Archive of SID

نشریه زراعت شماره ۱۱۰، بهار ۱۳۹۵

(پژوهش و سازندگی)

تأثیر سطوح مختلف آبیاری بر جذب تشعشع، کارایی مصرف نور و وزن خشک سه رقم ذرت

- روژین قبادی، دانشجوی دکترای فیزیولوژی گیاهان زراعی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران (نویسنده مسئول)
- فرزاد مندنی، استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه رازی، کرمانشاه، ایران.
- علی شیرخانی، مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی کرمانشاه، ایران

تاریخ دریافت: بهمن ماه ۱۳۹۳ تاریخ پذیرش: آبان ماه ۱۳۹۴

پست الکترونیک نویسنده مسئول: rozhin.ghobad@gmail.com

چکیده

تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تشعشع به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی، شرط لازم برای دستیابی به تولید بالا است. بر این اساس این تحقیق با هدف ارزیابی اهمیت کاهش جذب تشعشع و کارایی مصرف نور در شکل‌گیری ماده خشک و همچنین تغییرات جذب و کارایی مصرف نور طی مراحل رشد ارقام ذرت تحت سطوح مختلف آبیاری اجرا شد. آزمایش در سال ۱۳۸۹ در مرکز تحقیقات کشاورزی استان کرمانشاه در قالب کرت‌های خرد شده معمولی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. فاکتور اصلی شامل سه سطح تأمین ۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی و فاکتور فرعی ارقام ذرت (S.C704، S.C500 و S.C260) بود. نتایج نشان داد که رقم S.C704 در مقایسه با ارقام S.C500 و S.C260 در تمام سطوح آبیاری سطح برگ و وزن خشک پیشتری تولید کرد. در تیمار آبیاری مطلوب کارایی مصرف نور هر سه رقم طی فاز زایشی از فاز رویشی پیشتر بود. اما در تیمارهای کم آبی کارایی مصرف نور طی فاز زایشی نسبت به فاز رویشی کاهش یافت. با افزایش شدت کم آبی، وزن خشک کل هر سه رقم کاهش یافت. اثر متقابل آبیاری و رقم بر جذب تشعشع و کارایی مصرف نور معنی‌دار بود. برای تمام ارقام در شرایط تنش ملایم کم آبی نقش کاهش کارایی مصرف نور (۷۵/۸ درصد) در مقایسه با کاهش جذب تشعشع (۲۲ درصد) پر افت وزن خشک پیشتر بود. در حالی که در شرایط تنش شدید کم آبی نقش کاهش جذب تشعشع (۵۷/۱ درصد) نسبت به کاهش کارایی مصرف نور (۴۲/۸ درصد) پیشتر بود. بنابراین هر چه شدت کم آبی پیشتر باشد ذرت از طریق کاهش سطح برگ و کاهش جذب تشعشع به این شرایط واکنش نشان می‌دهد. اما تنش ملایم کم آبی توانایی گیاه را در تبدیل تشعشع دریافت شده به ماده خشک کاهش می‌دهد. به علاوه اثر منفی تنش کم آبی بر کارایی مصرف نور ارقام ذرت با افزایش سن گیاه و ورود به فاز زایشی پیشتر نمایان می‌شود.

کلمات کلیدی: ارقام ذرت، جذب تشعشع، کارایی مصرف نور، وزن خشک کل، کم آبی

www.SID.ir

Archive of SID

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:110 pp: 136-146

Effect of different levels irrigation on radiation absorption, radiation use efficiency and total dry weight of three maize cultivars

By:

- *R. Ghobadi , (Corresponding Author), PhD. student of crop physiology, Departments of Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.*
- *F. Mondani , Assistant Professor in Agronomy and Plant Breeding, Campus of Agriculture and Natural Resources, Razi University, Kermanshah, Iran.*
- *A. hirkhany, Agriculture and Natural Research Center, Kermanshah, Iran.*

Received: January 2015 **Accepted: October 2015**

Providing optimal conditions for use of radiation in order to produce assimilates the highest efficiency, is a necessary condition to achieve high production. Accordingly, this study was conducted aimed to assessment the importance of reducing the radiation absorption and radiation use efficiency in the formation of dry weight, as well as evaluate changes radiation absorption and radiation use efficiency during growth stages of maize cultivars under different irrigation levels. A split plots experiment performed based on randomized complete block design with three replications in 2010 at agricultural research station in Kermanshah province. Main plots were three levels, supplying 100, 80and 60 percent of total crop water requirement and sub-plots included maize cultivars (S.C704, S.C500 and S.C260). Results showed that S.C704 compare to S.C500 and S.C260 cultivars had more leaf area and dry weight at all levels of irrigation. In optimal irrigation, radiation use efficiency during the reproductive phase of all three cultivars was more than vegetative phase. But in low irrigation, radiation use efficiency during the reproductive phase was decreased compared vegetative phase. By increasing the severity of water deficit, reduced total dry weight of all three cultivars. The interaction between irrigation and cultivar on radiation absorption and radiation use efficiency was significant. For all cultivars in mild water deficit stress conditions role of reduced radiation use efficiency (75.8%) was more than from role of radiation absorption (22%). While in severity stress of water deficit role of reduced radiation absorption (57.1%) was more than from role of radiation use efficiency (42.8%) Therefore, by increasing the severity of water deficit, maize by reduce the absorption radiation and leaf area respond to this condition, however mild water deficit stress was reduced ability of plant to convert radiation absorption to dry matter. In addition, the negative effect of water deficit stress on the radiation use efficiency of maize cultivars with increasing leaf age and entering to the reproductive phase more appeared.

Keywords: Maize cultivars, Radiation absorption, Radiation use efficiency, Total dry weight, Waterdeficit

مقدمه

عامل اولیه محدود کننده عملکرد گیاه زراعی، تابش خورشیدی است (Pooštini, Mohammadi, Janmohammadi and Maleki, 2005). در شرایطی که کمبود آب و مواد غذایی وجود نداشته باشد و در غیاب مشکل آفات و بیماری‌ها، تولیدات گیاهی اغلب یک رابطه خطی یا مقدار تابش تجمعی دریافتی دارند و تابش فعال فتوسنتزی[1] جذب شده مهم‌ترین عامل رشد گیاه خواهد بود (Tohidi, Nadery, Siadat and Lak, 2012). فتوسنتز و در نتیجه تولید ماده خشک بطور مستقیم به میزان نور جذب شده توسط کانوپی مرتبط است (Beheshti, Koochaki and Nassiri, Mahallati, 2004). علاوه بر افزایش جذب تشعشع به وسیله کانوپی در طول فصل رشد، افزایش کارایی مصرف نور نیز از عوامل مؤثر در تولید ماده خشک است. کارایی مصرف نور به صورت مقدار ماده خشک تولیدی به ازای نور جذب شده توسط گیاه تعریف می‌شود (Evans, 1978). بنابراین یکی از پیش شرط‌های لازم برای دستیابی به تولید بالا تأمین شرایط مطلوب جهت استفاده از تشعشع به منظور تولید مواد فتوسنتزی در بالاترین حد کارایی آن است (Beheshti *et al.*, 2004). علیرغم آن‌که مونتیث (Monteith, 1997) نشان داد کارایی مصرف نور، ضریب ثابتی است و مقدار آن برای گیاهان مختلف در حدود ۱/۴ گرم ماده خشک به ازای هر مگاژول انرژی خورشیدی جذب شده است، بعداً سایر محققان این ضریب را برای گونه‌های مختلف و در مراحل مختلف رشد پسته به تغییرات پیرامون گیاهان متغیر اعلام کردند. لکویر و نی (Lecoeur and Ney, 2003) دریافتند که تفاوت در تولید ماده خشک ارقام ذرت به علت اختلاف آن‌ها از نظر دریافت نور و کارایی استفاده از نور دریافتی بود. تلنار و آگویلرا (Tollenaar and Aguilera, 1992) با مقایسه ارقام جدید و قدیم ذرت گزارش کردند که افزایش تجمع ماده خشک در ارقام جدید بیشتر از طریق افزایش کارایی مصرف نور بود و تفاوت مقدار کارایی مصرف نور ارقام قدیم و جدید با تغییر توزیع تشعشع در کانوپی در ارتباط نبود.

از میان عوامل مدیریتی، میزان تشعشع موجود در محیط تحت کنترل زارع نیست و به فصل سال، عرض جغرافیایی، ارتفاع از سطح دریا و ترکیبات اتمسفر منطقه بستگی دارد. اما میزان جذب تشعشع توسط گیاه وابسته به شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و آرایش فضایی اندام‌های هوایی گیاه می‌باشد (Tohidi *et al.*, 2012). از طرفی رژیم آبیاری نیز ساختمان کانوپی، الگوی انتشار تشعشع درون

www.SID.ir

Archive of SID

کانوپی و در نهایت کارایی مصرف نور گیاه را تغییر می‌دهد. کمبود آب خاک، تولید ماده خشک گیاهان را به علت کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی ناشی از کاهش سطح برگ، پژمردگی، جمع شدن پهنک و در نهایت پیری زودرس برگ‌ها و همچنین کاهش کارایی تبدیل تشعشع جذب شده به ماده خشک تحت تأثیر قرار می‌دهد (Earl and Davis, 2003). ارل و داویس (Earl and Davis, 2003) با بررسی اثر مقادیر مختلف آب بر تولید ماده خشک ذرت مشاهده کردند که در تیمار کم آبیاری سهم کاهش کارایی مصرف نور در تولید ماده خشک بیشتر از سهم کاهش جذب تشعشع بود.

جذب تشعشع و کارایی مصرف نور در مراحل مختلف رشد ذرت متفاوت است. به دلیل جایگزینی منظم برگ‌های پیر، میانگین سن برگ تا زمان گرده‌افشانی ثابت باقی می‌ماند و بنابراین کارایی فتوسنتزی کانوپی تا این زمان ثابت می‌ماند (Emam and Seghatoleslami, 2005). از این به بعد با پیشرفت رشد به طرف رسیدگی فیزیولوژیک، به علت پیری برگ‌ها کارایی مصرف نور نیز از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش می‌یابد (Goldani, Rezvani Moghadam, Nassiri Mahallati and Kaffi, 2010).

کارایی مصرف نور ذرت در شرایط مطلوب (بدون تنش) تا پیش از دوره پر شدن دانه حدود ۳/۵ گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی (Emam and Seghatoleslami, 2005; Kiniry, Landivar, Witt, Gerik, Cavero and Wade, 1998) و در طول دوره پر شدن دانه برای ارقام اصلاح شده و ارقام قدیمی به ترتیب حدود ۳ و ۲/۴ گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی گزارش شده است (Emam and Seghatoleslami, 2005). لیندکویست و همکاران (Lindquist, Arkebauer, Walters, Cassman and Dobermann, 2005) کارایی مصرف نور ذرت در کل دوره رشد را در شرایط مطلوب، ۳/۸ گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی تخمین زدند. روستی و همکاران (Rosati, Metcalf and Lampinen, 2004) مقدار ۳/۷ گرم بر مگاژول تشعشع فعال فتوسنتزی را محاسبه کردند. کوچکی و همکاران (Koochaki, Nassiri Mahallati, Mondani, Feizi and Amirmoradi, 2009) این مقدار را ۱/۶۵ گرم بر مگاژول تشعشع کل و سینکلر و ماچو (Sinclair and Muchow, 1999) ۱/۷۷ گرم بر مگاژول تشعشع کل برآورد کردند. به نظر می‌رسد اختلاف اعداد ارائه شده در آزمایشات مختلف ناشی از تأثیر عوامل محیطی و مدیریتی مثل درجه حرارت، فراهمی آب، میزان تشعشع، تراکم، حاصلخیزی خاک و دیگر فاکتورهای مؤثر بر کارایی مصرف نور باشد (Akmal and Janssens, 2004; Rosati *et al*., 2004).

با توجه به بحران کم آبی در سال‌های اخیر کشت ذرت در اکثر نقاط کشور با مشکل کمبود آب موجه شده است. از این رو بررسی نقش عوامل مدیریتی در بهره‌برداری بهینه از عوامل محیطی هم‌چون تشعشع، مانند سطوح مختلف آب و ارقام با طول دوره رشد متفاوت ضروری می‌باشد. بنابراین این تحقیق با هدف بررسی اهمیت کاهش جذب تشعشع و کارایی مصرف نور در کاهش تولید ماده خشک و همچنین بررسی تغییرات جذب و کارایی مصرف نور طی مراحل فنولوژیکی برخی از مهم‌ترین ارقام ذرت تحت شرایط متفاوت رطوبتی انجام شد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق در سال ۱۳۸۹، در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی استان کرمانشاه واقع در اسلام‌آبادغرب (طول جغرافیایی '۴۷°۲۶ شرقی و عرض جغرافیایی '۳۴°۸ شمالی و ارتفاع ۱۳۴۶ متر از سطح دریا) اجرا شد. بر اساس تقسیم‌بندی اقلیمی دومارتن اقلیم منطقه سرد و معتدل می‌باشد. متوسط بارندگی سالیانه ۵۳۸ میلی‌متر، متوسط درجه حرارت سالیانه ۱۰/۵ درجه سانتی‌گراد، حداکثر و حداقل درجه حرارت مطلق سالیانه در این منطقه به ترتیب ۴۱ و ۲۸/۸- درجه سانتی‌گراد است.

آزمایش در قالب کرت‌های خرد شده معمولی بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار انجام شد. در این بررسی ۹ تیمار شامل فاکتور آبیاری در ۳ سطح، تأمین نیاز کامل آبی گیاه (آبیاری مطلوب، W1)، تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی (تنش ملایم کم آبی، W2) و تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی (تنش شدید کم آبی، W3) در کرت‌های اصلی و ارقام ذرت یا گروه‌های رسیدگی مختلف، شامل رقم دیررس، (S.C704) رقم متوسط‌رس، (S.C500) و رقم زودرس (S.C260) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. مراحل آماده‌سازی زمین به صورت شخم پاییزه و دیسک بهاره انجام و سپس آماده‌سازی فاروها صورت گرفت. هر کرت آزمایشی شامل ۴ خط کاشت به طول ۶ متر بود. کاشت در تاریخ ۱۷ اردیبهشت ماه به صورت دستی در عمق ۵ سانتی‌متری روی پشته و به صورت کپه‌ای انجام شد، در هر کپه ۲ تا ۳ عدد بذر ضدعفونی شده با قارچ‌کش ویتاواکس قرار داده شد. فاصله بین ردیف ۶۵ سانتی‌متر و فواصل روی ردیف طوری در نظر گرفته شد که تراکم مطلوب برای هر رقم (۷۵۰۰۰ بوته در هکتار برای رقم S.C704 و ۸۰۰۰۰ بوته در هکتار برای ارقام S.C500 و S.C260) حاصل شود. به منظور رسیدن به تراکم مطلوب در مرحله چهار برگی بوته‌های اضافه شده تنک شد. بر اساس نتیجه آزمون خاک، نیتروژن به میزان ۳۶۹ کیلوگرم کود اوره در هکتار در سه نوبت (هم‌زمان با کاشت، هفت‌برگی و قبل از گل‌دهی)، فسفر به میزان ۲۰۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات‌تریپل در هکتار و پتاسیم به میزان ۱۵۰ کیلوگرم سولفات‌پتاسیم در هکتار به صورت پیش‌کاشت استفاده شد. به منظور کنترل آفت طوقه‌بر سم‌پاشی با استفاده از سم دیازینون در مرحله دو برگی انجام شد، همچنین در مرحله هفت برگی به منظور مبارزه با علف‌های هرز با استفاده از علف‌کش ۲-۴-D به میزان ۲ کیلوگرم در هکتار سم‌پاشی انجام شد.

تیمارهای آبیاری به این صورت اجرا شد که تا قبل از مرحله شش برگی آبیاری مطلوب برای تمام کرت‌ها صورت گرفت و اولین تنش کم آبی در مرحله شش برگی در دوره‌های ده روزه بر اساس تیمارهای آبی در نظر گرفته شده اعمال شد. نیاز آبی هر یک از ارقام طی فصل رشد بر اساس معادله پنمن منتیث فائو (معادله ۱) با استفاده از نرم‌افزارهای Optiwat و Netwat در دوره‌های ده روزه با توجه به آمار هواشناسی منطقه تعیین شد.

معادله ۱:

$$ET_o = \frac{0.408\,\Delta(R_n - G) + [890\gamma/(T+273)](e_s - e_a)}{\Delta + \gamma(1 + 0.34U_2)}\,U_2$$

www.SID.ir

Archive of SID

معادله ۲:

$$ET_C = ET_O \times K_C$$

در این معادلات ET_O: تبخیر و تعرق گیاه مرجع در دوره زمانی مورد نظر (میلی‌متر در روز)، ET_C: تبخیر و تعرق 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 ۲ متری از سطح زمین (سانتی‌گراد)، U_2: سرعت باد در ارتفاع ۲ متری از سطح زمین (متر در ثانیه)، e_s-e_a: کمبود فشار بخار در ارتفاع ۲ 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 (Alizadeh and Kamali, 2008). در نهایت میزان آب آبیاری طبق فرمول: مساحت کرت (مترمربع) × نیاز آبی روزانه (میلی‌متر در ده روز) محاسبه و مقادیر آب در نظر گرفته شده برای هر کرت توسط سیستم کنتور و هیدروفیکس در اختیار گیاهان قرار گرفت.

جهت محاسبه تغییرات سطح برگ و وزن خشک از ۱۵ روز پس از سبز شدن تا مرحله رسیدگی فیزیولوژیک، از هر کرت سه بوته بطور تصادفی برداشت شد. سطح برگ بر اساس فرمول مونتگومری از حاصل‌ضرب بیشترین عرض در طول برگ در ضریب ثابت ۰/۷۵ محاسبه گردید (Montgomery, 1911). جهت اندازه‌گیری وزن خشک، نمونه‌ها به مدت زمان کافی در دمای ۷۰ درجه سانتی‌گراد خشک و پس از توزین به عنوان وزن خشک (گرم در مترمربع) منظور شد.

میزان تشعشع روزانه برای عرض جغرافیایی شهرستان اسلام‌آباد غرب به روش گودریان و وان‌لار (Goudriaan and Van Laar, 1993) محاسبه گردید و سپس میزان تشعشع جذب شده روزانه (I_{abs}) بر حسب مگاژول در مترمربع بر اساس معادله ۳ محاسبه شد (Goudriaan and Van Laar, 1993).

معادله ۳:

$$I_{abs} = I_0 \times (1-\rho) \times \left(1 - e^{(-K \times LAI)}\right)$$

در اینجا، I_0: تور رسیده به بالای کانوپی (مگاژول در مترمربع)، ρ: ضریب انعکاس تور توسط کانوپی که ۰/۰۸ منظور شد (Koochaki *et al.*, 2009)، K: ضریب خاموشی تور ذرت که ۰/۶ منظور شد (Boons-Prins, Koning, Diepen and Penning, 1994)، e: پایه لگاریتم طبیعی (۲/۷۱۸۲۸) و LAI: شاخص سطح برگ روزانه است که بر اساس معادله ۴ محاسبه گردید (Gardner, Pearce and Mitchell, 1985).

معادله ۴:

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

در این معادله a: عرض از مبداء، b: زمان رسیدن به حداکثر LAI، c: حداکثر LAI و d: نقطه عطف منحنی است که در آن رشد سطح برگ وارد مرحله خطی می‌شود و x: زمان بر حسب روزهای پس از سبز شدن است. برای برآورد مقادیر وزن خشک کل روزانه (TDW) برحسب گرم در مترمربع نیز از برازش معادله ۵ استفاده شد (Gardner *et al.*, 1985).

معادله ۵:

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

در این معادله a: حداکثر وزن خشک کل، b: ثابت معادله، c: سرعت رشد نسبی ذرت و x: زمان بر حسب روز پس از سبز شدن است. کارایی مصرف نور ذرت طی فاز رویشی، فاز زایشی و کل دوره رشد بر حسب گرم بر مگاژول، از طریق محاسبه شیب خط رگرسیون بین وزن خشک کل (گرم در مترمربع) و تشعشع تجمعی (مگاژول در مترمربع) محاسبه شد. جهت محاسبه تأثیر کاهش جذب تشعشع و کاهش کارایی مصرف نور بر میزان وزن خشک کل گیاه در تیمارهای تنش کم آبی نسبت به آبیاری مطلوب برای هر یک از ارقام به ترتیب از معادلات ۶ و ۷ استفاده شد (Earl and Davis, 2003).

معادله ۶:

$$LTDW_{Iabs} = TDW_O \times \left(1 - \frac{Iabs_S}{Iabs_O}\right)$$

معادله ۷:

$$LTDW_{RUE} = (TDW_O - LIabs) \times \left(1 - \frac{RUE_S}{RUE_O}\right)$$

در این معادلات $LTDW_{Iabs}$ و $LTDW_{RUE}$: به ترتیب کاهش وزن خشک کل (گرم در مترمربع) ناشی از کاهش جذب تشعشع و ناشی از کاهش کارایی مصرف نور، TDW_O: وزن خشک کل در شرایط آبیاری مطلوب، $Iabs_S$ و $Iabs_O$: به ترتیب مقدار تشعشع جذب شده توسط کانوپی ذرت در تیمار تنش کم آبی و آبیاری مطلوب، RUE_S و RUE_C به ترتیب کارایی مصرف نور در تیمار تنش کم آبی و آبیاری مطلوب است.

در پایان فصل رشد بوته‌های دو مترمربع از هر کرت برداشت شد و پس از خشک شدن بوته‌ها وزن آن‌ها به عنوان وزن خشک کل برای هر تیمار ثبت شد. تجزیه و تحلیل‌های آماری و مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن با استفاده از رویه PROC GLM نرم‌افزار SAS انجام شد. ضمناً برای صفات وزن خشک کل و کارایی مصرف نور که اثر متقابل آبیاری×رقم معنی‌دار شد، برش‌دهی اثر متقابل با کاربرد دستور Post- anova در هر یک از سطوح آبیاری صورت گرفت (Soltani, 2008). به منظور برازش معادلات و رسم نمودارها نیز به ترتیب از نرم‌افزارهای SlideWrite و Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص سطح برگ

روند تغییر شاخص سطح برگ ارقام مورد بررسی در تمام سطوح آبیاری مشابه بود، بطوری‌که در ابتدای دوره رشد سطح برگ به کندی افزایش یافت. با گذشت زمان افزایش شاخص سطح برگ روند خطی پیدا کرد و در زمان گلدهی به حداکثر میزان خود رسید (شکل ۱). حداکثر شاخص سطح برگ برای رقم دیررس (S.C704) در تیمار آبیاری مطلوب، تنش ملایم کم آبی و تنش شدید کم آبی به ترتیب ۶/۳، ۵/۶ و ۳/۹ بود. برای رقم متوسط‌رس (S.C500) این مقادیر به ترتیب ۵/۸، ۵/۳ و ۳/۱ به دست آمد. و برای رقم زودرس (S.C260) به ترتیب ۳/۳، ۳ و ۲/۱ محاسبه شد

www.SID.ir

Archive of SID

(جدول ۳). سپس به دلیل پیری و ریزش برگ‌ها، شاخص سطح برگ روند نزولی در پیش گرفت. صرفنظر از ارقام مورد بررسی یا اعمال تنش کم آبی مراحل فنولوژیکی ذرت با سرعت بیشتری طی شد که این موضوع سبب گردید حداکثر شاخص سطح برگ گیاه سریع‌تر حادث گردد. با افزایش شدت کم آبی تفاوت بین ارقام از نظر شاخص سطح برگ کاهش یافت. به نظر می‌رسد این موضوع به دلیل کاهش بیشتر سطح برگ ارقام با طول دوره رشد بیشتر (در مقایسه با ارقام زودرس‌تر) در اثر کم آبی باشد. اوررحمان و همکاران (UR Rahman *et al*., 2010) نیز کاهش معنی‌دار سطح برگ در تیمار کم آبی و خلیلی‌محله و همکاران (Khalilimahaleh, Roshdi and Rezadoost, 2006) نیز شاخص سطح برگ بیشتر را در ارقام دیررس‌تر ذرت گزارش دادند.

تشعشع جذب شده

در مراحل اولیه رشد به دلیل کوچک بودن برگ‌ها و عدم پوشش کامل سطح زمین، جذب تشعشع اندک بود. متناسب با افزایش شاخص سطح برگ و شدت تشعشع روزانه، تشعشع جذب شده در پایان فصل رشد در تمام تیمارهای مورد بررسی به تدریج افزایش یافت و در زمان گلدهی به حداکثرمیزان خود رسید و سپس به علت کاهش سطح برگ تا انتهای دوره رشد روند نزولی در پیش گرفت (شکل ۲). نتایج این بررسی همچنین نشان داد که رژیم آبیاری با تأثیر بر ساختمان کانوپی، الگوی جذب تشعشع را تغییر داد. روند جذب تشعشع تحت سطوح مختلف آبیاری مشابه اثر آبیاری بر روند تغییرات شاخص سطح برگ بود، بطوری که با افزایش شدت کم آبی به علت کاهش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع نیز کاهش یافت (شکل ۲). حداکثر میزان تشعشع جذب شده، متناسب با شاخص سطح برگ در ارقامی که دارای دوره رشد طولانی‌تر بودند، مشاهده شد (شکل ۲). انتخاب ارقامی با شاخص سطح برگ بیشتر، دوام بیشتر سطح سبز و آرایش مناسب برگ‌ها از طریق افزایش جذب تشعشع در مراحل مختلف رشد منجر به تولید ماده خشک بیشتر خواهد شد (Atlasipak, Meskarbashi, and Nabipour, 2006). در آزمایش توحیدی و همکاران (Tohidi *et al*., 2012) نیز میزان جذب تشعشع رقم دیررس S.C704 از سایر ارقام بیشتر بود. ارتباط مستقیم بین میزان سطح برگ و جذب تشعشع توسط شیبلز و وبر (Shibles and Weber, 1995) و دویر و همکاران (Dwyer, Stewart, Hamilton and Honwing, 1992) نیز نشان داده شده است.

با توجه به نتایج تجزیه واریانس، اثر سطح آبیاری، رقم و اثر متقابل آن‌ها بر میزان تشعشع تجمعی جذب شده معنی‌دار (سطح ۱ درصد) بود (جدول ۱). بررسی مقایسه میانگین‌ها نشان داد که اختلاف مقدار تشعشع جذب شده در بین تمام تیمارها معنی‌دار بود. با افزایش شدت کم آبی، تشعشع جذب شده هر سه رقم کاهش یافت. تشعشع جذب شده توسط رقم S.C260 در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کم آبی (به ترتیب ۹۰۵/۵ و ۷۲۸/۹ مگاژول در مترمربع) نسبت به آبیاری مطلوب (۹۵۶/۱ مگاژول در مترمربع) به‌ترتیب ۵/۳ و ۲۳/۸ درصد کاهش یافت. این مقادیر برای رقم S.C500 در تیمارهای تنش ملایم و شدید کم آبی (به ترتیب ۱۰۷۸/۸ و ۷۹۶/۲ مگاژول در مترمربع) نسبت به تیمار آبیاری مطلوب (۱۱۵۴/۸ مگاژول در مترمربع) به ترتیب ۶/۶ درصد و ۳۱/۱ درصد کاهش یافت. برای رقم S.C704 جذب تشعشع در تیمارهای تنش ملایم و شدید کم آبی (به ترتیب ۱۲۷۶/۱ و ۱۰۱۳/۷ مگاژول در مترمربع) در مقایسه با آبیاری مطلوب (۱۳۳۴/۴ مگاژول در مترمربع) به‌ترتیب ۴/۴ درصد و ۲۴/۱ درصد کمتر بود (جدول ۳ و شکل ۵، الف).

وزن خشک کل

نتایج بررسی نشان داد که در ابتدای دوره رشد به دلیل کوچک بودن بوته‌ها تفاوت چندانی بین سطوح مختلف آبیاری از نظر روند افزایش وزن خشک مشاهده نشد. برای ارقام دیررس، متوسطرس و زودرس به‌ترتیب حدود ۶۴، ۶۲ و ۵۵ روز پس از سبز شدن، وزن خشک کل وارد مرحله رشد خطی شده و تفاوت اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک مشخص شد (شکل ۳). در نهایت تغییرات وزن خشک روند ثابتی در پیش گرفت. حداکثر وزن خشک کل در تیمار آبیاری مطلوب، تنش ملایم کم آبی و تنش شدید کم آبی برای رقم S.C704، به ترتیب ۲۰۴۸/۵، ۱۸۲۴/۳ و ۱۲۸۹/۵ گرم در مترمربع بود. این مقادیر برای رقم S.C500 به ترتیب ۱۸۵۲/۵، ۱۳۴۲/۲ و ۹۱۰/۲ گرم در مترمربع به دست آمد و برای رقم S.C260، به ترتیب ۱۵۷۵/۳، ۱۰۸۲/۷ و ۷۳۷/۷ گرم در مترمربع بود (جدول ۳).

اثر مقادیر مختلف آب، ارقام و اثر متقابل آن‌ها بر وزن خشک کل در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱). اختلاف بین تمام تیمارهای مورد بررسی از نظر وزن خشک کل معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش شدت کم آبی و با کاهش طول دوره رشد ذرت وزن خشک کل کاهش یافت بطوری که رقم دیررس S.C704 در تیمار آبیاری مطلوب بیشترین میزان ماده خشک (۲۰۴۸/۵ گرم در مترمربع) را تولید کرد و کمترین میزان ماده خشک تولیدی (۷۳۷/۷ گرم در مترمربع) نیز با کاشت رقم زودرس S.C260 در تیمار تنش شدید کم آبی به دست آمد (جدول ۳). نتایج برش‌دهی اثر متقابل ارقام ذرت در هر یک از سطوح آبیاری بطور جداگانه حاکی از اثر معنی دار کاربرد مقادیر متفاوت آب بر وزن خشک کل ارقام بود (جدول ۲ و شکل ۴، ب).

بطور کلی وزن خشک بیشتر ناشی از افزایش شاخص سطح برگ، جذب تشعشع و سرعت رشد محصول است. در این آزمایش سطوح بالاتر آب از طریق بهبود شاخص‌های مذکور موجب افزایش تجمع ماده خشک در اندام‌های ذرت شد. در خصوص ارقام S.C500 و S.C260، علاوه بر شاخص سطح برگ کمتر آن‌ها در مقایسه با رقم S.C704، طول دوره رشد کوتاه‌تر و وقوع زودهنگام رسیدگی فیزیولوژیک در شرایط مساعد برای رشد ذرت که شدت تشعشع موجود در محیط بالا بود نیز عامل مهمی در عدم دستیابی به وزن خشک بیشتر بود. اثر مثبت آبیاری بر تجمع ماده خشک ذرت توسط سایر محققان (Earl and Davis, 2003; Ming Yang and Hsiang, 1992) گزارش شده است.

کارایی مصرف نور

علاوه بر جذب تشعشع، کارایی مصرف نور دیگر مؤلفه تأثیرگذار بر تولید ماده خشک است. نتایج نشان داد که کارایی مصرف نور کل بطور معنی‌داری (در سطح ۱ درصد) تحت‌تأثیر سطوح آبیاری، ارقام و اثر متقابل آن‌ها قرار گرفت (جدول ۱). معنی‌دار شدن اثر متقابل نشان می‌دهد که عکس‌العمل ارقام از نظر تبدیل انرژی دریافتی به ماده خشک، نسبت به تغییرات سطح آبیاری یکسان نیست. نتایج برش‌دهی اثر متقابل و ارزیابی تأثیر هر یک از سطوح

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف آبیاری بر ارقام نیز نشان داد که استفاده از مقادیر متفاوت آب اثرات معنی‌داری روی کارایی مصرف نور کل ارقام مورد بررسی داشته است (جدول ۲ و شکل ۴، الف). به بیان دیگر هر یک از سطوح آبیاری به تنهایی اثرات معنی داری بر کارایی مصرف نور ارقام مورد بررسی اعمال می‌کنند.

در تیمار آبیاری مطلوب کارایی مصرف نور رقم دیررس S.C704 (۱/۵۲ گرم بر مگاژول) بطور معنی‌داری کمتر از ارقام S.C500 و S.C۲۶۰ (به ترتیب ۱/۵۶ و ۱/۵۹ گرم بر مگاژول) بود. به عبارت دیگر در شرایط مطلوب توانایی ارقام زودرس‌تر در تبدیل هر واحد نور دریافتی به ماده خشک بیشتر بوده است. گلدانی و همکاران (Goldani *et al*., 2010) در رابطه با کارایی مصرف نور کمتر ارقام دیررس به نتایج مشابهی دست یافتند.

با افزایش شدت کم آبی، کارآیی مصرف نور هر سه رقم به شدت کاهش یافت (جدول ۳). بطوری که کارایی مصرف نور رقم S.C260 در شرایط تنش ملایم و تنش شدید کم آبی نسبت به آبیاری مطلوب به‌ترتیب ۲۶/۴۲ و ۳۷/۷۴ درصد کاهش یافت. میزان کارآیی مصرف نور برای رقم S.C500 در تیمارهای تنش ملایم و تنش شدید کم آبی برابر بود که نسبت به تیمار آبیاری مطلوب ۲۴/۳۶ درصد کاهش یافت و برای رقم S.C704 میزان کارآیی مصرف نور در تیمارهای تنش ملایم و تنش شدید کم آبی در مقایسه با آبیاری مطلوب به‌ترتیب ۱۰/۵۳ و ۲۰/۳۹ درصد کمتر بود (جدول ۳ و شکل ۵، ب).

در این تحقیق علاوه بر کارایی مصرف نور کل، کارایی مصرف نور طی فاز رویشی و زایشی به تفکیک محاسبه شد. نتایج تجزیه واریانس نشان داد که اثر متقابل سطح آبیاری در رقم برای صفت کارایی مصرف نور طی فاز رویشی و زایشی معنی‌دار بود (جدول ۱). در تیمار آبیاری مطلوب، کارایی مصرف نور رقم S.C704 هم طی فاز رویشی و هم طی فاز زایشی (به ترتیب ۱/۵ و ۱/۵۲ گرم بر مگاژول) به طور معنی‌داری کمتر از ارقام S.C500 و S.C260 بود. در تیمار تنش ملایم کم آبی، کارایی مصرف نور رقم S.C704 طی فاز رویشی و زایشی (به ترتیب ۱/۴۱ و ۱/۳۵ گرم بر مگاژول) بطور معنی‌داری بیشتر از ارقام S.C500 و S.C260 بود. همچنین در تیمار تنش شدید کم آبی، کارایی مصرف نور رقم S.C260 طی فاز رویشی و زایشی (به ترتیب ۱/۲۲ و ۰/۹۹ گرم بر مگاژول) بطور معنی‌داری کمتر از ارقام S.C500 و S.C704 بود (جدول ۳).

نتایج مقایسه میانگین کارایی مصرف نور طی فاز رویشی و زایشی در قالب کرت‌های خرد شده در زمان نشان داد که در شرایط آبیاری مطلوب، با ورود به فاز زایشی کارایی مصرف نور بطور معنی‌داری افزایش یافت. این در حالی بود که در تیمارهای کم آبی کارایی مصرف نور با ورود به فاز زایشی به شدت کاهش یافت (جدول ۴). در آزمایش ارل و داویس (Earl and Davis, 2003) نیز در تیمار آبیاری مطلوب کارایی مصرف نور ذرت طی فاز زایشی از فاز رویشی بیشتر بود. همچنین لیندکویست و همکاران (Lindquist *et al*., 2005) عدم کاهش کارایی مصرف نور ذرت طی فاز زایشی را در شرایط مطلوب گزارش دادند.

کارایی مصرف نور ذرت در اغلب موارد، در اواخر دوره رشد کمتر از ابتدای دوره رشد است (Otegui, Nicolini, Ruiz and Dobbs, 1995)، به گونه‌ای که مقدار آن از زمان ابریشم‌دهی تا رسیدگی فیزیولوژیک کاهش می‌یابد (Goldani *et al*., 2010). دلیل این امر کاهش ظرفیت فتوسنتزی برگ‌ها در نیمه پایانی فصل رشد می‌باشد (Earl and Davis, 2003). با این حال گاهی اوقات کارایی مصرف نور طی دوره پرشدن دانه ثابت مانده (Muchow and Sinclair, 1994) یا حتی افزایش می‌یابد (Tollenaar and Aguilera, 1992). کاهش کارایی مصرف نور طی دوره پر شدن دانه به دلیل تغییر عواملی مانند سطح برگ، فتوسنتز و تنفس نگهداری در شرایط نامطلوب محیطی است. در شرایط مطلوب، تثبیت کربن و مصرف کربن تثبیت شده و در نتیجه سرعت رشد محصول ثابت مانده و کارایی مصرف نور کاهش نمی‌یابد (Lindquist *et al*., 2005).

نقش جذب تشعشع و کارایی مصرف نور در تولید ماده خشک

صرفنظر از ارقام مورد بررسی میانگین کاهش وزن خشک کل در تیمار تنش ملایم کم آبی نسبت به آبیاری مطلوب ۴۴۹/۲ گرم در مترمربع بود. از این میزان ۹۸/۶ گرم در مترمربع (۲۲ درصد) به کاهش جذب تشعشع و ۳۴۰/۵ گرم در مترمربع (۷۵/۸ درصد) به کاهش کارایی مصرف نور مربوط بود. وزن خشک کل در تنش شدید کم آبی نسبت به آبیاری مطلوب بطور متوسط ۸۴۲/۷ گرم در مترمربع کمتر بود که از این میزان ۴۸۰/۹ گرم در مترمربع (۵۷/۱ درصد) به کاهش جذب تشعشع و ۳۶۰/۵ گرم در مترمربع (۴۲/۸ درصد) به کاهش کارایی مصرف نور تعلق داشت (جدول ۵).

به طور کلی در شرایط تنش ملایم کم آبی عامل اصلی تأثیرگذار بر افت وزن خشک ذرت، کاهش کارایی مصرف نور بود. در حالی‌که در شرایط تنش شدید کم آبی نقش کاهش جذب تشعشع بر تولید ماده خشک از کارایی مصرف نور بیشتر بود. به عبارت دیگر اثر منفی تنش ملایم کم آبی بر توانایی گیاه در تبدیل تشعشع جذب شده به ماده خشک بیشتر از اثر منفی آن بر کاهش شاخص سطح برگ به عنوان عامل اولیه جذب نور بود. در حالی‌که با افزایش شدت کم آبی رشد و توسعه برگ‌ها و در نتیجه جذب تشعشع به میزان قابل توجهی کاهش یافت، بنابراین کاهش جذب نور نسبت به کاهش کارایی مصرف نور نقش بیشتری در تولید ماده خشک خواهد داشت. ارل و داویس (Earl and Davis, 2003) نیز نتایج مشابهی در رابطه با نقش بیشتر کاهش کارایی مصرف نور بر کاهش عملکرد ذرت در شرایط تنش ملایم کم آبی و افزایش نقش کاهش جذب تشعشع برکاهش عملکرد در شرایط تنش شدید کم آبی گزارش دادند.

در شرایط تنش ملایم کم آبی، کاهش وزن خشک کل نسبت به آبیاری مطلوب در ارقام S.C704، S.C500 و S.C260 به ترتیب ۱۴/۶، ۳۰/۸ و ۳۰/۴ درصد بود. از این مقادیر سهم کاهش جذب تشعشع برای ارقام S.C704، S.C500 و S.C260 به ترتیب ۴/۴، ۶۶ و ۵/۳ درصد، و سهم کاهش کارایی مصرف نور به ترتیب ۱۰/۱، ۲۲/۸ و ۲۵ درصد بود (جدول ۵).

تنش شدید کم آبی وزن خشک کل را نسبت به آبیاری مطلوب برای ارقام S.C704، S.C500 و S.C260 به ترتیب ۳۹/۵، ۴۸/۱ و ۵۲/۶ درصد کاهش داد که این موضوع نشان دهنده حساسیت بیشتر ارقام با طول دوره رشد کمتر به تنش کم آبی بود. در این شرایط سهم کاهش جذب تشعشع برای ارقام S.C704، S.C500 و S.C260 به ترتیب ۲۴، ۳۱/۱ و ۲۳/۸ درصد، و سهم کاهش کارایی مصرف نور به ترتیب ۱۵/۵، ۱۶/۸ و ۲۸/۷ درصد بود (جدول ۵).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول -۱ تجزیه واریانس صفات مورد بررسی

منابع تغییرات	درجه آزادی d.f.	سطح احتمال/ مجموع مربعات					
		شاخص سطح برگ	تشعشع تجمعی جذب شده	وزن خشک کل	کارایی مصرف نور طی فاز رویشی	کارایی مصرف نور طی فاز زایشی	کارایی مصرف نور کل
تکرار	2	0.0001	0.0001	0.0001	0.0004	0.0023	0.0008
آبیاری	2	0.0009	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
اشتباه a (تکرار × A)	4	2.03213	97.1299	509.436	0.00311	0.05666	0.01162
رقم	2	0.1105	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
آبیاری × رقم	4	0.8965	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001	0.0001
اشتباه b (تکرار × B)	4	0.46553	158.7527	973.407	0.00062	0.00226	0.00195
ضریب تغییرات (درصد)		13.05	12.61	14.33	10.91	9.62	11.36

برای اشتباهات آزمایش (اشتباه a و b) مجموع مربعات و برای سایر منابع تغییرات سطح احتمال گزارش شده است.

جدول ۲- برش‌دهی اثر متقابل ارقام ذرت در هر یک از سطوح آبیاری برای کارایی مصرف نور و وزن خشک کل

منابع تغییرات	درجه آزادی d.f.	سطح احتمال	
		کارایی مصرف نور	وزن خشک کل
تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W1)	2	0.0294	0.0001
تأمین ۸۰ درصد نیاز ابی (W2)	2	0.0001	0.0001
تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی (W3)	2	0.0001	0.0001

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مورد بررسی ارقام ذرت در سطوح مختلف آبیاری

	تأمین ۱۰۰ درصد نیاز آبی (W1)			تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی (W2)			تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی (W3)		
	S.C704	S.C500	S.C260	S.C704	S.C500	S.C260	S.C704	S.C500	S.C260
حداکثر شاخص سطح برگ	6.30 a	5.80 a	3.30 bc	5.60 a	5.30 b	3.00 c	3.90 d	3.10 d	2.10 e
تشعشع تجمعی جذب شده (مگاژول در مترمربع)	1334.41 a	1154.87 c	956.08 f	1276.04 b	1078.80 d	905.50 g	1013.70 e	796.20 h	728.90 i
وزن خشک کل (گرم در مترمربع)	2048.50 a	1852.50 b	1575.30 d	1750.22 c	1281.40 e	1097.09 g	1238.70 f	962.74 h	746.79 i
کارایی مصرف نور طی فاز رویشی (گرم بر مگاژول)	1.50 b	1.55 a	1.57 a	1.41 c	1.23 e	1.27 d	1.38 c	1.37 c	1.22 e
کارایی مصرف نور طی فاز زایشی (گرم بر مگاژول)	1.52 b	1.57 a	1.60 a	1.35 c	1.18 d	1.16 d	1.20 d	1.19 d	0.99 e
کارایی مصرف نور کل (گرم بر مگاژول)	1.52 b	1.56 a	1.59 a	1.36 c	1.18 d	1.17 d	1.21 d	1.18 d	0.99 e

در هر ردیف، میانگین‌ها با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

جدول ۴- مقایسه میانگین کارایی مصرف نور طی فاز رویشی و زایشی در قالب کرت‌های خرد شده در زمان

	W1	W2	W3	S.C704	S.C500	S.C260
کارایی مصرف نور طی فاز رویشی (گرم بر مگاژول)	1.54 b	1.30 a	1.40 a	1.47 a	1.44 a	1.47 a
کارایی مصرف نور طی فاز زایشی (گرم بر مگاژول)	1.56 a	1.23 b	1.13 b	1.38 a	1.25 a	1.12 a

در هر ستون، میانگین‌ها با حروف مشابه بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵٪ اختلاف معنی‌دار ندارند.

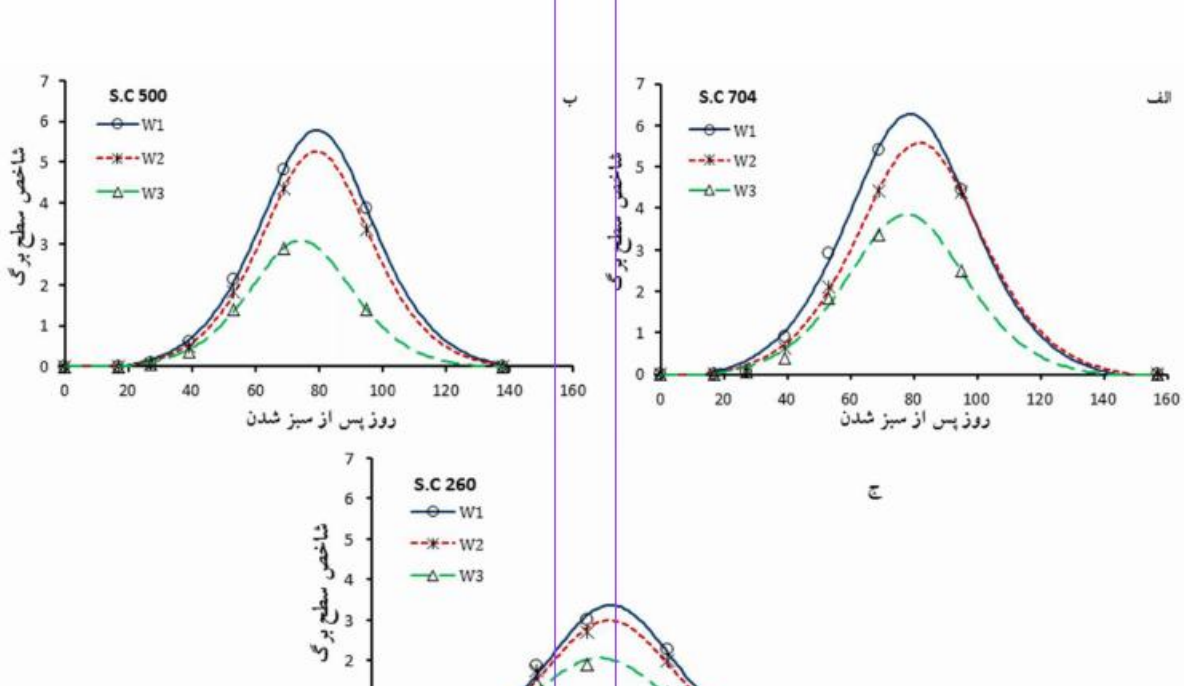
www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵- کاهش وزن خشک کل و کاهش وزن ماده خشک ناشی از کاهش جذب تشعشع و ناشی از کاهش کارایی مصرف نور در تیمارهای کم آبی نسبت به آبیاری مطلوب

	سطوح آبیاری											
	تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی (W2)						تأمین ۶۰ درصد نیاز آبی (W3)					
	LTDW		$LTDW_{(labs)}$		$LTDW_{(RUE)}$		LTDW		$LTDW_{(labs)}$		$LTDW_{(RUE)}$	
	($gr.m^2$)	(%)	($gr.m^2$)	(%)	($gr.m^2$)	(%)	($gr.m^2$)	(%)	($gr.m^2$)	(%)	($gr.m^2$)	(%)
S.C704	298.28	14.56	90.13	4.40	205.63	10.04	809.80	39.53	491.64	24.00	317.60	15.50
S.C500	571.10	30.83	122.26	6.60	422.18	22.79	889.76	48.03	571.13	31.10	311.46	16.81
S.C260	478.21	30.36	83.49	5.30	393.84	25.00	828.51	52.59	374.92	23.80	452.54	28.72

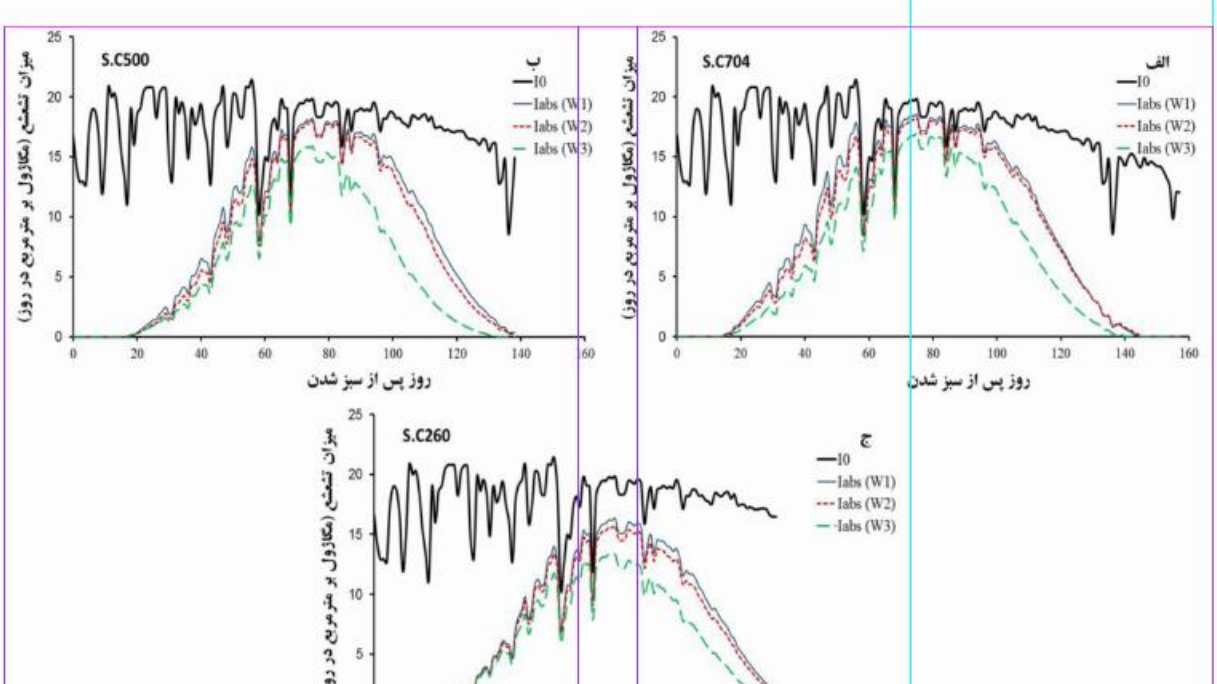
* اختلاف بین مقادیر LTDW با مجموع $LTDW_{(labs)}$ و $LTDW_{(RUE)}$ به دلیل حذف اعداد اعشار طی محاسبات ایجاد شده است.



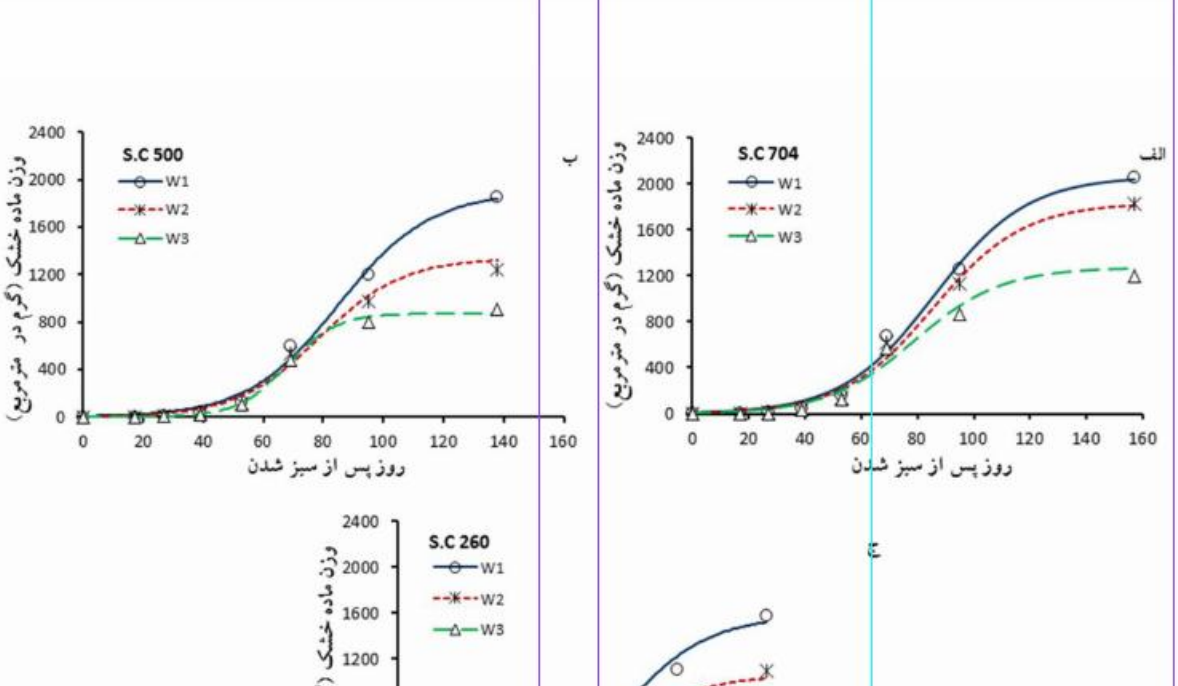
شکل ۱- اثر سطوح مختلف آبیاری بر شاخص سطح برگ ارقام درت S.C704 (الف)، S.C500 (ب) و S.C260 (ج)

www.SID.ir

Archive of SID



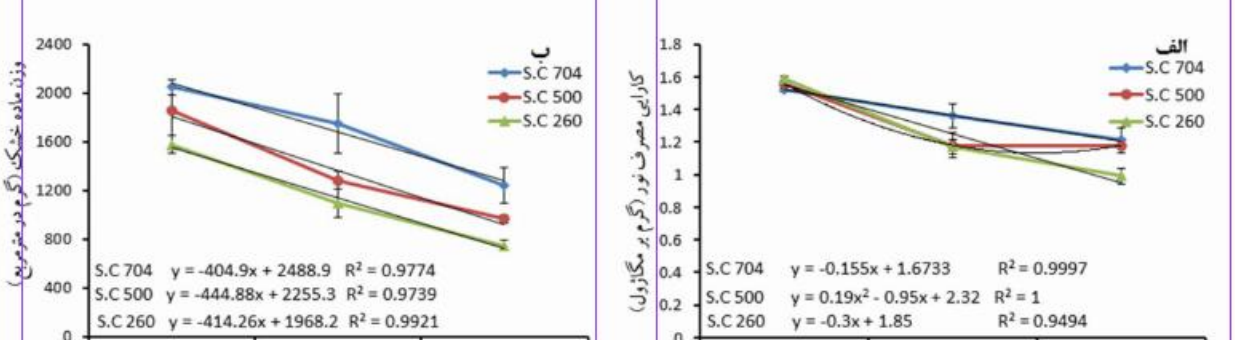
شکل ۲: اثر سطوح مختلف آبیاری بر جذب تشعشع ارقام ذرت S.C704 (الف)، S.C500 (ب) و S.C260 (ج)



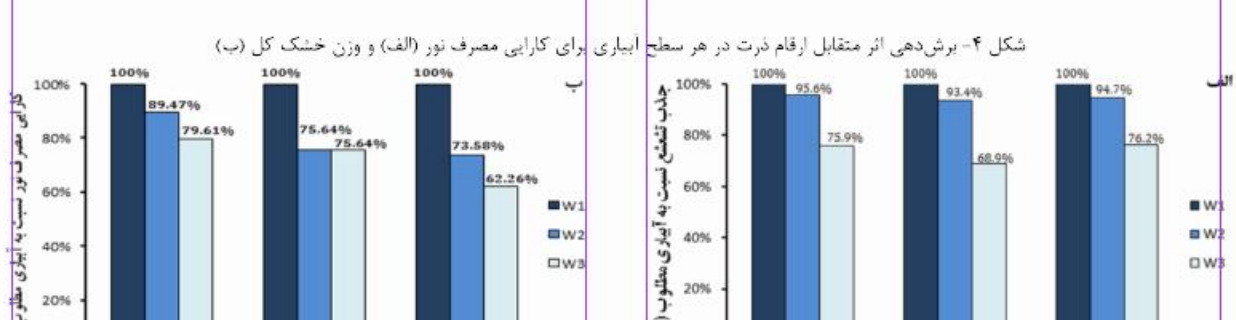
شکل ۳- اثر سطوح مختلف آبیاری بر وزن خشک کل ارقام ذرت S.C704 (الف)، S.C500 (ب) و S.C260 (ج)

www.SID.ir

Archive of SID



شکل ۴- برش‌دهی اثر متقابل ارقام ذرت در هر سطح آبیاری برای کارایی مصرف نور (الف) و وزن خشک کل (ب)



شکل ۵- درصد جذب تشعشع (الف) و درصد کارایی مصرف نور (ب) در تیمارهای تأمین ۸۰ درصد نیاز آبی (W2) و ۶۰ درصد نیاز آبی (W3) نسبت به آبیاری مطلوب (W1)

پاورقی ها

1. Photosynthetically Active Radiation (PAR)

منابع مورد استفاده

1. Akmal, M. and Janssens, M.J. (2004). Productivity and light use efficiency of perennial rygrass with contrasting water and nitrogen supplies. *Field Crop Research*. Vol. 88. pp: 143-155.
2. Alizadeh, A. and Kamali, G. 2008. *Crops water requirements in Iran*. Astan-e-Ghodse Razavi Press. pp: 214-219 (In Persian).
3. Atlasipak, V. Meskarbashi, M. and Nabipour, M. (2006). Effect of planting arrangement on radiation use efficiency and dry matter accumulation in canopy of three spring rapeseed cultivars. *Agricultural Science Journal*. Vol 29. No. 4. pp: 139-152 (In Persian).
4. Beheshti, A. Koochaki, A. Nassiri Mahallati, M. (2004). The effect of planting pattern on light interception and radiation use efficiency in canopy of three maize cultivars. *Seed and Piant*. Vol. 18. No. 4: pp: 417-431 (In Persian with English abstract).
5. Boons-Prins, E.R. Koning, G.H. Diepen, C.A. and Penning, F.W. (1994). *Crop specific simulation parameters for yield forecasting across the European Community*. Simulation reports CABO-TT 32, AB-DLO, Wageningen. 43 pp. and Appendices.
6. Dwyer, L.M. Stewart, D.W. Hamilton, R.I. and Honwing, L. (1992). Ear position and vertical distribution of leaf area in corn. *Agronomy Journal*. Vol. 8: pp: 430-438.
7. Earl, H.J. and Davis, R. (2003). Drought stress effects on maize. *Agronomy Journal*. Vol. 95. pp: 688-696.
8. Emam, Y. and Seghatoleslami, M. (2005). *Crop yield- Physiology and processes* (Translation). Shiraz University Press (In Persian). pp: 177-219.
9. Evans, L.T. (1978). *Crop Physiology*. Cambridge University Prees.
10. Gardner, F.P. Pearce, R.B. and Mitchell, R.L. (1985). *Physiology of crop plants*. Iowa State University Press, USA. pp: 186-208.
11. Goldani, M. Rezvani Moghadam, P. Nassiri Mahallati, M. and Kaffi, M. (2010). Radiation use efficiency of maize (*Zea mays* L.) hybrids with different growth types in response to density. *Journal of Iranian Field Crop Research*. Vol. 7. No. 2. pp: 595-604 (In Persian with English abstract).
12. Goudriaan, J. and Van Laa, H.H. (1993). *Modelling potential crop growth processes*. Kluwer Academic Press.
13. Khalilimahaleh, J. Roshdi, M. and Rezadoost, S. (2006). Compare of yield and yield components of hybrids maize in second crop in Khoy. *Modern Knowledge of Agriculture Journal*. Vol. 4. pp: 53-64 (In Persian).
14. Kiniry, J.R. Landivar, J.A. Witt, M. Gerik, T.J. Cavero, J. and Wade, L.J. (1998). Radiation use efficiency response to vapor pressure deficit for maize and sorghum. *Field Crop Research*. Vol. 56. pp: 265-270.
15. Koochaki, A. Nassiri Mahallati, M. Mondani, F. Feizi,

www.SID.ir

Archive of SID

H. and Amirmoradi, S. (2009). Evaluation of radiation interception and use by maize and bean intercropping canopy. Journal of Agroecology. Vol. 1. No. 1. pp: 13-23 (In Persian with English abstract).
16. Lecoeur, J. and Ney, B. (2003). Change with time in potential radiation use efficiency in field pea. *European Journal Agronomy*. Vol. 19. pp: 91-105.
17. Lindquist, J.L. Arkebauer, T.J. Walters, D.T. Cassman, K.J. and Dobermann, A. (2005). Maize radiation use efficiency under optimal growth conditions. *Agronomy Journal*. Vol. 97. pp: 72-78.
18. Ming Yang, C. and Hsiang, W.M. (1992). Growth and reproduction of maize (*Zea mays* L. cv. Tainung No.1) response to soil water deficits. I. Changes of growth when stress and recovery occurring at the vegetative stage in the controlled environment. *Journal. Agricultural. Research*. China. Vol. 41. No. 2. pp: 132-139.
19. Monteith, J.L. (1997). Solar radiation and productivity in tropical ecosystems. *Applied Ecology*. Vol. 9. pp: 747-766.
20. Montgomery, E.C. (1911). Correlation studies in corn. In: Annual report No. 24. *Nebraska agricultural research station. Lincoln*, NE. pp: 108-159.
21. Muchow, R.C. and Sinclair, T.R. (1994). Nitrogen response of leaf photosynthesis and canopy radiation use efficiency in field-grown maize and sorghum. *Crop Science*. Vol. 34. pp: 721- 727.
22. Otegui, M.E. Nicolini, M.G. Ruiz, R.A. and Dobbs, P.A. (1995). Sowing date effects on grain yield components for different maize genotypes. *Agronomy Journal*. Vol. 87. pp: 29-33.
23. Poostini, K. Mohammadi, H. Janmohammadi, M. and Maleki, M. (2005). *Physiology of crop yield* (Translation). Tehran University Press (In Persian).
24. Rosati, A. Metcalf, S.G. and Lampinen, B.D. (2004). A simple method to estimate photosynthetic radiation use efficiency of canopies. *Annals of Botany*. Vol. 93. pp: 567-574.
25. Shibles, R.M. and Weber, C.R. (1995). Leaf area, solar radiation interception and dry matter production by soybeans. *Crop Science*. Vol. 5. pp: 575-577.
26. Sinclair, T.R. and Muchow, R.C. (1999). Radiation use efficiency. *Advances in Agronomy*. Vol. 65. pp: 215-265.
27. Soltani, A. (2008). *Application of SAS in statistical analysis*. Jahade-e-Daneshghahi Mashhad Press. pp: 109-119 (In Persian).
28. Tohidi. M. Nadery, A. Siadat, S. and Lak, S. (2012). Variables productivity of light interception in grain maize hybrids at various amount of nitrogen. *World Applied Sciences Journal*. Vol. 16. pp: 86-93.
29. Tollenaar, M. and Aguilera, A. (1992). Radiation use efficiency of an old and a new maize hybrid. *Agronomy Journal*. Vol. 84. pp: 536-541.
30. UR Rahman, H. Ali, A. Waseem, M. Tanveer, A. Tahir, M. Nadeem, M.A. and Zamir, S.I. (2010). Impact of nitrogen application on growth and yield of maize (*Zea mays* L.) growth alone and in combination with cowpea (*Vigna unguiculata* L.). *Agriculture and Environment Science*. Vol. 7. No. 1. pp: 43-47.

www.SID.ir