

## اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴

### Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704

مجید مجیدیان<sup>۱</sup>، امیر قلاوند<sup>۲</sup>، علی اکبر کامگار حقیقی<sup>۳</sup> و نجفعلی کریمیان<sup>۴</sup>

#### چکیده

مجیدیان، م.، ا. قلاوند، ع. ا. کامگار حقیقی و ن. کریمیان. اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴. مجله علوم زراعی ایران. ۱۱ (۱): ۱۱-۲۰.

به منظور بررسی اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن، کود آلی و مخلوط کود نیتروژن و کود آلی بر قرائت کلروفیل متر، عملکرد دانه و اجزای عملکرد ذرت دانه ای سینگل کراس ۷۰۴، آزمایشی مزرعه‌ای، در دو سال زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس انجام شد. عوامل مورد مطالعه شامل مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن شیمیایی (صفر، ۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار)، مخلوط کودهای شیمیایی و آلی (۴۶ کیلوگرم نیتروژن + ۲/۵ تن کود آلی، ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود آلی و ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار) و کود آلی (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و سه سطح آبیاری (آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری معادل ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی گیاه) بودند. نتایج حاصله نشان دادند که کاهش نیتروژن با تنش خشکی باعث کاهش رشد گیاه ذرت شدند. با افزایش شدت تنش خشکی و افزایش مقدار نیتروژن، اعداد کلروفیل متر افزایش یافت و یک رابطه خطی با درصد نیتروژن دانه نشان داد. این ارتباط تحت تأثیر تیمارهای تنش خشکی قرار داشت. بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در سال اول و دوم در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی به مقدار ۷۵۵۵ و ۷۹۱۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در سال اول و دوم در آبیاری شاهد به مقدار ۸۷۵۶ و ۹۴۶۲ کیلوگرم در هکتار حاصل شد. تنش خشکی در آبیاری معادل ۵۰ و ۷۵ درصد نیاز آبی گیاه، عملکرد دانه را به ترتیب ۶۳ و ۴۱ درصد در سال اول و ۶۶ و ۴۱ درصد در سال دوم کاهش داد. بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در سال اول و دوم در برهمکنش تیمار کودی ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به مقدار ۱۱۷۹۰ و ۱۲۳۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. نتایج این پژوهش نشان داد که کود نیتروژن کافی از منابع شیمیایی، عملکرد دانه ذرت را در شرایط تنش خشکی به مقدار کم افزایش داد، در حالی که نیتروژن به صورت مخلوط (شیمیایی و آلی) عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی بیشتر افزایش می‌دهد و با آبیاری کامل عملکرد دانه افزایش بیشتری داشت. در شرایط تنش شدید خشکی، کود نیتروژن به صورت مخلوط با کود آلی توانست عملکرد دانه را افزایش دهد. بنابراین با مصرف توأم کودهای شیمیایی و آلی، علاوه بر کاهش میزان مصرف کودهای شیمیایی، عملکرد دانه نیز افزایش یافت. نتایج این پژوهش نشان داد که با مصرف ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه، ضمن صرفه جویی نیمی از کود شیمیایی نیتروژن، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب به ترتیب ۶/۲ و ۶ درصد در سال اول و ۴/۱ و ۴/۲ درصد در سال دوم نسبت به تیمار ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش یافت.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، ذرت، عملکرد دانه، اجزای عملکرد، قرائت کلروفیل متر، کود آلی، کود نیتروژن.

تاریخ دریافت: ۸۶/۱۱/۸

۱- دانشجوی دکتری زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس (مکاتبه کننده)

۲- دانشیار گروه زراعت دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس

۳- دانشیار بخش آبیاری دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

۴- استاد بخش خاک شناسی دانشکده کشاورزی دانشگاه شیراز

## نتیجه‌گیری

نیترژن چهارمین عنصر اصلی تشکیل دهنده وزن خشک گیاهان و یکی از اجزاء تشکیل دهنده بسیاری از مولکول‌های مهم از قبیل پروتئین‌ها، اسیدهای نوکلئیک، برخی هورمون‌ها، کلروفیل و انواع دیگری از مواد سازنده اولیه و ثانویه گیاهان است (Hopkins, 2004). کمبود نیترژن عملکرد را کاهش می‌دهد و این کاهش عملکرد از طریق کاهش توام تعداد دانه و وزن دانه می‌باشد (Uhart and Andrade, 1995a; Uhart and Andrade, 1995b). علت کاهش دانه ممکن است عدم باروری یا افزایش سقط و یا عدم تکامل آن باشد (Uhart and Andrade, 1995b). در آزمایش یوهارت و آندراده (Uhart and Andrade, 1995a)، کمبود نیترژن، وزن دانه را ۹ تا ۲۵ درصد و عملکرد دانه را بین ۱۴ تا ۸۰ درصد نسبت به شاهد، کاهش داد. تشخیص دقیق وضعیت نیترژن در گیاهان زراعی بسیار مهم می‌باشد. اگر نیترژن به میزان مطلوب در اختیار گیاه باشد، باعث افزایش عملکرد گیاه شده و آلودگی‌های کمتری نیز در محیط زیست به وجود می‌آید (Barracough and Kyle, 2001; Ebertseder et al., 2003). کلروفیل و نیترژن در گیاهان ارتباط نزدیکی با هم دارند و به همین دلیل از میزان کلروفیل برای تعیین وضعیت نیترژن در گیاهان استفاده می‌شود، و می‌توان با اندازه‌گیری کلروفیل توسط وسیله‌ای به نام کلروفیل متر، وضعیت نیترژن در گیاه را بدست آورد (Argenta et al., 2004; Scharf et al., 2006; Schlemmer et al., 2005; Zebarth et al., 2002). نتایج آزمایش‌های اسکارف و همکاران (Scharf et al., 2006) نشان داد که از مقادیر کلروفیل متر می‌توان برای تعیین غلظت نیترژن و هم چنین قابلیت دسترسی به نیترژن در گیاه ذرت استفاده نمود. مطالعات زیادی که بوسیله ماداکادزی و همکاران (Madakadze et al., 1999) نشان داده است که این روش مبتنی بر این موضوع است که در حدود ۷۰ درصد از

نیترژن برگ در کلروپلاست‌های آن انباشته می‌شوند و در نتیجه مقدار کلروفیل همبستگی زیادی با مقدار نیترژن دارد. استفاده از این روش بوسیله تعدادی از دانشمندان در گیاهانی مانند ذرت (Ma et al., 1999; Piekielek and Fox, 1992)، برنج (Turner and Jund, 1991)، گندم، پنبه، چاودار، لوبیا و سیب زمینی گزارش شده است (Madakadze et al., 1999). در گیاهان زراعی کمبود نیترژن باعث کاهش پروتئین و کلروفیل می‌شود. بریدمایر (Bredemeier, 2005) گزارش کرده است که بالاترین سطوح نیترژن بالاترین اعداد کلروفیل متر و کمترین اعداد کلروفیل متر نیز در گیاهان شاهد مشاهده می‌شود. ماداکادزی و همکاران (Madakadze et al., 1999) در بررسی‌های خود نتیجه گرفتند اعداد کلروفیل متر تا ۸۰ روز پس از کاشت افزایش یافته و سپس کاهش می‌یابند. کلروفیل متر یک وسیله دستی می‌باشد و اعداد حاصل از آن ارتباط با مقدار کلروفیل برگ دارد که آن رابطه میان انتقال نور در طول موج ۹۶۰ و ۶۴۰ نانومتر می‌باشد (Major et al., 2003).

بررسی‌ها نشان داده‌اند که منابع زیستی (ارگانیک) مانند کود آلی مخلوط با کود شیمیایی می‌تواند به حاصلخیزی خاک و افزایش تولید محصول منجر شود، زیرا این نظام اکثر نیازهای غذایی گیاه را تأمین کرده و کارآیی جذب مواد غذایی توسط گیاه را افزایش می‌دهد (Bauer and Black, 1994; Eghbal et al., 1995; Parmar and Sharma, 1998). کودهای آلی علاوه بر اثر مثبت زیستی و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به علت این که مواد غذایی موجود در آنها به آهستگی آزاد شده و در اختیار گیاه قرار می‌گیرند، آلودگی کمتری را در محیط زیست ایجاد می‌کنند (Roe et al., 1997). لاور (Lauer, 1975) اظهار داشته است که با مصرف کودهای آلی می‌توان حدود ۴۲ درصد نیترژن، ۲۹ درصد فسفر و ۵۷ درصد پتاسیم را در خاک‌های زراعی تأمین کرد. این موضوع

روی اعداد کلروفیل متر و صفات زراعی ذرت ۲-  
مطالعه اثر مقادیر مختلف کود نیتروژن و کود آلی بر  
روی اعداد کلروفیل متر و صفات زراعی ذرت ۳-  
مطالعه برهمکنش تنش خشکی، کود نیتروژن و کود  
آلی بر روی اعداد کلروفیل متر و صفات زراعی ذرت

### مواد و روش‌ها

این آزمایش در دو سال زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ در  
مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت  
مدرس (عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۳ دقیقه شمالی و  
طول جغرافیایی ۵۱ درجه و ۸ دقیقه شرقی، با ارتفاع  
۱۱۶۰ متر از سطح دریا) به اجرا درآمد. رقم مورد  
استفاده ذرت سینگل کراس ۷۰۴، (دیررس، تک بلال،  
دندان اسبی، دو منظوره (دانه ای و علوفه ای)، دوره  
رسیدگی ۱۳۸ تا ۱۴۴ روز بود. آزمایش به صورت  
فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه  
تکرار انجام شد. قبل از شروع آزمایش و اعمال تیمارها،  
از خاک مزرعه چهار نمونه برای تعیین بعضی از  
ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه نمونه  
گیری به عمل آمد (جدول ۱). عوامل مورد مطالعه شامل  
مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن شیمیایی (صفر،  
۹۲، ۱۸۴ و ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن)، مخلوط  
کودهای شیمیایی و آلی (۴۶ کیلوگرم نیتروژن + ۲/۵ تن  
کود آلی، ۹۲ کیلوگرم نیتروژن + ۵ تن کود آلی و ۱۳۸  
کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار) و کود  
آلی (۵، ۱۰ و ۱۵ تن در هکتار) و سه سطح آبیاری  
(آبیاری معادل نیاز آبی گیاه (شاهد)، آبیاری معادل ۷۵  
درصد نیاز آبی گیاه و آبیاری معادل ۵۰ درصد نیاز آبی  
گیاه) بودند. در طول اجرای آزمایش عملیات قرائت  
کلروفیل متر و نمونه برداری برای تمام تیمارها و  
تکرارها (۱۰ بوته در هر کرت) در مراحل مختلف رشد  
گیاه بر اساس کد بندی BBCH در سال اول مراحل ۳۳  
(سه برگه)، ۳۶ (شش برگه)، ۳۸ (هشت برگه)، ۵۵  
(پدیدار شدن نیمی از گل‌های تاجی: نیمی از گل‌های

موجب به دست آمدن حداکثر عملکرد محصول شده و  
بازده مصرف کود شیمیایی را افزایش می‌دهد  
(Lauer, 1975).

گزارش شده است که تنش خشکی در طی مرحله  
گلدهی و اوایل نمو دانه، تعداد دانه در بلال ذرت را  
کاهش می‌دهد. تلفات دانه می‌تواند ناشی از عدم  
همزمانی نمو گل‌ها، نمو غیر عادی کیسه جنینی قبل از  
ظهور کاکل و عدم نمو دانه پس از گرده افشانی و  
باروری نیز باشد (Schussler and Westgate, 1991). امام  
و رنجبر (Emam and Ranjbar, 2000) به منظور بررسی  
کمبود آب بر عملکرد و دیگر صفات وابسته به عملکرد،  
تنش خشکی را در سه سطح آبیاری معادل ۵۰، ۷۵ و  
۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه انجام دادند و نتایج حاصل از  
مطالعه آنها نشان داد که تنش خشکی، باعث کاهش  
معنی دار عملکرد دانه و وزن زیستی گیاه ذرت می‌شود.  
کلاسن و شاو (Classen and Shaw, 1970) عقیده دارند  
که رژیم رطوبتی مناسب در دوره قبل از ظهور کاکل، نه  
تنها برای ساختارهای رویشی، بلکه ظرفیت تولید ماده  
خشک گیاه را تعیین می‌کنند، و برای نمو اندام‌های  
زایشی گیاه نیز حائز اهمیت است. مجیدیان (Majidian, 2000)  
در آزمایشی به این نتیجه رسید که  
کود نیتروژن کافی عملکرد دانه ذرت را در شرایط تنش  
خشکی به مقدار کم افزایش می‌دهد اما با آبیاری کامل،  
عملکرد دانه ذرت را به مقدار زیاد افزایش می‌دهد. ایک  
(Eck, 1984) در مورد برهمکنش اثر نیتروژن و تنش  
خشکی بر روی اجزاء عملکرد گزارش کرده است که  
اگر تنش خشکی در طول مرحله رشد رویشی گیاه ذرت  
اتفاق بیفتد، باعث کاهش تعداد دانه می‌شود و اگر در  
مرحله پر شدن دانه اتفاق بیفتد باعث کاهش وزن دانه  
می‌شود و بر روی تعداد دانه اثر نمی‌گذارد. بیشترین  
تأثیر نیتروژن در گیاه ذرت از طریق افزایش تعداد دانه  
نسبت به وزن دانه می‌باشد.

این تحقیق با اهداف زیر به اجرا درآمد: ۱- مطالعه  
اثر تنش خشکی در مراحل مختلف رشد و تأثیر آن بر

جدول ۱- مشخصات خاک مزرعه محل آزمایش

Table 1. Soil properties of the experimental field

[Downloaded from mail.agrobreedjournal.ir on 2026-08-27]

|                                       | هدایت الکتریکی             | اسیدیته کل | درصد کربن | درصد       | فسفر قابل              | پتاسیم قابل            | آهن قابل               | منگنز قابل             | روی قابل               | مس قابل                | وزن مخصوص ظاهری حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب) | وزن مخصوص حقیقی (گرم بر سانتی متر مکعب) | درصد تخلخل |       |       |
|---------------------------------------|----------------------------|------------|-----------|------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|-----------------------------------------------|-----------------------------------------|------------|-------|-------|
|                                       | (دسی زیمنس بر متر)         | اشباع      | آلی       | نیتروژن کل | Pava.                  | Kava.                  | Feava.                 | Mnava.                 | Znava.                 | Cuava.                 | B.D.                                          | P.D.                                    | Porosity   |       |       |
|                                       | S.P.                       | pH         | OC (%)    | TN(%)      | (mg.kg <sup>-1</sup> ) | (mg.kg <sup>-1</sup> ) | (mg.kg <sup>-1</sup> ) | (mg.kg <sup>-1</sup> ) | (mg.kg <sup>-1</sup> ) | (mg.kg <sup>-1</sup> ) | (g.cm <sup>-3</sup> )                         | (g.cm <sup>-3</sup> )                   | (%)        |       |       |
| عمق (سانتی متر)<br>Depth (cm)<br>0-25 | First year (2005) سال اول  |            |           |            |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                                               |                                         |            |       |       |
|                                       | 36                         | 2.43       | 6.92      | 0.86       | 0.148                  | 6                      | 225                    | 4.62                   | 10.8                   | 0.36                   | 0.96                                          | 1.22                                    | 2.32       | 47.41 |       |
|                                       | Second×Year (2006) سال دوم |            |           |            |                        |                        |                        |                        |                        |                        |                                               |                                         |            |       |       |
|                                       | 5 T/ha FYM                 | 30.4       | 1.55      | 7.57       | 0.94                   | 0.162                  | 18.2                   | 270                    | 5.24                   | 8.38                   | 0.64                                          | 0.96                                    | 1.15       | 2.33  | 50.64 |
|                                       | 10 T/ha FYM                | 33.5       | 2.67      | 7.54       | 1.16                   | 0.199                  | 32.4                   | 315                    | 6.38                   | 11.04                  | 0.98                                          | 1.08                                    | 1.18       | 2.45  | 52.00 |
| 15 T/ha FYM                           | 38.9                       | 2.83       | 7.74      | 1.16       | 0.199                  | 38.8                   | 362                    | 6.18                   | 11.46                  | 0.96                   | 0.92                                          | 1.04                                    | 2.20       | 52.73 |       |
| Nitrogen fertilizer                   | 37.3                       | 1.23       | 7.92      | 0.64       | 0.110                  | 2.8                    | 170                    | 4.20                   | 8.16                   | 0.36                   | 1.10                                          | 1.13                                    | 2.22       | 49.10 |       |

[Downloaded from mail.agrobreedjournal.ir on 2026-08-27]

FYM = Form Yard Manure

" اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی..."

جدول ۲- خصوصیات کود آلی (گاوی) مورد استفاده

Table 2. Composition of applied manure

| سال  | هدایت الکتریکی<br>(دسی زیمنس در متر) |          | درصد نیتروژن کل | درصد فسفر کل | درصد پتاسیم کل | درصد کربن آلی | درصد منگنز | آهن (میلی گرم بر کیلوگرم) | روی (میلی گرم بر کیلوگرم) | مس (میلی گرم<br>بر کیلوگرم) |
|------|--------------------------------------|----------|-----------------|--------------|----------------|---------------|------------|---------------------------|---------------------------|-----------------------------|
| Year | pH                                   | EC(ds/m) | TN (%)          | TP (%)       | TK (%)         | OC (%)        | Mn (%)     | Fe (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Zn (mg.kg <sup>-1</sup> ) | Cu (mg.kg <sup>-1</sup> )   |
| 2005 | 1:5                                  | 1: 5     |                 |              |                |               |            |                           |                           |                             |
|      | 7.46                                 | 26.2     | 2.06            | 0.81         | 3.87           | 42            | 1.54       | 4203                      | 5087                      | 1321                        |
| 2006 | 1:2.5                                | 1:2.5    |                 |              |                |               |            |                           |                           |                             |
|      | 7.53                                 | 16.68    | 1.66            | 0.98         | 1.17           | 23.08         | 1.44       | 1530                      | 1690                      | 470                         |

برگ در یک سوی رگبرگ اصلی اعداد کلروفیل با استفاده از دستگاه کلروفیل متر دستی (SPAD-502, Minolta Co. Japan) انجام گرفت.

تعیین نیاز آبی بر اساس داده‌های تشتک تبخیر کلاس A هر هفت روز یک بار صورت گرفت. بدین منظور تبخیر روزانه از تشتک تبخیر (V) اندازه‌گیری شد و با توجه به مساحت تشتک تبخیر (S) از رابطه  $V = S \times H$  میزان آب تبخیر شده (H) بدست آمد. همچنین از حاصلضرب ضریب تشتک و آب تبخیر شده، تبخیر و تعرق پتانسیل بدست آمد. سپس از رابطه (۱) میزان آب ورودی به هر کرت محاسبه شد (Alizadeh, 2002).

تاجی شروع به جدا شدن نموده اند، ۶۱ (پرچم‌ها در وسط گل تاجی ظاهر شده و رویش نوک بلال از غلاف برگ)، ۶۹ (پایان گلدهی و خشک شدن کامل کلاله)، ۷۳ (ابتدای شیری شدن دانه‌ها) و ۷۵ (دانه‌ها در وسط چوب بلال به رنگ سفید مایل به زرد و در مرحله شیری بوده و حدود ۴۰ درصد ماده خشک در دانه تشکیل شده است) و در سال دوم مراحل ۳۳، ۳۵ (پنج برگی)، ۳۷ (هفت برگی)، ۳۸، ۵۳ (مرحله ظهور گل تاجی)، ۶۱، ۶۹ و ۷۵ انجام گرفت و اعداد کلروفیل متر برای بالاترین برگ کاملاً توسعه یافته بوته‌ها در مراحل ۳۳، ۳۵، ۳۶، ۳۷، ۳۸ و برگ بلال در مراحل ۵۳، ۵۵، ۶۱، ۶۹، ۷۳، ۷۵ ثبت شدند (Meier, 2001). برای این منظور برای هر برگ در قسمت وسط پهنک

(رابطه ۱): حجم آب = مساحت کرت × کارآیی آبیاری مزرعه (۸۰ درصد) × ضریب گیاهی × تبخیر و تعرق پتانسیل

جوی اصلی و در کرت تعیین گردید. برای محاسبه دبی سیفون‌ها از رابطه ۲ استفاده شد (Alizadeh, 2002).

میزان آب ورودی به هر کرت با استفاده از سیفون (قطر ۲ سانتی متر) و با توجه به ارتفاع سطح آب در

$$Q = \frac{C \times A}{1000} \sqrt{2gh} \quad \text{(رابطه ۲):}$$

$Q$ : دبی ورودی به هر کرت

$C$ : دهانه ورودی سیفون

$A = \pi d^2 / 4$  مساحت سیفون

$h$  = اختلاف ارتفاع سطح آب بالا دست و پایین دست می باشد

$g = 9.8$  متر بر مجذور ثانیه

$$C = c_0 \sqrt{\frac{0.29d^{4/3}}{166.8n^2c_0^2L + 0.29d^{4/3}}} \quad \text{(رابطه ۳):}$$

$c_0$  = ضریب دهانه ورودی سیفون که برابر ۰/۸۳ می باشد.

$d$  = قطر داخلی لوله بر حسب سانتی متر

$n$  = ضریب زبری

$L$  = طول لوله بر حسب سانتی متر

با تقسیم میزان آب ورودی بر دبی محاسبه شده برای سیفون ها، زمان آبیاری مطلوب بدست آمد و با توجه به سطوح تنش ۵۰ و ۷۵ درصد از زمان آبیاری مطلوب کاسته شد (Alizadeh, 2002). تیمارهای آبیاری از مرحله دو برگگی به بعد اعمال گردید.

زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت آفتابگردان و در سال های قبل به صورت آیش بود. عملیات تهیه زمین شامل شخم، دو دیسک عمود بر هم، ایجاد جوی و پشته، ایجاد نهرها و کرت بندی بود.

همچنین کود آلی از نوع گاوی (تهیه شده از یک گاوداری با یک رژیم غذایی مشخص در طی دو سال) بود که خصوصیات آن در جدول (۲) نشان داده شده است. کود آلی مصرف شده نسبتاً تازه و کمپوست شده بود. قبل از مصرف کود آلی درصد نیتروژن کل آن اندازه گیری شد. مقدار کود آلی با فرض ۳۵ و ۲۰ درصد کل نیتروژن قابل دسترس (به ترتیب در سال اول و دوم)، بر اساس رابطه شماره (۴) برای هر تیمار مشخص شد (Eghbal et al., 2001).

(رابطه ۴): درصد نیتروژن کود × درصد نیتروژن قابل دسترس × وزن خشک کود آلی = مقدار نیتروژن مورد نیاز

در سال دوم ابتدا میزان نیتروژن باقی مانده در خاک، از کود آلی سال قبل (۲۰ درصد) محاسبه شد و باقی مانده به صورت کود جدید به خاک داده شد. کود آلی پس از پخش در سطح خاک به وسیله دیسک با خاک مخلوط شد تا از انتشار نیتروژن آن به صورت آمونیاک به اتمسفر جلوگیری شود. تمام کود آلی در اول کاشت مصرف شد. فسفر خالص (از منبع سوپر فسفات تریپل) به میزان ۳۲ کیلوگرم در هکتار به صورت پیش کاشت استفاده گردید. کرت ها شامل پنج ردیف هشت متری با فاصله ۷۵ سانتی متر بود و هر کرت با دو ردیف نکاشت از کرت مجاور جدا شد و بین تکرارها نیز سه متر فاصله در نظر گرفته شدند. مقادیر مربوط به تیمارهای کود نیتروژن در دو مرحله (۱/۳ قبل از کاشت و ۲/۳ در مرحله سه برگگی) مصرف شدند. کاشت با فاصله ۲۰ سانتی متر در هر ردیف و فاصله بین ردیف ۷۵ سانتی متر صورت گرفت. تاریخ

کاشت اول خرداد ماه ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ بود. در مرحله ۲ تا ۴ برگگی بوته های نهایی تنک شده و تراکم نهایی به ۶/۷ بوته در متر مربع رسانده شد. مبارزه با علف های به صورت وجین دستی در طول رشد گیاه به طور مرتب انجام گرفت. در طی دوره رشد و نمو گیاه، هیچ نوع آفت و بیماری مشاهده نشد. برداشت نهایی در زمان رسیدگی فیزیولوژیک دانه های ذرت صورت گرفت. در برداشت نهایی ۱۵ بوته از هر کرت به صورت تصادفی و با رعایت اثر حاشیه ای از خطوط میانی هر کرت معادل ۲/۲۵ متر مربع، به روش دستی برداشت شد. وزن کل دانه در بلال، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال، وزن کل بلال، عملکرد دانه، شاخص برداشت تعیین گردید. برای تعیین بهره وری آب مصرفی (Water productivity) از رابطه (۵) استفاده شد (Uhart and Andrade, 1995b):

(رابطه ۵) متر مکعب آب آبیاری مصرفی در یک متر مربع / کیلوگرم دانه تولید شده در یک متر مربع = بهره وری آب مصرفی

احتمال ۵ و ۱ درصد مقایسه گردیدند. برای رسم نمودارها و جداول از برنامه های گرافیکی WinWord و Excel استفاده گردید.

داده های بدست آمده از مطالعات زراعی با استفاده از برنامه کامپیوتری SAS تجزیه واریانس شد و میانگین ها به وسیله آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح

## نتایج و بحث

### اعداد کلروفیل متر

در این آزمایش تنش خشکی در مراحل مختلف رشد به طور معنی داری بر اعداد کلروفیل متر تأثیر گذاشت (جدول ۳). با افزایش شدت تنش خشکی، اعداد کلروفیل متر افزایش یافت و کمترین عدد کلروفیل متر مربوط به تیمار آبیاری مطلوب (شاهد) بود (جدول ۴)، و چنین روندی برای تمام مراحل رشد مشاهده گردید. بیشترین اعداد کلروفیل متر در سال اول ۴۵/۹۳ در مرحله شش برگگی مرحله (۳۶) و در تیمار ۵۰ درصد آبیاری مطلوب و کمترین مقدار آن هم به میزان ۳۴/۹۲ در مرحله ۷۳ و در تیمار آبیاری مطلوب بدست آمد. در سال دوم نیز بیشترین مقدار آن ۴۶/۲۹ در مراحل پایان گلدهی مرحله (۶۹) در تیمار ۵۰ درصد آبیاری مطلوب و کمترین مقدار آن هم به میزان ۳۰/۹۶ در مرحله پنج برگگی مرحله (۳۵) و در تیمار آبیاری مطلوب بدست آمد (جدول ۴). بریدمایر (Bredemeier, 2005) اظهار داشته است اعداد کلروفیل متر در تنش خشکی نسبت به گیاه شاهد بیشتر بود، وی همچنین نتیجه گرفت که تجمع زیست توده توسط تنش خشکی نسبت به جذب نیتروژن بیشتر تحت تأثیر قرار گرفته است و به همین علت، غلظت بیشتر نیتروژن و در نتیجه کلروفیل در برگ های گیاه در تیمار تنش خشکی مقادیر بالاتری دارد که با نتیجه آزمایش اخیر مطابقت دارد. هم چنین در تحقیق آنها برگ های گیاهان تحت تیمار تنش خشکی نسبت به برگ های گیاهان تحت آبیاری مطلوب، دارای عدد کلروفیل متر بالاتری بود. با افزایش تنش خشکی بر روی گیاه ذرت مقدار کلروفیل a از ۱/۱۸ (در شرایط آبیاری مطلوب) به ۲/۲۵ (در تنش خشکی) میلی گرم در گرم ماده خشک افزایش یافت (Bredemeier, 2005).

کود نیتروژن در مراحل مختلف رشد تأثیر معنی داری بر اعداد کلروفیل متر گذاشت (جدول ۳). کمترین و بیشترین اعداد کلروفیل متر در کل مراحل

رشد گیاه به ترتیب در تیمار عدم مصرف کود نیتروژن (۲۶/۶۳) در سال اول در مرحله (۶۹) و بالاترین سطوح نیتروژن (۵۰/۷۴) در سال دوم در مرحله ۶۹ در تیمار ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار) بدست آمد (جدول ۵). بیشترین اعداد کلروفیل متر در سال اول در مراحل سه برگگی گیاه مرحله (۳۳)، هشت برگگی مرحله (۳۸) و مرحله ظهور پرچم ها در وسط گل تاجی مرحله (۶۱) در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن در هکتار کود آلی به دست آمد. بالاترین اعداد کلروفیل متر در مراحل شش برگگی مرحله (۳۶)، پدیدار شدن نیمی از گل تاجی مرحله (۵۵)، پایان گلدهی مرحله (۶۹)، ابتدای شیری شدن دانه ها مرحله (۷۳)، شیری شدن دانه ها مرحله (۷۵) در تیمار ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد (جدول ۵). در سال دوم بیشترین اعداد کلروفیل متر در مرحله سه برگگی گیاه مرحله (۳۳) در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن در هکتار کود آلی به دست آمد. در مرحله پنج برگگی مرحله (۳۵) و هفت برگگی مرحله (۳۷) در تیمار ۱۵ تن کود آلی در هکتار به دست آمد و در مراحل هشت برگگی مرحله (۳۸) و ظهور گل تاجی مرحله (۵۳) در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن در هکتار کود آلی به دست آمد، و در مراحل ظهور پرچم ها در وسط گل تاجی مرحله (۶۱)، پایان گلدهی مرحله (۶۹) و شیری شدن دانه ها مرحله (۷۵) در تیمار ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد (جدول ۵).

در اثر کمبود نیتروژن در گیاه، زرد شدن (کلروزیس) به وجود می آید که باعث کاهش رشد گیاه و پیری زودرس برگ ها می شود به همین دلیل کمترین اعداد کلروفیل متر در کل مراحل رشد در تیمار عدم مصرف نیتروژن به دست آمد (جدول ۵). این یافته مطابق با نظر گیرینداس و پایپر (Gerendas and Pieper, 2001) می باشد. دامنه کلی تغییرات اعداد کلروفیل متر در تیمار کود نیتروژن ۲۶/۲۰ الی ۴۹/۰۵ و ۲۷/۵۸ الی ۵۰/۷۴ به ترتیب سال

" اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی..."

جدول ۳- تجزیه واریانس برای اثر سطوح آبیاری و کود نیتروژن بر اعداد کلروفیل متر در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت در سال های زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵

Table 3. Analysis of variance for effects of irrigation and nitrogen on chlorophyll meter reading (SPAD values) at different growth stages in maize in 2005 and 2006

| cropping seasons   |                  |                  |                       |                       |                       |                            |                               |                       |                       |                       |
|--------------------|------------------|------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|----------------------------|-------------------------------|-----------------------|-----------------------|-----------------------|
| S.O.V.             | منابع تغییرات    | درجه آزادی<br>df | Stage<br>33           | Stage<br>36           | Stage<br>38           | Mean square<br>Stage<br>55 | میانگین مربعات<br>Stage<br>61 | Stage<br>69           | Stage<br>73           | Stage<br>75           |
| First year (2005)  |                  |                  |                       |                       |                       | سال اول                    |                               |                       |                       |                       |
| Replication        | تکرار            | 2                | 105.684 <sup>ns</sup> | 64.312 <sup>ns</sup>  | 30.190 <sup>ns</sup>  | 18.320 <sup>ns</sup>       | 36.503 <sup>ns</sup>          | 14.238 <sup>ns</sup>  | 8.055 <sup>ns</sup>   | 17.629 <sup>ns</sup>  |
| Irrigation (A)     | آبیاری           | 2                | 175.867 <sup>**</sup> | 286.677 <sup>**</sup> | 307.776 <sup>**</sup> | 370.812 <sup>**</sup>      | 113.715 <sup>**</sup>         | 286.069 <sup>**</sup> | 344.501 <sup>**</sup> | 204.786 <sup>**</sup> |
| Nitrogen (B)       | نیتروژن          | 9                | 71.565 <sup>*</sup>   | 130.618 <sup>**</sup> | 198.102 <sup>**</sup> | 488.825 <sup>**</sup>      | 665.933 <sup>**</sup>         | 483.469 <sup>**</sup> | 421.077 <sup>**</sup> | 531.029 <sup>**</sup> |
| A×B                | آبیاری × نیتروژن | 18               | 6.959 <sup>ns</sup>   | 1.633 <sup>ns</sup>   | 3.694 <sup>ns</sup>   | 3.867 <sup>ns</sup>        | 8.827 <sup>ns</sup>           | 12.117 <sup>ns</sup>  | 4.592 <sup>ns</sup>   | 5.318 <sup>ns</sup>   |
| Error              | اشتباه           | 58               | 26.882                | 24.263                | 26.718                | 26.153                     | 21.077                        | 16.109                | 23.232                | 19.507                |
| S.O.V.             | منابع تغییرات    | درجه آزادی<br>df | Stage<br>33           | Stage<br>36           | Stage<br>37           | Stage<br>38                | Stage<br>53                   | Stage<br>61           | Stage<br>69           | Stage<br>75           |
| Second Year (2006) |                  |                  |                       |                       |                       | سال دوم                    |                               |                       |                       |                       |
| Replication        | تکرار            | 2                | 29.607 <sup>ns</sup>  | 19.837 <sup>ns</sup>  | 46.679 <sup>ns</sup>  | 55.798 <sup>ns</sup>       | 96.837 <sup>ns</sup>          | 7.302 <sup>ns</sup>   | 38.074 <sup>ns</sup>  | 20.822 <sup>ns</sup>  |
| Irrigation(A)      | آبیاری           | 2                | 377.967 <sup>**</sup> | 492.420 <sup>**</sup> | 356.034 <sup>**</sup> | 215.970 <sup>**</sup>      | 309.036 <sup>**</sup>         | 244.842 <sup>**</sup> | 327.696 <sup>**</sup> | 315.819 <sup>**</sup> |
| Nitrogen(B)        | نیتروژن          | 9                | 35.175 <sup>*</sup>   | 50.021 <sup>**</sup>  | 141.108 <sup>**</sup> | 122.139 <sup>**</sup>      | 154.768 <sup>**</sup>         | 361.035 <sup>**</sup> | 395.456 <sup>**</sup> | 332.486 <sup>**</sup> |
| A×B                | آبیاری × نیتروژن | 18               | 4.379 <sup>ns</sup>   | 3.605 <sup>ns</sup>   | 4.935 <sup>ns</sup>   | 2.398 <sup>ns</sup>        | 3.161 <sup>ns</sup>           | 3.536 <sup>ns</sup>   | 2.949 <sup>ns</sup>   | 5.532 <sup>ns</sup>   |
| Error              | اشتباه           | 58               | 13.090                | 8.328                 | 22.687                | 18.397                     | 13.979                        | 11.330                | 11.881                | 15.406                |

\* and \*\*: Significant at the 5 and 1% levels of probability, respectively.

ns: Non-Significant

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: غیر معنی دار

جدول ۴- مقایسه میانگین عدد کلروفیل متر در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت در سال های زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

Table 4. Mean comparison of chlorophyll meter reading (SPAD values) at different growth stages in maize in 2005 and 2006 cropping seasons under different levels of

| irrigation  |                      |             |             |             |             |             |             |             |             |
|-------------|----------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| سال<br>Year | آبیاری<br>Irrigation | Stage<br>33 | Stage<br>36 | Stage<br>38 | Stage<br>55 | Stage<br>61 | Stage<br>69 | Stage<br>73 | Stage<br>75 |
| 2005        | I <sub>1</sub>       | 43.75a      | 45.93a      | 43.73a      | 42.94a      | 41.50a      | 41.46a      | 41.61a      | 40.64a      |
|             | I <sub>2</sub>       | 41.66a      | 43.24b      | 40.39b      | 40.82a      | 39.24b      | 39.09b      | 39.2a       | 38.05b      |
|             | I <sub>3</sub>       | 38.92b      | 39.76c      | 37.32c      | 36.07b      | 37.62b      | 35.34c      | 34.92b      | 35.41c      |
|             |                      |             |             |             |             |             |             |             |             |
|             | آبیاری<br>Irrigation | Stage<br>33 | Stage<br>35 | Stage<br>37 | Stage<br>38 | Stage<br>53 | Stage<br>61 | Stage<br>69 | Stage<br>75 |
| 2006        | I <sub>1</sub>       | 42.92a      | 39.04a      | 40.60a      | 36.75a      | 40.44a      | 45.50a      | 46.29a      | 46.06a      |
|             | I <sub>2</sub>       | 38.36b      | 35.57b      | 36.68b      | 34.33b      | 37.44b      | 42.31b      | 42.96b      | 42.12b      |
|             | I <sub>3</sub>       | 35.93c      | 30.96c      | 33.74c      | 31.39c      | 34.03c      | 39.80c      | 39.68c      | 39.63c      |

میانگین هایی، در هر ستون و هر سال، که دارای حرف مشابه می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each year, followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

I<sub>1</sub>= Irrigation of 50% of the plant water requirement, I<sub>2</sub>= Irrigation of 75% of the plant water requirement,

I<sub>3</sub>= Irrigation of 100% of the plant water requirement

جدول ۵- مقایسه میانگین عدد کلروفیل متر در مراحل مختلف رشد گیاه ذرت در سال های زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن

Table 5. Mean comparison chlorophyll meter reading (SPAD values) at different growth stages in maize in 2005 and 2006 cropping seasons under different levels of nitrogen

| سال<br>Year | نیتروژن<br>Nitrogen               | Stage<br>33 | Stage<br>36 | Stage<br>38 | Stage<br>55 | Stage<br>61 | Stage<br>69 | Stage<br>73 | Stage<br>75 |
|-------------|-----------------------------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|-------------|
| 2005        | N <sub>0</sub>                    | 35.20b      | 35.96d      | 33f         | 27.77f      | 26.82c      | 26.63d      | 29.19c      | 27.09e      |
|             | N <sub>1</sub>                    | 39.85ab     | 44.75ab     | 40.59b-d    | 42.11bc     | 43.85a      | 42.66b      | 43.36ab     | 40.23c      |
|             | N <sub>2</sub>                    | 40.95a      | 45.4a       | 42.53a-c    | 45.85ab     | 45.27a      | 44.79b      | 44.45ab     | 44.7ab      |
|             | N <sub>3</sub>                    | 41.87a      | 46.83a      | 43.69a-c    | 47.91a      | 47.58a      | 49.05a      | 46.36a      | 48.37a      |
|             | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 41.36a      | 43.55ab     | 42.89a-c    | 42.45bc     | 44.25a      | 40.83b      | 40.29b      | 38.97c      |
|             | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 43.67a      | 46.4a       | 45.32ab     | 44.69ab     | 45.63a      | 41.76b      | 42.74ab     | 43.05bc     |
|             | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 44.71a      | 46.56a      | 47.12a      | 47.76a      | 48.52a      | 44.18b      | 44.75ab     | 45.95ab     |
|             | M <sub>1</sub>                    | 39.61ab     | 38.16cd     | 34.51e-f    | 30.04ef     | 27.19c      | 30.59c      | 29.8c       | 29.31de     |
|             | M <sub>2</sub>                    | 42.76a      | 40b-d       | 36.61d-f    | 33.32de     | 31.54b      | 32.15c      | 31.13c      | 30.83de     |
|             | M <sub>3</sub>                    | 44.43a      | 42.15a-c    | 38.54c-e    | 37.54cd     | 33.89b      | 33.67c      | 33.68c      | 31.84d      |
| 2006        | نیتروژن<br>Nitrogen               | Stage<br>33 | Stage<br>35 | Stage<br>37 | Stage<br>38 | Stage<br>53 | Stage<br>61 | Stage<br>69 | Stage<br>75 |
|             | N <sub>0</sub>                    | 36.38b      | 31.50e      | 30.79c      | 27.58e      | 28.94d      | 30.52f      | 31.03e      | 31f         |
|             | N <sub>1</sub>                    | 37.24b      | 33.26de     | 32.11c      | 29.47de     | 35.48bc     | 44.05bc     | 44.39b      | 44.86bc     |
|             | N <sub>2</sub>                    | 37.96b      | 34.30c-e    | 32.98c      | 31.93cd     | 40.55a      | 46.64b      | 48.99a      | 47.83ab     |
|             | N <sub>3</sub>                    | 39.28b      | 36.66a-c    | 38.21ab     | 34.47bc     | 41.22a      | 50.41a      | 50.74a      | 49.60a      |
|             | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 39.46b      | 33.21de     | 35.28bc     | 34.14bc     | 38.63ab     | 42.84cd     | 41.15bc     | 40.08de     |
|             | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 39.20b      | 33.88c-e    | 39.66ab     | 37.57ab     | 40.58a      | 46.12bc     | 47.87a      | 47.50ab     |
|             | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 43.60a      | 37.70ab     | 40.49a      | 39.28a      | 41.72a      | 49.98a      | 50.55a      | 48.33ab     |
|             | M <sub>1</sub>                    | 37.88b      | 35.10b-d    | 38.26ab     | 33.78bc     | 33.15c      | 35.40e      | 36.61d      | 36.88e      |
|             | M <sub>2</sub>                    | 39.93b      | 37.76ab     | 39.97ab     | 35.93a-c    | 34.68bc     | 39.58d      | 38.53cd     | 38.14de     |
|             | M <sub>3</sub>                    | 39.74b      | 38.53a      | 42.33a      | 37.42ab     | 37.89ab     | 39.82d      | 39.87cd     | 41.79cd     |

میانگین هایی، در هر ستون و هر سال، که دارای حرف مشابه می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each year, followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

N<sub>0</sub>= 0 kg/ha nitrogen, N<sub>1</sub>- 92 kg/ha nitrogen, N<sub>2</sub>=184kg/ha nitrogen, N<sub>3</sub>=276kg/ha nitrogen

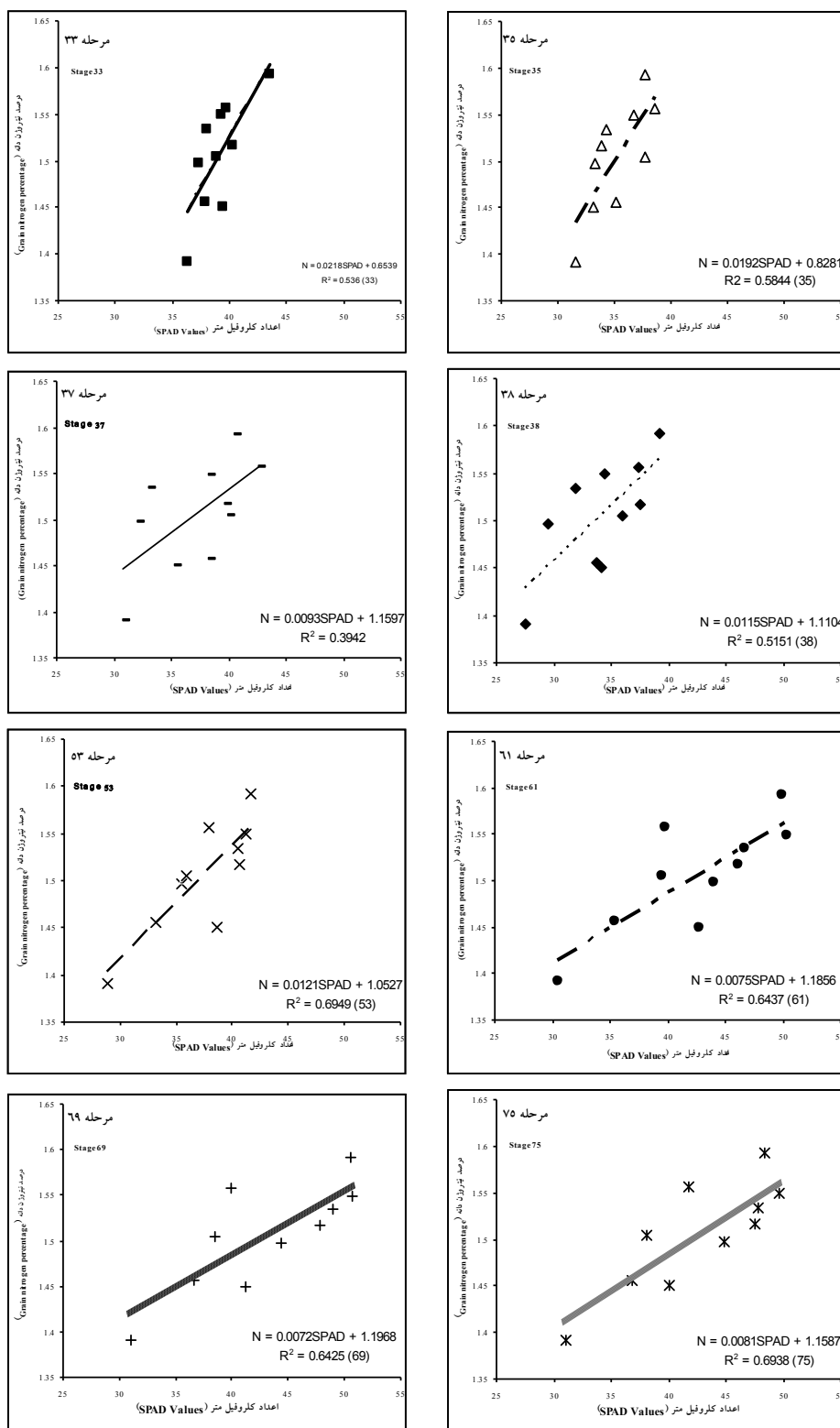
M<sub>1</sub>=5 tons/ha farm yard manure, M<sub>2</sub>=10tons/ha farm yard manure, M<sub>3</sub>=15 tons/ha farm yard manure

اول و دوم بود (جدول ۵) در جدول ۵ در سال اول مشاهده می شود که در مرحله سه و هشت برگی که بالاترین برگ کاملاً توسعه یافته در هر بوته اندازه گیری شده بیشترین اعداد کلروفیل متر مربوط به تیمار کود مخلوط ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی بود، و در سال دوم در مرحله های سه، پنج، هفت و هشت برگی بیشترین اعداد کلروفیل متر مربوط به تیمار کود مخلوط یا کود آلی در بالاترین مقادیر نیتروژن می باشد (جدول ۵). زیرا کود های آلی مقادیر زیادی مواد آلی تولید می کنند که به راحتی تجزیه شده و حاوی مقادیر زیادی نیتروژن هستند. منابع زیستی مانند کود آلی در مخلوط با کود شیمیایی نیز می توانند به حاصلخیزی خاک و تولید محصول منجر شوند، زیرا این نظام اکثر نیازهای غذایی مورد نیاز گیاه را تأمین کرده و بازده جذب مواد غذایی توسط محصول را افزایش می دهد (Bauer and Black, 1994; Eghbal *et al.*, 1995; Parmar and Sharma, 1998) و به همین دلیل اعداد کلروفیل متر دارای مقادیر بالاتری بودند. این مقادیر با محتوی نیتروژن برگ ارتباط مستقیم دارند و با افزایش میزان نیتروژن برگ اعداد کلروفیل متر هم افزایش می یابد. اما در مراحل ظهور گل تاجی مرحله (۵۳)، ظهور پرچم ها در وسط گل تاجی مرحله (۶۱)، پایان گلدهی مرحله (۶۹) و شیری شدن دانه ها مرحله (۷۵) در سال دوم مشاهده شد که بیشترین اعداد کلروفیل متر با تیمار کود مخلوط ۱۳۸ کیلو گرم نیتروژن + ۷/۵ تن در هکتار کود آلی و کود شیمیایی ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به دست آمد (جدول ۵). استنباط می شود دلیل این موضوع تسهیم نیتروژن در گیاه باشد، زیرا نیتروژن به عنوان یک عنصر متحرک از برگ های پایین به سمت برگ های بالاتر می رود. در گیاهان در یک شاخص سطح برگ و یا سایه انداز گیاه الگوی مطلوبی از اختصاص نیتروژن به برگ های بالاتر وجود دارد به خصوص در گیاه ذرت، برگ بلال به عنوان یک مخزن قوی عمل می نماید،

زیرا این برگ نقش مهمی در پر کردن دانه های بلال دارد (Uhart and Andrade, 1995a). در انتهای مراحل رشد نیز بیشترین اعداد کلروفیل متر در تیمار کود شیمیایی ۲۷۶ کیلوگرم در هکتار نیتروژن بدست آمد (جدول ۵). زیرا در تیمارهای کود شیمیایی نیتروژن زرد شدن و ریزش برگ های انتهایی گیاهان زودتر اتفاق می افتد و بنابراین می توان نتیجه گرفت نیتروژن از برگ های پایینی به برگ های بالایی به خصوص برگ بلال منتقل می شود اما در تیمارهای کود آلی نسبت به کود شیمیایی برگ ها کمتر زرد و دچار ریزش می شوند و به همین علت تیمارهای کود آلی دارای اعداد کمتر کلروفیل متر می باشند.

نتایج این آزمایش نشان داد که اعداد کلروفیل متر به زمان نمونه گیری و مراحل رشد گیاه و سطوح کود نیتروژن نیز بستگی دارد (جدول ۵). در مورد برهم کش تنش خشکی و نیتروژن بر مقادیر کلروفیل متر در کل مراحل رشد اثر معنی داری مشاهده نشد (جدول ۳). بنابراین چنین نتیجه گیری می شود که این دو عامل به طور مستقل و جداگانه بر اعداد کلروفیل متر در مراحل مختلف رشد تأثیر گذاشتند. روابط رگرسیونی بین درصد نیتروژن دانه و اعداد کلروفیل متر در سطوح متفاوت کود نیتروژن بیانگر آن است که بین این دو عامل یک رابطه خطی وجود دارد (شکل ۱)، همبستگی معنی دار، در بعضی از مراحل رشد گیاه مانند مراحل ۵۳، ۶۱، ۶۹ و ۷۵، بین درصد نیتروژن دانه و اعداد کلروفیل متر وجود داشت و در بعضی از مراحل رشد گیاه مانند مراحل ۳۳، ۳۵، ۳۷ و ۳۸ ضعیف تر بود. یافته های این تحقیق با نتایج آزمایش های دافیوس و سلاتر (Duffus and Slaughter, 1997) مطابقت دارد. آنها گزارش کرده اند که مصرف کود نیتروژن در اوایل فصل در غلات عملکرد نهایی را افزایش می دهد ولی مقدار پروتئین دانه (نیتروژن دانه) را افزایش نمی دهد. همبستگی بین کود نیتروژن و عملکرد معمولاً بسیار متفاوت است و مصرف کود نیتروژن در اواخر فصل

"اثر تنش خشکی، کود شیمیایی نیتروژن و کود آلی..."



شکل ۱- ارتباط بین درصد نیتروژن دانه و اعداد کلروفیل متر در سطوح کود نیتروژن

Fig. 1. Relationship between grain nitrogen content (%) and chlorophyll meter reading (SPAD value) in different nitrogen levels

جدول ۶- تجزیه واریانس برای عملکرد و اجزای عملکرد دانه و بهره وری مصرف آب گیاه در ذرت در سال های زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن

Table 6. Analysis of variance for grain yield, yield components and water productivity in maize in 2005 and 2006 cropping seasons as affected by different levels of irrigation and nitrogen

| S.O.V.         | منابع تغییرات    | درجه آزادی<br>df | Mean square                             |                       |                         | میانگین مربعات              |                         |                       |                        |
|----------------|------------------|------------------|-----------------------------------------|-----------------------|-------------------------|-----------------------------|-------------------------|-----------------------|------------------------|
|                |                  |                  | تعداد دانه در بلال<br>KNE <sup>-1</sup> | وزن صد دانه<br>HKW    | وزن کل بلال<br>TEW      | عملکرد دانه<br>GY           | عملکرد زیستی<br>BY      | شاخص برداشت<br>HI     | بهره وری مصرف آب<br>WP |
| 2005           |                  |                  |                                         |                       |                         |                             |                         |                       |                        |
| Replication    | تکرار            | 2                | 32208.544 <sup>ns</sup>                 | 2.52 <sup>ns</sup>    | 46.88 <sup>ns</sup>     | 189111.562 <sup>ns</sup>    | 1876.871 <sup>*</sup>   | 128.829 <sup>ns</sup> | 0.022 <sup>ns</sup>    |
| Irrigation (A) | آبیاری           | 2                | 56968.078 <sup>**</sup>                 | 253.882 <sup>**</sup> | 62123.857 <sup>**</sup> | 236960891.639 <sup>**</sup> | 69179.208 <sup>**</sup> | 2567.03 <sup>**</sup> | 0.704 <sup>**</sup>    |
| Nitrogen(B)    | نیتروژن          | 9                | 57910.826 <sup>**</sup>                 | 24.245 <sup>**</sup>  | 4520.875 <sup>**</sup>  | 17579430.798 <sup>**</sup>  | 11930.881 <sup>**</sup> | 187.941 <sup>**</sup> | 0.465 <sup>**</sup>    |
| A×B            | آبیاری × نیتروژن | 18               | 4264.485 <sup>*</sup>                   | 3.508 <sup>ns</sup>   | 663.761 <sup>**</sup>   | 2766176.884 <sup>**</sup>   | 780.935 <sup>*</sup>    | 32.092 <sup>ns</sup>  | 0.051 <sup>*</sup>     |
| Error          | اشتباه           | 58               | 3480.717                                | 2.979                 | 245.049                 | 793770.860                  | 393.154                 | 35.820                | 0.024                  |
| 2006           |                  |                  |                                         |                       |                         |                             |                         |                       |                        |
| Replication    | تکرار            | 2                | 4149.633 <sup>ns</sup>                  | 8.124 <sup>ns</sup>   | 877.457 <sup>ns</sup>   | 3258270.224 <sup>ns</sup>   | 3234.735 <sup>*</sup>   | 42.207 <sup>ns</sup>  | 0.105 <sup>ns</sup>    |
| Irrigation (A) | آبیاری           | 2                | 668640.4 <sup>**</sup>                  | 275.628 <sup>**</sup> | 82376.385 <sup>**</sup> | 296147470.428 <sup>**</sup> | 90226.276 <sup>**</sup> | 2031.01 <sup>**</sup> | 1.192 <sup>**</sup>    |
| Nitrogen (B)   | نیتروژن          | 9                | 70298.277 <sup>**</sup>                 | 20.972 <sup>**</sup>  | 5404.383 <sup>**</sup>  | 20003387.418 <sup>**</sup>  | 8656.266 <sup>**</sup>  | 262.416 <sup>**</sup> | 0.604 <sup>**</sup>    |
| A×B            | آبیاری × نیتروژن | 18               | 3485.684 <sup>*</sup>                   | 3 <sup>ns</sup>       | 841.088 <sup>**</sup>   | 3058117.953 <sup>**</sup>   | 780.756 <sup>*</sup>    | 72.920 <sup>*</sup>   | 0.067 <sup>**</sup>    |
| Error          | اشتباه           | 58               | 2323.771                                | 2.585                 | 233.977                 | 974173.286                  | 401.88                  | 34.883                | 0.030                  |

\* and \*\*: Significant at the 5% and 1% levels of probability, respectively.

\* و \*\*: به ترتیب معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns: Non-significant

ns: غیر معنی دار

KNPE = Kernel number per ear    HKW = 100 kernel weight    TEW = Total ear weight    GY = Grain yield    BY = Biological yield    HI = Harvest index

WP = Water productivity

جدول ۷- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه و بهره وری مصرف آب گیاه ذرت در سال های زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری

Table 7. Mean comparison grain yield, yield components and water productivity in maize in 2005 and 2006 cropping seasons under different levels of irrigation

| آبیاری<br>Irrigation | تعداد دانه در<br>بال<br>KNE <sup>-1</sup> | وزن صد دانه<br>(گرم)<br>HKW (g) | وزن کل بال<br>(گرم)<br>TEW (g) | عملکرد دانه<br>(کیلوگرم در<br>هکتار)<br>GY (kg/ha) | عملکرد زیستی<br>(گرم در بوته)<br>BY<br>(g/plant) | شاخص برداشت<br>(درصد)<br>HI (%) | بهره وری مصرف آب<br>(کیلوگرم بر هر متر<br>مکعب آب)<br>WP (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------|-------------------------------------------|---------------------------------|--------------------------------|----------------------------------------------------|--------------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------|
| <b>2005</b>          |                                           |                                 |                                |                                                    |                                                  |                                 |                                                                               |
| I <sub>1</sub>       | 368c                                      | 12.81c                          | 57.72c                         | 3220c                                              | 120.7c                                           | 34.25c                          | 0.7991b                                                                       |
| I <sub>2</sub>       | 474b                                      | 15.41b                          | 88.10b                         | 5145b                                              | 153.5b                                           | 43.34b                          | 0.8512b                                                                       |
| I <sub>3</sub>       | 626a                                      | 18.62a                          | 147.2a                         | 8756a                                              | 215.3a                                           | 52.75a                          | 1.087a                                                                        |
| <b>2006</b>          |                                           |                                 |                                |                                                    |                                                  |                                 |                                                                               |
| I <sub>1</sub>       | 342c                                      | 12.98c                          | 56.50c                         | 3241c                                              | 92.56c                                           | 44.32c                          | 0.8496c                                                                       |
| I <sub>2</sub>       | 478b                                      | 16.03b                          | 95.43b                         | 5583b                                              | 135.4b                                           | 53.10b                          | 0.9755b                                                                       |
| I <sub>3</sub>       | 640a                                      | 19.04a                          | 160.2a                         | 9462a                                              | 201.4a                                           | 60.77a                          | 1.240a                                                                        |

میانگین هایی، در هر ستون و هر سال، که دارای حرف مشابه می باشند، بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each year, followed by the same letter are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

KNPE = Kernel number per ear    HKW = 100 kernel weight    TEW = Total ear weight    GY = Grain yield  
 BY = Biological yield    HI = Harvest index    WUE = Water productivity  
 I<sub>1</sub>= Irrigation of 50% of the plant water requirement, I<sub>2</sub>= Irrigation of 75% of the plant water requirement  
 I<sub>3</sub>= Irrigation of 100% of the plant water requirement

جدول ۸- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه و بهره وری مصرف آب گیاه ذرت در سال های زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ تحت تأثیر سطوح مختلف نیتروژن

Table 8. Mean comparison grain yield, yield components and water productivity in maize in 2005 and 2006 cropping seasons under different levels nitrogen

| نیتروژن<br>Nitrogen               | تعداد دانه در بلال<br>KNE <sup>-1</sup> | وزن صد دانه<br>(گرم)<br>HKW (g) | وزن کل بلال<br>(گرم)<br>TEW (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)<br>GY (kg/ha) | عملکرد زیستی<br>(گرم در بوته)<br>BY (g/plant) | شاخص برداشت<br>(درصد)<br>HI (%) | بهره وری مصرف آب (کیلوگرم بر متر مکعب آب)<br>WP (kg/m <sup>3</sup> ) |
|-----------------------------------|-----------------------------------------|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------------------------------|
| <b>2005</b>                       |                                         |                                 |                                 |                                              |                                               |                                 |                                                                      |
| N <sub>0</sub>                    | 324e                                    | 12.2e                           | 53.22e                          | 2939e                                        | 98.12e                                        | 36.46d                          | 0.461f                                                               |
| N <sub>1</sub>                    | 419d                                    | 15.2cd                          | 75.64d                          | 4242d                                        | 132.1d                                        | 40.18b-d                        | 0.673e                                                               |
| N <sub>2</sub>                    | 493c                                    | 14.94cd                         | 98.99c                          | 5711c                                        | 168.1c                                        | 41.58b-d                        | 0.8972d                                                              |
| N <sub>3</sub>                    | 494c                                    | 17.1ab                          | 105.9bc                         | 6174bc                                       | 192.2b                                        | 38.53cd                         | 0.9341d                                                              |
| ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 520bc                                   | 15.41b-d                        | 103bc                           | 5840c                                        | 172.3bc                                       | 43.09bc                         | 0.9502cd                                                             |
| N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 545a-c                                  | 17.88a                          | 116.1ab                         | 6918ab                                       | 192.5b                                        | 45.30ab                         | 1.129ab                                                              |
| ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 588a                                    | 16.66a-c                        | 127.1a                          | 7555a                                        | 220.9a                                        | 42.75bc                         | 1.194a                                                               |
| M <sub>1</sub>                    | 421d                                    | 14.08d                          | 77.21d                          | 4630d                                        | 124.8d                                        | 46.44ab                         | 0.7491e                                                              |
| M <sub>2</sub>                    | 519bc                                   | 16.55a-c                        | 105.1bc                         | 6274bc                                       | 157.9c                                        | 50.37a                          | 1.034b-d                                                             |
| M <sub>3</sub>                    | 567ab                                   | 16.12a-c                        | 114.5a-c                        | 6788ab                                       | 172.6c                                        | 49.77a                          | 1.1a-c                                                               |
| <b>2006</b>                       |                                         |                                 |                                 |                                              |                                               |                                 |                                                                      |
| N <sub>0</sub>                    | 319e                                    | 13.05e                          | 58.15e                          | 3244e                                        | 92.46f                                        | 41.74c                          | 0.5272f                                                              |
| N <sub>1</sub>                    | 407d                                    | 14.71d                          | 79.47d                          | 4594d                                        | 118.5e                                        | 47.8b                           | 0.7538e                                                              |
| N <sub>2</sub>                    | 481c                                    | 15.56cd                         | 108.4c                          | 6209c                                        | 143cd                                         | 51.72b                          | 0.9998d                                                              |
| N <sub>3</sub>                    | 489c                                    | 17.46ab                         | 116.5bc                         | 6781bc                                       | 158.3bc                                       | 53.2b                           | 1.099b-d                                                             |
| ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 487c                                    | 16.32b-d                        | 101.1c                          | 5948c                                        | 126.9de                                       | 59.59a                          | 1.030cd                                                              |
| N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 553ab                                   | 18.35a                          | 124.1ab                         | 7394ab                                       | 172.4ab                                       | 52.92b                          | 1.266ab                                                              |
| ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 594a                                    | 16.70bc                         | 135.2a                          | 7912a                                        | 187.9a                                        | 52.21b                          | 1.319a                                                               |
| M <sub>1</sub>                    | 410d                                    | 14.98d                          | 79.23d                          | 4681d                                        | 110.5ef                                       | 53.51b                          | 0.7890e                                                              |
| M <sub>2</sub>                    | 525bc                                   | 17.05a-c                        | 113.5bc                         | 6842bc                                       | 145.7cd                                       | 60.93a                          | 1.180a-c                                                             |
| M <sub>3</sub>                    | 599a                                    | 15.96b-d                        | 124.9ab                         | 7350a                                        | 175.6ab                                       | 53.68b                          | 1.253ab                                                              |

\*: میانگین های در هر ستون و هر سال، که دارای حرف مشابه می باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each year, followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level-using Duncan's Multiple Range Test.

KNPE = Kernel number per ear    HKW = 100 kernel weight    TEW = Total ear weight    GY = Grain yield    BY = Biological yield    HI = Harvest index    WUE = Water productivity  
 N<sub>0</sub>= 0kg/ha, N<sub>1</sub>- 92 kg/ha nitrogen, N<sub>2</sub>=184kg/ha nitrogen, N<sub>3</sub>=276kg/ha nitrogen  
 M<sub>1</sub>=5 tons/ha farm yard manure, M<sub>2</sub>=10tons/ha farm yard manure, M<sub>3</sub>=15 tons/ha farm yard manure

به مقدار ۲۹۳۹ و ۳۲۴۲ کیلوگرم در هکتار برداشت شد (جدول ۸). دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود مواد آلی باعث فراهمی شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه شد. علت افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کود نیتروژن، افزایش تعداد دانه در بلال و وزن کل بلال بود (جدول ۸). در جدول ۸ در سال اول مشاهده گردید تیمار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی دارای بیشترین تعداد دانه در بلال می باشد. و در سال دوم نیز تیمار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی و ۱۵ تن کود آلی دارای بیشترین تعداد دانه در بلال بودند، ولی اختلاف معنی دار با هم نداشتند. این نتایج مشابه یافته های سایر محققینی است که نشان دادند کود نیتروژن باعث افزایش تعداد دانه در بلال می شود (Bauer and Black, 1994; Eghbal *et al.*, 1995; Lauer, 1975; Parmer and Sharma, 1998). هی و واکر (Hay and Walker, 1989) گزارش کردند از آنجا که کود نیتروژن موجب افزایش تولید ماده خشک و دوام سطح برگ می شود انتظار می رود که عملکرد دانه غلات با افزایش مصرف نیتروژن افزایش یابد.

در مورد برهمکنش تنش خشکی و مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر عملکرد دانه، بیشترین عملکرد دانه در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۹). با اعمال تنش خشکی و عدم مصرف نیتروژن کاهش عملکرد گیاه مشاهده گردید و با افزایش کود نیتروژن به خصوص به صورت کود آلی باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش خشکی شد و عملکرد آن افزایش یافت (جدول ۹). در جدول ۹ مشاهده می شود که نظام های مخلوط کود نیتروژن در آبیاری معادل نیاز آبی گیاه دارای برترین عملکرد دانه بطور قابل توجهی در مقایسه با سایر تیمارهای مشابه بودند. بنابراین از نتایج این آزمایش نتیجه گیری می شود که کود نیتروژن کافی به صورت شیمیایی،

رشد می تواند باعث افزایش پروتئین دانه غلات شود. بنابراین در مراحل ۵۳، ۶۱، ۶۹ و ۷۵ که مراحل میانی تا انتهایی رشد گیاه ذرت می باشد. با افزایش کود نیتروژن، اعداد کلروفیل متر و نیتروژن دانه افزایش می یابد (شکل ۱). روند مشابهی برای سال اول نیز مشاهده گردید. (داده ها نشان داده نشده است).

#### عملکرد دانه

نتایج این تحقیق نشان داد تنش خشکی به طور معنی داری منجر به کاهش عملکرد دانه گردید (جدول ۶ و ۷). علت اصلی کاهش عملکرد دانه در تیمار خشکی کاهش تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه بود (جدول ۶ و ۷). این یافته ها مطابق با یافته های سایر پژوهشگرانی است که نشان داده اند تنش خشکی تعداد دانه در بلال، وزن دانه در بلال و عملکرد دانه را کاهش می دهد (Cheong *et al.*, 2003; Schussler and Westgate, 1991; Smallwood *et al.*, 1999). کاهش تعداد دانه در بلال ممکن است بر اثر تأخیر در ظهور کاکل و یا سقط جنین در اثر کمبود هیدراتهای کربن باشد (Uhart and Andrade, 1995a). البته تنش های محیطی مانند تنش خشکی و شوری باعث کوتاه شدن دوره تمایز سنبلچه ها گردیده و این منجر به کاهش تعداد سنبلچه در سنبله می شود. مهم ترین عاملی که باعث کاهش وزن دانه در شرایط تنش خشکی می شود کوتاه شدن دوره پر شدن دانه است. بنابراین عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می یابد و عملکرد دانه، وزن دانه هر بلال و وزن هزار دانه نیز کاهش می یابد.

کود نیتروژن و کود آلی اثر معنی داری بر عملکرد دانه داشتند و باعث افزایش عملکرد دانه گردیدند (جدول ۶ و ۸). بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در سال اول و دوم در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی در هکتار به مقدار ۷۵۵۵ و ۷۹۱۲ کیلوگرم در هکتار به دست آمد، و کمترین عملکرد دانه به ترتیب در سال اول و دوم در تیمار عدم کاربرد نیتروژن

جدول ۹- مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد دانه و بهره وری مصرف آب گیاه ذرت در سال های زراعی ۱۳۸۴ و ۱۳۸۵ تحت تأثیر اثر متقابل آبیاری × نیتروژن

Table 9. Mean comparison of grain yield, yield components and water productivity in maize in 2005 and 2006 cropping seasons as affected by interaction of irrigation × nitrogen

| سطوح آبیاری<br>Irrigation levels | سطوح نیتروژن<br>Nitrogen levels   | تعداد دانه در بلال<br>KNE <sup>-1</sup> | وزن صد دانه (گرم)<br>HKW (g) | وزن کل بلال<br>(گرم)<br>TEW (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)<br>GY (kg/ha) | عملکرد زیستی<br>(گرم در بوته)<br>BY (g/plant) | شاخص برداشت<br>(درصد)<br>HI (%) | بهره وری مصرف آب (کیلوگرم بر هر متر مکعب آب)<br>WP (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>2005</b>                      |                                   |                                         |                              |                                 |                                              |                                               |                                 |                                                                         |
| I <sub>1</sub>                   | N <sub>0</sub>                    | 214m                                    | 8.576l                       | 27.04l                          | 1446o                                        | 67.98l                                        | 26.48ij                         | 0.3588o                                                                 |
|                                  | N <sub>1</sub>                    | 338kl                                   | 11.82jk                      | 42.54kl                         | 2170no                                       | 96.51kl                                       | 29.64h-j                        | 0.5385m-o                                                               |
|                                  | N <sub>2</sub>                    | 346j-l                                  | 12.03jk                      | 52.07i-l                        | 2876m-o                                      | 115.6i-k                                      | 31.31g-j                        | 0.7137i-n                                                               |
|                                  | N <sub>3</sub>                    | 328kl                                   | 13.81g-k                     | 45.19j-l                        | 2335no                                       | 130h-k                                        | 23.86j                          | 0.5793l-o                                                               |
|                                  | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 433g-k                                  | 12.76h-k                     | 70.30h-k                        | 3646l-n                                      | 135.3g-j                                      | 35.37f-i                        | 0.9048e-k                                                               |
|                                  | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 408h-l                                  | 15.56d-i                     | 80.19f-i                        | 4640i-l                                      | 152.2g-i                                      | 40.67c-h                        | 1.176b-e                                                                |
|                                  | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 418g-l                                  | 13.9g-k                      | 68.42h-k                        | 3851k-n                                      | 160f-h                                        | 31.33g-j                        | 0.9555d-j                                                               |
|                                  | M <sub>1</sub>                    | 336kl                                   | 11.13kl                      | 51i-l                           | 2969m-o                                      | 94.18kl                                       | 40.51c-h                        | 0.7369h-n                                                               |
|                                  | M <sub>2</sub>                    | 414g-l                                  | 14.54f-j                     | 68.78h-k                        | 4110k-m                                      | 125.4h-k                                      | 42.65c-g                        | 1.020c-h                                                                |
|                                  | M <sub>3</sub>                    | 439g-k                                  | 14.02g-k                     | 71.69h-k                        | 4057k-m                                      | 129.7h-k                                      | 40.67c-h                        | 1.007d-i                                                                |
| I <sub>2</sub>                   | N <sub>0</sub>                    | 306lm                                   | 12.28i-k                     | 48.64j-l                        | 2697m-o                                      | 98.78j-l                                      | 35.55f-i                        | 0.4462 no                                                               |
|                                  | N <sub>1</sub>                    | 416g-l                                  | 14.98e-j                     | 75g-j                           | 4181k-m                                      | 128.6h-k                                      | 42.77e-g                        | 0.6913j-n                                                               |
|                                  | N <sub>2</sub>                    | 491f-i                                  | 13.85g-k                     | 88.59e-h                        | 5051h-l                                      | 160.5f-h                                      | 41.23c-h                        | 0.8357g-l                                                               |
|                                  | N <sub>3</sub>                    | 453g-j                                  | 15.82d-h                     | 87.93e-h                        | 5123h-l                                      | 170.7e-g                                      | 39.40e-h                        | 0.8477f-l                                                               |
|                                  | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 505f-i                                  | 15.77d-h                     | 93.64g-h                        | 5426g-k                                      | 161.4f-h                                      | 44.09b-f                        | 0.8977e-k                                                               |
|                                  | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 523e-h                                  | 18.64a-d                     | 94.15e-h                        | 5433g-k                                      | 173.6e-g                                      | 40.02d-h                        | 0.8987e-k                                                               |
|                                  | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 567c-f                                  | 15.80d-h                     | 116.8e                          | 7028e-g                                      | 205.2de                                       | 44.90b-f                        | 1.163b-e                                                                |
|                                  | M <sub>1</sub>                    | 397i-l                                  | 13.07h-k                     | 64.33h-k                        | 3768k-n                                      | 116.8i-k                                      | 41.86c-g                        | 0.6231k-o                                                               |
|                                  | M <sub>2</sub>                    | 509f-i                                  | 17.13b-g                     | 102e-g                          | 6201f-j                                      | 156.3f-h                                      | 51.54a-d                        | 1.026c-h                                                                |
|                                  | M <sub>3</sub>                    | 569c-f                                  | 16.76c-g                     | 109.9ef                         | 6546f-h                                      | 163f-h                                        | 52.05a-c                        | 1.083c-g                                                                |
| I <sub>3</sub>                   | N <sub>0</sub>                    | 452g-j                                  | 15.75d-h                     | 83.97f-h                        | 4673j-l                                      | 127.6h-k                                      | 47.35a-e                        | 0.5798l-o                                                               |
|                                  | N <sub>1</sub>                    | 504f-i                                  | 18.81a-d                     | 109.4ef                         | 6375f-i                                      | 171e-g                                        | 48.14a-e                        | 0.791g-m                                                                |
|                                  | N <sub>2</sub>                    | 643bc                                   | 18.95a-d                     | 156.3cd                         | 9206cd                                       | 228cd                                         | 52.19a-c                        | 1.142b-f                                                                |
|                                  | N <sub>3</sub>                    | 702ab                                   | 21.66a                       | 184.6ab                         | 11060ab                                      | 275.8ab                                       | 52.35a-c                        | 1.375ab                                                                 |
|                                  | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 621b-e                                  | 17.71b-f                     | 145d                            | 8448de                                       | 220.1cd                                       | 49.80a-e                        | 1.048c-g                                                                |
|                                  | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 704ab                                   | 19.44a-c                     | 174a-c                          | 10588a-c                                     | 251.7bc                                       | 55.21ab                         | 1.313a-c                                                                |
|                                  | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 780a                                    | 20.28ab                      | 196a                            | 11790a                                       | 297.5a                                        | 52.02a-c                        | 1.463a                                                                  |
|                                  | M <sub>1</sub>                    | 529d-g                                  | 18.03b-e                     | 116.3e                          | 7152ef                                       | 163.4f-h                                      | 56.95a                          | 0.8874e-k                                                               |
|                                  | M <sub>2</sub>                    | 633b-d                                  | 18.01b-e                     | 144.6d                          | 8512de                                       | 192.2d-f                                      | 56.9a                           | 1.055c-g                                                                |
|                                  | M <sub>3</sub>                    | 694ab                                   | 17.58b-f                     | 161.8b-d                        | 9761b-d                                      | 225.2cd                                       | 56.59a                          | 1.211ab                                                                 |

Table 9. Continued

| سطوح آبیاری<br>Irrigation levels | سطوح نیتروژن<br>Nitrogen levels   | تعداد دانه در بلال<br>KNE <sup>-1</sup> | وزن صد دانه (گرم)<br>HKW (g) | وزن کل بلال<br>(گرم)<br>TEW (g) | عملکرد دانه (کیلوگرم در هکتار)<br>GY (kg/ha) | عملکرد زیستی<br>(گرم در بوته)<br>BY (g/plant) | شاخص برداشت<br>(درصد)<br>HI (%) | بهره وری مصرف آب (کیلوگرم بر هر متر مکعب آب)<br>WP (kg/m <sup>3</sup> ) |
|----------------------------------|-----------------------------------|-----------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|----------------------------------------------|-----------------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------------------------------------------|
| <b>2006</b>                      |                                   |                                         |                              |                                 |                                              |                                               |                                 |                                                                         |
| I <sub>1</sub>                   | N <sub>0</sub>                    | 176o                                    | 9.787l                       | 24.67r                          | 1285p                                        | 57.46p                                        | 27.05k                          | 0.3366m                                                                 |
|                                  | N <sub>1</sub>                    | 255n                                    | 11.32kl                      | 35.80qr                         | 1912op                                       | 66.34op                                       | 37.88ij                         | 0.5012lm                                                                |
|                                  | N <sub>2</sub>                    | 289n                                    | 11.21kl                      | 44.49p-r                        | 2373n-p                                      | 87.65l-p                                      | 34.28jk                         | 0.622k-m                                                                |
|                                  | N <sub>3</sub>                    | 308l-n                                  | 14.02h-k                     | 52.79n-q                        | 2972l-p                                      | 85.55m-p                                      | 44.67g-j                        | 0.7793i-l                                                               |
|                                  | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 380k-m                                  | 14.08h-k                     | 66.30m-p                        | 3819k-n                                      | 93.8j-p                                       | 52.60b-h                        | 1.001e-j                                                                |
|                                  | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 426i-k                                  | 15.74e-j                     | 81.33j-n                        | 4857i-l                                      | 131f-j                                        | 48.19e-i                        | 1.273b-g                                                                |
|                                  | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 429h-k                                  | 12.78jk                      | 69.54l-p                        | 4008j-n                                      | 126.3f-k                                      | 41.20h-j                        | 1.05d-i                                                                 |
|                                  | M <sub>1</sub>                    | 296mn                                   | 13.26i-k                     | 46.50o-r                        | 2714m-p                                      | 70.72n-p                                      | 49.74d-h                        | 0.7114j-l                                                               |
|                                  | M <sub>2</sub>                    | 419i-k                                  | 14.66g-j                     | 73.85k-o                        | 4387i-m                                      | 98.77i-o                                      | 58.45a-e                        | 1.150c-h                                                                |
| I <sub>2</sub>                   | M <sub>3</sub>                    | 440h-k                                  | 12.89jk                      | 69.75l-p                        | 4087j-n                                      | 108h-n                                        | 49.18d-h                        | 1.071c-i                                                                |
|                                  | N <sub>0</sub>                    | 331l-n                                  | 13.16i-k                     | 56.80n-q                        | 3163l-o                                      | 90.51k-p                                      | 45.04f-i                        | 0.5523lm                                                                |
|                                  | N <sub>1</sub>                    | 433h-k                                  | 15.28f-j                     | 81.90j-n                        | 4691i-l                                      | 124.5g-l                                      | 48.87d-i                        | 0.8196h-l                                                               |
|                                  | N <sub>2</sub>                    | 487f-i                                  | 15.47e-j                     | 97.96h-l                        | 5662g-k                                      | 133.7f-i                                      | 54.78a-g                        | 0.9893f-j                                                               |
|                                  | N <sub>3</sub>                    | 457g-k                                  | 16.51d-h                     | 95.32h-m                        | 5523h-k                                      | 142e-h                                        | 52.11b-h                        | 0.965f-j                                                                |
|                                  | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 473f-j                                  | 16.84d-h                     | 95.21h-m                        | 5742g-j                                      | 123.1g-m                                      | 60.51a-d                        | 1.003e-j                                                                |
|                                  | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 519e-h                                  | 18.53b-e                     | 100.6g-k                        | 5831g-j                                      | 149.3d-g                                      | 47.69e-i                        | 1.019d-j                                                                |
|                                  | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 589c-e                                  | 16.54d-h                     | 126.5e-g                        | 7368e-h                                      | 181cd                                         | 52.74b-g                        | 1.288b-f                                                                |
|                                  | M <sub>1</sub>                    | 385j-l                                  | 13.85h-k                     | 67.65m-p                        | 3922j-n                                      | 100.4i-o                                      | 50.80c-h                        | 0.6853j-l                                                               |
| I <sub>3</sub>                   | M <sub>2</sub>                    | 488f-i                                  | 17.36c-g                     | 103.4f-j                        | 6269f-i                                      | 133.3f-i                                      | 62.06a-c                        | 1.096c-i                                                                |
|                                  | M <sub>3</sub>                    | 616cd                                   | 16.78d-h                     | 129ef                           | 7656ef                                       | 175.9c-e                                      | 56.38a-f                        | 1.338a-e                                                                |
|                                  | N <sub>0</sub>                    | 451g-k                                  | 16.21d-i                     | 92.97i-m                        | 5286i-k                                      | 129.4f-j                                      | 53.13b-g                        | 0.6927j-l                                                               |
|                                  | N <sub>1</sub>                    | 534d-g                                  | 17.53c-g                     | 120.7e-i                        | 7178e-h                                      | 164.6d-f                                      | 56.66a-f                        | 0.9407g-k                                                               |
|                                  | N <sub>2</sub>                    | 668bc                                   | 19.98a-c                     | 182.8a-c                        | 10590bc                                      | 207.8bc                                       | 66.09a                          | 1.388a-c                                                                |
|                                  | N <sub>3</sub>                    | 703ab                                   | 21.85a                       | 201.4ab                         | 11850ab                                      | 247.4a                                        | 62.81ab                         | 1.553ab                                                                 |
|                                  | ½N <sub>1</sub> + ½M <sub>1</sub> | 608cd                                   | 18.04b-f                     | 141.8d-e                        | 8283de                                       | 163.7d-f                                      | 65.66a                          | 1.007c-i                                                                |
|                                  | N <sub>1</sub> + M <sub>1</sub>   | 713ab                                   | 20.79ab                      | 190.5a-c                        | 11490a-c                                     | 236.9ab                                       | 62.87ab                         | 1.506ab                                                                 |
|                                  | ½N <sub>3</sub> + ½M <sub>3</sub> | 764a                                    | 20.79ab                      | 209.5a                          | 12360a                                       | 256.3a                                        | 62.70ab                         | 1.62a                                                                   |
|                                  | M <sub>1</sub>                    | 548d-f                                  | 17.84b-f                     | 123.5e-h                        | 7406e-g                                      | 160.3d-g                                      | 60a-d                           | 0.9703f-j                                                               |
|                                  | M <sub>2</sub>                    | 667bc                                   | 19.14a-d                     | 163.4cd                         | 9870cd                                       | 205bc                                         | 62.27a-c                        | 1.293b-f                                                                |
|                                  | M <sub>3</sub>                    | 742ab                                   | 18.21b-f                     | 175.8bc                         | 10310c                                       | 242.9a                                        | 55.48a-g                        | 1.35a-d                                                                 |

میانگین هایی، در هر ستون و هر سال و هر تیمار، که دارای حرف مشابه می باشند بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی دار ندارند.

Means, in each column and for each year and treatment, followed by the same letters are not significantly different at the 5% probability level using Duncan's multiple range tests.

KNPE = Kernel number per ear HKW = 100 kernel weight TEW = Total ear weight GY = Grain yield BY = Biological yield HI = Harvest index WUE = Water productivity

N<sub>0</sub>= 0kg/ha, N<sub>1</sub>- 92 kg/ha nitrogen, N<sub>2</sub>=184kg/ha nitrogen, N<sub>3</sub>=276kg/ha nitrogen

M<sub>1</sub>=5 tons/ha farm yard manure, M<sub>2</sub>=10tons/ha farm yard manure, M<sub>3</sub>=15 tons/ha farm yard manure

(Sinclair et al., 1990; Smith et al., 2004).

افزایش نیتروژن باعث افزایش وزن کل بلال گردید (جداول ۶ و ۸). در جدول ۸ مشاهده می شود بیشترین مقادیر وزن کل بلال در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار به دست آمد. دسترسی بهتر به عناصر غذایی و وجود مواد آلی باعث فراهمی شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه شده است. جاکوبز و پیرسون (Jacobs and Pearson, 1991) و یوهارت و آندرید (Uhart and Andrade, 1995a,b) نیز در یافته های خود نشان دادند کمبود و یا افزایش نیتروژن بر روی وزن کل بلال اثر می گذارد.

### عملکرد زیستی

تنش خشکی در دو سال آزمایش بر عملکرد زیستی گیاه تأثیر گذاشت و با افزایش تنش خشکی عملکرد زیستی گیاه کاهش یافت (جداول ۶ و ۷). سپهری و همکاران (Sepehri et al., 2002) با اعمال تنش موقت خشکی طی دوره رشد رویشی و زایشی، کاهش معنی داری در عملکرد زیستی گیاه ذرت مشاهده کردند. امام و رنجبر (Emam and Ranjbar, 2000) نیز به منظور بررسی کمبود آب بر عملکرد و دیگر صفات وابسته به عملکرد دانه ذرت، تنش خشکی را در سه سطح آبیاری معادل ۵۰، ۷۵ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه انجام دادند و نتایج حاصل از مطالعه آنها نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی دار عملکرد زیستی گیاه ذرت شد. یافته های این تحقیق با نتایج ارائه شده بوسیله اوزبورن و همکاران (Osborne et al., 2002)، پاسکال (Pasqual, 1994) و کلاسن و شاو (Claaseen and Shaw, 1970) نیز مطابقت دارد.

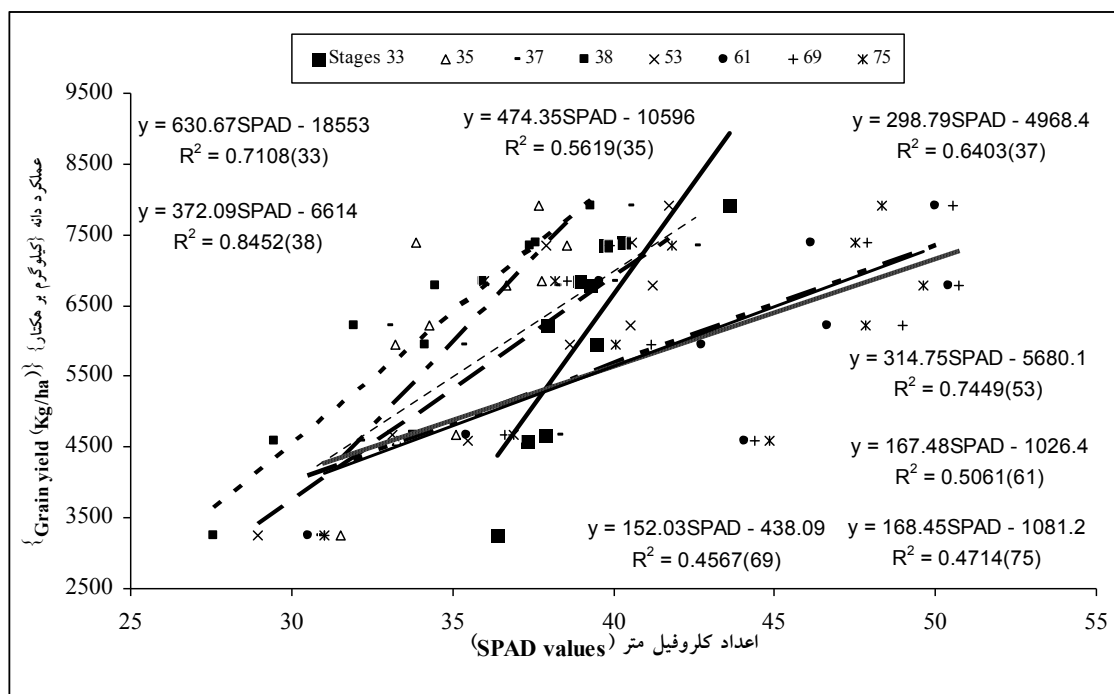
مقادیر و ترکیبات مختلف نیتروژن در دو سال آزمایش بر عملکرد زیستی گیاه تأثیر گذاشت و با افزایش کود نیتروژن، عملکرد زیستی گیاه افزایش یافت (جداول ۶ و ۸). بیشترین عملکرد زیستی در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در دو

عملکرد دانه ذرت را در شرایط تنش خشکی به مقدار کم افزایش می دهد ولی کود نیتروژن به صورت آلی و مخلوط (شیمیایی و آلی) عملکرد دانه را در شرایط تنش خشکی افزایش بیشتری می دهد. بنابراین مصرف کود نیتروژن به صورت مخلوط کود آلی و شیمیایی برای کاهش اثرهای تنش خشکی توصیه می شود.

روابط رگرسیونی بین عملکرد دانه و اعداد کلروفیل متر در سطوح متفاوت کود نیتروژن بیانگر آن است که روابط مثبتی بین این دو عامل بود (شکل ۲). چنین روندی برای سال اول نیز مشاهده گردید (داده ها نشان داده نشده است). همبستگی معنی دار در بعضی از مراحل رشد گیاه مانند مراحل ۳۳، ۳۷، ۳۸ و ۵۳ بین اعداد کلروفیل متر و عملکرد دانه وجود داشت و در بعضی از مراحل رشد گیاه مانند مراحل ۳۵، ۶۹ و ۷۵ همبستگی ضعیف تر بود، که ممکن است در نتیجه اثر عوامل دیگری غیر از اثر عوامل بررسی باشد. روابط رگرسیونی بین عملکرد دانه و مقادیر کلروفیل متر در سطوح مختلف آبیاری نشان داد که روابط منفی و شدیدی بین این دو عامل وجود داشت (شکل ۳). همانطور که در شکل ۳ ملاحظه می شود با افزایش تنش خشکی عملکرد دانه کاهش و اعداد کلروفیل متر افزایش پیدا کرد.

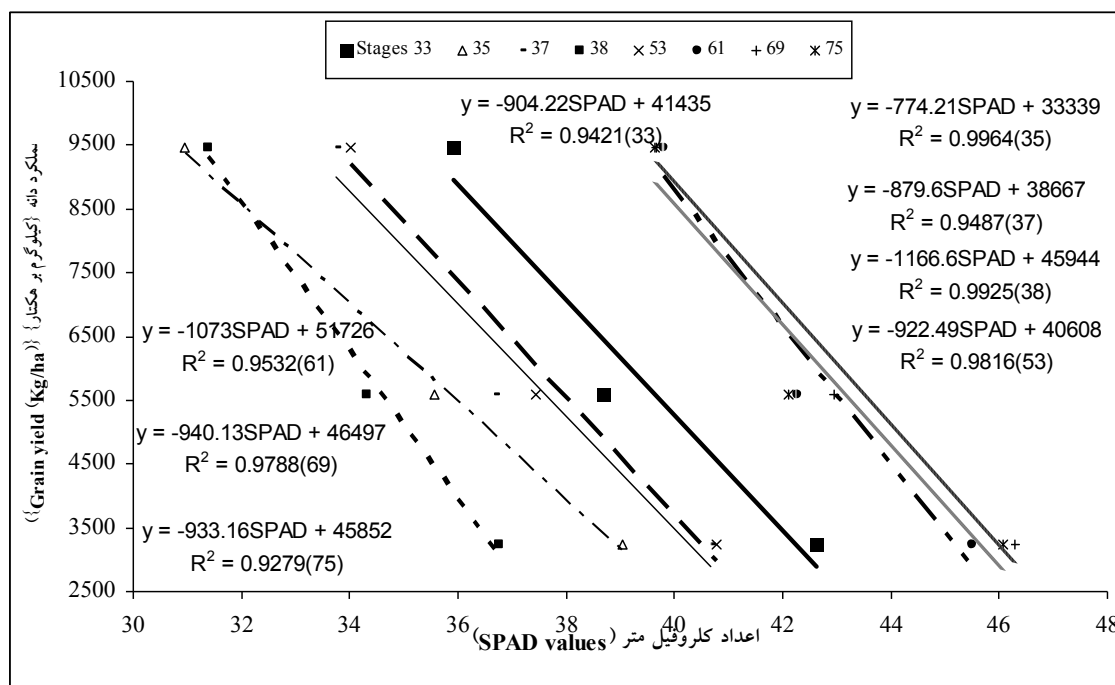
### وزن کل بلال

تنش خشکی باعث کاهش معنی دار در وزن کل بلال شد (جداول ۶ و ۷). بیشترین وزن کل بلال در آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد و با بقیه سطوح آبیاری اختلاف معنی دار مشاهده گردید (جداول ۷). علت کاهش وزن کل بلال را می توان به دلیل کاهش تعداد دانه در بلال و کاهش آهنگ رشد بلال که مخزن قوی برای مواد فتوسنتزی می باشد دانست، زیرا عرضه مواد پرورده تحت تأثیر تنش خشکی کاهش می یابد که با یافته های سایر پژوهشگران در خصوص کاهش وزن کل بلال در اثر تنش خشکی (Schussler and Westgate, 1991;)



شکل ۲- ارتباط بین عملکرد دانه و اعداد کلروفیل متر در سطوح کود نیتروژن

Fig 2. Relationship between grain yield and chlorophyll meter reading (SPAD value) in different nitrogen levels



شکل ۳- ارتباط بین عملکرد دانه و اعداد کلروفیل متر در سطوح آبیاری

Figure 3. Relationship between grain yield and chlorophyll meter reading (SPAD value) in different irrigation levels

سال آزمایش به دست آمد. بیشترین عملکردهای زیستی در نظام مخلوط (شیمیایی و آلی) به دست آمد و کمترین عملکرد زیستی در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به دست آمد (جدول ۸). علت بیشترین عملکرد زیستی در نظام مخلوط دسترسی بهتر گیاه ذرت به عناصر غذایی و وجود مواد آلی باعث فراهمی شرایط بهتری برای انجام فتوسنتز و در نتیجه رشد گیاه شده است، زیرا با تجزیه کود دامی رشد و توسعه ریشه بیشتر می گردد، و رشد اندام های هوایی نیز افزایش می یابد و در نهایت تقویت رشد رویشی به خصوص رشد زایشی تأثیر مستقیم بر افزایش عملکرد زیستی داشت. افزایش کود نیتروژن به خصوص کود آلی باعث افزایش تحمل گیاه در برابر تنش خشکی و افزایش عملکرد زیستی گیاه شد (جدول ۹). با اعمال تنش خشکی و عدم مصرف نیتروژن کاهش نسبی در عملکرد زیستی مشاهده شد و با افزایش کود نیتروژن عملکرد زیستی گیاه افزایش یافت به طوریکه در سطوح آبیاری مشابه در بعضی مقادیر کودی با هم اختلاف معنی دار نداشتند (جدول ۹). بیشترین عملکرد زیستی در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار و آبیاری معادل نیاز گیاه به دست آمد (جدول ۹). مصرف کود نیتروژن به خصوص به صورت مخلوط می تواند تحمل به تنش خشکی را در گیاه ذرت افزایش دهد. البته در شرایط تنش خشکی شدید بین اثر سطوح مختلف نیتروژن بر عملکرد زیستی گیاه اختلافی وجود نداشت. در جدول ۹ مشاهده می شود که تنش خشکی مانع از آن شد که عملکرد زیستی گیاه به حداکثر خود برسد، که این کاهش می تواند به دلیل اثر تنش خشکی بر فتوسنتز باشد (Girardin et al., 1987; Novoa and Loomis, 1981; Uhart and Andrade, 1995). به عقیده یوهارت و آندراده (Uhart and Andrade, 1995b) این کاهش می تواند به دلیل تأثیر نسبت نیتروژن بر گسترش سطح برگ باشد. در مقادیر بیشتر نیتروژن سرمایه گذاری مواد فتوسنتزی در بخش های برگ و ساقه

افزایش می یابد و در نهایت مواد تجمع یافته در دانه فزونی می یابد.

### شاخص برداشت

تنش خشکی بر شاخص برداشت گیاه تأثیر گذاشت و بین سطوح آبیاری اختلاف معنی دار مشاهده شد (جدول ۶ و ۷). شاخص برداشت بیانگر چگونگی تسهیم مواد پرورده بین سازه های رویشی گیاه و دانه می باشد. از آنجائیکه یکی از اجزای محاسبه شاخص برداشت عملکرد دانه است، تغییرات شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییرات عملکرد دانه دارد. اما بر اساس فرمول شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی) هر عاملی که باعث شود عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار گیرد، باعث تغییر شاخص برداشت می شود. در جدول ۷ مشاهده می شود که تنش خشکی تأثیر معنی دار بر شاخص برداشت دارد و بالاترین شاخص برداشت در تیمار آبیاری معادل نیاز گیاه به میزان های ۵۲/۷۵ و ۶۰/۷۷ درصد به ترتیب سال اول و دوم بود، که با یافته های (Ludlow and Muchow, 1990; Weatgate and Boyer, 1985) مطابقت دارد. بنابراین حفظ شاخص برداشت در شرایط کمبود آب اهمیت بحرانی دارد. سینکلر و همکاران (Sinclair et al., 1990) نشان دادند که شاخص برداشت عملاً ثابت است زیرا همانطور که تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه می شود وزن خشک کل نیز کم می شود مگر اینکه تنش شدید باعث کاهش عملکرد دانه به میزان زیاد شود و در نتیجه شاخص برداشت کاهش پیدا کند.

کود نیتروژن بر شاخص برداشت گیاه تأثیر گذاشت (جدول ۸) و بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۱۰ تن کود آلی در هکتار به دست آمد و کمترین شاخص برداشت در تیمار عدم کاربرد نیتروژن به دست آمد (جدول ۸). شاخص های برداشت مطلوب در نظام کود آلی و مخلوط به دست آمد.

در مورد برهمکنش تنش خشکی و مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر شاخص برداشت، اختلاف معنی دار در سال اول مشاهده نشد اما در سال دوم اختلاف معنی دار مشاهده شد (جدول ۶)، بیشترین شاخص برداشت در تیمار ۱۸۴ کیلوگرم کود نیتروژن در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۹).

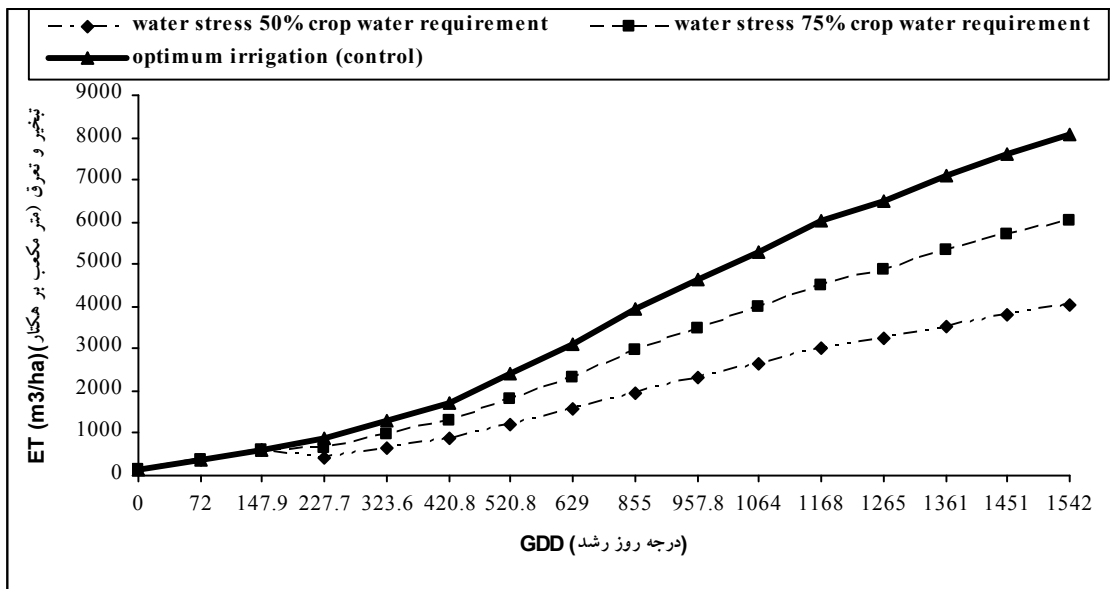
#### بهره وری مصرف آب

میزان تبخیر و تعرق در دو سال زراعی محاسبه شده و نتایج آن در شکل های ۴ و ۵ نشان داده شده است. همچنین مقدار آب در سطوح مختلف آبیاری در جدول ۱۰ ارائه شده است. بهره وری مصرف آب بر اساس نسبت عملکرد دانه تولید شده به میزان آب مصرف شده بدست آمد. تنش خشکی تأثیر معنی داری بر بهره وری مصرف آب داشت (جدول ۶). تیمار آبیاری معادل نیاز آبی گیاه دارای بیشترین بهره وری مصرف آب بود و اختلاف معنی داری با بقیه سطوح آبیاری داشت و با افزایش میزان تنش خشکی بهره وری مصرف آب نیز کاهش پیدا کرد (جدول ۷).

کود نیتروژن و آلی هم تأثیر معنی داری بر بهره وری مصرف آب داشت (جدول ۶). بیشترین بهره وری مصرف آب در تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار به دست آمد (جدول ۸). یوهارت و آندراده (Uhart and Andrade, 1995b) نیز اظهار داشتند که با افزایش کود نیتروژن بهره وری مصرف آب بیشتر شد.

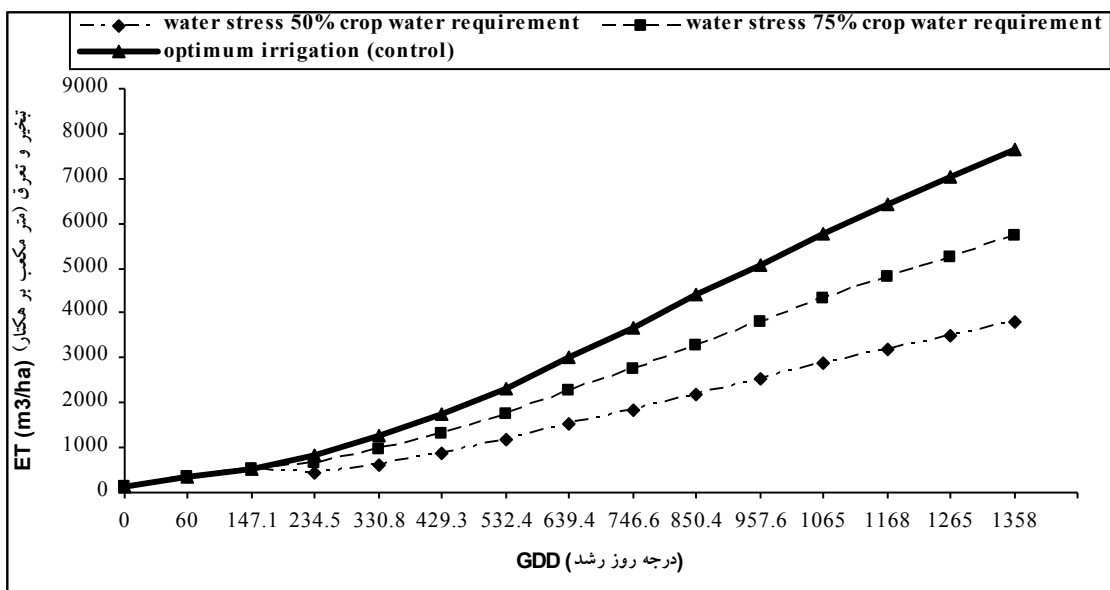
در مورد برهمکنش تنش خشکی و مقادیر و ترکیبات مختلف کود نیتروژن بر بهره وری مصرف آب، بیشترین بهره وری مصرف آب در تیمار ۱۳۸

کیلوگرم کود نیتروژن + ۷/۵ تن کود دامی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به دست آمد (جدول ۹). بنابراین نتیجه گیری می شود مصرف نیتروژن به خصوص کود دامی به همراه کود شیمیایی نیتروژن باعث بالا رفتن بهره وری مصرف آب می گردد، زیرا این عامل مقدار عملکرد دانه را افزایش می دهد، بدون آن که بر مصرف آب تأثیر زیادی داشته باشد. همچنین نیتروژن باعث می شود سیستم ریشه ای عمیق تر و وسیع تری گیاه در طی رشد تولید نماید و چون بهره برداری از آب رابطه نزدیکی با رشد ریشه دارد، تغذیه گیاه در شرایطی که رطوبت خاک کمتر از حد مطلوب است اثر مثبتی بر کارایی مصرف آب دارد و همچنین باعث افزایش عملکرد می شود. نتایج این پژوهش نشان داد که بیشترین عملکرد دانه به ترتیب در سال اول و دوم در برهمکنش تیمار کودی ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه به مقدار ۱۱۷۹۰ و ۱۲۳۶۰ کیلوگرم در هکتار به دست آمد. تیمار ۱۳۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار + ۷/۵ تن کود آلی در هکتار و آبیاری معادل نیاز آبی گیاه، ضمن صرفه جویی نیمی از کود شیمیایی نیتروژن، عملکرد دانه و کارایی مصرف آب را به ترتیب ۶/۲ و ۶ درصد در سال اول و ۴/۱ و ۴/۲ درصد در سال دوم نسبت به تیمار ۲۷۶ کیلوگرم نیتروژن در هکتار افزایش داد. بنابراین با توجه به این نتایج، مصرف کود آلی و مخلوط (آلی و شیمیایی) می تواند به عنوان یک راهکار مدیریتی مؤثر جهت کاهش مصرف کودهای شیمیایی نیتروژن و افزایش عملکرد ذرت مد نظر قرار گیرد.



شکل ۴- میزان تبخیر و تعرق در مراحل رشد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در سال زراعی ۱۳۸۴

Fig 4. Evapo-transpiration (ET) rate at different growth stages in maize cv. SC 704 in 2005 cropping season



شکل ۵- میزان تبخیر و تعرق در مراحل رشد ذرت سینگل کراس ۷۰۴ در سال زراعی ۱۳۸۵

Fig 5. Evapo-transpiration (ET) rate at different growth stages in maize cv. SC 704 in 2006 cropping season.

جدول ۱۰- حجم آب در سطوح مختلف آبیاری

Table 10. Water volume at different irrigation levels

| سال<br>Year | سطوح آبیاری<br>Irrigation levels | آب آبیاری (متر مکعب در هکتار)<br>Irrigation water (m <sup>3</sup> /ha) |
|-------------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------|
| 2005        | 50                               | 4029                                                                   |
|             | 75                               | 6044                                                                   |
|             | 100                              | 8059                                                                   |
| 2006        | 50                               | 3815                                                                   |
|             | 75                               | 5723                                                                   |
|             | 100                              | 7631                                                                   |

References

- Alizadeh, A. 2002.** Designing of irrigation system. Ferdowsi University, Mashad, Iran. pp. 655.
- Argenta, G., P. R. F. Da Silva and L. Sangoi. 2004.** Leaf relative chlorophyll content as an indicator parameter predicts nitrogen fertilization in maize. *Ciencia Rural*. 34(5): 1379-1387.
- Bauer, A. and A. L. Black. 1994.** Quantification of the effect of soil organic matter content on soil productivity. *Soil Sci. Soc. of Amer.* 58: 185-193.
- Bredemeier, C. 2005.** Laser-induced chlorophyll fluorescence sensing as a tool for site-specific nitrogen fertilizer evaluation under controlled environmental and field conditions in wheat and maize. Ph. D. Thesis. Technical University of Munich, Germany. pp 219.
- Cheong, Y. H., K. N. Kim, G. K. Pandey, R. Gupta, J. J. Grant and S. Luan. 2003.** CBL<sub>1</sub>, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell*. 15: 1833-1845.
- Claassen, M. M. and R. H. Show. 1970.** Water deficit effects on corn. I. Vegetative components. *Agron. J.* 62: 649-652.
- Duffus, K. and K. Slaughter. 1997.** Seeds and Their Uses. John Wiley and Sons. New York. P 234.
- Ebertseder, T., R. Guster, U. Hege, R. Brandhuber and U. Schmidhalter. 2003.** Strategies for site-specific nitrogen fertilization with respect to long-term environmental demands. In: Proceeding of the 4<sup>th</sup> European Conference on Precision Agriculture. J. V. Stafford (Ed.). Wageningen Academic Publishers. The Netherlands.
- Eck, H.V. 1984.** Irrigated corn yield response to nitrogen and water. *Agron. J.* 76: 421-428.
- Eghbal, B., B. Wienhold and J. Gilley. 2001.** Comprehensive manure management for improved nutrient utilization and environment quality. *Soil and Water Conservation Res.* 1: 128-135
- Eghbal, B., J. F. Binford, D. D. Baltenspreger and F. D. Anderson. 1995.** Maize temporal yield variability under long term manure and fertilizer application: Fractal analysis. *Soil Sci.* 59: 1360-1364.
- Emam, Y. and G. H. Ranjbar. 2000.** Effect of plant density and water stress during vegetative phase on grain yield, yield components and water use efficiency of maize. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 2(3): 51-62.
- Gerendas, J. and I. Pieper. 2001.** Suitability of the SPAD meter and the petiole nitrate test for nitrogen management in nursery potatoes. P. 716-717. In: Plant nutrition-food security and sustainability of agro-ecosystems. W. J. Horst (Ed.). Kluwer Academic Publishers. The Netherlands.
- Girardin, P., M. Tollenaar, A. Deltour and J. Muldon. 1987.** Temporary N starvation in maize (*Zea mays* L.): Effects on development, dry matter accumulation and grain yield. *Agronomies (Paris)*. 7: 289-296.
- Hay, R. K. M. and A. J. Walker. 1989.** An introduction to the physiology of crop yield. Published in the United States with John Wiley & Sons. New York. PP. 292.
- Hopkins, W. G. 2004.** Introduction to plant physiology (3rd ed.). John Wiely & Sons. New York. PP. 557.

- Jacobs, B. C. and C. J. Pearson. 1991.** Potential yield of maize determined by rates of growth and development of ears. *Field Crops Res.* 27: 281–298.
- Lauer, D. A. 1975.** Limitation of animal waste replacement of inorganic fertilizer. In: *Energy Agriculture and waste Management proc. Agriculture Waste Management.* W. J. Jewell (Ed.). Conference Annual Arbor, Sci., Ann., Arbor., MI. Pp. 409-432.
- Ludlow, M. M. and R. C. Muchow. 1990.** A critical evaluations of traits for improving crop yield in water-limited environment. *Adv. Agron.* 43: 107–153.
- Ma, B. L., L. M. Dwyer and E. G. Gregorich. 1999.** Soil nitrogen amendment effects on seasonal nitrogen mineralization and nitrogen cycling in maize production. *Agron. J.* 91: 1003-1009.
- Madakadze, I. C., K. A. Stewart, R. M. Madakadze, P. R. Peterson, B. E. Coulman and D. L. Smith. 1999.** Field evaluation of the chlorophyll meter to predict yield and nitrogen concentration of switch grass. *J. Plant Nutrition.* 22(6): 1001-1010.
- Majidian, M. 2000.** Effects of different levels of nitrogen fertilizer and moisture stress during different growth stages on physiological characteristics, yield, and yield components of corn (*Zea mays* L.) at Koushkak, Fars province. M.Sc. Thesis. Shiraz University, Iran. pp. 143.
- Major, D. J., R. Baumeister, A. Toure and S. Zhao. 2003.** Digital imaging and spectral techniques (Application to precision agriculture and crop physiology). ASA-CSSA-SSSA. Special Publication, Madison. USA.
- Meier, U. 2001.** Growth stages of mono-and dicotyledonous plants. Berlin; Wien: Blackwell Wiss-Verlag. pp. 158.
- Novoa, R. and R. S. Loomis. 1981.** Nitrogen and plant production. *Plant & Soil.* 58: 177-204.
- Osborne, S. L., J. S. Schepers, D. D. Francis and M. R. Schlemmer. 2002.** Use of spectral radiance to in-season biomass and grain yield in nitrogen and water stressed corn. *Crop Sci.* 42: 165-171.
- Parmar, D. K. and T. R. Sharma. 1998.** Integrated nutrient supply system for DPPG8, vegetable pea (*Pisum sativum* Var aravense) in dry temperate zone of Himachal Pradesh. *Indian J. Agric. Sci.* 68: 247-253.
- Pasquale, S. 1994.** Research – issues in water use efficiency. Mediterranean Agronomic Institute. P 19.
- Piekielek, W. P. and R. H. Fox. 1992.** Use of chlorophyll meter to predict side dress nitrogen requirements for maize. *Agron. J.* 84: 59-65.
- Roe, N. E., J. Stoffella and D. Greatz. 1997.** Compost from various municipal solid wastes feed stocks affect vegetable crops. II. Growth, yield and fruit quality. *J. Amer. Soc. Hort. Sci.* 122:433-437.
- Scharf, P. C., S. M. Brouder and R. G. Hoeft. 2006.** Chlorophyll meter reading can predict nitrogen need and yield response of corn in the north-central USA. *Agron, J.* 98: 655-665.
- Schlemmer, M. R., D. D. Francis, J. F. Shanahan and J. S. Schepers. 2005.** Remotely measuring chlorophyll content in corn leaves with differing nitrogen levels and relative water content. *Agron. J.* 97: 106-112.

- Schussler, J. R. and M. E. Westgate. 1991.** Maize kernel set at low water potential: II. Sensitivity to reduce assimilates at pollination. *Crop Sci.* 31: 1196-1203.
- Sepehri, A., S. A. Modareres Sanavi, B. Gharehyazi, and Y. Yamini. 2002.** Effect of water deficit and different nitrogen rates on growth and development stages, yield and yield component of maize. *Iranian Journal of Crop Sciences.* 4(3): 184-201.
- Sinclair, T. R., J. M. Bennett and R. C. Muchow. 1990.** Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field grown maize. *Crop Sci.* 30: 690-693.
- Smallwood, M. F., C. M. Calvert and D. J. Bowles. 1999.** Plant responses to environmental stress. BIOS Scientific publisher. Oxford. pp. 268.
- Smith, C. W., J. Betran and E. C. A. Runge. 2004.** Corn (origin, history, technology and production). John Wiley & Sons. New York. pp. 729.
- Turner, F. T. and M. F. Jund. 1991.** Chlorophyll meter to predict nitrogen top dress requirement for semi dwarf rice. *Aust. J. Expt. Agric.* 34: 1001-1005.
- Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995a.** Nitrogen deficiency in maize. I. Effects on crop growth, development to dry matter-partitioning, and kernel set. *Crop Sci.* 35: 1376-1383.
- Uhart, S. A. and F. H. Andrade. 1995b.** Nitrogen deficiency in maize. II. Effects on crop carbon - nitrogen interaction effects on kernel number and grain yield. *Crop Sci.* 35: 1384-1389.
- Westgate, M. E. and J. S. Boyer. 1985.** Carbohydrate reserves and reproductive development at low leaf water potentials in maize. *Crop Sci.* 25: 762-769.
- Zebarth, B. J., M. Younie, J. W. Paul and S. Bittman. 2002.** Evaluation of leaf chlorophyll index for making fertilizer nitrogen recommendations for silage corn in a high fertility environment. *Commun Soil Sci. Plant Analysis.* 33: 665-684.

## Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704

Majidian, M<sup>1</sup>, A. Ghalavand<sup>2</sup>, A. A. Kamgar Haghighi<sup>3</sup> and N. Karimian<sup>4</sup>

### ABSTRACT

**Majidian, M., A. Ghalavand, A. A. Kamgar Haghighi and N. Karimian, 2008.** Effect of drought stress, nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components in grain maize cv. SC 704. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 10(3): 303-330 (in Persian).

In order to investigate effects of water stress, nitrogen fertilizer and manure and mixed nitrogen fertilizer and manure on chlorophyll meter reading, grain yield and yield components of grain maize cv. SC 704, a field study was conducted in 2005 and 2006 cropping seasons. A randomized complete block design with factorial arrangement with three replications was used. Treatment consisted of four levels of nitrogen fertilizer (0, 92, 184 and 276 kg N ha<sup>-1</sup>), mixed nitrogen fertilizer and manure (46 kg N ha<sup>-1</sup> + 2.5 tons ha<sup>-1</sup> farm yard manure (FYM), 92 kg N ha<sup>-1</sup> + 5 tons ha<sup>-1</sup> FYM and 138 kg N ha<sup>-1</sup> + 7.5 tons ha<sup>-1</sup> FYM ) and Farm Yard Manure (5, 10 and 15 tons ha<sup>-1</sup> FYM ) three levels of irrigation (optimum irrigation (control), water stress 75% crop water requirement and water stress 50% crop water requirement). Results showed that decreasing in nitrogen with water stress reduced plant growth. Maximum growth was observed when nitrogen and adequate water for maize crop was applied. Chlorophyll meter readings were significantly higher when water stress and nitrogen increased, and had a linear relationship with kernel nitrogen percentage and was affected by water supply. The results also showed the maximum grain yield was obtained in 138 kg N ha<sup>-1</sup> + 7.5 tons ha<sup>-1</sup> FYM with an average of 7555 and 7912 kg ha<sup>-1</sup> in the first and second years, respectively. Maximum grain yield was observed when optimum irrigation was applied with an average grain yield of 8756 and 9462 kg ha<sup>-1</sup> in the first and second years, respectively. When water stress was applied at 50 and 75% of optimum irrigation, grain yield was decreased by 63 and 41% in first year and by 66 and 41% in second year. The maximum grain yield was obtained in 138 kg N ha<sup>-1</sup> + 7.5 tons ha<sup>-1</sup> FYM and optimum irrigation with an average grain yield of 11790 and 12360 kg ha<sup>-1</sup> in the first and second years, respectively. Results indicated that adequate nitrogen fertilizer slightly increased grain yield under water stress. Integrated nitrogen and FYM application increased grain yield under water stress but optimum irrigation increased grain yield. Under severe water stress condition nitrogen applied as integrated nitrogen fertilizer and manure increased grain yield. Integrated nitrogen fertilizers and manure, reduced the needs for chemical fertilizers and produced higher grain yield. It is concluded that application of 138 kg N ha<sup>-1</sup> + 7.5 tons FYM ha<sup>-1</sup> at optimum irrigation decreased the needs for chemical N fertilizer by 50%. It also increased the grain yield and water productivity by 6.2 and 6%, respectively in the first year and by 4.1 and 4.2% in the second years, as compared to the 276 kg N ha<sup>-1</sup>.

**Key words:** Chlorophyll meter reading, Grain yield, Maize, Manure, Nitrogen fertilizer, Drought stress, Yield components.

---

#### Received; February, 2008

1- Ph. D. Student, Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Moddares University, Tehran, Iran (Corresponding author)

2- Associate Prof., Dept. of Agronomy, Faculty of Agriculture, Tarbiat Moddares University, Tehran, Iran

3- Associate Prof., Dept. of Irrigation, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran

4- Prof. Dept. of Soil Science, Faculty of Agriculture, Shiraz University, Shiraz, Iran