Archive of SID

نشریه زراعت شماره ۱۱۰، بهار ۱۳۹۵

(پژوهش و سازندگی)

واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به خشکی موضعی ریشه و مصرف پتاسیم

- حمید رضا میری، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد ارسنجان، گروه زراعت و اصلاح نباتات، ارسنجان ، ایران (نویسنده مسئول)
- محمد مهدی شوکتی، دانش آموخته کارشناسی ارشد زراعت،دانشگاه آزاد اسلامی
- محمد آرمین، دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی، واحد سبزوار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، سبزوار، ایران

تاریخ دریافت: مرداد ماه ۱۳۹۲ تاریخ پذیرش: مرداد ماه ۱۳۹۴

پست الکترونیک نویسنده مسئول: hmiri2000@yahoo.com

چکیده

استفاده از روش هایی از تولید گیاهان زراعی که سبب کاهش مصرف و بهبود راندمان مصرف آب شوند از اهمیت زیادی برخوردار است. به منظور بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت (SC 704) به خشکی موضعی ریشه و مصرف پتاسیم آزمایشی به صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با چهار تکرار در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در استان فارس (جنوب شهرستان شیراز) انجام شد. تیمارها شامل چهار سطح آبیاری شاهد (آبیاری کامل گیاه در کل فصل رشد)، آبیاری یک در میان جوی‌ها در کل فصل، آبیاری یک در میان جوی‌ها تا گلدهی سپس آبیاری کامل و آبیاری همه جوی‌ها تا گلدهی و سپس آبیاری یک در میان جوی‌ها) و سه سطح پتاسیم (۰، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار) بودند. تراکم ذرت ۷ بوته در مترمربع در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد که تأثیر تیمارهای آبیاری بر عملکرد دانه، آب مصرفی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در ردیف بلال و تعداد دانه در بلال معنی دار شد. بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمار آبیاری کامل کل فصل (شاهد) به دست آمد اما با تیمار آبیاری یک در میان فاروها تا گلدهی و بعد از آن آبیاری کامل اختلاف معنی داری نداشت. کمترین آب مصرفی نیز از تیمار آبیاری یک در میان کل فصل رشد به دست آمد. اثر پتاسیم تنها بر وزن هزار دانه معنی‌دار شد و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بیشترین وزن هزار دانه را داشت. بطور کلی نتایج نشان داد که با انجام آبیاری یک در میان فاروها مصرف آب در مقایسه با آبیاری شاهد ۱۵/۶۱ درصد کاهش می‌یابد.

کلمات کلیدی: کم آبیاری، سولفات پتاسیم، عملکرد دانه، ذرت

www.SID.ir

Archive of SID

Agronomy Journal (Pajouhesh & Sazandegi) No:110 pp: 46-53

Corn yield and yield components response to partial root zone drying and potassium application

By:

- *H. R. Miri, (Corresponding Author), Associate Prof, Department of Agronomy and Plant Breeding, Arsanjan Branch, Islamic Azad University - Arsanjan, Iran*
- *M. M. Shokati, Former M. Sc. student of Agronomy, Department of Agronomy and Plant Breeding, Arsanjan Branch, Islamic Azad University, Arsanjan, Iran*
- *M. Armin, Associate Prof, Department of Agronomy and Plant Breeding, Sabzevar Branch, Islamic Azad University, Sabzevar, Iran*

Received: July 2013 **Accepted: July 2015**

The use of procedures in crop production that improve water use efficiency and reduce water consumption is an important issue. An experiment was conducted in 2009 in order to evaluate the corn (SC704) reaction to partial root zone and potassium application at Fars province. Treatments consisted of four irrigation levels (control, alternative furrow irrigation during whole season, alternative furrow irrigation until flowering then full irrigation and full irrigation until flowering then alternative furrow irrigation after flowering) and three potassium levels (0, 100 and 200 kg ha^{-1} potassium sulfate). The treatments were arranged as factorial experiment based on a randomized complete blocks design with four replications. Corn density was 7 plants/m^2. The results showed that irrigation had significant effects on grain yield, water consumption, seed weight, seed per row and grain number per ear. The highest grain yield obtained in control irrigation but it was not significantly different from alternative furrow irrigation until flowering. The lowest water consumption was observed in alternative furrow irrigation until flowering treatment. Potassium treatments had significant effect only on seed weight. Application of 200 kg/ha potassium had the highest seed weight. In conclusion the results suggested that with alternative furrow irrigation water use reduced by 15.61% compared to conventional methods.

Keywords: Deficit irrigation, Corn, Grain yield, Potassium sulfate

مقدمه

کمبود آب اصلی ترین عامل محدود کننده تولید محصولات زراعی در مناطق خشک و نیمه‌خشک است. امروزه بخش کشاورزی بزرگ‌ترین مصرف کننده آب در جهان محسوب می شود (Miri, 2008) و بنابراین توجه زیادی به کاهش مصرف آب در کشاورزی معطوف گشته است. بهبود مدیریت آب در کشاورزی برای حفظ آب، انرژی و خاک از یک طرف و برآورد نیاز روز به افزایش جامعه به گیاهان زراعی برای غذا از طرف دیگر مسئله اصلی پیش روی متخصصین کشاورزی است (Kassam, Molden, Fereres, & Doorenbos, 2007). تولیدکنندگان کشاورزی همواره به دنبال یافتن روش‌های جدید برای کاهش مصرف آب در کشاورزی از طریق مدیریت آبیاری هستند. یافتن روش‌های جدید برای کاهش مصرف آب در زراعت آبی و افزایش راندمان مصرف آب در نواحی با محدودیت آب از اهمیت یکسانی برخوردار است (Yazar, Gökçel, & Sezen, 2009).

کم آبیاری به معنی کاربرد آب کمتر از نیاز تبخیر و تعرق می‌باشد (Gowing, Davies, & Jones, 1990). در این روش‌ها گاهی عملکرد به دلیل مصرف کمتر آب کاهش می‌یابد (Sepaskhah & Parand, 2006). امروزه خشکی موضعی منطقه ریشه[1] (PRD) به عنوان روشی برای کاهش مصرف آب در سال‌های اخیر مورد استفاده قرار گرفته است (Sepaskhah & Khajehabdollahi, 2005). در روش PRD تنها بخشی از ناحیه ریشه آبیاری شده و بقیه قسمت ها خشک نگه داشته می شوند که این با افزایش راندمان مصرف آب (Wakrim, Wahbi, Tahi, Aganchich, & Serraj, 2005) و عملکرد اقتصادی یا بیولوژیک پایدار با مصرف آب کمتر همراه است. تکنیک PRD از این جهت در برنامه‌های آبیاری مورد توجه قرار گرفته است که آب مصرفی در این روش به ندرت بیش از ۷۰-۵۰ درصد آب مورد نیاز در آبیاری کامل است (Marsal et al., 2008). سپاسخواه و پرند (Sepaskhah & Parand, 2006) نشان دادند که آبیاری یکی در میان فارورها در ذرت باعث کاهش ۳۰ درصدی آب مصرفی شد. همچنین در این آزمایش اگرچه عملکرد دانه به دلیل کاهش وزن دانه کاهش یافت، اما با انجام یک یا دو آبیاری معمولی در مرحله ظهور تاسل عملکرد برابر آبیاری معمولی بود. وانگ، ژنگ، شن و گو (Wang, Zheng, Shen, & Guo, 2013) اثرات دو نوع تیمار PRD که در یکی فقط یک سمت ریشه به طور ثابت آبیاری می شد (PRD ثابت) و در دیگری هر دو سمت ریشه بطور متناوب آبیاری می شد (PRD متناوب) بر گیاه ذرت بررسی کردند. نتایج نشان داد که بیشترین ارتفاع، وزن خشک، سطح برگ و قطر بلال از تیمار آبیاری کامل (شاهد) به دست آمد، اما بیشترین راندمان مصرف آب مربوط به تیمار PRD متناوب بود. آن‌ها همچنین نشان دادند که کاربرد آبیاری به نحوی که بخشی از ریشه‌ها به طور متناوب خشک باشند، باعث افزایش راندمان مصرف آب در ذرت می شود.

www.SID.ir

Archive of SID

به عقیده آن‌ها این روش آبیاری باعث ایجاد بهترین شرایط رطوبتی در خاک شده و فعالیت میکروارگانیسم های خاک افزایش می یابد که اثرات مفیدی برای رشد گیاه دارد. در کلزا مشاهده شده است که آبیاری متناوب باعث افزایش جذب نیتروژن و فسفر شده که این باعث افزایش رشد گیاه می گردد (Loveys & During, 1984). در این آزمایش نشان داده شد که آبیاری PRD را می توان به خوبی با کاربرد نواری کودها ترکیب کرده تا جذب عناصر افزایش یابد. همچنین در سیب‌زمینی کاربرد PRD با وجودیکه مصرف آب را کاهش داد، از نظر ماده خشک تولیدی مشابه تیمار آبیاری معمولی بود و از اینرو راندمان مصرف آب بیشتری در تیمار PRD به دست آمد (Wang, de Kroon, & Smits, 2007).

پتاسیم با نقش کلیدی در واکنش‌های آنزیمی، تنفس، جذب و تثبیت CO2، سنتز پروتئین ها و تأثیر آن بر فتوسنتز از طریق تنظیم کار روزنه ها و روابط آب در گیاه و افزایش مقاومت گیاهان در برابر تنش‌های محیطی نقش بسیار مهمی در افزایش عملکرد گیاهان در شرایط تنش خشکی دارد. تجمع پتاسیم در آوندهای چوبی، پتانسیل اسمزی شیره خام را کاهش می دهد که این امر افزایش تحمل به تنش را در گیاه موجب خواهد شد. همچنین غلظت زیادیون پتاسیم در سلول‌های مزوفیل، پتانسیل اسمزی آن ها را کاهش داده که این امر، سودمندی مجددی بر مصرف آب دارد زیرا پتانسیل اسمزی کمتر، نگهداری آب را بهبود می بخشد (Wang et al., 2013). جمالی، انتشاری و حسینی (Jamali, Enteshari, & Hosseini, 2012) گزارش کردند مصرف سولفات پتاسیم در ذرت موجب افزایش محتوای پرولین، پروتئین و کلروفیل برگ در شرایط تنش خشکی می‌گردد. مصرف سولفات پتاسیم از طریق افزایش میزان جذب عناصر پتاسیم و روی، افزایش محتوای پروتئین، حفظ کلروفیل برگ و در نتیجه فتوسنتز مؤثرتر و همچنین با افزایش غلظت پرولین در برگ گیاه، استرس اسمزی ناشی از تنش خشکی را کاهش داده و مقاومت گیاه ذرت در برابر تنش خشکی بهبود می‌بخشد. والاآبادی وعلی ابادی فراهانی (Valadabadi & Aliabadi Farahani, 2008) نشان دادند که عملکرد بیولوژیک، عملکرد دانه، وزن هزار دانه، روند پر شدن دانه و عمق نفوذ ریشه در ذرت در شرایط تنش خشکی به شدت کاهش می‌یابد ولی کاربرد پتاسیم سبب می‌گردد تا اثرات سوء تنش خشکی بر صفات فوق کاهش و عمق نفوذ ریشه افزایش یابد. همچنین کاربرد پتاسیم در شرایط تنش شدید خشکی، سبب افزایش عملکرد کمی می‌گردد.

ذرت یکی از مهم‌ترین گیاهان زراعی در نواحی جنوبی ایران (به‌ویژه استان فارس) است. روش های معمول آبیاری مورد استفاده در تولید ذرت در این نواحی عمدتاً به صورت جوی و پشته ای می‌باشد. تولیدکنندگان ذرت به دلیل مصرف آب زیاد در تولید این گیاه همواره تحت فشار بوده و کاهش آب مصرفی در این گیاه بدون کاهش قابل توجه عملکرد از اهمیت زیادی برخوردار است. هدف از مطالعه حاضر بررسی واکنش عملکرد و اجزای عملکرد ذرت به خشکی موضعی ریشه و نقش مصرف پتاسیم در واکنش گیاه به تنش خشکی بود.

مواد و روش ها

آزمایش در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ در مزرعه‌ای واقع در ۳۵ کیلومتری جنوب شیراز در روستای ظفرآباد با طول جغرافیایی ´۳۵ °۵۲ و عرض جغرافیایی ´۲۴ °۲۹ با ارتفاع ۱۵۰۶ متر از سطح دریا اجرا شد. خاک مزرعه آزمایشی سیلتی لومی با ۰/۵ درصد ماده آلی و pH=۷/۶ بود. متوسط بارندگی سالانه در سال زراعی ۸۸-۱۳۸۷ حدود ۱۶۰ میلی‌متر بود.

زمین آزمایش در سال قبل به صورت آیش بود. قبل از اجرای آزمایش، آبیاری ماخار (آبیاری قبل از کشت گیاه زراعی به منظور سبز شدن و از بین بردن علف‌های هرز) انجام شد و پس از گاورو شدن زمین، شخمی به عمق ۳۰ سانتیمتر زده شد. سپس توسط دیسک و هرس خرد کردن کلوخه و جمع‌آوری بقایای علف هرز صورت گرفت. کودهای اوره به میزان ۳۶۰ کیلوگرم، سوپر فسفات تریپل به میزان ۱۵۰ کیلوگرم و سولفات روی ۳۰ کیلوگرم در هکتار بر اساس توصیه کودی آزمون خاک (جدول ۱) به مزرعه اضافه شد. تمام کودها و ۱/۳ کود اوره قبل از کاشت به زمین اضافه و به وسیله دیسک مخلوط شد. مابقی کود اوره در دو مرحله ۴ برگی و ساقه رفتن اضافه شد. کود پتاسیم از منبع سولفات پتاسیم که یکی از تیمارهای آزمایش بود نیز قبل از کاشت به زمین اضافه و با خاک مخلوط شد. سایر عملیات داشت از قبیل مبارزه با علف‌های هرز و آفات هر کدام به موقع انجام شد. رقم ذرت مورد استفاده هیبرید SC 704 بود.

پس از آماده سازی زمین، پشته‌هایی به فاصله ۷۵ سانتیمتر از یکدیگر ایجاد و عملیات کرت بندی انجام شد. کرت های آزمایش با ابعاد ۶×۴ متر ایجاد شد. فاصله بین کرت‌های آزمایشی در یک بلوک ۱/۵ متر و فاصله بین بلوک‌ها ۲/۵ متر در نظر گرفته شد. برای جلوگیری از تأثیر تیمارها (به ویژه آبیاری) بر کرت های مجاور، بین کرت‌ها پشته‌های بزرگ و فشرده ایجاد شد.

آزمایش به صورت فاکتوریل با طرح پایه بلوک های کامل تصادفی با دو عامل آبیاری در چهار سطح و سطوح کود پتاسیم در سه سطح در چهار تکرار اجرا شد. تیمارهای آبیاری عبارت بودند از: ۱) آبیاری معمولی در کل فصل رشد (شاهد)، ۲) آبیاری متناوب یکی در میان فاروها در کل فصل)، ۳) آبیاری متناوب یکی در میان فاروها تا گلدهی و پس از آن آبیاری کامل در کل فصل رشد و ۴) آبیاری کامل و معمولی تا گلدهی و پس از آن آبیاری متناوب یکی در میان فاروها تا پایان فصل رشد. لازم به ذکر است تیمار آبیاری یک در میان ثابت، به دلیل اثرات منفی آن که در آزمایشات دیگر اشاره شده، مورد استفاده قرار نگرفت برای مثال (Sepaskhah & Parand, 2006) و تیمارهای پتاسیم شامل مقادیر صفر، ۱۰۰ و ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار بودند که همگی در زمان کاشت به زمین اضافه شدند.

برای آبیاری فاروها در هر کرت از سیفون استفاده شد و آب استفاده شده برای آبیاری هر کرت با استفاده از کنتور اندازه‌گیری شد (آبیاری هر کرت به صورت جداگانه انجام شد). در تیمارهای آبیاری یکی در میان فاروها در هر نوبت تنها یکی از فاروها آبیاری می شد و در مرحله بعد جای فاروهای خشک و مرطوب عوض می شد. آبیاری مورد نیاز برای هر کرت با فاصله زمانی مشخص و بر اساس شرایط عرف منطقه انجام شد. در هر آبیاری میزان آب مصرفی به اندازه ای بود که جویچه ها پر شوند. لازم به ذکر است با توجه به تخلیه بیشتر پروفیل خاک در تیمارهای آبیاری یک در میان، میزان آب مصرفی در این تیمارها دقیق نصف تیمار شاهد نبود. برای سبز شدن و استقرار گیاهچه ها، آبیاری اول و دوم به صورت معمولی و یکسان برای کلیه کرت‌ها انجام شد و از آبیاری

www.SID.ir

Archive of SID

سوم به بعد (مرحله سه برگی گیاه) تیمارهای آبیاری اعمال شدند.

در زمان رسیدگی فیزیولوژیک، با در نظر گرفتن اثر حاشیه، از سطح ۳ متر مربع (۲×۱/۵) از هر کرت برای اندازه‌گیری صفات مورد نظر نمونه‌برداری شد. صفات اندازه‌گیری شده عبارت بودند از: عملکرد بیولوژیک (با خشک کردن نمونه‌ها در دمای ۷۰ درجه برای ۴۸ ساعت در سطح برداشت شده و وزن کردن)، تعداد ردیف دانه در بلال (با شمارش تصادفی تعداد ردیف در ۱۰ بلال)، تعداد دانه در ردیف (با شمارش تصادفی تعداد دانه در ۵ ردیف از ۵ بلال)، عملکرد دانه (با جدا کردن و اندازه‌گیری کل دانه در مساحت برداشت شده)، وزن هزار دانه (با شمارش سه نمونه ۵۰۰ بذری و وزن کردن آن‌ها)، ارتفاع بوته (با اندازه‌گیری تصادفی ارتفاع ۱۰ بوته) و حجم آب مصرفی (با اندازه‌گیری آب مصرفی کرت ها با استفاده از کنتور). راندمان مصرف آب به صورت نسبت عملکرد دانه به آب مصرفی محاسبه شد.

در پایان داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار آماری (Genstat (ed. 11 تجزیه شد و نمودارها با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم شدند. برای مقایسه میانگین‌ها نیز از آزمون دانکن استفاده شد. در مورد صفاتی که اثر متقابل معنی‌دار شده بود برش دهی فیزیکی در سطوح مختلف مصرف پتاسیم انجام گرفت.

نتایج و بحث

عملکرد دانه و آب مصرفی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که روش آبیاری بر عملکرد دانه در سطح ۵٪ تأثیر معنی داری دارد (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که بیشترین عملکرد دانه در تیمار آبیاری کامل حاصل شد که اختلاف آماری معنی داری با کم آبیاری تا مرحله گلدهی و سپس آبیاری کامل نداشت (شکل ۱). عدم وجود تفاوت معنی دار بین این دو تیمار می تواند ناشی از این علت باشد که کمبود آب، گیاه ذرت را بعد از مرحله گلدهی تحت تأثیر قرار می دهد و مناسب شدن مقدار آب قابل دسترس بعد از این مرحله می تواند موجب کاهش صدمات ناشی از تنش آبی شود (Marsal et al., 2008). مشاهده می‌شود که آبیاری یک در میان جوی‌ها در کل فصل و همچنین بعد از گلدهی نتوانست عملکرد اقتصادی مطلوبی را تولید کند که در حالت کم آبیاری در کل فصل رشد با کاهش اجزای عملکرد سبب کاهش عملکرد گردید و در حالت کم آبیاری بعد از گلدهی، حساس بودن مرحله زایشی به کمبود رطوبت کاهش عملکرد را به دنبال داشته است. علاوه بر حساسیت بیشتر مرحله زایشی به کمبود رطوبت، مصادف شدن مرحله زایشی با درجه حرارت بالا دلیل اصلی کاهش عملکرد در روش کم آبیاری در کل فصل رشد یا کم آبیاری بعد از مرحله گلدهی است (Sepaskhah & Khajehabdollahi, 2005). همبستگی بین اجزای عملکرد نشان داد که وزن هزار دانه (** R^2=۰/۴۸۸) و تعداد دانه در بلال (** R^2=۰/۴۵۸) بیشترین همبستگی را با عملکرد دارند (جدول ۵) و چون این دو جزء بعد از مرحله گلدهی تشکیل می‌شوند، لذا هر گونه کمبود رطوبت در نهایت سبب کاهش عملکرد در گیاه خواهد شد.

عملکرد دانه تحت تأثیر مصرف کود پتاسیم قرار نگرفت. اختلاف آماری معنی‌داری بین تیمارها مشاهده نشد، اگرچه مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم نسبت به شاهد عملکرد را ۲/۸۴٪ افزایش داد. برخلاف نتایج بسیاری از محققین، مصرف پتاسیم تأثیری بر کاهش صدمات ناشی از استرس خشکی نداشت. به نظر می‌رسد عدم واکنش عملکرد به مصرف پتاسیم ممکن است به علت بالا بودن محتوای پتاسیم خاک (۲۵۰ میلی‌گرم در کیلوگرم) باشد (El-Hadi, Ismail, & El-Akabawy, 1997). این نکته که ممکن است مصرف پتاسیم سبب افزایش مقاومت به خشکی گردد اگرچه امری ثابت شده است (Saxena, 1985)، اما به نظر می‌رسد به عوامل مختلف مدیریتی دیگر نیز بستگی دارد. برهمکنش نحوه آبیاری و مصرف پتاسیم بر عملکرد دانه معنی‌دار نبود.

میزان آب مصرفی تحت تأثیر شیوه آبیاری قرار گرفت در حالی که مصرف سولفات پتاسیم تأثیری بر آن نداشت (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین تیمارها نشان داد که کمترین میزان مصرف آب در تیمار کم آبیاری در طول فصل رشد می‌باشد که نسبت به آبیاری شاهد ۲۸/۷۹٪ کاهش نشان می‌دهد. اگرچه اختلاف آماری معنی‌داری در میزان آب مصرفی بین دو تیمار کم آبیاری تا زمان گلدهی و کم آبیاری بعد از گلدهی مشاهده نشد، اما نسبت به کم آبیاری در کل طول فصل رشد، آب بیشتری مصرف شد. با این وجود کم آبیاری در این دو تیمار به ترتیب نسبت به آبیاری کامل سبب کاهش ۱۵/۴۳ و ۱۵/۱۳ درصدی آب مصرفی گردید (شکل ۲). به نظر می‌رسد طول دوره رشد زایشی و رویشی تقریباً برابر در این گیاه باعث شده است که قطع آبیاری بعد یا قبل از گلدهی تأثیر مشابه ای بر کاهش مصرف آب داشته است. با توجه به تولید مناسب اقتصادی در تیمار کم آبیاری تا زمان گلدهی و آبیاری کامل بعد از این مرحله، کم آبیاری در ذرت را تا زمان گلدهی را می‌توان برای شرایط مشابه با این منطقه توصیه نمود. با وجود معنی‌دار نشدن اثر متقابل مصرف پتاسیم و روش آبیاری، کمترین میزان مصرف آب در تیمار کم آبیاری در کل دوره رشد و عدم مصرف کود مشاهده شد.

اجزای عملکرد

در بین اجزای عملکرد وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف بیشترین همبستگی را با عملکرد نشان دادند. نتایج تجزیه واریانس نیز نشان داد که روش آبیاری تأثیر معنی‌داری بر روی این سه جزء مهم داشته است. (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین در مورد وزن هزار دانه نشان داد که بیشترین وزن هزار دانه در تیمار آبیاری کامل (۲۴۵ گرم) به دست می‌آید که اختلاف آماری معنی‌داری با سایر تیمارها نشان داد (شکل ۳). مطالعات قبلی نشان داده است که ذخیره مواد غذایی می‌تواند نقش مهمی در میزان مواد اختصاص یافته به دانه داشته باشد. در شرایط کم آبیاری انتقال مجدد مواد ذخیره ای باعث می‌شود که وزن هزار دانه در شرایط کم آبیاری قبل از گلدهی و یا کم آبیاری بعد از گلدهی اختلاف زیادی با هم نداشته باشند (Sepaskhah & Parand, 2006). همچنین در تیمار کم آبیاری قبل از گلدهی ممکن است ریشه‌ها دچار پیری زودتر از موعد شد و حتی با تأمین آب کامل بعد از گلدهی گیاه نتوانسته از آن استفاده کند.

مصرف سولفات پتاسیم تأثیر معنی‌داری بر وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف نداشت. در حالی که اثر متقابل مصرف کود پتاسیم و روش آبیاری بر تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف در سطح احتمال ۱٪ تأثیر معنی‌داری داشت. اثر متقابل مصرف پتاسیم و کم آبیاری بر تعداد دانه در بلال نشان

www.SID.ir

Archive of SID

داد که بیشترین تعداد دانه در بلال با مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم (۷۸۴/۹۱) و آبیاری کامل و کمترین آن در تیمار عدم مصرف کود و کم آبیاری بعد از گلدهی (۶۸۳/۵۰) به دست آمد. برش دهی فیزیکی اثر متقابل در مورد این صفت نشان داد که مصرف کود در شرایط آبیاری کامل و آبیاری کامل بعد از گلدهی تأثیری بر تعداد دانه در بلال ندارد، اما مصرف کود در شرایط کم آبیاری در کل فصل رشد و کم آبیاری بعد از گلدهی تأثیر معنی‌داری بر تعداد دانه در بلال داشت. در تیمار آبیاری کامل تا گلدهی + کم آبیاری پس از گلدهی، مصرف ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم بیشترین تعداد دانه در بلال را تولید کرد که اختلاف آماری معنی‌داری با شرایط عدم مصرف پتاسیم و مصرف ۲۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم در هکتار داشت (جدول ۳). در حالی که در روش کم آبیاری در کل فصل رشد، مصرف ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم بیشترین تعداد دانه در بلال را تولید کرد. به نظر می‌رسد کم آبیاری به دلیل اثر اسمزی (Miri, 2008) سبب کاهش تعداد دانه در بلال می‌شود. از طرف دیگر آبیاری کامل قبل از گلدهی و مصرف کود پتاسیم تا سطح ۲۰۰ کیلوگرم سبب تأثیر منفی بر این جزء می‌گردد که دلیل این امر ممکن است افزایش رشد رویشی قبل از گلدهی باشد که بعد از گلدهی سبب تخلیه رطوبت خاک شده و تعداد کمتری از دانه‌ها در بلال به حالت فعال درآمده‌اند. لذا به نظر می‌رسد مناسب نبودن شرایط آبی در بعد از گلدهی تأثیر منفی بیشتری بر خصوصیات رشدی نسبت به کم آبیاری قبل از گلدهی دارد.

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که تعداد دانه در ردیف تحت تأثیر کم آبیاری قرار گرفت (p<۰/۰۱) اما مصرف کود تأثیری بر تعداد دانه در ردیف نداشت. اثر متقابل کم آبیاری و مصرف کود تأثیر معنی‌دار در سطح ۱٪ بر تعداد دانه در ردیف داشت (جدول ۴). برش دهی فیزیکی سطوح مختلف کود پتاسیم در تیمارهای مختلف آبیاری نشان داد که مصرف کود در شرایط کم آبیاری قبل از گلدهی تأثیری بر تعداد دانه در ردیف ندارد. همانند تعداد دانه در بلال، مصرف پتاسیم در شرایط کم آبیاری در کل طول فصل رشد و کم آبیاری بعد از گلدهی، تعداد دانه در ردیف را تحت تأثیر قرار داد. علاوه بر این، دانه در ردیف در سطوح مختلف پتاسیم در آبیاری کامل نیز متفاوت بود. در کم آبیاری در کل فصل رشد مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم نسبت به سایر تیمارها تأثیری بیشتری بر دانه در ردیف داشت. با توجه با اینکه تعداد ردیف در بلال در این آزمایش معنی‌دار نشده است (داده‌ها نمایش داده نشده است)، لذا می‌توان چنین نتیجه‌گیری نمود که عکس‌العمل مشابه دانه در بلال و دانه در ردیف به فراهمی مواد غذایی و شرایط مناسب در بعد از گلدهی بستگی دارد و هر گونه شرایط نامساعد با کاهش این دو جزء عملکرد را کاهش می‌دهد. همبستگی بالایی بین تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف وجود داشت (R=۰/۷۹۶**)(جدول ۵). در شرایط آبیاری کامل مصرف پتاسیم تأثیر منفی بر دانه در ردیف داشت. اگرچه در این روش اختلاف آماری معنی‌داری بین مصرف ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار سولفات پتاسیم و عدم مصرف آن وجود نداشت، اما مصرف مقادیر بالای پتاسیم سبب کاهش ۲/۲۷ درصدی دانه در ردیف شد. به نظر می‌رسد مناسب بودن شرایط خاک از نظر این عنصر سبب عدم واکنش گیاه به مصرف کود پتاسیم شده باشد. تأثیر منفی مصرف این عنصر هم ممکن است به دلیل اثرات آنتاگونیستی بر روی جذب سایر عناصر باشد که این عناصر برای ذرت مهم بوده است. با این وجود در شرایط کم آبیاری مشاهده شد که مصرف پتاسیم سبب افزایش تحمل گیاه شده است و این امر باعث افزایش تعداد دانه در ردیف برای تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار در شرایط کم آبیاری در کل فصل رشد شده است.

بحث

کم آبیاری می‌تواند به خصوص در شرایط خشک و نیمه خشک که محدودیت آبی وجود دارد به عنوان یک راهکار مناسب برای تولید گیاهان زراعی مورد استفاده قرار گیرد. شرایط جوی و خاک، نوع گیاه و عوامل مدیریتی می‌تواند در به دست آوردن حداکثر عملکرد در شرایط کم آبیاری بسیار مفید باشد (Miri, 2008). نتایج این بررسی نشان داد که مقدار آب قابل دسترسی بر عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تأثیر معنی‌دار دارد. بیشترین عملکرد زمانی به دست می‌آید که گیاه هیچ گونه محدودیت رطوبتی نداشته باشد. کلیه مطالعات صورت گرفته در این زمینه نیز نشان می‌دهد که در شرایط آبیاری کامل هیچ گونه کاهشی در عملکرد در صورت مهیا بودن سایر شرایط اتفاق نمی‌افتد. سپاسخواه و پرند (Sepaskhah & Parand, 2006) افزایش عملکرد در ذرت را زمانی که همه جویچه ها آبیاری شده بودند به بالا بودن مقدار آب مصرفی و تبخیر و تعرق گیاهی مربوط دانسته‌اند. در شرایط کم آبیاری مناسب‌ترین روش بدون کاهش معنی‌دار عملکرد، آبیاری متناوب یک در میان فاروها تا زمان گلدهی و سپس آبیاری کامل گیاه بود. ابراهیم و خندیل (Ibrahim & Kandil, 2007) گزارش کردند که کاربرد مناسب کودهای نیتروژن و فسفردار به همراه آب مناسب سبب افزایش عملکرد در ذرت می‌شود که این افزایش عملکرد ناشی از افزایش انتقال مواد غذایی از ماتریکس خاک به اطراف ناحیه ریشه در اثر جریان توده‌ای است. سپاسخواه و پرند (Sepaskhah & Parand, 2006) نیز تفاوت معنی‌داری بین آبیاری متناوب یک در میان فاروها با ثابت بودن فارو آبیاری نشده در ذرت مشاهده نکردند. در این بررسی نبود تفاوت معنی‌داری بین دو تیمار به دریافت آب برابر در هر دو تیمار ارتباط داده شده است. وردی نژاد، سهرابی و لیاقت (Verdinajad, Sohrabi, & Liaghat, 2008) گزارش کردند که تنش رطوبتی در مراحل رشد رویشی و گلدهی به ترتیب سبب کاهش ۲۸ و ۲۹ درصدی عملکرد در مقایسه با تیمار آبیاری متداول گردید. پاندی، مارانویل و آدمو (Pandey, Maranville, & Admou, 2000) معتقدند که کم آبیاری در اوایل رشد رویشی شاخص‌های رشد ذرت را نسبت به کم آبیاری در مرحله رشد زایشی کمتر تحت تأثیر قرار می دهد. کم آبیاری در مرحله رشد زایشی باعث کاهش شدید در شاخص سطح برگ، ارتفاع بوته، سرعت رشد گیاه و ماده خشک ذرت می‌گردد. اگرچه در بسیاری از پژوهش ها گزارش شده است که مصرف پتاسیم سبب افزایش مقاومت به خشکی و سایر تنش‌های محیطی می‌شود (Dastbandannejad, Nejad, & Lack, 2010)، اما در این بررسی واکنشی به مصرف پتاسیم مشاهده نشد. عدم واکنش گیاه به کاربرد کود پتاسیم در این بررسی می‌تواند به مناسب بودن شرایط خاک در این بررسی ارتباط داده شود. گزارش شده است که در شرایط کم آبیاری، کاهش عملکرد و خصوصیات رشدی به دلیل به هم خوردن تعادل عناصر غذایی در محیط رشد ریشه است که این امر سبب کاهش ظرفیت فتوسنتزی می‌گردد که

www.SID.ir

Archive of SID

در نهایت سبب کاهش عملکرد خواهد شد. گزارش شده است که نقش پتاسیم در افزایش مقاومت به تنش خشکی به دلیل کاهش صدمات ناشی از افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (^{2}ROS) است که در این شرایط سبب صدمه به کلروپلاست می‌شود و در نهایت کاهش ظرفیت فتوسنتزی و تولید کربوهیدرات ها را به همراه دارد. عبدا الهادی و همکاران (El-Hadi et al., 1997) گزارش کردند که مصرف ۱۲۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم در شرایط آبیاری کامل (دور آبیاری ۱۲-۱۴ روزه) سبب افزایش ۱۶/۵ درصدی عملکرد می‌شود در حالی که در شرایط کم آبیاری (دور آبیاری ۲۴-۲۶ روزه) مصرف ۲۴۰ کیلوگرم پتاسیم بیشترین عملکرد را موجب شد. در این بررسی مشخص شد که گیاهان دچار کمبود پتاسیم مقاومت روزنه‌ای بیشتری نسبت به گیاهانی دارند که کمبودی از نظر مقدار پتاسیم ندارند. مصرف پتاسیم سبب بهبود خصوصیات فیزیولوژیکی مانند هدایت روزنه‌ای، فتوسنتز خالص، مقدار رطوبت نسبی، مقدار کلروفیل و پروتئین می‌گردد که بهبود این عوامل سبب افزایش عملکرد در گیاه می‌شود. در مورد کلزا گزارش شده است که در شرایط تنش خشکی مصرف ۲۵۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم نسبت به حالت عدم مصرف کود پتاسیم عملکرد را ۲۱ درصد افزایش داد (Wang et al., 2007).

اجزای عملکرد ذرت همانند عملکرد تحت تأثیر کم آبیاری قرار گرفت اما مصرف کود پتاسیم به جز در مورد وزن هزار دانه تأثیری بر سایر اجزای عملکرد نداشت. سپاسخواه و پرند (Sepaskhah & Parand, 2006) کاهش عملکرد در ذرت در شرایط کم آبیاری را به کاهش تعداد دانه در هر بلال نسبت دادند. در این بررسی وزن هزار دانه تحت تأثیر کم آبیاری قرار نگرفت. مشاهده شده که در شرایط کم آبیاری مصرف کود پتاسیم سبب بهبود اجزای عملکرد می‌گردد اما در شرایط مناسب بودن آبیاری مصرف پتاسیم تأثیری بر این اجزا نداشته است. در شرایط کم آبیاری مصرف پتاسیم با حفظ تعادل رطوبتی گیاه باعث افزایش این شاخص‌ها شده است. گزارش شده است که در شرایط کاهش دور آبیاری از ۱۸ به ۱۰ روز، خصوصیات بلال مانند طول بلال (۹/۴۴٪)، قطر بلال (۹/۸۹٪)، وزن بلال (۷/۳۸٪) افزایش پیدا می‌کند که افزایش این خصوصیات سبب افزایش ۱۵٪ عملکرد بلال و ۱۷/۴۶٪ عملکرد بیولوژیکی می‌گردد. در این شرایط مصرف ۱۰ کیلوگرم در هکتار نیتروژن و ۳۵ کیلوگرم در هکتار فسفر نسبت به سایر تیمارهای مصرف کودی اجزای عملکرد بیشتری داشته است (Sepaskhah & Parand, 2006). دستبندان نژاد و همکاران (Dastbandan-nejad et al., 2010) گزارش کردند که افزایش دور آبیاری سبب کاهش اجزای عملکرد در ذرت شد. در این بررسی کاهش اجزایی مانند تعداد دانه در ردیف و طول بلال به کاهش دوره رشد رویشی و زایشی به دلیل تنش خشکی نسبت داده شده است. گزارش شده است که در شرایط کم آبیاری، افزایش اجزای عملکرد ذرت در واکنش به مصرف پتاسیم، به دلیل جذب بالاتر این عنصر در اندام های گیاهی می‌باشد که در این شرایط افزایش پتاسیم سبب افزایش فتوسنتز و افزایش تولید کربوهیدرات می‌گردد که این امر سبب افزایش شاخص‌های رشد و اجزای عملکرد خواهد شد (But-tar, Thind, & Aujla, 2006).

نتیجه‌گیری نهایی

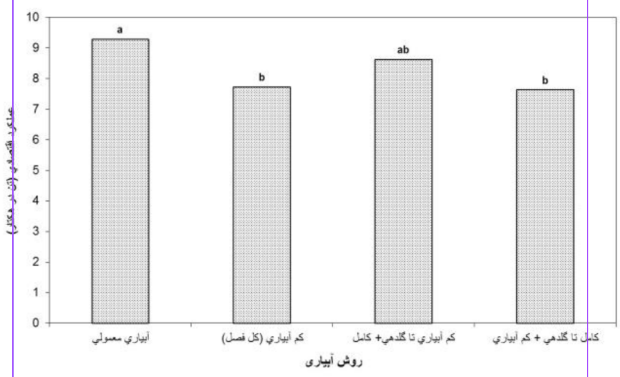
این بررسی نشان داد که عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تأثیر روش آبیاری قرار می‌گیرد و مناسب‌ترین روش، آبیاری یک در میان جوی‌ها قبل از گلدهی و سپس آبیاری کامل گیاه است. آب مصرفی در روش کم آبیاری قبل یا بعد از گلدهی تفاوت آماری معنی‌داری نداشتند، اما در روش کم آبیاری بعد از گلدهی آب بیشتری مصرف شد که به دلیل بیشتر بودن طول دوره زایشی یا گرم‌تر شدن هوا در این مرحله بوده است. اگرچه مصرف پتاسیم در شرایط کم آبیاری اجزای عملکرد را تحت تأثیر قرار داد به نحوی که در شرایط کم آبیاری مصرف پتاسیم سبب افزایش تعداد دانه در بلال و تعداد دانه در ردیف شد، اما در مجموع تأثیری بر عملکرد نهایی نداشت. در مجموع می‌توان گفت استفاده از آبیاری یک در میان فاروها قبل از گلدهی، مناسب‌ترین روش برای اجرا در شرایط مشابه با منطقه انجام این آزمایش است و مصرف کود پتاسیم به شرایط خاک محل آزمایش بستگی دارد. در عین حال این نتایج در یک سال به دست آمده و نیاز به تکرار آزمایش برای دستیابی به نتایج قطعی می‌باشد.

پاورقی ها

1. Partial root zone drying
2. Reactive Oxygen Species

جدول ۱- خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

خصوصیت	مقدار
pH	۷/۶۸
EC	۱/۰۸ds/m
مواد خنثی شونده	۳۲/۵ درصد
کربن آلی	۰/۵ درصد
ازت کل	۰/۱۱ درصد
فسفر قابل استفاده	۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم
پتاسیم قابل استفاده	۲۵۰ میلی‌گرم بر کیلوگرم
آهن قابل استفاده	۱/۷ میلی‌گرم بر کیلوگرم
روی قابل استفاده	۰/۲ میلی‌گرم بر کیلوگرم
منگنز قابل استفاده	۷/۸ میلی‌گرم بر کیلوگرم
مس قابل استفاده	۰/۷۴ میلی‌گرم بر کیلوگرم
مقدار رس	۳۴ درصد
مقدار سیلت	۴۸ درصد
مقدار شن	۱۸ درصد
بافت خاک	سیلتی لومی



شکل ۱- اثر روش آبیاری بر عملکرد اقتصادی

(میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف ندارند (دانکن ۰/۰۱=α).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲- تجزیه واریانس عملکرد دانه، آب مصرفی، وزن هزار دانه، تعداد دانه در بلال و دانه در ردیف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		عملکرد دانه	آب مصرفی	وزن هزار دانه	دانه در بلال	دانه در ردیف
تکرار	۳	۱۷۵۵۲۲ ns	۶۷۷۸۵ ns	۳۶۹/۹۷ ns	۹۶۶/۱ ns	۴/۶۸ ns
روش آبیاری (A)	۳	۲۹۶۳۰۴ *	۴۹۹۲۰۰ **	۲۱۶۲/۹۷ **	۱۰۱۲۷/۴ **	۳۲/۲۸ **
کود پتاسیم (B)	۲	۱۴۸۷۶ ns	۷۷۰۳۲ ns	۱۷۱۰/۴۸ **	۱۲۲۰/۴ ns	۰/۸۸۹ ns
A*B	۶	۱۵۸۳۷۴ ns	۸۶۲۹۹ ns	۴۵۰/۶۰ *	۳۲۲۹/۷ **	۱۸/۶۷ **
خطا	۳۳	۹۲۳۰۱	۷۴۲۸۹	۱۵۲/۵۴	۹۰۰/۵	۱/۹۶

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱٪ و ۵٪ و ns عدم تفاوت معنی‌دار

جدول ۳- مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف پتاسیم و روش آبیاری بر تعداد دانه در بلال

مقادیر سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	روش آبیاری			
	آبیاری معمولی	کم آبیاری (کل فصل)	کم آبیاری تا گلدهی + کامل	کامل تا گلدهی + کم آبیاری
۰	۷۵۷/۹۳ a	۶۸۴/۳۳ b	۷۳۲/۱۶ a	۶۸۳/۵۰ b
۱۰۰	۷۵۱/۵۸ a	۶۸۷/۶۱ b	۶۹۱/۳۵ a	۷۴۲/۸۳ a
۲۰۰	۷۸۴/۹۱ a	۷۴۰/۵۶ a	۷۰۲/۹۹ a	۶۹۶/۱۹ b

در مورد هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف ندارند (دانکن α=۰/۰۱). سطح مصرف پتاسیم در هر سطح روش آبیاری برش دهی شده‌اند

جدول ۴ - مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف پتاسیم و روش آبیاری بر تعداد دانه در ردیف

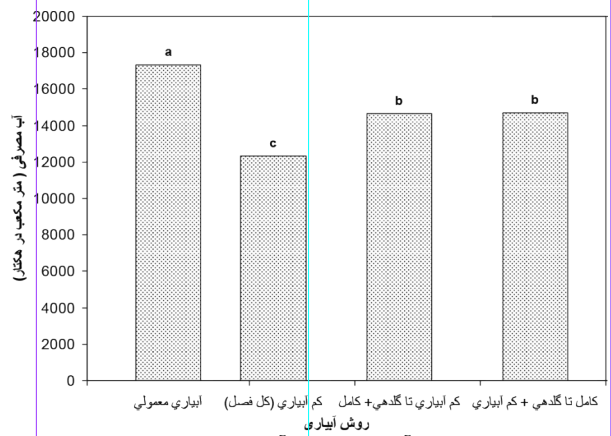
مقادیر سولفات پتاسیم (کیلوگرم در هکتار)	روش آبیاری			
	آبیاری معمولی	کم آبیاری (کل فصل)	کم آبیاری تا گلدهی + کامل	کامل تا گلدهی + کم آبیاری
۰	۵۳/۵۸ a	۴۷/۶۷ b	۵۰/۵۶ a	۴۹/۰۱ b
۱۰۰	۵۲/۰۷ b	۴۷/۱ b	۴۹/۰۱ a	۵۳/۲ a
۲۰۰	۵۲/۳۶ab	۵۲/۰۲ a	۴۹/۰۵ a	۴۹/۲۳ b

در مورد هر ستون میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف ندارند (دانکن α=۰/۰۱). سطح مصرف پتاسیم در هر سطح روش آبیاری برش دهی شده‌اند

جدول ۵- مقادیر و سطح احتمال معنی‌داری ضرایب همبستگی

	عملکرد دانه	آب مصرفی	وزن هزار دانه	دانه در بلال	دانه در ردیف
عملکرد دانه	۱				
آب مصرفی	۰/۳۵۳ *	۱			
وزن هزار دانه	۰/۴۸۸ **	۰/۵۴۸ **	۱		
دانه در بلال	۰/۴۵۸ **	۰/۵۰۷ **	۰/۵۲۶ **	۱	
دانه در ردیف	۰/۳۸۰ **	۰/۵۴۶ **	۰/۵۲۴ **	۰/۷۹۶ **	۱

** و * به ترتیب معنی‌داری در سطح ۱ و ۵ درصد n=48



شکل ۲- اثر روش آبیاری بر میزان آب مصرفی در دوره رشد ذرت

(میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف ندارند (دانکن α=۰/۰۱).

شکل ۳- اثر روش آبیاری بر وزن هزار دانه

(میانگین‌های دارای حروف مشابه از نظر آماری اختلاف ندارند (دانکن α=۰/۰۱).

www.SID.ir

Archive of SID

منابع مورد استفاده

1. Buttar, G., Thind, H., & Aujla, M. (2006). Methods of planting and irrigation at various levels of nitrogen affect the seed yield and water use efficiency in transplanted oilseed rape (Brassica napus L.). *Agricultural water management, 85*(3), 253-260.
2. Dastbandannejad, S., Nejad, T. S., & Lack, S. (2010). Study effect drought stress and different levels potassium fertilizer on K accumulation in corn. *Nature and Science, 8*, 23-27.
3. El-Hadi, A., Ismail, K., & El-Akabawy, M. (1997). Effect of potassium on the drought resistance of crops in Egyptian conditions. *Food security in the WANA region, the essential need for balanced fertilization*, 26-30.
4. Gowing, D., Davies, W., & Jones, H. (1990). A positive root-sourced signal as an indicator of soil drying in apple, Malus x domestica Borkh. *Journal of Experimental Botany, 41*(12), 1535-1540.
5. Ibrahim, S., & Kandil, H. (2007). Growth, yield and chemical constituents of corn (Zea Maize L.) as affected by nitrogen and phosphors fertilization under different irrigation intervals. *Journal of Applied Sciences Research, 3*(10), 1112-1120.
6. Jamali, J., Enteshari, S., & Hosseini, S. (2012). The effect of potassium and zinc elements on biochemical and physiological changes of drought tolerance in corn (cv sc 704). *Crop Physiology, 4*(14), 37-44.
7. Kassam, A., Molden, D., Fereres, E., & Doorenbos, J. (2007). Water productivity: science and practice—introduction. *Irrigation Science, 25*(3), 185-188.
8. Loveys, B., & During, H. (1984). Diurnal changes in water relations and abscisic acid in field-grown Vitis vinifera cultivars. II. Abscisic acid changes under semi-arid conditions. *New phytologist*, 37-47.
9. Marsal, J., Mata, M., Del Campo, J., Arbones, A., Vallverdú, X., Girona, J., & Olivo, N. (2008). Evaluation of partial root-zone drying for potential field use as a deficit irrigation technique in commercial vineyards according to two different pipeline layouts. *Irrigation Science, 26*(4), 347-356.
10. Miri, H. (2008). *Water Use Efficiency In Plant Biology*: Arsanjan Islamic Azad university publication.
11. Pandey, R., Maranville, J., & Admou, A. (2000). Deficit irrigation and nitrogen effects on maize in a Sahelian environment: I. Grain yield and yield components. *Agricultural water management, 46*(1), 1-13.
12. Saxena, N. (1985). The role of potassium in drought tolerance. *Potash review*(5), 1-15.
13. Sepaskhah, A. R., & Khajehabdollahi, M. H. (2005). Alternate furrow irrigation with different irrigation intervals for maize (Zea mays L.). *Plant production science, 8*(5), 592-600.
14. Sepaskhah, A. R., & Parand, A.-R. (2006). Effects of alternate furrow irrigation with supplemental every-furrow irrigation at different growth stages on the yield of maize (Zea mays L.). *Plant production science, 9*(4), 415-421.
15. Valadabadi, S. A., & Aliabadi Farahani, H. (2008). Effect of potassium application on quantitative characteristics and root penetration of corn, sorghum and millet under drought stress. *Agronomy and Plant Breeding Journal, 4*(2), 37-49.
16. Verdinajad, V., Sohrabi, T., & Liaghat, A. (2008). *Determination of Yield Response and Sensitivity Factors of Corn in Karaj.* Paper presented at the International Symposium on Water and Land Management for Sustainable Irrigated Agriculture, Adana-Turkey.
17. Wakrim, R., Wahbi, S., Tahi, H., Aganchich, B., & Serraj, R. (2005). Comparative effects of partial root drying (PRD) and regulated deficit irrigation (RDI) on water relations and water use efficiency in common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). *Agriculture, ecosystems & environment, 106*(2), 275-287.
18. Wang, L., de Kroon, H., & Smits, A. J. (2007). Combined effects of partial root drying and patchy fertilizer placement on nutrient acquisition and growth of oilseed rape. *Plant and soil, 295*(1-2), 207-216.
19. Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., & Guo, S. (2013). The critical role of potassium in plant stress response. *International journal of molecular sciences, 14*(4), 7370-7390.
20. Yazar, A., Gökçel, F., & Sezen, M. (2009). Corn yield response to partial rootzone drying and deficit irrigation strategies applied with drip system. *Plant Soil Environ, 55*(11), 494-503.

www.SID.ir