاز واقعی گیاه ندارد (ملکوتی، 1375؛ بلکمر و اسچپرز، 1994؛ بلکمر و همکاران، 1993). جهت بهبود مدیریت کودهای نیتروژنه، لازم است بین نیتروژن قابل استفاده و نیاز گیاه تطابق زمانی صورت گیرد، بدین‌معنی که کود نیتروژن در زمان موردنیاز گیاه و با سریعترین روش در اختیار گیاه قرار گیرد (بلکمر و اسچپرز، 1994؛ دوئر و همکاران، 1991؛ فولت و همکاران، 1992).

روش‌های متعددی جهت تعیین مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه وجود دارد که یکی از این روش‌ها تعیین میزان نیتروژن برگ بر اساس اندازه‌گیری میزان نسبی کلروفیل می‌باشد. با توجه به همبستگی بالای میزان کلروفیل با نیتروژن برگ، استفاده از این روش در بهبود مدیریت کود نیتروژن بسیار سودمند می‌باشد (بلکمر و اسچپرز، 1994؛ دیر و همکاران، 1991؛ فاکس و همکاران، 1994؛ پاییکلک و همکاران، 1995؛ هاپکینز، 2004). لزوم پیش‌بینی مقدار نیاز نیتروژنه گیاه و مدیریت زمان مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از کلروفیل‌متر را به عنوان شیوه‌ای برای جلوگیری از استفاده بی‌رویه کودهای نیتروژنه و آلوده نمودن محیط زیست و یا رفع کمبود نیتروژنه گیاه توجیه می‌نماید. با کمک این وسیله می¬توان نیتروژن مورد نیاز جهت رسیدن به عملکرد مطلوب را برآورد کرد (مجیدیان و همکاران، 1387). در این روش می‌توان با استفاده از کلروفیل‌متر، دو فاکتور مهم جهت بهبود راندمان مدیریت کود نیتروژن یعنی تعیین وضعیت نیتروژن گیاه در طول فصل رشد و دیگری تعیین میزان کود نیتروژنه مورد نیاز (بر مبنای تفاوت نیتروژن کل از حد بحرانی) را تعیین نمود. دستگاه کلروفیل‌متر، انتقال نور مادون قرمز[1] را از میان تک تک برگ‌ها اندازه‌گیری می‌نماید و قرائت آن که روشی برای تعیین سریع شدت سبزینه گیاه می‌باشد، با غلظت کلروفیل برگ ارتباط قوی دارد (مارکول و همکاران، 1995؛ سچلمر و همکاران، 2005).

در تحقیقی که توسط اسمیل و زنگ (1994) بر روی ارتباط نیتروژن برگ و قرائت کلروفیل متر انجام گرفت، همبستگی خطی بین این دو عامل مشاهده گردید. بررسی انجام شده توسط ماداکادز و همکاران (1999) نشان داد که حدود 70 درصد از نیتروژن برگ در کلروپلاست‌ها انباشته می‌شود و در نتیجه مقدار کلروفیل همبستگی زیادی با میزان نیتروژن دارد. نتایج تحقیقات دیگر نشان داده است که ارتباط بین نیتروژن و کلروفیل گیاه در واریته‌های مختلف با هم متفاوت می‌باشد (کوستا، 1991). نتایج برخی از پژوهش‌ها نشان می‌دهد که در بالاترین میزان نیتروژن، بالاترین اعداد کلروفیل‌متر و در گیاهان شاهد، کمترین اعداد کلروفیل‌متر مشاهد می‌شود (بردمی، 2005).

در تحقیقی که بر روی گندم دیم انجام گرفت، ملاحظه گردید عواملی نظیر اقلیم، واریته، رطوبت و میزان نیتروژن خاک بر روی شدت سبزینگی و عدد کلروفیل متر تأثیر زیادی دارند (فولت و همکاران، 1992). در تحقیق انجام شده توسط وود و همکاران (1992) بر روی پنبه، بین غلظت نیتروژن برگ (در سه مرحله مختلف رشد) و عدد کلروفیل‌متر همبستگی مثبت معنی‌داری به دست آمد. اسچادچینا و دمیتریوا (1995) در تحقیقی بر روی گندم نشان دادند که اندازه‌گیری کلروفیل، شاخص مطمئن‌تری در تخمین جذب نیتروژن از خاک نسبت به غلظت نیتروژن برگ می‌باشد.

تحقیقات متعددی در رابطه با همبستگی کلروفیل برگ و نیتروژن گیاه به ویژه بر روی گیاه ذرت به عنوان یک گیاه شاخص و دارای نیاز بالای نیتروژن انجام شده که نتایج آنها نشان داده است قرائت کلروفیل‌متر می‌تواند با اطمینان کمبود و نقش نیتروژن در گیاه ذرت را نشان دهد. این تحقیقات عمدتاً بر مناطقی که مصرف کود نیتروژن در گیاه پاسخ (عکس‌العمل) مثبت نشان داده و یا نداده، تمرکز نموده‌اند. از مقادیر کلروفیل‌متر می‌توان برای تعیین غلظت نیتروژن و همچنین قابلیت دسترسی به نیتروژن در گیاه ذرت استفاده نمود (اسچارف و همکاران، 2006).

نتایج برخی مطالعات انجام شده در استفاده از کلروفیل‌متر در مراحل مختلف رشد ذرت تحقیقاتی نشان داده که بیشترین همبستگی بین قرائت کلروفیل‌متر و نیتروژن کل در مرحله 4 تا 6 برگی بوده، به عبارت دیگر، کاربرد این دستگاه را بیشتر در اوایل مرحله رشد ذرت

---

[1] Infrared

توصیه می‌کنند که بتوان سریعاً کمبود را تشخیص داده و کود مورد نیاز را در اختیار گیاه قرار داد تا از کاهش عملکرد جلوگیری به عمل آید (فاکس و همکاران، 1994؛ فریا، 1987؛ پاییکلک و فاکس، 1992؛ پاییکلک و همکاران، 1995؛ اسچپرز و همکاران، 1992). البته همبستگی بین قرائت کلروفیل‌متر و میزان نیتروژن در مراحل دیگر رشد این محصول نیز بالا بوده است (دیر و همکاران، 1991؛ فولت و همکاران، 1992؛ پاییکلک و فاکس، 1992؛ اسچپرز و همکاران، 1992).

در تحقیق وود و همکاران (1992) بر روی ذرت، همبستگی بالایی بین قرائت کلروفیل متر و عملکرد محصول به دست آمده که در توصیه کودی از آن استفاده گردیده است. در تحقیق ریوز و همکاران (1993) بهترین همبستگی بین میزان محصول و جذب نیتروژن در مرحله پنجم رشد (GS5) به دست آمد. پاییکلک و فاکس (1992) از دستگاه کلروفیل‌متر به منظور پیش‌بینی میزان نیترات پای بوته ذرت استفاده نموده و در مرحله 6 برگی (V6) عدد کلروفیل‌متر (43/4) را به عنوان حد بحرانی نیتروژن به منظور توصیه کودی پیشنهاد نمودند.

نتایج آزمایشات ولف[1] و همکاران (1988) نشان داد که همبستگی بالایی (R^2=0/86) بین ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها و درصد نیتروژن در طی دوره پیری وجود دارد. علاوه بر این، مقدار کلروفیل و میزان نیتروژن نیز همبستگی بالایی(R^2=0/80) داشتند. آنها بیان کردند که کمبود نیتروژن موجب 50 درصد کاهش در مقدار نیتروژن، کلروفیل و ظرفیت فتوسنتزی گیاه می‌شود و این کاهش در برگ‌های قدیمی‌تر نسبت به سایر برگ‌ها بیشتر بود.

در داخل کشور نیز نتایج مطالعه نوشاد و همکاران (1380) در دو ایستگاه تحقیقاتی استان فارس بر روی گیاه ذرت نشان داد بیشترین محصول دانه ذرت هنگامی به دست آمد که عدد قرائت شده توسط کلروفیل متر در قسمت میان برگ و در مرحله خمیری شدن دانه، در دو منطقه مورد مطالعه برابر با 49 بود. در تحقیقات انجام گرفته بر روی ذرت در ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج، عدد کلروفیل متر در ارتباط با میزان نیتروژن و عملکرد در مرحله ده برگی (V10) 42 به دست آمد (سماوات، 1380). نتایج آزمایشی که توسط گلدانی و همکاران (1389) بر روی ذرت در محیط آبکشت انجام شد، نیز نشان داد تیمارهای عناصر غذایی مختلف در مراحل مختلف رشد به طور معنی‌داری بر اعداد کلروفیل متر تأثیر گذارند. در تمامی مراحل رشد بیشترین میزان عدد کلروفیل‌متر در تیمارهای حاوی NPK مشاهده شد. نتایج این آزمایش نشان داد که اعداد کلروفیل‌متر به مراحل رشد گیاه و عناصر غذایی مختلف به خصوص نیتروژن بستگی دارد. در اثر کمبود نیتروژن در گیاه، زرد شدن برگ‌ها ایجاد شده که باعث پیری زودرس برگ‌ها و کاهش رشد گیاه می‌شود. به همین دلیل کمترین اعداد کلروفیل‌متر در کل مراحل رشد در تیمار فاقد نیتروژن به دست آمد. همچنین با افزایش سن گیاه نیز میزان اعداد کلروفیل‌متر کاهش یافت.

لازم به ذکر است تا به حال کلروفیل‌متر به عنوان وسیله‌ای برای ارزیابی اینکه آیا و چه موقع مصرف کود نیتروژن مورد نیاز است و نیز برای تعیین ارتباط بین قرائت کلروفیل برگ و غلظت نیتروژن در گیاه، مورد استفاده قرار گرفته است. چندین بررسی نشان داده است که قرائت کلروفیل متر ذرت در مرحله 7 برگی قادر است مناطق دارای عکس‌العمل مثبت را با 65 تا 80 درصد دقت جدا و مشخص نماید (پاییکلک و فاکس، 1992؛ جمیسون و لایتل، 1996؛ سیمز و همکاران، 1995؛ زبارث و همکاران، 2002). سیمز و همکاران (1995) تنها قرائت مطلق کلروفیل متر را مورد استفاده قرار دادند. دیگر پژوهشگران قرائت مطلق و نسبی کلروفیل متر را مقایسه نموده و کارایی آنها را در تفکیک مناطق دارای عکس-العمل مثبت و بدون عکس‌العمل، یکسان ارزیابی کردند (پاییکلک و فاکس، 1992؛ جمیسون و لایتل، 1996؛ زبارث و همکاران، 2002). اگر با استفاده از کلروفیل‌متر، علاوه بر پیش‌بینی عکس‌العمل مثبت و یا عدم داشتن عکس‌العمل ذرت نسبت به مصرف کود نیتروژن، بتوان مقدار کود نیتروژن مورد نیاز و نیز مقدار عکس‌العمل مثبت عملکرد (افزایش عملکرد) را نیز پیش‌بینی نمود، مدیریت کلروفیل متر بسیار سودمندتر خواهد بود. به نظر می‌رسد پیش‌بینی و تخمین مقدار کود نیتروژن برای اتخاذ تصمیم‌های مدیریتی مفیدتر باشد، ولی در مناطقی که مصرف کود نیتروژن به دلیل عوامل مربوط به شرایط آب و هوایی انجام نگرفته و یا هدر رفته است، ارزیابی اینکه مقدار کاهش محصول در صورت عدم چاره‌اندیشی چه میزان خواهد بود، بسیار مفید می‌باشد.

لذا این مطالعه با اهداف زیر انجام گردید:

1- کالیبره نمودن قرائت کلروفیل متر با غلظت نیتروژن در برگ ذرت

2- ارتباط کلروفیل برگ با عملکرد گیاه در مراحل مختلف رشد

3- پیش‌بینی نیاز نیتروژن ذرت در طول دوره رشد

---

[1] Wolf

4- افزایش راندمان مصرف نیتروژن

5-کاهش مصرف نیتروژن به منظور حفظ بهداشت عمومی و محیطزیست

مواد و روش‌ها

به منظور انجام این مطالعه، آزمایشی در مزرعه ایستگاه تحقیقات خاک و آب کرج بر روی گیاه ذرت (*Zea Mays* L.) در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با 5 تیمار و 3 تکرار به شرح زیر به اجرا درآمد:

T1= شاهد (بدون مصرف کود نیتروژن)

T2= 25 درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه (به مقدار 100 کیلوگرم در هکتار)

T3= 50 درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه (به مقدار 200 کیلوگرم در هکتار)

T4= 75 درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه (به مقدار 300 کیلوگرم در هکتار)

T5= 100 درصد کود نیتروژن مورد نیاز گیاه (به مقدار 400 کیلوگرم در هکتار)

رقم مورد استفاده سینگل کراس 704، با تراکم 75000 بوته در هکتار، فاصله هر دو بوته 18 سانتیمتر، فاصله خطوط کشت 75 سانتیمتر بود و کشت به صورت جوی و پشته انجام گردید. قبل از اجرای آزمایش از قطعه مورد نظر نمونه‌برداری مرکب خاک انجام و بافت خاک، مقدار عناصر پر مصرف و کم مصرف، pH، درصد کربن آلی و قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک (EC) اندازه‌گیری گردید. تیمارهای کودی به صورت نواری در دو طرف پشته‌ها به فاصله 6 و 7 سانتیمتر زیر و کنار بذر اعمال گردید. فسفر و پتاسیم بر اساس آزمون خاک (به ترتیب 180 و 160 کیلوگرم در هکتار از منابع سوپر فسفات تریپل و سولفات پتاسیم) در هنگام کشت و نیتروژن از منبع کود اوره در سه تقسیط هنگام کشت، مرحله 4 برگی (V4) و 7 برگی (V7) مصرف گردید. هر بلوک شامل 5 تیمار بود که به صورت تصادفی در طول بلوک توزیع گردیده بودند. فاصله کرت‌ها (تیمارها) 75 سانتیمتر و فواصل بین بلوک‌ها 3 متر بود. از هر کرت 5-4 برگ انتخاب و حدود 30 قرائت توسط کلروفیل متر انجام گردید. قرائت کلروفیل و نمونه‌برداری برگ به منظور تعیین عملکرد برگ و اندازه‌گیری غلظت نیتروژن برگ در مراحل مختلف رشد گیاه شامل 3، 5، 7 و 10 برگی، گل دهی[1] و کاکل رفتن[2] (V3، V5، V7، V10، VT و R1) انجام شد. برگ‌های برداشت شده برای اندازه‌گیری غلظت نیتروژن به آزمایشگاه ارسال شدند. به منظور افزایش دقت هنگام قرائت کلروفیل متر، از قرائت برگ‌هایی که از نظر ظاهری ناسالم و با دیگر برگ‌های بوته متفاوت بودند، اجتناب گردید. قرائت بر روی اولین برگ تکامل یافته از بالای گیاه انجام گرفت. این برگ باید دارای یقه‌ای باشد که ساقه را احاطه نموده است. پس از انتخاب برگ، ناحیه قرائت در فاصله بین نوک و یقه برگ و در فاصله لبه برگ و رگبرگ میانی تعیین گردید. در پایان دوره رشد هنگامی که درصد رطوبت دانه 35-30 درصد بود، برداشت از خط وسط هر کرت با حذف 1 متر از بالا و پایین خط کشت و یک خط از طرفین انجام گردید. میزان عملکرد کل در هر مرحله و نیز در پایان دوره رشد در تیمار T5، با تعیین وزن خشک کل بوته بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید. عملکرد برگ در هر مرحله در هر یک از تیمارها با تعیین وزن خشک برگ‌های یک بوته در کرت و تبدیل آن به هکتار محاسبه گردید. عملکرد دانه نیز در پایان دوره رشد در هر یک از تیمارها بر حسب تن در هکتار محاسبه گردید.

تجزیه و تحلیل آماری

نتایج به دست آمده توسط نرم افزارهای SPSS و MSTATC مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفت. ترسیم نمودارها نیز توسط نرم‌افزار Excel انجام شد.

نتایج و بحث

اندازه‌گیری برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک

نتایج تجزیه آزمایشگاهی خصوصیات شیمیایی خاک مورد مطالعه در جدول 1 نشان داده شده است.

اثر تیمارهای مختلف بر خصوصیات برگ

اثر تیمارها بر اعداد قرائت شده کلروفیل‌متر و غلظت نیتروژن برگ

شکل 1 تأثیر تیمارها را بر مقادیر کلروفیل برگ از مرحله 3 برگی تا کاکل رفتن نشان می‌دهد. در تمام مراحل رشد به جز مرحله گل‌دهی، تفاوت تیمارها با شاهد و نیز تفاوت غالب تیمارها با یکدیگر، از نظر مقدار کلروفیل قرائت شده در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. البته در مرحله کاکل رفتن، فقط تفاوت T5 با شاهد و سایر تیمارها در سطح 5 درصد معنی‌دار شد، هرچند در سایر تیمارها نیز افزایش غیر معنی‌دار کلروفیل برگ مشاهده گردید.

شکل 2 نیز تأثیر تیمارها را بر غلظت نیتروژن برگ در 3 مرحله 3 برگی، 5 برگی و 10 برگی نشان می‌دهد. به جز این 3 مرحله، در سایر مراحل رشد تفاوت معنی‌داری از

---

[1] Tasseling

[2] Silking

نظر غلظت نیتروژن برگ در سطح 5 درصد بین تیمارها مشاهده نشد.

در کلیه مراحل رشد، مقدار قرائت کلروفیل و نیز غلظت نیتروژن برگ در تیمار شاهد (T1) کمترین و در تیمار 100 درصد مصرف نیتروژن مورد نیاز (T5) بیشترین مقدار را نشان داد. به عبارت دیگر در تمام مراحل رشد، با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، کلروفیل برگ افزایش یافت که مقدار این افزایش در مراحل مختلف متفاوت بود. بالاترین قرائت کلروفیل‌متر در تیمار T5 مربوط به مرحله 7 برگی بود (71/08) که تفاوت آن با بقیه مراحل در سطح 5 درصد معنی‌دار بود (شکل 1-پ). در شکل 1-ج که مرحله 10 برگی را نشان می‌دهد، قرائت کلروفیل نسبت به مرحله 7 برگی کمتر می‌باشد. همچنین غلظت نیتروژن برگ نیز در این مرحله کمتر از مرحله 7 برگی است (3/71 درصد در مقایسه با 3/99 درصد در تیمار T5 مرحله 7 برگی) که دلیل آن افزایش سریع رشد رویشی گیاه در این مرحله است (اثر رقت). در این مرحله رشد به قدری سریع است که هر 4-2 روز یکبار، با افزایش تعداد برگ‌ها، گیاه وارد مرحله جدیدی از رشد برگی می‌شود. در مراحل گل‌دهی و کاکل رفتن (شکل 1-د) نیز قرائت کلروفیل کاهش بیشتری را نسبت به دو مرحله قبل نشان می‌دهد که دلیل آن آغاز مرحله زایشی گیاه و تولید دانه است. با ورود گیاه به چرخه تولید، نیتروژن بیشتری صرف تولید دانه می‌شود.

ارتباط بین غلظت نیتروژن برگ و مقدار کلروفیل

همبستگی بین قرائت کلروفیل و درصد نیتروژن برگ در تمام مراحل رشد گیاه تعیین گردید. بالاترین همبستگی بین غلظت نیتروژن و مقادیر قرائت کلروفیل‌متر در مرحله 7 برگی بدست آمد (R^2=0/85) که از تمام مراحل بیشتر بود (شکل 3). نتایج آزمایشات Wolf و همکاران (1988) نیز همبستگی بالایی بین مقدار کلروفیل و میزان نیتروژن برگ (R^2 =0/80) نشان داد. همانطور که در نتایج قبلی مشاهده شد بالاترین اعداد قرائت شده کلروفیل‌متر نیز مربوط به مرحله 7 برگی بود. به عبارت دیگر، در بالاترین میزان نیتروژن، بالاترین اعداد کلروفیل‌متر و در گیاهان شاهد، کمترین اعداد کلروفیل‌متر با کمترین میزان غلظت نیتروژن مشاهد شد که با نتایج تحقیقات بردمی (2005) همخوانی دارد.

ارتباط بین عملکرد و عدد کلروفیل

نتایج نشان داد در هر یک از مراحل رشد، با افزایش مقدار مصرف نیتروژن (تیمار های T1 تا T5) و افزایش میزان کلروفیل برگ، عملکرد برگ نیز افزایش یافت. در هر مرحله، بالاترین عملکرد برگ مربوط به تیمار T5 و کمترین عملکرد برگ مربوط به تیمارT1 بود. شکل 4 ارتباط بین میزان کلروفیل برگ و عملکرد را در تیمارهای مختلف نیتروژن از مرحله 3 برگی تا کاکل رفتن نشان می‌دهد.

تأثیر هر تیمار بر عملکرد در مراحل مختلف رشد از نظر آماری در سطح 5 درصد معنی‌دار بود. در تیمارهای T4 و T5، بالاترین عملکرد برگ در مرحله 10 برگی گیاه مشاهده شد (به ترتیب 4/16 و 4/19 تن در هکتار) و بعد از آن با آغاز مرحله زایشی گیاه، عملکرد برگ کاهش یافت (شکل 5). به عبارت دیگر، تیمارهای T4 و T5 از نظر عملکرد برگ در مراحل مختلف رشد و عملکرد دانه در هنگام برداشت تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند (شکل 5 و شکل 7). علاوه بر این، مطابق شکل 6، تفاوت تیمارهای T4 و T5 از نظر درصد نیتروژن و مقدارکلروفیل برگ نیز در مراحل 7 برگی و 10 برگی در سطح 5 درصد معنی‌دار نبود.

شکل 6 نشان می‌دهد بالاترین قرائت کلروفیل و مقدار نیتروژن برگ در هر دو تیمار T4 و T5، قبل از مرحله 10 برگی اتفاق افتاده است. افزایش تعداد و اندازه برگ‌ها در مرحله 10 برگی نسبت به مرحله 7 برگی منجربه افزایش عملکرد برگ در این مرحله شده، اما غلظت نیتروژن و کلروفیل برگ به دلیل اثر رقت نسبت به مرحله 7 برگی کاهش یافته است. شکل 7 مقایسه بین عملکرد دانه در تیمارهای مختلف نیتروژن را نشان می‌دهد. چنانچه قرائت کلروفیل متر در مرحله 7 برگی که همزمان با رشد سریع گیاه ذرت می‌باشد، عدد 72 را نشان دهد و غلظت نیتروژن برگ 3/99 درصد باشد، در نهایت دسترسی به عملکرد کل 24/85 و عملکرد دانه 12/87 تن در هکتار (شکل 7) قابل پیش‌بینی خواهد بود. با توجه به عدم تفاوت معنی‌دار عملکرد دانه تیمارهای T4 و T5 این پیش‌بینی را در تیمار T4 نیز می‌توان انجام داد. در این تیمار نیز چنانچه قرائت کلروفیل‌متر در مرحله 7 برگی، عدد 67/2 را نشان دهد و غلظت نیتروژن برگ 3/61 درصد باشد، دسترسی به عملکرد دانه 11/46 تن در هکتار (شکل 7) قابل پیش‌بینی خواهد بود. اما اگر قرائت‌ها در مراحل ذکر شده کمتر از این مقادیر باشد، یعنی گیاه دچار کمبود نیتروژن بوده و در صورت عدم مصرف سرک نیتروژن، دچار افت عملکرد خواهد شد. همچنین به منظور پیش‌بینی سریعتر، اگر در تیمار مصرف 75 درصد نیتروژن مورد نیاز (T4)، عدد کلروفیل‌متر در مرحله 3 برگی کمتر از 17 و در مرحله 5 برگی کمتر از 40 باشد، بیانگر کمبود بوده و برای پیشگیری از کاهش عملکرد، نیاز به مصرف سریع کود سرک نیتروژن وجود دارد. بدین

ترتیب با تشخیص زودهنگام کمبود، قادر به پیشگیری به موقع خواهیم بود.

نتیجه‌گیری‌نهایی و پیشنهادات

نتایج حاصل از اجرای آزمایش نشان داد بالاترین قرائت کلروفیل‌متر، درصد نیتروژن و عملکرد مربوط به تیمارهای T4 و T5 (75 و 100 درصد مصرف نیتروژن مورد نیاز گیاه) می‌باشد. از مقایسه عملکردها و اعداد کلروفیل متر می‌توان نتیجه گرفت در تیماری که 100 درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه (T5) مصرف شده است، هرگاه قرائت کلروفیل متر در مراحل 7 برگی و 10 برگی به ترتیب اعداد 72 و 58/18 را نشان دهد و غلظت نیتروژن برگ به ترتیب 3/99 و 3/71 درصد باشد، بیانگر کافی بودن مقدار نیتروژن مصرفی گیاه بوده و در نهایت دسترسی به عملکرد کل 24/85 و عملکرد دانه 12/87 تن در هکتار را قابل پیش‌بینی خواهد ساخت.

از طرفی در راستای توجیه اقتصادی و جلوگیری از مصرف بی‌رویه کود، با توجه به اینکه تیمارهای T4 و T5 از نظر میزان کلروفیل و عملکرد برگ در مراحل مختلف رشد و نیز عملکرد دانه هنگام برداشت، تفاوت آماری معنی‌داری با یکدیگر نداشتند، می‌توان تیمار مصرف 75 درصد نیتروژن مورد نیاز (T4) را مبنا قرار داده و به عنوان تیمار مصرف بهینه کود نیتروژن معرفی نمود. عدم تفاوت معنی‌دار تیمارهای T4 و T5 نشان داد که تیمار T4 از نظر مصرف کود نیتروژن کافی بوده و نیازی به اعمال تیمار T5 نمی‌باشد. بدین ترتیب گامی نیز در جهت کاهش مصرف بی‌رویه کود برداشته خواهد شد.

در تیمار T4 نیز هرگاه قرائت کلروفیل‌متر در مراحل 7 برگی و 10 برگی به ترتیب اعداد 67/20 و 56/55 را نشان دهد و غلظت نیتروژن برگ به ترتیب 3/69 و 3/49 درصد باشد، بیانگر این است که مقدار نیتروژن مصرفی گیاه کافی بوده و دسترسی به عملکرد دانه 11/46 تن در هکتار قابل پیش‌بینی خواهد بود، اما اگر قرائت‌ها در مراحل ذکر شده کمتر از این مقادیر باشد، یعنی گیاه دچار کمبود نیتروژن بوده و در صورت عدم مصرف سرک نیتروژن، دچار افت عملکرد خواهد شد. بر این اساس، بررسی قرائت‌های کلروفیل برگ در مراحل قبل‌تر (3 و 5 برگی) نیز می‌تواند ما را در دستیابی سریعتر به نتیجه یاری نماید. بدین ترتیب که اگر در تیمار مصرف 75 درصد نیتروژن مورد نیاز (T4)، عدد کلروفیل‌متر در مرحله 3 برگی کمتر از 17 و در مرحله 5 برگی کمتر از 40 باشد، بیانگر کمبود بوده و برای پیشگیری از کاهش عملکرد، نیاز به مصرف سریع کود سرک نیتروژن وجود دارد. بدین ترتیب با تشخیص زودهنگام کمبود، پیشگیری به موقع امکان پذیرخواهد بود.

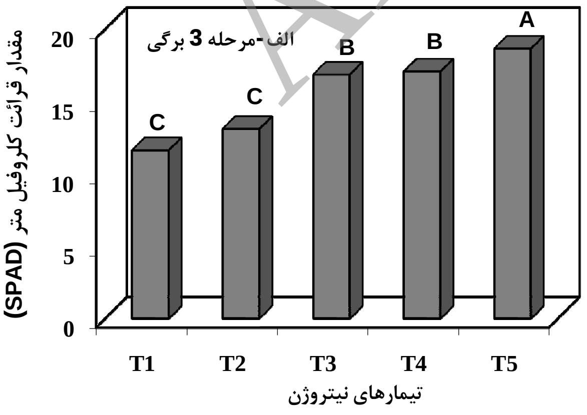
در توضیح این مطلب می‌توان اشاره داشت در تیمارهای T1، T2 و T3 که نسبت به تیمارهای T4 و T5، کاهش معنی‌دار عملکرد دانه دیده شد (عملکرد دانه به ترتیب 3/8، 6/5 و 8/9 تن در هکتار)، میزان کلروفیل برگ در مراحل مختلف رشد به طور معنی‌داری کمتر از اعداد قرائت شده کلروفیل برگ در تیمارهای T4 و T5 بود. به عنوان مثال در تیمار T2 که اعداد کلروفیل متر در مراحل 3، 5، 7 و 10 برگی به ترتیب برابر 13/1، 31/35، 64/80 و 45 بود، کاهش 5-6/5 تن در هکتار عملکرد دانه نسبت به تیمارهای T4 و T5 مشاهده گردید.

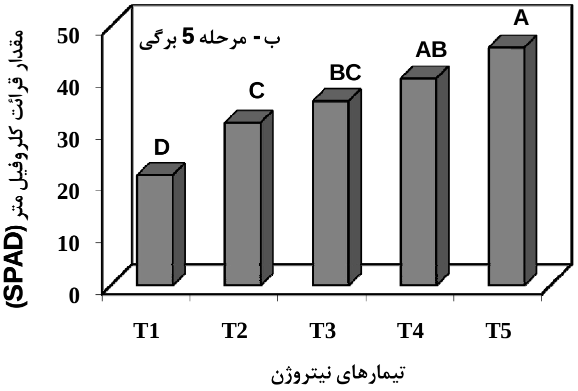
بنابر نتایج ذکر شده می‌توان چنین اظهار داشت که با پیش‌بینی مقدار نیاز نیتروژنه گیاه در مراحل مهم رشد با استفاده از کلروفیل‌متر، می‌توان زمان مصرف کودهای نیتروژنه را به بهترین شکل مدیریت نمود، تعداد تقسیط نیتروژن را متناسب با نیاز گیاه انجام داد و نیتروژن مورد نیاز جهت رسیدن به عملکرد مطلوب را برآورد کرد.

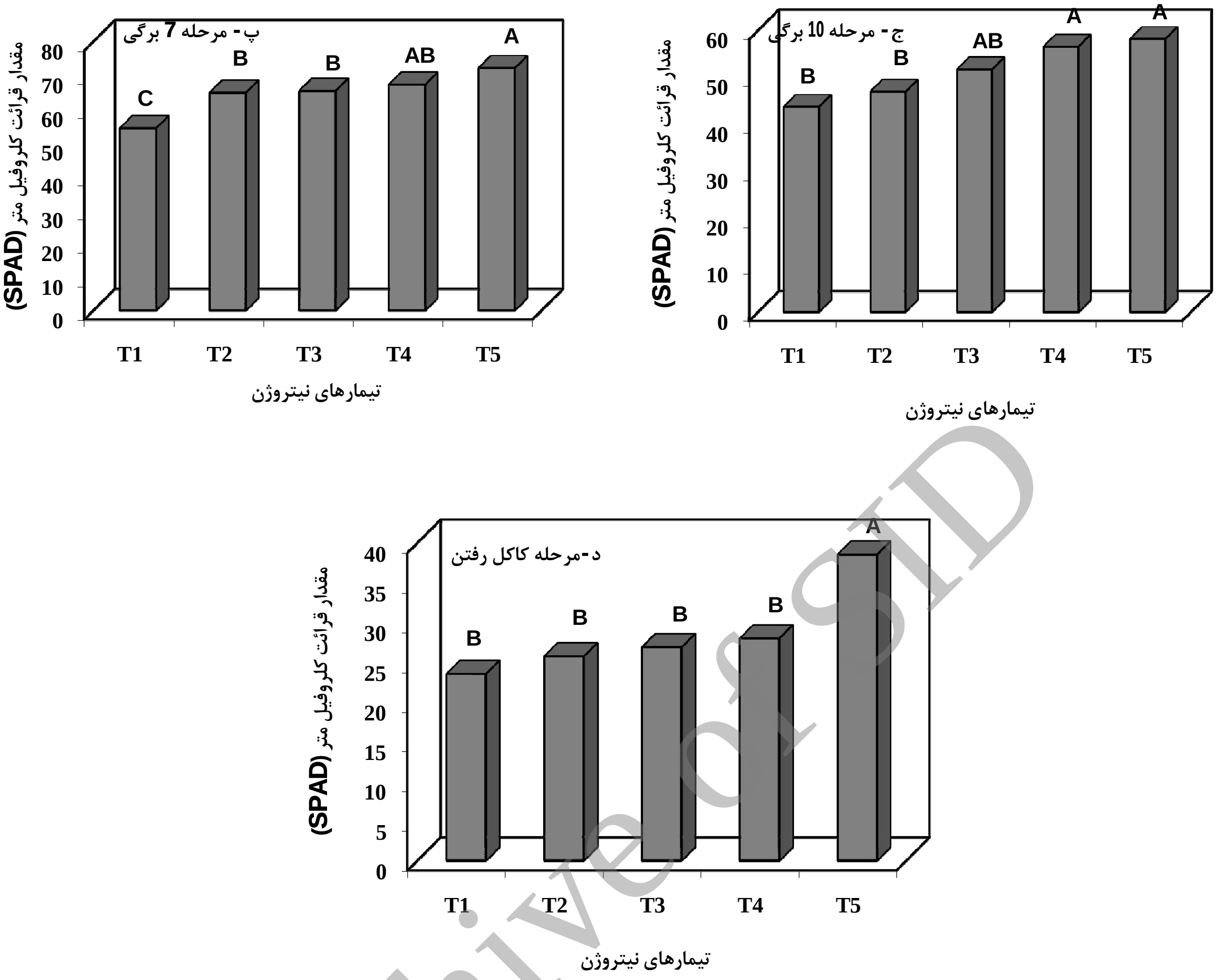
با توجه به اینکه استفاده از این وسیله راهکاری برای جلوگیری از مصرف بی‌رویه کودهای نیتروژنه، جلوگیری از تجمع نیترات در علوفه و ممانعت از آلوده نمودن محیط‌زیست و نیز رفع بهنگام کمبود نیتروژنه گیاه در هر یک از مراحل رشد می‌باشد، کاربرد آن درکشت محصول ذرت در سطح مزارع پیشنهاد می‌شود.

جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

پارامترهای اندازه‌گیری شده	واحد	عمق نمونه برداری (سانتیمتر)	
		0-30	30-60
		مقدار	
رس	درصد	20/4	22/4
سیلت		30	28
شن		49/6	49/6
قابلیت هدایت الکتریکی عصاره اشباع خاک	(دسی‌زیمنس بر متر)	0/054	1/06
pH		8/07	8/22
کربن آلی	درصد	0/51	0/38
نیتروژن کل		0/05	0/04
فسفر قابل استفاده	میلی‌گرم بر کیلوگرم	7/2	6/2
پتاسیم قابل استفاده		220	188
مس قابل استفاده		3/12	2/04
آهن قابل استفاده		2/1	1/78
منگنز قابل استفاده		6/18	3/74
روی قابل استفاده		6/34	0/76

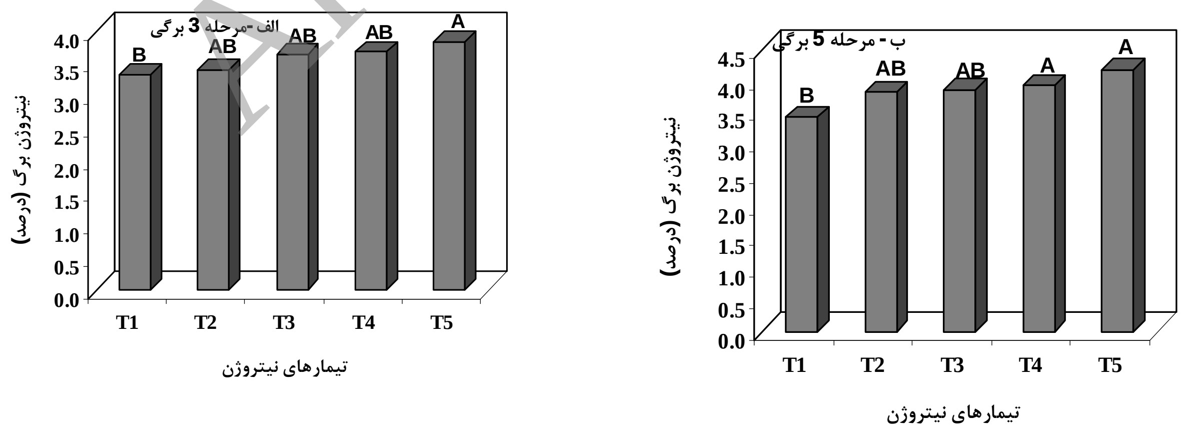


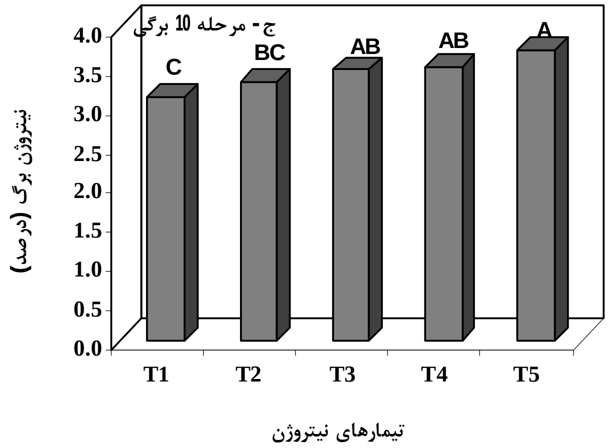




شکل 1- تأثیر تیمارهای مختلف نیتروژن بر مقدار کلروفیل برگ در مراحل مختلف رشد گیاه

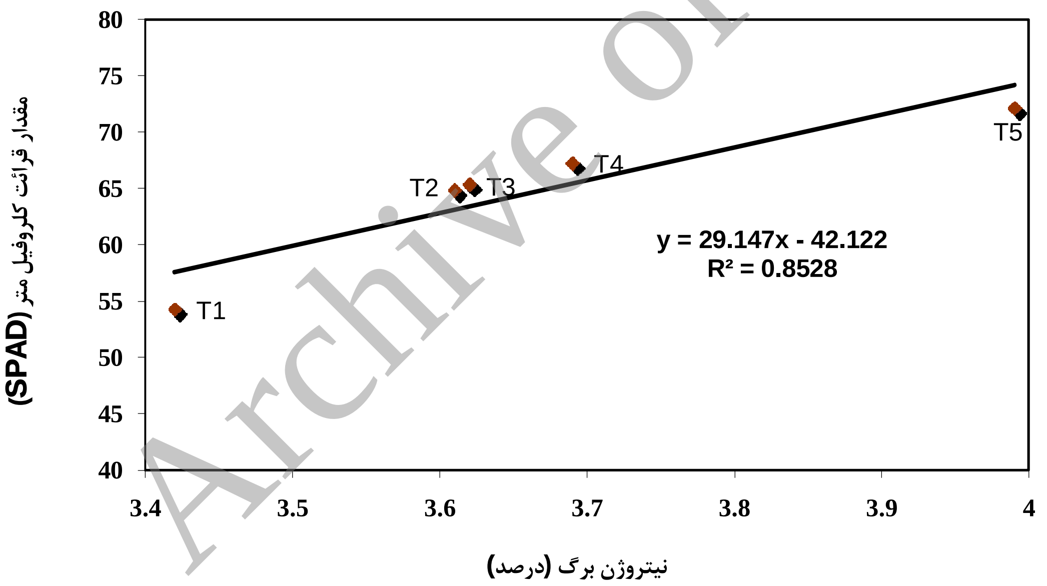
(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.)



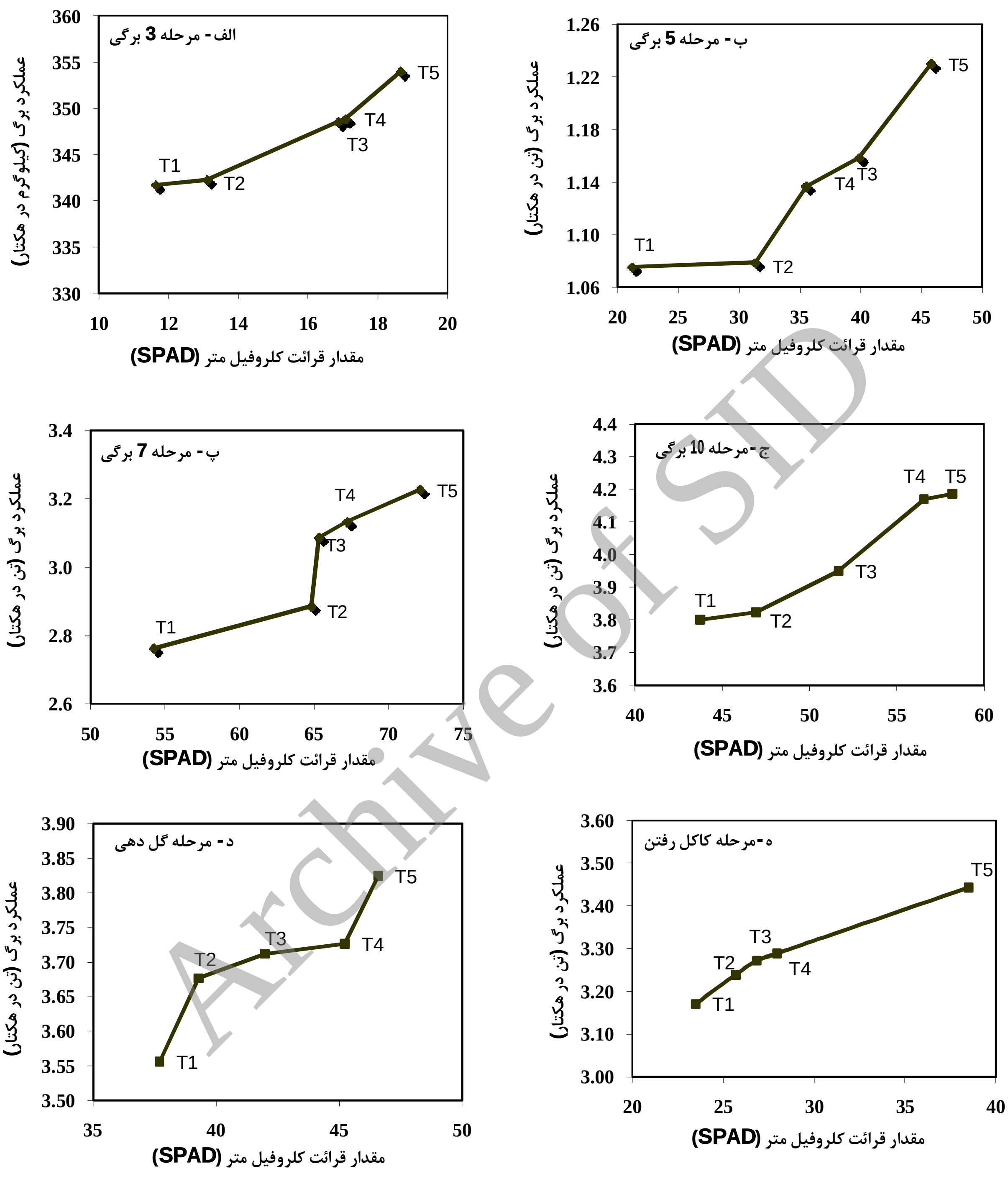


شکل 2- تأثیر تیمارهای مختلف نیتروژن غلظت نیتروژن برگ در مراحل مختلف رشد گیاه

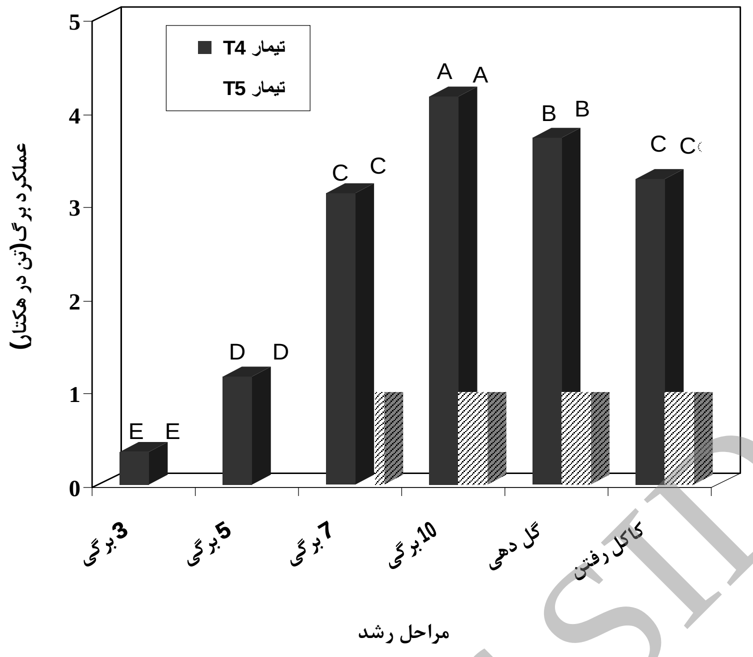
(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.)



شکل 3- ارتباط رگرسیونی بین درصد نیتروژن برگ و قرائت کلروفیل متر در تیمارهای مختلف نیتروژن در مرحله 7 برگی

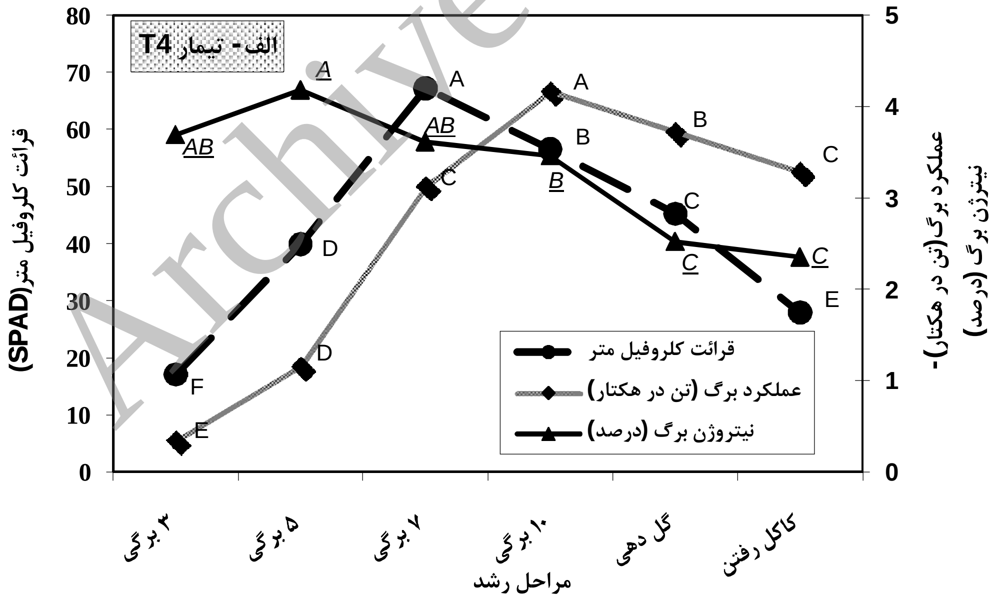


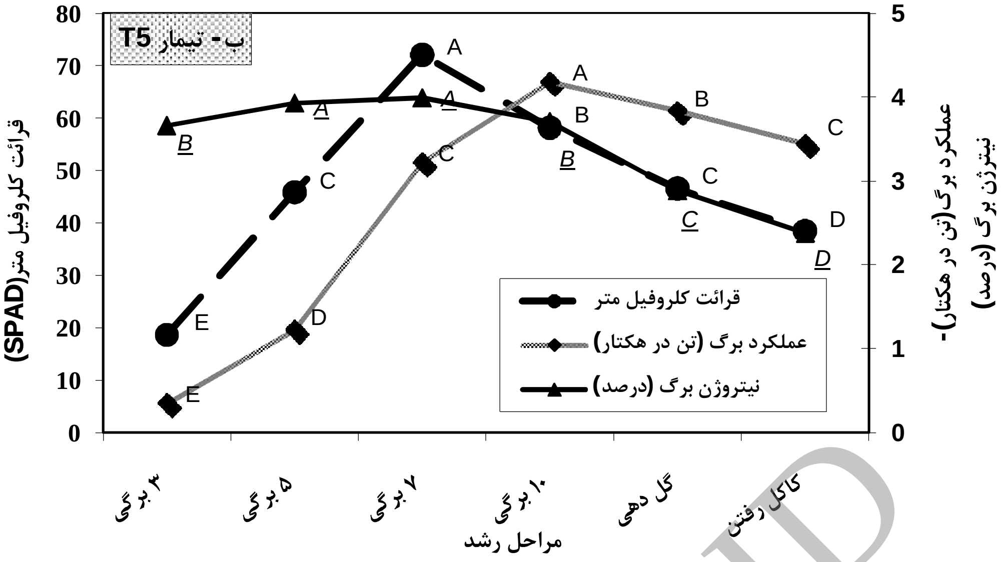
شکل 4- ارتباط بین مقدار کلروفیل و عملکرد برگ در تیمارهای نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه



شکل 5- مقایسه عملکرد برگ در تیمارهای مصرف 75 و 100 درصد کود نیتروژن مورد نیاز (T4 و T5) در مراحل مختلف رشد

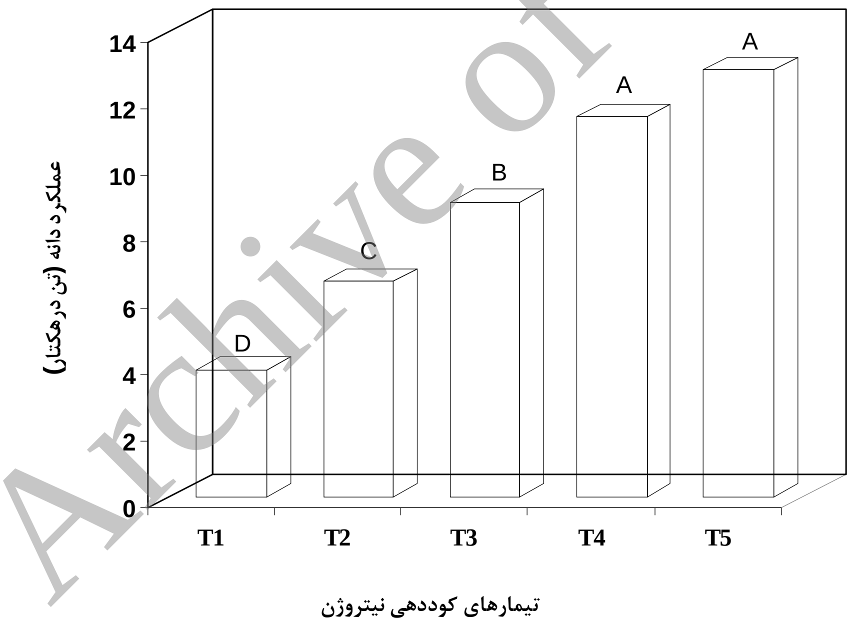
(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.)





شکل 6- عملکرد، درصد نیتروژن و مقدار کلروفیل برگ در تیمارهای مصرف 75 و 100 درصد کود نیتروژن مورد نیاز (T4 و T5) در مراحل مختلف رشد

(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند.)



شکل 7- مقایسه عملکرد دانه در تیمار های مختلف مصرف کود نیتروژن

(میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند

فهرست منابع:

1. خدابنده، ن. 1377. غلات. چاپ پنجم با تجدید نظر. مؤسسه انتشارات و چاپ دانشگاه تهران. تهران، ایران، 537 صفحه.
2. زهتابیان غ. ر.، ب. امیری، م. سوری. 1384. بررسی و مقایسه وضعیت عناصر غذایی خاک با تأکید برN ، P، K در اراضی کشاورزی و مرتعی (مطالعه موردی خدابنده زنجان). مجله پژوهش و سازندگی. جلد 18 شماره 3 صفحات 19-9.
3. سماوات، س. 1380. بررسی نیاز غذایی ذرت با استفاده از کلروفیل برگ. موسسه تحقیقات خاک و آب، نشریه فنی شماره 1120، تهران، ایران.
4. گلدانی، م.، س. م. خرازی، پ. پتر. 1389. تأثیر عناصر غذایی پرمصرف (N، P، K) بر برخی از خصوصیات رشدی دو رقم تجاری ذرت (KWS2360 و Ressuda Pionee) در محیط آبکشت. نشریه بوم شناسی کشاورزی. جلد 2 شماره 3 صفحات 473-459.
5. مجیدیان، م.، ا. قلاوند، ع .ا. کامکار حقیقی، ن. کریمیان. 1387. تأثیر تنش خشکی، کود نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه‌ای رقم سینگل کراس 704. مجله علوم زراعی ایران. جلد 10 شماره 3 صفحات 330-303.
6. ملکوتی، م. ج. 1375. کشاورزی پایدار و افزایش عملکرد با بهینه‌سازی مصرف کود در ایران. نشر آموزش کشاورزی.
7. نوشاد، ح. رونقی ع. م. و ن. ع. کریمیان. 1380. بهبود بازدهی کود ازته در کشت ذرت، با اندازه‌گیری ازت نیتراتی خاک وکلروفیل برگ. مجله تولید و فراوری محصولات زراعی و باغی. جلد 5 شماره 3 صفحات 65-78.
8. Blackmer, T. M., J. S. Schepers, M. F. Vigil. 1993. Chlorophyll meter readings in corn as affected by plant spacing. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 24: 2507- 2516.
9. Blackmer, T. M., J. S. Schepers. 1994. Thecnigues for monitoring crop nitrogen status in corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 1791-1800.
10. Bredemeier, C. 2005. Laser- induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for sire-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. PhD. Thesis. Technical University of Munich, Germany. 219 pp.
11. Costa, C. 1991. Nitrogen rates and cholorophyll content in maize leaves. Photosynth. Res., 25: 447-450.
12. Dwyer, L. M., M. T. Llenar, L. Houwing. 1991. A nondestructive method to monitor leaf greenness in corn. Can. J. Plant Sci. 71: 505-509.
13. Follett, R. H., R. F., Follett, A. D. Halvorson. 1992. Use of a chlorophyll meter to evaluate the nitrogen status of dryland winter wheat. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 23:687-697.
14. Fox, R. H, W. P. Piekeeled, K. M. Macneal. 1994. Using a chlorophyll meter to predict nitrogen fertilizer needs of winter wheat. Comm. Soil Sci. Plant Anal. 25: 171-181.
15. Furya, S. 1987. Growth diagnosis of rice plant by means of leaf color. Jpn. Agric. Res. Q. 20: 147-153.
16. Hopkins, W. G. 2004. Introduction to plant physiology (3 rd ed). Published in the U. S. with John Wiely and Sons.
17. Jemison, J. M., D. E. Lytle. 1996. Field evaluation of two nitrogen testing methods in Mainc. J. Prod. Agr. 9: 108-113.
18. Markwell, J., J. C. Osterman, J. L. Mitchell. 1995. Calibration of the Minoldata SPAD-502 leaf chlorophyll meter. Phyto. Res. 46: 467-472.
19. Madakadze, I. C., K. A. Stewart, R. M., Madakadze, P. R. Peterson, B. E. Coulman, D. L. Smith. 1999. Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. J. Plant Nutr. 22 (6): 1001-1010.
20. Piekielek, W. P, R. H. Fox, J. D. Toth, K. F. Macneal. 1995. Use of a chlorophyll meter at the early dent stage of corn to evaluate nitrogen sufficiency. Agron. J. 87: 403-408.

21. Piekielek, W. P., R. H. Fox. 1992. Use of a chlorophyll meter to predict sidedress nitrogen requirements of maize. Agron. J. 84: 59-65.
22. Reeves, D. W., C. W. Wood and D. P. Delaney. 1993. Determination of wheat nitrogen status with a handheld chlorophyll meter. J. Plant Nutr. 16 (5): 781-796.
23. Schadchina, T. M., V. V. Dmitriva. 1995. Leaf chorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of palnt nitrogen uptake from the soil. J. Plant Nutr. 18 (7): 1427-1437.
24. Scharf, P. C., S. M. Brouder. 2006. Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north – central USA. Agron. J. 98: 655-665.
25. Schepers, J. S., D. D. Francis. M. Vigil, F. E. Below. 1992. Comparsion of corn leaf nitrogen concentration and chlorophyll meter readings. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 23: 2173-2187.
26. Schlemmer, M. R., D. D. Francis, J. F. Shanahan, J. S. Schepers. 2005. Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. Agron. J. 97: 106-112.
27. Sims, J. T., B. L. Vasilas, K. L. Gartley, B. Milliken, V. Green. 1995. Evaluation of soils and plant nitrogen tests for maize on manured soils of the Atlantic Coastal plain. Agron. J. 87: 213-222.
28. Smeal, D., H. Zhang. 1994. Chlorophyllmeter evaluation for nitrogen management in corn. Commun. Soil Sci. Plant Anal. 25: 9-15.
29. Wolf, D. W., D. W. Henderson, T. Chsiao, A. Alvino. 1988. Interactive water and nitrogen effects on senescence of maize: I. Leaf area duration nitrogen distribution, and yield. Agron. J. 80: 859-864.
30. Wood, C. W., D. W. Reeves, D. Edmisten. 1992. Field chlorophyll measurments for nitrogen status. J. Plant Nutr. 15 (4): 487-500.
31. Zebarth, B. J., M. Younie, J. W. Panl, S. Bittman. 2002. Evaluation of leaf chlorophyll index for making fertilizer nitrogen recommendation for silage corn in a high fertility environment. Commun. Soil. Sci. Plant Anal. 33: 665-684.