اثر برهمکنش آبیاری و نیتروژن بر خصوصیات فنولوژیک و شاخص‌های رشد در ذرت دانه‌ای

روژین قبادی، مختار قبادی*، فرزاد مندنی، سعید جلالی هنرمند و بهمن فرهادی بانسوله

گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.

(تاریخ دریافت: ١٣٩٤/١١/٠٩، تاریخ پذیرش نهایی: ١٣٩٥/٠٥/١٣)

چکیده:

این تحقیق با هدف بررسی اثرات سطوح آبیاری و نیتروژن بر زمان وقوع مراحل فنولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت دانه‌ای سینگل‌کراس ٧٠٤ انجام شد. آزمایش طی دو سال زراعی ٩٣-١٣٩٢ و ٩٤-١٣٩٣ در پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه و به صورت کرت‌های یک بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا گردید. فاکتور اصلی، چهار سطح آبیاری شامل تأمین ١٢٠، ١٠٠، ٨٠ و ٦٠ درصد نیاز آبی و فاکتور فرعی، چهار سطح نیتروژن شامل ١٤٠، ١٠٠، ٧٠ و ٤٠ درصد مقدار توصیه شده بر اساس نتایج آزمون خاک بود. نتایج نشان داد که با کاهش مقدار آب مصرفی، ظهور گل‌تاجی، گرده‌افشانی و ظهور ابریشم‌ها به تأخیر افتاد. افزایش مقدار نیتروژن روی تاریخ ظهور گل‌تاجی و وقوع گرده‌افشانی تأثیر معنی‌دار نداشت اما سبب تسریع ظهور ابریشم‌ها گردید. کمبود آب و نیتروژن منجر به افزایش فاصله زمانی بین گرده‌افشانی و ظهور ابریشم‌ها شد. با افزایش مقدار نیتروژن، در تیمارهای تأمین ١٢٠، ١٠٠ و ٨٠ درصد نیاز آبی، رسیدن فیزیولوژیک دیرتر رخ داد. مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن در هر یک از سطوح آبیاری، شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول را افزایش داد، اما با افزایش شدت کم آبی از تأثیر مثبت نیتروژن کاسته شد. کاربرد نیتروژن بیشتر در شرایط آبیاری مطلوب، موجب افزایش میزان و سرعت تجمع ماده خشک و به تأخیر افتادن توقف روند تجمع ماده خشک گردید.

واژه‌های کلیدی: سرعت رشد محصول، شاخص سطح برگ، ظهور ابریشم، کم آبی، گرده‌افشانی.

مقدمه:

کم آبیاری یکی از روش‌های افزایش کارایی مصرف آب برای افزایش میزان محصول تولیدی به ازای واحد آب مصرفی است. در صورت استفاده منطقی و مدیریت شده از روش کم آبیاری، میزان کاهش محصول در برابر منفعت حاصل از مقدار آب ذخیره شده ناچیز خواهد بود. با توجه به این‌که در شرایط کم آبی، جذب عناصر غذایی به ویژه نیتروژن کاهش می‌یابد؛ در چنین شرایطی لزوم برقراری تناسب میان آب و نیتروژن مصرفی ضروری به نظر می‌رسد (علیزاده‌اقیانوس و همکاران، ١٣٨٨). اعمال مدیریت صحیح در شرایط کم آبیاری زمانی امکان‌پذیر خواهد بود که اطلاعات کافی از پاسخ گیاه به کم آبیاری موجود باشد.

طول دوره رشد و زمان وقوع مراحل فنولوژیک گیاهان در عین حال که یک صفت ژنتیکی است، تحت تأثیر محیط و عوامل مدیریتی نیز قرار می‌گیرد (غدیری و مجیدیان، ١٣٨٢). زمان سبز شدن، ظهور گل‌تاجی، دانه گرده، ابریشم و رسیدن فیزیولوژیک دانه از مهم‌ترین مراحل فنولوژیک نمو ذرت هستند و اهمیت ویژه‌ای در تعیین عملکرد دانه دارند

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی:ghobadi.m@razi.ac.ir

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

(عنایت‌قلی‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲).

از جمله برهمکنش‌های مفید بین آب و نیتروژن بر گیاه ذرت می‌توان به رشد سریع‌تر برگ اشاره کرد. این موضوع سرعت بسته شدن کانوپی را افزایش داده، موجب به حداقل رساندن تصعید آمونیوم و کاهش تلفات آب از سطح خاک می‌شود (غدیری و مجیدیان، ۱۳۸۲). با کاهش آب قابل دسترس، مدت زمان ظهور برگ‌ها (فیلوکرون) در ذرت طولانی‌تر می‌شود. چنین شرایطی باعث کاهش معنی‌دار اندازه برگ‌ها و تأخیر در ظهور گل‌تاجی و ابریشم‌ها خواهد شد (کریمی و همکاران، ۱۳۸۸؛ Nesmith and Ritchie, 1996). مقدار نیتروژن قابل دسترس نیز طول دوره رشد ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهد. مراحل فنولوژیک رشد و نمو ذرت در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می‌افتد (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱). در شرایط کمبود نیتروژن، تأخیر ورود به فاز زایشی ذرت گزارش شده است (سپهری و همکاران، ۱۳۸۱؛ حمیدی و دباغ محمدی نسب، ۱۳۸۰؛ Prsad and Singh, 1990). در رابطه با دوره پر شدن دانه گزارش شده است که کاهش یا قطع منابع ساکارز طی دوره پر شدن دانه، باعث تشکیل سریع لایه سیاه می‌شود (Valentinuz and Tollenar, 2004). بنابراین هر نوع تنش محیطی که باعث کاهش فتوسنتز در طول دوره پر شدن دانه شود باعث تسریع در رسیدن فیزیولوژیک می‌گردد (گلدانی و همکاران، ۱۳۹۰).

در آزمایش کریمی و همکاران (۱۳۸۸) در تیمار تنش شدید کم آبی نسبت به آبیاری مطلوب، ظهور گل‌تاجی، ابریشم و تشکیل دانه به ترتیب ۲/۳، ۲/۰ و ۱/۷ روز به تعویق افتاد. علیزاده و همکاران (۱۳۸٦) تأخیر در ظهور گل‌تاجی و ابریشم بر اثر کم آبی را بسته به میزان نیتروژن مصرفی بین پنج تا نه روز و Grant و همکاران (۱۹۸۹) تأخیر در ظهور ابریشم در شرایط کم آبی برای ارقام مختلف را بین یک تا هشت روز گزارش کردند. با وقوع کم آبی در طول دوره پر شدن دانه بسته به میزان نیتروژن مصرفی، رسیدن فیزیولوژیک پنج تا هفت روز زودتر رخ می‌دهد (علیزاده و همکاران، ۱۳۸٦).

کمبود آب از طریق تأثیر بر توسعه سطح برگ و تغییر سایر شاخص‌های رشد، وزن خشک کل و عملکرد دانه ذرت را تحت تأثیر قرار می‌دهد (لک و همکاران، ۱۳۸۹). Ritchie و همکاران (۱۹۹۲) گزارش کردند که سرعت رشد ذرت در مرحله ده برگی افزایش می‌یابد و کمبود آب در این مدت باعث کاهش اندازه برگ‌ها می‌شود. از طرفی با انتخاب مقدار مناسب نیتروژن می‌توان به ترکیب متعادلی از شاخص‌های رشد در کانوپی ذرت دست یافت و موجبات بهبود عملکرد را فراهم آورد. بر اساس گزارش‌های موجود، افزایش مصرف نیتروژن از طریق افزایش سطح برگ و دریافت نور موجب بهبود سرعت رشد محصول (Crop Growht Rate) می‌شود. افزایش سرعت رشد نسبی (Relative Growht Rate) و سرعت جذب خالص (Net Assimilation Rate) نیز در سطوح مطلوب نیتروژن گزارش شده است (لک و همکاران، ۱۳۸۹). در آزمایش حق‌جو و بحرانی (۱۳۹٤) کمبود آب و نیتروژن باعث کاهش شاخص سطح برگ (Leaf Area Index)، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و سرعت جذب خالص شد. بین مقادیر شاخص سطح برگ و سرعت رشد محصول با وزن خشک کل و عملکرد دانه ذرت ارتباط مستقیم وجود دارد (حق‌جو و بحرانی، ۱۳۹٤؛ کریمی وهمکاران، ۱۳۸۸، Dwyer *et al*., 1991).

این تحقیق به منظور بررسی تأثیر سطوح مختلف آبیاری و مقادیر نیتروژن مصرفی بر زمان وقوع مراحل فنولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت دانه‌ای در شرایط آب و هوایی شهرستان کرمانشاه انجام شد.

مواد و روش‌ها:

این تحقیق طی دو سال زراعی (۹۳-۱۳۹۲ و ۹٤-۱۳۹۳) در مزرعه تحقیقاتی پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه رازی کرمانشاه (عرض جغرافیایی ۳٤ درجه و ۲۱ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ٤۷ درجه و ۹ دقیقه شرقی، ارتفاع ۱۳۱۹ متر از سطح دریا) انجام شد. بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی دومارتن اقلیم منطقه سرد و نیمه خشک می‌باشد. منطقه مورد نظر دارای متوسط بارندگی سالیانه ٤۱۷ میلی‌متر،

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

جدول ۱- نتایج آزمون خاک محل انجام آزمایش

سال	بافت خاک	ظرفیت تبادل کاتیونی (meq.100g)	املاح محلول ($ds.cm^{-1}$)	اسیدیته	نیتروژن کل (درصد)	فسفر قابل جذب (ppm)	پتاسیم قابل جذب (ppm)	کربن آلی (درصد)	آهن (ppm)	روی (ppm)	مس (ppm)
۱۳۹۲-۹۳	رسی	۲۷/۰	۰/٦	۷/۳۷	۰/۱۵	۵/۲	۳٤۰	۱/۵	۱/۸۲	۱/۲۸	۱/۸۲
۱۳۹۳-۹٤	رسی	۲۷/۰	۰/۵۵	۷/٦۹	۰/۱۰	۵/۱	۳۵۰	۱/۰	۱/٦۹	۱/٤۷	۱/٦۰

متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۵/۳ درجه سانتی‌گراد، حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه به ترتیب ٤٤/۱ و ۲٤ درجه سانتی‌گراد است. آزمایش به صورت کرت‌های یک بار خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجرا شد. در این بررسی ۱٦ تیمار شامل فاکتور آبیاری در چهار سطح، تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی (بیش آبیاری، $I_{120\%}$)، تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (آبیاری کامل، $I_{100\%}$)، تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی (تنش ملایم کم آبی، $I_{80\%}$) و تأمین ٦۰ درصد نیاز آبی (تنش شدید کم آبی، $I_{60\%}$) به عنوان فاکتور اصلی و چهار سطح نیتروژن شامل ۱٤۰ درصد ($N_{140\%}$)، ۱۰۰ درصد ($N_{100\%}$)، ۷۰ درصد ($N_{70\%}$) و ٤۰ درصد ($N_{40\%}$) مقدار توصیه شده بر اساس نتایج آزمون خاک در کرت‌های فرعی قرار داشتند.

مراحل آماده‌سازی زمین به صورت شخم پاییزه، دیسک بهاره، تسطیح زمین انجام شد. در هر دو سال بر اساس نتایج آزمون خاک، فسفر به میزان ۱۷۵ کیلوگرم در هکتار کود سوپرفسفات‌تریپل و پتاسیم به میزان ۵۰ کیلوگرم در هکتار کود سولفات‌پتاسیم به صورت پیش‌کاشت استفاده شد. طول هر کرت شش متر و عرض آن سه متر شامل چهار خط کاشت بود. بین کرت‌های اصلی سه ردیف نکاشت و بین کرت‌های فرعی یک ردیف به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. فاصله ردیف‌های کاشت ۷۵ سانتی‌متر و تراکم بوته ۷۵ هزار بوته در هکتار در نظر گرفته شد. کاشت ذرت دانه‌ای رقم سینگل‌کراس ۷۰٤ در هفته دوم اردیبهشت ماه به صورت دستی در عمق پنج سانتی‌متری روی پشته انجام شد. در هر کپه سه عدد بذر ضدعفونی شده با قارچ‌کش ویتاواکس قرار داده شد. به منظور رسیدن به تراکم مطلوب در مرحله چهار برگی بوته‌های اضافی تنک شدند.

بر اساس نتایج آزمون خاک، نیاز نیتروژن ذرت، در سال اول ۳۵۰ و در سال دوم ٤۰۰ کیلوگرم کود اوره در هکتار تعیین گردید (جدول ۱). با توجه به سطوح در نظر گرفته شده برای تیمار نیتروژن، مقدار کود اوره به ازای هر کرت محاسبه شد. تقسیط هر سطح نیتروژن به صورت یک‌سوم پایه، یک‌سوم در مرحله شش برگی (ابتدای رشد طولی ساقه) و یک‌سوم در زمان ظهور گل‌تاجی بود. بلافاصله پس از کاشت بذر، آبیاری انجام گرفت. آبیاری نوبت اول به عنوان تاریخ کاشت در نظر گرفته شد. تا قبل از مرحله شش برگی، آبیاری مطلوب برای تمام کرت‌ها صورت گرفت. آغاز تنش کم آبی در مرحله شش برگی در دوره‌های هفت روزه بر اساس تیمارهای آبی در نظر گرفته شده اعمال شد. نیاز آبی ذرت در طول فصل رشد بر اساس معادله پنمن- منتیث فائو (FAO Penman-Monteith equation) با استفاده از نرم‌افزار اُپتی‌وات (Optiwat) در دوره‌های هفت روزه با توجه به آمار هواشناسی منطقه محاسبه گردید (معادله‌های ۱ و ۲).

معادله (۱):

$$ET_o = \frac{0.408\,\Delta(R_n - G) + [900\gamma/(T+273)](e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}U_2$$

معادله (۲):

$$ET_C = ET_O \times K_C$$

در این معادله‌ها، ET_O تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره زمانی مورد نظر (میلی‌متر در روز)، ET_C تبخیر و تعرق گیاه ذرت در دوره زمانی مورد نظر (میلی‌متر در روز)، K_C ضریب گیاهی ذرت در دوره مورد نظر، Rn تابش خالص در سطح پوشش گیاهی (مگاژول بر مترمربع در روز)، T دمای هوا در ارتفاع دو متری از سطح زمین (سانتی‌گراد)، U_2 سرعت باد در

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

ارتفاع دو متری از سطح زمین (متر در ثانیه)، e_s-e_a کمبود فشار بخار در ارتفاع دو متری از سطح زمین (کیلو پاسکال)، Δ شیب منحنی فشار بخار اشباع نسبت به درجه حرارت در نقطه‌ای که درجه حرارت در آن T باشد (کیلو پاسکال بر سانتی‌گراد)، γ ضریب سایکرومتری (کیلو پاسکال بر سانتی‌گراد)، G شار گرما به داخل خاک (مگاژول بر مترمربع در روز)، است (علیزاده و کمالی، ۱۳۸۷). در نهایت میزان آب آبیاری طبق معادله (۳) محاسبه و مقادیر آب در نظر گرفته شده برای هر کرت در اختیار گیاهان قرار گرفت. آبیاری کرت‌ها توسط لوله پلی‌اتیلن انجام شد و حجم آب ورودی به کرت‌ها با کنتور کنترل گردید.

معادله (۳):

$$\text{میزان آب (میلی‌متر در مترمربع در هفت روز)} = \frac{\text{مساحت کرت (مترمربع)} \times \text{نیاز آبی روزانه (میلی‌متر در هفت روز)}}{۰/۹ \text{ (راندمان آبیاری)}}$$

در طول فصل رشد گیاه، یادداشت‌برداری تاریخ وقوع مراحل مختلف نمو فنولوژی برای هر یک از کرت‌ها به ترتیب انجام شد:

کاشت تا ظهور گل‌تاجی: زمانی که گل‌های تاجی در ۵۰ درصد بوته‌های هر کرت به اندازه ۱۰ تا ۱۵ سانتی‌متر از بین برگ‌ها بیرون آمده بودند به عنوان تاریخ ظهور گل‌تاجی ثبت شد.

کاشت تا گرده‌افشانی: زمانی که محور اصلی گل‌تاجی در ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت در حال آزاد کردن دانه گرده بودند به عنوان تاریخ شروع گرده‌افشانی یادداشت شد.

کاشت تا ظهور ابریشم: زمانی که طول ابریشم در ۵۰ درصد از بوته‌های هر کرت به دو تا سه سانتی‌متر رسید به عنوان تاریخ ظهور ابریشم ثبت شد.

فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم (Anthesis Silking Interval): تفاوت بین تاریخ ثبت شده برای مراحل ظهور ابریشم و گرده‌افشانی محاسبه و بر حسب روز گزارش شد.

کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک: برای تعیین تاریخ وقوع رسیدن فیزیولوژیک، از سه هفته پس از ظهور ابریشم، در هر کرت سه دانه از دانه‌های بخش میانی چهار بلال خارج شد و وضعیت پیدایش لایه سیاه بررسی شد. پس از اطمینان از ایجاد لایه سیاه در ۹۰ درصد از بوته‌های هر کرت، تاریخ وقوع رسیدن فیزیولوژیک ثبت شد (گلدانی و همکاران، ۱۳۹۰).

جهت محاسبه شاخص‌های رشد در مراحل مختلف رشد، از هر کرت سه بوته به طور تصادفی برداشت شد. جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت ٤٨ ساعت در دمای ۷۲ درجه سانتی‌گراد خشک و سپس توزین شدند.

برای برآورد مقادیر شاخص سطح برگ روزانه از معادله (٤) استفاده شد (Gardner *et al*., 1985).

معادله (٤):

$$LAI = a + b \times 4 \times \frac{\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)}{\left(1+\exp\left(-\frac{x-c}{d}\right)\right)^2}$$

که در آن a عرض از مبداء، b زمان رسیدن به حداکثر LAI، c حداکثر LAI و d نقطه عطف منحنی که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x زمان بر حسب روزهای پس از کاشت است.

برای برآورد مقادیر سرعت رشد محصول (CGR) بر حسب گرم بر مترمربع در روز، سرعت رشد نسبی (RGR) بر حسب گرم بر گرم در روز و وزن خشک کل (Total Dry Weight) برحسب گرم بر مترمربع به ترتیب از برازش معادلات ۵، ٦ و ۷ استفاده شد (Gardner *et al*., 1985).

معادله (۵):

$$CGR = \frac{a \times b \times c \times \exp(-c \times x)}{((1+b \times \exp(-c \times x)))^2}$$

معادله (٦):

$$RGR = \frac{b \times c \times \exp(-c \times x)}{(1+b \times \exp(-c \times x))}$$

معادله (۷):

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

در این معادلات، a حداکثر تجمع ماده خشک، b ثابت معادله، c سرعت رشد نسبی و x زمان بر حسب روز پس از کاشت است.

در پایان فصل رشد گیاه پس از حذف اثرات حاشیه، بوته‌های دو مترمربع از دو ردیف میانی هر کرت برداشت شد. پس از خشک شدن بوته‌ها وزن آن‌ها به عنوان وزن خشک کل بر حسب گرم بر مترمربع برای هر تیمار ثبت شد.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

تجزیه و تحلیل‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها به روش LSD در سطح پنج درصد با استفاده از نرم‌افزار آماری SAS انجام شد. در تجزیه مرکب، سال به صورت اثر تصادفی اما سطوح آبیاری و نیتروژن به صورت اثر ثابت در نظر گرفته شدند. به منظور برازش معادلات و رسم نمودارها نیز به ترتیب از نرم‌افزارهای Slide Write و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث:

از کاشت تا ظهور گل‌تاجی: اثر سال در سطح یک درصد و سطوح مختلف آبیاری در سطح پنج درصد بر تعداد روز سپری شده از کاشت تا ظهور گل‌تاجی معنی‌دار بود (جدول ۲). تأمین سریع‌تر نیاز حرارتی ذرت به دلیل دمای بالاتر هوا در سال دوم آزمایش، باعث شد که فاصله کاشت تا ورود به فاز زایشی در مقایسه با سال اول به طور معنی‌داری کاهش یابد (به طور متوسط ۸۲/۳ و ۷۱/۵ روز به ترتیب برای سال اول و سال دوم). تنش کم آبی فاصله کاشت تا ظهور گل‌تاجی را افزایش داد. از نظر زمان لازم برای ظهور گل‌تاجی، دو تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی (۷٤/۸ روز) و ۱۰۰ درصد نیاز آبی (۷۵/۵ روز) در یک گروه آماری قرار گرفتند. با اعمال تنش ملایم و تنش شدید کم آبی، به ترتیب ۷۸/۸ و ۷۹/۳ روز بعد از کاشت، گیاه وارد فاز زایشی شد (جدول ۳). پوستینی و همکاران (۱۳۸٤) در گیاه ذرت گزارش کردند که در مرحله ظهور گل‌تاجی، نمو گل‌تاجی تحت تنش شدید کم آبی معنی‌دار شد. با این‌حال، سپهری و همکاران (۱۳۸۱) تأخیر ورود به فاز زایشی ذرت را در اثر کمبود آب گزارش کردند. در آزمایش سپهری و همکاران (۱۳۸۱) نیز مقدار نیتروژن نسبت به مقدار آب، اثر کمتری بر زمان ظهور گل‌تاجی داشت هر چند که با کمبود نیتروژن ظهور گل‌تاجی به تأخیر افتاد.

از کاشت تا گرده‌افشانی: اثر سال در سطح یک درصد و آبیاری در سطح پنج درصد بر تعداد روز از کاشت تا شروع گرده‌افشانی معنی‌دار بود (جدول ۲). شروع گرده‌افشانی در سال دوم (۷٤/٦ روز) به طور معنی‌داری زودتر از سال اول (۸٦/۸ روز) اتفاق افتاد. در بین سطوح آبیاری، دیرترین تاریخ گرده‌افشانی در تیمار تنش شدید (۸۲ روز) و زودترین گرده‌افشانی در تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی (۷۹/۱ روز) ثبت شد. تفاوت بین تاریخ شروع گرده‌افشانی در تیمار تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۸۰ درصد نیاز آبی معنی‌دار نبود (جدول ۳). به عقیده چوکان و همکاران (۱۳۸۵) کم آبی حیات دانه‌های گرده را تحت تأثیر قرار نمی‌دهد و بیشتر باعث کاهش تعداد دانه‌های گرده می‌شود همچنین در چنین شرایطی، توانایی انتشار و پخش دانه‌های گرده متأثر می‌گردد. در آزمایش سپهری و همکاران (۱۳۸۱) نیز اعمال تنش کم آبی منجر به تأخیر در وقوع گرده‌افشانی و کاهش طول دوره پر شدن دانه شد.

از کاشت تا ظهور ابریشم: اثر سال در سطح یک درصد، اثر آبیاری و نیتروژن در سطح پنج درصد و اثر متقابل سال در آبیاری در سطح یک درصد بر تاریخ ظهور ابریشم معنی‌دار بود (جدول ۲). رشد و نمو سریع‌تر ذرت به دلیل گرم‌تر بودن هوا در سال دوم آزمایش، منجر به کاهش معنی‌دار فاصله از کاشت تا ابریشم‌دهی در مقایسه با سال اول شد (۹۰/۷ و ۸۰/۸ روز به ترتیب برای سال اول و دوم) (جدول ٤). در هر دو سال با افزایش شدت کم آبی، ابریشم‌دهی به تأخیر افتاد. در سال اول با تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی به طور میانگین ۸۸/٤ روز بعد از کاشت، ابریشم‌ها ظاهر شدند. ظهور ابریشم‌ها در تیمارهای تأمین ۱۰۰ درصد، ۸۰ درصد و ٦۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۲/۰، ۲/٦ و ٤/۷ روز به تعویق افتاد. در سال دوم در شرایط تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی فاصله از کاشت تا گرده‌افشانی ۷٦/۲ روز بود. کمبود آب در سال دوم نسبت به سال اول ظهور ابریشم‌ها را بیشتر به تأخیر انداخت به طوری‌که در تیمارهای تأمین ۱۰۰ درصد، ۸۰ درصد و ٦۰ درصد نیاز آبی در مقایسه با تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی ظهور ابریشم‌ها به ترتیب ۲/۸، ٦/۸ و ۸/۹ روز به تعویق افتاد (جدول ٤). تأخیر در ظهور ابریشم‌ها در شرایط کم آبی به دلیل کافی نبودن آب مورد نیاز جهت طویل شدن سریع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

جدول ۲- تجزیه واریانس مرکب صفات اندازه‌گیری شده (میانگین مربعات)

منابع تغییرات	درجه آزادی	کاشت تا ظهور گل‌تاجی	کاشت تا گرده‌افشانی	کاشت تا ظهور ابریشم	فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم	کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول	سرعت رشد نسبی	وزن خشک کل
سال	۱	۲۷۹۵/۰٤**	۳۵۷۷/۰٤**	۲۲۳۷۰/۰۹**	۱۲۳/۷٦**	۱۹۲٦/۰٤**	۳/۲٤*	۵۳۱/۲۲**	۰/۰۰۲۱**	۷۲۵۹۵۲/۵۲**
تکرار (سال)	٤	٤/٤۹	۲/۹۲	۲/۳۰	۲/۱۷	۳۵/٤٦	۰/۳۹	۸/٤٦	۰/۰۰۰۰٦	۹۳۰۲۸/۷۰
آبیاری	۳	۱۱۲/۹۲*	۳٦/۸٦*	۲۰٦/٤٦*	۷۱/۷۹*	۷۰۹/۲۵**	۱۲/۳٤**	۱٤۷۲/٦۹*	۰/۰۰۰۳**	۵۵٦۷۰۲۸/٦۳**
I × Y	۳	٦/۰٤^{ns}	۳/۰۷^{ns}	۲۰/۵۹**	۷/۵۰*	۰/٦۲^{ns}	۰/۱۲^{ns}	۵۳/۷۱**	۰/۰۰۰۰۲**	٤٦٤۵۱/۷۲^{ns}
اشتباه	۱۲	۳/۰۰	۳/۰۷	۲/۸۲	۲/۱۲	۲/۱۲	۰/۰٦	۱/٤۸	۰/۰۰۰۰۱	۱۵۱۳۹/۰۳
نیتروژن	۳	۱/۰۸^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	٦/۱۸*	۱۰/٦۸*	۱۸٦/٤۷**	۳/۲۲*	۹۳/۹۵^{ns}	۰/۰۰۰٤^{ns}	۵۵۹۵۱۷/٦٤**
N ×I	۹	۰/٦٦^{ns}	۱/۱۸^{ns}	۰/۸۱^{ns}	۱/۳۹^{ns}	۱۳/٤۸*	۰/۵۵*	۱۲/۰۱*	۰/۰۰۰۰٦^{ns}	۳۰۵۱٤/۷۲^{ns}
N × Y	۳	۰/۵۷^{ns}	۱/۸۲^{ns}	۰/٦۵^{ns}	۱/۰۷^{ns}	۰/٤۰^{ns}	۰/۲۱**	۱۹/۳۹**	۰/۰۰۰۱**	۷٤۹۱/٦۰^{ns}
N×I×Y	۹	۱/۰۰^{ns}	۱/۰۷^{ns}	۲/۲۲^{ns}	۲/۵۰^{ns}	۲/٦۲^{ns}	۰/۱٤**	۳/٦۱^{ns}	۰/۰۰۰۰۲^{ns}	۷۷۹۵/٦۷^{ns}
اشتباه	٤۸	۰/۸٦	۰/۸۹	۱/۱۰	۱/۲٦	۲/۲۵	۰/۰۵	۲/۱۸	۰/۰۰۰۰۱	۲۷۸۰۸/۰۳
ضریب تغییرات (درصد)		۱/۲۱	۱/۱۷	۱/۲۳	۲۲/۲۲	۱/۲۰	۱٤/٦۸	۱۵/۲۷	۱٤/۹۵	۲۰/۰۱

*، ** و ^{ns} به ترتیب معنی‌دار در سطح پنج درصد، معنی‌دار در سطح یک درصد و غیر معنی‌دار. (Y: سال، I: آبیاری، N: نیتروژن)

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر سال، آبیاری و نیتروژن برای صفات اندازه‌گیری شده

	کاشت تا ظهور گل‌تاجی	کاشت تا گرده‌افشانی	کاشت تا ظهور ابریشم	گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم	کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک (روز)	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)	سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)	وزن خشک کل (گرم بر مترمربع)
	(روز)								
سال									
۹۲-۹۳	۸۲/۲۷ ^{a}	۸٦/۸۱ ^{a}	۹۰/۷۳ ^{a}	۳/۹۲ ^{a}	۱۲۹/٦۱ ^{a}	٤/۸٦ ^{a}	۳۰/۳۳ ^{a}	۰/۰۷۲ ^{a}	۱۷۵۲ ^{a}
۹۳-۹٤	۷۱/٤۸ ^{b}	۷٤/٦۰ ^{b}	۸۰/۷۹ ^{b}	٦/۱۹ ^{b}	۱۲۰/٦۵ ^{b}	٤/٤۹ ^{b}	۲۵/٦۲ ^{b}	۰/۰٦۲ ^{b}	۱۵۷۸ ^{b}
آبیاری									
$I_{120\%}$	۷٤/۷۵ ^{c}	۷۹/۰۸ ^{c}	۸۲/۲۹ ^{d}	۳/۲۱ ^{a}	۱۳۰/۵۰ ^{a}	۵/٤۱ ^{a}	۳۳/۱۵ ^{a}	۰/۰٦٤ ^{c}	۲۰۸۰ ^{a}
$I_{100\%}$	۷۵/٤٦ ^{b}	۸۰/۵۸ ^{b}	۸٤/٦۷ ^{c}	٤/۰۸ ^{b}	۱۲۷/۸۰ ^{b}	٤/۹٦ ^{b}	۳۲/۸۹ ^{a}	۰/۰٦۷ ^{b}	۱۹۵۷ ^{b}
$I_{80\%}$	۷۸/۸٤ ^{a}	۸۱/۱۲ ^{b}	۸۷/۰۰ ^{b}	۵/۸۷ ^{c}	۱۲٤/۲۹ ^{c}	٤/٦۰ ^{c}	۲۹/۳٤ ^{b}	۰/۰۷۲ ^{a}	۱٦۱۹ ^{c}
$I_{60\%}$	۷۹/۲٦ ^{a}	۸۲/۰٤ ^{a}	۸۹/۰۸ ^{a}	۷/۰٤ ^{d}	۱۱۷/۹۲ ^{d}	۳/۷۲ ^{d}	۱٦/۵۲ ^{c}	۰/۰٦۵ ^{c}	۱۰۰٤ ^{d}
نیتروژن									
$N_{40\%}$	۷٦/۸۷	۸۰/۷۱	۸٦/۲۵ ^{a}	۵/۵٤ ^{b}	۱۲۲/۲۱ ^{d}	٤/۱۹ ^{c}	۲۵/٦۸	۰/۰٦۸	۱٤۷۱ ^{c}
$N_{70\%}$	۷٦/۹٦	۸۰/۷۱	۸٦/۰۰ ^{a}	۵/۲۹ ^{b}	۱۲۳/۵٤ ^{c}	٤/٦۰ ^{b}	۲۷/۰٦	۰/۰٦٦	۱٦۱٦ ^{b}
$N_{100\%}$	۷٦/۵۸	۸۰/۷۱	۸۵/٦۷ ^{ab}	٤/۹٦ ^{ab}	۱۲٦/۳٤ ^{b}	٤/۹۱ ^{a}	۲۹/۰۷	۰/۰٦٦	۱۷۷۳ ^{a}
$N_{140\%}$	۷۷/۰۸	۸۰/۷۱	۸۵/۱۲ ^{b}	٤/٤۲ ^{a}	۱۲۸/٤۲ ^{a}	۵/۰۰ ^{a}	۳۰/۰۸	۰/۰٦۷	۱۸۰۰ ^{a}

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

سلول‌های رشته‌های ابریشم است (چوکان و همکاران، ۱۳۸۵). سپهری و همکاران (۱۳۸۱) تأخیر در ظهور ابریشم‌ها را در شرایط کم آبی شش، تا هفت روز گزارش کردند. تأخیر در شروع گرده‌افشانی و ظهور ابریشم در اثر تنش کم آبی توسط Chad (۲۰۰۹) نیز گزارش شده است.

با افزایش مقدار نیتروژن مصرفی، ابریشم‌ها سریع‌تر ظاهر شدند (جدول ۳). در آزمایش Molla و همکاران (۲۰۱٤) و سپهری و همکاران (۱۳۸۱) در بوته‌هایی که نیتروژن کمتری دریافت کردند ظهور ابریشم چهار تا شش روز دیرتر اتفاق افتاد. Dawadi and Sah (۲۰۱۲) نیز ظهور زودهنگام ابریشم‌ها را با مصرف نیتروژن بیشتر گزارش کردند. مقدار نیتروژن بر توزیع مواد فتوسنتزی بین اندام‌های رویشی و زایشی مؤثر است و مراحل فنولوژیک رشد در اثر کمبود نیتروژن به تأخیر می‌افتد (Mariana *et al*., 2003). Girardin و همکاران (نقل از سپهری و همکاران، ۱۳۸۷) تأخیر در ظهور ابریشم‌ها را به واسطه کمبود نیتروژن حداکثر ۱۱ روز گزارش کردند. تشکیل سریع ابریشم‌ها در گیاه ذرت چون امکان پذیرش دانه گرده را افزایش می‌دهد، اهمیت زیادی دارد (Anderson *et al*., 2014).

فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم: ذرت جزء گیاهان پروتاندری محسوب می‌شود، به این مفهوم که آغاز آزاد شدن دانه‌های گرده از گل‌های نر چند روز زودتر از آمادگی گل‌های ماده برای تلقیح اتفاق می‌افتد. وجود تنش‌های محیطی ممکن است سبب افزایش این فاصله زمانی شود که روی تلقیح گل‌ها و در نهایت روی تشکیل دانه در بلال و عملکرد دانه اثر منفی بر جای می‌گذارد (امام، ۱۳۸۳). ابریشم‌ها بعد از ظاهر شدن تنها تا هفت روز آمادگی دریافت دانه گرده را دارند (Lauer, 2006). در آزمایش حاضر فاصله زمانی بین شروع گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم به طور معنی‌داری تحت تأثیر سال (در سطح یک درصد)، آبیاری (یک درصد) و نیتروژن (پنج درصد) و اثر متقابل سال در آبیاری (پنج درصد) قرار گرفت (جدول ۲). فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم در سال دوم نسبت به سال اول، ۲/۳ روز بیشتر بود (جدول ٤). در هر دو سال کاهش مقدار آب مصرفی، فاصله بین گرده‌افشانی و ابریشم‌دهی را به طور معنی‌داری افزایش داد. در سال اول فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم در تیمار تنش شدید کم آبی (٦۰ درصد نیاز آبی) به طور معنی‌داری بیشتر از سایر سطوح آبیاری بود. در سال دوم با تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم تنها ۳/۳ روز بود و با کاهش میزان آب مصرفی این فاصله به طور معنی‌دار افزایش یافت (جدول ۵). می‌توان نتیجه گرفت که در سال دوم که دمای هوا بیشتر بود، تأمین آب کافی اثر منفی درجه حرارت‌های بالا بر افزایش فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم را کاهش داده است. بنابراین به دلیل همزمانی بیشتر بین ریزش دانه‌های گرده با ظهور ابریشم‌ها احتمال باروری افزایش می‌یابد. تأخیر در ظهور ابریشم به دلیل کمبود آب قبل از مرحله زایشی برای ارقام مختلف ذرت از یک تا هشت روز گزارش شده است (Nesmith and Ritchie, 1992; Grant *et al*., 1989; Hall *et al*., 1981). کم آبی در زمان ورود به فاز زایشی باعث تأخیر بیشتر در ظهور ابریشم نسبت به ظهور گل‌تاجی می‌شود، این موضوع منجر به گرده‌افشانی ضعیف و ناکارآمد خواهد شد (پوستینی و همکاران، ۱۳۸٤).

مصرف نیتروژن به میزان کمتر از نیاز ذرت، فاصله زمانی بین گرده‌افشانی و ظهور ابریشم را افزایش داد. این فاصله با کاربرد ٤۰ و ۷۰ درصد نیاز نیتروژن، بدون اختلاف معنی‌دار با یکدیگر به طور متوسط ۵/۵ و ۵/۳ روز بود. با تأمین ۱۰۰ و ۱٤۰ درصد نیاز نیتروژن، میانگین فاصله زمانی بین انتشار گرده و ظهور ابریشم ٤/۹ و ٤/٤ روز بود. در آزمایش Dawadi and Sah (۲۰۱۲) نیز با مصرف نیتروژن بیشتر، فاصله بین گرده‌افشانی تا ابریشم‌دهی کوتاه‌تر شد. Borras و همکاران (۲۰۰۷) بیان کردند که در شرایط تنش، تشکیل گل‌های ماده نسبت به گل‌های نر بیشتر به تعویق می‌افتد، در نتیجه فاصله گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم بیشتر می‌شود. در تنش‌های شدید ظهور ابریشم ممکن است حتی تا بعد از پخش دانه‌های گرده به تعویق بیافتد. این موضوع منجر به عدم

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

جدول ٤- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سال در آبیاری برای صفات اندازه‌گیری شده

سال	آبیاری	کاشت تا ظهور ابریشم (روز)	گرده‌افشانی تا ظهور ابریشم (روز)	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)	سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)
۱۳۹۲-۹۳	$I_{120\%}$	۸۸/٤۲ c	۳/۱۷ a	۳٤/۲٦ a	۰/۰٦٥ c
	$I_{100\%}$	۹۰/٤۲ b	۳/۲٥ a	۳۳/۹٥ a	۰/۰۷۰ b
	$I_{80\%}$	۹۱/۰۰ b	٤/۰۸ ab	۳۳/۳٤ a	۰/۰۷۸ a
	$I_{60\%}$	۹۳/۰۸ a	٥/۱۷ c	۱۹/۷٦ d	۰/۰۷۲ b
۱۳۹۳-۹٤	$I_{120\%}$	۷٦/۱۷ g	۳/۲٥ a	۳۲/۰٤ b	۰/۰٦۲ d
	$I_{100\%}$	۷۸/۹۲ f	٤/۹۲ bc	۳۱/۸۳ b	۰/۰٦٤ cd
	$I_{80\%}$	۸۳/۰۰ e	۷/٦۷ c	۲٥/۳٥ c	۰/۰٦٥ c
	$I_{60\%}$	۸٥/۰۸ d	۸/۹۲ e	۱۳/۲۷ e	۰/۰٥۷ e

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر فاکتور بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ٥- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه آبیاری در نیتروژن برای صفات اندازه‌گیری شده

آبیاری	نیتروژن	کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک (روز)	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)
$I_{120\%}$	$N_{40\%}$	۱۲٦/٥۰ f	٤/۹۰ d	۳۲/۳۲ c
	$N_{70\%}$	۱۲۸/٦۷ de	٥/۲۱ c	۳۱/۸٦ c
	$N_{100\%}$	۱۳۱/۱۷ bc	٥/٦۳ b	۳۲/۹۳ bc
	$N_{140\%}$	۱۳٥/٦۷ a	٥/۹۱ a	۳٥/٤۷ a
$I_{100\%}$	$N_{40\%}$	۱۲٤/۰۰ gh	٤/۱۱ f	۳۰/۱۰ d
	$N_{70\%}$	۱۲٥/۰۰ fg	٤/۷٤ d	۳۲/٤٤ c
	$N_{100\%}$	۱۲۹/٦۷ cd	٥/۳٥ c	۳٤/٦۱ ab
	$N_{140\%}$	۱۳۳/۰۰ b	٥/٦۳ b	۳٤/٤۲ ab
$I_{80\%}$	$N_{40\%}$	۱۲۱/۱۷ i	٤/۱۷ f	۲٥/٥۲ f
	$N_{70\%}$	۱۲۲/٦۷ hi	٤/٤۷ e	۲۷/۷۰ e
	$N_{100\%}$	۱۲٦/۱۷ f	٤/۹۲ d	۳۲/۲۳ c
	$N_{140\%}$	۱۲٦/۱۷ ef	٤/۸٥ d	۳۱/۹۳ c
$I_{60\%}$	$N_{40\%}$	۱۱۷/۱۷ j	۳/٥۷ h	۱٤/۸۰ i
	$N_{70\%}$	۱۱۷/۳٤ j	۳/۹۷ fg	۱٦/۲۳ hi
	$N_{100\%}$	۱۱۸/۳٤ j	۳/۷۲ gh	۱٦/٥۳ h
	$N_{140\%}$	۱۱۸/۸٤ j	۳/٦۱ h	۱۸/٥۱ g

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

باروری گلچه‌ها و کاهش عملکرد دانه می‌شود (چوکان و همکاران، ۱۳۸٥). رابطه منفی بین زمان گرده‌افشانی و ابریشم‌دهی با عملکرد دانه گزارش شده است (Molla *et al*., 2014).

کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک: اثر سال (در سطح پنج درصد)، آبیاری (یک درصد)، نیتروژن (یک درصد) و اثر متقابل آبیاری در نیتروژن (پنج درصد) بر تاریخ رسیدن فیزیولوژیک معنی‌دار بود (جدول ۲). در سال اول و دوم اجرای آزمایش، واحد حرارتی مورد نیاز ذرت برای وقوع

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

رسیدن فیزیولوژیک به ترتیب ۱۲۹/٦ و ۱۲۰/٦ روز بعد از کاشت تأمین شد. کمبود آب و نیتروژن منجر به کاهش فاصله زمانی بین کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک شد (جدول ۳). در تیمارهای تأمین ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی مصرف نیتروژن بیشتر، تعداد روز سپری شده از کاشت تا رسیدن فیزیولوژیک را به طور معنی‌داری افزایش داد. اما در تیمار تنش شدید کم آبی (٦۰ درصد نیاز آبی) به دلیل اثر کمبود آب بر جذب مواد غذایی، مقدار نیتروژن مصرفی بر تاریخ رسیدن فیزیولوژیک تأثیری نداشت (جدول ۵). در شرایط تنش شدید کم آبی، حتی اگر نیتروژن به میزان کافی در خاک موجود باشد گیاه قادر به جذب آن نیست. کم آبی جذب مواد غذایی توسط ریشه‌ها و انتقال از طریق ریشه به بخش هوایی را کاهش می‌دهد زیرا میزان تعرق محدود می‌شود. به علاوه قابلیت نفوذپذیری غشاء مختل می‌شود و در نهایت قدرت جذب ریشه کاهش می‌یابد (Zeid and El-Semary, 2001). تأخیر وقوع رسیدن فیزیولوژیک با مصرف نیتروژن بیشتر به دلیل دوام بیشتر سطح سبز است. نیتروژن پیری برگ‌ها را به تأخیر می‌اندازد و برگ‌ها مدت بیشتری سبز باقی می‌مانند. در آزمایش Dawadi and Sah (۲۰۱۲) نیز با افزایش مصرف نیتروژن، علی‌رغم کاهش مدت زمان از کاشت تا ظهور گل‌تاجی و ظهور ابریشم زمان تا وقوع رسیدن فیزیولوژیک بیشتر شد. افزایش طول دوره پر شدن دانه نتیجه گل‌دهی زودتر و تشکیل دیرتر لایه سیاه است. در شرایط مطلوب رشد طول دوره ظهور ابریشم تا رسیدن فیزیولوژیک افزایش می‌یابد و گیاه فرصت بیشتری برای تجمع بیشتر ماده خشک در دانه پیدا می‌کند. با افزایش شدت کم آبی، دمای گیاه و به تبع آن تنفس کانوپی افزایش می‌یابد. این امر منجر به کاهش طول دوره رشد، کاهش ماده خشک تجمع یافته و کاهش عملکرد دانه می‌شود (امام، ۱۳۸۳).

شاخص سطح برگ (LAI): اثر سال (در سطح پنج درصد)، آبیاری (یک درصد)، نیتروژن (پنج درصد)، اثر متقابل آبیاری در نیتروژن (پنج درصد)، سال در نیتروژن (یک درصد) و اثر سه گانه سال در آبیاری در نیتروژن (یک درصد) بر حداکثر شاخص سطح برگ معنی‌دار بود (جدول ۲ و ٦). در سال دوم اجرای آزمایش چون در طول دوره رشد گیاه ذرت، میانگین درجه حرارت روزانه بیشتر از سال اول بود، مراحل فنولوژیکی رشد با سرعت بیشتری طی شد. این کاهش طول دوره رشد، موجب کاهش معنی‌دار شاخص سطح برگ در مقایسه با سال اول شد (به ترتیب ٤/۹ و ٤/۵ در سال اول و دوم) (جدول ۳). در تیمار تأمین ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی با مصرف نیتروژن بیشتر، شاخص سطح برگ در مرحله ظهور گل‌تاجی افزایش یافت. در تیمار تنش ملایم کم آبی (۸۰ درصد نیاز آبی)، کاربرد ۱٤۰ درصد نیاز نیتروژن در مقایسه با ۱۰۰ درصد، منجر به افزایش حداکثر مقدار سطح برگ نگردید. در تیمار تنش شدید کم آبی (٦۰ درصد نیاز آبی) بین سطوح نیتروژن مصرفی از نظر سطح برگ تفاوت معنی‌داری وجود نداشت (جدول ٤). در آزمایش جلیلیان و همکاران (۱۳۹۳) نیز افزایش مصرف نیتروژن در شرایط تنش شدید کم آبی بر شاخص سطح برگ تأثیری نداشت. در رابطه با اثر متقابل سال در نیتروژن، بیشترین شاخص سطح برگ به میزان ۵/۲ در سال اول با تأمین ۱٤۰ و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن به دست آمد. در سال دوم نیز بیشترین شاخص سطح برگ با تأمین ۱٤۰ و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن به ترتیب به میزان ٤/۸ و ٤/٦ به دست آمد. در هر دو سال کاهش مصرف نیتروژن، شاخص سطح برگ را به طور معنی‌داری کاهش داد (جدول ۷).

شکل ۱ نشان می‌دهد در ابتدای دوره رشد گیاه، سطح برگ به کندی افزایش یافت. به طوری‌که مقدار شاخص سطح برگ در همه تیمارها تقریباً یکسان بود. با گذشت زمان، افزایش سطح برگ روند خطی پیدا کرد و تأثیر تیمارها به تدریج آشکار شد. در زمان ظهور گل‌تاجی، سطح برگ به حداکثر مقدار خود رسید. سپس به دلیل سایه‌اندازی برگ‌ها روی یکدیگر و ریزش برگ‌های پایینی، روند نزولی در پیش گرفت. در مراحل ابتدایی رشد گیاه، تفاوت چندانی بین شاخص سطح برگ سطوح مختلف نیتروژن وجود نداشت. این موضوع احتمالاً به دلیل زمان مصرف نیتروژن است، زیرا دو سوم نیتروژن در مراحل شش برگی و ظهور گل‌تاجی

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

جدول ٦- مقایسه میانگین اثر متقابل دوگانه سال در نیتروژن برای صفات اندازه‌گیری شده

سال	نیتروژن	شاخص سطح برگ	سرعت رشد محصول (گرم بر مترمربع در روز)	سرعت رشد نسبی (گرم بر گرم در روز)
۱۳۹۲-۹۳	$N_{40\%}$	٤/۲٥ d	۲۸/۲٦ cd	۰/۰۷٥ a
	$N_{70\%}$	٤/۷٦ b	۲۸/۹۹ c	۰/۰۷۰ b
	$N_{100\%}$	٥/۱۸ a	۳۰/٤۸ b	۰/۰٦۷ c
	$N_{140\%}$	٥/۲۳ a	۳۳/٥۸ a	۰/۰۷٤ a
۱۳۹۳-۹٤	$N_{40\%}$	٤/۱۳ e	۲۳/۱۱ g	۰/۰٦۲ de
	$N_{70\%}$	٤/٤۳ c	۲٥/۱۲ f	۰/۰٦۱ e
	$N_{100\%}$	٤/٦۳ b	۲۷/٦۷ d	۰/۰٦٤ d
	$N_{140\%}$	٤/۷۷ b	۲٦/٥۹ e	۰/۰٦۰ e

در هر ستون، میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر فاکتور بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

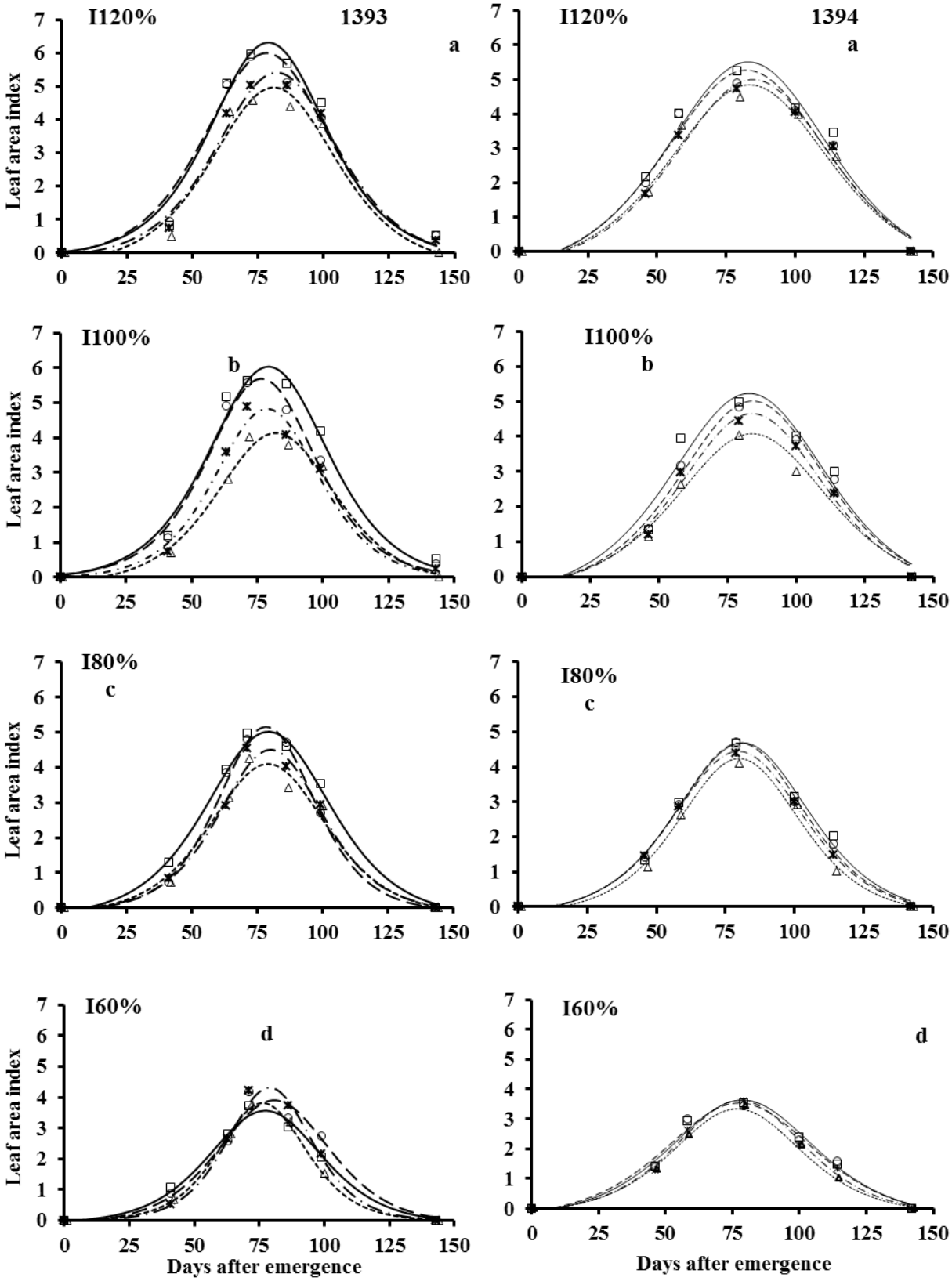
جدول ۷- مقایسه میانگین اثر متقابل سه گانه سال در آبیاری در نیتروژن برای شاخص سطح برگ

		۱۳۹۲-۹۳	۱۳۹۳-۹٤
$I_{120\%}$	$N_{40\%}$	٤/۹٦ e-h	٤/۸٥ f-i
	$N_{70\%}$	٥/٤۱ cd	٥/۰۰ e-h
	$N_{100\%}$	٥/۹۹ ab	٥/۲۷ de
	$N_{140\%}$	٦/۳۱ a	٥/٥۱ c
$I_{100\%}$	$N_{40\%}$	٤/۱۳ m-p	٤/۰۸ nop
	$N_{70\%}$	٤/۸۲ f-i	٤/٦٦ h-k
	$N_{100\%}$	٥/٦۹ bc	٥/۰۲ efg
	$N_{140\%}$	٦/۰۳ ab	٥/۲٤ de
$I_{80\%}$	$N_{40\%}$	٤/۱۰ m-p	٤/۲٤ l-o
	$N_{70\%}$	٤/٥۱ i-l	٤/٤٤ j-m
	$N_{100\%}$	٥/۱٦ ef	٤/٦۹ g-j
	$N_{140\%}$	٥/۰۲ efg	٤/٦۹ g-j
$I_{60\%}$	$N_{40\%}$	۳/۸۱ pq	۳/۳٤ r
	$N_{70\%}$	٤/۳۱ k-n	۳/٦۳ qr
	$N_{100\%}$	۳/۹۰ opq	۳/٥٤ qr
	$N_{140\%}$	۳/٥٦ qr	۳/٦۷ q

میانگین‌های دارای حروف مشابه در هر فاکتور بر اساس آزمون LSD در سطح پنج درصد اختلاف معنی‌دار ندارند.

استفاده شد. به علاوه در مراحل اولیه، رشد کند گیاه و در نتیجه اختصاص کم مواد فتوسنتزی به برگ‌ها، باعث یکنواختی تولید برگ در مقادیر مختلف نیتروژن مصرفی می‌شود. در مراحل بعد، مقادیر بیشتر نیتروژن، اثر زیادی بر توسعه برگ‌ها بر جا گذاشت. نتایج مشابهی توسط طریق‌الاسلامی (۱۳۹۱) و سپهری و همکاران (۱۳۸۱) گزارش شده است. با اعمال تنش کم آبی به دلیل اثر کمبود آب بر کاهش طول دوره رشد و تسریع روند پیری برگ‌ها، حداکثر سطح برگ سریع‌تر حادث شد. نتایج با گزارشات دادرسی و همکاران (۱۳۹۱) مطابقت دارد. از طرفی در تیمارهای تأمین ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی، با مصرف مقادیر بیشتر نیتروژن، شاخص سطح برگ زودتر به حداکثر مقدار خود رسید. به عبارت دیگر در اثر کمبود نیتروژن ظهور گل‌تاجی و حصول حداکثر شاخص سطح برگ دیرتر رخ داد. با افزایش شدت کم آبی، از تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش شاخص سطح برگ کاسته شد. به نظر می‌رسد دلیل این امر کاهش جذب نیتروژن در شرایط کمبود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]



شکل ۱- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر شاخص سطح برگ در سطوح آبیاری ۱۲۰ درصد (a)، ۱۰۰ درصد (b)، ۸۰ درصد (c)، ۶۰ درصد (d). (سمت چپ سال ۱۳۹۳، سمت راست سال ۱۳۹٤).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

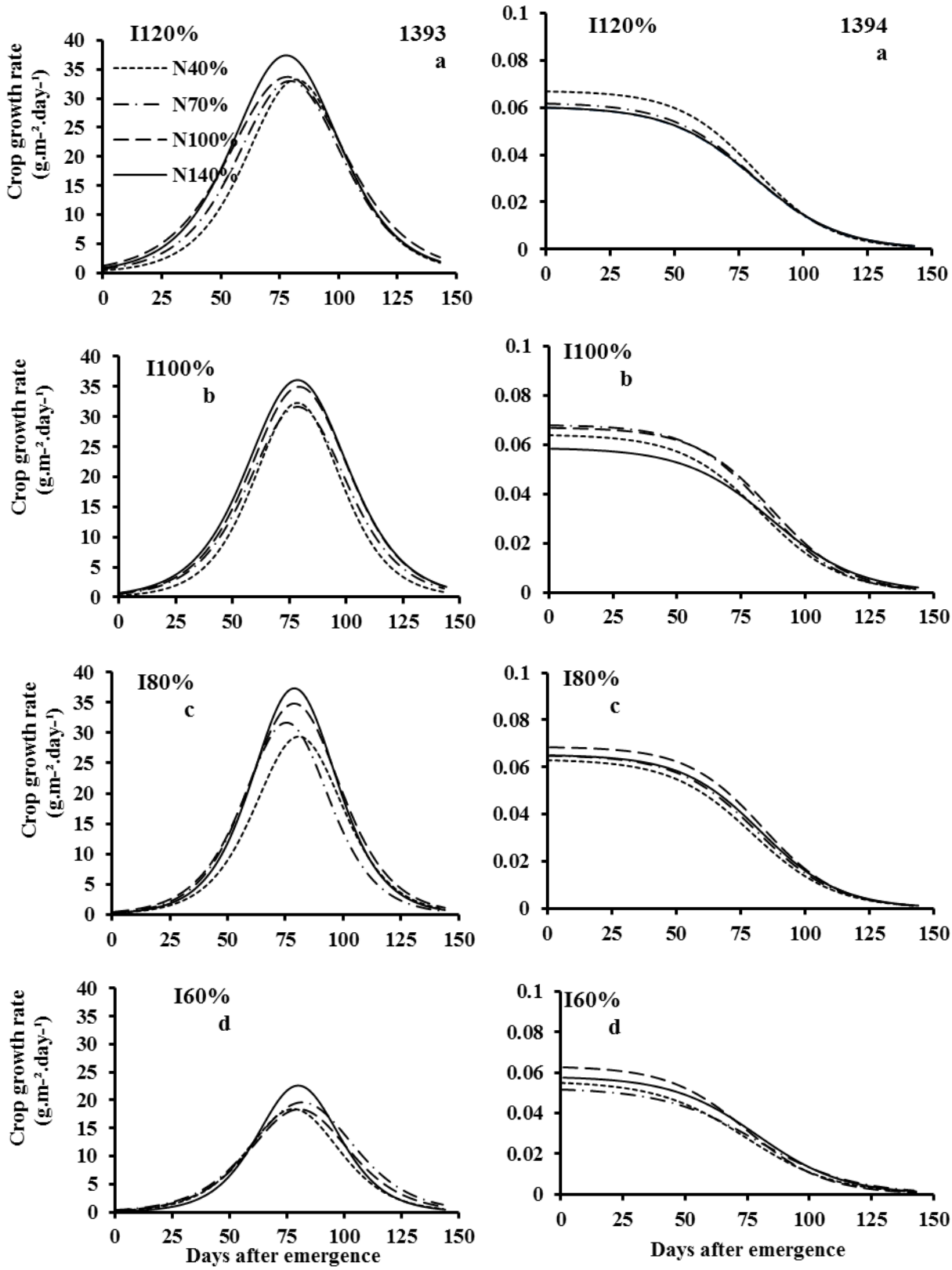
آب باشد.

سرعت رشد محصول (CGR): اثر سال (در سطح یک درصد)، آبیاری (پنج درصد) و اثر متقابل سال در آبیاری (یک درصد)، آبیاری در نیتروژن (پنج درصد)، سال در نیتروژن (یک درصد) بر سرعت رشد محصول در مرحله گل‌دهی معنی‌دار بود (جدول ۲). سرعت رشد محصول در سال اول در شرایط تأمین ۱۲۰، ۱۰۰ و ۸۰ درصد نیاز آبی (به ترتیب ۳٤/۳، ۳۳/۹ و ۳۳/۳ گرم بر مترمربع در روز) اختلاف معنی‌دار نداشتند. اما تنش شدید کم آبی (٦۰ درصد نیاز آبی) سرعت رشد محصول را به طور معنی‌داری کاهش داد (۱۹/۸ گرم بر مترمربع در روز). در سال دوم با کاهش مقدار آب سرعت رشد محصول کاهش یافت، کمترین مقدار سرعت رشد محصول به میزان ۱۳/۳ گرم بر مترمربع در روز با تأمین ٦۰ درصد نیاز آبی در سال دوم به دست آمد (جدول ۵). با افزایش شدت کم آبی، دمای برگ و به دنبال آن سرعت تنفس گیاه افزایش و سطح برگ کاهش می‌یابد، در نهایت از سرعت رشد محصول کاسته خواهد شد (لک و همکاران، ۱۳۸۹). Molla و همکاران (۲۰۱٤)، Ge و همکاران (۲۰۱۲) و دادرسی و همکاران (۱۳۹۱) نتایج مشابهی در رابطه با تأثیر کم آبی بر سرعت رشد محصول گزارش کرده‌اند. در تمام سطوح آبیاری، افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش سرعت رشد محصول شد. مصرف نیتروژن بیشتر، از طریق افزایش سطح و دوام برگ موجب افزایش نور دریافتی و سرعت رشد محصول می‌شود. بیشترین سرعت رشد محصول در مرحله گل‌دهی (۳۵/۵ گرم بر مترمربع در روز) به تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی و ۱٤۰ درصد نیاز نیتروژن تعلق داشت، هر چند که با تیمارهای تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱٤۰ درصد نیاز نیتروژن (۳٤/٤ گرم بر مترمربع در روز) و تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی و ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن (۳٤/٦ گرم بر مترمربع در روز) تفاوت معنی‌داری نداشت. کمترین مقدار سرعت رشد محصول با تأمین ٦۰ درصد نیاز آبی و ٤۰ درصد نیاز نیتروژن (۱٤/۸ گرم بر مترمربع در روز) به دست آمد (جدول ٦). سرعت رشد محصول تحت تأثیر شاخص سطح برگ و میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ (سرعت جذب خالص) قرار دارد. افزایش سرعت رشد محصول در تیمارهای مزبور به دلیل تأثیر مثبت مقادیر بیشتر آب و نیتروژن بر این خصوصیات می‌باشد. Hokmalipour and Darbandi (۲۰۱۱) و طریق‌الاسلامی و همکاران (۱۳۹۱) نیز تأثیر مثبت کاربرد نیتروژن بر افزایش سرعت رشد محصول ذرت در سطوح مختلف آبیاری گزارش کرده‌اند. در رابطه با اثر متقابل سال در نیتروژن، در سال اول مصرف نیتروژن بیشتر سرعت رشد محصول را به طور معنی‌داری افزایش داد. در سال دوم بیشترین سرعت رشد محصول با کاربرد ۱۰۰ درصد نیاز نیتروژن به دست آمد (جدول ٦).

مقایسه سرعت رشد محصول با شاخص سطح برگ مشخص نمود که تقریباً الگوی مشابهی در روند تغییرات این دو شاخص وجود داشت. سرعت رشد محصول نتیجه دریافت نور توسط برگ‌ها، کارایی مصرف نور و مدت زمان دریافت نور توسط برگ‌ها می‌باشد (لک و همکاران، ۱۳۸۹). سطح برگ عامل مهمی در جذب نور و دی‌اکسیدکربن است. بنابراین با تغییر سطح برگ، سرعت رشد محصول نیز دچار تغییر می‌شود. در ابتدای دوره رشد به دلیل کامل نبودن پوشش گیاهی و جذب نور کمتر، سرعت رشد محصول پایین بود. با افزایش شاخص سطح برگ، به دلیل دریافت بیشتر نور و در نتیجه فتوسنتز بیشتر، سرعت رشد محصول نیز افزایش یافت تا این‌که در زمان گل‌دهی به بیشترین مقدار رسید، چون با توسعه سطح برگ در زمان گل‌دهی، قسمت بیشتری از نور جذب کانوپی می‌شود. با پیر شدن و ریزش برگ‌ها سرعت رشد محصول نیز کاهش یافت. اختلاف سرعت رشد محصول بین ترکیبات مختلف تیماری در ابتدا و انتهای فصل رشد، به دلیل محدودیت سطح فتوسنتز کننده در ابتدای فصل رشد و ریزش برگ‌ها در انتهای فصل رشد قابل ملاحظه نبود، اما در زمان گل‌دهی اختلاف بین تیمارها بیشتر شد (شکل ۲). نتایج آزمایش گلدانی و همکاران (۱۳۹۰) و چعب و همکاران(۱۳۸۸) در رابطه با روند تغییرات سرعت رشد محصول با نتایج آزمایش حاضر مطابقت دارد (شکل ۲).

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]



شکل ۲- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر سرعت رشد محصول در سطوح آبیاری ۱۲۰ درصد (a)، ۱۰۰ درصد (b)، ۸۰ درصد (c) و ۶۰ درصد (d) (سمت چپ سال ۱۳۹۳، سمت راست سال ۱۳۹٤)

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

سرعت رشد نسبی (RGR): اثر سال (در سطح یک درصد)، آبیاری (یک درصد) و اثر متقابل سال در آبیاری (یک درصد) و سال در نیتروژن (یک درصد) بر مقدار سرعت رشد نسبی معنی‌دار بود (جدول ۲). سرعت رشد نسبی در سال اول بیشتر از سال دوم بود (به ترتیب ۰/۰۷۲ و ۰/۰٦۲ گرم بر گرم در روز). گرم‌تر بودن هوا در سال دوم اجرای آزمایش از طریق تسریع نمو و کاهش نسبت بافت‌های مریستمی به بافت‌های بالغ در طول دوره رشد منجر به کاهش سرعت رشد نسبی شد. در بین سطوح آبیاری، بیشترین سرعت رشد نسبی با تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی به دست آمد (۰/۰۷۲ گرم بر گرم در روز). در رابطه با اثر متقابل سال در آبیاری، میانگین سرعت رشد نسبی در سال اول و دوم در تیمار تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۰/۰۷۸ و ۰/۰٦۵ گرم بر گرم در روز بیشتر از سایر سطوح آبیاری بود. در سال اول و دوم میانگین سرعت رشد نسبی در تیمار تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۰/۰٦۵ و ۰/۰٦۲ کمتر از سایر سطوح آبیاری بود (جدول ۵).

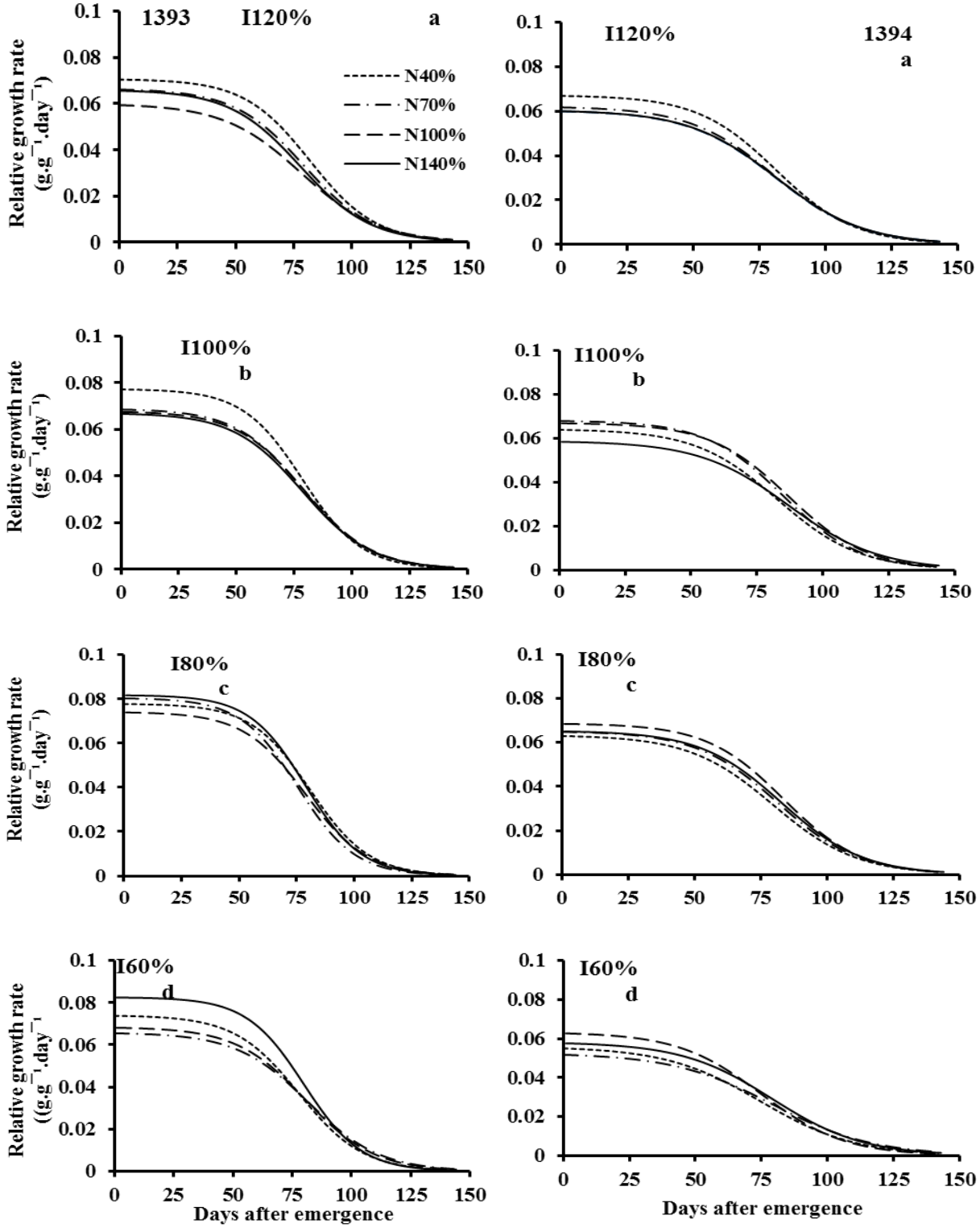
تأثیر سطوح مختلف تیمار نیتروژن بر سرعت رشد نسبی معنی‌دار نبود. در آزمایش لک و همکاران (۱۳۸۹) نیز تأثیر مقادیر متفاوت نیتروژن بر سرعت رشد نسبی معنی‌دار نبود. به عقیده آن‌ها هر چند کاهش سرعت رشد نسبی به هنگام کاربرد نیتروژن بیشتر قابل انتظار است (به دلیل وزن خشک اولیه بیشتر)، اما با توجه به افزایش بیشتر در ماده خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه، کاربرد نیتروژن بیشتر تأثیر معنی‌داری بر این مؤلفه نداشت.

در تمام ترکیبات تیماری، سرعت رشد نسبی با افزایش سن گیاه کاهش یافت (شکل ۳). در مراحل اولیه رشد چون تمام ماده خشک، حاصل تولید برگ می‌باشد، بنابراین مقدار سرعت رشد نسبی بالا است و پس از این مرحله کاهش می‌یابد. علت کاهش سرعت رشد نسبی در طول دوره رشد، رشد و تمایز بافت‌های گیاه است. با تداوم نمو، دائماً نسبت بافت‌های فعال و مؤثر در رشد یعنی مریستم‌ها به بافت‌های تمایز یافته که از نظر رشد و تولید غیر فعال می‌باشند، کاهش می‌یابد. به عبارت دیگر در بخش‌هایی که به گیاه اضافه می‌شود بافت‌های ساختمانی نیز وجود دارد که از لحاظ متابولیکی فعال نبوده و نقشی در فتوسنتز ندارند. پیر شدن و در معرض سایه قرار گرفتن برگ‌های پایینی و کاهش فعالیت فتوسنتزی آن‌ها دلیل دیگری بر کاهش سرعت رشد نسبی می‌باشد. با توجه به این‌که سرعت رشد نسبی از لگاریتم طبیعی ماده خشک نسبت به زمان به دست می‌آید، سرعت رشد نسبی معادل صفر زمانی حاصل می‌شود که ماده خشک کل در بیشترین مقدار خود باشد (طریق‌الاسلامی و همکاران، ۱۳۹۱). با افزایش شدت کم آبی، کاهش سرعت رشد نسبی در مقایسه با تأمین ۱۲۰ و ۱۰۰ درصد نیاز آبی زودتر رخ داد. (شکل ۳). لک و همکاران (۱۳۸۹) عقیده دارند که کمبود آب احتمالاً از طریق سرعت بخشیدن به تشکیل بافت‌های بالغ و یا کاهش سرعت تشکیل بافت‌های مریستمی، روند کاهشی سرعت رشد نسبی را افزایش می‌دهد. دادرسی و همکاران (۱۳۹۱) بیان کردند که در تیمارهای کم آبی رقابت برای کسب آب و عناصر غذایی در بخش بیشتری از فصل رشد وجود دارد. در نتیجه میزان فتوسنتز خالص و در نهایت سرعت رشد نسبی در مقایسه با شرایط آبی مطلوب به مقدار بیشتری کاهش می‌یابد.

وزن خشک کل (TDW): اثر سال، مقادیر مختلف آب و سطوح نیتروژن بر وزن خشک کل در سطح یک درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). در سال دوم به طور متوسط ۱۵۷۸ گرم ماده خشک در مترمربع تولید شد، که در مقایسه با سال اول ۱۷٤ گرم بر مترمربع کمتر بود. کوتاه شدن دوره رشد ذرت به دلیل دمای بیشتر هوا در سال دوم، دوام سطح برگ، طول دوره تولید مواد فتوسنتزی و در نتیجه مقدار تولید ماده خشک را کاهش داد. با افزایش شدت کم آبی، وزن خشک کل کاهش یافت. بیشترین میزان ماده خشک تولیدی (۲۰۸۰ گرم بر مترمربع) با تأمین ۱۲۰ درصد نیاز آبی به دست آمد. این مقدار در شرایط تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ٦۰ درصد نیاز آبی به ترتیب ۱۹۵۷، ۱٦۱۹ و ۱۰۰٤ گرم بر مترمربع بود. سطح نیتروژن مصرفی نیز وزن خشک کل در واحد سطح را به طور معنی‌داری تحت تأثیر قرار داد. به طور کلی وزن خشک

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

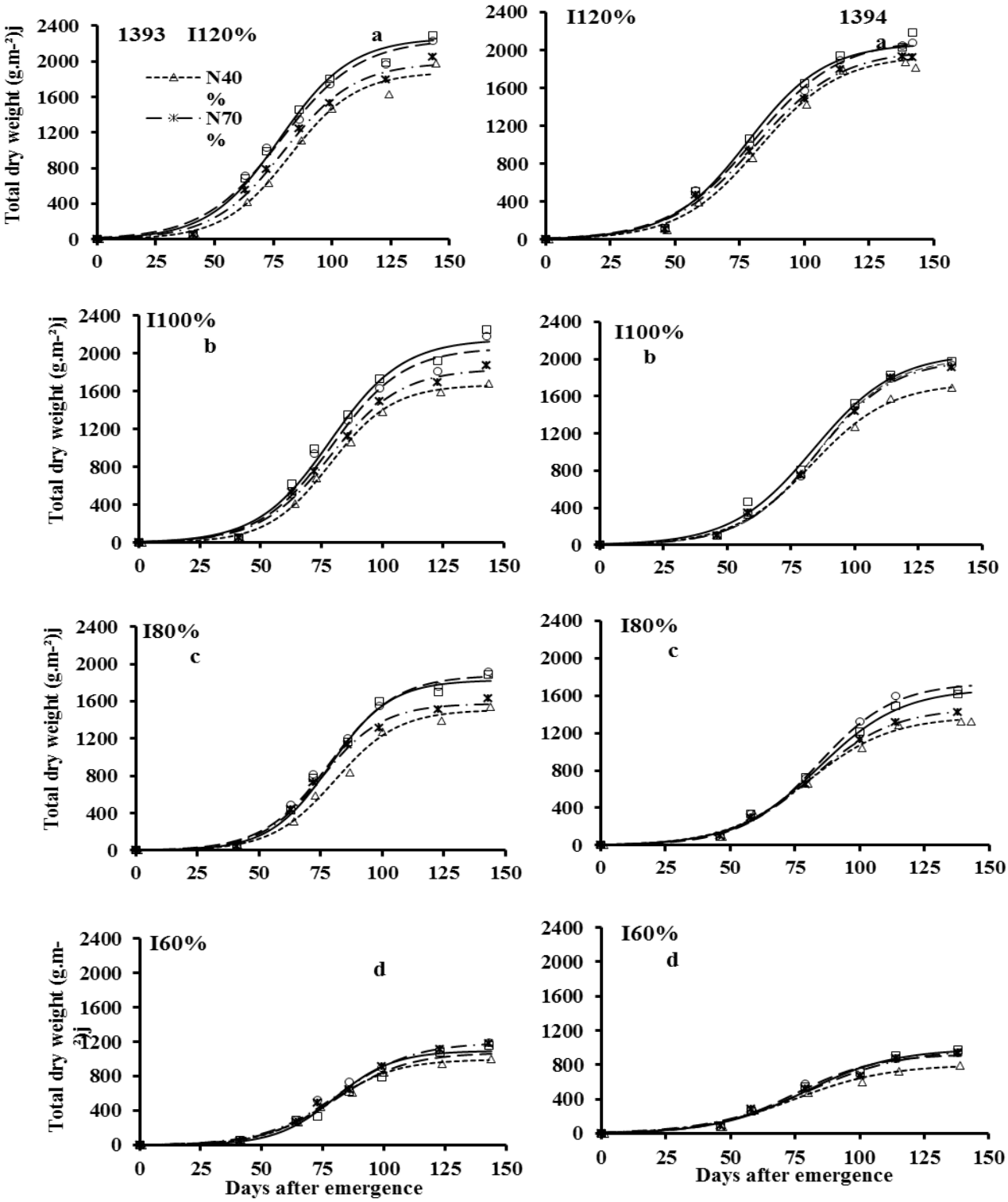
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]



شکل ۳- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر سرعت رشد نسبی در سطوح آبیاری ۱۲۰ درصد (a)، ۱۰۰ درصد (b)، ۸۰ درصد (c) و ۶۰ درصد (d) (سمت چپ سال ۱۳۹۳، سمت راست سال ۱۳۹٤).

عمدتاً ناشی از افزایش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع و سرعت رشد محصول است. اثر مثبت آبیاری بر تجمع ماده

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]



شکل ٤- اثر سطوح مختلف نیتروژن بر وزن خشک کل در سطوح آبیاری ۱۲۰ درصد (a)، ۱۰۰ درصد (b)، ۸۰ درصد (c) و ٦۰ درصد (d). (سمت چپ سال ۱۳۹۳، سمت راست سال ۱۳۹٤).

خشک ذرت توسط سایر محققان (جلیلیان و همکاران، ۱۳۹۳؛ Earl and Davis, 2003) نیز گزارش شده است. افزایش مصرف نیتروژن موجب افزایش وزن خشک در واحد سطح شد. هر چند که تفاوت بین کاربرد ۱٤۰ درصد و ۱۰۰ درصد

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

نیاز نیتروژن معنی‌دار نبود (به ترتیب ۱۸۰۰ و ۱۷۷۳ گرم بر مترمربع). به عبارتی مصرف نیتروژن فراتر از میزان توصیه شده تأثیر مثبتی بر تولید ماده خشک در واحد سطح نداشت. اما با مصرف مقادیر کمتر از نیاز نیتروژن وزن خشک کل به طور معنی‌داری کاهش یافت (جدول ٤). جلیلیان و همکاران (۱۳۹۳)؛ Yu-kui و همکاران (۲۰۰۹) و Wang و همکاران (۲۰۰۸) نیز عدم افزایش وزن خشک ذرت را با مصرف مقادیر زیاده از حد نیتروژن گزارش کردند.

نتایج نشان داد که در ابتدای دوره رشد به دلیل کوچک بودن بوته‌ها، تجمع وزن خشک از روند کندی برخوردار بود و تفاوت چندانی بین سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن از این نظر مشاهده نشد. پس از ورود روند تجمع وزن خشک به مرحله خطی، تفاوت اثر سطوح مختلف آبیاری و نیتروژن بر وزن خشک مشخص‌تر شد. در نهایت تغییرات وزن خشک، روند ثابتی در پیش گرفت. در بوته‌هایی که آب کمتری دریافت کردند، شاخص سطح برگ کمتر، طول دوره رشد کوتاه‌تر و وقوع زودهنگام رسیدن فیزیولوژیک عامل مهمی در عدم دستیابی به وزن خشک بیشتر بود. افزایش مصرف نیتروژن به خصوص در شرایط مطلوب آبیاری موجب افزایش میزان و سرعت تجمع ماده خشک و به تأخیر افتادن توقف در روند تجمع ماده خشک شد (شکل ٤).

نتیجه‌گیری کلی:

نتایج آزمایش نشان داد که در شرایط کم آبی ظهور گل‌تاجی، گرده‌افشانی و ظهور ابریشم‌ها به تعویق افتاد. اما رسیدن فیزیولوژیک زودتر رخ داد و طول دوره پر شدن دانه (فاصله گرده‌افشانی تا رسیدن فیزیولوژیک) کوتاه شد. مقدار نیتروژن مصرفی بر زمان ظهور گل‌تاجی و شروع گرده‌افشانی تأثیر معنی‌داری نداشت. اما با افزایش مصرف نیتروژن، ابریشم‌ها زودتر ظاهر شدند و رسیدن فیزیولوژیک دیرتر حادث شد. کاربرد نیتروژن بیشتر در شرایط آبیاری مطلوب، موجب افزایش میزان و سرعت تجمع ماده خشک و به تأخیر افتادن توقف روند تجمع ماده خشک شد. به طور کلی افزایش هم زمان مقدار آب و نیتروژن مصرفی از طریق افزایش سطح و دوام برگ و افزایش طول دوره رشد ذرت می‌تواند اثرات مثبتی بر خصوصیات رشدی ذرت اعمال کند. اما در شرایط کم آبی مصرف نیتروژن زیاد بر خصوصیات رشدی ذرت تأثیر مثبتی ندارد.

منابع:

امام، ی. (۱۳۸۳) زراعت غلات. انتشارات دانشگاه شیراز.

جلیلیان، ع.، قبادی، ر. شیرخانی، ع. و فرنیا، ا. (۱۳۹۳) بررسی اثرات نیتروژن و تنش خشکی بر اجزای عملکرد، عملکرد و کیفیت دانه ذرت سینگل‌کراس ۷۰٤، نشریه زراعت ۱۰۲: ۱٦۰-۱٥۱.

چعب، ع.، فتحی، ق. سیادت، ع. زند، ا. و عنافجه، ز. (۱۳۸۸) مطالعه اثرات تداخلی جمعیت طبیعی علف‌های هرز بر شاخص‌های رشد ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.) در تراکم گیاهی مختلف، مجله پژوهش‌های زراعی ایران ۷: ٤۰۰-۳۹۱.

چوکان، ر.، طاهرخانی، ت. قنادها، م. و خدارحمی، م. (۱۳۸٥) ارزیابی تحمل به خشکی در لاین‌های ذرت دانه‌ای با استفاده از شاخص‌های تحمل به تنش خشکی، مجله علوم زراعی ایران ۸: ۸۹-۷۹.

حق‌جو، م. و بحرانی، ع. (۱۳۹٤) تغییرات عملکرد ذرت سینگل‌کراس ۲٦۰ در رژیم‌های مختلف آبی و کود نیتروژن با استفاده از شاخص‌های رشد، نشریه علمی پژوهشی اکوفیزیولوژی گیاهان زراعی ۹: ۲۷٤-۲٥۹.

حمیدی، آ. و دباغ محمدی نسب، ع. (۱۳۸۰) بررسی تأثیر تراکم بوته و سطوح مختلف نیتروژن بر فنولوژی دو هیبرید متوسطرس ذرت، مجله علوم کشاورزی ایران ۳۲: ۸۷٤-۸٥۷.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

دادرسی، و.، ابوطالبیان، م. ع. احمدوند، گ. موسوی. س. و سیدی، م. (۱۳۹۱) تأثیر پرایمینگ بذر در مزرعه و دور آبیاری بر شاخص‌های رشد دو رقم ذرت، مجله دانش زراعت ۷: ۸۸-٦۷.

روبرت، کی. ام، هی. و پورتر، جی. (۱۳۸٤) فیزیولوژی عملکرد گیاهان زراعی. ترجمه پوستینی، ک.، محمدی، ح. جان‌محمدی، م. و ملکی، م. انتشارات دانشگاه تهران.

سپهری، ع.، مدرس‌ثانوی، س.ع. قره‌یاضی، ب. و یمینی، ی. (۱۳۸۱) تأثیر تنش آب و مقادیر مختلف نیتروژن بر مراحل رشد و نمو، عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت، مجله علوم زراعی ایران ٤ (۳): ۱۹۵-۱۸٤.

طریق‌الاسلامی، م.، ضرغامی، ر. مشهدی اکبربوجار، م. و اویسی، م. (۱۳۹۱) تأثیر تنش خشکی و مقادیر کود نیتروژن بر شاخص‌های فیزیولوژیک ذرت دانه‌ای، مجله زراعت و اصلاح نباتات ۸: ۱۷٤-۱٦۱.

علیزاده، ا. و کمالی، غ. (۱۳۸۷) نیاز آبی گیاهان در ایران. انتشارات آستان قدس رضوی.

علیزاده، ا.، مجیدی هروان، ا. نادیان، ح. نورمحمدی، ق و عامریان، م. (۱۳۸٦) بررسی اثر تنش خشکی و مقادیر مختلف نیتروژن بر فنولوژی و رشد و نمو ذرت، مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی ۱٤: ۱۲۸-۱۱٦.

علیزاده‌اقیانوس، پ.، آذری، آ و سلیمی، م. (۱۳۸۸) بررسی واکنش عملکرد دانه‌ی لاین‌ها و هیبریدهای ذرت به اثرمتقابل تنش رطوبتی و مقادیر کود نیتروژن. مجموعه مقالات اولین همایش ملی تنش‌های محیطی در علوم کشاورزی. دانشگاه بیرجند، ایران.

عنایت‌قلی‌زاده، م.، بخشنده، ع. قرینه، م. عالمی‌سعید، خ. و سیادت، ع. (۱۳۹۲) واکنش ویژگی‌های فنولوژیکی عیبربدهای ذرت دانه‌ای به تنش خشکی، فصل‌نامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۱۸: ۱۷-۵.

غدیری، ح. و مجیدیان، م. (۱۳۸۲) تأثیر سطوح نیتروژن و قطع آبیاری در مراحل شیری و خمیری شدن دانه بر عملکرد، اجزای عملکرد و کارآیی استفاده از آب در ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)، مجله علوم و فنون کشاورزی و منابع طبیعی ۷: ۱۱۳-۱۰۳.

کریمی، م.، اصفهانی، م. بیگلوئی، م. ربیعی، ب. و کافی‌قاسمی، ع. (۱۳۸۸) تأثیر تیمارهای کم آبیاری بر صفات مورفولوژیک و شاخص‌های رشد ذرت علوفه‌ای در شرایط آب و هوایی رشت، مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی ۲: ۱۱۰-۹۱.

گلدانی، م.، رضوانی‌مقدم، پ. نصیری‌محلاتی، م. و کافی، م. (۱۳۹۰) بررسی کارآیی مصرف نور، شاخص‌های فنولوژیکی و فیزیولوژیکی هیبریدهای ذرت در تراکم‌های مختلف کاشت، مجله پژوهش‌های تولید گیاهی ۱۸: ۲۷-۱.

لک، ش.، مدحج، ع. علوی‌فاضل، م. مجدم، م. و گوهری، م. (۱۳۸۹) اثر تنش کمبود آب، سطوح نیتروژن و تراکم بوته بر شاخص‌های رشد ذرت هیبرید سینگل‌کراس ۷۰٤ در شرایط خوزستان- رامین، فصل‌نامه علمی پژوهشی فیزیولوژی گیاهان زراعی ۲: ٦٦-٤۵.

Anderson, S., Lauer, M. Schoper, J. and Shibles, R. (2004) Pollination timing effects on kernel set and silk receptivity in four maize hybrids.Crop Sciences 44: 464-473.

Borras, L., Westgate, M. Astini, J. and Echarte, L. (2007) Coupling time to silking with plant growth rate in maize. Field Crop Research 102: 73-85.

Chad, L. (2009) Drought impact on corn yields. Plant and Soil Sciences. UK university of Kenucky. College of Agriculture.

Dawadi, D. and Sah, S. K. (2012) Growth and yield of hybrid maize (*Zea mays* L.) in relation to planting density and nitrogen levels during winter season in Nepal. Tropical Agricultural Research 23: 218-227.

Dwyer, L. M., Hamilton, R. I. Hayhoe, H. N. and Royds, W. (1991) Analysis of biological traits contributing to grain yield of short-to mead-season corn (*Zea mays* L.) hybrids. Canadian Journal of Plant Science 71: 535-541.

Earl, H. J. and Davis, R. (2003) Drought stress effects on maize. Agronomy Journal, 95: 688-696.

Gardner, F. P., Pierce, B. and Roger, M. (1985) Physiology of crop plants. Iowa State University Press, USA.

Ge, T., Sui, F. Bai, L. Tong, C. and Sun, N. (2012) Effects of water stress on growth, biomass partitioning, and water-use efficiency in summer maize (*Zea mays* L.) throughout the growth cycle. Acta Physiolgy Plant 34: 1043-1053.

Grant, R., Jackson, B. Kiniry, J. and Arkin, G. (1989) Water deficit timing effects on yield components in maize. Agronomy Journal 81: 61-65.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

Hall, A., Lemcoff, J. and Trapani, N. (1981) Water stress before and during flowering in maize and its effects on yield, its components, and their determinants. Maydica 26: 19-38.

Hokmalipour, S. and Darbandi, M. (2011) Physiologikal growth indices in corn (*Zea mays* L.) cultivars as affected by nnitrogen fertilizer levels. World Applied Sciences Journal 15: 1800-1805.

Lauer, J. (2006) Concerns about drought as corn pollination begins. University of Wisconsin, Agronomy department.

Kermanshah regional meteorological. 2015. Available online at: http://www.kermanshahmet.ir. Accessed 22 October 2015.

Mariana, A., Melay, A. Hernan, E. Echevrriab, C. Stud ertb, L. Andradeb, F. and Barbara, N. (2003) Tillage system. Agronomy Journal 95: 1525-1531.

Molla, M. S., Nakasathien, S. Sarobol, E. and Vichukit, V. (2014) Anthesis and silking dynamics of maize under contrasting nitrogen and water levels. Natural Sciences 48: 837-850.

Nesmith, D. and Ritchie, J. (1992) Short and long term responses of corn to a pre-anthesis soil water deficit. Agronomy Journal 84: 106-113.

Prsad, K. and Singh, P. (1990) Response of promising rainfed maize (*Zea mays* L.) varieties to nitrogen application in north western Himalayan region. Indian Journal of Agricultural Science 60: 475-477.

Ritchie, S., Hanway, W. and Benson, G. (1992) How a corn plant develops. Special Report No. 48. Iowa State University p. 21.

Valentinuz, O. and M, Tollenar. (2004) Vertical profile of leaf area and leaf senescence during the grain-filling period in maize. Crop Science 44: 827-834.

Wang, Z., Rui, Y. Shen, J. and Zhang, F. (2008) Effects of N fertilizer on root growth in *Zea mays* L. seedlings. Spanish Journal of Agricultural Research 6: 677-682.

Yu-kui, R., Yun-feng, P. Zheng-rui, W. and Jian-bo. (2009) Stem perimeter, height and biomass of maize (*Zea mays* L.) grown under different N fertilization regims in Beijing, China. International Journal of Plant Production 3: 85-90.

Zeid, I. El-Semary. (2001) Response of two differentially drought tolerant varieties of maize to drought stess, Pakistan Journal of Biological Sciences 4: 779-784.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1396.6.21.13.5] [Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-25]