Archive of SID

تنش‌های محیطی در علوم زراعی
Environmental Stresses in Crop Sciences
جلد دهم، شماره دوم، تابستان ۱۳۹۶
۲۱۳-۲۲۳
http://dx.doi.org/10.22077/escs.2017.578

بررسی کاربرد سطوح مختلف سولفات پتاسیم بر عملکرد و اجزای عملکرد جو بدون پوشینه (*Hordeum vulgare* L.) تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری

احمدرضا دهقانی تفتی[1*]، حسین شمسی[2]، ابوالفضل مروتی[3]، محمدجواد بابایی زارچ[4]، محمدحسن دهقانی تفتی[5]

۱. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند.
۲. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی میبد.
۳. استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی میبد.
۴. دانشجوی دکتری زراعت، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه بیرجند.
۵. کارشناسی ارشد، گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه آزاد اسلامی میبد.

تاریخ دریافت: ۹۴/۱۲/۰۱؛ تاریخ پذیرش: ۹۵/۰۳/۰۷

چکیده

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی است که نه‌تنها در ایران بلکه در سراسر جهان منجر به کاهش عملکرد گیاهان زراعی به‌خصوص غلات شده است. یکی از راه‌کارهای افزایش مقاومت گیاهان زراعی به تنش‌های محیطی همچون تنش خشکی استفاده از مواد مغذی، به‌خصوص پتاسیم است؛ بنابراین با هدف بررسی اثرات دورهای مختلف آبیاری و کاربرد مقادیر مختلف کود پتاسیم در خاک، بر عملکرد و اجزای عملکرد جو بدون پوشینه، آزمایشی با کرت‌های خردشده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد میبد استاد یزد در سال ۱۳۸۸ انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل سه دور مختلف آبیاری شامل ۷، ۱۴ و ۲۱ روز یک‌بار (کرت‌های اصلی) و چهار سطح کاربرد کود سولفات پتاسیم شامل صفر، ۱۰۰، ۲۰۰، ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (کرت‌های فرعی) بود. در پایان فصل رشد، عملکرد دانه، کاه و کلش و بیولوژیک و همچنین اجزای عملکرد دانه شامل تعداد پنجه بارور و تعداد دانه در سنبله و وزن هزار دانه جو بدون پوشینه اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد و اجزای آن در تیمار ۷ روز یک‌بار آبیاری حاصل شده که با افزایش دور آبیاری به ۱۴ و ۲۱ روز یک‌بار به ترتیب با کاهش ۱۲ و ۴۳ درصدی همراه بوده است. هم‌چنین کاربرد کودهای پتاسیمی‌توانست خصوصیات زراعی گیاه را از جنبه‌های مختلف بهبود بخشد و اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهد. ازآنجایی‌که ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم مشاهده نشد کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم را می‌توان برای حصول به حداکثر عملکرد این گیاه زراعی توصیه نمود.

واژه‌های کلیدی: **تحمل به خشکی، جوی بدون پوشینه، دور آبیاری، سولفات پتاسیم.**

مقدمه

جو بدون پوشینه (*Hordeum vulgare* L.) یکی از غلات حیاتی است که ازنظر تولید مقام چهارم بعد ذرت، برنج و گندم را دارد (Janská et al., 2013). این گیاه در تغذیه انسان، دام و طیور کاربرد داشته و تولید جهانی آن در حدود ۱۳۲ میلیون تن است (FAO, 2013). جو بدون پوشینه در مقایسه با جو معمولی، ازنظر انرژی قابل متابولیسم برتری دارد و ارزش غذایی آن در حد گندم و نزدیک به ذرت است. این گیاه مقاومت مناسبی به ناسازگاری‌های محیطی داشته و عملکرد مناسبی در مناطق خشک و نیمه‌خشک نسبت به سایر غلات دارد (Emam, 2007). سابقه کشت این محصول در ایران زیاد نیست و در حال حاضر در استان‌های کرمان، یزد، مرکزی، سیستان و بلوچستان، کرمانشاه، ایلام، اصفهان و گلستان در سطح محدود کشت می‌شود. عملکرد آن در اغلب موارد بیش از عملکرد جو معمولی است و یکی از

* نگارنده پاسخگو: احمدرضا دهقانی تفتی. پست الکترونیک: ahmadreza4814@yahoo.com .

www.SID.ir

Archive of SID

مهم‌ترین محاسن آن، عدم ریزش دانه پس از رسیدن است (El-Sayed, 2002).

در میان تنش‌های محیطی، خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های غیرزنده است که علاوه بر خسارت مکانیکی ریشه باعث کاهش مواد غذایی قابل‌دسترس خاک شده و اثرات شوری خاک را افزایش می‌دهد (Hameed et al., 2013) و از طرفی حدود ۴۰ تا ۶۰ درصد اراضی زیرکشت جهان را تحت تأثیر قرار داده است (Tas and Tas, 2007; Xiong et al., 2002). میزان کم نزولات آسمانی و پراکنش نامنظم آن سبب بروز تنش خشکی در طول دوره رشد گیاهان زراعی می‌شود (Solomon, 2007). تنش خشکی حتی در مناطق خشکی که آبیاری صورت می‌گیرد با ایجاد محدودیت در رشد دستیابی به عملکرد بالا را دشوار می‌سازد (Sadras and Milro, 1997). مقاومت گیاهان به خشکی نتیجه بسیاری از خصوصیات ظاهری و فیزیولوژیکی است و تنها معیار حقیقی مقاومت به خشکی قابلیت تحمل خشکی بدون وارد شدن صدمه به گیاه است (Koocheki et al., 2002).

فتحی و مک‌دونالد (Fathi and Mc-Donald, 1997) عقیده دارند که در گیاه جو کاهش فتوسنتز پس از گلدهی در اثر تنش خشکی میزان ماده خشک تولیدشده در دانه را مختل کرده و درنتیجه در عملکرد نهایی دانه تأثیر منفی می‌گذارد. ژو و همکاران (Guo et al., 2009) گزارش کرده‌اند که تنش‌های قبل از گرده‌افشانی بر تعداد دانه و تنش‌های بعد از گرده‌افشانی بر وزن دانه مؤثر می‌باشند چراکه تعداد دانه‌ها از قبل مشخص‌شده‌اند. جهان‌بین و همکاران (Jhan¬Byn et al., 2001) و نیک‌خواه و همکاران (Nikkhah et al., 2010) در بررسی تنش خشکی ارقام جو شش ردیفه و دو ردیفه گزارش کردند تنش در مراحل انتهایی فصل علاوه بر کاهش عملکرد و اجزای عملکرد، همبستگی صفات مرتبط با عملکرد دانه نیز را تغییر می‌دهد. به‌طورکلی نتایج آزمایش‌های مختلف نیز نشان می‌دهند که اعمال تنش رطوبتی انتهای فصل رشد به‌ویژه پس از گرده‌افشانی باعث کاهش شاخص برداشت ارقام گندم و جو می‌شود (Ahmed Gilani, 2002; Heidari, 2007).

تنش خشکی باعث محدودیت پخش پتاسیم در خاک نزدیک ریشه شده و بنابراین محدود شدن جذب آن را نیز منجر می‌شود (Wang et al., 2013). پتاسیم یکی از عناصر ضروری برای رشد گیاه می‌باشد (Bertsch and Thomas, 1985). این عنصر یک ماده غذایی چندکاره در گیاه بوده که فرآیندهای متابولیکی مثل فعال کردن آنزیم، کنترل اسمزی، تولید و تقسیم کربوهیدرات‌ها و تعادل آنیون‌ها با کاتیون‌ها را بر عهده دارد (Kinet and Peet, 1997). مطالعات نشان می‌دهد در شرایط خشک و دمای زیاد کارایی مصرف آب و هم‌چنین رشد گیاه به‌وسیله پتاسیم بهبود می‌یابد. کمبود پتاسیم به‌طور معنی‌داری اندازه سلول، سطح برگ، انتقال مواد فتوسنتزی و سرعت رشد کل گیاه را کاهش می‌دهد. به‌طورکلی برای تحمل تنش خشک توسط گیاهان تأمین پتاسیم کافی سلول امری حیاتی است (Demidchik et al., 2010).

مطالعات نشان می‌دهد وقتی گیاهان در معرض کم‌آبی باشند، شدت کربن‌گیری در گیاهان مبتلا به کمبود پتاسیم نزدیک به صفر می‌رسد درصورتی‌که گیاهانی که پتاسیم کافی دارند، همچنان به عمل فتوسنتز ادامه (Malakoti et al., 2008). پتاسیم نقش مهمی در تغییرات فشار تورژسانس سلول‌های محافظ روزنه در طول حرکت روزنه‌ای ایفا می‌کند. هنگام روشنایی، غلظت پتاسیم زیاد شده و باعث جذب آب می‌گردد و باز شدن روزنه‌ها را سبب می‌شود. در تاریکی با خروج پتاسیم و از بین رفتن فشار تورژسانس، روزنه‌ها بسته می‌شوند (Malakoti et al., 2008). در سلول‌های ریشه با جذب پتاسیم، پتانسیل اسمزی کاهش‌یافته و باعث جذب آب می‌گردد لذا بسته به وضعیت پتاسیم در گیاه توانایی پیدا کردن و جذب آب در خاک توسط گیاه تغییر می‌کند. هم‌چنین فرآیند اسمزی انتقال آب داخل آوندهای چوبی تحت تأثیر غلظت یون پتاسیم قرار می‌گیرد. پتاسیم نقش عمده‌ای در انتقال مواد فتوسنتزی داشته و کمبود آن، انتقال مواد را کاهش می‌دهد (Malakoti et al., 2008). اگرچه گزارش‌هایی وجود دارد که در شرایط شوری و خشکی مقدار پتاسیم در جو کاهش می‌یابد (Zeng et al., 2014) ولی محققین اظهار داشتند که پتاسیم در افزایش عملکرد دانه، شاخص برداشت و تعداد سنبله در مترمربع نقش اساسی داشته و صفات کلیدی در مراحل گزینش برای انتخاب ارقام مقاوم و پرعملکرد در شرایط تنش هستند (Ahmed and Gilani, 2002; Chaves et al., 2009).

با توجه به اهمیت گیاه زراعی جو بدون پوشینه و گسترش روزافزون پدیده خشکی در کشور ایران و جهان و همچنین اهمیت عنصر پتاسیم در کاهش اثرات منفی تنش خشکی و بهبود فرآیندهای متابولیسم و فتوسنتز گیاهی آزمایشی

www.SID.ir

Archive of SID

به‌منظور بررسی اثرات تنش خشکی و پتاسیم بر عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه زراعی جو بدون پوشینه اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه آزاد اسلامی واحد میبد واقع در شهرستان میبد، با عرض جغرافیایی ۳۲/۱۴ و طول جغرافیایی ۵۴/۲ درجه انجام گردید. منطقه انجام آزمایش ازنظر اقلیمی جزء مناطق خشک محسوب می‌شود که طبق آمار هواشناسی میانگین دمای متوسط گرم‌ترین ماه سال از ۲۲ درجه سانتی‌گراد بیشتر است و متوسط دمای سالانه زمستان از ۱۵ درجه سانتی‌گراد کمتر است. مشخصات فیزیکی و شیمیائی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ذکر شده است.

آزمایش به‌صورت کرت‌های یک‌بار خردشده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار انجام گرفت. هر بلوک شامل ۳ کرت اصلی و در هر کرت اصلی دارای ۴ کرت فرعی بود. فاکتور اصلی آزمایش شامل دورهای مختلف آبیاری در سه سطح ۷ روز یک‌بار آبیاری (شاهد)، ۱۴ روز یک‌بار آبیاری (تنش خفیف) و ۲۱ روز یک‌بار آبیاری (تنش شدید) و فاکتور فرعی شامل کاربرد چهار سطح کود سولفات پتاسیم شامل صفر، ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بود. هر کرت آزمایشی شامل ۶ ردیف کاشت به طول ۵ متر با فواصل ۲۰ سانتی‌متری بین ردیف‌ها بود. به‌منظور اطمینان از عدم اختلاط تیمارها فاصله بین کرت‌های اصلی ۲ متر منظور گردید. تیمارهای مختلف کاربرد پتاسیم به‌صورت نواری قبل از کاشت اعمال گردید. کاشت بذر در آبان ماه صورت گرفت. اولین آبیاری بلافاصله بعد از کشت و به‌صورت نشتی با احداث جویچه‌های آبیاری انجام شد. آبیاری‌های بعدی بر اساس تیمارهای آزمایشی انجام گرفت. به‌منظور یکسان نمودن آبیاری برای کرت‌ها، میزان و زمان آبیاری تمام کرت‌ها یکسان در نظر گرفته شد. کنترل علف‌های هرز طی سه مرحله به‌صورت دستی صورت گرفت. به‌منظور اندازه‌گیری عملکرد و اجزاء عملکرد گیاه، با حذف اثر حاشیه، برداشت از یک مترمربع از مرکز هر کرت صورت گرفت. سپس تعداد دانه در هر بوته شمارش و عملکرد دانه هر بوته محاسبه گردید. برای برآورد وزن هزار دانه پس از برداشت نمونه‌ها از هر یک از تیمارها و جداسازی ناخالصی‌ها، با استفاده از دستگاه بذر شمار از هر تیمار ۱۰۰۰ عدد بذر شمارش و با ترازو با دقت یک‌صدم وزن شدند. جهت اندازه‌گیری عملکرد نهایی، پس از اندازه‌گیری عملکرد در مترمربع میزان عملکرد محصول در هکتار محاسبه شد. جهت اندازه‌گیری عملکرد بیولوژیک گیاهان برداشت‌شده از سطح خاک خشک‌شده و توزین گردید. سپس گیاهان برداشت‌شده خرمن‌کوبی شدند و عملکرد کاه و کلش برای همه تیمارها محاسبه شد.

جدول ۱. برخی از خصوصیّات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه انتخاب‌شده .

Table 1. Some physical and chemical properties of selected field soil.

عمق Depth	شن Sand	سیلت Silt	رس Clay	اسیدیته pH	هدایت الکتریکی EC	فسفر Phosphorous	پتاسیم Potasium	نیتروژن کل Nitrogen	بافت خاک Soil texture
cm		%			(ds/m^{-1})	ppm		%	شنی لومی
0-30	58	29	13	7.65	17.25	20.56	542.8	0.028	Sandi - lom

درنهایت تجزیه واریانس داده‌ها با استفاده از نرم‌افزار SAS، مقایسه میانگین‌ها به‌وسیله آزمون FLSD در سطح احتمال پنج درصد صورت گرفت. برای انجام دیگر محاسبات نیز از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج و بحث

عملکرد دانه

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه جو بدون پوشینه نتایج نشان داد که بین دورهای مختلف آبیاری ($P<0.01$) و سطوح

www.SID.ir

Archive of SID

مختلف کاربرد سولفات پتاسیم (P<0.01) اختلاف معنی-داری وجود داشته و اثرات متقابل نیز معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج حاصل از مقایسه میانگین دوره‌های مختلف آبیاری نشان داد که در تیمار هر ۷ روز یک‌بار آبیاری (۳۱۴۷ کیلوگرم در هکتار) بیشترین و در تیمار ۲۱ روز یک‌بار آبیاری (۱۷۹۲ کیلوگرم در هکتار) کمترین عملکرد دانه به دست آمده است (جدول ۳).

جدول ۲. تجزیه واریانس عملکرد و اجزای عملکرد جود بدون پوشینه تحت تأثیر تنش خشکی و سولفات پتاسیم.

Table 2. Analyze of variance of the yield and yield component under drought stress and potassium sulfate.

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)				
		عملکرد دانه Grain yield	عملکرد کاه و کلش Straw yield	عملکرد بیولوژیک Biological yield	عملکرد دانه تک بوته Grain yield per plant	شاخص برداشت Harvest Idex
بلوک Block	2	27949 ns	107281 ns	244479 ns	0.009 ns	0.17 ns
تنش خشکی (A) Drought stress (A)	3	8552029 **	693998 **	25194427 **	0.973 **	132.1 **
خطای الف Error A	4	37289	456874	731029	0.004	2.7
سولفات پتاسیم (B) Potassium sulfate (B)	3	303521 **	532302 *	1037396 **	0.083 **	29.6 **
اثر متقابل A×B Interaction effect A*B	6	17406 ns	513119 *	695057 *	0.002 ns	3.8 ns
خطای ب Error B	18	13861	142113	201361	0.007	1.93
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*4.5*	*7.6*	*5.9*	*9*	*4.1*

جدول ۲. ادامه

Table 2. Continued

منابع تغییرات S.O.V	درجه آزادی df	میانگین مربعات (MS)			
		تعداد پنجه Tiller number	تعداد پنجه باور Fertile tiller number	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	وزن هزار دانه Grain weight 1000
بلوک Block	2	0.03 ns	0.01 ns	8.1 ns	1.3 ns
تنش خشکی (A) Drought stress (A)	3	6.7 **	4.4 **	234.8 **	191.9 **
خطای الف Error A	4	0.02	0.03	1.7	0.3
سولفات پتاسیم (B) Potassium sulfate (B)	3	0.02 ns	0.27 **	33.9 **	15.6 **
اثر متقابل A×B Interaction effect A*B	6	0.01 ns	0.07 **	2.9 ns	0.5 ns
خطای ب Error B	18	0.0009	0.01	3.2	0.7
ضریب تغییرات (٪) CV (%)		*2*	*5.7*	*6.1*	*2.6*

** ،* و ns به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و یک درصد و عدم معنی‌داری.

* ,** and ns significant at P<0.05, 0.01 and non-significant, respectively.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. مقایسه میانگین عملکرد و اجزای عملکرد جو بدون پوشینه تحت تأثیر تنش خشکی و سولفات پتاسیم.

Table 3. Mean comparison of yield and yield component under drought stress and potassium sulfat.

تیمارهای آزمایشی Treatments	عملکرد دانه Grain yield (Kg. Ha^{-1})	عملکرد کاه و کلش Straw yield (Kg. Ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک Biological yield (Kg. Ha^{-1})	عملکرد تک بوته Grain yield per plant (Gr per plant)	شاخص برداشت Harvest index (%)
۷ روز یک‌بار آبیاری Irrigation once every 7 days	3147.5±50^{a}	5690±186^{a}	8838±129^{a}	1.2±0.02^{a}	35.6±0.9^{a}
۱۴ روز یک‌بار آبیاری Irrigation once every 14 days	2761.3±59^{b}	4944±301^{a}	7705±341^{b}	0.99±0.02^{b}	35.9±1.2^{b}
۲۱ روز یک‌بار آبیاری Irrigation once every 21 days	1792±70^{c}	4169±291^{b}	5961±400^{c}	0.64±0.04^{c}	30±1.1^{b}
۰ کیلوگرم در هکتار 0 kg.ha^{-1} of potassium sulfate	2304.3±232^{c}	4795±380^{bc}	7100±608^{c}	0.83±0.08^{c}	32±0.5^{c}
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار 100 kg.ha^{-1} of potassium sulfate	2580.5±185^{b}	5198±274^{a}	7778±466^{ab}	0.92±0.08^{b}	32.8±0.8^{c}
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار 200 Kg/ha^{-1} of potassium sulfate	2669.5±199^{ab}	4671±252^{c}	7341±424^{bc}	0.98±0.08^{ab}	36.1±0.4^{a}
۳۰۰ کیلوگرم در هکتار 300 kg.ha^{-1} of potassium sulfat	2713.5±198^{a}	5074±126^{ab}	7787±297^{a}	1±0.08^{a}	34.5±0.8^{b}

جدول ۳. ادامه

Table 3. Continued

تیمارهای آزمایشی Treatments	تعداد پنجه Tiller number	تعداد پنجه باور Fertile tiller number	تعداد دانه در سنبله Number of grains per spike	وزن هزار دانه 1000 grain weight (g)
۷ روز یک‌بار آبیاری Irrigation once every 7 days	5.4±0.04^{a}	2.6±0.14^{a}	34.1±0.8^{a}	36.7±0.3^{a}
۱۴ روز یک‌بار آبیاری Irrigation once every 14 days	5.2±0.05^{b}	1.7±0.7^{b}	28.5±0.4^{b}	33±0.3^{b}
۲۱ روز یک‌بار آبیاری Irrigation once every 21 days	4.05±0.05^{c}	1.5±0.1^{c}	25.4±0.7^{c}	28.7±0.4^{c}
۰ کیلوگرم در هکتار 0 kg.ha^{-1} of potassium sulfate	4.84±0.21^{b}	1.7±0.14^{b}	26.6±1.1^{b}	30.9±1.2^{c}
۱۰۰ کیلوگرم در هکتار 100 kg.ha^{-1} of potassium sulfate	4.88±0.22^{ab}	2±0.19^{a}	29.8±1.3^{a}	32.7±1^{b}
۲۰۰ کیلوگرم در هکتار 200 Kg/ha^{-1} of potassium sulfate	4.94±0.19^{ab}	2.1±0.2^{a}	30.1±1.5^{a}	33.4±1.2^{ab}
۳۰۰ کیلوگرم در هکتار 300 kg.ha^{-1} of potassium sulfat	4.95±0.21^{a}	2.05±0.17^{a}	31.1±1.4^{a}	34±1.1^{a}

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد.

Dissimilar letters in each column indicate significant differences at 5% level using the LSD test.

سبحانی و همکاران (Subhani et al., 2015) گزارش دادند که افزایش تنش خشکی باعث کاهش عملکرد دانه گندم رقم B-09035 از ۳۵۲۵ کیلوگرم به ۸۹۵ کیلوگرم شده است که این نشان از اثر منفی تنش آب بر عملکرد دانه می‌باشد. افزایش دورهای آبیاری از ۷ به ۲۱ روز یک‌بار کاهش ۴۳ درصدی عملکرد دانه جو بدون پوشینه را به همراه داشت؛

www.SID.ir

Archive of SID

بنابراین آبیاری به‌موقع و کافی جو بدون پوشینه نقش بسیار مهمی در حصول به عملکرد مطلوب در این گیاه زراعی دارد و تنش خشکی می‌تواند بخش زیادی از عملکرد را دچار نقصان کند. باید توجه داشت شدت‌های مختلف تنش اثرات متفاوتی را ایجاد می‌کنند. به‌طوری‌که افزایش طول دوره‌ی آبیاری از ۷ به ۱۴ روز یک‌بار ۱۲ درصد از عملکرد جو بدون پوشینه را کاهش داد اما کاهش عملکرد به‌واسطه افزایش دوره آبیاری از ۷ به ۲۱ روز باعث کاهش ۴۳ درصدی عملکرد گردید. این نتایج بیان‌گر این نکته است که این گیاه زراعی می‌تواند تا اندازه‌ای شرایط تنش خفیف را تحمل کند.

با توجه به ارزش بسیار زیاد آب در مناطق کویری می‌توان با افزایش دوره آبیاری از ۷ به ۱۴ روز یک‌بار ضمن صرفه‌جویی در مصرف این ماده حیاتی عملکرد قابل قبولی نیز به دست آورد. عملکرد حاصل از شرایط بدون تنش (۷ روز یک‌بار آبیاری) اندکی بیش از برآوردهای وزارت جهاد کشاورزی از عملکرد جو در استان یزد بود (۳۱۴۷/۵ در مقایسه با ۲۹۸۴/۷ کیلوگرم در هکتار) (Ministry of Agriculture, 2008).

نتایج مقایسه میانگین سطوح مختلف سولفات پتاسیم نشان داد که افزایش کاربرد کود پتاسه از صفر به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار تأثیر مثبتی بر عملکرد داشته است؛ اما بین کاربرد ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم تفاوت معنی‌داری در عملکرد دانه مشاهده نشد (جدول ۳)؛ بنابراین برای کاهش هزینه‌های اقتصادی و زیست‌محیطی کاربرد نهاده‌های شیمیایی می‌توان کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم برای حصول به حداکثر عملکرد جو بدون پوشینه در این منطقه را توصیه نمود. نتایج این تحقیق نشان داد کاربرد پتاسیم می‌تواند عملکرد دانه را به میزان ۱۶ درصد افزایش دهد. به‌عبارت‌دیگر کاربرد کود پتاسیم می‌تواند بخشی از اثرات منفی تنش خشکی را جبران نماید، اما به‌طورکلی آبیاری نقش بسیار مهم‌تری نسبت به پتاسیم در حصول عملکرد مناسب جو بدون پوشینه در این تحقیق را ایفا کرد.

عملکرد کاه و کلش

تجزیه واریانس عملکرد کاه و کلش نشان داد بین سطوح مختلف دورهای آبیاری ($P<0.01$)، سطوح مختلف کاربرد کود سولفات پتاسیم ($P<0.05$) و اثر متقابل بین سطوح دورهای مختلف آبیاری و سطوح مختلف کود پتاسیم نیز معنی‌دار بود ($P<0.05$) (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود پتاسیم نشان داد (جدول ۴) بیشترین میزان کاه کلش در ترکیب تیماری ۷ روز یک‌بار آبیاری + ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم (۵۸۸۲ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان کاه و کلش در ترکیب ۲۱ روز یک‌بار آبیاری + صفر کیلوگرم پتاسیم (۳۴۶۹ کیلوگرم در هکتار) حاصل شده است که با یافته‌های دیگر محققین مطابقت دارد (Bruck et al., 2000; Yadavet al., 2001).

در شرایط بدون تنش (۷ روز یک‌بار آبیاری) کاربرد کود پتاسیم تأثیر چندانی بر عملکرد کاه و کلش جو نداشته اما هر چه شدت تنش افزایش یافت اثر کاربرد کود پتاسیم بیشتر مشهود بود به‌طوری‌که بین تیمار ۲۱ روز آبیاری + صفر کیلوگرم در هکتار پتاسیم و تیمار ۲۱ روز آبیاری + ۳۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار تفاوت ۱۲۰۰ کیلوگرمی در عملکرد کاه و کلش وجود داشت. این تفاوت را می‌توان به اثر پتاسیم بر کاهش اثرات منفی تنش خشکی به‌واسطه اثر رشد رویشی بیشتر جو نسبت داد.

عملکرد بیولوژیک

نتایج تجزیه واریانس عملکرد بیولوژیک جو تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و سطوح مختلف کاربرد سولفات پتاسیم ($P<0.01$) و اثرات متقابل بین آن‌ها ($P<0.05$) معنی‌دار بود (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف آبیاری و کود سولفات پتاسیم نشان داد بیشترین میزان عملکرد بیولوژیک در ترکیب تیماری ۷ روز یک‌بار آبیاری + ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم (۹۰۴۹ کیلوگرم در هکتار) و کمترین میزان عملکرد بیولوژیک در ترکیب ۲۱ روز یک‌بار آبیاری + صفر کیلوگرم پتاسیم (۴۹۰۷ کیلوگرم در هکتار) حاصل شد (جدول ۴) بنابراین می‌توان نتیجه گرفت افزایش شدت تنش خشکی موجب کاهش عملکرد بیولوژیک جو می‌شود (Saeidi and Abdol, 2015).

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. مقایسه میانگین اثر متقابل تنش خشکی و کود پتاسیم بر عملکرد کاه و کلش، عملکرد بیولوژیک و تعداد پنجه بارور .

Table 4. Mean comparison of interactions drought stress and potassium sulfate on straw yield, biological yield and fertil tiller number.

فاصله آبیاری (روز) **Irrigation intervals** (day)	کود پتاسیم (کیلوگرم در هکتار) **Potassium sulfate** (kg ha^{-1})	تعداد پنجه بارور **Fertile tiller number**	عملکرد کاه و کلش **Straw yield** (kg ha^{-1})	عملکرد بیولوژیک **Biological yield** (kg ha^{-1})
7	0	2.2±0.05^{b}	5828±285^{a}	8801±399^{a}
	100	2.8±0.05^{a}	5882±263^{a}	9049±289^{a}
	200	2.9±0.05^{a}	5583±214^{ab}	8839±265^{ab}
	300	2.7±0.05^{a}	5468±13^{ab}	8663±25^{ab}
14	0	1.7±0.05^{cd}	5089±420^{cb}	7591±513^{cd}
	100	1.7±0.05^{cd}	5345±280^{abc}	8122±322^{bc}
	200	1.8±0.12^{c}	42755±258^{d}	7093±353de
	300	1.7±0.11^{cd}	5068±149^{cb}	8015±169^{bc}
21	0	1.2±0.06^{e}	3469±142^{e}	4907±200^{g}
	100	1.5±0.06^{d}	4367±403^{d}	6164±494^{f}
	200	1.5±0.06^{d}	4157±161^{d}	6090±171^{f}
	300	1.7±0.05^{cd}	4686±123de	6685±127^{fe}

حروف نامشابه در هر ستون نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در سطح ۵ درصد با استفاده از آزمون LSD می‌باشد.

Dissimilar letters in each column indicate significant differences at 5% level using the LSD test.

در شرایط بدون تنش (۷ روز یک‌بار آبیاری) کاربرد کود پتاسیم تأثیر چندانی بر عملکرد بیولوژیک گیاه جو ندارد اما هر چه شدت تنش افزایش می‌یابد اثر کاربرد کود پتاسیم بیشتر می‌شود به‌گونه‌ای که بین تیمار ۲۱ روز آبیاری + ۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم و تیمار ۲۱ روز آبیاری + ۳۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار تفاوت ۱۶۷۸ کیلوگرمی در عملکرد بیولوژیک وجود دارد. این تفاوت را می‌توان به اثر پتاسیم بر کاهش اثرات منفی تنش خشکی به‌واسطه اثر بر تعداد پنجه گیاه و ارتفاع و سطح برگ آن نسبت داد. به‌طورکلی در شرایط نامطلوب (۲۱ روز آبیاری + صفر کیلوگرم در هکتار پتاسیم) می‌تواند کاهش چشم‌گیر (۴۶ درصد) عملکرد بیولوژیک را در مقایسه با شرایط مطلوب (۷ روز یک‌بار آبیاری + ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم) شاهد بود (جدول ۴).

شاخص برداشت

نتایج تجزیه واریانس شاخص برداشت جو تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و سطوح مختلف سولفات پتاسیم ($P<0.01$) قرار گرفت. اثرات متقابل نیز معنی‌دار نبود (جدول ۲).

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که شاخص برداشت جو در تیمار ۱۴ و ۲۱ روز یک‌بار آبیاری به ترتیب برابر با (۳۵/۹ و ۳۰ درصد بود (جدول ۳). با افزایش تنش خشکی شاخص برداشت کاهش یافت که به تائید دیگر محققین نیز رسیده است (Saeidi and abdoli, 2015; Heidari, 2007)؛ اما با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز یک‌بار اختلاف معنی‌داری برای شاخص برداشت مشاهده نشد؛ بنابراین در تنش خشکی خفیف عملکرد کاه کلش بیش از عملکرد دانه تحت تأثیر قرار می‌گیرد. به‌عبارت‌دیگر گیاه در تنش خفیف ماده فتوسنتزی بیشتری به سمت دانه (زایشی) گسیل داده است تا حداقل کاهش عملکرد دانه را داشته باشد؛ و این خود بیانگر مقاومت نسبی گیاه به تنش خشکی است.

در تیمار کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم بیشترین شاخص برداشت جو حاصل شد (۳۶/۱ درصد) که با عدم کاربرد کود پتاسیم شاخص برداشت به ۳۲ درصد کاهش یافت (جدول ۳)؛ بنابراین کاربرد پتاسیم می‌تواند شاخص برداشت گیاه را بهبود بخشد، اما کاربرد بیش‌ازحد آن موجب اثرات منفی بر این شاخص خواهد شد به‌طوری‌که افزایش کاربرد پتاسیم از ۲۰۰ به ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار موجب کاهش شاخص برداشت جو بدون پوشینه در این تحقیق شد.

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد دانه تک بوته

نتایج تجزیه واریانس عملکرد دانه تک بوته نشان داد که دور-های مختلف آبیاری ($P<0.01$) و سطوح مختلف کود پتاسیم ($P<0.01$) تحت اثر معنی‌دار قرارگرفته و اثرات متقابل بین آن‌ها نیز معنی‌دار نبود (جدول ۲). بیشترین و کمترین عملکرد دانه تک بوته در تیمار ۷ و ۲۱ روز آبیاری به ترتیب برابر با ۱/۲ و ۰/۶۴ گرم به دست آمد (جدول ۳). آب نقش بسیار مهمی در حصول به عملکرد مناسب در تک بوته دارد. به‌طوری‌که با افزایش دوره آبیاری از ۷ روز یک‌بار به ۱۴ روز یک‌بار نزدیک به ۱۸ درصد از عملکرد دانه تک بوته کاهش یافته است؛ اما تنش شدید (۲۱ روز یک‌بار آبیاری) باعث کاهش بسیار بیشتر عملکرد دانه تک بوته شده است به‌طوری-که عملکرد دانه تک بوته در این تیمار نسبت به تیمار ۷ روز یک‌بار آبیاری حدود ۴۷ درصد کاهش یافت که توسط دیگر محققین نیز اشاره شده است (Yadav et al., 2001; Jhan Byn et al., 2001; Khazaee and Kafi, 2001). از آن‌جاکه عملکرد نهایی محصول از مجموع عملکرد تک بوته‌ها حاصل می‌شود با فرض ثابت بودن تراکم در واحد سطح این صفت مهم‌ترین عامل تشکیل‌دهنده عملکرد نهایی گیاه می‌باشد که خود از عوامل دیگری همچون تعداد پنجه بارور در هر بوته، تعداد دانه در هر سنبله و وزن هزار دانه تأثیر می‌پذیرد.

بیشترین میزان عملکرد دانه تک بوته در تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار (۱ گرم) و کمترین آن در عدم کاربرد پتاسیم (۰/۸۳ گرم) حاصل شد (جدول ۳). نتایج نشان داد مصرف کود پتاسیم عملکرد دانه تک بوته را افزایش می‌دهد. بررسی مقایسه میانگین سطوح فاکتور اصلی و فرعی نشان می‌دهد دامنه تغییرات اثر کود پتاسیم بسیار کمتر از اثرات آبیاری می‌باشد. این بدان معناست که مصرف کود پتاسیم می‌تواند تنها بخشی از اثرات منفی تنش خشکی را جبران نماید و آبیاری همچنان اصلی‌ترین عامل در حصول به عملکرد مطلوب جو بدون پوشینه است.

تعداد پنجه در بوته

تجزیه واریانس نشان داد بین دورهای مختلف آبیاری تفاوت معنی‌داری بر تعداد پنجه در بوته وجود داشته است ($P<0.01$) و اثر کاربرد کود سولفات پتاسیم و اثر متقابل بین آن‌ها نیز معنی‌دار نبود است (جدول ۲). مقایسه میانگین داده‌های سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد با افزایش دور آبیاری از ۷ به ۱۴ روز یک‌بار تعداد پنجه در بوته به ترتیب از ۵/۴ به ۴/۵ عدد در بوته کاهش یافته است (جدول ۳)؛ که کاهش تعداد پنجه در گیاه زراعی جو بدون پوشینه به‌واسطه تنش خشکی توسط دیگر محققان نیز گزارش شده است (Ehdaie et al., 2005). مطالعات نشان داده است گیاه زراعی جو بدون پوشینه قابلیت تولید ۳-۷ پنجه را دارد (El-Sayed et al., 2002). دامنه تغییرات محدود تعداد پنجه در این تحقیق نشان داد علی‌رغم تأثیرپذیری این صفت از تنش خشکی تعداد پنجه در هر بوته وابستگی زیادی به خصوصیات ژنتیکی گیاه دارد.

تعداد پنجه بارور

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین دورهای مختلف آبیاری و سطوح کاربرد پتاسیم برای تعداد پنجه بارور تفاوت معنی-داری وجود داشته است ($P<0.01$) اثر متقابل بین فاکتور اصلی و فرعی آزمایش نیز معنی‌دار بود ($P<0.05$) (جدول ۲).

مقایسه میانگین اثر متقابل سطوح مختلف دورهای آبیاری و سطوح مختلف کاربرد کود پتاسیم نشان داد بیشترین تعداد پنجه بارور در ترکیب تیماری ۷ روز یک‌بار آبیاری + ۲۰۰ کیلوگرم پتاسیم (۲/۹ عدد) و کمترین تعداد پنجه بارور در ترکیب ۲۱ روز یک‌بار آبیاری + عدم کاربرد پتاسیم (۱/۲ عدد) حاصل شد (جدول ۴).

نتایج نشان می‌دهد افزایش شدت تنش خشکی موجب کاهش تعداد پنجه بارور در بوته شده است. بررسی دقیق‌تر نتایج نشان می‌دهد حتی در شرایط نسبتاً مناسب (۷ روز یک‌بار آبیاری و کاربرد کود پتاسیم) نیز تعداد پنجه‌های بارور فقط ۵۰ درصد پنجه‌های کل گیاه را شامل می‌شود. این نتایج کمتر از تعداد برآورد شده توسط محققین دیگر همچون اهدایی و همکاران (Ehdaie et al., 2005) است که متوسط پنجه بارور را در جو بدون پوشینه ۴ عدد بیان نموده-اند. دلیل این امر را می‌توان به تنش‌های محیطی چندگانه ازجمله آب‌وخاک با شوری بالا نسبت داد. ازآنجاکه تعداد پنجه بارور در هر بوته یکی از صفات اصلی مؤثر بر عملکرد دانه می‌باشد تعداد کم پنجه بارور باعث عملکرد پایین محصول می‌شود. همچنین مقایسه میانگین نتایج نشان می-دهد در شرایط بدون تنش (۷ روز یک‌بار آبیاری) و تنش آبی خفیف (۱۴ روز یک‌بار آبیاری) کاربرد حداقل کود پتاسیم

www.SID.ir

Archive of SID

(۱۰۰ کیلوگرم در هکتار) باعث افزایش تعداد پنجه بارور می‌شود و مصرف بیش‌تر آن ازلحاظ آماری تأثیر مضاعفی بر این صفت ندارد؛ اما در شرایط تنش شدید (تیمار ۲۱ روز یک‌بار آبیاری) کاربرد حداکثر میزان پتاسیم (۳۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار) بیشترین تعداد پنجه بارور را حاصل نمود. این نتیجه بیان‌گر این نکته است که هرچقدر تنش خشکی شدیدتر گردد تأثیر کاربرد کود پتاسیم نمایان‌تر می‌شود (جدول ۳).

تعداد دانه در سنبله

نتایج تجزیه واریانس تعداد دانه در سنبله نشان داد که این صفت تحت تأثیر دورهای مختلف آبیاری و سطوح مختلف کاربرد کود سولفات پتاسیم قرار گرفته است ($P<0.01$) (جدول ۲). نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیشترین و کمترین تعداد دانه در سنبله در تیمار ۷ و ۲۱ روز یک‌بار آبیاری به ترتیب به ۳۴/۱، ۲۵/۴ عدد حاصل شده است (جدول ۳). ازآنجایی‌که تعداد دانه در سنبله نتیجه چگونگی وضعیت گیاه در مرحله گرده‌افشانی می‌باشد هرگونه تنش در این مرحله می‌تواند اثر منفی بر گرده‌افشانی گذاشته و درنتیجه تعداد دانه تشکیل‌شده در سنبله را کاهش دهد (Jhan Byn et al., 2001). ازآنجایی‌که تعداد دانه در سنبله یکی از اجزای عملکرد مهم در غلات می‌باشد کاهش آن به‌واسطه تنش می‌تواند اثر منفی بر عملکرد داشته باشد.

مقایسه میانگین سطوح مختلف کود پتاسیم نشان داد که با افزایش کود پتاسیم از صفر به ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار تعداد دانه در سنبله از ۲۶/۶ عدد به ۳۱ عدد در سنبله افزایش داشته است (جدول ۲). این نتایج بیان‌گر اثر مثبت مصرف کود پتاسیم بر تعداد دانه در سنبله می‌باشد؛ اما ازآنجایی‌که تفاوت معنی‌داری ازنظر آماری بین مصرف ۱۰۰، ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار وجود نداشت می‌توان تیمار ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار را برای حصول به تعداد دانه مطلوب در سنبله را توصیه نمود، چون مصرف کمتر نهاده‌های شیمیایی علاوه بر صرفه‌جویی اقتصادی از اثرات منفی مصرف کودهای شیمیایی نیز خواهد کاست.

وزن هزار دانه

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که بین دورهای مختلف آبیاری و سطوح مختلف کاربرد پتاسم برای وزن هزار دانه اختلاف معنی‌داری وجود داشته ($P<0.01$) ولی اثرات متقابل بین آن‌ها معنی‌دار نبود (جدول ۲).

مقایسه میانگین دورهای مختلف آبیاری نشان داد بیشترین و کمترین وزن هزار دانه جو به ترتیب در دورهای آبیاری ۷ و ۲۱ روز یک‌بار آبیاری و برابر با ۳۶/۷ و ۲۸/۷ گرم به دست آمده است (جدول ۲). این نتایج نشان داد تنش خشکی اثرات منفی بسیار معنی‌داری بر وزن هزار دانه دارد (Ehdaie et al., 2005)؛ بنابراین می‌توان علت کاهش وزن هزار دانه را افزایش تنفس و کاهش فتوسنتز به‌واسطه تنش بیان نمودند. با افزایش تنش آب فتوسنتز کاهش می‌یابد و به‌طور مستقیم بر فرآیندهای بیوشیمیایی مربوط به فتوسنتز اثر گذاشته و به‌طور غیرمستقیم ورود گازکربنیک به داخل روزنه‌ها را که به علت تنش آب مسدود باشند را کاهش می‌دهد. شرایط تنش شدید تنفس، جذب گازکربنیک، انتقال مواد فتوسنتزی و انتقال مواد خام در آوندهای چوبی به‌سرعت به حد بسیار کم نزول کرده و درنهایت کاهش فتوسنتز را در پی خواهد داشت و گرسنگی اتفاق خواهد می‌افتد (Koocheki et al., 1992; Plaut et al., 2004) که میزان تجمع مواد خشک در دانه‌ها به‌واسطه تنش خشکی کاهش یافته و میزان انتقال ماده خشک (احتمالاً کربوهیدرات ساختمانی) از اندام‌های رویشی به دانه در موقع تنش خشکی کاهش می‌یابد. هم‌چنین آنان گزارش دادند که وزن هزار دانه و وزن دانه در سنبله با وقوع تنش خشکی در مرحله گرده افشانی به‌شدت کاهش یافته است.

در میان سطوح مختلف کاربرد سولفات پتاسیم تیمار عدم کاربرد پتاسیم کمترین (۳۰/۹ گرم) و تیمار ۳۰۰ کیلوگرم در هکتار بیشترین (۳۴ گرم) وزن هزار دانه را به دست آمد (جدول ۲). این نتایج نشان می‌دهد کاربرد کود پتاسیم باعث افزایش وزن هزار دانه گیاه جو بدون پوشینه می‌شود اما ازآنجایی‌که تفاوت معنی‌داری بین مصرف ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم پتاسیم در هکتار وجود ندارد می‌توان تیمار ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم را توصیه نمود.

نتیجه‌گیری

نتایج حاصل از این تحقیق نشان داد که دورهای مختلف آبیاری و مصرف پتاسیم اثر معنی‌داری بر عملکرد و اجزای عملکرد جو بدون پوشینه دارد. نتایج نشان داد بیشترین عملکرد و اجزای آن در تیمار ۷ روز یک‌بار آبیاری حاصل‌شده و تنش خشکی باعث نقصان آن شده است. لذا در صورت عدم

www.SID.ir

Archive of SID

محدودیت آبی می‌توان ۷ روز یک‌بار آبیاری را برای حصول به حداکثر عملکرد این گیاه زراعی توصیه نمود. نتایج نشان داد، جو بدون پوشینه می‌تواند تنش خفیف آبی را با کاهش عملکرد نسبتاً اندک تحمل نماید، لذا در مناطق کویری و خشک که با محدودیت شدید منابع آبی روبرو است می‌توان با ۱۴ روز یک‌بار آبیاری عملکرد قابل قبولی نسبت به شرایط بدون تنش به دست آورد. همچنین کاربرد کودهای پتاسیمی توانست خصوصیات زراعی گیاه را از جنبه‌های مختلف بهبود بخشد و اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهد. ازآنجاکه ازنظر آماری تفاوت معنی‌داری بین تیمار ۲۰۰ و ۳۰۰ کیلوگرم سولفات پتاسیم مشاهده نشد کاربرد ۲۰۰ کیلوگرم در هکتار پتاسیم را می‌توان برای حصول به حداکثر عملکرد این گیاه زراعی توصیه نمود. با توجه به این‌که استفاده بیشتر کود شیمیایی موجب افزایش عملکرد جو بدون پوشینه نشده است لذا کاربرد بیش‌ازحد کودهای پتاسیمی علاوه بر هزینه‌های اقتصادی اثرات منفی زیست‌محیطی نیز در پی خواهد داشت. با توجه به نتایج حاصل از این پژوهش و هم‌چنین شرایط آب و هوایی منطقه میبد می‌توان تیمار ۱۴ روز یک‌بار آبیاری و ۱۰۰ کیلوگرم پتاسیم را برای حصول به عملکرد بیولوژیک قابل‌قبول در گیاه زراعی جو بدون پوشینه در این منطقه توصیه نمود. در پایان پیشنهاد می‌شد برای حصول نتایج بهتر برای توصیه به کشاورزان منطقه، دورهای مختلف آبیاری بین ۷ و ۱۴ روز یک‌بار به همراه دیگر سطوح کاربرد سولفات پتاسیم موردبررسی قرار گیرد.

منابع

Ahmed, S., Gilani, M., 2002. Drought resistance: A potential way to increase dry land crop production in highland Balochistan. Asian Journal of Plant Science. 5, 264-263.

Bertsch, P.M., Thomas, W., 1985. Potassium status of temperate region soils. In: Potassium in Agriculture. ASA-CSSA-Modison, Wiscansin., USA.

Bruck, H., Payne, W.A., Sattelmacher, B., 2000. Effects of phosphorus and water supply on yield, transpiration, water–use efficiency and carbon isotope discrimination of pearl millet. Crop Science. 40, 120-125.

Chaves, M.M., Flexas, J., Pinhiero, C., 2009. Photosynthesis under drought and salt stress: regulation from whole plant to cell. Annals of Botany. 103, 51–60.

Demidchik, V., Cuin, T.A., Svistunenko, D., Smith, S.J., Miller, A.J., Shabala, S., Sokolik, A., Yurin, V., 2010. Arabidopsis root K+-efflux conductance activated by hydroxyl radicals: single-channel properties, genetic basis and involvement in stressinduced cell death. Journal of Cell Science. 123, 1468–1479.

Ehdaie, B., Barnhart, D., Waines, J.G., 2005. Genetic analysis of transpiration efficiency carbon isotope discrimination and growth characters in bread wheat. In: Stableisotopesand Plant Carbon-Water Relations. Academic Press., Massachusetts.

El-Sayed, A.A., 2002. Improvement of food hull - less barley in Egypt. Paper presented in the food earley workshop organization by ICARDA and FAO, 14-17 January 2002. Rom, Italy.

Emam, y., 2007. Cereal Crops. Third edition. Shiraz University Press. 580p. [In Persian].

FAO (Food and Agriculture Organization of the United Nations). 2013. http://faostat.fao.org /site/567/DesktopDefault.aspx?PageID=567# ancor. Accessed 22 November 2013. New York, USA.

Fathi, G., Mc-Donald, G. K., 1997. Comparison of six barley cultivars under drought stress during grain filling nitrogen transfer in the greenhouse, Agriculture Journal. 20, 61-73. [In Persian with English Summary].

Guo, P., Baum, M., Grando, S., Ceccarelli, S., Bai, G., Li, R., 2009. Differentially expressed genes between drought-tolerant and drought-sensitive barley genotypes in response to drought stress during the reproductive stage. Journal Experiment Botany. 60, 31–44.

Hameed, A., Goher, M., Iqbal, N., 2013. Drought induced programmed cell death and associated changes in antioxidants, proteases, and lipid peroxidation in wheat leaves. Biologia Plantarum. 57, 370–374.

www.SID.ir

Archive of SID

Heidari, M., 2007. Response of Plants to Environmental Stresses. First edition. Aras rayane Publishing. 420p. [In Persian].

Janská, A., Hodek, J., Svoboda, P., Záme9cník, J., Prášil, I.T., Vlasáková, E., Milella, L., Ovesná, J., 2013. The choice of reference gene set for assessing gene expression in barley (*Hordeum vulgare* L.) under low temperature and drought stress. Molecular Genetics and Genomics. 288, 639–649.

Jahan Byn, Sh., Tahmasebi Savenstani, Z., Modars Sanvy, A., Karimzadeh, G., 2001. Effect of drought stress on yield and yield components and naked barley genotypes resistance indices. Journal of Agricultural Sciences and natural resources. 4, 34-25. [In Persian with English Summary].

Khazaee, H.F., Kafi, M., 2001. Effects of water stress on root and shoot growth and dry matter distribution in resistant and susceptible wheat varieties. Journal of agricultural research.1, 43-33. [In Persian with English Summary].

Kinet, J.M., Peet, M.M., 1997. Tomato. In: physiology of vegetable crops. CAB International., New York. pp. 207-258.

Koocheki, A., Hosseini, V., Nassiri-mahaliti, M., 2002. Water relations of plants and soils. Mashhad Jahad Daneshgahi Press. 370p. [In Persian].

Koocheki, A., Rashid mohasel, H., Nassiri, M., Sadr Abadi, R., 1992. Principles of physiology, growth and development of crops. Razavi Publications. 404 p. [In Persian].

Malakoti, M. j., Keshvarzm, P., Karimiyan, V. N., 2008. A comprehensive approach to identify and recommend the optimal fertilizer for sustainable agriculture. The seventh edition of the review is complete, Tarbiat Modarres University Press. 358p. [In Persian].

Ministry of Agriculture., 2008. The results of the survey, wheat and barley: Agricultural statistic (2007-2008). 62p. [In Persian].

Nikkhah, H.R., Saberi, M.H., Mahlouji, M., 2010. Study of effective traits on grain yield of two and six row barley genotypes (*Hordeum vulgare* L.) under terminal drought stress conditions. Iranian Journal of Crop Sciences. 12(2), 170-184. [In Persian with English Summary].

Plaut, B., Butow, J., Blunemthal, C.S., Wrigley, C.W., 2004. Trunsport of dry matter into developing wheat kernels and is contribution to graibyield under post – an thesis water deficit and evaluated temperature. Field crops Research. 86, 185–198.

Sadras, V.O., and Milro, S.P., 1996. Soil-water thresholds for the responses of leaf expantion and gas exchange: A review. Field Crops Research. 47, 253-266.

Solomon, S., 2007. Climate Change 2007- the Physical Science Basis: Working Group I contribution to the fourth assessment report of the IPCC (Vol. 4). Cambridge University Press., London.

Subhani, G. M., Abdullah, Ahmad, J., Anwar, J., Hussain, M., Mahmood, A., 2015. Identification of drought tolerant genotypes of barley (*Hordeum vulgare* l.) through stress tolerance indices. The Journal of Animal and Plant Sciences. 25(3), 686-692.

Tas, S., Tas, B., 2007. Some physiological responces of drought stress in wheat genotypes with different ploidity in turkey. World Journal of Agricultural Sciences. 3, 178-183.

Wang, M., Zheng, Q., Shen, Q., Guo, S., 2013. The critical role of potassium in plant stress response. International Journal of Molecular Sciences. 14, 7370–7390 .

Xiong, L., Schumaker, K.S., Zhu, J.K., 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. The plant Cell. 14, 165-183.

Yadav, R., Gayadin, S., Jaiswal, A.K., 2001. Morpho-physiological changes and variable yield of wheat genotypes under moisture stress conditions. Indian Journal Plant Physiology. 6, 390-394.

Zeng, F., Konnerup, D., Shabala, L., Zhou, M., Colmer, T.D., Zhang, G., Shabala, S., 2014. Linking oxygen availability with membrane potential maintenance and K+ retention of barley roots: implications for waterlogging stress tolerance. Plant Cell Environment. 37, 2325–2338.

www.SID.ir

Archive of SID

www.SID.ir