



## تجزیه رشد شش هیبرید ذرت در شرایط تنش خشکی

قدرت فلاحی<sup>۱</sup>، علی حاتمی<sup>۱</sup> و رحیم ناصری<sup>۱</sup>

### چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی بر هیبریدهای مختلف ذرت، آزمایشی در مزرعه تحقیقی کشاورزی شهرستان گیلان غرب، استان کرمانشاه به صورت کرت‌های خردشده با طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در بهار سال ۱۳۸۵ طراحی و به مورد اجرا گذاشته شد. آبیاری در سه سطح (آبیاری نرمال ( $I_1$ ))، قطع آب قبل از ظهور گل‌های تاجی ( $I_2$ ) و قطع آب بعد از گرده‌افشانی کامل و تشکیل رویان ( $I_3$ ) به‌عنوان عامل اصلی و هیبریدهای ذرت ( $SC_{500}$ ،  $SC_{58}$ ،  $SC_{647}$ ،  $SC_{666}$ ،  $SC_{700}$  و  $SC_{704}$ ) به عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند. تعداد ۱۴ بار نمونه‌برداری از سطح مزرعه برای تعیین شاخص‌های رشد شامل شاخص سطح برگ، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و میزان جذب خالص انجام گردید. روند تغییرات شاخص سطح برگ، تجمع ماده خشک، سرعت رشد محصول، جذب خالص گیاه و سرعت رشد نسبی، برای کلیه هیبریدها مشابه بود، اما در سطوح مختلف آبیاری با همدیگر متفاوت بودند. به طوری که اعمال تنش خشکی موجب کاهش شاخص‌های رشد گردید. بیشترین و کمترین شاخص‌های رشد به ترتیب در تیمار آبیاری نرمال و قطع آب قبل از ظهور گل‌های تاجی به دست آمد.

واژگان کلیدی: تنش خشکی، ذرت، شاخص‌های رشد.

۱- گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه ایلام  
(نگارنده‌ی مسئول)

gh\_falahi@yahoo.com

تاریخ دریافت: ۹۱/۹/۱۴

تاریخ پذیرش: ۹۲/۸/۸

## مقدمه

شناخت و بررسی شاخص‌های رشد در تجزیه و تحلیل عوامل موثر در عملکرد دانه از اهمیت زیادی برخوردار بوده و به کمک آنها می‌توان مراحل رشد گیاه را تعیین و با توصیف کمی رشد و نمو، تولید محصول را ارزیابی کرد. تجمع ماده خشک (TDM)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد محصول (CGR)، سرعت رشد نسبی (RGR) و میزان جذب خالص (NAR) شاخص‌هایی هستند که معمولاً جهت ارزیابی توان گیاه و بهره‌وری از عوامل محیطی مورد استفاده قرار می‌گیرند (Soleymanifard *et al.*, 2011). سایر (Sayer, 1994) در آزمایش‌های خود بر روی سورگوم تحت تنش خشکی، کاهش شاخص سطح برگ و سرعت رشد آن را گزارش نمود. در مطالعات یزدانی و همکاران (Yazdani *et al.*, 2007) روی گیاه سویا نشان داده شد که افزایش دور آبیاری می‌تواند موجب افزایش شاخص‌های رشد از جمله شاخص سطح برگ شود. تحقیق نوری‌اظهر و احسان‌زاده (Nouri azhar and Ehsanzedeh, 2007) بر روی ذرت نشان داد رژیم مختلف آبیاری می‌تواند تاثیر معنی‌داری بر شاخص‌های رشد داشته باشد، همچنین، گزارش نموده‌اند که تنش کم آبی شاخص سطح برگ را به‌طور معنی‌داری کاهش دهد. در گیاه آفتابگردان نشان داده شده است ایجاد تنش در اوایل و اواسط گلدهی تجمع ماده خشک کاهش می‌یابد (Karam *et al.*, 2007). در آزمایش‌های فررز و همکاران (Feres *et al.*, 1986) نشان داده شد که تنش در مرحله بین ظهور گل دارای اثر منفی‌تر روی گیاه می‌تواند داشته باشد.

در آزمایش‌های شارما (Sharma, 1992) تحت شرایط تنش و بدون تنش آب نشان داده شد که تنش، میزان فتوسنتز خالص، سرعت رشد نسبی، شاخص سطح برگ، درصد رطوبت نسبی، عملکرد دانه و

شاخص برداشت را کاهش داد. تعدادی از تعدادی پژوهش‌گران نشان دادند که در شرایط بدون تنش و انجام آبیاری نسبت به شرایط تنش خشکی، گیاه فرصت کافی را برای به‌دست آوردن شاخص‌های رشد خواهد داشت (Soriano *et al.*, 2004). بنابراین، باتوجه به اهمیت آبیاری در کشت‌های تابستانه و کمبود آب در این دوره، پژوهش حاضر به منظور اثر تنش خشکی بر شاخص‌های رشد هیبریدهای مختلف ذرت در منطقه انجام شد.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال زراعی ۸۶-۱۳۸۵ به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در مزرعه تحقیقی-ترویجی مدیریت کشاورزی شهرستان گیلان غرب با عرض جغرافیایی ۳۴ درجه و ۱۵ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۴۵ درجه و ۴۸ دقیقه شرقی و ارتفاع ۷۵۰ متر از سطح دریا انجام شد. آبیاری در سه سطح (آبیاری کامل (I<sub>۱</sub>)، قطع آب قبل از ظهور گل‌های تاجی (I<sub>۲</sub>) و قطع آب بعد از گرده افشانی کامل و تشکیل رویان (I<sub>۳</sub>)) به‌عنوان فاکتور اصلی و هیبریدهای ذرت (SC<sub>۵۰۰</sub>، SC<sub>۵۱۲</sub>، SC<sub>۶۴۷</sub>، SC<sub>۶۶۶</sub>، SC<sub>۷۰۰</sub> و SC<sub>۷۰۴</sub> به ترتیب V<sub>۱</sub>، V<sub>۲</sub>، V<sub>۳</sub>، V<sub>۴</sub>، V<sub>۵</sub> و V<sub>۶</sub>) به عنوان فاکتور فرعی در نظر گرفته شدند. برای این منظور و با نظر سنجی از کارشناسان مرتبط با ذرت، ارقام هیبرید سینگل از مرکز تحقیقات بذر و نهال کرج تهیه گردیدند. تست جوانه‌زنی در مورد بذور ارسال شده نشان داد که کلیه هیبریدها بین ۹۳ تا ۹۷ درصد قابلیت جوانه‌زنی دارند. طبق تقسیم بندی اقلیمی کوپن، منطقه دارای آب و هوای معتدل با تابستان گرم و خشک است. میانگین بارندگی منطقه حدود ۵۰۰ میلی‌متر در سال است که نزولات عمدتاً در اواخر پاییز، زمستان و اوایل بهار رخ می‌دهد (جدول ۱). زمین محل آزمایش در سال قبل زیر کشت گندم

در آون با دمای ۸۰ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت ماده خشک محاسبه گردید. برای ارزیابی الگوی رشد بر اساس سیستم‌های واحد حرارتی، مقدار درجه-روزهای رشد از طریق فرمول‌های (۱ تا ۵) از زمان کاشت برای هر روز محاسبه و تجمع آن برای تاریخ‌های مختلف نمونه‌برداری تعیین گردید.

$$GGD = \frac{T_{max} + T_{min}}{2} - T_{base} \quad (1)$$

در این فرمول  $T_{max}$  دمای بیشینه (چنانچه بیش از ۳۰ درجه سلسیوس باشد آن را معادل ۳۰ درجه فرض می‌کنند)،  $T_{min}$  دمای کمینه (چنانچه کمتر از ۱۰ درجه سلسیوس باشد آن را معادل ۱۰ درجه فرض می‌کنند) و  $T_{base}$  دمای پایه (به طور معمول ۱۰ درجه سلسیوس) می‌باشد (Terrance et al., 2004). کمینه و بیشینه دمای روزانه با استفاده از آمار هواشناسی در محاسبات منظور گردید (Anonymous, 2006). تجمع ماده خشک (DMA)، شاخص سطح برگ (LAI)، سرعت رشد گیاه زراعی (CGR)، میانگین سرعت رشد (RGR) و سرعت جذب خالص (NAR) با توجه به دو پارامتر سطح برگ و ماده خشک که در طی دوره رشد، نمونه‌برداری شده بودند مورد محاسبه قرار گرفتند و با استفاده از روابط زیر مورد بررسی قرار گرفتند:

$$LAI = nA \quad (2)$$

$$CGR = n(dW / dGDD) \quad (3)$$

$$RGR = (1/W) \times (dW / dGDD) \quad (4)$$

$$NAR = (1/A) \times (dW / dGDD) \quad (5)$$

که در این روابط  $n$  = تعداد بوته،  $A$  = سطح برگ اندازه‌گیری شده گیاه،  $W$  = وزن خشک گیاه،  $dGDD$  = مشتق درجه-روزهای رشد (مشتق زمان)،  $dW$  = مشتق وزن خشک گیاه می‌باشند (Terrance et al., )

بود. در فصل پاییز، زمین توسط گاواهن قلمی و در اوایل اسفند ماه با گاواهن برگردان‌دار شخم زده شد، سپس عملیات دیسک و تسطیح زمین انجام گردید. نتایج آزمایش خاک مورد بررسی در جدول ۲ ارائه شده است. با پایان یافتن عملیات تهیه بستر، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار کود اوره که یک سوم آن قبل از کاشت و مابقی به عنوان سرک در دو مرحله ۸-۷ برگی (ارتفاع گیاه ۳۰ - ۲۵ سانتی‌متر) و ۱۲ - ۱۰ برگی (ارتفاع گیاه ۶۰ - ۴۵ سانتی‌متر) در بین ردیف‌ها، ۱۵۰ کیلوگرم کود سوپرفسفات تریپل و ۱۱۰ کیلوگرم کود سولفات دوپتاس در مزرعه در هنگام کاشت پخش گردید، و بلافاصله توسط دیسک و فاروئر کودها با خاک مخلوط شدند. کاشت در نیمه اول فروردین ماه توسط کارگر انجام گرفت. بعد از کاشت، آبیاری صورت گرفت و تا سبز شدن کامل بذرها این عمل هر ۵-۶ روز یک‌بار انجام گردید. آبیاری پس از سبز شدن کامل تا مرحله اعمال تنش برای همه تیمارها هفته‌ای یک‌بار اعمال گردید. در مرحله چهار برگی بوته‌ها و در زمان نم‌ناک بودن مزرعه، برای دستیابی به تراکم مطلوب تنک کردن انجام شد. بعد از تنک کردن نیز یک آبیاری سبک جهت کاهش صدمات احتمالی به ریشه گیاه صورت گرفت. برای کنترل علف‌های هرز (تاج‌خروس، سلمه‌تره و مرغ) از وجین دستی و سمپاشی استفاده گردید. اولین مرحله نمونه‌برداری ۲۱ روز (۱۷۰ درجه روز رشد) بعد از کشت آغاز و هر هفت روز یک‌بار، و در مجموع چهارده‌بار انجام گردید. در هر مرحله سطحی معادل یک مترمربع (۲/۲۵×۰/۴۵) در هر بار نمونه‌گیری در کرت‌ها با رعایت حاشیه، از سه ردیف وسطی مورد استفاده قرار گرفت. شاخص سطح برگ با استفاده از دستگاه سطح برگ سنج اندازه‌گیری شد و نیز با خشک کردن مواد آزمایشی

آبی گیاه بسیار با اهمیت می‌باشد. زمان حداکثر تجمع ماده خشک در هیبرید  $V_7$  در شرایط  $I_1$  و  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب ۱۶۵۰، ۱۵۵۰ و ۱۳۵۰ درجه-روز رشد حاصل گردید. همان‌طوری‌که در شکل ۲ مشاهده می‌شود در هیبرید  $V_7$  اثر محدودیت آبیاری  $I_2$  (حدود ۷۵۰ درجه روز رشد) و  $I_3$  (حدود ۱۵۰ درجه-روز رشد) ظاهر شده‌است که این اثر در شرایط  $I_2$  نسبت به دو سطح دیگر شدیدتر بوده‌است که ناشی از کمبود آب در مرحله بحرانی رشد و تکامل گیاه ذرت می‌باشد. اما دو سطح دیگر تفاوت نسبتاً کمی دارند. بنابراین، شرایط  $I_2$  از نظر نیاز آبی گیاه بسیار با اهمیت می‌باشد. زمان حداکثر تجمع ماده خشک در این هیبرید در شرایط  $I_1$  و  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب ۱۶۵۰ و ۱۵۵۰ و ۱۳۵۰ درجه-روز رشد حاصل گردید. در هیبرید  $V_7$  اثر محدودیت آبیاری  $I_2$  (حدود ۷۵۰ درجه روز رشد) و  $I_3$  (حدود ۱۰۹۰ درجه-روز رشد) ظاهر شد. که این اثر در شرایط  $I_2$  نسبت به دو سطح دیگر شدیدتر بود. این اثر ناشی از کمبود آب در مرحله بحرانی رشد و تکامل گیاه ذرت می‌باشد. اما دو سطح دیگر تفاوت نسبتاً کمی دارند. بنابراین، شرایط  $I_2$  از نظر نیاز آبی گیاه بسیار با اهمیت می‌باشد. زمان حداکثر تجمع ماده خشک در این هیبرید در شرایط  $I_1$  و  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب ۱۶۵۰ و ۱۶۰۰ و ۱۵۵۰ درجه-روز رشد به دست آمد. در شکل ۴ هیبرید  $V_7$  ملاحظه می‌شود اثر محدودیت آبیاری  $I_2$  (حدود ۷۵۰ درجه روز رشد) و  $I_3$  (حدود ۱۰۹۰ درجه-روز رشد) ظاهر شد که این اثر در شرایط  $I_2$  نسبت به دو سطح دیگر شدیدتر بوده‌است که ناشی از کمبود آب در مرحله بحرانی رشد و تکامل گیاه ذرت می‌باشد. اما دو سطح دیگر تفاوت نسبتاً کمی دارند. بنابراین، شرایط  $I_2$  از نظر نیاز آبی گیاه بسیار با اهمیت می‌باشد. زمان حداکثر تجمع ماده خشک در این هیبرید در شرایط  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب ۱۷۰۰ و ۱۵۵۰ و ۱۴۵۰

داده‌های به دست آمده با استفاده از نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین‌ها با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند. جهت رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### تجمع ماده خشک

روند تغییرات ماده خشک تجمعی هیبریدهای ذرت در سطوح مختلف آبیاری از یک الگوی مشابه برخوردار بودند. به طوری که در ابتدای دوره رشد (با شروع مرحله ۳-۲ برگی) تا مرحله کامل گل‌دهی (ظاهر شدن کاکل‌ها و گرده‌افشانی کامل) افزایش ماده خشک تجمعی سریع بود و پس از آن در کلیه خطوط روند کند و سپس ثابت و بعد از آن به دلیل ریزش برگ‌ها گیاه ذرت کاهش یافت. نتایج حاصل از رفتار ماده خشک در شکل (۱ تا ۶) نشان می‌دهد که کمبود آب سبب کاهش ماده خشک تجمعی گیاه ذرت می‌گردد، به نظر می‌رسد به علت ریزش برگ‌های پایینی گیاه، افزایش سرعت تنفس، افزایش هورمون‌های بازدارنده و کاهش دوام سطح برگ باشد. چنین نتایجی با گزارش‌های به دست آمده توسط تریس و همکاران (Terrance *et al.*, 2004) و رجب‌آکیر (Recep akir, 2004) که نشان دادند تنش خشکی موجب کاهش تجمع ماده خشک و دوام سطح برگ می‌گردد، همخوانی دارد. در هیبرید  $V_1$  ملاحظه می‌شود اثر محدودیت آبیاری، در مرحله  $I_2$  در حدود ۷۵۰ درجه روز رشد و  $I_3$  در حدود ۱۱۵۰ درجه-روز رشد مشاهده گردید، که این اثر در شرایط  $I_2$  نسبت به دو سطح دیگر شدیدتر بوده‌است که ناشی از کمبود آب در مرحله بحرانی رشد و تکامل گیاه ذرت می‌باشد. اما دو سطح دیگر تفاوت نسبتاً کمی دارند. به طور کلی، وزن خشک گیاه زراعی در هر مرحله از رشد به وزن خشک اولیه، دوام رشد و سرعت رشد محصول بستگی دارد. بنابراین، شرایط  $I_2$  از نظر نیاز

کاهش معنی داری در تجمع ماده خشک می‌گردد، مطابقت دارد (Amiri Deh Ahmadi et al., 2011).

### شاخص سطح برگ

تغییرات شاخص سطح برگ در تمام تیمارها روند یکسانی نشان دادند (شکل‌های ۷، ۸، ۹، ۱۰، ۱۱ و ۱۲) به طوری که از ابتدای فصل رویش (مرحله ۳-۲ برگی،  $GGD=141/5$ ) تا مرحله کامل گلدهی (ظاهر شدن کاکل‌ها و گرده‌افشانی کامل) شاخص سطح برگ در ابتدا کم وبعد به سرعت افزایش و سپس به مدت زمان کوتاهی تقریباً ثابت و بعد روند کاهش پیدا نمود. کند بودن روند شاخص سطح برگ در آغاز ناشی از ریز بودن سلول‌ها و وسعت کم برگ است، زیرا سطح برگ دو بعدی است لذا کوچک‌ترین افزایش در لبه آن، مساحت را به صورت تصاعدی بالا می‌برد، در اواسط این دوره یعنی از حدود ۵۰۰ تا ۹۰۰ درجه-روز سرعت افزایش سطح برگ و شیب منحنی‌ها بسیار بالا بود که ناشی از تکثیر زیاد سلول و رشد آن از دو بعد می‌باشد. کاهش سطح برگ بعد از حداکثر مقدار، ناشی از پیری و فرسودگی برگ‌های قدیمی در نهایت ریزش آنها می‌باشد. برآورد منحنی‌ها نشان می‌دهد که سه سطح محدودیت آب بر هر هیبرید تاثیر منفی داشته است. اما بین هیبریدها تفاوت وجود دارد. در هیبرید  $V_1$  در شرایط محدودیت آبیاری  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب ۶۰۰ و ۸۰۰ درجه-روز رشد روند کاهش را نشان می‌دهد. اما در  $V_2$  در ۶۰۰ درجه-روز رشد نمایان شد. بقیه ارقام نیز وضعیتی مشابه داشتند، و در هیبرید  $V_5$  حدود ۶۶۰ درجه-روز رشد برای  $I_2$  و ۷۴۰ درجه روز رشد برای  $I_3$  تفاوت خود را نشان داد که بیان‌گر مقاومت این رقم می‌باشد. آنچه مشخص است این‌که توسعه سریع برگ‌ها پس از آن‌که گیاه در معرض تنش قرار می‌گیرد، کاهش یافته و در نهایت وقتی سرعت پیری برگ‌ها بیش از سرعت

درجه-روز رشد حاصل گردید. در شکل ۵ هیبرید  $V_5$  ملاحظه می‌شود، اثر محدودیت آبیاری  $I_2$  (حدود ۷۵۰ درجه روز رشد) و  $I_3$  (حدود ۱۱۵۰ درجه-روز رشد) ظاهر شد که این اثر در شرایط  $I_2$  نسبت به دو سطح دیگر شدیدتر بود که این امر ناشی از کمبود آب در مرحله بحرانی رشد و تکامل گیاه ذرت می‌باشد. اما دو سطح دیگر تفاوت نسبتاً کمی داشتند. بنابراین، شرایط  $I_2$  از نظر نیاز آبی گیاه بسیار با اهمیت می‌باشد. زمان حداکثر تجمع ماده خشک در این هیبرید در شرایط  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب ۱۶۷۰ و ۱۵۵۰ و ۱۴۵۰ درجه-روز رشد حاصل گردید. در شکل ۶ هیبرید  $V_6$  ملاحظه می‌شود اثر محدودیت آبیاری  $I_2$  (حدود ۷۵۰ درجه روز رشد) و  $I_3$  (حدود ۱۰۰۰ درجه-روز رشد) ظاهر شد (مرحله کامل گلدهی یعنی ظاهر شدن کاکل‌ها و گرده افشانی کامل، افزایش ماده خشک جمعی سریع بود). به‌طور کلی شکل تجمع ماده خشک در طول فصل رشد، سیگموییدی است، بدین صورت که در ابتدای رشد، سرعت تجمع ماده خشک، کم و تدریجی است و با گذشت زمان و افزایش شاخ و برگ، میزان فتوسنتز افزایش پیدا کرده و شیب تجمع ماده خشک، شدت بیشتری پیدا می‌کند به طوری که در نقطه‌ای از منحنی به حداکثر خود می‌رسد و بعد از آن به دلیل افزایش سن و پیری برگ‌ها از مقدار ماده خشک کاسته شده و در نهایت متوقف می‌شود. زمان حداکثر تجمع ماده خشک در این هیبرید در شرایط  $I_1$ ،  $I_2$  و  $I_3$  به ترتیب ۱۶۷۰ و ۱۵۵۰ و ۱۴۵۰ درجه-روز رشد حاصل گردید. به نظر می‌رسد که در تیمارهای تحت تنش رطوبتی به دلیل کاهش سطح فعال برگ و کاهش سرعت فتوسنتز، راندمان انتقال مواد به دانه و تجمع ماده خشک کاهش یافت که این موضوع با یافته‌های سایر پژوهش‌گران که نشان دادند که اعمال تنش خشکی در مراحل گلدهی موجب

UJComment [ ]: با ذکر اعداد تغییرات بین هیبریدها در یک درجه روز رشد بیان شود.

به استحضار می‌رساند که هیبرید های مورد آزمایش از نظر زمانی و دوره رشد با هم در یادداشت برداری ها با تفاوت داشتن، به گونه ای که بعضی از هیبرید ها زودرس، بعضی متویط رس و بعضی دیر رس بودند، که یادداشت و گراف ها این تفاوت را نشان . به اطلاع داور محترم می‌رساند که اعمال تنش در همه هیبریدها انجام نگرفته بعنوان مثال هیبرید های

زودتر اعمال گردیده است.

UJComment [ ]: نتایج برای همه هیبریدها بطور یکسان ذکر شده با اندکی تفاوت، اگر هیبرید ها در یک سطح آبیاری و در یک درجه روز با هم مقایسه شوند، بهتر نتیجه گیری می‌شود

با سلام خدمت داور محترم به استحضار می‌رساند که هیبرید های مورد آزمایش از نظر زمانی و دوره رشد با هم در یادداشت برداری ها با تفاوت داشتن، به گونه ای که بعضی از هیبرید ها زودرس، بعضی متویط رس و بعضی دیر رس بودند، که یادداشت و گراف ها این تفاوت را نشان دادند. به اطلاع داور محترم می‌رساند که اعمال تنش در همه هیبریدها انجام نگرفته بعنوان مثال هیبرید های ۵۰۰ و ۵۸۲ مراحل رشد زودتر اتفاق افتاده و تنش خشکی زودتر اعمال گردیده است.

شدیدی بر افت سرعت رشد محصول دارا بود، به نظر می‌رسد علت آن ریزش برگ‌های پایینی و کاهش سطح برگ و لوله شدن برگ به منظور جلوگیری از اتلاف آب در شرایط تنش خشکی باشد. کاهش سرعت رشد محصول بر اثر تنش خشکی در گیاهان عدس (Nyari Khamsi *et al.*, 2006) و ذرت نیز (Terrance *et al.*, 2004) گزارش شده‌است.

#### سرعت رشد نسبی

با توجه به شکل‌های (۱۹، ۲۰، ۲۱، ۲۲، ۲۳ و ۲۴) روند سرعت رشد نسبی محصول در ابتدا برای کلیه هیبریدها حداکثر بوده و با گذشت زمان با یک ضریب ثابت کاهش یافت، که در نهایت منفی شد. علت این رفتار در این صفت این است که سرعت رشد نسبی بیان‌کننده سرعت افزایش وزن خشک گیاه نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی معین است در نتیجه در هر مرحله از رشد مقدار محصول افزوده شده و به کل محصول تجمع یافته کمتر می‌شود. این موضوع در مورد سایر گیاهان زراعی مخصوصاً عدس (Nyari Khamsi *et al.*, 2006)، گندم (Akbari Moghadam *et al.*, 2002)، نیز مشاهده شده‌است. سرعت رشد نسبی برای هیبریدهای  $V_4$ ،  $V_5$ ،  $V_6$  در ابتدا ۷۱۸ بود، در حالی که در سایر هیبریدها ۷۱۲ می‌باشد. در مجموع سطوح محدودیت آبی در ارقام تفاوت فاحشی نمایان نکرد، زیرا میانگین داده‌ها بر حسب نسبت بوده و کاهش افزایش ماده خشک در مخرج کسر نیز منعکس می‌شود. تفاوت مهمی که وجود دارد این است که برای هیبریدهای  $V_1$ ،  $V_2$ ،  $V_3$  و  $V_5$  در حدود ۱۱۰۰ تا ۱۲۰۰ درجه-روز رشد این مقدار به صفر رسید، اما در سایر هیبریدها از ۱۱۸۰ تا ۱۳۰۰ درجه-روز رشد این مقدار اتفاق افتاد و بعد از آن منفی شد.

توسعه برگ‌ها باشد، سطح برگ و به تبع آن تولید مواد فتوسنتزی کاهش می‌یابد.

کریم‌زاده اصل و همکاران (Karimzadeh-asl *et al.*, 2004) در آزمایش‌های خود کاهش شاخص سطح برگ را به دلیل ریزش برگ اعلام کردند. در آزمایش‌های دیگر محققان کاهش شاخص سطح برگ در شرایط تنش در مرحله بین ظهور گل تا رسیدگی فیزیولوژیک نشان داده شد (Feres *et al.*, 1986).

#### سرعت رشد محصول

الگوی رفتار این ویژگی در طی مراحل رشد در شکل‌های (۱۳، ۱۴، ۱۵، ۱۶، ۱۷ و ۱۸) نشان داده شده‌است. ذرت در مراحل آغاز رشد (۴-۲ برگی) سرعت رشد محصول بسیار کند بود، که برای کلیه هیبریدها تا حدود ۱۸۰ درجه-روز رشد بعد از کاشت اتفاق افتاده، ناشی از سطح برگ بسیار کم جهت استفاده از شرایط و عوامل محیط می‌باشد، سپس یک روند صعودی دارد، علت آن این است که تعداد برگ‌های گیاه روز به روز افزایش یافته و سطح فتوسنتز کننده افزایش می‌یابد و زمانی که سطح برگ ذرت به حداکثر می‌رسد، برای مدتی سرعت رشد گیاه ثابت باقی می‌ماند و به دنبال آن در اواخر دوره رشد به علت کاهش سطح برگ (پیر شدن گیاه و ریزش برگ‌های پایینی) این پارامتر دوباره کاهش پیدا می‌یابد. نتایج این آزمایش نشان داد در سطح محدودیت آبیاری  $I_1$ ، برای هیبریدهای  $V_1$  (۱۵۳۰)،  $V_2$  (۱۵۳۰)،  $V_3$  (۱۵۵۰)،  $V_4$  (۱۵۶۰)،  $V_5$  (۱۵۵۰)،  $V_6$  (۱۶۰۰) و در سطح  $I_2$  برای هیبریدهای  $V_1$  (۱۴۸۰)،  $V_2$  (۱۵۰۰)،  $V_3$  (۱۴۸۰)،  $V_4$  (۱۵۰۰)،  $V_5$  (۱۵۰۰) و همچنین در سطح  $I_3$  برای هیبریدهای  $V_1$  (۱۵۰۰)،  $V_2$  (۱۵۰۰)،  $V_3$  (۱۵۰۰)،  $V_4$  (۱۳۵۰)،  $V_5$  (۱۴۸۰)،  $V_6$  (۱۴۰۰) درجه-روز رشد بعد از کاشت به صفر رسیده‌است. در مجموع کمبود آب به ویژه در شرایط تنش آبی  $I_2$  تأثیر

Comment [U]: این ارایه نتایج اختلاف بین هیبریدها را بیان نمی‌کند فقط نتایج ذرت سطوح آبیاری را نشان می‌دهد که تقریباً قابل پیش بینی است. به استحضار می‌رساند، تفاوت بین هیبریدها در تجزیه واریانس عملکرد دانه که در جدول

## سرعت جذب خالص

روند تغییرات سرعت جذب خالص تخمینی از میزان مواد فتوسنتزی ساخته شده و راندمان فتوسنتزی برگ‌ها می‌باشد. منحنی‌های سرعت جذب خالص برای کلیه هیبریدها و سطوح محدودیت آبی روندی تقریباً مشابه داشتند. در ابتدا همگی حداکثر مقدار را داشته و بتدریج روند حرکت آن کاهش و منفی بود (شکل‌های ۲۵، ۲۶، ۲۷، ۲۸، ۲۹ و ۳۰). از روند منحنی‌ها چنین بر می‌آید که سطح محدودیت آبی  $I_2$  در کلیه هیبریدها سرعت جذب خالص را بیشتر از بقیه کاهش داده است و حداکثر تفاوت در مرحله میل به حداکثر شاخص سطح برگ قابل ملاحظه است، این تفاوت برای سطح آبیاری  $I_3$  کمتر از  $I_2$  بود. نتایج این تحقیق با نتایج به‌دست آمده در گیاه عدس (Naderi *et al.*, 1999) و گیاه ذرت (Majidian *et al.*, 2002) که نشان داده شد که تنش خشکی موجب کاهش جذب خالص می‌گردد همخوانی دارد. وایس و همکاران (Wise *et al.*, 1990) نیز در آزمایش خود بیان داشتند که اثر کمبود آب موجب کاهش جذب خالص می‌گردد، آنها دلیل این امر را کاهش هدایت روزه‌ای به دلیل بسته شدن روزه‌ها بیان کردند. در مجموع هیبریدهای  $V_1$  در (۱۰۵۰-۱۳۰۰)،  $V_2$  در (۱۲۵۰-۱۳۵۰)،  $V_3$  در (۱۴۰۰-۱۴۵۰)،  $V_4$  در (۱۱۲۰-۱۳۵۰)،  $V_5$  در (۱۳۵۰-۱۴۰۰) و  $V_6$  در (۱۱۱۰-۱۵۰۰) درجه-روز رشد به صفر رسیدند.

## ارتباط ویژگی‌های فیزیولوژیک با عملکرد

### دانه

با توجه به این که از عوامل مؤثر بر رشد و تولید گیاهی میزان جذب نور توسط برگ‌ها تبدیل آنها به مواد فتوسنتزی است، افزایش میزان سطح برگ در مزرعه باعث افزایش میزان جذب نور خواهد شد که در نهایت منجر به افزایش عملکرد می‌گردد. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که یکی از دلایل افزایش عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل، افزایش شاخص سطح برگ می‌باشد. همچنین، روند افزایش سرعت رشد محصول با افزایش آبیاری نشان‌دهنده تأثیر آنها در افزایش عملکرد دانه است. در پژوهش حاضر، اعمال تنش خشکی شاخص‌های رشد را کاهش داد که این کاهش موجب ایجاد افت در عملکرد دانه گردید.

### نتیجه‌گیری کلی

در مجموع از نتایج حاصل می‌توان چنین استنباط نمود که ایجاد تنش و قطع آب قبل از ظهور گل‌های تاجی، اثر منفی و مخرب بر شاخص‌های رشد خواهد داشت که در نتیجه موجب کاهش معنی‌دار عملکرد دانه می‌گردد. عملکرد دانه در تیمار قطع آب بعد از گرده‌افشانی کامل و تشکیل رویان دچار افت چندانی نگردید، بنابراین، با توجه به کاهش میزان بارندگی و محدود بودن منابع آبی به نظر می‌رسد قطع آب بعد از این مرحله دارای اثر منفی کمتری بر عملکرد دانه می‌تواند داشته باشد.

جدول ۱- تغییرات درجه حرارت هوا و میزان بارندگی در طول فصل رشد

Table 1- Variation of temperature and amount of precipitation during growth season

ماه ها Months	میانگین ماهیانه کمینه دمای Monthly mean of minimum temperature (°C)	میانگین ماهیانه بیشینه دمای Monthly mean of maximum temperature (°C)	میانگین ماهیانه دما Monthly mean of temperature (°C)	میانگین ماهیانه بارندگی Monthly mean of precipitation (mm)
April	11	22	16.5	13.19
may	15.8	28.52	22.16	33
June	21.74	37.23	29.49	0
July	21.23	36.16	28.7	0
August	25.71	40.29	33	0

جدول ۲- ویژگی های خاک شناسی منطقه پژوهش

Table 2- Physical and chemical properties of soil

بافت خاک Soil texture	اسیدیته خاک pH	درصد کربن آلی خاک %	P	K	Fe	Mn	Zn	Cu
Sandy loam	7.1	0.62	9.4	140	2.2	1.8	1.26	0.64

جدول ۳- تجزیه واریانس شاخص های رشد گیاه ذرت در مرحله گرده افشانی و عملکرد دانه

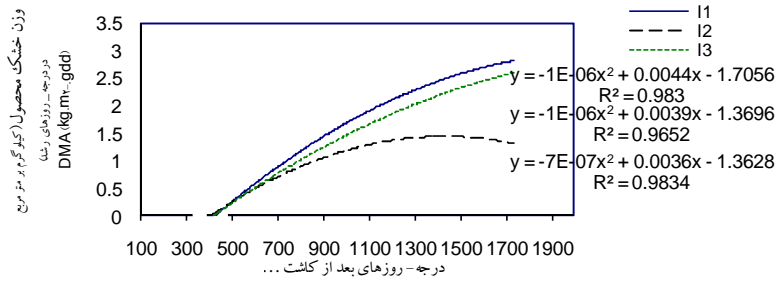
Table 3- Analysis of variance for maize plant at flowering stage and grain yield

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی d.f	میانگین مربعات						عملکرد دانه Grain yield
		سرعت جذب خالص NAR	سرعت رشد نسبی RGR	سرعت رشد محصول CGR	شاخص سطح برگ LAI	تجمع ماده خشک TDM		
تکرار	Replication	2	0.565	0.005	7.65	0.033	96203.3	0.836
تنش آبی	Drought stress	2	4.9*	0.0068**	189.23**	5.73*	18300.49**	313.695**
خطای کرت اصلی	Main error	4	1.4	0.00054	1.2	0.19	51.1	0.713
هیبرید	Hybrid	5	1.09*	0.0043**	6.3*	2.81**	7369.8**	4.792**
اثر متقابل رقم × تنش آبی	Drought stress × Hybrid	10	0.32ns	0.00063ns	1.28ns	0.21ns	1281.1ns	1.740ns
خطای کرت فرعی	Sub error	30	0.36	0.00059	1.5	0.26	991.6	0.59
ضریب تغییرات (درصد)	C.V (%)		8.71	4.91	5.1	6.8	7.1	10.7

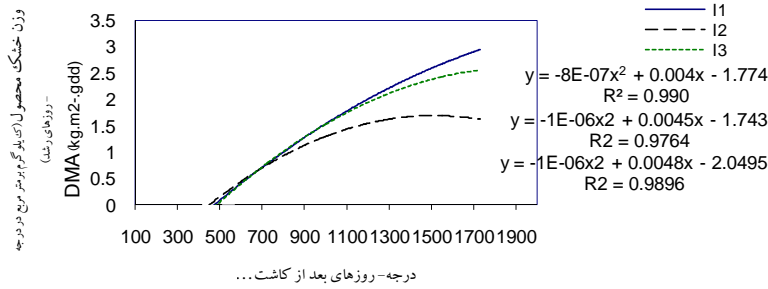
\* و \*\* به ترتیب معنی دار در سطح احتمال پنج و یک درصد و ns: غیر معنی دار

\* and \*\*: significant at the 5% and 1% levels, respectively, ns: non-significant

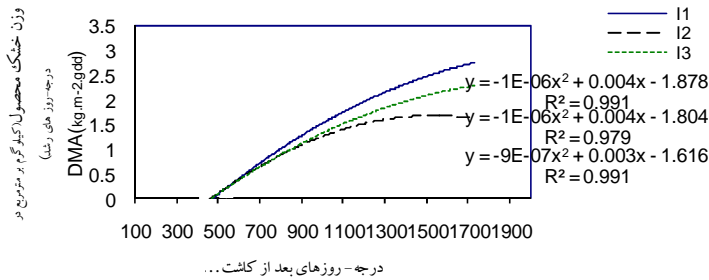




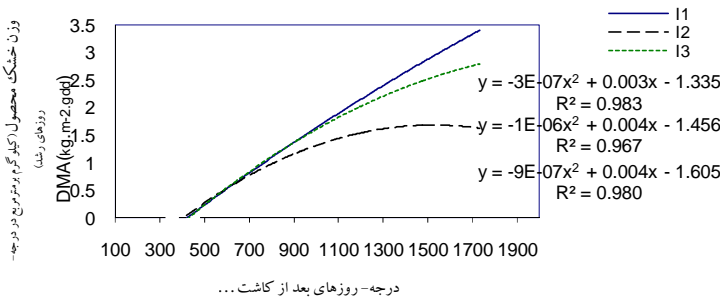
شکل ۱- تغییرات وزن ماده خشک در سطوح مختلف کمبود آب برای هیبرید V<sub>1</sub> ذرت  
**Figure 1-** Variation of DM under water deficit levels for V<sub>1</sub> hybrid



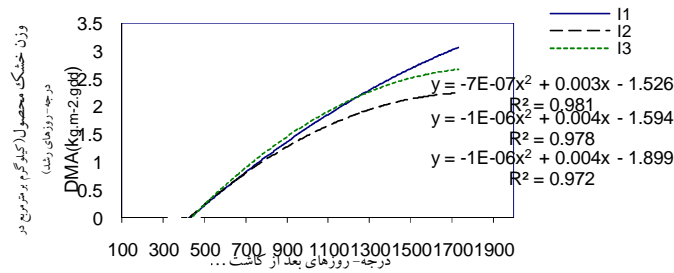
شکل ۲- تغییرات وزن ماده خشک در سطوح مختلف کمبود آب برای هیبرید V<sub>2</sub> ذرت  
**Figure 2-** Variation of DM under water deficit levels for V<sub>2</sub> hybrid



شکل ۳- تغییرات وزن خشک محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>3</sub> ذرت  
**Figure 3-** Variation of DM under water deficit levels for V<sub>3</sub> hybrid

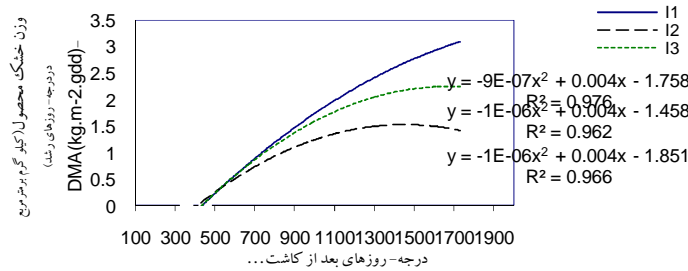


شکل ۴- تغییرات وزن خشک محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>4</sub> ذرت  
**Figure 4-** Variation of DM under water deficit for levels V<sub>4</sub> hybrid



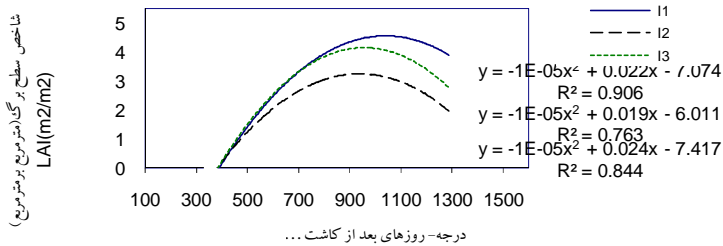
شکل ۵- تغییرات وزن خشک محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>5</sub> ذرت

Figure 5- Variation of DM under water deficit levels for V<sub>5</sub> hybrid



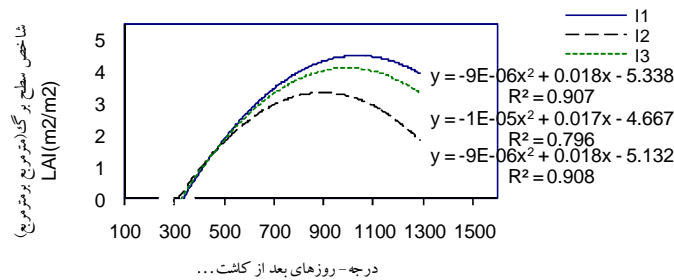
شکل ۶- تغییرات وزن خشک محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>6</sub> ذرت

Figure 6- Variation of DM under water deficit levels for V<sub>6</sub> hybrid



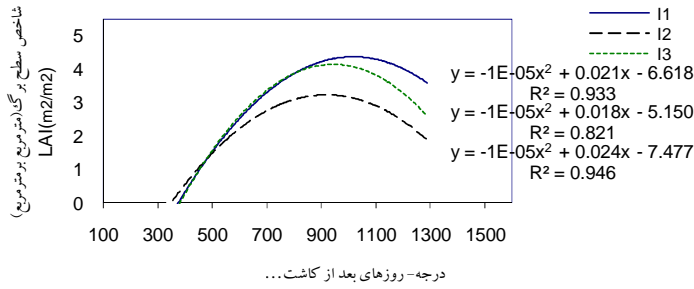
شکل ۷- تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>1</sub> ذرت

Figure 7- Variation of leaf area index under water deficit levels for V<sub>1</sub> hybrid



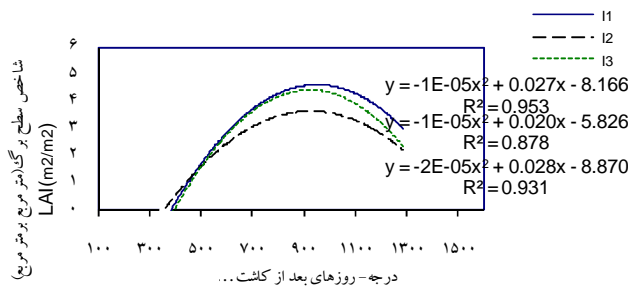
شکل ۸- تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>2</sub> ذرت

Figure 8- Variation of leaf area index under water deficit levels for V<sub>2</sub> hybrid



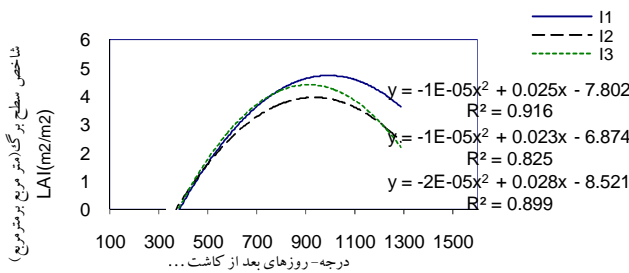
شکل ۹- تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>3</sub> ذرت

Figure 9- Variation of leaf area index under water deficit levels for V<sub>3</sub> hybrid



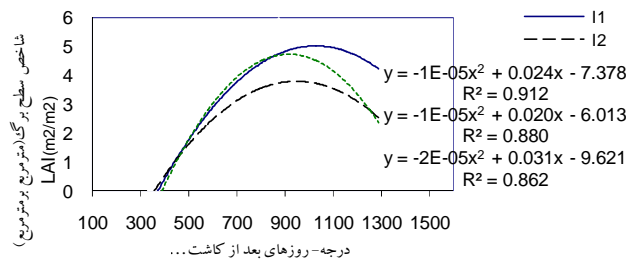
شکل ۱۰- تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>4</sub> ذرت

Figure 10- Variation of leaf area index under water deficit levels for V<sub>4</sub> hybrid



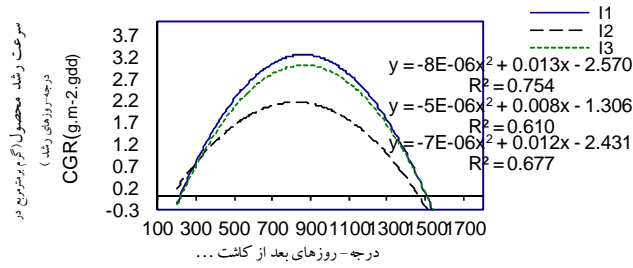
شکل ۱۱- تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>5</sub> ذرت

Figure 11- Variation of leaf area index under water deficit levels for V<sub>5</sub> hybrid

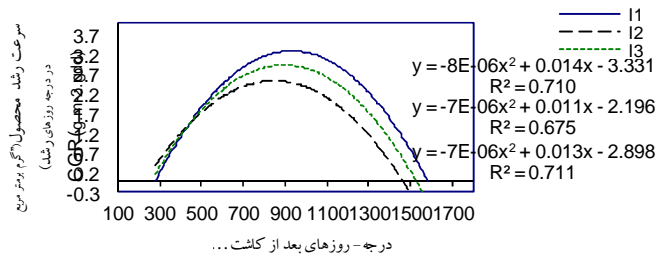


شکل ۱۲- تغییرات شاخص سطح برگ در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>6</sub> ذرت

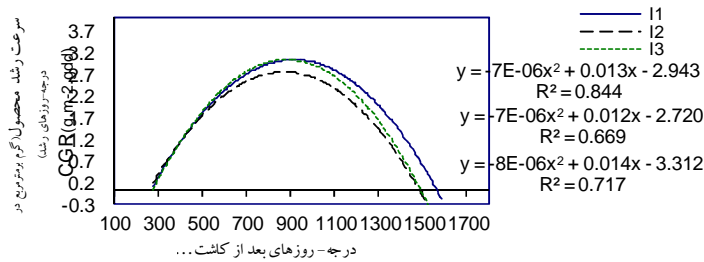
Figure 12- Variation of leaf area index under water levels deficit for V<sub>6</sub> hybrid



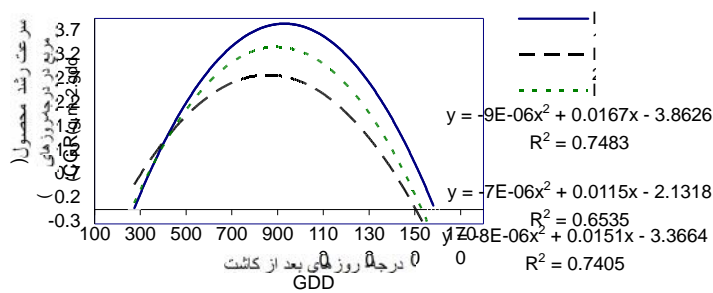
شکل ۱۳- تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>1</sub> ذرت  
**Figure 13-** Variation of crop growth rate under water levels deficit for V<sub>1</sub> hybrid



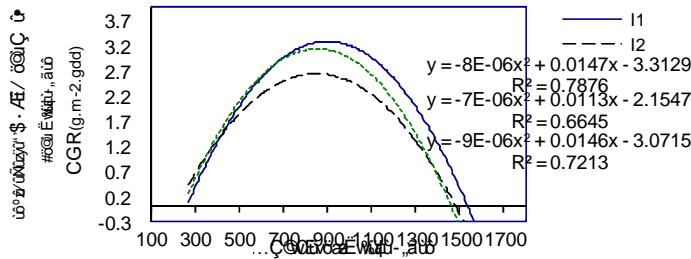
شکل ۱۴- تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>2</sub> ذرت  
**Figure 14-** Variation of crop growth rate under water deficit levels for V<sub>2</sub> hybrid



شکل ۱۵- تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>3</sub> ذرت  
**Figure 15-** Variation of crop growth rate under water deficit levels for V<sub>3</sub> hybrid

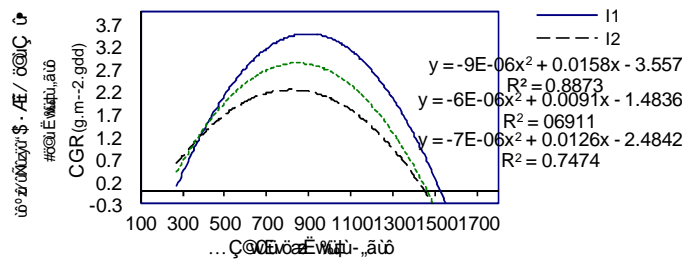


شکل ۱۶- تغییرات سرعت رشد محصول در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>4</sub> ذرت  
**Figure 16-** Variation of crop growth rate under water deficit levels for V<sub>4</sub> hybrid



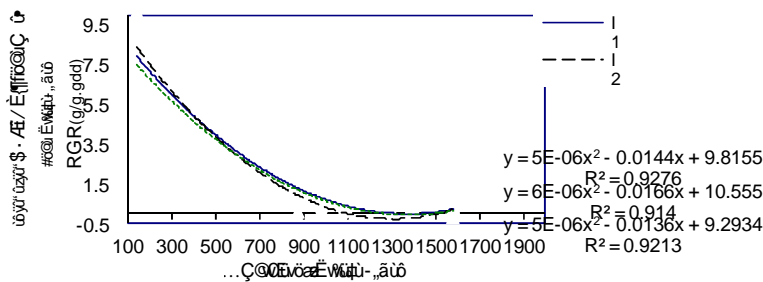
شکل ۱۷- تغییرات سرعت رشد محصول درسطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>5</sub> ذرت

Figure 17- Variation of crop growth rate under water deficit levels for V<sub>5</sub> hybrid



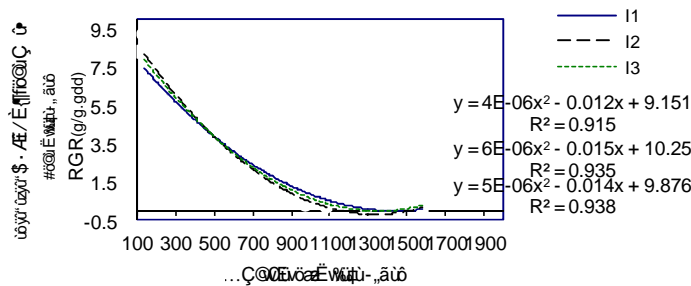
شکل ۱۸- تغییرات سرعت رشد محصول درسطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>6</sub> ذرت

Figure 18- Variation of crop growth rate under water deficit levels for V<sub>6</sub> hybrid



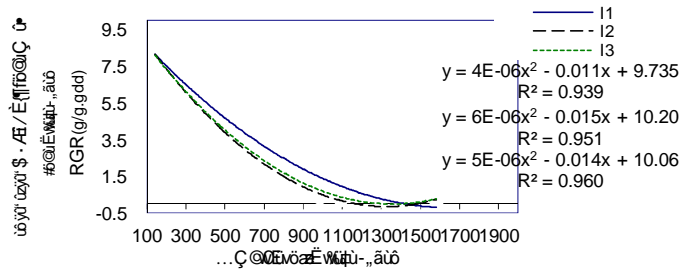
شکل ۱۹- تغییرات سرعت رشد نسبی محصول درسطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>1</sub> ذرت

Figure 19- Variation of relative growth rate under water deficit levels for V<sub>1</sub> hybrid



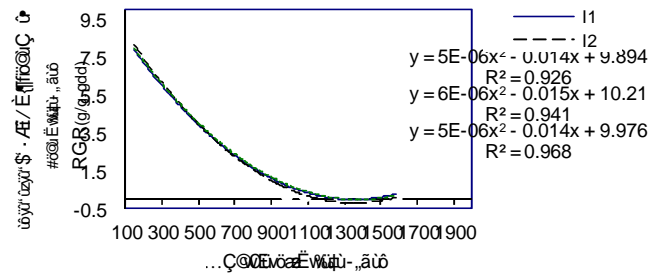
شکل ۲۰- تغییرات سرعت رشد نسبی محصول درسطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>2</sub> ذرت

Figure 20- Variation of relative growth rate under water deficit levels for V<sub>2</sub> hybrid



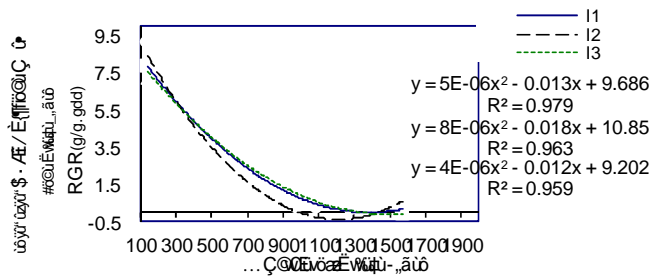
شکل ۲۱- تغییرات سرعت رشد نسبی محصول در سطوح آبیاری هیبرید V<sub>۳</sub> ذرت

Figure 21- Variation of relative growth rate leaf area index under water deficit for V<sub>3</sub> hybrid



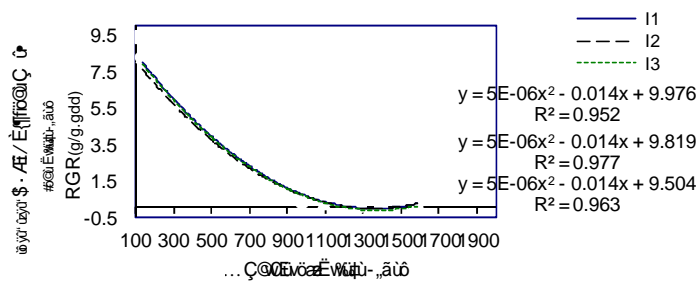
شکل ۲۲- تغییرات سرعت رشد نسبی محصول در سطوح آبیاری هیبرید V<sub>۴</sub> ذرت

Figure 22- Variation of relative growth rate under water deficit levels for V<sub>4</sub> hybrid



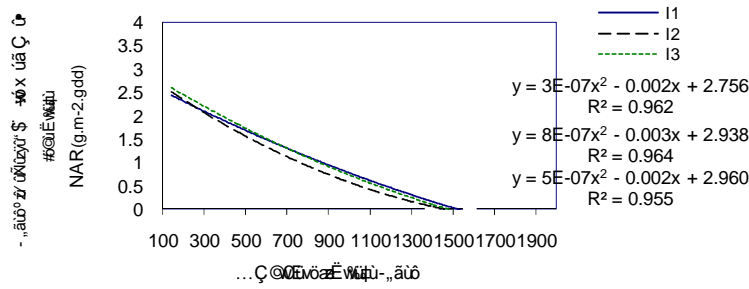
شکل ۲۳- تغییرات سرعت رشد نسبی محصول در سطوح آبیاری هیبرید V<sub>۵</sub> ذرت

Figure 23- Variation of relative growth rate under water deficit levels for V<sub>5</sub> hybrid

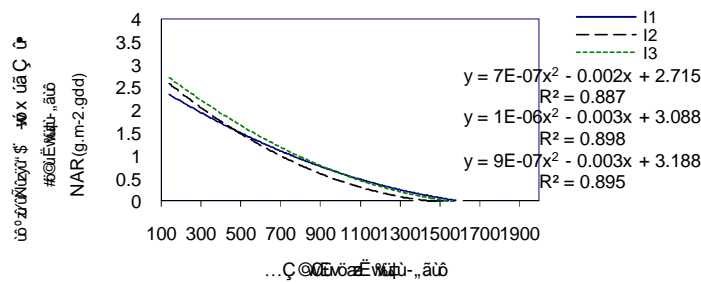


شکل ۲۴- تغییرات سرعت رشد نسبی محصول در سطوح آبیاری هیبرید V<sub>۶</sub> ذرت

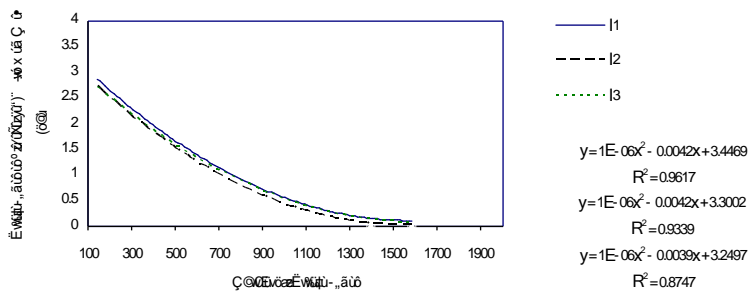
Figure 24- Variation of relative growth rate under water deficit levels for V<sub>6</sub> hybrid



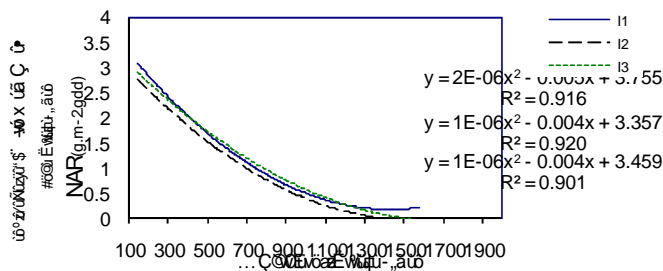
شکل ۲۵- تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>1</sub> ذرت  
**Figure 25-** Variation of net accumulation rate under water deficit levels for V<sub>1</sub> hybrid



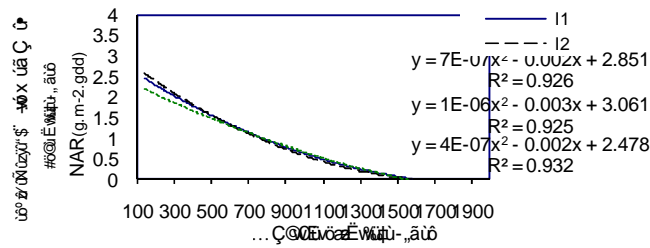
شکل ۲۶- تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>2</sub> ذرت  
**Figure 26-** Variation of net accumulation rate under water deficit levels for V<sub>2</sub> hybrid



شکل ۲۷- تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>3</sub> ذرت  
**Figure 27-** Variation of net accumulation rate leaf area index under water deficit levels for V<sub>3</sub> hybrid

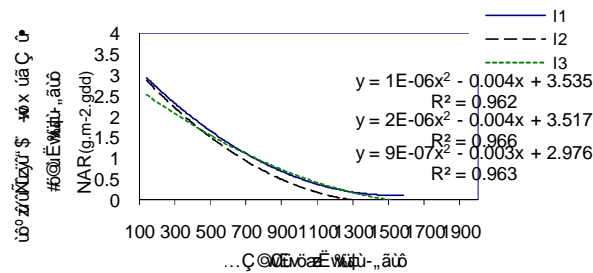


شکل ۲۸- تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>4</sub> ذرت  
**Figure 28-** Variation of net accumulation rate under water deficit levels for V<sub>4</sub> hybrid



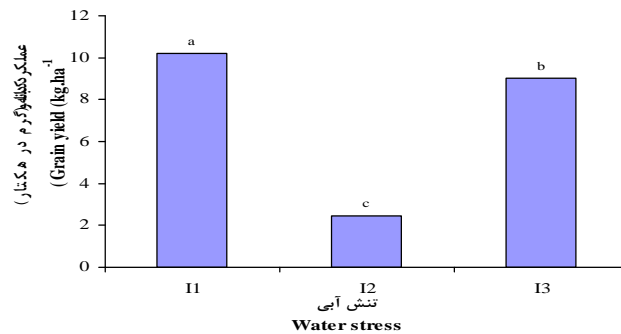
شکل ۲۹- تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>5</sub> ذرت

Figure 29- Variation of net accumulation rate under water deficit levels for V<sub>5</sub> hybrid



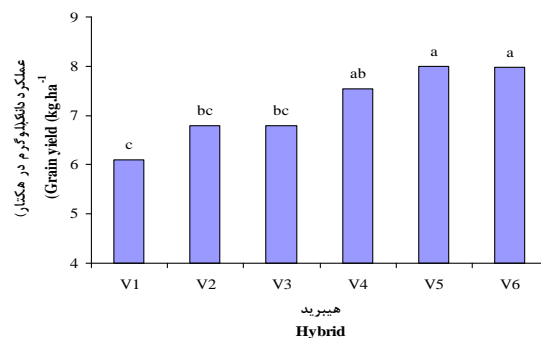
شکل ۳۰- تغییرات سرعت جذب خالص در سطوح مختلف آبیاری هیبرید V<sub>6</sub> ذرت

Figure 30- Variation of net accumulation rate under water deficit levels for V<sub>6</sub> hybrid



شکل ۳۱- اثر تنش آبی بر عملکرد دانه

Figure 31- Effect of water stress on grain yield



شکل ۳۲- اثر هیبرید بر عملکرد دانه

Figure 32- Effect of hybrid on grain yield



## References

## منابع مورد استفاده

- Anonymous. 2006. [http://www.weather.ir/farsi/current/index](http://www.weather.ir/farsi/current/index.asp). asp.
- Akbari Moghadam, H., G.H. Ehtesam, S.H. Kohkan, H. Rostami, and G.H. Kikha. 2002. Effect of moisture stress at different growth stage on yield of wheat cultivar. 7<sup>th</sup> Iranian Crop sciences congress. Pp 549. (In Persian).
- Amiri Deh Ahmadi1, S.R., M. Parsa, A. Nezami, and A. Ganjeali. 2011. The effects of drought stress at different phenological stages on growth indices of chickpea (*Cicer arietinum* L.) in greenhouse conditions. *Iranian Journal of Pulses Research*. 1 (2): 69-84. (In Persian).
- Fereres, E., C. Gimenez, and J.M. Fernandez. 1986. Genetic variability in sunflower cultivars under drought I. Yield relationships. *Australian Journal of Agricultural Science*. 37: 573-582.
- Karimzadeh-asl, Kh., D. Mazaheri, and S.A. Peyghambari. 2004. Effect of four irrigation intervals on seed yield and physiological indices of three sunflower cultivars. *Biaban*. 9(2): 255-266. (In Persian).
- Karam, F., R. Lahoud, R. Masaad, R. Kabalan, J. Breidi, C. Chalita, and Y. Roupheal. 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. *Agricultural Water Management*. 90: 213-223.
- Majidian, M., H. Ghadiri, and A. Kamkar Haghigi. 2002. Effect of moisture stress and nitrogen at different growth stage on yield and yield components and water use efficiency in grain maize. 7th Iranian crop science. Pp 601. (In Persian).
- Naderi, A., A. Majidi Harvan, A. Hashemi Dezpouli, A. Rezaei, and Gh. Normohamadi. 1999. Analysis of assessed indices efficiency to environmental stresses. *Seed and Plant*. 15: 390-402. (In Persian).
- Nouri azhar, J., and P. Ehsanzadeh. 2007. Study of relationship of some growth indices and yield of five corn hybrids at two irrigation regime in Esfahan region. *J. Sci. and Tech*. 41: 261-272. (In Persian).
- Nyari Khamsi, N., F. Rahimzadeh Khoiyi, M. Nishabouri, A. Javanshir, and M. Moghadam Vahed. 2006. Effect of different levels of moisture on growth indices, yield and its component of Lentil cultivar. *J. Agric. Sci. Nature. Resour*. 13: 22-31. (In Persian).
- Recep akir, C. 2004. Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*. 89: 1-16.
- Sayer, W. 1994. Tillage effects on dry land wheat and sorghum production in the southern great plains. *Agron. J*. 86: 310-317
- Sharma, D.K. 1992. Physiological analysis of yield variation in mustard varieties under water stress and non water stress conditions. *Annals of Agricultural Research*. 13(2): 174-176.
- Soleymanifard, A., S.S. Pourdad, R. Naseri, and A. Mirzaei. 2011. Effect of planting pattern on phonological characteristics and growth indices of safflower (*Carthamus tinctorius*

- L.) in rainfed conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*. 13(2): 282-298. (In Persian).
- Soriano, M.A., F. Orgaz, F.J. Villalobos, and E. Federes. 2004. Efficiency of water use of early plantings of sunflower. *European Journal of Agronomy*. 21: 465-476.
  - Terrance, D., M.L. Loecke, A.C. Cynthia, and T.L. Richard. 2004. Corn growth responses to composted and fresh solid swine manures. *Crop Science*. 44: 177-184.
  - Yazdani, F., I. Allahdadi, G.A. Akbari, and M.R. Behbahani. 2007. Impact of super absorbent polymer on yield and growth analysis of soybean (*Glycine max* L.), under drought stress condition. *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 10(23): 4190-4196.
  - Wise, R.R., J.R. Fredrik, D.M. Alm, D.M. Kramer, J.D. Hesketh, A.R. Corfth, and D.R. Ort. 1990. Investigation of the limitation of photosynthesis induced by leaf water deficit in field grown sunflower. *Uir. of III inois Plant cell Environ*. 923-931.