فصلنامه علمی - پژوهشی گیاه و زیست بوم
سال ۸، ویژه نامه شماره ۲-۳۱، تابستان ۱۳۹۱

اثر تنش خشکی و کاربرد کود روی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک سویا (*Glycine max* L.) رقم Williams

حمید فاتح[۱]*، مسعود کریمپور[۱]، وریا ویسانی[۱]، یوسف سهرابی[۱]، هیوا فرهمندی[۱]، سعیده رحیم‌زاده[۱]

چکیده

به منظور بررسی تأثیر تنش خشکی و همچنین کاربرد کود روی بر عملکرد دانه و برخی خصوصیات فیزیولوژیک گیاه سویا، در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان، آزمایشی در تابستان سال ۸۸ به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایه بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام گردید. فاکتورهای آزمایشی شامل تنش خشکی در دو سطح، شاهد (دور آبیاری ۷ روز یکبار) و تنش (دور آبیاری ۱۴ روز یکبار) و دو سطح کود روی شامل سطح اول شاهد، (بدون کاربرد کود روی) و سطح دوم با کاربرد کود روی (۳۵ گرم سولفات روی به ازای هر کرت) بودند. نتایج حاصل از تجزیه آماری نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش معنی‌دار میزان فتوسنتز، تعرق، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب نسبت به شرایط شاهد گردید. کاربرد کود روی باعث افزایش فتوسنتز، هدایت مزوفیلی و کارایی مصرف آب برگ‌ها شد. تحت شرایط تنش خشکی، عملکرد دانه و میزان SPAD کلروفیل برگ به‌طور معنی‌داری کاهش پیدا کرد. نتایج نشان داد که با کاربرد کود روی نسبت به عدم کاربرد آن غلظت روی در دانه حدود ۴۵ درصد افزایش پیدا کرد. در شرایط تنش خشکی غلظت مس دانه افزایش و غلظت منگنز دانه کاهش پیدا کرد، و این در حالی بود که کاربرد کود روی باعث کاهش غلظت مس در دانه گردید. از نظر غلظت آهن دانه، بین تیمارهای آزمایشی اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید.

واژه‌های کلیدی: تنش خشکی، کلروفیل، کود روی، سویا

۱- دانشگاه کردستان، گروه زراعت، سنندج، ایران
* مکاتبه‌کننده: (agri_hamid1243@yahoo.com)

تاریخ دریافت: بهار ۱۳۹۰ تاریخ پذیرش: تابستان ۱۳۹۰

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

حدود۲۶ درصد از زمین‌های مورد استفاده در روی زمین با خشکی مواجه هستند (Jajrami, 2009; Demirevska *et al*, 2008). ایران با میانگین ۲۶۰ میلی‌متر بارندگی، یکی از کشورهای مناطق خشک و نیمه‌خشک محسوب می‌شود (Yazdchi, 2008). کمبود آب یک عامل تنش‌زا برای گیاهان می‌باشد که اغلب موجب کاهش محصول در گیاهان می‌شود (Svobodova & Misha, 2004). اگر آب کافی فراهم نباشد، کاربرد کودها و تولید عملکرد بالا امکان‌پذیر نیست (Ridge, 2002). کمبود آب با تأثیر بر آماس سلولی و در نتیجه باز و بسته‌شدن روزنه‌ها، فرآیندهای فتوسنتز، تنفس و تعرق را تحت‌تأثیر قرار می‌دهد و از طرف دیگر با تأثیر بر فرآیندهای آنزیمی که به‌طور مستقیم با پتانسیل آب کنترل می‌شوند، بر رشد گیاه اثر منفی می‌گذارد. گزارش‌های زیادی مبتنی بر تأثیر کمبود آب بر مختل‌شدن فرآیندهای فیزیولوژیک گیاهان، تغییر متابولیسم کربوهیدرات‌ها و تغییر در ساختمان پروتئین‌ها و فعالیت آنزیم‌ها ارائه شده است (Singh & Patal, *et al.*, 2009; Bahavar1996). عملکرد نهایی گیاه در شرایط کمبود آب از اثرات تنش خشکی بر فتوسنتز، تنفس، انتقال مواد، آمینواسیدهای آزاد، پروتئین‌های محلول، متابولیسم مواد مغذی، فرآیندهای متابولیکی، رشد و زادآوری ناشی می‌شود (سرمدنیا و کوچکی، ۱۳۷۶؛ Bahavar *et al.*, 2009؛ Abdul Jaleel *et al.*, 2009). شواهد بیانگر آن است که تنش خشکی تأثیر مستقیم بر بیوشیمی کلروپلاست نظیر کاهش فعالیت فتوسیستم‌ها، بازدارندگی سیکل کالوین و کاهش فسفوریلاسیون نوری دارد (روحی و همکاران، ۱۳۸۷؛ Wajid *et al.*, 2007).

گیاهان همان‌گونه که بدون عناصر پرمصرف قادر به ادامه حیات نیستند، بدون استفاده از عناصر غذایی کم‌مصرف نیز قادر به ادامه حیات نخواهند بود (ضیائیان، ۱۳۸۲). از حدود ۷۰ سال پیش، روی به عنوان یک عنصر اساسی برای رشد گیاه شناخته شده است و بعد از آن مطالعات زیادی نشان داد که کمبود روی یک مشکل مهم تغذیه‌ای برای گیاهان زراعی است (Tahir *et al.*, 2009؛ Yakan *et al.*, 2000). کمبود عناصری چون روی، آهن، مس و سایر عناصر ریزمغذی در محصولات کشاورزی گسترش جهانی دارد و در خاک‌های ایران به دلایل متعددی از جمله آهکی‌بودن خاک‌های زراعی، اسیدیته بالا، حضور بی‌کربنات فراوان در آب آبیاری، مصرف فراوان و بیش از حد نیاز کودهای فسفاته و درنهایت عدم رواج کودهای محتوی روی و دیگر عناصر ریزمغذی، عمومیت دارد (رفیعی و همکاران، ۱۳۸۳؛ Aamer Maqsood, 2009؛ Kinaci & Kinaci, 2005). تحقیقات انجام گرفته نشان داده‌اند که با افزایش مصرف کود روی، عملکرد دانه افزایش یافته است (رحیمی و مظاهری، ۱۳۸۳؛ Aamer Maqsood, 2009؛ Yakan *et al.*, 2000). گزارش شده است که عملکرد برخی از محصولات مانند ذرت با کاربرد روی در شرایط آبیاری افزایش پیدا کرده است ولی در شرایط تنش خشکی، استفاده از روی تأثیری بر عملکرد نداشته است (Wang & Yin, 2007). Wang *et al* (2009) اظهار داشتند که تحت شرایط تنش خشکی میزان فتوسنتز، هدایت روزنه‌ای و CO_2 زیر روزنه‌ای به‌طور قابل‌ملاحظه‌ای کاهش پیدا کرده است. در این آزمایشات کاهش فعالیت کربنیک آنهیدراز نیز که باعث کاهش فتوسنتز

Archive of SID

www.SID.ir

می‌شود، در شرایط کمبود روی در خاک مشاهده شده است (Wang *et al.*, 2009).

عناصر غذایی کم‌مصرف بیشتر در سیستم‌های آنزیمی گیاه شرکت دارند. مس از اجزای اصلی تشکیل‌دهنده آنزیم پلی‌فنول اکسیداز است که در سنتز کلروفیل و ویتامین‌ها شرکت می‌کند. روی نیز برای رشد گیاهان ضروری بوده و در سنتز هورمون اکسین دخالت دارد و نقش مهمی در ساختن اسید نوکلئیک و پروتئین‌ها داشته و در استفاده گیاه از ازت و فسفر نقش کاتالیزور را ایفا می‌کند. عنصر منگنز نیز برای فعال‌کردن بسیاری از آنزیم‌ها مورد نیاز است (Tate, 1995).

پاسخ گیاهان به تنش‌های مختلف محیطی از جمله تنش خشکی متفاوت بوده که این تفاوت حتی در تقسیمات زیرگونه‌ای نیز مشاهده می‌شود. هرچند گزارش‌ها نشان می‌دهند که سویا جزو گیاهان متحمل به خشکی معرفی می‌باشد، ولی درعین‌حال گزارش شده است که رقم ویلیامز یک رقم کم تحمل به شرایط کم‌آبی است (قربانلی و نیاکان، ۱۳۸۴). هدف از انجام این پژوهش بررسی واکنش گیاه سویا (رقم ویلیامز) به شرایط تنش خشکی و نیز کاربرد کود روی از نظر عملکرد دانه و پارامترهای مربوط به تبادلات گازی برگ می‌باشد.

مواد و روش‌ها

این تحقیق با هدف بررسی تأثیر تنش خشکی و کود روی بر برخی خصوصیات فیزیولوژیک و عملکرد گیاه سویا، رقم ویلیامز به‌صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۴ تیمار و ۳ تکرار در سال زراعی ۸۸ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه کردستان (با مختصات در عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱۶ دقیقه و طول جغرافیایی ۴۷ درجه و ۱ دقیقه و ارتفاع ۱۳۷۵ متر از سطح دریا) انجام گرفت. براساس یک دوره ۱۲ ساله آماری میزان نزولات سالیانه در منطقه ۴۹۲/۱ میلی‌متر است.

قبل از کشت، جهت تعیین خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک مزرعه و همچنین برآورد نیاز کودی گیاه سویا، از پنج نقطه مختلف مزرعه، از عمق ۰ تا ۳۰ سانتی‌متری خاک، نمونه‌برداری انجام گرفت و به آزمایشگاه تجزیه خاک ارسال گردید. ویژگی‌های فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ ارائه شده است.

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعه مورد آزمایش

مس	آهن	منگنز	روی	منیزیم	فسفر	پتاسیم	ECe	pH	بافت خاک
(mg kg^{-1}soil)							(dSm^{-1})		
۰/۷۲۶	۷/۲۷	۶/۶۵۴	۰/۴۶۶	۱۹۱/۳	۱۷/۷۳	۲۸۱	۰/۰۳۸	۷/۸۲	شنی رسی لومی

تیمارهای آزمایشی شامل سطوح آبیاری در دو سطح شاهد (آبیاری هر هفت روز یکبار) و تنش خشکی (آبیاری هر ۱۴ روز یکبار) و کود روی شامل تیمار شاهد (بدون اعمال کود) و کاربرد کود روی (۴۰ کیلوگرم سولفات روی در هکتار) بود. هر کرت آزمایشی در ابعادی معادل ۳×۴ (۱۲ مترمربع) در نظر گرفته شد که شامل فاصله ردیف‌های کاشت ۵۰ سانتی‌متر و فاصله بوته‌های روی ردیف ۲۰سانتی‌متر بود. کاشت سویا در اواخر خردادماه انجام گردید و اعمال تیمارهای آبیاری بعد از مرحله گلدهی لحاظ گردید. جهت اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$)،

Archive of SID

www.SID.ir

تعرق ($mmol\ m^{-2}\ s^{-1}$) و غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای (μmm^{-1})، از دستگاه IRGA، مدل LCA4 استفاده شد. به این منظور با قراردادن قسمت میانی برگ پرچم ساقه اصلی در داخل محفظه شیشه‌ای دستگاه به مدت یک دقیقه، صفات ثبت شدند (Wang *et al.*, 2009). هدایت مزوفیلی ($\mu mol\ CO_2\ m^{-2}\ s^{-1}$) از تقسیم میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ به غلظت CO_2 زیر روزنه‌ای به‌دست آمد (Fischer *et al.*, 1998). کارایی مصرف آب فتوسنتزی ($\mu mol\ CO_2\ mmol^{-1}\ H_2O_2$) نیز از تقسیم میزان فتوسنتز در واحد سطح برگ به تعرق به‌دست آمد. تمامی اندازه‌گیری‌ها در شدت نور محیط (۱۲۰۰-۱۴۰۰ میکرومول فوتون بر متر مربع بر ثانیه) در ساعت ۱۰ تا ۱۲ صبح انجام گردید.

میزان SPAD کلروفیل برگ تیمارهای آزمایشی پس از گلدهی با استفاده از دستگاه کلروفیل‌سنج SPAD ژاپن اندازه‌گیری شد.

به منظور اندازه‌گیری عناصر معدنی، ۰/۵ گرم از نمونه‌های پودرشده بذر سویا در دمای ۵۰۰ درجه سانتی‌گراد به روش خشک سوزانی، خاکستر گردید و به‌صورت محلول درآورده شد. در عصاره به‌دست‌آمده، غلظت روی و منگنز با استفاده از دستگاه جذب اتمی اندازه‌گیری گردید. تجزیه و تحلیل داده‌ها، به کمک نرم‌افزار آماری MSTATC انجام شد. مقایسه میانگین‌های هر صفت با استفاده از آزمون چنددامنه‌ای دانکن و در سطح احتمال ۵ درصد انجام گرفت. برای رسم نمودارها از نرم‌افزار Excel استفاده گردید.

نتایج

همچنانکه در جدول تجزیه واریانس داده‌ها مشاهده می‌گردد بین سطوح آبیاری در سطح یک درصد و بین سطوح کود روی در سطح پنج درصد از لحاظ فتوسنتز برگ اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول ۲). نتایج حاصل از مقایسه داده‌ها حاکی از آن است که با اعمال تنش خشکی به گیاه، میزان فتوسنتز نسبت به شرایط شاهد ۶۹ درصد کاهش پیدا کرد (شکل 1A).

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که بین سطوح آبیاری از لحاظ تعرق در سطح احتمال یک درصد اختلاف معنی‌داری وجود دارد (جدول ۲). درحالی‌که کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری بر تعرق برگ‌های گیاه سویا نداشت. تحت شرایط اعمال تنش (دور آبیاری ۱۴ روز یکبار)، میزان تعرق در حدود ۶۰ درصد کمتر از شرایط شاهد (دور آبیاری ۷ روز یکبار) بود (شکل 1C).

بین سطوح آبیاری و سطوح کود روی از لحاظ میزان هدایت مزوفیلی به ترتیب در سطح احتمال یک درصد و پنج درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۲). با مقایسه سطوح آبیاری مشخص گردید که میزان هدایت مزوفیلی در شرایط شاهد حدود ۷۰ درصد بیشتر از شرایط تنش خشکی بود (شکل 1E). همچنین اعمال کود روی نسبت به عدم اعمال آن منجربه افزایش ۴۶ درصدی در میزان هدایت مزوفیلی گردید (شکل 1D). نتایج تجزیه واریانس نشان داد که سطوح آبیاری و کود روی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر میزان کارایی مصرف آب داشتند (جدول ۲). تنش خشکی باعث کاهش کارایی مصرف آب گردید درحالی‌که کاربرد کود روی باعث افزایش ۶۹ درصد در میزان کارایی مصرف آب بر گ‌های گیاه سویا شد (شکل F و 1G).

Archive of SID

www.SID.ir

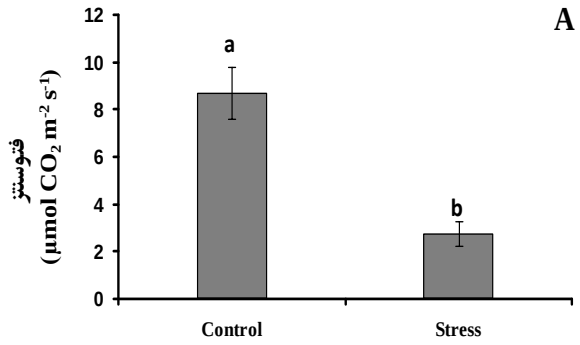
جدول۲- جدول تجزیه واریانس تاثیر سطوح مختلف خشکی و کاربرد کود روی بر فتوسنتز، تعرق، هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب، کلروفیل، غلظت روی، آهن و منگنز و عملکرد دانه گیاه سویا

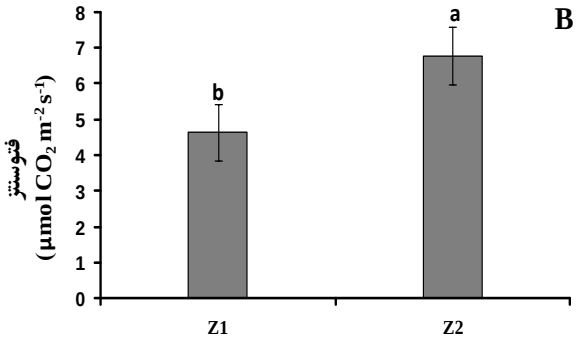
	درجه آزادی (df)	درجه آزادی (df)	تعرق	هدایت مزوفیلی	کارایی مصرف آب	کلروفیل	روی	آهن	مس	منگنز	عملکرد دانه
تکرار	۲	۲	۰.۶۷۶$^{n.s}$	۰.۰۰۰$^{n.s}$	۰.۰۲۲$^{n.s}$	۳.۶۰۷$^{n.s}$	۰.۰۲۴$^{n.s}$	۰.۳۷۸$^{n.s}$	۰.۰۱۷$^{n.s}$	۰.۰۰۲$^{n.s}$	۲۱۴۶۷$^{n.s}$
تنش خشکی	۱	۱	۱۴.۵۴**	۰.۰۰۱**	۱.۸۴۹*	۰.۵۲۱*	۰.۴۶۴**	۱۷.۶۶$^{n.s}$	۰.۹۲۶**	۰.۲۲۵**	۱۱۲۵۹۵۲**
کود روی	۱	۱	۰.۰۸۲$^{n.s}$	۰.۰۰۰*	۳.۹۳۳*	۱.۸۴۱$^{n.s}$	۰.۱۶۸*	۷۸.۰۳$^{n.s}$	۰.۲۷۰**	۰.۰۰۱$^{n.s}$	۲۶۹۹$^{n.s}$
تنش خشکی*کودروی	۱	۱	۱.۹۴۴$^{n.s}$	۰.۰۰۰$^{n.s}$	۰.۰۱۰$^{n.s}$	۰.۶۰۸$^{n.s}$	۰.۱۲۰$^{n.s}$	۱۸.۶۰$^{n.s}$	۰.۰۰۵$^{n.s}$	۰.۰۰۰$^{n.s}$	۸۵۹۱۴$^{n.s}$
خطای آزمایشی	۶	۶	۰.۸۲۰	۰.۰۰۰	۰.۳۶۲	۱۴.۳۹	۰.۰۲۰	۱۶.۸۶	۰.۰۱۲	۰.۰۰۹	۱۷۲۰۵

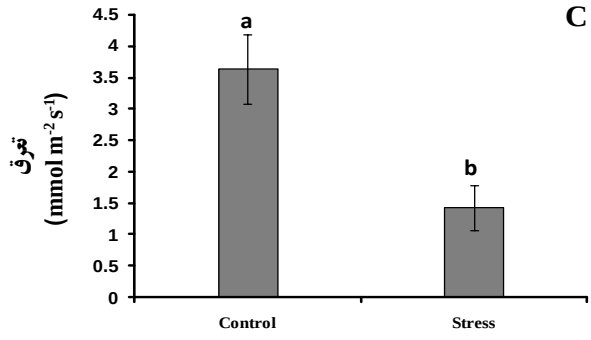
$^{n.s}$: غیرمعنی‌دار، *: معنی‌دار درسطح احتمال ۵٪، **: معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪.

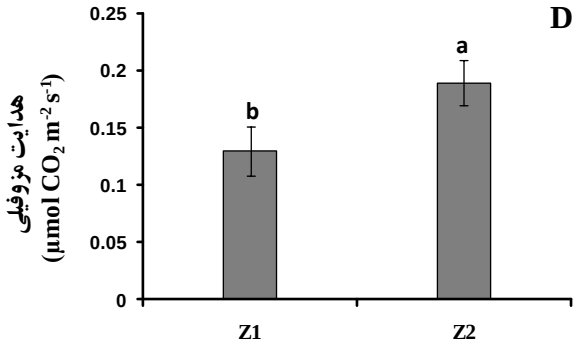
Archive of SID

www.SID.ir

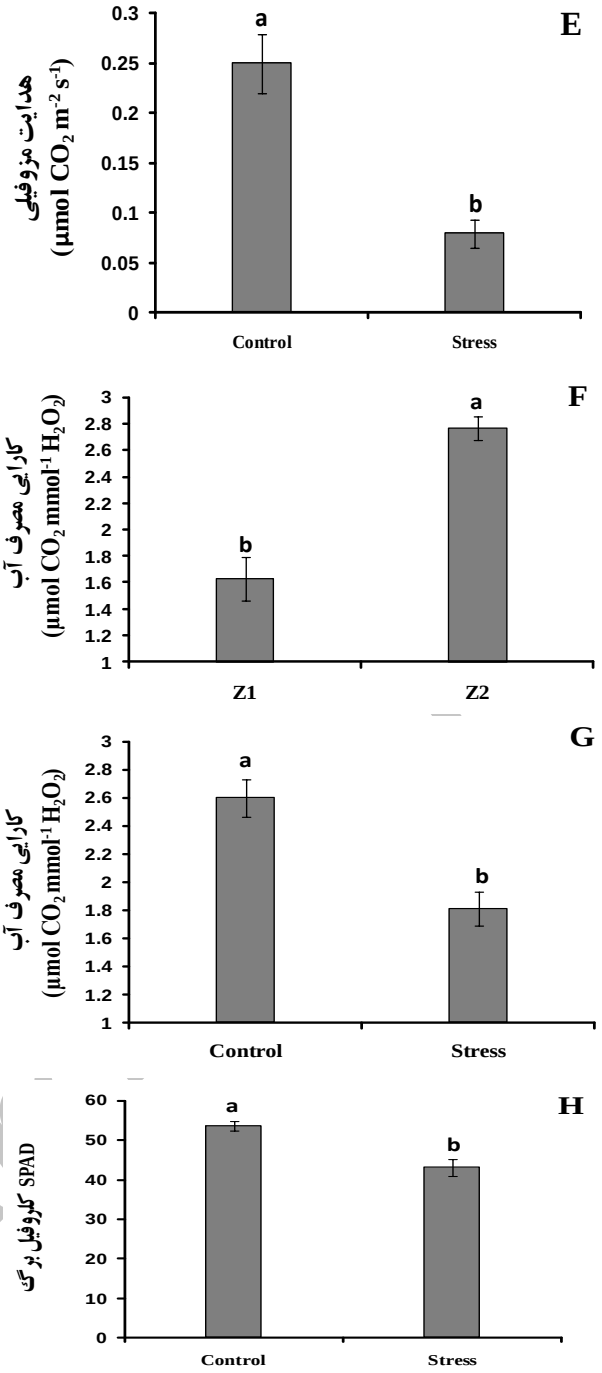

A
فتوسنتز
(µmol CO2 m-2 s-1)
12
10
8
6
4
2
0
a
b
Control
Stress


B
فتوسنتز
(µmol CO2 m-2 s-1)
8
7
6
5
4
3
2
1
0
b
a
Z1
Z2


C
تعرق
(mmol m-2 s-1)
4.5
4
3.5
3
2.5
2
1.5
1
0.5
0
a
b
Control
Stress


D
هدایت مزوفیلی
(µmol CO2 m-2 s-1)
0.25
0.2
0.15
0.1
0.05
0
b
a
Z1
Z2

www.SID.ir



شکل ۱- میانگین میزان فتوسنتز، تعرق، هدایت مزوفیلی، کارایی مصرف آب و کلروفیل برگ‌های گیاه سویا تحت‌تأثیر سطوح مختلف آبیاری در دو سطح شاهد (آبیاری هر هفت روز یکبار) و تنش خشکی (آبیاری هر ١٤ روز یکبار) و کود روی شامل تیمار شاهد (بدون اعمال کود) و کاربرد کود روی (٤٠ کیلوگرم سولفات روی در هکتار).

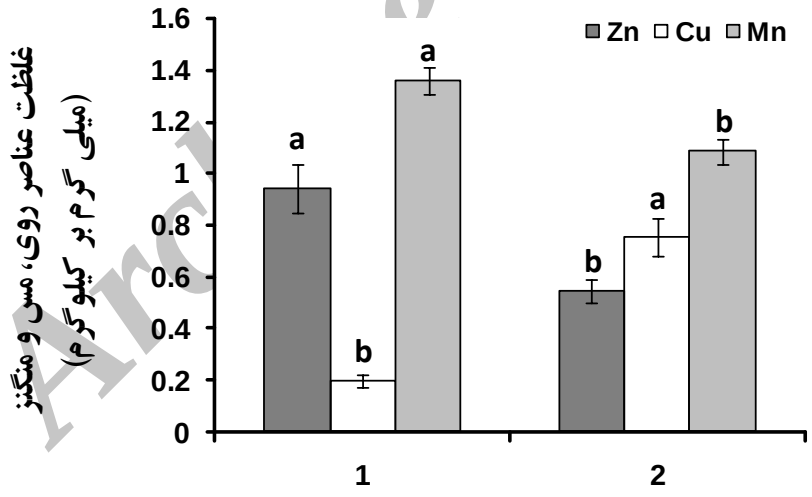
میزان SPAD کلروفیل در سطح احتمال ۵ درصد تحت‌تـأثیر تـنش شـوری قـرار گرفـت (جـدول ۲) و

www.SID.ir

مشخص گردید که تحت شرایط تنش خشکی، میزان SPAD کلروفیل به صورت معنی‌داری کاهش یافت (شکل ۱H).

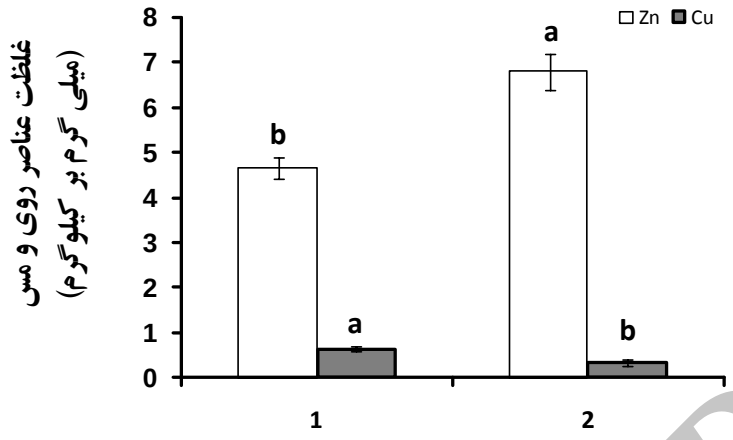
نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که از لحاظ غلظت روی دانه بین سطوح آبیاری و همچنین سطوح کود روی، به ترتیب در سطح یک درصد و پنج درصد اختلاف معنی‌داری وجود داشت (جدول ۲). در شرایط آبیاری بدون تنش (دور آبیاری ۷ روز یکبار)، غلظت روی دانه بیشتر از شرایط تنش خشکی بود (شکل ۲). همچنین با کاربرد کود روی نسبت به عدم کاربرد آن غلظت روی در دانه تیمار با کاربرد کود، حدود ۴۵ درصد افزایش پیدا کرد (شکل ۳).

بین سطوح آبیاری و همچنین سطوح کود روی از لحاظ غلظت مس دانه در سطح یک درصد اختلاف معنی‌دار مشاهده گردید (جدول ۲). میزان غلظت مس در دانه در شرایط آبیاری بدون تنش بسیار کمتر از غلظت مس در دانه تیمارهای تحت تنش خشکی بود. غلظت مس در دانه تیمارهای با آبیاری بدون تنش حدود ۷۵ درصد کمتر بود (شکل ۲). همچنین مشخص گردید که با اعمال کود روی، غلظت مس در دانه نسبت به عدم کاربرد کود روی کاهش یافت و این کاهش معادل ۴۸ درصد بود (شکل ۳). نتایج به‌دست‌آمده از مقایسه میانگین داده‌ها نشان داد که در شرایط آبیاری بدون تنش، غلظت منگنز دانه ۲۵ درصد بیشتر از شرایط تنش خشکی بود (شکل ۲). لازم به ذکر است که از لحاظ غلظت آهن دانه بین تیمارها اختلاف معنی‌داری مشاهده نگردید (جدول ۲).



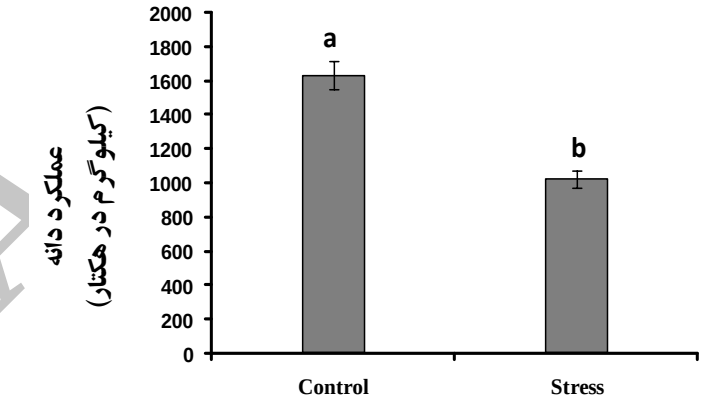
شکل ۲- میانگین میزان غلظت روی، مس و منگنز بذر گیاه سویا تحت تأثیر سطوح مختلف آبیاری در دو سطح شاهد (آبیاری هر هفت روز یکبار) (1) و تنش خشکی (آبیاری هر ١٤ روز یکبار) (2). میزان غلظت روی، مس و منگنز بذر گیاه سویا به طور جداگانه مقایسه میانگین شده و حروف‌گذاری گردیدند.

Archive of SID
www.SID.ir



شکل ۳- میانگین میزان غلظت روی و مس بذر گیاه سویا تحت‌تأثیر سطوح کود روی شامل تیمار شاهد (بدون اعمال کود) (1) و کاربرد کود روی (٤٠ کیلوگرم سولفات روی در هکتار) (2). میزان غلظت روی و مس بذر گیاه سویا به طور جداگانه مقایسه میانگین شده و حروف‌گذاری گردیدند.

نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس داده حاکی از آن است که تنش خشکی تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال یک درصد بر عملکرد دانه سویا داشت. درحالی‌که کاربرد کود روی تأثیر معنی‌داری بر عملکرد دانه نداشت (جدول ۲). عملکرد در شرایط شاهد یا بدون تنش، (دور آبیاری ۷ روز) حدود ۵۹ درصد بیشتر از میزان عملکرد در شرایط تنش خشکی (دور آبیاری ۱۴ روز) بود (شکل ۴).



شکل ٤- میانگین میزان عملکرد دانه گیاه سویا تحت‌تأثیر سطوح مختلف آبیاری در دو سطح شاهد (آبیاری هر هفت روز یکبار) و تنش خشکی (آبیاری هر ١٤ روز یکبار) و کود روی شامل تیمار شاهد(بدون اعمال کود) و کاربرد کود روی(٤٠ کیلوگرم سولفات روی در هکتار).

Archive of SID
www.SID.ir

بحث و نتیجه‌گیری

همچنانکه اشاره شد با اعمال تنش خشکی به گیاه، میزان فتوسنتز نسبت به شرایط شاهد کاهش پیدا کرد (شکل 1A). شواهد نشان داده است که با افزایش تنش خشکی، مقاومت روزنه‌ای افزایش می‌یابد و این امر سبب کاهش فتوسنتز می‌گردد (صمیمی سده و همکاران، ۱۳۸۶؛ Siddique *et al.*, 1999). گیاه تحت تنش، توانایی کافی برای جذب فوتون‌های دریافتی و استفاده از آن‌ها در فتوسنتز را ندارد. در این شرایط به علت محدودیت در تأمین آب، با افزایش شار فوتون‌ها، امکان استفاده از انرژی آن‌ها جهت فعالیت فتوسنتزی میسر نشده و گیاه زودتر روزنه‌های خود را بسته و در نتیجه زودتر به اشباع نوری می‌رسد. در تیمارهای بدون تنش سرعت فتوسنتز تابعی از شدت نور می‌باشد و عموماً اشباع نوری یا به وقوع نمی‌پیوندد و یا در حوالی ظهر شرعی اتفاق می‌افتد (ناظم السادات و همکاران، ۱۳۸۶). گزارش شده است که کاهش فتوسنتز در تنش خشکی شدید به دلیل کاهش کارایی فتوسیستم II می‌باشد (محسن‌زاده و همکاران، ۱۳۸۲؛ Xu & Zhou, 2005). میزان فتوسنتز برگ با اعمال کود روی افزایش پیدا کرد و این افزایش معادل ۴۵ درصد بود (شکل 1B).گزارش شده است که با کمبود روی، میزان فتوسنتز و همچنین کلروفیل برگ کاهش یافته است. کاهش فعالیت کربنیک آنهیدراز نیز که باعث کاهش فتوسنتز می‌شود، در شرایط کمبود روی در خاک مشاهده شده است (Wang *et al.*, 2009).

Loboda (2000) با اندازه‌گیری میزان فتوسنتز در طی یک دوره هفت روزه در یک آزمایش نتیجه گرفت که میزان فتوسنتز گیاه گندم و جو تحت شرایط تنش خشکی در طول دوره کمتر از شرایط بدون تنش بود و در آخرین روز تنش (حداکثر اعمال تنش)، میزان فتوسنتز خالص در شرایط تنش خشکی به نصف میزان فتوسنتز خالص در شرایط شاهد رسید. و این درحالی بود که در طول دوره آزمایش مشخص گردید که با کاربرد کود روی، میزان فتوسنتز بعد از آبیاری نسبت به عدم کاربرد کود، افزایش نشان داد. Wang *et al* (2009) گزارش کردند که کاربرد کود روی در شرایط آبیاری مناسب، منجربه افزایش غلظت پتاسیم سلول‌های محافظ روزنه شده و از این طریق باعث باز و بسته شدن بهتر روزنه‌ها می‌شود.

تحت شرایط اعمال تنش (دور آبیاری ۱۴ روز یکبار)، میزان تعرق درحدود ۶۰ درصد کمتر از شرایط شاهد (دور آبیاری ۷ روز یکبار) بود (شکل 1C). با توجه به آن چه در مورد فتوسنتز بیان شد می‌توان گفت که اثر تنش خشکی بر سرعت فتوسنتز بیشتر از سرعت تعرق بوده است. گیاه برای اینکه بتواند از خشکی اجتناب نماید و از مقدار آب محدودی که در اختیار دارد نهایت استفاده را به عمل آورد، اقدام به بستن روزنه‌های خود می‌کند تا از هدررفتن آب جلوگیری شود و این عامل ممکن است یکی از دلایل کاهش فتوسنتز و تعرق برگ‌های گیاه سویا تحت شرایط تنش خشکی بوده باشد.. با شروع دوره خشکی تا مدتی گیاه تعرق خود را در سطح حداکثر نگه می‌دارد ولی با تداوم دوره خشکی اقدام به تنگ‌نمودن روزنه‌های خود و در نهایت بستن آن‌ها می‌نماید (مرادی و همکاران، ۱۳۸۴). Jones (1998) اظهار داشت که بسته‌شدن روزنه برای مدت طولانی می‌تواند به تخریب کلروپلاست منتهی شود.

Archive of SID

www.SID.ir

مجموعه مکانیسم‌های درونی برگ را که به فرآوری CO_2 می‌انجامد هدایت مزوفیلی نامیده‌اند (سی و سه مرده و همکاران، ۱۳۸۳). با مقایسه سطوح آبیاری مشخص گردید که میزان هدایت مزوفیلی در شرایط شاهد حدود ۷۰ درصد بیشتر از شرایط تنش خشکی بود (شکل 1E). کاهش فتوسنتز و فرآوری CO_2 به مفهوم پایین بودن میزان هدایت مزوفیلی و عدم توانایی سلول‌های مزوفیل در استفاده از CO_2 می‌باشد. بنابراین کاهش هدایت مزوفیلی را می‌توان عامل موثر در نقصان فتوسنتز تحت تنش خشکی به‌حساب آورد.

تحت شرایط تنش خشکی، میزان SPAD کلروفیل به صورت معنی‌داری کاهش یافت (شکل 1H). میزان کلروفیل برگ، فاکتور مهمی در تعیین هدایت مزوفیلی، سرعت فتوسنتز و ماده خشک تولیدی است (کافی و همکاران، ۱۳۸۲). تنش خشکی منجربه کاهش کلروفیل برگ شده است. طبق بررسی‌های انجام شده، کاهش غلظت کلروفیل در شرایط خشکی به واسطه تأثیر تنش خشکی بر تجزیه کلروفیل‌ها و پراکسیداسیون آن است (احمدی و سی و سه مرده، ۱۳۸۳؛ عباس‌زاده و همکاران، ۱۳۸۶؛ Bahavar *et al.*, 2009). حفظ غلظت کلروفیل، تحت تنش، به ثبات فتوسنتز در این شرایط کمک می‌کند. به نظر می‌رسد که کاهش فتوسنتز، تحت تنش، تا حدی به واسطه کاهش غلظت کلروفیل بوده باشد (احمدی و سی و سه مرده، ۱۳۸۳).

عملکرد در شرایط شاهد یا بدون تنش، (دور آبیاری ۷ روز) حدود ۵۹ درصد بیشتر از میزان عملکرد در شرایط تنش خشکی (دور آبیاری ۱۴ روز) بود (شکل ۴). خشکی در مرحله پرشدن دانه، به‌ویژه اگر با افزایش دما همراه باشد، موجب تسریع در پیری برگ‌ها، کاهش طول دوره پرشدن دانه، کاهش میانگین وزن دانه‌ها و افت عملکرد می‌شود (Giunta *et al.*, 1993; Santvari *et al.*, 2002). این فرآیند به دلیل کاهش انتقال مواد فتوسنتزی به دانه‌های در حال توسعه صورت می‌پذیرد (فتحی و مک دونالد، ۱۳۷۶).

نتایج حاصل از این پژوهش نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش فتوسنتز، تعرق، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی گیاه سویا گردید. باتوجه به نقشی که فاکتورهای فتوسنتزی فوق در رشد و عملکرد گیاه می‌توانند ایفا کنند، می‌توان این طور استنباط نمود که تنش خشکی از طریق کاهش فتوسنتز، تعرق، کارایی مصرف آب و هدایت مزوفیلی باعث کاهش عملکرد گیاه سویا شده باشد. همچنین نتایج نشان داد که تنش خشکی باعث کاهش غلظت روی در دانه گیاه سویا شد. نتایج نشان داد که کاربرد روی، تأثیر مثبتی در کاهش تنش خشکی و بهبود وضعیت گیاه تحت شرایط تنش خشکی دارد. بنابراین استفاده از کود روی در مناطقی که کشت در مناطق خشک و نیمه‌خشک صورت می‌گیرد تا حدودی می‌تواند باعث تعدیل اثرات تنش خشکی گردد و کاربرد آن در چنین مناطقی می‌تواند قابل‌توصیه باشد.

منابع

احمدی،ع.، و ع.سی و سه مرده. ۱۳۸۳. اثر تنش خشکی بر کربوهیدرات‌های محلول، کلروفیل و پرولین در چهار رقم گندم سازگار با شرایط متفاوت اقلیمی ایران، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۲۵، شماره ۳، صفحات ۷۶۳-۷۵۳

Archive of SID
www.SID.ir

رحیمی،م.م.، و د.مظاهری. ۱۳۸۳ تاثیر عناصر ریزمغذی‌های آهن و روی بر روی عملکرد و اجزا عملکرد کشت دوم دو رقم آفتابگردان در منطقه ارسنجان، مجله پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی، شماره ۶۴، صفحات ۲۰-۱۶

رفیعی،م.، ح.نادیان، ق.نورمحمدی، و م.کریمی. ۱۳۸۳. اثرات تنش خشکی و مقادیر روی و فسفر بر غلظت و کل جذب عناصر در ذرت، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۱، صفحات ۲۳۵-۲۴۳

روحی،ا.، و ع.سی و سه مرده. ۱۳۸۷. بررسی تبادلات گازی در ژنوتیپ‌های گندم (*Triticum aestivum* L.). در شرایط تنش خشکی. نهال و بذر. جلد ۲۴. شماره ۱. ۶۲-۴۵.

سرمدنیا،غ.ح.، و ع.کوچکی. ۱۳۷۶. جنبه‌های فیزیولوژی زراعت دیم، انتشارات جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۴۲۴

سی و سه مرده،ع.، ع.احمدی، ک.پوستینی، و ح.ابراهیم زاده. ۱۳۸۳. عوامل روزنه‌ای و غیرروزنه‌ای کنترل‌کننده فتوسنتز و ار تباط آن با مقاومت به خشکی در ارقام گندم، مجله علوم کشاورزی ایران، جلد ۳۵، شماره ۱، صفحات ۹۳-۱۰۶

صمیمی سده،ن.، ج.صبا، ف.شکاری، و ک.سلیمانی. ۱۳۸۶. قابلیت استفاده از صفات فیزیولوژیک به عنوان شاخص ارزیابی مقاومت به خشکی گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، شماره ۵. صفحات ۲۸-۴۵.

ضیائیان،ع. ۱۳۸۲. استفاده از عناصر کم مصرف در کشاورزی، نشر آموزش کشاورزی، صفحه ۲۰۷

عباس زاده،ب.، ا.شریفی عاشورآبادی، م.ح.لباسچی، م.نادری حاج بیاقرکندی، و ف.مقدمی. ۱۳۸۶. اثر تنش خشکی بر میزان پرولین، قندهای محلول، کلروفیل و آب نسبی (RWC) بادرنجبویه (*Melissa officinalis* L.). فصلنامهٔ علمی‌پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران، جلد ۲۳، شماره ۴، صفحات ۵۱۳-۵۰۴

فتحی،ق.ا.، و گ.ک.مک دونالد. ۱۳۷۶. مقاومت شش رقم جو از نظر قابلیت انتقال تحت شرایط خشکی طی دوره پرشدن دانه در گلخانه، مجله علوم کشاورزی، جلد ۲۰، شماره‌های ۱و۲. صفحات ۶۱-۷۳

قربانلی،م.، و م.نیاکان. ۱۳۸۴. بررسی اثر تنش خشکی بر روی میزان قندهای محلول، پروتئین، پرولین، ترکیبات فنلی و فعالیت آنزیم نیترات ریدوکتاز گیاه سویا رقم گرگان ۳، نشریه علوم دانشگاه تربیت معلم، جلد ۵، شماره ۱ و ۲، صفحات ۵۳۷ -۵۵۰

کافی،م.، ا.زند، ب.کامکار، ح.ر.شریفی، و م.گلدانی. ۱۳۸۲. فیزیولوژی گیاهی، جلد دوم، جهاد دانشگاهی مشهد، صفحه ۳۷۵.

محسن زاده،س.، ص.فرهی آشتیانی، م.ع.ملبوبی، و ف.قناتی. ۱۳۸۲. اثر تنش خشکی و کلروکولین کلراید بر رشد و فتوسنتز گیاهچه دو رقم گندم (*Triticum aestivum* L.). مجله پژوهش و سازندگی، شماره ۶۰، صفحات ۵۶-۶۴

Archive of SID

www.SID.ir

مرادی،ع.، ع.احمدی، و م.جودی. ۱۳۸۴. عکس العمل فتوسنتز و هدایت روزنه‌ای به تنش شدید و خفیف خشکی در مراحل مختلف رشدی، اولین همایش ملی حبوبات، پژوهشکده علوم گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد.

ناظم السادات،س.م.ج.، و س.ع.کاظمینی. ۱۳۸۶. تاثیر تنش آبی و تابش فعال فتوسنتزی بر سرعت فتوسنتز گندم. مجله علوم کشاورزی و منابع طبیعی، جلد ۱۴، شماره ۶، صفحات ۳۱-۳۹

Aamer Maqsood,M., Rahmatullah, S.H.Kanwal, T.Aziz, and M.Ashraf. 2009. Evaluation of zn distribution among grain straw of twelve indigenous wheat (*Triticum aestivum)* genotypes. Pakistan Journal of Botany, 41(1): 225-231

Abdul Jaleel,C., P.Manivannan, A.Vahid, M.Farooq, H.J.Al-Juburi, R.Somasudram, and P.Vam. 2009. Drought stress in plants: A review on morphological characteristics and pigments composition. International Journal of Agriculture and Biologhy, 11(1): 100-105

Bahavar.N., A.Ebadi, A.Tobeh, and S.H.Jamati Somarin. 2009. Effects of nitrogen application on growth of irrigated chickpea (*Cicer arietinum* L.) under drought stress in hydroponics conditions. Research Journal of Environmental Sciences, 3(4): 448-455

Demirevska,K., L.Simova-Stoilova, V.Vassileva, I.Vaseva, B.Grigorova, and U.Feller. 2008. Drought-induced leaf protein alternations in sensitive and toleranct wheat varieties. Plant Physiology, 34 (1-2): 79-102

Fischer,R.A., D.Rees, K.D.Sayre, Z.M.Lu, A.G.Candon, and A.L.Saavedra. 1998. Wheat yield progress associated with higher stomatal conductance and photosynthetic rate, and cooler canopies. Crop Sciences, 38: 1467-1475

Giunta,F., R.Motazo, and M.Deidda. 1993. Effects of drought onyield and yield components of durum wheat and triticale in Mediterranean environment. Field Crop Research, 33: 399-409

Jajrami,V. 2009. Effect of water stress on germination indices in seven wheat cultivar. Wrold Academy of Science, 49: 105-106

Jones,H.G. 1998. Stomatal control of photosynthesis and transpiration. Journal of Experimental Botany, 49: 387-398

Kinaci,G., and E.Kinaci. 2005. Effect of zinc application on quality traits of barley in semi arid zones of Turkey. Plant Soil Environment, 51(7): 328-334

Loboda,T. 2000. Gas exchange of spring barley and wheat grown under mild water shortage. Photosynthetica, 38(3): 429-432

Ridge,I. 2002. Water and transport in plant. In: I, Ridge, (ed.), Plants. Oxford Univercity press pp 105-165

Santvari,F., C.Royo, and I.Romagosa. 2002. Pattern of grain filling of spring and winter hexaploid triticales. Europian Journal of Agronomy, 16: 219-230

Archive of SID

www.SID.ir

Siddique,M.R.B., A.Hamid, and M.S.Islam. 1999. Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf gas exchange of wheat. Botanical Bulletin of Academia Sinica, 40: 141-145

Singh,J., and A.L.Patal. 1996. Water statuses, gaseous exchange,proline accumulation and yield of wheat in response to water stress. Annual of Botany Luhiana, 12: 77-81

Svobodova,I., and P.Misha. 2004. Effect of drought stress on the formation of yield elements in spring barley and the potential of stress expression reduction by foliar application of fertilizers and growth stimulator. Plant Soil Environment, 10: 439-446

Tahir,M., N.Fiaz, M.A.Nadeem, F.Khalid, and M.Ali. 2009. Effect of different chelated zinc sources on the growth and yield of maize (*Zea mays* L.). Soil and Environments, 28(2): 179-183

Tate,R.L. 1995. Soil microbiology, John Wiley and sons, Newyork, pp 398

Wajid,A., K.Hussain, M.Maqsood, A.Ahmad, and A.Hussain. 2007. Influence of drought on water use efficiency in wheat in semi-arid regions of Panjab. Soil and Environments, 26(1): 64-68

Wang,H., R.L.Liu, and J.Y.Jin. 2009. Effects of zinc and soil moisture on photosynthetic rateand chlorophyll fluorescence parameters of maize. Biologia Plantarum, 53 (1): 191-194

Wang,H., and J.J.Yin. 2007. Effects of zinc deficiency and drought on plant growth and metabolism of reactive oxygen species in maize (*Zea Mays* L.). Agricultural Sciences in Chain, 6(8): 988-995

Xu,Z.Z., and Zhou. 2005. Effects of water stress on photosynthesis and nitrogen metabolism in vegetative and reproductive shoots of *Leymus chinensis*. Photosynthetica, 43(1): 29-35

Yakan,H., M.A.Gurbuz, F.Avsar, H.Surek, and N.Beser. 2000. The effect of zinc application on rice yield and some agronomic characters. Cahiers Options Mediterraneennes, 1-4

Yang,J., J.Zahang, Z.Huang, Q.Zhu, and L.Wang. 2000. Remobilization of carbon reserves is improved by controlled soil–drying during grain filling pf wheat. Crop Science, 40: 1645-1655

Yazdchi,S. 2008. Evaluation of yield and some characteristics of ten spring barley (*Hordeum vulgare*) varieties under limited and non limited irrigation. Research Journal of Biological Sciences, 3(12): 1456-1459

Archive of SID

www.SID.ir