Archive of SID

به‌زراعی کشاورزی
دوره ۲۳ ■ شماره ۲ ■ تابستان ۱۴۰۰
صفحه‌های ۲۴۶-۲۳۵

مقاله پژوهشی:

تأثیر روش‌های خاک‌ورزی، کود نیتروژن و تنش خشکی بر شاخص‌های رشدی و عملکرد ذرت علوفه‌ای (*Zea mays* L.)

اسماعیل افشون[1*]، محمدرضا جهانسوز[2]، حسین مقدم[3]، مصطفی اویسی[4]
۱. دانشجوی دکتری، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۲. استاد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
۴. دانشیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تهران، کرج، ایران.
تاریخ دریافت مقاله: ۱۳۹۸/۱۰/۲۲ تاریخ پذیرش مقاله: ۱۳۹۹/۰۶/۱۷

چکیده

به‌منظور بررسی تأثیر تیمار کود نیتروژن و تنش خشکی بر برخی از شاخص‌های رشدی ذرت علوفه‌ای در سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی، آزمایشی در مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران در سال ۱۳۹۷ انجام شد. این آزمایش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. خاک‌ورزی به‌عنوان عامل اصلی در دو سطح (حفاظتی و مرسوم)، تنش آبی به‌عنوان عامل فرعی در سه سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی و کود نیتروژن به‌عنوان عامل فرعی‌فرعی در سه سطح صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده در نظر گرفته شد. در مرحلهٔ گل‌دهی نتایج نشان داد که بیش‌ترین شاخص سطح برگ (۶/۲۸) از اثر متقابل تنش آبی خفیف (۹۰ درصد نیاز آبی) و کاربرد کود نیتروژن ۱۰۰ درصد، سرعت رشد محصول (۳۴/۰۱ گرم بر مترمربع در روز) از تیمار تنش آبی خفیف با کاربرد نیتروژن ۱۰۰ درصد در خاک‌ورزی مرسوم، سرعت رشد نسبی (۰/۰۸ گرم بر گرم در روز) از تیمار نیتروژن ۱۰۰ درصد و وزن خشک کل (۱۰۰۶/۸۶ گرم بر مترمربع) از تیمار تنش آبی خفیف با کاربرد نیتروژن ۱۰۰ درصد در خاک‌ورزی مرسوم حاصل شدند. نتایج این پژوهش نشان داد که کاربرد مقادیر بیش‌تر کود نیتروژن در طی تنش خشکی شدید در سیستم خاک‌ورزی مرسوم منجر به کاهش عملکرد مادهٔ خشک خواهد شد

کلیدواژه‌ها: خاک‌ورزی متداول، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، عملکرد علوفه خشک.

Effect of Tillage, Nitrogen Fertilizer, and Water Stress on Crop Growth Indices and Yield of Forage Corn (*Zea mays* L.)

Esmaeil Afshoon[1*], Mohammad Reza Jahansooz[2], Hossein Moghadam[3], Mostafa Oveisi[4]
1. Ph.D. Candidate, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
2. Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
3. Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
4. Associate Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture & Natural Resources, University of Tehran, Karaj, Iran.
Received: January 12, 2020 Accepted: September 7, 2020

Abstract

To study the effect of nitrogen fertilizer and irrigation regimes on some crop growth indices of forage maize under conventional and conservation tillage system, an experiment has been conducted in split plots with a randomized complete block design and three replications at University of Tehran's farm during 2018. Tillage systems, as the main plot in two factors, include conversation and conventional tillage, whereas water stress, being the subplot, is in three levels which are 30%, 60%, and 90% of moisture requirement. Also, nitrogen fertilizer, as the sub-sub plot, is at three levels, 0, 50%, and 100% of the recommended rate. Results in the flowering stage show that the highest leaf area index (6.28) and crop growth rate (34.01 gr m-2 day-1) have been obtained from the interaction between slight water stress (90% of crop water demand) and nitrogen (100% of crop demand) as well as the interaction between slightly water stress and 100% nitrogen in conventional tillage, respectively. The highest relative growth rate (0.08 gr gr-1 day-1) and total dry matter (1006.86 gr m-2) belong to simple impact of 100% nitrogen along with the interaction of slightly water stress and 100% nitrogen in conventional tillage, respectively. Results show that under severe water stress and higher application of nitrogen, the fertilizer will cause less crop dry matter under conventional tillage.

Keywords: Conventional tillage, crop growth rate, dry matter, leaf area index, relative growth rate.

* نویسنده مسئول
Email: esmaeilafshoon@ut.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

۱. مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) سومین غلهٔ مهم بعد از گندم و برنج در سرتاسر جهان است. کمبود آب به‌دلیل کاهش بارندگی سالیانه، آب‌وهوای خشک و هم‌چنین فقر مواد آلی خاک از مهم‌ترین دلایل کاهش تولید ذرت در ایران است (Abad *et al*., 2017). نظام‌های خاک‌ورزی مرسوم منجر به کـاهش مواد آلی خاک، فعالیت‌های آنزیمی و در نهایت باعث کاهش کیفیت خاک می‌شوند (Mrabet, 2002). در مناطق خشک و نیمه‌خشک، مدیریت بقایا به‌دلیل نقش کلیدی در حفاظت از منابع آب و خاک، نقش مهمی در افزایش تولید محصولات زراعی دارند (Kumar & Goh, 2000). شخم حفاظتی[1] به‌ویژه کشت مستقیم محصول[2] در بقایای گیاهی موجب تثبیت دما و رطوبت خاک، بهبود پایداری دانه‌بندی، افزایش میزان مواد آلی (Hajabbasi & Hemmat, 2000) و کاهش میزان فرسایش خاک (Dabney, 2004) می‌شود. مدیریت نامناسب آبیاری و نیتروژن به‌عنوان اساسی‌ترین عوامل کاهش‌دهندهٔ عملکرد ذرت در نظر گرفته شده‌اند (Norwood, 2000). نیتروژن یک جزء اساسی اسیدهای آمینه و اسیدهای نوکلئیک است. در نتیجه، بدون آن نمی‌توان پروتئین‌ها، آنزیم‌ها، DNA و RNA موردنیاز در سلول‌های گیاهی را برای رشد اولیه، رشد پایدار و عملکرد آن‌ها برای حمایت از سایر بافت‌های گیاهی، ممکن ساخت (Sinclair & Vadez, 2002). تنش آبی[3] می‌تواند محدودیت‌هایی را ایجاد کند یا باعث ایجاد آسیب در فرایندهای مختلف فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی مرتبط با فتوسنتز از جمله کاهش میزان کلروفیل، اختلال در هدایت روزنه‌ای و تداخل در میزان اسمیلاسیون خالص[4] شود. چنین صدماتی می‌تواند رشد گیاه را مهار کرده و در نهایت تولید محصول را کاهش دهند (Li *et al*., 2006). در بررسی Majidian *et al*. (2008) علت اصلی کاهش عملکرد دانه در طی تنش خشکی، کاهش تعداد دانه در بلال و وزن صد دانه و دلیل افزایش عملکرد دانه در تیمارهای کودی نیتروژنه، افزایش وزن دانه در بلال و وزن کل بلال بیان شد. با توجه به اینکه برگ‌های سبز تبدیل انرژی نورانی به انرژی شیمیایی را انجام می‌دهند، شاخص سطح برگ[5] می‌تواند به‌عنوان یکی از مهم‌ترین عوامل مؤثر در تولید ماده خشک و در نتیجه عملکرد دانه موثر باشد (Rizzi *et al*., 2005). به‌منظور تجزیه و تحلیل شاخص‌های رشد، اندازه‌گیری دو پارامتر سطح برگ و وزن خشک[6] الزامی است و سایر شاخص‌های رشد با انجام برخی محاسبات حاصل می‌گردند (Kochaki & Srmdnya, 2000).

نتایج یک بررسی در گیاه ذرت علوفه‌ای نشان داد که بیش‌ترین سرعت جذب خالص[7] در نظام خاک‌ورزی متداول، کم‌خاک‌ورزی و بی‌خاک‌ورزی به‌ترتیب ۱۳/۵، ۱۳/۱۶ و ۱۳/۱۱ گرم در مترمربع در روز به‌دست آمد، درحالی‌که سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول[8] در هر سه نظام خاک‌ورزی موردمطالعه، تفاوت معنی‌داری با هم نداشتند (Ranjbar *et al*., 2016). با توجه به اهمیت خاک‌ورزی حفاظتی در مناطق خشک و نیمه‌خشک دنیا به‌ویژه کشور ایران و هم‌چنین مسأله خشکی به‌عنوان یک تهدید بالقوه بر کشاورزی ما و نیاز مبرم رشد و عملکرد گیاه ذرت به مصرف کود نیتروژن، پژوهش حاضر به‌منظور بررسی تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی، تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد مادهٔ خشک و

1. Conservation Tillage
2. No Tillage
3. Water Stress
4. Net Assimilation
5. LAI
6. Dry Matter
7. Net Assimilation Rate
8. Crop Growth Rate

www.SID.ir

Archive of SID

برخی از صفات شاخص‌های رشدی ذرت علوفه‌ای در مزرعهٔ آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج انجام شد.

۲. مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۹۸-۱۳۹۷، به‌منظور مطالعهٔ تأثیر سیستم‌های مختلف خاک‌ورزی، تنش خشکی و کود نیتروژن بر عملکرد مادهٔ خشک و برخی از صفات شاخص‌های رشدی ذرت علوفه‌ای رقم سینگل کراس ۷۰٤ در مزرعه آموزشی و پژوهشی دانشگاه تهران واقع در شهرستان کرج انجام شد. مشخصات جغرافیایی این مزرعه شامل ۱۳۲۱ متر ارتفاع از سطح دریا، طول جغرافیایی ۵۱ درجه شرقی، عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ٤۸ دقیقه شمالی می‌باشد. این منطقه دارای آب‌وهوای گرم و خشک با میانگین بارندگی ۳۳ سالهٔ حدود ۲٤۸ میلی‌متر است. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول (۱) آمده است. خاک مزرعه مورد آزمایش از لحاظ شیمیایی قلیایی و دارای بافت لوم‌رس بود. مقدار فسفر قابل دست‌رس آن (۲/ ۹ میلی‌گرم بر کیلوگرم) تقریباً در حد نرمالی قرار داشت با این حال از لحاظ پتاسیم (۱٤۵ میلی‌گرم بر کیلوگرم) با کمبود مواجه بود.

این پژوهش به‌صورت کرت‌های دو بار خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. عامل اصلی در این آزمایش خاک‌ورزی با دو سطح (بی‌خاک‌ورزی و مرسوم)، عامل فرعی آبیاری با سه سطح (تنش جزئی[1] به‌عنوان شاهد، متوسط[2] و شدید[3] به‌ترتیب براساس ۹۰، ٦۰ و ۳۰ درصد نیاز آبی) و عامل فرعی‌فرعی کود نیتروژن در سه سطح (صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد میزان توصیه‌شده) بودند. جهت برآورد نقطهٔ ظرفیت زراعی[4] و نقطهٔ پژمردگی[5] دائم، از دستگاه صفحه فشاری[6] (مدل 505، امریکا) استفاده شد و میزان رطوبت خاک در این نقاط محاسبه شدند. بر این اساس میزان رطوبت خاک در ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم به‌ترتیب ۲۵/۳۸ و ۱۲/۳ درصد به‌دست آمد. با توجه به نمونه‌برداری، جرم مخصوص ظاهری خاک ۱/۳۳ گرم بر سانتی‌مترمکعب تعیین شد. برای محاسبه مقدار آب موردنیاز در هر نوبت آبیاری از رابطه (۱) استفاده شد (Alizadeh, 2004).

$$D_N = [(FC-PWP)/100]\, \rho b.\, Dr.\, F \qquad \text{رابطه (۱)}$$

که در آن، D_N مقدار آب در هر آبیاری (mm)، FC درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه ظرفیت زراعی، PWP درصد وزنی رطوبت خاک در نقطه پژمردگی دائم، ρb جرم مخصوص ظاهری خاک ($gr.cm^{-3}$)، Dr عمق مؤثر ریشه (mm) و F ضریب تخلیه رطوبت خاک (درصد) هستند.

به‌منظور تشخیص زمان آبیاری از دستگاه رطوبت‌سنج خاک Delta, T (مدل HD2، آلمان) استفاده شد. اندازه‌گیری رطوبت خاک تا عمق توسعه ریشه (۳۰ سانتی‌متر) انجام گرفت. آبیاری با استفاده از نوارهای پلاستیکی با فاصلهٔ نازل‌های ۲۰ سانتی‌متر انجام شد. عامل تنش در مرحلهٔ شش برگی اعمال شد. عامل فرعی کود نیتروژن در سه سطح در مقادیر شاهد (بدون کاربرد کود)، ۵۰ و ۱۰۰ درصد مقدار بهینه (۳۰۰ کیلوگرم در هکتار) بود. مقدار نیتروژن بهینه براساس آنالیز خاک مشخص گردید که منبع آن نیز کود اوره بود. با توجه به توصیه‌های کودی، کودهای فسفر (۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) و پتاسیم (۲۵۰ کیلوگرم در هکتار) در زمان قبل از کاشت مصرف شد.

1. Slight water stress
2.Moderate water stress
3. Severe water stress
4. Field capacity
5. Permanent wilting point
6. Pressure plate

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

عمق نمونه‌برداری (cm)	هدایت الکتریکی (ds/m)	اسیدیته (pH)	کربن آلی (%)	نیتروژن (%)	فسفر قابل دسترس (mg/kg)	پتاسیم قابل دسترس (mg/kg)	بافت خاک
۳۰-۰	۱/۵٦	۸/۷	۰/۷۳	۰/۰۹۸	۹/۲	۱٤٥	لوم رسی

عامل کود نیتروژنه در سه تاریخ قبل از کاشت، مرحله هشت برگی و هنگام تاسل‌دهی به خاک اضافه شدند. زمین مربوطه قبل از اعمال تیمارها، تحت کاشت جو بود. در خاک‌ورزی مرسوم ابتدا زمین توسط گاوآهن برگردان‌دار شخم و سپس دو مرحله دیسک زده شد و در نهایت برای کاشت ذرت از کارنده پنوماتیک استفاده گردید. برای کاشت ذرت در روش بی‌خاک‌ورزی، با استفاده از کارندهٔ مخصوص بی‌خاک‌ورزی پنوماتیک شرکت تراشکده اقدام به کشت مستقیم بذرها در خاک شد (تقریباً ۹۰ درصد بقایا در سطح خاک باقی‌مانده بودند). در داخل هر کرت شش خط کشت ۱۰متری وجود داشت. فاصله ردیف‌های کشت ذرت رقم سینگل کراس ۷۰٤ در کرت‌ها، ۷۵ سانتی‌متر و فاصله بوته‌ها روی ردیف نه سانتی‌متر در نظر گرفته‌شدند. به‌منظور کاهش خطای آزمایشی، فاصله کرت‌ها یک متر در نظر گرفته شد. کنترل علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش نیکو سولفورون در مرحلهٔ چهاربرگی و هم‌چنین وجین دستی در سه نوبت انجام شد. تاریخ کشت و برداشت به‌ترتیب ۲۰ تیرماه و ۱٤ مهرماه ۱۳۹۸ بود.

به‌منظور تعیین سطح برگ و وزن خشک بوته، در مرحله گل‌دهی از هر کرت بعد از حذف اثر حاشیه با استفاده از یک کوادرات یک مترمربعی نمونه‌گیری انجام شد و تمام بوته‌ها کف‌بر شدند. نمونه‌های موجود در هر کوادرات بعد از انتقال به آزمایشگاه، وزن آن‌ها اندازه‌گیری شد. بعد از جداکردن برگ‌ها، سطح آن‌ها با استفاده از دستگاه سطح برگ‌سنج (مدل Windias 3، ایران) اندازه‌گیری شد. تمام بوته‌های هر کوادرات به آون با دمای ۷۵ درجهٔ سانتی‌گراد منتقل شدند و پس از ۷۲ ساعت وزن خشک آن‌ها با ترازو توزین شد. برای بررسی روند فصلی سطح برگ بوته در طول فصل رشد از رابطه (۲)، برای بررسی روند فصلی وزن خشک بوته در طول فصل رشد از رابطه (۳)، برای بررسی سرعت رشد نسبی و سرعت رشد محصول ذرت از روابط (٤) و (٥) استفاده شد.

رابطه (۲) (Kochaki et al., 2009)

$$Y = a_0+a_1\times 4\times (\exp(-(x-a_2)/a_3))/(1+\exp(-(x-a_2)/a_3))^2$$

رابطه (۳) (Yin et al., 2003)

$$TDM = \frac{a}{(1+\exp(-b(x-c)))}$$

رابطه (٤) (Kochaki & Sarmadnya, 2008)

$$RGR = \frac{LnW_2-LnW_1}{T_2-T_1}$$

رابطه (٥) (Kochaki & Sarmadnya, 2008)

$$CGR = \frac{(W_2-W_1)}{Ga(T_2-T_1)}$$

که در آن‌ها، a_0: عرض از مبدأ، a_1: زمان رسیدن به حداکثر سطح برگ، a_2: حداکثر سطح برگ، a_3: نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x زمان برحسب روز پس از کاشت می‌باشد؛ a: بیش‌ترین وزن خشک بوته در طول فصل رشد بوته، b: ضریب نشان‌دهنده تندی افزایش متغیر موردبررسی، c: زمانی که پنجاه درصد حداکثر مقدار وزن خشک بوته اتفاق می‌افتد. RGR: سرعت رشد نسبی (گرم

www.SID.ir

Archive of SID

بر گرم در روز)، CGR: سرعت رشد محصول، W_1: وزن خشک بوته در نمونه‌برداری اول (گرم)، W_2، وزن خشک بوته در نمونه‌برداری دوم (گرم)، T_1: زمان نمونه‌برداری اول (روز پس از کاشت)، T_2، زمان نمونه‌برداری دوم (روز پس از کاشت) و GA سطح زمین را نشان می‌دهد. در روابط (۲) و (۳) ضرایب با استفاده از نرم‌افزار Slide Write V.01 برآورد شدند. داده‌های حاصل از آزمایش توسط نرم‌افزار SAS (نسخه ۹,٤) آنالیز شدند و مقایسه میانگین ها با استفادها از آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد. برای ترسیم اشکال از نرم‌افزار اکسل استفاده گردید.

۳. نتایج و بحث

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که در سطح احتمال یک درصد، اثر ساده کود نیتروژن بر صفت سرعت رشد نسبی و اثر متقابل تنش خشکی و کود نیتروژن بر صفت شاخص سطح برگ، اثر متقابل خاک‌ورزی، تنش خشکی و کود نیتروژن بر صفات سرعت رشد محصول و وزن خشک کل بوته معنی‌دار شدند (جدول ۲).

۳. ۱. شاخص سطح برگ

نتایج جدول تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل تنش خشکی و سطوح مختلف کود نیتروژن تأثیر معنی‌داری بر شاخص سطح برگ در سطح احتمال یک درصد داشت (جدول ۲). در مرحلهٔ گل‌دهی کم‌ترین شاخص سطح برگ (۲/٦۸) در تیمار تنش خشکی شدید (۳۰ درصد نیاز آبی) و عدم کاربرد کود نیتروژن مشاهده شد. با افزایش فراهمی آب قابل‌دسترس و هم‌چنین کاربرد کود نیتروژن، مقدار شاخص سطح برگ افزایش یافت، به‌طوری‌که بیش‌ترین مقدار آن (٦/۲۸)، در تنش آبی خفیف (۹۰ درصد نیاز آبی) و کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن حاصل شد (شکل ۱).

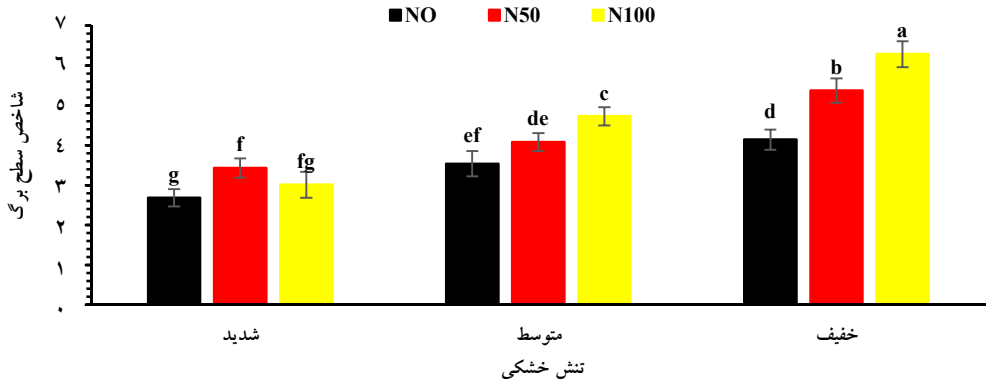
جدول۲. تجزیه واریانس شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و وزن خشک کل ذرت علوفه‌ای تحت تأثیر خاک‌ورزی، تنش آبی و کود نیتروژن در مرحلهٔ گل‌دهی

منابع تغییرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات			
		شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	سرعت رشد نسبی	کل ماده خشک
تکرار	۲	۲/۲۰ ns	۰/۰۲ ns	۰/۰۰۳۲۳۵۱۹*	۱۱۱٤۳/۸۹ ns
خاک‌ورزی	۱	٤/۹٦ ns	۷۵/۳۵*	۰/۰۰۰٤۱٦٦۷ ns	۸۲۷۳٦/٤۸ ns
خطای عامل اصلی	۲	۰/۳۹	۱/۹٦	۰/۰۰۰۱۱٦٦۷	٦۵۹۳/۲۲
تنش آبی	۲	۲۲/۳۰**	۱۱۱٤/۹۳**	۰/۰۰۰۰۲۹٦۳ ns	۹۸٦۸۰۷/۲۷**
اثر متقابل تنش آبی و خاک‌ورزی	۲	۰/۱۷ ns	۷/۷۳*	۰/۰۰۰۰۲۲۲۲ ns	۵٤۸٤/۲۳ ns
خطای عامل فرعی	۸	۰/٦۰	۰/۹٤ ns	۰/۰۰۰۰۱۲۰٤	۹٤۵۷/۱۰
کود نیتروژن	۲	۷/۰۱**	۲۱۵/۵۸**	۰/۰۰۰٦۱۲۹٦**	۱۷۳۷۸٦/۳۲**
اثر متقابل کود نیتروژن و تنش آبی	٤	۰/۰۷۵ ns	۳/۵۵ ns	۰/۰۰۰۰۱٦٦۷ ns	۲۳۰۲/۳۲ ns
اثر متقابل کود نیتروژن و خاک‌ورزی	۲	۱/٤٤**	۲٤/٤٦**	۰/۰۰۰۰۲۹٦۳ ns	۱٦۵۸۸/۷۹ **
اثر متقابل کود نیتروژن، تنش آبی و خاک‌ورزی	٤	۰/۲۳ ns	۱۳/٦٤**	۰/۰۰۰۰۳۸۸۹ ns	۱۹۱۷۹/۱۹**
خطای عامل فرعی‌فرعی	۲٤	۰/۲۲	۱/۵۲	۰/۰۰۰۰۳۰۵٦	۳۹۰۱/٤۱
ضریب تغییرات (٪)	–	۵/۱۱	۲/٦	۱/۷	۹/۵

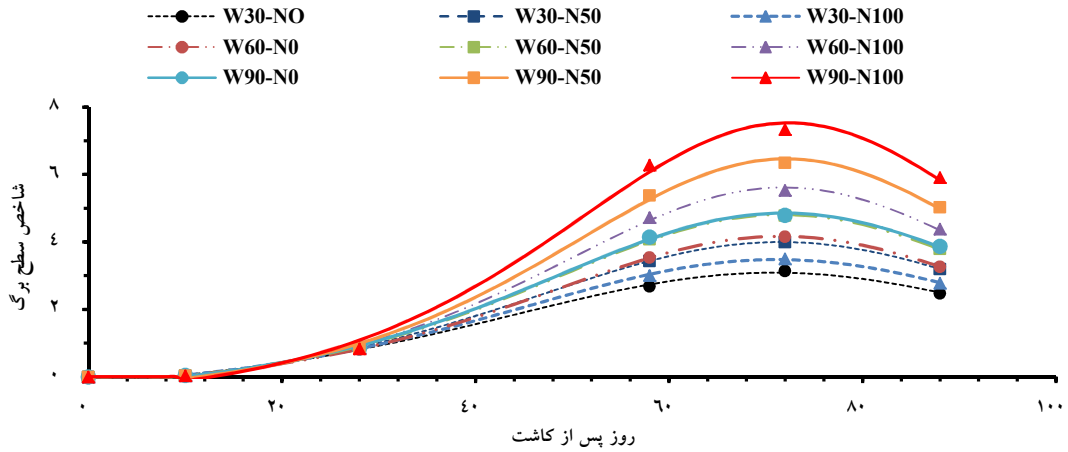
ns، * و ** به‌ترتیب بیانگر عدم معنی‌داری و معنی‌داری واریانس در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد هستند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۱. اثر کاربرد تنش آبی و کود نیتروژن بر شاخص سطح برگ ذرت در مرحلهٔ گل‌دهی. N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ نیاز کودی نیتروژن و تنش شدید، متوسط و خفیف به‌ترتیب نشان‌دهنده تنش در سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه است. حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۲. اثر کاربرد تنش آبی و کود نیتروژن بر روند شاخص سطح برگ ذرت. N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ نیاز کودی نیتروژن و W30، W60 و W90 به‌ترتیب نشان‌دهنده تنش در سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه است.

در مراحل ابتدایی رشد، روند شاخص سطح برگ تا ۳۰ روز بعد از کاشت یکنواخت بود اما بعد از تأثیر اعمال تنش خشکی و هم‌چنین کود نیتروژن، روند شاخص سطح برگ تغییر یافت، به گونه‌ای که تنش خشکی شدید و عدم کاربرد کود نیتروژن شیب آن را تا پایان زمان برداشت (۸۸ روز بعد از کاشت) به میزان کمی افزایش داد. روند افزایشی شیب شاخص سطح برگ با افزایش فراهمی آب قابل‌دسترس و هم‌چنین کاربرد کود نیتروژن افزایش یافت، به گونه‌ای که تیمار تنش خفیف (۹۰ درصد نیاز آبی) با مقدار ۱۰۰ درصد کود نیتروژنه منجر به حداکثر شاخص سطح برگ (۷/۳۳) در ۷۲ روز بعد از کاشت شد. روند کاهشی شاخص سطح برگ از ۷۲ روز بعد از کاشت تا زمان برداشت به‌دلیل ریزش برگ‌های پایینی گیاه، در همهٔ تیمارها مشاهده شد (شکل ۲). یکی

www.SID.ir

Archive of SID

از عوامل مدیریتی بسیار مهم در بهبود رشد گیاه و هم‌چنین فراهمی رشد سبزینه‌ای گیاهان کود نیتروژن است. افزایش سطح سبزینه‌ای به‌نوبهٔ خود منجر به افزایش ظرفیت فتوسنتزی برگ می‌شود که در پی آن، سطح برگ افزایش می‌یابد. افزایش شاخص سطح برگ به‌دنبال افزایش کاربرد کود نیتروژن (Patel *et al*., 2006) و فراهمی آب موردنیاز گیاه (Nilahyane *et al*., 2018) گزارش شده است.

۳. ۲. سرعت رشد محصول

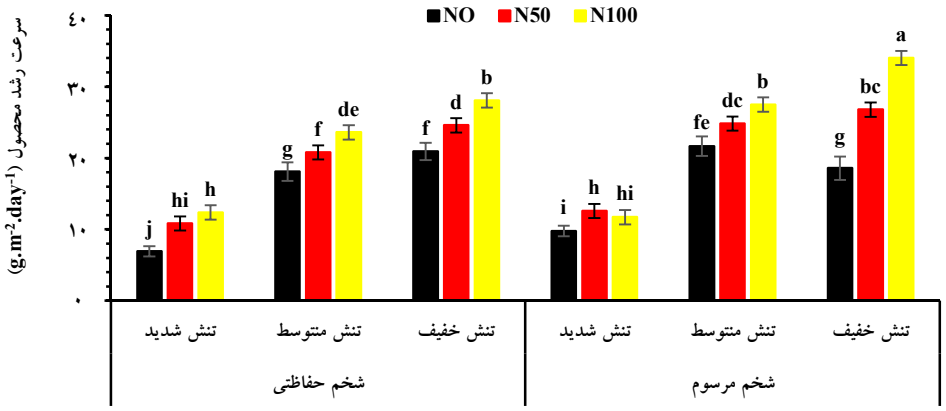
در مرحلهٔ گل‌دهی بیش‌ترین مقدار این شاخص (۳٤/۰۱ گرم بر مترمربع در روز)، از تیمار تنش آبی خفیف به‌همراه کود نیتروژن ۱۰۰ درصد در تیمار خاک‌ورزی مرسوم حاصل شد (شکل ۳). در تیمار خاک‌ورزی حفاظتی و تنش خشکی شدید به‌همراه عدم کاربرد کود نیتروژن، کم‌ترین مقدار سرعت رشد محصول (٦/۹۱ گرم بر مترمربع در روز) به‌دست آمد. به‌طور کلی در تنش خشکی خفیف و تنش خشکی متوسط (٦۰ درصد نیاز آبی)، تیمار خاک‌وری مرسوم در هر سه تیمار کود نیتروژن اعمال‌شده نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی برتری نشان داد. با کاهش تنش خشکی از سطح شدید (۳۰ درصد نیاز آبی) به سطح متوسط و از سطح متوسط به سطح خفیف، شیب افزایش سرعت رشد محصول در طی فصل رشد، در هردو سیستم خاک‌ورزی مرسوم و خاک‌ورزی حفاظتی بیش‌تر شد (شکل ٤)، به‌طوری‌که در ۷۲ روز پس از کاشت در شخم مرسوم و شخم حفاظتی به‌ترتیب مقادیر ٤۷/۲۰ و ٤۳/۹ گرم بر مترمربع در روز حاصل شد. با تغییر در سطوح کود نیتروژن از صفر به ۵۰ و از ۵۰ به ۱۰۰ درصد نیاز کودی گیاه، در تیمار تنش آبی متوسط و خفیف، درصد افزایش سرعت رشد محصول در شخم حفاظتی نسبت به شخم مرسوم افزایش یافت (شکل ٤-الف). در تمامی تیمارهای موردمطالعه روند کاهشی این شاخص از ۷۲ روز پس از کاشت تا زمان برداشت محصول (۸٦ روز پس از کاشت) مشاهده شد. رشد ونمو سریع برگ‌ها و ساقه‌ها در طی فصل رشد به فراهمی آب و عناصر غذایی وابسته است که این امر منجر به افزایش سرعت رشد محصول در فصل رشد خواهد شد (Latifi *et al*., 2004). به‌نظر می‌رسد ذرت در سیستم خاک‌ورزی مرسوم به‌دلیل بهبود شرایط تماسی بذر با خاک و هم‌چنین فراهمی بیش‌تر مواد غذایی (بهبود نفوذ عمقی ریشه)، توانسته است سرعت رشد محصول بیش‌تری را نسبت به خاک‌ورزی حفاظتی تحت شرایط فراهمی آب موردنیاز و کود نیتروژن ۱۰۰ درصد تولید کند. این نتایج با نظرات Kogbe & Adediran (2003) در مورد افزایش سرعت رشد گیاه به‌دنبال افزایش فراهمی کود نیتروژن هم‌خوانی دارد.

۳. ۳. سرعت رشد نسبی

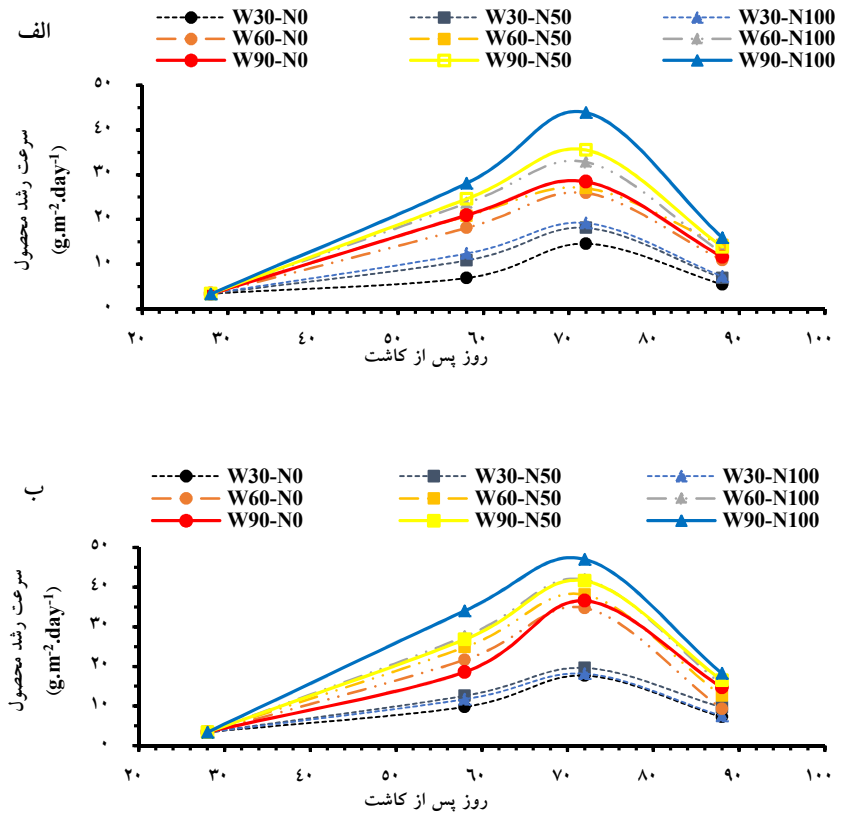
جدول تجزیه واریانس در مرحلهٔ گل‌دهی در مورد سرعت رشد نسبی فقط تحت تأثیر کود نیتروژن در سطح احتمال یک درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیش‌ترین سرعت رشد نسبی (۰/۰۸ گرم بر مترمربع در روز) در این مرحله از رشد گیاه ذرت مربوط به تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن بود (شکل ۵). روند سرعت رشد نسبی به گونه‌ای بود که بیش‌ترین مقدار آن (۲۳/٦۳ گرم در مترمربع در روز)، در زمان ۲۸ روز پس از کاشت از تیمار ۱۰۰ درصد کود نیتروژن حاصل شد. شاخص مذکور از ۲۸ روز پس از کاشت تا زمان برداشت (۸۸ روز پس از کاشت) در هر سه تیمار کودی اعمال‌شده روند نزولی داشت، اما در مورد عدم کاربرد کود نیتروژن نسبت به دو تیمار کودی دیگر، روند کاهش سرعت رشد نسبی با شیب بیش‌تری انجام گرفت (شکل ٦).

www.SID.ir

Archive of SID



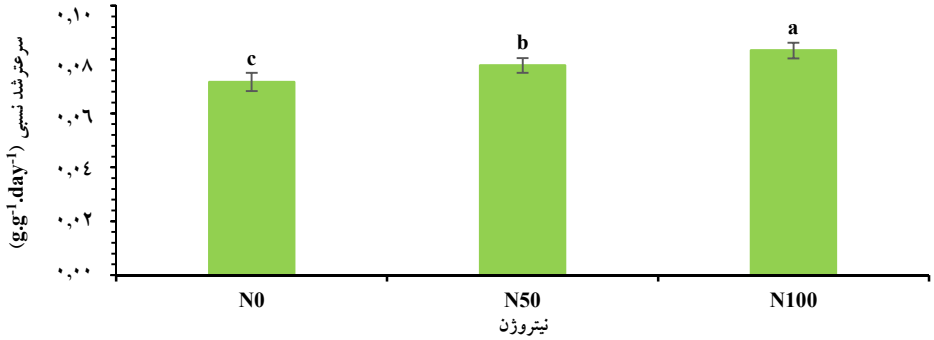
شکل ۳. اثر خاک‌ورزی، تنش آبی و کود نیتروژن بر سرعت رشد محصول ذرت در مرحلهٔ گل‌دهی. N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ نیاز کودی نیتروژن و تنش شدید، متوسط وخفیف به‌ترتیب نشان‌دهنده تنش در سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه است. حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.



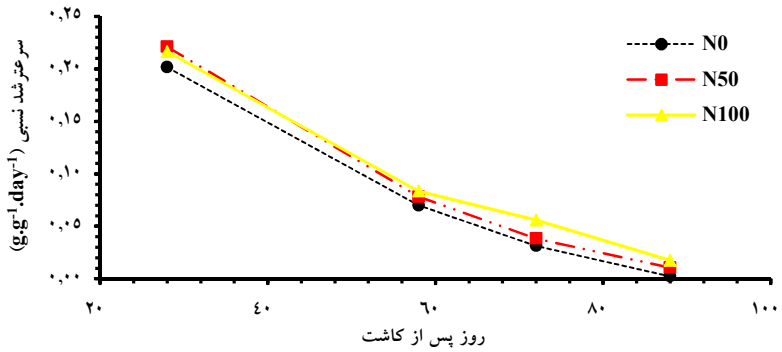
مشکل٤. اثر کاربرد خاک‌ورزی، تنش آبی و کود نیتروژن بر روند سرعت رشد محصول ذرت. N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ نیاز کودی نیتروژن و W30، W60 و W90 به‌ترتیب نشان‌دهنده تنش در سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه است (شکل الف و ب، به‌ترتیب، خاک‌ورزی حفاظتی و مرسوم).

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۵. اثر کاربرد کود نیتروژن بر سرعت رشد نسبی ذرت در مرحلهٔ گل‌دهی.N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ نیاز کودی نیتروژن گیاه است. حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ٦. اثر کاربرد کود نیتروژن بر روند سرعت رشد نسبی ذرت.
N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ نیاز کودی نیتروژن گیاه است.

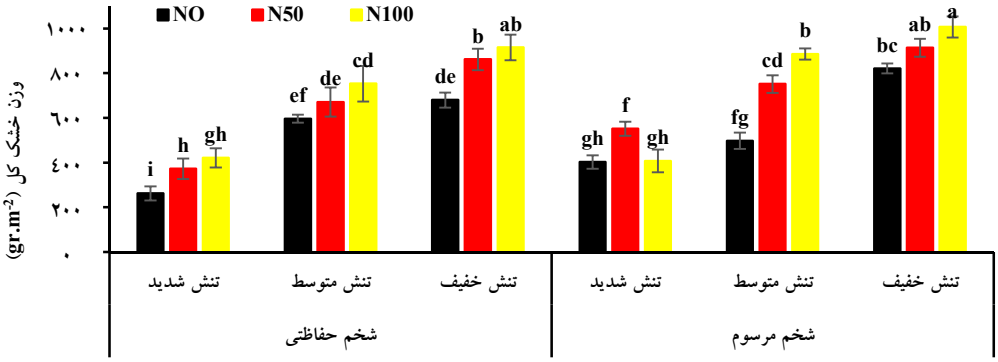
با افزایش سن گیاه به‌دلیل قرارگرفتن برگ‌های اولیه در سایه و هم‌چنین افزایش سن آن‌ها، فعالیت‌های فتوسنتزی کاهش یافته که این امر منجر به کاهش سرعت رشد نسبی در طی فصل رشد خواهد شد (Tarigh Islam *et al*., 2012). تأثیر تنش خشکی بر فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه اثر نامطلوبی خواهد داشت و این اثر با وجود کمبود نیتروژن در گیاه تشدید خواهد شد که نتیجه آن کاهش سطح برگ و هم‌چنین سرعت رشد نسبی در گیاه خواهد شد. افزایش شاخص سرعت رشد نسبی با افزایش سطوح کود نیتروژن به سبب بهبود فعالیت‌های فتوسنتزی گیاه و افزایش تولید ماده خشک بیان شده است (Mohammadi *et al*., 2015).

۳. ٤. وزن خشک کل

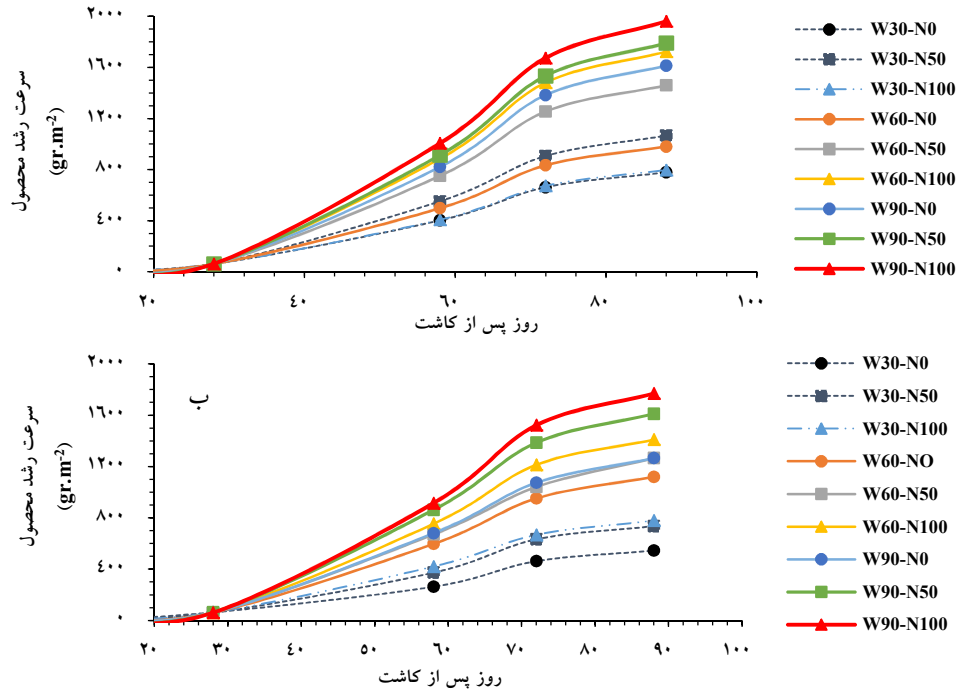
بیش‌ترین مقدار وزن خشک کل بوته (۱۰۰٦/۸٦ گرم در مترمربع) در مرحلهٔ گل‌دهی از تیمار خاک‌ورزی مرسوم با تنش خشکی خفیف و کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن گیاه ذرت حاصل شد که البته از نظر آماری تفاوت معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد با خاک‌ورزی مرسوم در تیمارهای یادشده نداشت (شکل ۷). در مباحث مربوط به شاخص سطح برگ و هم‌چنین سرعت رشد محصول بیان شد که در طی تنش خشکی و عدم کاربرد کود نیتروژن هر دو شاخص یادشده به کم‌ترین مقدار خود رسیدند.

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۷. اثر کاربرد خاک‌ورزی، تنش آبی و کود نیتروژن بر وزن خشک محصول ذرت در مرحلهٔ گل‌دهی. N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ نیاز کودی نیتروژن و تنش شدید، متوسط و خفیف به‌ترتیب نشان‌دهنده تنش در سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه است. حروف مشابه از لحاظ آماری اختلاف معنی‌داری ندارند.



شکل ۸. اثر کاربرد خاک‌ورزی، تنش آبی و کود نیتروژن بر وزن خشک کل محصول ذرت. N0، N50 و N100 به‌ترتیب نشان‌دهنده صفر، ۵۰ و ۱۰۰ درصد نیاز کودی نیتروژن و W30، W60 و W90 به‌ترتیب نشان‌دهنده تنش در سطح ۳۰، ۶۰ و ۹۰ درصد نیاز آبی گیاه است. (شکل الف و ب، به‌ترتیب، خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی).

در تیمار خاک‌ورزی مرسوم و حفاظتی با اعمال تنش خشکی خفیف و کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژن، در زمان برداشت (۸۸ روز پس از کاشت) به‌ترتیب ۱۹۶۱/۵۱ و ۱۷۶۹/۶۱ گرم در مترمربع، مادهٔ خشک حاصل شد (شکل ۸- الف و ب). ازآنجایی‌که وزن خشک کل بوته برایندی از فتوسنتز برگ‌ها و هم‌چنین رشد بافت‌های ساقه و برگ‌ها می‌باشد، لذا کاهش شاخص سطح برگ و در پی آن کاهش سرعت رشد محصول منجر به کاهش

www.SID.ir

Archive of SID

شدید وزن خشک کل بوتهٔ گیاه ذرت (۲۶۲/۷۹ گرم در مترمربع) تحت شرایط تنش خشکی شدید و عدم کاربرد کود نیتروژن در سیستم خاک‌ورزی حفاظت شده است. افزایش عملکرد علوفه خشک به‌همراه تأمین کود نیتروژن موردنیاز گیاه توسط Kwaw-Mensah & Al-Kaisi (2006) نیز گزارش شده است.

٤. نتیجه‌گیری

با توجه به این‌که شخم حفاظتی در شرایط تنش خشکی خفیف (۹۰ درصد نیاز آبی)، افت عملکردی معادل ۱۳/٤۲ درصد نسبت به شخم مرسوم داشته است، احتمالاً محدودیت در نفوذ عمقی ریشه و متعاقب آن کاهش در جذب عناصر غذایی را می‌توان دلیل این نتیجه دانست. در شخم مرسوم زمانی که گیاه در معرض تنش خشکی شدید قرار داشت، کاربرد ۱۰۰ درصد کود نیتروژنه موردنیاز گیاه، تأثیر نامطلوبی بر وزن خشک بوته ذرت داشت، بنابراین مدیریت مصرف نیتروژن تحت شرایط تنش خشکی بایستی مدنظر قرار گیرد. به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که خاک‌ورزی حفاظتی در سال‌های اولیه تأثیر مثبت خود را بر عملکرد نخواهد گذاشت، اما با توجه به این‌که ایران در کمربند خشک و نیمه‌خشک دنیا قرار دارد و اکثر زمین‌های زراعی آن با کمبود مواد آلی مواجه است، خاک‌ورزی حفاظتی به‌همراه مدیریت مطلوب نیتروژن می‌تواند در درازمدت منجر به بهبود شرایط فیزیکی و شیمیایی خاک شود و سبب بهبود و افزایش عملکرد شود.

٥. تشکر و قدردانی

از کارکنان مزرعه آموزشی و پژوهشی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران بابت همکاری در انجام این پژوهش، تشکر و قدردانی می‌گردد.

٦. تعارض منافع

هیچ‌گونه تعارض منافع توسط نویسندگان وجود ندارد.

۷. منابع

Abad, H. H. S., Mirhadi, M. J., Normohamadi, G., & Charabeh, A. (2017). Effect of deficit and adequate irrigation and nitrogen fertilizer levels on physiological traits of maize in Kermansha province-Iran. *Bioscience Biotechnology Research*, *10*(4), 716-721. http://dx.doi.org/10.21786/bbrc/10.4/16

Alizadeh, A. (2004). *Soil, water, plant relationship* (4th Ed.). University of Emam Reza Press, Mashhad, Iran. (In Persian).

Dabney, S. M., Wilson, G. V., McGregor, K. C., & Foster, G. R. (2004). History, residue, and tillage effects on erosion of loessial soil. Transactions of the American Society of Agricultural and Biological Engineers, St. Joseph, Michigan, USA, *47*(3), 767-775. http://dx.doi.org/10.13031/2013.16108

Hajabbasi, M. A., & Hemmat, A. (2000). Tillage impacts on aggregate stability and crop productivity in a clay-loam soil in central Iran. *Soil and Tillage Research*, *56*(1), 205-212.(In Persian).

Kochaki, A. & Sarmadnya, G. H. (2008). *Crop plants Physiology (translation)*. Jahad-e-Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran.

Kochaki, A., Nassiri Mahallati, M., Mondani, F., & Amirmoradi, A. (2009). Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. *Journal of Agroecology*, *1*(1), 13-23. (In Persian)

Kogbe, J. O. S., & Adediran, J. A. (2003). Influence of nitrogen, phosphorus and potassium application on the yield of maize in the savanna zone of Nigeria. *African Journal of Biotechnology*, *2*(10), 345-349. https://doi.org/10.5897/AJB2003.000-1071

Kochaki, A., & Sarmadnya, G. H. (2000). *Crop plants Physiology (translation)*. Jahad-e-Daneshgahi of Mashhad, Mashhad, Iran.

Kumar, K., & Goh, K. M. (2000). Biological nitrogen fixation, accumulation of soil nitrogen and nitrogen balance for white clover (*Trifolium repens* L.) and field pea (*Pisum sativum* L.) grown for seed. *Field Crops Research*, *68*(1), 49-59. https://doi.org/10.1016/S0378-4290(00)00109-X

Kwaw-Mensah, D., & Al-Kaisi, M. (2006). Tillage and nitrogen source and rate effects on corn response in corn–soybean rotation. *Agronomy journal, 98*(3), 507-513. https://doi.org/10.2134/agronj2005.0177

www.SID.ir

Archive of SID

Latifi, N., Navabpour, S., & Akram, G. (2004). Evaluation of growth indicators in sunflower, Record cultivar, under rainfed conditions. *Agricultural Sciences and Industries*, *17*(1), 61-67. (In Persian).

Li, R. H., Guo, P. G., Michael, B., Stefania, G., & Salvatore, C. (2006). Evaluation of chlorophyll content and fluorescence parameters as indicators of drought tolerance in barley. *Agricultural Sciences in China*, *5*(10), 751-757. https://doi.org/10.1016/S1671-2927(06)60120-X

Majidian, M., Ghalavand, A., Kamgar Haghighi, A. A., & Karimian, N. (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).

Mohammadi, Gh.R., Safari Pour, M., Ghobadi, M.E., & Najafi, A. (2015). The Effect of Green Manure and Nitrogen Fertilizer on Corn Yield and Growth Indicators. *Journal of Agricultural Science and Sustainable Production*, *25*(2), 105-124. (In Persian).

Mrabet, R. (2002). Stratification of soil aggregation and organic matter under conservation tillage systems in Africa. *Soil and Tillage Research*, *66*(2), 119-128.

Nilahyane, A., Islam, M., Mesbah, A., & Garcia y Garcia, A. (2018). Effect of Irrigation and Nitrogen Fertilization Strategies on Silage Corn Grown in Semi-Arid Conditions. *Agronomy*, *8*(10), 208. https://doi.org/10.3390/agronomy8100208

Norwood, C.A. (2000). Water use and yield of limited-irrigated and dryland corn. *Soil Science Society of America Journal*. *64*(1), 365-370. https://doi.org/10.2136/sssaj2000.641365x

Patel, J. B., Patel, V. J., & Patel, J. R. (2006). Influence of different methods of irrigation and nitrogen levels on crop growth rate and yield of maize (*Zea mays* L.). *Indian Journal of Crop Science*, 1(1and2), 175-177.

Ranjbar, M. H., Gherekhloo, j., & Soltani, A. (2016). Effect of Different Tillage Systems on Growth Indices and Yield of *Zea mays* L. (Corn Forage). *Iranian Journal of Field Crops Research*, *15*(2), 267-285. (In Persian).

Rizzi, R., Rudorff, B. F. T., & Shimabukuro, Y. E. (2005). Analysis of MODIS leaf area index product over soybean areas in Rio Grande do Sul State, Brazil. In Anais XII Simposio Brasileiro de Sensoriamento Remoto. Goiania, Brasil (pp. 253-260).

Sinclair, T. R., & Vadez, V. (2002). Physiological traits for crop yield improvement in low N and P environments. *Plant and Soil*, *245*(1), 1-15. https://doi.org/10.1023/A:1020624015351

Tarigh Islam, M., Zarghami, R., Mashhadi Akbar Bujar, M., & Owais, M. (2012). Effect of Nitrogen fertilizer and Water Deficit Stress on Physiological indices of corn (*Zea mays* L.). *Journal of Agriculture and Plant Breeding, 8*(1), 161-174. (In Persian).

Yin, X., Gouadrian, J., Latinga, E.A., Vos, J., & Spiertz, J.H. (2003). A flexible sigmoid growth function of determinate growth. *Annals of Botany*, 91(3), 361-371. https://doi.org/10.1093/aob/mcg029

www.SID.ir