



## تأثیر کم آبیاری بر عملکرد و اجزای آن در هیبریدهای ذرت دانه‌ای (*Zea mays* L.)

امیرمحمد حسین نیا<sup>۱</sup>، احمد نظامی<sup>۲</sup>، محمد کافی<sup>۳</sup>، سعید خاوری خراسانی<sup>۴</sup>، جواد رضایی<sup>۴</sup>

۱. دانشجوی دکتری، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲. استاد، فیزیولوژی گیاهان زراعی، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه فردوسی مشهد.

۳. استادیار، بخش تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و

ترویج کشاورزی، مشهد، ایران.

۴. استادیار، بخش تحقیقات چغندر قند، مرکز تحقیقات و آموزش کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج

کشاورزی، مشهد، ایران.

تاریخ دریافت: ۹۶/۰۲/۰۹؛ تاریخ پذیرش: ۹۶/۰۶/۲۵

### چکیده

با توجه به کمبود آب و مصرف زیاد آب در هیبریدهای دیررس ذرت، بررسی رشد، عملکرد و مصرف آب در هیبریدهای این گیاه ضروری است. از این رو به منظور بررسی اثرات کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار، طی دو سال زراعی ۴-۱۳۹۳ اجرا شد. کرت‌های اصلی به سطوح آبیاری (۱۰۰، ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی) و کرت‌های فرعی به هیبریدهای ذرت (شامل دو هیبرید دیررس (KSC705, KSC704)، دو هیبرید متوسط-رس (KSC500, KSC400) و دو هیبرید زودرس (DC370, KSC260)] تخصیص داده شدند. نتایج نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد همه هیبریدها در مواجهه با شرایط کم آبی، به طور معنی‌داری کاهش یافت، به طوری که در سال اول در هیبرید KSC705 (دیررس) و هیبرید KSC400 (متوسط‌رس)، کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی، کاهش حدود ۲۰ درصدی عملکرد را به دنبال داشت. در صورتی که در هیبرید زودرس کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی کاهش چندانی در عملکرد ایجاد نکرد. در سال دوم کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی در هیبرید KSC705 (دیررس)، KSC400 (متوسط‌رس) و DC370 (زودرس) به ترتیب منجر به کاهش ۲۴، ۲۸ و ۲۴ درصدی عملکرد شد. برتری عملکرد در هیبریدهای دیررس متأثر از برتری صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن ۳۰۰ دانه، شاخص برداشت و عملکرد زیست توده بود، با وجود این با اعمال کم آبیاری شدید، این برتری در بین هیبریدها معنی‌دار نبود. لذا به نظر می‌رسد که بتوان هیبریدهای دیررس را برای مناطق بدون محدودیت آب و هیبریدهای متوسط‌رس را برای شرایط با محدودیت آب استفاده کرد.

واژه‌های کلیدی: ۳۰۰ دانه، گروه‌های رسیدگی، نیاز آبی.

### مقدمه

جو در بهار، ذرت علوفه‌ای کشت می‌شود. در استان خراسان معمولاً کشت ذرت پس از قطع آب غلات زمستانه (گندم و جو)، کلزا، چغندر قند و در سال‌های اخیر در مناطق جنوبی استان پس از کشت‌های تونلی خربزه انجام می‌شود (Khavari Khorasani and Ghazian Tafrihi, 2013). این گیاه با توان تولید ماده خشک بالا، برای کشت دوم به-خصوص در مناطقی که فصل رشد آن‌ها به علت سرماهای

ذرت (*Zea mays* L.) از جمله مهم‌ترین گیاهان زراعی است که به عنوان یک منبع غذایی مهم برای انسان و دام مورد استفاده قرار می‌گیرد. این گیاه جزو عمده‌ترین محصولات مناطق معتدله، معتدله گرم، نیمه‌گرمسیر و مرطوب به شمار می‌رود (Noormohammadi et al., 1997). در ایران کاشت ذرت در بهار و سپس گندم یا جو در پاییز بسیار مرسوم است. در مناطق سردسیر پس از برداشت

و فقدان یا کاهش گرده‌های زنده برای تلقیح گل‌های ماده نسبت داده شد (Ahmadi et al., 2000). در یک بررسی مشخص شد که وزن ۱۰۰ دانه در هیبرید KSC500 (متوسط‌رس) نسبت به هیبرید KSC704 (دیررس) ۲۰ درصد کمتر بوده است (Khoshvaghti et al., 2014). مطالعه هیبریدهای دیررس ذرت دانه‌ای تحت تأثیر رژیم آبیاری نشان داد که اکثر صفات مورد بررسی نسبت به شرایط عدم تنش کاهش یافتند و بیشترین اثر تنش (از دو هفته قبل از گلدهی به مدت ۲۱ روز) بر عملکرد دانه به میزان ۳۱ درصد گزارش شد که ناشی از کاهش تعداد دانه در ردیف به دلیل عدم هم‌زمانی گرده‌افشانی و کاکل‌دهی و کاهش طول بلال بوده است (Ahmadi et al., 2000).

در آزمایشی دیگر، تنش شدید کم‌آبی منجر به کاهش عملکرد و زیست‌توده در هیبرید KSC704 (دیررس) به ترتیب به میزان ۴۳ و ۲۰ درصد شد. درحالی‌که این کاهش در هیبرید KSC500 (متوسط‌رس) و در شرایط مشابه به ترتیب ۵۶ و ۱۲ درصد بود (Sadeghi et al., 2007). ارقام دیررس با افزایش تعداد و دوام سطح برگ و جذب تشعشع بیشتر، حداکثر ماده خشک را تولید می‌کنند (Farnham, 2001). در طی یک تحقیق نشان داده شد که زیست‌توده با افزایش شدت تنش خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. به‌طوری‌که میانگین زیست‌توده در شرایط تنش خشکی ملایم و شدید نسبت به شرایط مطلوب به ترتیب ۱۴ و ۳۱ درصد کاهش داشت (Mojadam and Modhej, 2012). این تحقیق به‌منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد هیبریدهای ذرت دانه‌ای با دوره رسیدگی متفاوت انجام شد.

#### مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال‌های ۴-۱۳۹۳ در مرکز تحقیقات کشاورزی و منابع طبیعی خراسان رضوی واقع در ایستگاه طرق در مشهد، با عرض جغرافیایی ۳۶ درجه و ۱۶ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۹ درجه ۳۷ دقیقه شرقی و ارتفاع ۱۰۰۷ متر از سطح دریا انجام شد. آزمایش به‌صورت کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا گردید. سطوح آبیاری (۱۰۰، ۸۰، ۶۰ درصد نیاز آبی) در کرت‌های اصلی و هیبریدهای ذرت [شامل دو هیبرید دیررس (KSC705، KSC704)، دو هیبرید متوسط‌رس (KSC500، KSC400) و دو هیبرید زودرس (DC370،

زودرس کوتاه‌تر است، مناسب است. همچنین با توجه به این‌که عامل عمده محدودکننده کشت در استان خراسان آب است، بنابراین امکان کشت ذرت پس از آیش در بسیاری مناطق وجود دارد.

آب‌وهوای متنوع و مناسب در ایران، شرایط مناسبی را برای کشت انواع هیبریدهای ذرت با دوره‌های رسیدگی متنوع فراهم کرده است، از این‌رو سطح زیرکشت گیاه ذرت با توجه به تنوع بیشتر، سازگاری وسیع‌تر، عملکرد بالاتر و دوره رشد کوتاه‌تر آن نسبت به سایر غلات، پیوسته رو به افزایش است. دوره رسیدگی یکی از خصوصیات ضروری قبل از انتخاب هیبریدهای ذرت جهت کاشت است (Oluwaranti et al., 2015). با انطباق هیبرید مناسب با شرایط موجود منطقه می‌توان انتظار رشد، تلقیح، تولید بلال و محصول مناسب را داشت. هیبریدهای ذرت حساسیت زیادی به تغییرات درجه حرارت نشان می‌دهند، همچنین بین زودرسی و تولید محصول همبستگی منفی وجود دارد. از این جهت در مناطقی با فصل رشد کوتاه، هرچند کشت هیبریدهای زودرس امکان‌پذیر است، ولی با کشت این هیبریدها نمی‌توان انتظار محصول زیادی داشت (Noormohammadi et al., 1997). در ایران بیشتر زمین‌های زراعی در مناطق خشک و نیمه-خشک که منابع آبی محدودی دارند، واقع شده‌اند (Ghazian Tafrishi et al., 2013a). علاوه بر این برداشت‌های بی‌رویه از منابع آبی در سال‌های اخیر و در کنار آن خشک‌سالی‌های پی‌درپی منجر به بروز بحران آب در اغلب مناطق کشور شده و لذا اتخاذ یک برنامه مدیریتی برای کاهش اثرات کمبود آب ضروری است. در این راستا کم‌آبیاری به‌عنوان یک راه‌کار مؤثر مورد توجه محققان قرار دارد. با وجود این، کم‌آبیاری از طریق ایجاد خشکی، ممکن است رشد و نمو گیاهان را تحت تأثیر قرار دهد (Oneto et al., 2016). در آزمایشی تنش خشکی در مرحله رشد رویشی باعث کاهش ارتفاع به میزان ۱۰ درصد نسبت به شاهد شد. همچنین هیبرید KSC704 (دیررس) نسبت به هیبرید زولا (متوسط‌رس) ارتفاع بیشتری داشت (Rabani and Emam, 2012). در آزمایش دیگری، کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش ۲۶ درصدی ردیف در بلال شد (Jalilian et al., 2014). همچنین نتایج یک مطالعه نشان داد که اثر تنش خشکی (از دو هفته قبل از گلدهی به مدت ۲۱ روز) منجر به کاهش ۲۸ درصدی تعداد دانه در ردیف در هیبریدهای دیررس شد و علت آن به ظهور کاکل‌ها پس از گرده‌افشانی در این شرایط

میزان تبخیر و تعرق گیاه ذرت با استفاده از معادله (۳) محاسبه شد:

$$ET_c = ET_o \times K_c \quad [۳]$$

در معادله (۳)  $K_c$  ضریب گیاهی است که بر اساس مراحل رشد مشخص و در محاسبه میزان تبخیر و تعرق گیاه ذرت مورداستفاده قرار گرفت (Allen et al., 1998). با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی و انتقال آب تا ابتدای کلیه خطوط کشت به‌وسیله لوله، میزان راندمان آبیاری ( $E_i$ ) نیز ۹۰ درصد در نظر شد (Alizadeh, 2007).

به‌منظور تعیین ارتفاع بوته در مرحله رسیدگی، ۱۰ بوته به‌طور تصادفی انتخاب و میانگین ارتفاع آن‌ها ثبت شد. جهت تعیین اجزای عملکرد و ویژگی‌های رشدی بلال، ۱۰ بلال به‌طور تصادفی انتخاب‌شده و وزن ۳۰۰ دانه، تعداد ردیف در بلال، تعداد دانه در ردیف و طول بلال، اندازه‌گیری شدند. برای تعیین وزن ۳۰۰ دانه، سه نمونه ۱۰۰ تایی به‌صورت تصادفی از دانه‌های جداشده از بلال‌ها انتخاب و وزن آن‌ها (بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد) تعیین شد. به‌منظور تعیین زیست‌توده و عملکرد، با حذف اثرات حاشیه‌ای، بوته‌ها از دو ردیف وسط و از سطحی معادل شش مترمربع برداشت شدند. در مرحله بعد بوته‌ها در داخل آون تهویه‌دار به مدت ۷۲ ساعت در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد خشک‌شده و سپس وزن زیست‌توده و دانه‌ها (بر مبنای رطوبت ۱۴ درصد) ثبت شد. جهت تعیین شاخص برداشت از معادله (۴) استفاده شد.

$$HI = (\text{وزن خشک بخش هوایی} / \text{وزن خشک دانه}) \quad [۴]$$

تغییرات بیشینه و کمینه دما با استفاده از داده‌های هواشناسی ثبت گردید (شکل ۱).

به‌منظور بررسی یکنواختی واریانس خطاهای آزمایشی ابتدا آزمون بارتلت انجام شد (Shirany Rad and Khany, 2000). سپس برای صفاتی که تفاوت واریانس خطاهای دو سال در آن‌ها معنی‌دار نبود، تجزیه مرکب و برای سایر صفات، تجزیه واریانس و مقایسات میانگین به‌صورت سالیانه انجام شد. محاسبات آماری با استفاده از نرم‌افزار SAS ver 9.1 انجام و جهت مقایسه میانگین‌ها از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح آماری پنج درصد استفاده شد.

[KSC260] در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. ابعاد کرت‌ها ۱۰×۳ متر و عرض پشته‌ها معادل ۷۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. هیبریدها بر اساس تراکم مطلوب برای هر گروه رسیدگی کشت شدند، به‌این‌ترتیب که تراکم برای هیبریدهای زودرس ۸/۵ بوته در مترمربع و برای هیبریدهای متوسط‌رس و دیررس ۷/۵ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد (Khavari, Khorasani and Ghazian Tafrihi, 2013).

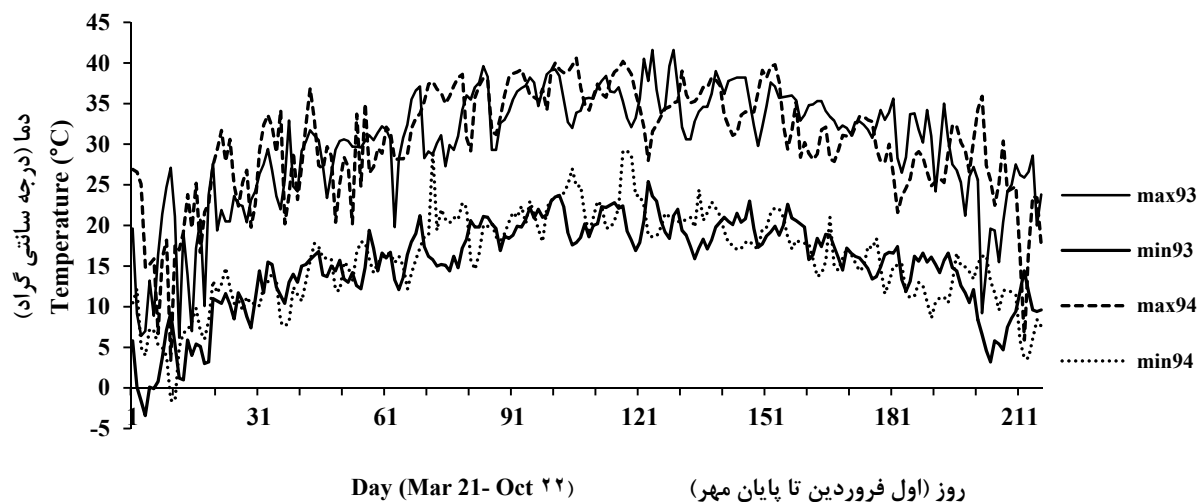
کوددهی بر اساس نتایج آزمون خاک انجام شد. مبارزه با علف‌های هرز در مراحل اولیه و با حذف دستی انجام و تا زمان بسته شدن تاج پوشش گیاهی ادامه داشت. تا زمان استقرار کامل گیاهان (مرحله چهار برگ) آبیاری بر اساس ۱۰۰ درصد نیاز آبی انجام شد و پس‌از آن آبیاری بر اساس تیمارهای آزمایشی اعمال گردید. به‌منظور جلوگیری از نشت آب بین بلوک‌ها و کرت‌های اصلی، بین بلوک‌ها سه متر و بین کرت‌های اصلی ۱/۵ متر فاصله در نظر گرفته شد. میزان آب آبیاری محاسبه‌شده، به‌وسیله کنتور با دقت یک‌دهم لیتر اندازه‌گیری و با کنترل شیرهای ورودی برای هر تیمار آبیاری جداگانه اعمال شد و زمان انجام آبیاری‌ها بر اساس عرف منطقه بود. برای تعیین میزان آب آبیاری هر تیمار، نیاز آبی گیاه در فاصله هر دو آبیاری مطابق معادله (۱) تعیین شد. با توجه به پایین بودن سطح آب ایستایی در منطقه آزمایش، مقدار صعود کاپیلاری و با توجه به بسته بودن کرت‌های آزمایشی، مقدار رواناب صفر در نظر گرفته شد و درنهایت نیاز آبی گیاه بر اساس معادله (۲) محاسبه گردید.

$$WR = (ET_c + Ro - Pe - CR) / (E_i / 100) \quad [۱]$$

در این معادله  $WR$ : نیاز آبی گیاه (میلی‌متر)،  $ET_c$ : تبخیر و تعرق گیاه زراعی (میلی‌متر)،  $Ro$ : رواناب (میلی‌متر)،  $Pe$ : بارندگی مؤثر (میلی‌متر)،  $CR$ : صعود کاپیلاری (میلی‌متر) و  $E_i$ : راندمان آبیاری (درصد) می‌باشند.

$$WR = (ET_c - Pe) / (E_i / 100) \quad [۲]$$

میزان تبخیر و تعرق گیاه مرجع ( $ET_o$ ) بر پایه مدل پنمن مونتیث فائو (بر اساس داده‌های روزانه هواشناسی مربوط به فاصله زمانی تاریخ آبیاری قبلی تا تاریخ آبیاری موردنظر) و



شکل ۱. تغییرات بیشینه و کمینه دما از فروردین تا پایان مهر سال ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

Fig 1. The maximum and minimum temperatures from Mar. to Oct. in 2014 and 2015

جدول ۱. آزمون بارتلت و تجزیه واریانس مرکب اثرات کم آبیاری بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

Table 1. Bartlet test and combined analysis of variance for effects of deficit irrigation on yield and yield components of corn (*Zea mays* L.) in 2014 and 2015.

S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی df	دانه در ردیف Kernels per row	وزن ۳۰۰ دانه 300 kernel weight	عملکرد Yield	زیست توده Biological yield
Bartlet test	آزمون بارتلت		ns	ns	ns	ns
Year	سال	1	124 <sup>ns</sup>	79.2 <sup>ns</sup>	36520 <sup>ns</sup>	180811 <sup>ns</sup>
Rep×Year	تکرار × سال	4	20.0 <sup>**</sup>	898 <sup>**</sup>	81513 <sup>**</sup>	588611 <sup>**</sup>
Irrigation	آبیاری	2	93.8 <sup>ns</sup>	1222 <sup>ns</sup>	153136 <sup>ns</sup>	60380 <sup>ns</sup>
Year×Irrigation	سال × آبیاری	2	29.5 <sup>**</sup>	450 <sup>**</sup>	22920 <sup>*</sup>	8214 <sup>ns</sup>
Main plot error	خطای کرت اصلی	8	2.12	11.5	3956	3584
Hybrid	هیبرید	5	98.1 <sup>**</sup>	1591 <sup>**</sup>	67272 <sup>**</sup>	278218 <sup>**</sup>
Hybrid×Year	سال × هیبرید	5	0.84 <sup>ns</sup>	10.1 <sup>ns</sup>	2418 <sup>ns</sup>	5435 <sup>ns</sup>
Hybrid×Irrigation	آبیاری × هیبرید	10	1.32 <sup>ns</sup>	29.9 <sup>ns</sup>	6245 <sup>ns</sup>	4672 <sup>ns</sup>
Hybrid×Irrigation×Year	سال × آبیاری × هیبرید	10	1.14 <sup>ns</sup>	24.9 <sup>ns</sup>	3722 <sup>*</sup>	9926 <sup>*</sup>
Error	خطا	60	2.21	24	1816	4268
CV%	ضریب تغییرات (%)		3.95	7.43	6.8	5.1

<sup>ns</sup> و \* و \*\* به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

<sup>ns</sup>, \* and \*\*: Non- significant and significant at the 5 and 1% levels of probability respectively.

## نتایج و بحث

## ارتفاع بوته

اثر متقابل آبیاری و هیبرید در سال ۱۳۹۴ بر ارتفاع بوته در ذرت معنی‌دار بود و کاهش ۴۰ درصدی نیاز آبی (از ۱۰۰ به ۶۰ درصد) سبب کاهش ۲۴ درصدی در ارتفاع هیبرید KSC705 (دیپرس) شد، در صورتی که این کاهش در هیبرید KSC370 (زودرس) حدود ۲۶ درصد بود (جدول ۲). در شرایط کم‌آبی توسعه سلولی کاهش می‌یابد و این امر منجر به کاهش رشد و در نتیجه کاهش ارتفاع بوته‌ها می‌گردد (Valadabadi, 1999).

جدول ۲. اثرات متقابل آبیاری و هیبرید بر ارتفاع بوته ذرت طی سال ۱۳۹۴.

Table 2. Interaction effects of irrigation and hybrids on plant height of corn (*Zea mays* L.) in 2015.

نیاز آبی (%) Water requirement (%)	هیبرید Hybrid	ارتفاع بوته Plant height (cm)
100	KSC704	206 <sup>a</sup>
	KSC705	204 <sup>a</sup>
	KSC400	192 <sup>b</sup>
	KSC500	190 <sup>bc</sup>
	DC370	189 <sup>bc</sup>
	KSC260	186 <sup>cd</sup>
	80	KSC704
KSC705		183 <sup>d</sup>
KSC400		172 <sup>e</sup>
KSC500		171 <sup>e</sup>
DC370		152 <sup>fg</sup>
KSC260		155 <sup>f</sup>
60		KSC704
	KSC705	155 <sup>fg</sup>
	KSC400	149 <sup>gh</sup>
	KSC500	146 <sup>h</sup>
	DC370	139 <sup>i</sup>
	KSC260	137 <sup>i</sup>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه-ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

نتایج یک آزمایش نشان داد که در اثر کاهش ۵۰ درصدی نیاز آبی (از ۱۰۰ به ۵۰ درصد)، اثر متقابل آبیاری و هیبرید معنی‌دار شد به طوری که کاهشی معادل ۱۹ درصد در ارتفاع بوته هیبرید KSC370 (زودرس) نسبت به هیبرید KSC524 (متوسطرس) مشاهده شد (Sheikhi et al., )

2013). به نظر می‌رسد با توجه به کاهش فشار تورژسانس سلول‌های در حال رشد ساقه در شرایط کم‌آبی و همچنین کاهش مواد فتوسنتزی می‌توان کاهش ارتفاع بوته را به اثر کم‌آبی نسبت داد. هیبریدهای دیپرس ذرت، غالباً ارتفاع بیشتری نسبت به هیبریدهای زودرس دارند که این امر می‌تواند سبب تولید وزن خشک بیشتر در ساقه این هیبریدها شود (Turget et al., 2005) و از آنجایی که ارتفاع ذرت نقش مهمی در مجموع ماده خشک تولیدی و در نتیجه میزان تحمل تنش از طریق تولید مقدار متعادل ماده خشک دارد (Bannaian Aval, 1992)، می‌توان انتظار داشت که افزایش ارتفاع، بهبود زیست‌توده را به دنبال داشته باشد.

## ردیف در بلال

در سال ۱۳۹۳ کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش ۱۱ درصدی تعداد ردیف در بلال شد، در صورتی که در سال ۱۳۹۴ با کاهش آبیاری از ۸۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی، اختلاف معنی‌داری در تعداد ردیف در بلال مشاهده نشد، ولی کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ درصد نیاز آبی، باعث کاهش ۱۰ درصدی و از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی، باعث کاهش ۱۷ درصدی در تعداد ردیف در بلال گردید (جدول ۳). از نظر تعداد ردیف در بلال در سال ۱۳۹۳، در بین هیبریدهای KSC400 (متوسطرس) و DC370 (زودرس)، اختلاف معنی‌داری وجود نداشت؛ اما تعداد ردیف در بلال در هیبرید KSC704 (دیپرس) نسبت به هیبرید KSC400 (متوسطرس) و DC370 (زودرس) به ترتیب ۱۵ و ۱۸ درصد بیشتر بود. در سال ۱۳۹۴، هیبرید KSC400 (متوسطرس) نسبت به KSC704 (دیپرس) به میزان نه درصد کاهش در تعداد ردیف در بلال نشان داد. این مقدار در مورد هیبرید KSC260 (زودرس) نسبت به KSC704 (دیپرس) هم به میزان ۱۵ درصد بود (جدول ۴). در شرایط مطلوب آبیاری، صفت ردیف در بلال دارای بالاترین همبستگی مثبت و معنی‌دار با عملکرد دانه بود (جدول ۹). در آزمایشی مشاهده شد که ردیف در بلال در هیبرید متوسطرس زولا نسبت به هیبرید دیپرس KSC704 حدود ۱۳ درصد کمتر بود (Rabhani and Emam, 2012). در بررسی دیگری نیز مشخص شد کاهش ۵۰ درصدی نیاز آبی منجر به کاهش پنج‌درصدی ردیف در بلال شد (Sheikhi et al., 2013). نتایج یک مطالعه نشان داد که هیبرید KSC704 (دیپرس)

### دانه در ردیف

اثر هیبرید و برهمکنش سال و آبیاری بر تعداد دانه در ردیف ذرت معنی‌دار بود (جدول ۱). در سال اول دانه در ردیف ذرت تحت تأثیر کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی قرار نگرفت، اما در سال دوم، با کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی، دانه در ردیف تقریباً ۱۳ درصد کاهش یافت (جدول ۵). در هیبریدهای متوسط‌ترس و زودرس ذرت تعداد دانه در ردیف به ترتیب حدود ۷ و ۱۳ درصد کمتر از هیبریدهای دیررس بود (جدول ۶). در آزمایشی دیگر بیشترین و کمترین تعداد دانه در ردیف را به ترتیب هیبرید BC666 (دیررس) و هیبرید زولا (متوسط‌ترس) داشتند، به طوری که تعداد دانه در ردیف در هیبرید اول ۲۱ درصد بیشتر از هیبرید دوم بود (Rabani and Emam, 2012). در آزمایش بر روی اثر آبیاری بر هیبریدهای دیررس ذرت، مشاهده شد که به دلیل کمبود آب، کاکل‌ها پس از گرده‌افشانی ظهور یافته و با توجه به تلقیح نشدن تخمک‌ها، دانه در هر ردیف کاهش یافت (Ahmadi et al., 2000).

### وزن ۳۰۰ دانه

اثر آبیاری، برهمکنش سال و آبیاری و اثر هیبرید بر وزن ۳۰۰ دانه معنی‌دار بود (جدول ۱). در سال اول، کاهش آبیاری، تأثیری بر وزن ۳۰۰ دانه نداشت، در صورتی که در سال دوم کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش ۲۵ درصدی وزن ۳۰۰ دانه گردید (جدول ۵). وزن ۳۰۰ دانه در هیبرید دیررس KSC704 نیز نسبت به دو هیبرید متوسط‌ترس KSC500 و زودرس KSC260، به ترتیب ۱۹ و ۲۸ درصد بیشتر بود (جدول ۶).

در شرایط مطلوب آبیاری، وزن ۳۰۰ دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری با عملکرد دانه نشان داد (جدول ۹). در آزمایش احمدی و همکاران، وزن ۵۰۰ دانه در هیبریدهای KSC704 و KSC708 ۱۶ درصد بیشتر از هیبرید KSC647 بود (Ahmadi et al., 2000). همچنین در بررسی وزن هزار دانه در مجموع دو سال آزمایش ۱۳۸۷-۱۳۸۶ مشخص شد که هیبریدهای دیررس KSC700 و KSC647 و متوسط‌ترس KSC500 در یک گروه آماری قرار گرفتند ولی هیبرید دیررس KSC704 نسبت به سه هیبرید مذکور افزایش ۱۲ درصدی را در وزن هزار دانه نشان داد (Afsharmanesh, 2012).

برتری شش درصدی نسبت به هیبرید KSC500 (متوسط-رس) داشته است (Afsharmanesh, 2012). همبستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد با تعداد ردیف در بلال طی آزمایش دیگری نشان داده شد (Ashofteh Birgi et al., 2011). به نظر می‌رسد شرایط کم‌آبی با تأثیر بر تولید و انتقال مواد پرورده اختصاص یافته به مقصد، می‌تواند شاخص سطح برگ، دوام سطح برگ و همچنین سرعت و مقدار فتوسنتز را تحت تأثیر قرار داده و باعث تغییرات در تعداد ردیف در بلال گردد.

جدول ۳. مقایسات میانگین اثر آبیاری بر تعداد ردیف بلال ذرت طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

Table 3. Means comparison for irrigation effect on rows per ear of corn (*Zea mays* L.) in 2014 and 2015.

نیاز آبی (%) Water requirement (%)	تعداد ردیف بلال Rows per ear	
	2014	2015
100	15.7 <sup>a</sup>	14.8 <sup>a</sup>
80	14.9 <sup>b</sup>	13.3 <sup>b</sup>
60	14.0 <sup>c</sup>	12.3 <sup>b</sup>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۴. مقایسه هیبریدها از نظر تعداد ردیف بلال ذرت طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

Table 4. Comparison of hybrids for rows per ear of corn (*Zea mays* L.) in 2014 and 2015.

هیبرید Hybrid	تعداد ردیف بلال Rows per ear	
	2014	2015
KSC704	16.9 <sup>a</sup>	14.9 <sup>a</sup>
KSC705	15.9 <sup>b</sup>	14.0 <sup>ab</sup>
KSC400	14.3 <sup>c</sup>	13.5 <sup>bc</sup>
KSC500	14.0 <sup>c</sup>	13.2 <sup>bc</sup>
DC370	13.9 <sup>c</sup>	12.7 <sup>c</sup>
KSC260	14.1 <sup>c</sup>	12.6 <sup>c</sup>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

جدول ۵. برهمکنش اثرات سال و آبیاری بر تعداد دانه در ردیف و وزن ۳۰۰ دانه ذرت طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.

Table 5. Interaction effects of year and irrigation on kernels per row and 300- kernel weight of corn in 2014 and 2015.

سال	نیاز آبی (%)	تعداد دانه در ردیف	وزن ۳۰۰ دانه (گرم)
Year	Water requirement (%)	Kernels per row	300- kernel weight (gr)
سال اول First Year	100	39.6 <sup>a</sup>	68.9 <sup>ab</sup>
	80	38.3 <sup>a</sup>	67.0 <sup>ab</sup>
	60	38.2 <sup>a</sup>	64.4 <sup>b</sup>
سال دوم Second Year	100	39 <sup>a</sup>	73.6 <sup>a</sup>
	80	38.7 <sup>b</sup>	66.6 <sup>ab</sup>
	60	34.1 <sup>c</sup>	55.0 <sup>c</sup>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

### عملکرد دانه

اثر برهمکنش سال و آبیاری، هیبرید، همچنین سال و آبیاری و هیبرید بر عملکرد ذرت معنی‌دار بود (جدول ۱). بر این اساس، در بررسی برهمکنش سال در آبیاری در هیبرید بر عملکرد ذرت مشاهده شد که در سال اول در هیبرید KSC705 (دیررس) و هیبرید KSC400 (متوسط‌رس) کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی، کاهش حدود ۲۰ درصدی عملکرد را به دنبال داشت، در صورتی که در هیبرید زودرس کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی کاهش چندانی در عملکرد ایجاد نکرد. در سال دوم کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی در هیبرید KSC705 (دیررس)، KSC400 (متوسط‌رس) و DC370 (زودرس) به ترتیب منجر به کاهش ۲۴، ۲۸ و ۲۴ درصدی عملکرد شد (جدول ۸). در بررسی اثر تنش خشکی بر ژنوتیپ‌های ذرت مشخص شد که تنش خشکی باعث کاهش ۷/۸ درصدی عملکرد هیبرید زودرس (KSC108) نسبت به هیبرید دیررس (KSC704) شد (Eivazi et al., 2011). در آزمایشی دیگر مشاهده شد که کمبود آب باعث کاهش عملکرد ذرت شده است. به طوری که کاهش تعداد دانه در هر بلال، کاهش طول بلال و کاهش وزن هزار دانه منجر به کاهش نهایی در عملکرد دانه شده است (Ahmadi et al., 2000). از سوی دیگر، در شرایط تنش خشکی انتهای فصل ممکن است ژنوتیپ‌های زودرس از تبعات سوء تنش خشکی فرار کنند (Kaman et al., 2011). در آزمایشی دیگر به علت تفاوت آب و هوایی سال‌ها، اثر سال برای هر یک از فاکتورهای مورد بررسی معنی‌دار شد. به خصوص بارش تگرگ

جدول ۶. مقایسات میانگین هیبریدها از نظر وزن ۳۰۰ دانه و دانه در ردیف در ذرت.

Table 6. Mean comparisons of hybrids for 300- kernel weight and kernels per row of corn (*Zea mays* L).

هیبرید	دانه در ردیف	وزن ۳۰۰ دانه (گرم)
Hybrid	Kernels per row	300- kernel weight (gr)
KSC704	40.5 <sup>a</sup>	78.2 <sup>a</sup>
KSC705	40.1 <sup>a</sup>	76.5 <sup>a</sup>
KSC400	37.8 <sup>b</sup>	64.1 <sup>b</sup>
KSC500	37.1 <sup>b</sup>	63.2 <sup>b</sup>
DC370	35.6 <sup>c</sup>	57.9 <sup>c</sup>
KSC260	34.7 <sup>c</sup>	55.7 <sup>c</sup>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

در شرایط خشکی، دانه‌ها کوچک‌تر شده و وزن آن‌ها کاهش می‌یابد. برخی معتقدند خشکی بر تجمع ماده خشک در دانه به طور مستقیم اثرگذار نیست، بلکه کمبود آب از طریق کوتاه کردن دوره رشد مؤثر دانه باعث تجمع کمتر مواد در این اندام می‌شود (Nesmith and Ritchi, 1992; Westgate and Boyer, 1998). به نظر می‌رسد کاهش وزن ۳۰۰ دانه در شرایط کم‌آبیاری را بتوان به تولید دانه‌های چروکیده در مرحله پر شدن دانه نسبت داد.

دوره پر شدن دانه می‌تواند سبب کاهش وزن دانه و در نهایت کاهش عملکرد گردد. البته واکنش هیبریدهای مختلف متفاوت بوده به طوری که در این آزمایش، هیبریدهای دیررس، کاهش وزن دانه و عملکرد کمتری نشان دادند.

در چهارم فروردین‌ماه سال اول اجرای آزمایش منجر به کاهش عملکرد در این سال شد. همچنین عکس‌العمل هیبریدها نیز به شرایط آب و هوایی متفاوت بود (Afsharmanesh, 2007). به نظر می‌رسد کمبود آب در

جدول ۸. مقایسات میانگین برهمکنش سال و آبیاری و هیبرید بر عملکرد و زیست‌توده ذرت طی سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴.  
 Table 8. Mean comparison of interaction effects of year and irrigation and hybrids on yield and biological yield of corn (*Zea mays* L.) in 2014 and 2015.

سال	نیاز آبی (%)	هیبرید	عملکرد (گرم بر مترمربع)	زیست‌توده (گرم بر مترمربع)
Year	Water requirement (%)	Hybrid	Yield (g/m <sup>2</sup> )	Biological yield (g/m <sup>2</sup> )
سال اول First Year	100	KSC704	716 <sup>a-e</sup>	1492 <sup>ab</sup>
		KSC705	808 <sup>a</sup>	1590 <sup>a</sup>
		KSC400	724 <sup>a-e</sup>	1362 <sup>c-h</sup>
		KSC500	658 <sup>d-h</sup>	1299 <sup>e-k</sup>
		DC370	593 <sup>f-k</sup>	1204 <sup>j-p</sup>
		KSC260	640 <sup>e-i</sup>	1289 <sup>f-k</sup>
	80	KSC704	764 <sup>a-d</sup>	1508 <sup>ab</sup>
		KSC705	695 <sup>b-f</sup>	1465 <sup>bc</sup>
		KSC400	628 <sup>e-i</sup>	1277 <sup>g-l</sup>
		KSC500	633 <sup>e-i</sup>	1272 <sup>g-l</sup>
		DC370	587 <sup>f-l</sup>	1223 <sup>j-o</sup>
		KSC260	512 <sup>jkl</sup>	1089 <sup>p</sup>
	60	KSC704	646 <sup>e-h</sup>	1402 <sup>b-f</sup>
		KSC705	640 <sup>e-i</sup>	1446 <sup>bcd</sup>
		KSC400	563 <sup>g-l</sup>	1240 <sup>h-m</sup>
		KSC500	564 <sup>g-l</sup>	1179 <sup>kp</sup>
		DC370	628 <sup>e-i</sup>	1240 <sup>h-m</sup>
		KSC260	617 <sup>e-j</sup>	1194 <sup>k-p</sup>
سال دوم Second Year	100	KSC704	799 <sup>ab</sup>	1417 <sup>b-e</sup>
		KSC705	776 <sup>abc</sup>	1351 <sup>c-i</sup>
		KSC400	657 <sup>d-h</sup>	1232 <sup>i-n</sup>
		KSC500	674 <sup>c-g</sup>	1249 <sup>g-m</sup>
		DC370	644 <sup>e-h</sup>	1208 <sup>j-p</sup>
		KSC260	646 <sup>e-h</sup>	1142 <sup>m-p</sup>
	80	KSC704	701 <sup>a-f</sup>	1459 <sup>bc</sup>
		KSC705	730 <sup>a-e</sup>	1428 <sup>bed</sup>
		KSC400	552 <sup>h-l</sup>	1162 <sup>l-p</sup>
		KSC500	574 <sup>g-l</sup>	1140 <sup>m-p</sup>
		DC370	559 <sup>g-l</sup>	1153 <sup>l-p</sup>
		KSC260	530 <sup>i-l</sup>	1204 <sup>j-p</sup>
	60	KSC704	592 <sup>f-k</sup>	1330 <sup>e-j</sup>
		KSC705	591 <sup>f-k</sup>	1368 <sup>c-g</sup>
		KSC400	476 <sup>l</sup>	1092 <sup>p</sup>
		KSC500	484 <sup>l</sup>	1150 <sup>l-p</sup>
		DC370	487 <sup>kl</sup>	1108 <sup>n-p</sup>
		KSC260	485 <sup>kl</sup>	1103 <sup>op</sup>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.  
 Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.



## زیست‌توده

اثر هیبرید و برهمکنش اثر سال و آبیاری و هیبرید بر زیست-توده معنی‌دار بود (جدول ۱). بررسی زیست‌توده در سال اول نشان داد که در هیبریدهای دیررس، کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ و ۶۰ درصد نیاز آبی منجر به کاهش زیست‌توده به ترتیب به میزان چهار و هشت درصد شد. درحالی‌که در هیبریدهای متوسط‌رس و در شرایط مشابه، این کاهش چهار و نه درصد و در هیبریدهای زودرس این کاهش به ترتیب به میزان هفت و دو درصد بود. در سال دوم، در هیبریدهای دیررس کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۸۰ درصد نیاز آبی باعث افزایش عملکرد زیست‌توده به میزان چهار درصد و کاهش آبیاری از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی باعث سه درصد کاهش زیست‌توده شد. درحالی‌که در هیبریدهای متوسط‌رس و در شرایط مشابه کاهش زیست‌توده به ترتیب به میزان هفت و ده درصد و در هیبریدهای زودرس از ۱۰۰ به ۸۰ درصد نیاز آبی افزایش عملکرد زیست‌توده به میزان ۰/۴ درصد (غیر معنی‌دار) و از ۱۰۰ به ۶۰ درصد نیاز آبی، کاهش زیست‌توده به میزان شش درصد مشاهده شد (جدول ۸).

در یک بررسی مشاهده شد که هیبرید متوسط‌رس (KSC500) نسبت به هیبرید دیررس (KSC704) کاهش معادل ۱۴/۲ درصد را در زیست‌توده نشان داده است. همچنین افزایش دور آبیاری از هفت به ده روز منجر به کاهش ۱۸ درصدی زیست‌توده شد (Tabatabaei and Shakeri, 2015). کاهش زیست‌توده ذرت در مواجهه با خشکی توسط برخی محققان دیگر نیز گزارش شده است (Nabati and Rezvani Moghadam, 2010; Ghazian Tafrihi et al., 2013a). در آزمایشی اعلام شد که هیبریدهای دارای طول دوره‌ی زایشی طولانی‌تر، عملکرد دانه و علوفه بیشتری نیز دارند که دلیل این امر زمان بیشتری است که هیبریدهای دیررس برای توسعه برگ و پر کردن دانه در اختیار دارند (Sherif et al., 2012). از آنجاکه تنش کم‌آبی می‌تواند از طریق کاهش سطح برگ و کاهش تولید کربوهیدرات منجر به کاهش عملکرد علوفه در ذرت گردد، به نظر می‌رسد کمبود رطوبت می‌تواند با تسریع فرآیند پیر شدن برگ‌ها باعث کاهش تولید مواد پرورده و در نتیجه کاهش وزن زیست‌توده در گیاه شود. در این آزمایش، در شرایط کم‌آبیری شدید (۶۰ درصد نیاز آبی)، زیست‌توده با عملکرد دانه همبستگی بالایی نشان داد (جدول ۹).

جدول ۹. ضرایب همبستگی برخی صفات اجزای عملکرد و عملکرد ذرت تحت شرایط مطلوب (۱۰۰٪ نیاز آبی) و کم‌آبی شدید (۶۰٪ نیاز آبی).

Table 9. Correlation coefficients of some traits of yield components and yield of corn (*Zea mays* L.) under normal and severe water deficit conditions.

Traits	صفات	1	2	3	4	5	6	7
1- Plant height	۱- ارتفاع بوته	1	0.69**	0.72**	0.86**	0.72**	0.58*	-0.45 <sup>ns</sup>
2- Rows per ear	۲- ردیف در بلال	0.50*	1	0.73**	0.63**	0.80**	0.80**	-0.16 <sup>ns</sup>
3- Kernels per row	۳- دانه در ردیف	0.43 <sup>ns</sup>	0.84**	1	0.63**	0.84**	0.77**	-0.55*
4- 300 kernel weight	۴- وزن ۳۰۰ دانه	0.56*	0.78**	0.81**	1	0.79**	0.82**	-0.37 <sup>ns</sup>
5- Yield	۵- عملکرد دانه	0.38 <sup>ns</sup>	0.75**	0.51*	0.64**	1	0.88**	0.21 <sup>ns</sup>
6- Biological yield	۶- زیست‌توده	0.78**	0.86**	0.89**	0.83**	0.96**	1	-0.29 <sup>ns</sup>
7- Harvest index	۷- شاخص برداشت	0.22 <sup>ns</sup>	0.29 <sup>ns</sup>	0.34 <sup>ns</sup>	0.32 <sup>ns</sup>	0.67**	0.44 <sup>ns</sup>	1

\* و \*\* به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

صفات زیر قطر اصلی مربوط به ضرایب همبستگی در شرایط مطلوب (۱۰۰٪ نیاز آبی) و بالای قطر اصلی مربوط به ضرایب همبستگی در شرایط کم‌آبی شدید (۶۰٪ نیاز آبی) است.

\*, \*\*: Significant at the 5 and 1 percent levels, respectively

Traits of below diameter is pertinent to correlation coefficients in normal conditions (100% water requirement) and traits above the main diameter is dedicated to the correlation coefficients severe water deficit (60% water requirement).

جدول ۱۰. اثرات هیبرید بر شاخص برداشت ذرت در سال ۱۳۹۴.

Table 10. Effects of hybrids on harvest index of corn (*Zea mays* L.) in 2015.

هیبریدها Hybrids	شاخص برداشت Harvest index
KSC704	50.2 <sup>ab</sup>
KSC705	51.0 <sup>a</sup>
KSC400	48.8 <sup>cd</sup>
KSC500	49.4 <sup>bc</sup>
DC370	48.3 <sup>cd</sup>
KSC260	47.7 <sup>d</sup>

میانگین‌های با حروف مشابه در هر ستون بر اساس آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح ۵٪ اختلاف معنی‌داری ندارند.

Means followed by the same letters in each column are not significantly different at 5% level, according to Duncan's Multiple Range Test.

### نتیجه‌گیری

در شرایط آبیاری مطلوب، هیبریدهای دیررس دارای بیشترین عملکرد دانه بودند. این برتری متأثر از برتری صفاتی مانند ارتفاع بوته، تعداد ردیف بلال، تعداد دانه در ردیف، وزن ۳۰۰ دانه، شاخص برداشت و عملکرد زیست‌توده بود که همبستگی بین عملکرد و صفات مذکور این موضوع را تأیید می‌کند؛ اما با اعمال کم‌آبیاری شدید، این افزایش در بین هیبریدها معنی‌دار نبود. لذا می‌توان هیبریدهای دیررس را برای شرایط بدون محدودیت آب و هیبریدهای متوسط‌رس را برای شرایط با محدودیت آب توصیه نمود.

### شاخص برداشت

اثر هیبرید بر شاخص برداشت در سال ۱۳۹۴ معنی‌دار بود، به طوری که در شاخص برداشت هیبرید دیررس KSC705 نسبت به هیبرید متوسط‌رس KSC500 و هیبرید زودرس KSC260 به ترتیب کاهشی معادل سه و ۶/۵ درصد مشاهده شد (جدول ۱۰). یکی از ملاک‌های مهم در گزینش هیبریدها و تعیین کارایی گیاهان، شاخص برداشت است که نشان‌دهنده میزان تخصیص مواد فتوسنتزی به دانه‌ها در گیاهان با تولید زیست‌توده بالا است (Papari Moghaddam Fard and Bahrani, 2005).

در آزمایشی مشاهده شد که کاهش ۴۰ درصدی نیاز آبی منجر به کاهش شاخص برداشت در هیبرید ذرت شیرین مریت به میزان ۲۵ درصد شد (Ghazian Tafrihi et al., 2013b). افزایش توانایی گیاه در تخصیص و انتقال بیشتر مواد پرورده به محل ذخیره مواد فتوسنتزی موجب افزایش شاخص برداشت می‌گردد (Azizi et al., 2011). به نظر می‌رسد کم‌آبی شدید قبل از ظهور گل تاجی، رشد قسمت‌های رویشی را بیشتر تحت تأثیر منفی قرار داده باشد و علاوه بر کاهش تولید ماده خشک، موجب اختلال در میزان انتقال کربوهیدرات به دانه و نهایتاً کاهش شاخص برداشت گردد.

### منابع

- Afsharmanesh, Gh., 2007. Effects of sowing date on grain yield of corn cultivars in spring early sown in Jiroft. Pajouhesh va Sazandgi. 75, 2-8. [In Persian with English summary].
- Afsharmanesh, Gh., 2012. Effect of planting pattern on grain yield and agronomic traits of corn cultivars in Jiroft, Iran. Pajouhesh va Sazandgi. 102, 124-130. [In Persian with English summary].
- Ahmadi, J., Zeinali, H., Rostsmi M.A., Chogun, R., 2000. Study of drought resistance in commercially late maturing dent corn hybrids. Iranian Journal Agriculture. 31(4), 891-907. [In Persian with English summary].
- Alizadeh, A., 2007. Irrigation System Design. ImamReza International University of Mashhad Publication. 452p. [In Persian].
- Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M., 1998. Crop Evapotranspiration. FAO Irrigation and Drainage Paper No.56. 300p.
- Ashofteh Beiragi, M., Khavari Khorasani, S., Mostafavi, K. Golbashy, M., Alizadeh, A., 2011. Study on grain yield and related traits in new corn (*Zea mays* L.) hybrid varieties using statistical multivariate analysis. Journal of Agronomy and Plant Breeding. 7(1), 97-116. [In Persian with English summary].
- Azizi, A., Mirzavand, K., Daraei Mofrad, A.R., 2011. Effects of plant density on the quantitative yield of different corn (*Zea mays* L.) cultivars under the climatic conditions of Khorram Abad. Journals of Agronomy. 2(4), 15-22. [In Persian with English summary].
- Bannaian Aval, M., 1992. Physiological and morphological aspects of maize yield enhancement. MSc. dissertation, Faculty of

- Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad, Iran. [In Persian with English summary].
- Eivazi, A., Afsharpour Rezaeieh, K., Ranji, H., Mousavi Anzabi, S., Roshdi, M. 2011. Effect of drought stress on some physiological traits of corn (*Zea mays* L.) genotypes. *Crop Production in Environmental Stress*. 3, 1-16. [In Persian].
- Farnham, E. 2001. Row spacing, plant density and hybrid effects on corn grain yield and moisture. *Agronomy Journal*. 93, 1049-1053.
- Ghazian Tafreshi, Sh., Ayenehband, A., Tavakoli, H., Khavari Khorasani, S., Joleini, M. 2013a. Impacts of drought stress and planting methods on sweet corn yield and water use efficiency. *Journal of Plant Physiology and Breeding*. 3(2), 23-31. [In Persian].
- Ghazian Tafreshi, Sh., Ayenehband, A., Tavakoli, H., Khavari Khorasani, S., Joleini, M. 2013b. Effect of limited irrigation on yield and yield component of several sweet corn (*Zea mays* L. var *Saccharata*) varieties. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 11(1), 171-178. [In Persian with English summary].
- Golbashi, M., Ebrahimi, M., Khavari Khorasani, S., Sabur, M.H. 2011. The response of grain corn genotypes to drought and determination of drought tolerance indices. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 9(1), 103-113. [In Persian with English summary].
- Jalilian, A., Ghobadi, R., Shirkhani, A., Farnia, A. 2014. Effects of nitrogen and drought stress on yield components, yield and seed quality of corn (S.C. 704). *Agronomy Journal*. (102)27, 151-160. [In Persian]
- Kaman, H., Kirda, C., and Sesveren, S. 2011. Genotypic differences of maize in grain yield response to deficit irrigation. *Agricultural Water Management*, 98, 801-807.
- Khavari Khorasani, S., Ghazian Tafreshi, Sh., 2013. *Maize: Genetics, Breeding Agronomy and Processing*. Sarva Publication. 198p. [In Persian].
- Khoshvaghti, H., Eskandari -Kordlar, M., Lotfi, R., 2014. Response of maize cultivars to water stress at grain filling phase. *Azarian Journal of Agriculture*. 1(1), 39-42.
- Mojadam, M., Modhej, A., 2012. Effect of nitrogen levels on water use efficiency, grain yield and yield components of corn under optimum and drought stress conditions. *Iranian Journal of Field Crops Research*. 10(3), 546-554. [In Persian with English summary].
- Nabati, J., Rezvani Moghadam, P., 2010. Effect of irrigation intervals on the yield and morphological characteristics of forage millet, sorghum and corn. *Iranian Journal of Field Crop Science*. 41(1), 179-186. [In Persian with English summary].
- Nesmith, D.S., Ritchie, J.T., 1992. Short- and long- term responses of corn to a pre- anthesis soil water deficit. *Agronomy Journal*. 84, 107-113.
- Noormohammadi, Gh., Siadat, A., Kashani, A., 1997. *Agronomy (Cereals)*. Shahid Chamran Ahvaz University of Ahvaz Publication. 446p. [In Persian].
- Oluwaranti, A. Fakorede, M. A. B., Adeboye, F. A., 2015. Maturity groups and phenology of maize in a rainforest location. *International Journal of Agriculture Innovations and Research*. 4(1), 1473-2319.
- Oneto. C.D., Otegui. M.E., Baroli. I., Beznec. A., Faccio. P., Bossio. E., Blumwald. E., Lewi. D., 2016. Water deficit stress tolerance in maize conferred by expression of an isopentenyltransferase (IPT) gene driven by a stress and maturation-induced promoter. *Journal of Biotechnology*. 220, 66-77.
- Papari Moghaddam Fard, A., Bahrani, M.J., 2005. Effect of nitrogen fertilizer rates and plant density on some agronomic characteristic, seed yield, oil and protein percentage in two sesame cultivars. *Iranian Journal of Agricultural Science*. 36(1), 129-135. [In Persian with English Summary].
- Rabbani, J., Emam, Y., 2012. Yield response of maize hybrids to drought stress at different growth stages. *Journal of Crop Production and Processing*. 1(2), 65-78. [In Persian with English summary].
- Sadeghi, L., Madani, H., Rafiee, M., 2007. Effect of different levels of irrigation on yield and yield components of Maize (*Zea mays* L.). *New Findings in Agriculture*, 1(4), 267-278. [In Persian with English summary].
- Sheikhi, M., Sajedi, N., Jiriaie, M., 2013. Effects of water deficit stress on agronomical traits of maize hybrids in Arak climate condition. *Journal of Agronomy and Plant Breeding*. 8(3), 101-110. [In Persian with English summary].

- Sherif, L.M., Eshmawiy, K.H., Ghareeb, N.A., Mohhamed, K.A., 2012. An Analytical economic of the corn crop at the World level. *Australian Journal of Basic and Applied Sciences*. 6(30), 734-740.
- Shirany Rad, A. H., Khany, M., 2000. *Statistical Designs in Agricultural Research*. Tehran Dibagaran Artistic and Cultural Institute Publication. 380 p. [In Persian].
- Tabatabaei, S.A., E. Shakeri., 2015. Short Communication: Effect of drought stress on maize hybrids yield and determination of the best hybrid using drought tolerance indices (Short Communication). *Environmental Stresses in Crop Sciences*. 8(1), 121-125.
- Turget, L., Duncan, A., Bilgili, U., Acikgoz. E. 2005. Alternate row spacing and plant density effects on forage and dry matter yield of corn hybrids. *Agronomy Journal*. 20, 146-151.
- Valadabadi, A., 1999. Ecophysiological effects of drought stress on the mays, sorghum and millet. Ph.D thesis. Islamic Azad University of Sciences and Research of Tehran. [In Persian with English summary].
- Westgate, M.E., Boyer, J.S., 1998. Reproduction at low silk and pollen water potentials in maize. *Crop Science*. 26, 951-956.