

## تخمین نیاز کود نیتروژن و عملکرد دانه ذرت با استفاده از کلروفیل متر

### طی مراحل مختلف رشد

زهرا خادمی<sup>1\*</sup> و فاطمه اسدی

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب : [zr\\_khademi@yahoo.com](mailto:zr_khademi@yahoo.com)

عضو هیأت علمی مؤسسه تحقیقات خاک و آب : [ffasadi@yahoo.com](mailto:ffasadi@yahoo.com)

### چکیده

کود نیتروژن یکی از نهاده‌های عمده برای تولید ذرت (*Zea mays L.*) می‌باشد. کلروفیل متر 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 برگگی و 7 برگگی مصرف گردید. نمونه برداری برگ و قرائت کلروفیل توسط دستگاه کلروفیل متر در مراحل مختلف رشد گیاه شامل 3، 5، 7 و 10 برگگی، گل‌دهی و کاکل رفتن انجام شد. بررسی نتایج نشان داد بالاترین قرائت کلروفیل متر، 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 برگگی و 10 برگگی 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 برگگی) نیز می‌تواند ما را در دستیابی سریعتر به نتیجه یاری نماید. بدین ترتیب که اگر عدد کلروفیل متر در مرحله 3 برگگی کمتر از 17 و در مرحله 5 برگگی 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

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 مبتلا شدن گیاه

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

<sup>1</sup> 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

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 می شود 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 واریته های مختلف با هم متفاوت می باشد (کوستا، 1991). نتایج برخی از پژوهش ها نشان می دهد که در بالاترین میزان نیتروژن، بالاترین اعداد کلروفیل متر و در گیاهان شاهد، کمترین اعداد کلروفیل متر مشاهده می شود (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 سبزیگی 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 کلروفیل متر همبستگی مثبت معنی داری به دست آمد. اسچادچینا و دمیتریوا (1995) در تحقیقی بر روی گندم نشان دادند که اندازه گیری کلروفیل، شاخص مطمئن تری در تخمین جذب نیتروژن از خاک نسبت به غلظت نیتروژن برگ می باشد.

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 کلروفیل متر می تواند با اطمینان کمبود و نقش نیتروژن در گیاه ذرت را نشان دهد. این تحقیقات عمدتاً بر مناطقی که مصرف کود نیتروژن در گیاه پاسخ (عکس العمل) مثبت نشان داده و یا نداده، تمرکز نموده اند. از مقادیر کلروفیل متر می توان 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 کلروفیل متر در مراحل مختلف رشد ذرت تحقیقاتی نشان داده که بیشترین همبستگی بین قرائت کلروفیل متر و نیتروژن کل در مرحله 4 تا 6 برگی بوده، به عبارت دیگر، کاربرد این دستگاه را بیشتر در اوایل مرحله رشد ذرت

به آفات و امراض، علف های هرز و تنش آب ممانعت به عمل می آورد (خدابنده، 1377؛ زهتابیان و همکاران، 1384؛ مجیدیان و همکاران، 1387).

راندمان پایین کودهای نیتروژنه در کشور، دستیابی به روش های مختلف در جهت افزایش کارایی این کودها و نهایتاً افزایش عملکرد گیاه را ضروری می نماید. 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، بدین معنی که کود نیتروژن در زمان مورد نیاز گیاه و با سریعترین روش در اختیار گیاه قرار گیرد (بلکمر و اسچپرز، 1994؛ دوئر و همکاران، 1991؛ فولت و همکاران، 1992).

روش های متعددی جهت تعیین مقدار نیتروژن مورد نیاز گیاه وجود دارد که یکی از این روش ها تعیین میزان نیتروژن برگ بر اساس اندازه گیری میزان نسبی کلروفیل می باشد. با توجه به همبستگی بالای میزان کلروفیل با نیتروژن برگ، استفاده از این روش در بهبود مدیریت کود نیتروژن بسیار سودمند می باشد (بلکمر و اسچپرز، 1994؛ دیبر و همکاران، 1991؛ فاکس و همکاران، 1994؛ پایکلک و همکاران، 1995؛ هاپکینز، 2004). لزوم پیش بینی مقدار نیاز نیتروژنه گیاه و مدیریت زمان مصرف کودهای نیتروژنه، استفاده از کلروفیل متر را به عنوان شیوه ای برای جلوگیری از استفاده بی رویه کودهای نیتروژنه و آلوده نمودن محیط زیست و یا رفع کمبود نیتروژنه گیاه توجیه می نماید. با کمک این وسیله می توان نیتروژن مورد نیاز جهت رسیدن به عملکرد مطلوب را برآورد کرد (مجیدیان و همکاران، 1387). در این روش می توان با استفاده از کلروفیل متر، 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 کلروفیل متر، انتقال نور مادون قرمز<sup>1</sup> را از میان تک تک برگ ها اندازه گیری می نماید و قرائت آن که روشی برای تعیین سریع شدت سبزینه گیاه می باشد، با غلظت کلروفیل

<sup>1</sup> Infrared

متر تأثیر گذارند. در تمامی مراحل رشد بیشترین میزان عدد کلروفیل متر در تیمارهای حاوی NPK مشاهده شد. نتایج این آزمایش نشان داد که اعداد کلروفیل متر 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 کلروفیل متر در کل مراحل رشد در تیمار فاقد نیتروژن به دست آمد. همچنین با افزایش سن گیاه نیز میزان اعداد کلروفیل متر کاهش یافت.

لازم به ذکر است تا به حال کلروفیل متر 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؛ زبارت 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؛ زبارت و همکاران، 2002). اگر با استفاده از کلروفیل متر، 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

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؛ فریسا، 1987؛ پاییکلک و فاکس، 1992؛ پاییکلک و همکاران، 1995؛ اسچپرز و همکاران، 1992). البته همبستگی بین قرائت کلروفیل متر 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 کلروفیل متر به منظور پیش‌بینی میزان نیترات پای بوته ذرت استفاده نموده و در مرحله 6 برگی (V6) عدد کلروفیل متر (43/4) را به عنوان حد بحرانی نیتروژن به منظور توصیه کودی پیشنهاد نمودند.

نتایج آزمایشات ولف<sup>1</sup> 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

<sup>1</sup> Wolf

4- افزایش راندمان مصرف نیتروژن

5- کاهش مصرف نیتروژن به منظور حفظ بهداشت عمومی و محیط زیست

### 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 نمونه برداری 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 تقسیم 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 4-5 برگ انتخاب و حدود 30 قرائت توسط کلروفیل متر انجام گردید. قرائت کلروفیل و نمونه برداری 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<sup>1</sup> و کاکل رفتن<sup>2</sup> (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 30-35 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 کلروفیل متر 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

<sup>1</sup> Tasseling

<sup>2</sup> Silking

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 مقدار کلروفیل 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 منجر به 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 کلروفیل متر 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 کلروفیل متر 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

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 کلروفیل متر 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 2-4 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 کلروفیل متر 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 کلروفیل متر نیز مربوط به مرحله 7 برگی بود. به عبارت دیگر، در بالاترین میزان نیتروژن، بالاترین اعداد کلروفیل متر و در گیاهان شاهد، کمترین اعداد کلروفیل متر با کمترین میزان غلظت نیتروژن مشاهده 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 (تیمارهای 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 تیمار T1 بود. شکل 4

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

### نتیجه گیری نهایی و پیشنهادات

نتایج حاصل از اجرای آزمایش نشان داد بالاترین قرائت کلروفیل متر، درصد نیتروژن و عملکرد مربوط به تیمارهای T4 و T5 (75 و 100 درصد مصرف نیتروژن مورد نیاز گیاه) می باشد. از مقایسه عملکردها و اعداد کلروفیل متر می توان نتیجه گرفت در تیماری که 100 درصد نیتروژن مورد نیاز گیاه (T5) مصرف شده است، هرگاه قرائت کلروفیل متر در مراحل 7 برگگی و 10 برگگی 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 پیش بینی خواهد ساخت.

از طرفی در راستای توجیه اقتصادی و جلوگیری از مصرف بی رویه 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 معنی داری با یکدیگر نداشتند، می توان تیمار مصرف 75 درصد نیتروژن مورد نیاز (T4) را مبنا قرار داده و به عنوان تیمار مصرف بهینه کود نیتروژن معرفی نمود. عدم تفاوت معنی دار تیمارهای T4 و T5 نشان داد که تیمار T4 از نظر مصرف کود نیتروژن کافی بوده و نیازی به اعمال تیمار T5 نمی باشد. بدین ترتیب گامی نیز در جهت کاهش مصرف بی رویه کود برداشته خواهد شد. در تیمار T4 نیز هرگاه قرائت کلروفیل متر در مراحل 7 برگگی و 10 برگگی 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 پیش بینی خواهد بود، اما اگر قرائت ها 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 قرائت های کلروفیل برگ در مراحل قبل تر (3 و 5 برگگی) نیز می تواند ما را در دستیابی سریعتر به نتیجه یاری نماید. بدین ترتیب که اگر در تیمار مصرف 75 درصد نیتروژن مورد نیاز (T4)، عدد کلروفیل متر در مرحله 3 برگگی کمتر از 17 و در مرحله 5 برگگی 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 پذیر خواهد بود.

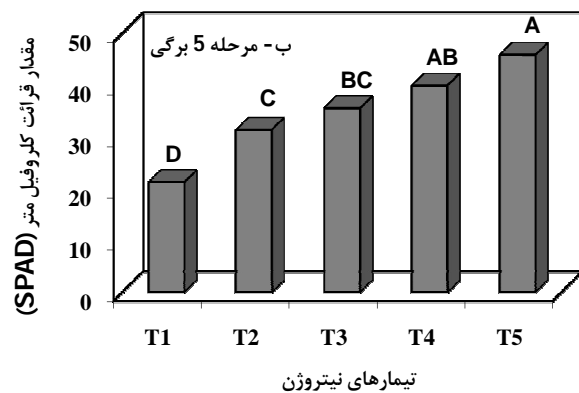
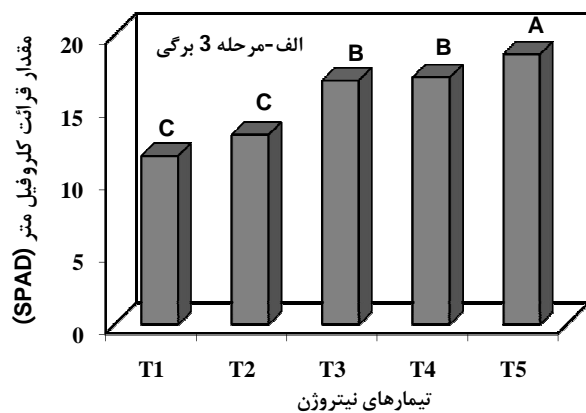
در توضیح این مطلب می توان اشاره داشت در تیمارهای T1، T2 و T3 که نسبت به تیمارهای T4 و T5، کاهش معنی دار عملکرد دانه دیده شد (عملکرد دانه به ترتیب 3/8، 6/5 و 8/9 تن در هکتار)، میزان کلروفیل برگ در مراحل مختلف رشد به طور معنی داری کمتر از اعداد قرائت شده کلروفیل برگ در تیمارهای T4 و T5 بود. به عنوان مثال در تیمار T2 که اعداد کلروفیل متر در مراحل 3، 5، 7 و 10 برگگی 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.

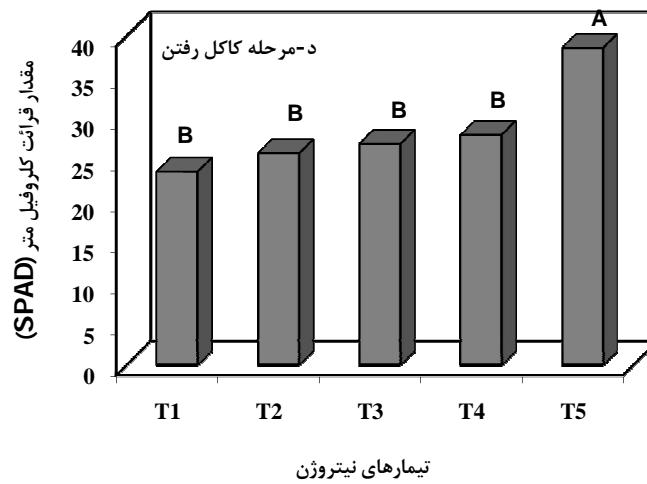
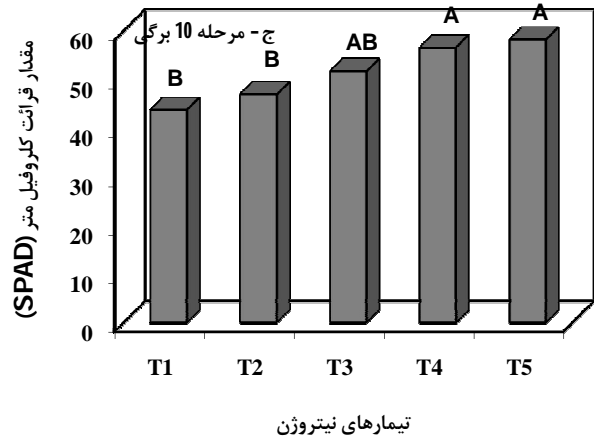
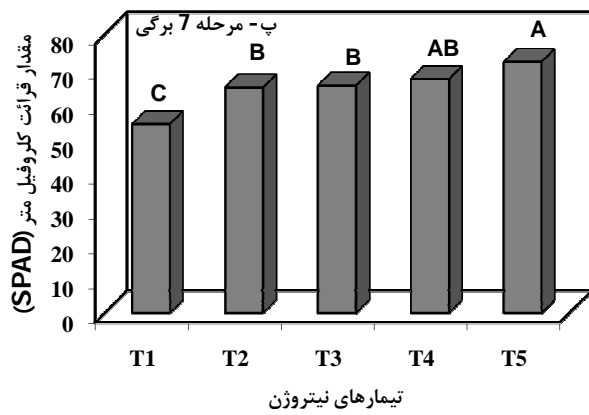
بنابر نتایج ذکر شده می توان چنین اظهار داشت که با پیش بینی مقدار نیاز نیتروژن گیاه در مراحل مهم رشد با استفاده از کلروفیل متر، می توان زمان مصرف کودهای نیتروژن را به بهترین شکل مدیریت نمود، تعداد تقسیط نیتروژن را متناسب با نیاز گیاه انجام داد و نیتروژن مورد نیاز جهت رسیدن به عملکرد مطلوب را برآورد کرد.

با توجه به اینکه استفاده از این وسیله راهکاری برای جلوگیری از مصرف بی رویه کودهای نیتروژن، جلوگیری از تجمع نیترات در علوفه و ممانعت از آلوده نمودن محیط زیست و نیز رفع بهنگام کمبود نیتروژن گیاه در هر یک از مراحل رشد می باشد، کاربرد آن در کشت محصول ذرت در سطح مزارع پیشنهاد می شود.

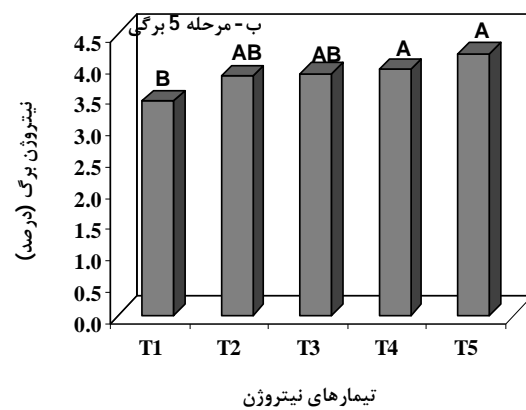
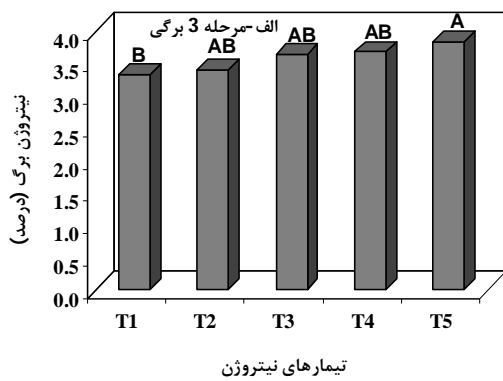
جدول 1- نتایج تجزیه فیزیکی و شیمیایی خاک مورد آزمایش

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

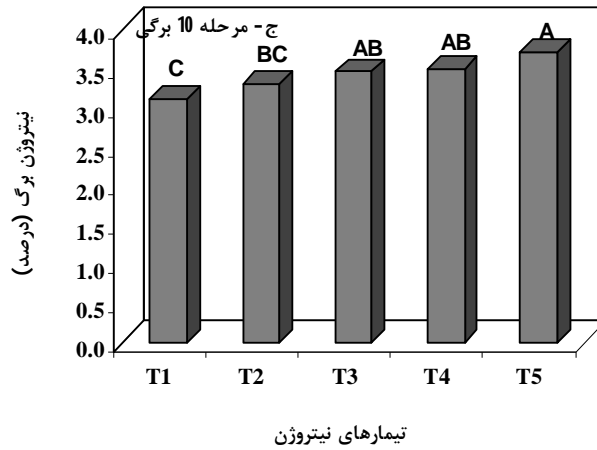




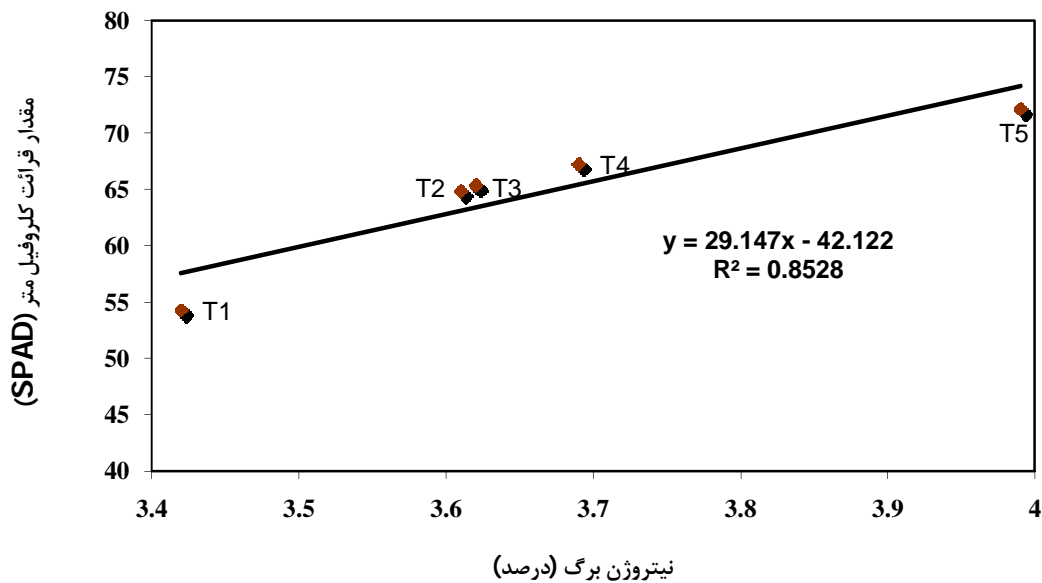
شکل 1- تأثیر تیمارهای مختلف نیتروژن بر مقدار کلروفیل برگ در مراحل مختلف رشد گیاه (میانگین‌های دارای حروف مشترک از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند).



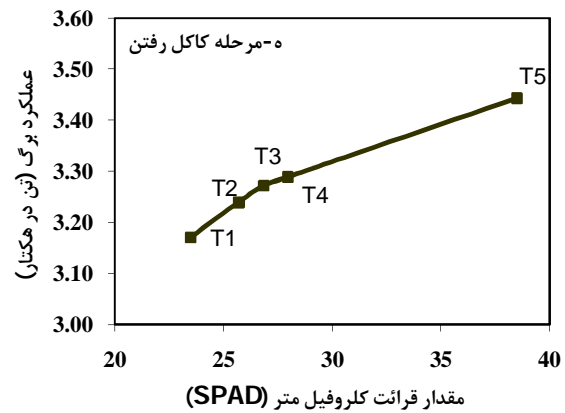
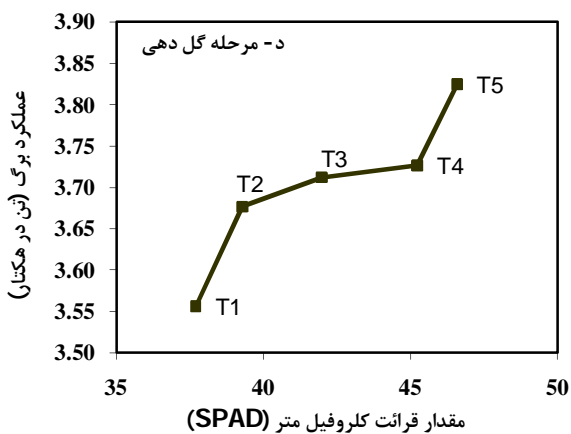
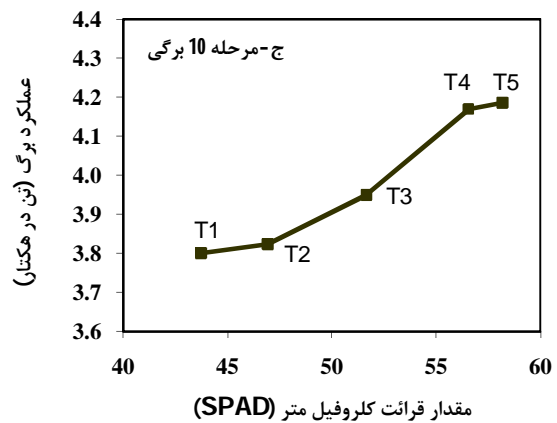
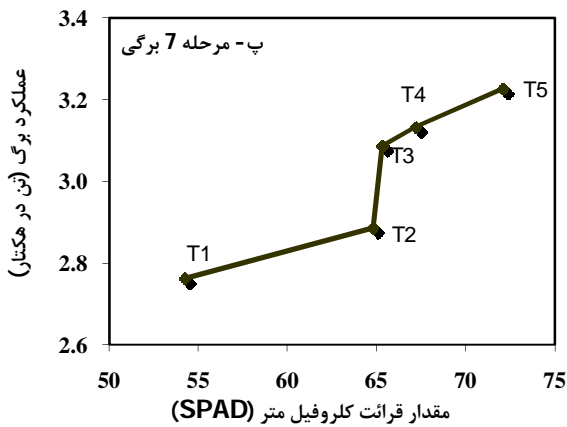
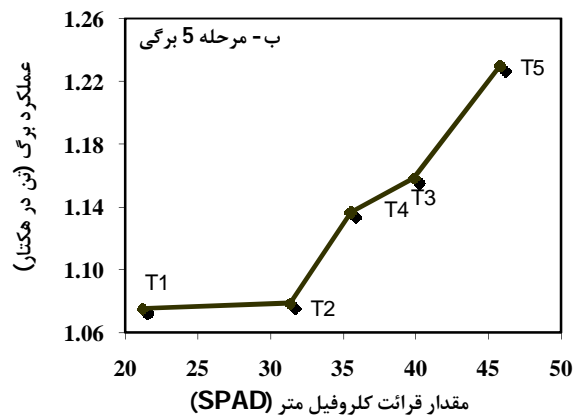
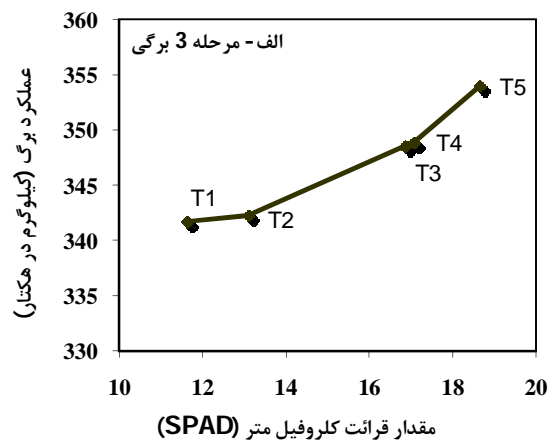




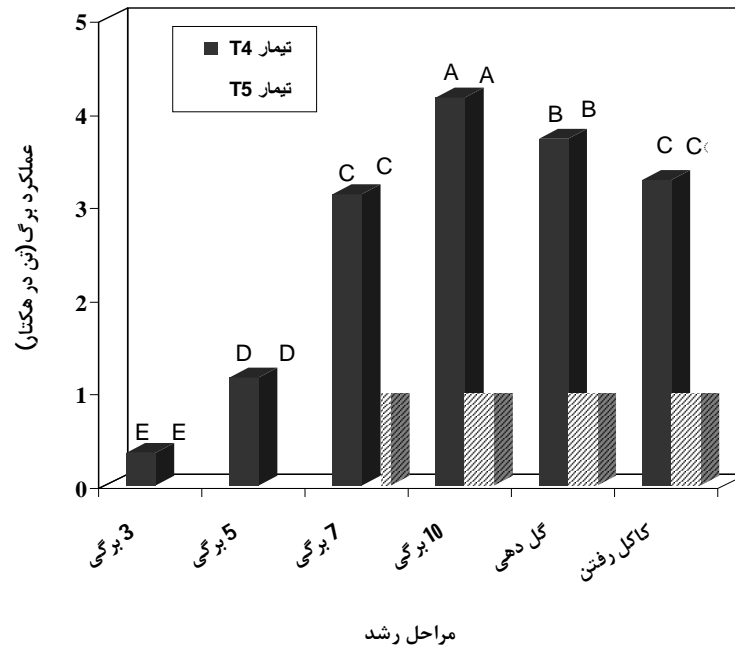
شکل 2- تأثیر تیمارهای مختلف نیتروژن غلظت نیتروژن برگ در مراحل مختلف رشد گیاه (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند).



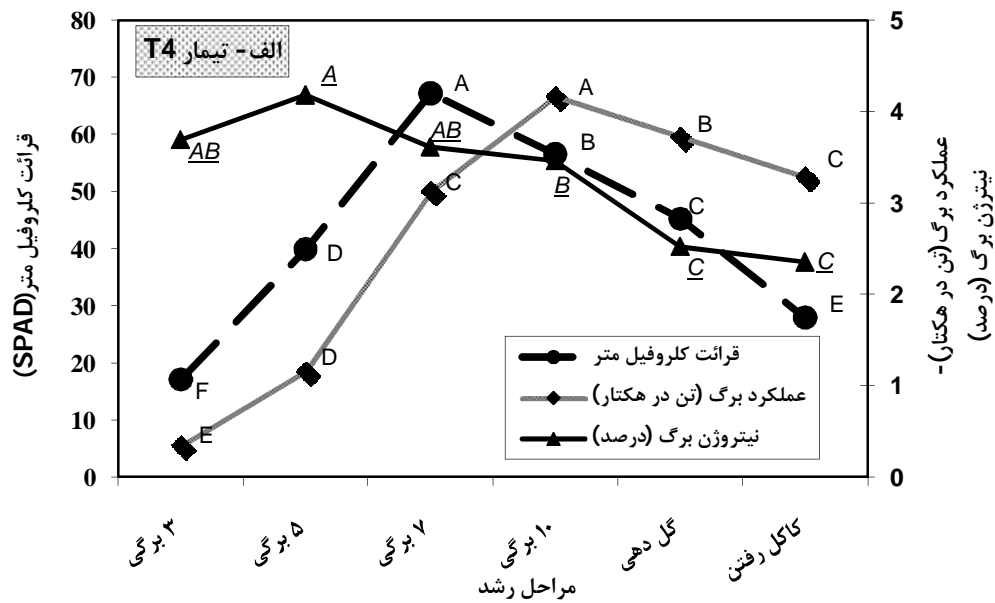
شکل 3- ارتباط رگرسیونی بین درصد نیتروژن برگ و قرأت کلروفیل متر در تیمارهای مختلف نیتروژن در مرحله 7 برگی

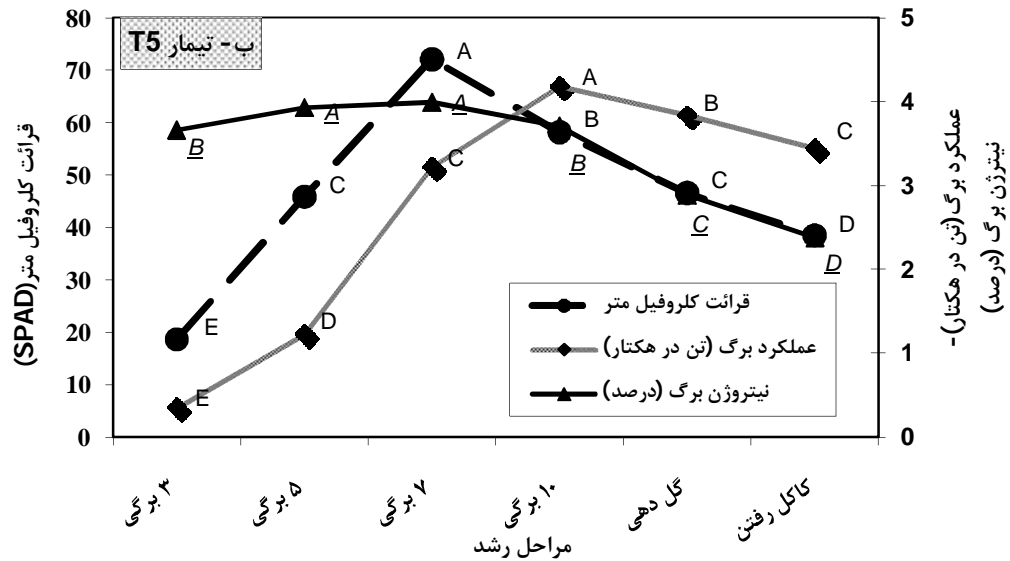


شکل 4- ارتباط بین مقدار کلروفیل و عملکرد برگ در تیمارهای نیتروژن در مراحل مختلف رشد گیاه



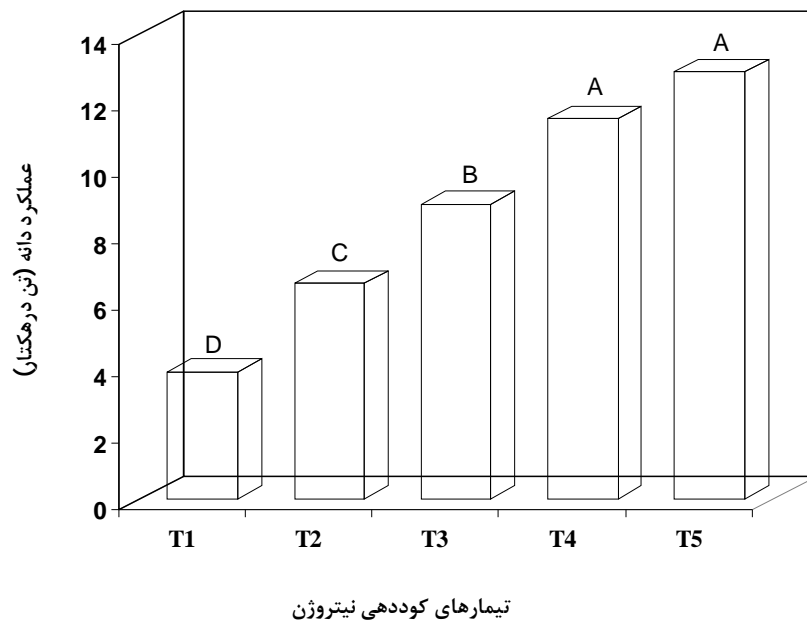
شکل 5- مقایسه عملکرد برگ در تیمارهای مصرف 75 و 100 درصد کود نیتروژن مورد نیاز (T5 و T4) در مراحل مختلف رشد (میانگین‌های دارای حداقل یک حرف مشترک، از نظر آماری در سطح 5 درصد تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند).





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 تیمارهای 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 بر N، 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 (K، P، N) 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 459-473.
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 303-330.
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 و کلروفیل 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 chlorophyll 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 chlorophyll content as a possible diagnostic mean for the evaluation of plant 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. Comparison 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 measurements 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.