Iranian Journal of Field Crop Science
Vol 48, No 1, Spring 2017 (57-70)
DOI: 10.22059/ijfcs.2017.125574.653878

علوم گیاهان زراعی ایران
دورهٔ ۴۸، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۶ (ص ۷۰-۵۷)

بهبود عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت در شرایط کمبود آب با کاربرد میکوریزا و محلول‌پاشی سولفات روی

محمدعلی ابوطالبیان[1*] و نسرین خدابنده لو[2]
۱ و ۲. استادیار و دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٤/۳/۱۷ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۹)

چکیده

به¬منظور بررسی تأثیر قارچریشه (میکوریزا) و محلول¬پاشی سولفات روی (zn) بر رقم ذرت NS640 در شرایط تنش کم‌آبی، آزمایشی به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار در مزرعهٔ دانشگاه بوعلی سینا در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. کرت اصلی شامل چهار سطح آبیاری پس از ٦۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس A و کرت فرعی شامل دو عامل محلول‌پاشی سولفات روی و کود زیستی قارچریشهٔ گونهٔ *Glomus mosseae* به‌صورت فاکتوریل هرکدام در دو سطح کاربرد و بدون کاربرد بود. نتایج نشان داد که همهٔ صفات تحت تأثیر تنش کم آبی قرار گرفتند. تأثیر قارچریشه و محلول‌پاشی نیز بر همهٔ صفات به‌جز شمار بلال در بوته معنی‌دار بود. وزن صد دانه تحت تأثیر تیمار استفادهٔ توأم از قارچریشه و محلول‌پاشی روی ۳۰/۳۹ درصد افزایش یافت. کاربرد قارچریشه عملکردهای دانه و زیست‌توده (بیوماس) را در هر چهار سطح تنش افزایش داد اما محلول‌پاشی سولفات روی تنها در سطوح آبیاری پس از ٦۰ و ۹۰ میلی‌متر موجب افزایش عملکرد دانه شد. همچنین محلول‌پاشی سولفات روی در مقایسه با بدون محلول‌پاشی عملکرد زیست‌توده را ۱۱ درصد افزایش داد. بیشترین کارایی مصرف آب به میزان ۱/۸ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب نیز از سطح آبیاری ۹۰ میلی‌متر و استفاده از قارچریشه به‌دست آمد.

واژه‌های کلیدی: کود زیستی، عملکرد زیست‌توده، وزن دانه.

Improving yield and water use efficiency of corn under water deficit conditions by using mycorrhiza and foliar application of zinc sulfate

Mohammad Ali Aboutalebian[1*] and Nasrin Khodabandehloo[2]
1, 2. Assistant Professor and M. Sc. Student of Agronomy, Faculty of Agriculture, Bu Ali Sina University, Hamedan, Iran
(Received: Jun. 7, 2015 - Acceptred: May 8, 2016)

ABSTRACT

In order to investigate the effect of mycorrhiza and foliar application of zinc sulfate on yield, yield components and water use efficiency of a corn hybrid (cv NS640) under water deficit stress conditions, an experiment was carried out in a randomized complete block design as split plot factorial with three replications at research station of Bu Ali Sina University of Hamedan in 2014. The main plots consisted of four irrigation levels (irrigation after 60, 90, 120 and 150 mm cumulative evaporation from pan A) and subplots were consisted of two factors including zinc sulfate (non and foliar application with 0.5 percent zinc sulfate concentration) and *Glomus mosseae* mycorrhizae (non and mycorrhizae inoculum) in factorial. The results showed that all traits were affected by water stress. The effect of mycorrhiza and zinc sulfate foliar application on all traits except for number of ears per plant were significant. The simultaneous use of mycorrhiza and foliar zinc sulfate increased the 100 kernel weight by 30.39%. Mycorrhiza increased grain and biological yields in all four levels of water deficit stress but foliar application of zinc sulfate increased only grain yield by irrigation after 60 and 90 mm cumulative evaporation. Also compared with non foliar zinc sulfate application biological yield increased to 11%. The highest water use efficiency (1.8 kg grains per cubic meter of water) obtained from using mycorrhiza and irrigation after 90 mm cumulative evaporation.

Keywords: Biofertilizer, biological yield, grain weight.

* Corresponding author E-mail: aboutalebian@yahoo.com Tel: +98 8134424192

Archive of SID
www.SID.ir

مقدمه

ذرت از قدیمی‌ترین گیاهان زراعی مورد استفادهٔ انسان، دام و طیور است. این گیاه در سال ۲۰۰۵ بین محصولات زراعی از نظر عملکرد و میزان تولید در جهان رتبهٔ اول و از نظر سطح زیر کشت مقام سوم (پس از گندم و برنج) را داشته است. خشکی به‌عنوان مهم‌ترین عامل محدودکنندهٔ غیرزنده رشد و عملکرد گیاهان به شمار می‌آید (Cheong *et al.*, 2003). کمبود رطوبت در خاک جذب بسیاری از عنصرهای غذایی به‌ویژه آن‌ها که با انتشار به سطح ریشه می‌رسند را کاهش می‌دهد (Taiz & Zeiger, 1998). اعمال روش‌های مدیریتی مناسب در مزرعه می‌تواند آسیب‌های ناشی از این تنش را به کمترین رسانده و در بهبود تولید محصولات سودمند باشد. افزون بر ظرفیت ذاتی گیاهان برای تحمل تنش‌های غیرزنده، بسیاری از گیاهان در طبیعت با قارچ‌های قارچریشهٔ (میکوریزا) آربوسکولار رابطهٔ همزیستی برقرار می‌کنند که به‌وسیلهٔ آن، تحمل این گیاهان در مقابل بسیاری از شرایط تنش‌زا افزایش یافته و درنتیجه این گیاهان رشد و تولید خود را در این شرایط حفظ می‌کنند (Ruiz-Lozano *et al.*, 2006). بنابر نتایج بررسی‌های Shahoseini *et al.* (2013)، تنش کم آبی میزان تجمع مادهٔ خشک در فصل رشد ذرت را تحت تأثیر قرار داده و استفاده از قارچ‌های قارچریشهٔ آربوسکولار گونه‌های *Glomus mosseae* و *G. intraradices* در شرایط تنش رطوبتی در مزرعه توانست در افزایش عملکرد و کارایی مصرف آب مؤثر باشد. پژوهش‌ها گویای آن است که ترکیب نظام‌های کم نهاده و بوم‌شناختی (اکولوژیک) و تلقیح توأم قارچریشه و باکتری‌های آزادزی تثبیت‌کنندهٔ نیتروژن، می‌تواند جایگزین مناسبی برای کودهای شیمیایی و نظام‌های پرنهاده باشد (Jahan *et al.*, 2007). همچنین نشان داده شده است که همزیستی برنج با قارچ‌های قارچریشه به علت تجمع مولکول پاداکسندگی (آنتی‌اکسیدانی) گلوتاتیون و کاهش تجمع هیدروژن پراکسید می‌تواند سبب بهبود مقاومت این گیاه به خشکی شود (Ruiz-Sanchez *et al.*, 2010). استفاده از قارچریشه از راه انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در منافذ ریز خاک با افزایش جذب آب و عنصرهای غذایی و انتقال آن‌ها به گیاه، می‌تواند اثرگذاری منفی تنش خشکی بر گیاه را کاهش دهد (Sajedi *et al.*, 2010). از سوی دیگر، اغلب اوقات وضعیت تغذیه‌ای نامناسب نیز اثرگذاری تنش خشکی و کمبود آب را پیچیده‌تر می‌کند. تغذیهٔ مناسب گیاهی در بالا بردن سطح تحمل گیاهان در مقابل انواع تنش‌ها نقش بسزایی دارد و در این میان عنصر روی، یکی از هفت عنصر ریزمغذی (کم‌مصرف) و ضروری در تغذیهٔ گیاه است. ذرت در کنار گیاهانی مانند برنج، سویا، حبوبات، سورگوم، مرکبات، درختان میوه و به‌ویژه انگور بیشترین حساسیت را به کمبود عنصر روی دارد (Zand *et al.*, 2009). کاربرد خاکی عنصرهای ریزمغذی به‌ویژه در شرایط آهکی بودن خاک‌ها مانند بیشتر مناطق زراعی ایران، سبب می‌شود افزون بر پایین بودن کارایی جذب آن‌ها توسط گیاه، از لحاظ اقتصادی نیز بسیار پرهزینه باشد و از این‌رو می‌توان از روش‌های جایگزین مانند محلول‌پاشی بهره جست. اغلب در محلول‌پاشی عنصر روی از دو ترکیب رایج یعنی سولفات روی ($ZnSO_4$) و کلات روی (Zn EDTA) استفاده می‌شود که در این بین سولفات روی به علت ارزان‌تر بودن اولویت بیشتری دارد (Zand *et al.*, 2009). هدف از انجام این تحقیق بررسی نقش قارچریشه، محلول‌پاشی سولفات‌روی و اثرگذاری هم‌افزایی آن‌ها بر امکان کاهش عوارض ناشی از کمبود رطوبت در ذرت بوده است که با بررسی عملکرد، اجزای عملکرد و کارایی مصرف آب ذرت انجام گرفته است.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۹۳ در مزرعهٔ تحقیقاتی دانشکدهٔ کشاورزی دانشگاه بوعلی‌سینا همدان با ارتفاع ۱۶۹۰ متر از سطح دریا و مختصات عرض جغرافیایی ۳۵ درجه و ۱ دقیقهٔ شمالی و طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۳۱ دقیقهٔ شرقی اجرا شد. منطقهٔ تحقیق از نظر اقلیمی جزء مناطق نیمه‌خشک و سرد، با میانگین بارندگی سالیانهٔ ۳۳۳ میلی‌لیتر و متوسط دمای ۲۴ درجهٔ سلسیوس در گرم‌ترین ماه سال بر پایهٔ آمار هواشناسی ۵۵ ساله است. در این بررسی از ذرت

Archive of SID

www.SID.ir

سینگل کراس NS640 استفاده شد که مبدأ آن کشور صربستان بوده و از رقم‌های متوسط رس (FAO600) به شمار می‌آید. در این بررسی تنش کم‌آبی به‌عنوان عامل اصلی و کود زیستی قارچریشه و محلول‌پاشی سولفات روی به‌عنوان عامل‌های فرعی به‌صورت کرت‌های خردشده (اسپلیت پلات) فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی در سه تکرار بررسی شد. تنش رطوبت با آبیاری پس از ۶۰، ۹۰، ۱۲۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر از تشت تبخیر کلاس Aدر کرت‌های اصلی و محلول‌پاشی سولفات روی در دو سطح بدون کاربرد و محلول‌پاشی در دو بار در طول فصل رشد با غلظت ۵ در هزار (Malakooti & Tehrani, 1999) در مراحل ۶-۴ برگی و پیش از ظهور گل‌آذین نر و سطوح کود زیستی قارچریشه نیز در دو سطح کاربرد و بدون کاربرد بود که این دو عامل اخیر به‌صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. قارچ قارچریشه‌ای مورد استفاده *Glomus mosseae* بود که از شرکت زیست فناوران توران تهیه و بنا بر توصیهٔ شرکت تولیدکننده حداکثر به میزان ۲۰ گرم در مترمربع در هنگام کاشت در محل قرارگیری بذرها و در تماس با آن‌ها مصرف شد. عملیات تهیهٔ زمین شامل یک شخم و دو دیسک عمود برهم بود که پس از آن با توجه به نتایج آزمایش خاک، ۱۵۰ کیلوگرم نیتروژن از منبع اوره و ۱۰۰ کیلوگرم فسفات از منبع سوپرفسفات تریپل در هکتار به‌کار رفت. در جدول ۱ مشخصات فیزیکوشیمیایی خاک مزرعهٔ آزمایش بیان شده است. یک‌سوم کود نیتروژن و همهٔ کود فسفر در زمان کاشت و مابقی کود نیتروژن در دو مرحلهٔ هفت برگی و پیش از ظهور گل‌آذین نر به خاک داده شد. هر کرت شامل شش ردیف کاشت به طول ۶ متر با فاصلهٔ ۷۵ سانتی‌متر، فاصلهٔ بذرها روی ردیف ۱۸ سانتی‌متر و تراکم کاشت ۷۵۰۰۰ بوته در هکتار در نظر گرفته شد. اعمال تیمارهای دور آبیاری از مرحلهٔ هشت برگی و به‌صورت نشتی آغاز شد. پس از سبز شدن و استقرار گیاهچه‌ها عملیات تنک کردن برای رسیدن به تراکم مطلوب انجام شد. عملیات کنترل علف‌های هرز در دوران رشد به‌صورت دستی و مبارزهٔ شیمیایی با استفاده از علف‌کش توفوردی انجام شد.

به‌منظور تعیین عملکرد نهایی، در مرحلهٔ رسیدگی کامل از چهار ردیف میانی هر کرت آزمایشی با رعایت حاشیه از بالا و پایین ردیف‌ها، ۳ مترمربع برداشت شده و برای خشک شدن نهایی به مدت یک هفته در هوای آزاد نگه‌داری شد. پیش از جدا کردن دانه از بلال، وزن کل بوته‌ها (برگ، ساقه، بلال و دانه) تعیین شد و عملکرد زیست‌توده (بیوماس) برحسب تن در هکتار تعیین شد. پس از جدا کردن دانه‌ها از بلال، وزن دانه‌ها با ترازوی دقیق آزمایشگاهی با دقت یک‌هزارم گرم توزین و عملکرد دانه برحسب تن در هکتار و رطوبت ۱۴ درصد محاسبه شد. وزن صد دانه پس از انتخاب یک نمونهٔ تصادفی از دانه‌های به‌دست‌آمده از هر تیمار شمارش شد و برحسب گرم محاسبه شد. صفاتی مانند شمار بلال در بوته، شمار ردیف دانه در بلال، شمار دانه در ردیف، وزن صد دانه و شمار دانه در بلال از میانگین دانه، ده بوته به دست آمد. شاخص برداشت از تقسیم عملکرد دانه به عملکرد زیست‌توده (Ntanos & Koutroubas, 2002) به‌دست آمد. برای محاسبهٔ کارایی مصرف آب آبیاری از نسبت عملکرد دانهٔ تولیدشده برحسب کیلوگرم در هکتار بر حجم آب مصرف‌شده برحسب مترمکعب در هکتار استفاده شد. در زمان آبیاری کرت‌ها که پس از رسیدن میزان تبخیر تجمعی به یکی از چهار سطح ۶۰، ۹۰، ۱۲۰و ۱۵۰میلی‌متر تبخیر بود با استفاده از رابطهٔ (۱) میزان آب لازم برای رسیدن به حد ظرفیت زراعی تعیین و با استفاده از کنتور حجمی میزان آب محاسبه‌شده به کرت‌ها داده شد.

$$V= (Fc-P0) \times A_S \times D \times 100 \qquad (1)$$

V= حجم آب برحسب مترمکعب در هکتار (میزان آب مصرفی در طول دورهٔ رشد برای تیمارهای ۶۰، ۹۰، ۱۲۰و ۱۵۰ به‌ترتیب عبارت بود از ۷۹۳۱، ۵۱۶۴، ۴۲۶۱ و ۳۵۶۱ مترمکعب در هکتار)، F_c= درصد رطوبت وزنی خاک در مرحلهٔ ظرفیت زراعی (۲۸/۵۶درصد)، P_0= درصد رطوبت وزنی خاک در زمان آبیاری، A_S= وزن مخصوص ظاهری خاک (۱/۴۴گرم بر سانتی‌مترمکعب)، D= عمق توسعه یا گسترش ریشه (۳۰ سانتی‌متر).

Archive of SID

www.SID.ir

پس از کنترل عادی (نرمال)بودن باقی‌ماندهٔ داده‌ها، همهٔ محاسبات آماری شامل تجزیهٔ واریانس و مقایسهٔ میانگین‌ها، برابر طرح آماری، به کمک نرم‌افزارهای SAS و MSTAT-C با آزمون دانکن و در سطح آماری ۵درصد صورت گرفت. برای رسم نمودارها نیز از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش

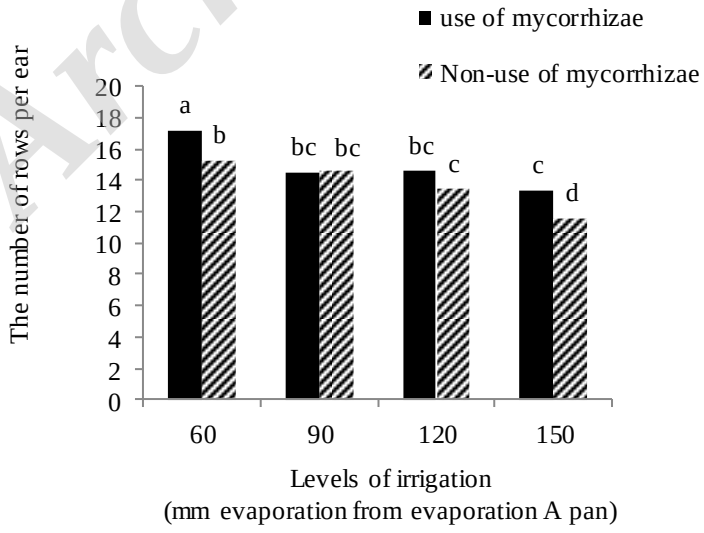
Table 1. Physical and chemical properties of the soil in the experimental site

Organic carbon (%)	EC (dS/m)	pH	Zn (ppm)	Total N (%)	K (ppm)	P (ppm)	Soil texture	Sand (%)	Silt (%)	Clay (%)
0.72	0.409	7.7	0.88	0.1	220	8.2	Clay Loam	20	45	35

نتایج و بحث

تعداد ردیف دانه دربلال

نتایج به‌دست‌آمده از تجزیهٔ واریانس داده‌ها نشان می‌دهد که اثرگذاری اصلی و تأثیر آبیاری در قارچریشه بر این صفت معنی‌دار است. با افزایش شدت تنش، شمار ردیف دانه در بلال کاهش یافت، اما استفاده از قارچریشه با انتشار میسیلیوم‌های خارجی خود در روزنه‌های ریز خاک (که در آن‌ها امکان ورود ریشه‌های موئین برای جذب آب وجود ندارد)، با افزایش جذب آب و عنصرهای غذایی و انتقال آن‌ها به گیاه (Sajedi *et al.*, 2010)، تا حدودی توانست اثرگذاری منفی تنش را بر این صفت کاهش دهد. بنابراین در گیاهان تلقیح‌شده با قارچریشه با افزایش جذب عنصرهای غذایی حتی در شرایط کمبود رطوبت توانایی گیاه در تحمل به تنش افزایش می‌یابد. Aboutalebian & Shabrandi (2013) نیز گزارش کردند که شمار ردیف دانه در بلال در گیاهانی که با قارچ قارچریشه تلقیح شده بودند، افزایش یافت. بیشترین شمار ردیف دانه در بلال از تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر و استفاده از قارچریشه (۱۷/۱۶) و کمترین میزان آن از تیمار دور آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچریشه (۱۱/۵۸) به دست آمد، همچنین محلول‌پاشی سولفات روی توانست این صفت را نسبت به عدم محلول‌پاشی ۶/۵۶ درصد افزایش دهد (شکل ۱). در واقع می‌توان گفت به دلیل نقش مثبت روی در بهبود گرده‌افشانی (Abaspoor *et al.*, 2011) و افزایش قطر بلال (Mohseni, *et al.*, 2012) شمار ردیف دانه در بلال افزایش می‌یابد.



شکل ۱. اثر دور آبیاری و میکوریزا بر تعداد ردیف دانه در بلال

Figure 1. The effect of irrigation and mycorrhizae on the number of rows per ear

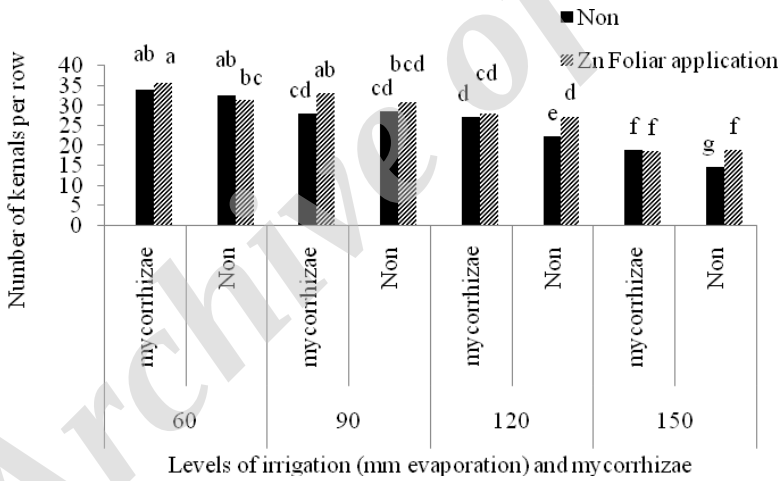
Archive of SID

www.SID.ir

تعداد دانه در ردیف

نتایج گویای معنی‌دار بودن اثرگذاری اصلی و اثر متقابل سه‌گانه بر شمار دانه در ردیف بود. تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر و کاربرد توأم قارچریشه و محلول‌پاشی با ۳۵/۸۳ و تیمار ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچریشه و عدم محلول‌پاشی با ۱۴/۵ به ترتیب بیشترین و کمترین شمار دانه در ردیف را داشتند (شکل ۲).

نتایج تحقیقات نشان داده، افزایش فواصل آبیاری با اثرگذاری منفی بر تلقیح و پر شدن دانه‌ها سبب افزایش طول کچلی بلال (Masjedi *et al.*, 2009) می‌شود که یکی از دلایل آن افزایش فاصلهٔ گرده‌افشانی و کاکل‌دهی در اثر تنش خشکی است (Edmeades, 1999). از سوی دیگر در مرحلهٔ ۱۰ تا۱۲ برگی کامل که پتانسیل شمار ردیف دانه در بلال مشخص می‌شود و یا ۱۲ تا ۱۸ برگی که تعیین‌کنندهٔ شمار دانه روی ردیف است، کمبود رطوبت می‌تواند سبب کاهش طول بلال و شمار دانهٔ بالقوه در بلال شود.کاهش طول بلال در این مراحل حتی در صورت تأمین آب کافی در مراحل بعدی نیز قابل جبران نخواهد بود (Basafa & Taherian, 2009). محلول‌پاشی با روی و استفاده از قارچریشه سبب افزایش شمار دانه در ردیف می‌شود. این مسئله گویای نقش مهم عنصر روی در گرده‌افشانی و تشکیل دانه و کمک به ساخت پروتئین است (Abaspoor, 2011). همچنین قارچ قارچریشه برای نقش مثبت در افزایش تحرک عنصرهای غذایی در شرایط تنش خشکی (Boomsma & Vyn, 2008)، به افزایش طول بلال و شمار دانه در ردیف کمک می‌کند. نتایج همسانی توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Sajedi & Madani, 2009).



شکل ۲. اثر دور آبیاری، میکوریزا و محلول‌پاشی سولفات روی بر تعداد دانه در ردیف

Figure 2. The effect of irrigation, mycorrhizae and zinc sulfate foliar application on number of kernels per row

تعداد دانه دربلال

با توجه به جدول۲، همهٔ اثرگذاری‌های اصلی، تأثیر آبیاری در محلول‌پاشی و اثر متقابل سه‌گانه بر شمار دانه در بلال معنی‌دار است. تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر و کاربرد قارچریشه و محلول‌پاشی با ۶۴۱/۳۸ و تیمار دور آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچریشه و عدم محلول‌پاشی با ۱۹۹/۵۶ به‌ترتیب بیشترین و کمترین شمار دانه در بلال را به خود اختصاص دادند (شکل ۳). گزارش شده که شمار دانه در بلال حساس‌ترین جزء عملکرد به کمبود آب است. تنش آب در زمان گلدهی می‌تواند به خروج کاکل‌ها از غلاف بلال صدمه زده و باعث خشکی آن‌ها شده و شمار دانه‌های تشکیل‌شده در بلال را کاهش دهد (Schussler & Westgate, 1991). از بین عنصرهای غذایی روی نقش مهمی در گرده‌افشانی دارد و کمبود این عنصر سبب کاهش تشکیل دانه (کچلی) و درنهایت کاهش عملکرد می‌شود (Mohseni *et al.*, 2012).

Archive of SID

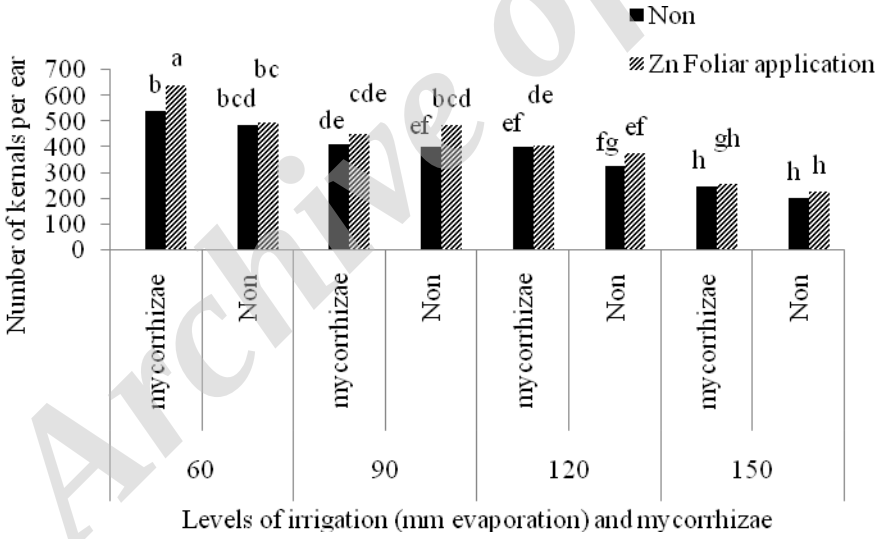
www.SID.ir

در تیمار آبیاری مطلوب همراه با محلول‌پاشی، کاربرد قارچریشه توانست این صفت را حدود ۳۰ درصد نسبت به بدون کاربرد آن افزایش دهد (شکل۳). قارچ قارچریشه سبب بهبود ارتباط گیاه میزبان با رطوبت موجود در خاک می‌شود. بنابراین جذب عنصرهای غذایی کم‌تحرک مانند فسفر، روی و مس توسط گیاهان قارچریشه‌ای در شرایط تنش خشکی افزایش می‌یابد (Elwan, 2001). مجموعهٔ این عامل‌ها به همراه بهبود جذب نیتروژن در گیاهان قارچریشه‌ای، سبب افزایش شمار دانه در بلال و درنهایت افزایش عملکرد می‌شود. Mobasser *et al.* (2012) نیز اظهار داشتند که قارچ‌های قارچریشه منجر به افزایش شمار دانه در هر بلال می‌شود.

جدول ۲. تجزیهٔ واریانس صفات مورد ارزیابی تحت تیمارهای به کار رفته روی ذرت

Table 2. Analysis of variance for different characteristics of corn affected by treatments

S.O.V	df	Mean Squares								
		Number of rows per ear	Number of kernels per row	100 kernel weight	Number of ears per plant	Number of kernels per ear	Grain yield	Biological yield	Harvest index	Water use efficiency
Block	2	0.025^{ns}	5.08^{ns}	1.82^{ns}	0.06^{ns}	258.74^{ns}	0.10^{ns}	6.48^{ns}	63.01^{ns}	0.004^{ns}
Irrigation (I)	3	28.65**	557.68**	283.31**	1.55**	199732.32**	88.03**	268.46**	341.37**	0.42**
Main Error	6	0.79	3.37	1.24	0.017	305.35	0.96	3.83	67.74	0.051
Mycorrhizae (M)	1	16.47**	53.55**	99.61**	0.058^{ns}	23359.33**	42.71**	96.75**	323.96*	1.96**
Foliar Application (F)	1	10.02**	63.84**	59.42**	0.034^{ns}	21697.53**	22.90**	35.31**	219.30*	0.79**
I*M	3	2.47*	2.8^{ns}	5.68*	0.024^{ns}	6533.31**	2.78*	7.37*	29.58^{ns}	0.13*
I*F	3	1.01^{ns}	6.41^{ns}	0.79^{ns}	0.0065^{ns}	1162.50^{ns}	2.16*	2.68^{ns}	30.02^{ns}	0.057^{ns}
M*F	1	0.12^{ns}	1.61^{ns}	6.05*	0.0082^{ns}	16.81^{ns}	0.92^{ns}	0.12^{ns}	72.66^{ns}	0.042^{ns}
I*M*F	3	1^{ns}	12.66*	2.1^{ns}	0.0096^{ns}	3234.36*	0.86^{ns}	0.34^{ns}	31.57^{ns}	0.030^{ns}
Sub error	24	0.57	2.85	1.27	0.016	890.03	0.68	2.11	45.31	0.034
C.V. (%)	--	5.3	6.28	5.7	8.82	7.53	12.55	8.75	17.44	14.93



شکل۳. اثر دور آبیاری، میکوریزا و محلول‌پاشی سولفات روی بر تعداد دانه در بلال

Figure 3. The effect of irrigation, mycorrhizae and foliar zinc sulfate on the number of kernels per ear

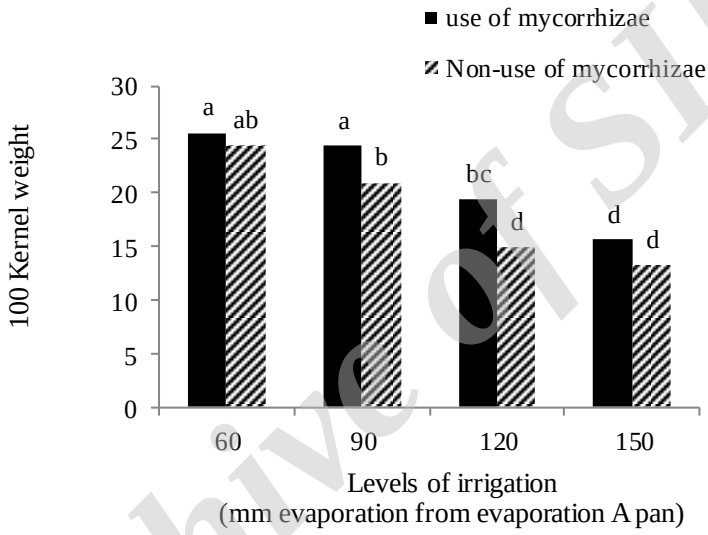
وزن صد دانه

جدول ۲ نشان می‌دهد که افزون بر اثرگذاری‌های اصلی، اثر متقابل دور آبیاری در قارچریشه و قارچریشه در محلول‌پاشی بر وزن صد دانه معنی‌دار است. بیشترین وزن صد دانه به میزان ۲۵/۶۴ گرم از تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر و کاربرد قارچریشه به دست آمد که البته تفاوت معنی‌داری با بدون کاربرد قارچریشه در این دور آبیاری نداشت و کمترین میزان این صفت نیز به میزان ۱۳/۲۵ گرم از تیمار دور آبیاری ۱۵۰ و بدون کاربرد قارچریشه به دست آمد (شکل۴). نتایج به‌دست‌آمده از مقایسهٔ میانگین‌ها نشان می‌دهد که قارچریشه در سطوح ۶۰ و ۱۵۰ میلی‌متر تأثیر معنی‌داری بر وزن صد دانه نداشته، اما در دور آبیاری ۹۰ و ۱۲۰ میلی‌متر، توانسته این

Archive of SID

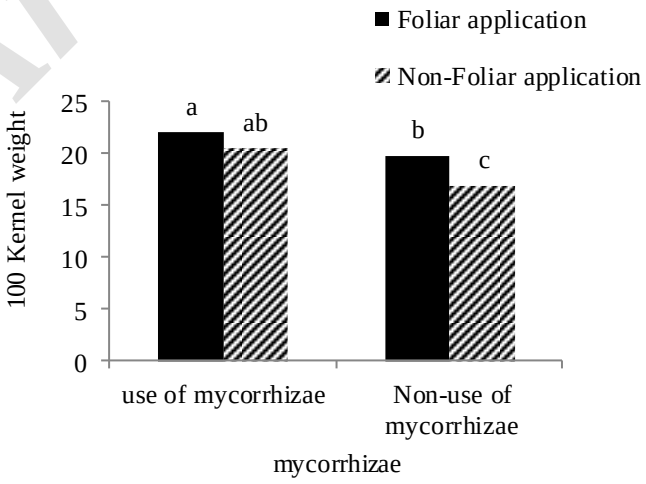
www.SID.ir

شاخص را نسبت به بدون کاربرد قارچریشه به ترتیب حدود ۱۶ و ۳۰ درصد بهبود بخشد. Jamshidi *et al.* (2010) بیان کردند که افزایش عملکرد در گیاهان زراعی با افزایش برگ و جذب مواد غذایی همبستگی مثبتی دارد. بنابراین در چنین شرایطی تولید مواد نورساختی (فتوسنتزی) افزایش یافته و انتقال این مواد به سمت مخازن (بذرها) موجب افزایش وزن هزار دانه در شرایط کاربرد قارچ قارچریشه می‌شود. در مورد اثر متقابل قارچریشه در محلول‌پاشی نیز بیشترین وزن صد دانه از تیمار استفادهٔ توأم از قارچریشه و محلول‌پاشی به دست آمد که توانست این صفت را نسبت به عدم محلول‌پاشی و بدون کاربرد قارچریشه به میزان ۳۰/۳۹ درصد افزایش دهد (شکل ۵). در شرایط کاربرد قارچریشه بین محلول‌پاشی و عدم محلول‌پاشی تفاوتی وجود نداشت، زیرا وجود قارچریشه سطح تماس ریشه و طول ریشه‌های قارچریشه‌ای را افزایش می‌دهد (Zahra & Loynachan, 2003). اما در شرایط نبود قارچریشه، محلول‌پاشی به دلیل تأمین عنصر روی سهم قابل‌توجهی در افزایش وزن صد دانه داشته است (شکل ۵).



شکل ۴. اثر دور آبیاری و میکوریزا بر وزن صد دانه

Figure 4.The effect of irrigation and mycorrhizae on 100 kernel weight



شکل ۵. اثر میکوریزا و محلول‌پاشی سولفات روی بر وزن صد دانه

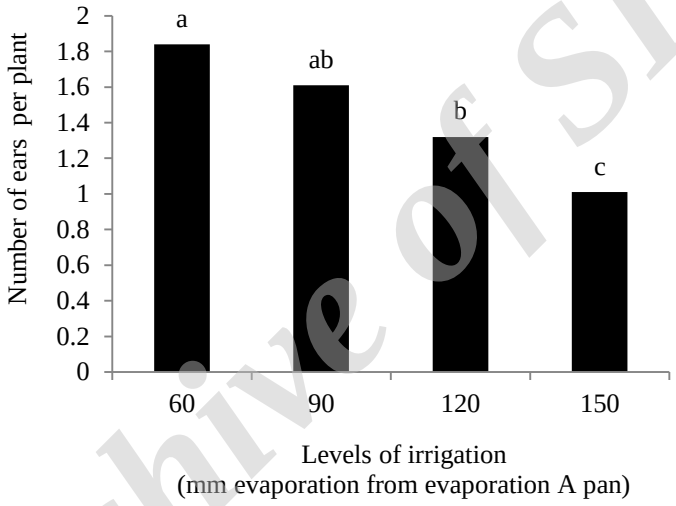
Figure 5. The effect of mycorrhizae and zinc sulfate foliar application on100 kernel weight

Archive of SID

www.SID.ir

تعداد بلال در بوته

این صفت تنها تحت تأثیر دور آبیاری قرار گرفت و تأثیر کاربرد قارچریشه و محلول‌پاشی بر آن معنی‌دار نبود. با افزایش شدت تنش، شمار بلال در بوته کاهش یافت. تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر با ۱/۸۴عدد توانست بیشترین شمار بلال در بوته را به خود اختصاص دهد که در مقایسه با تیمار ۱۵۰ میلی‌متر افزایش ۸۲/۱ درصدی را نشان می‌دهد (شکل۶). Cakir (2004) نشان داد که شمار بلال در بوته به‌طور معنی‌داری تحت تأثیر تنش آب در هر مرحله از رشد ذرت قرار گرفت. وی نشان داد که بیشترین شمار بلال در بوته از تیمارهایی به دست آمد که آبیاری در دو مرحلهٔ حساس از رشد ذرت یعنی مرحلهٔ تشکیل بلال و مرحلهٔ تاسلینگ صورت گرفته بود و کمترین شمار بلال نیز از تیماری به دست آمد که آبیاری در این دو مرحله از رشد قطع شده اما در دیگر مراحل رشد انجام شده بود. Hajibabaei & Azizi (2012) نیز نشان دادند که با افزایش شدت تنش از ۷۰ به ۱۰۰ میلی‌متر تبخیر شمار بلال در بوته به‌طور معنی‌داری کاهش یافت. می‌توان چنین استنباط کرد که افزایش شدت تنش موجب کاهش عرضه آب و عنصرهای غذایی به محل رشد بلال شده و بنابراین شمار بلال در بوته را کاهش داده است.



شکل ۶. اثر دور آبیاری بر تعداد بلال در بوته

Figure 6. The effect of irrigation on the number of ears per plant

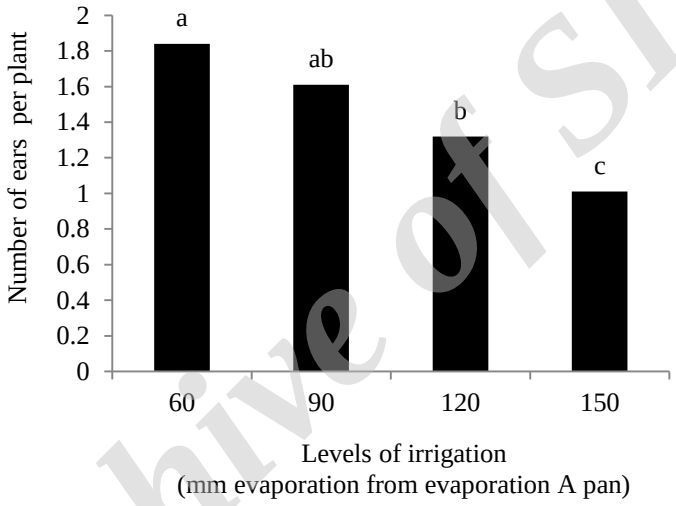
عملکرد دانه

عملکرد دانه تحت تأثیر اثرگذاری اصلی، آبیاری در قارچریشه و آبیاری در محلول‌پاشی در سطح ۵ درصد قرار گرفت. در اثر متقابل آبیاری در قارچریشه بیشترین عملکرد دانه از تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر و کاربرد قارچریشه معادل ۱۰/۲۶ تن در هکتار و کمترین آن از تیمار ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچریشه معادل ۲/۸۶ تن در هکتار به دست آمد (شکل ۷). در مورد اثر متقابل آبیاری در محلول‌پاشی نیز تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر و محلول‌پاشی با عملکرد دانه ۱۰/۷۱ تن در هکتار و دور آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر و عدم محلول‌پاشی با ۳/۴۷ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد دانه را به خود اختصاص دادند (شکل ۸). به نظر می‌رسد در شرایط بدون تنش، محلول‌پاشی سولفات روی تأثیر بیشتری بر عملکرد دانه داشت. در شرایط رطوبتی مناسب جذب و انتقال ریزمغذی‌هایی مانند روی در گیاهان با آسانی بیشتری صورت گرفته و طبیعی است که در شرایط بدون تنش تأثیر محلول‌پاشی سولفات روی بر عملکرد بیشتر باشد (Baniabas shahri *et al*., 2011). شاید دلیل دیگر، بازتر بودن روزنه‌های برگ‌ها در شرایط بدون تنش باشد که جذب محلول سولفات روی را افزایش می‌دهد. زیرا عمده گزارش‌ها گویای این موضوع است که در شرایط تنش خفیف دستگاه

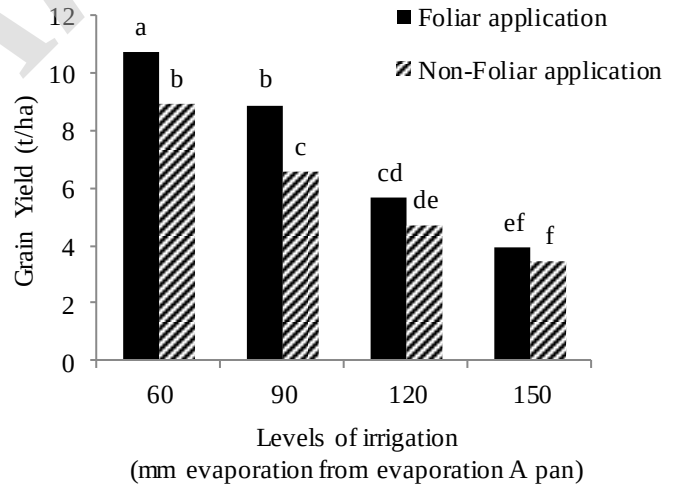
Archive of SID

www.SID.ir

نورساختی آسیب نمی‌بیند و به فعالیت خود ادامه می‌دهد و عمده کاهش نورساخت ناشی از این شدت تنش به‌وسیلهٔ بستن روزنه است. ولی با ادامهٔ تنش عامل‌های غیر روزنه‌ای نقش بیشتری در کاهش نورساخت بازی می‌کنند (Siddique *et al.*, 1999). همان‌طور که انتظار می‌رفت، با افزایش شدت تنش عملکرد دانه به‌صورت قابل‌توجهی کاهش یافت، اما کاربرد قارچریشه و محلول‌پاشی سولفات روی سبب تقلیل اثرگذاری تنش شد. دورهٔ پر شدن دانه، مرحلهٔ اصلی تشکیل عملکرد ذرت است و طولانی بودن این دوره امکان انتقال مواد نورساختی بیشتر از مبدأ به مقصد و در نتیجه، افزایش عملکرد دانه را فراهم می‌سازد (Grant, 1998). بنابراین تفاوت طول دورهٔ پر شدن دانه دور از انتظار نیست و احتمال دارد کودهای زیستی، با تولید هورمون‌های محرک رشد و افزایش قابلیت دسترسی به عنصرهای غذایی، امکان تداوم بیشتر دورهٔ پر شدن دانه را فراهم سازند (Eidizadeh *et al.*, 2011). همان‌طور که در جدول ۳ نشان داده شده است، عملکرد دانه با شمار ردیف دانه در بلال، شمار دانه در ردیف و وزن صد دانه همبستگی مثبت و معنی‌داری نشان داد اما از بین این اجزای عملکرد همبستگی عملکرد دانه با وزن هزار دانه (r=۰/۹۳) بیشتر از سایرین بود.



شکل ۷. اثر دور آبیاری و میکوریزا بر عملکرد دانه
Figure 7. The effect of irrigation and mycorrhizae on grain yield



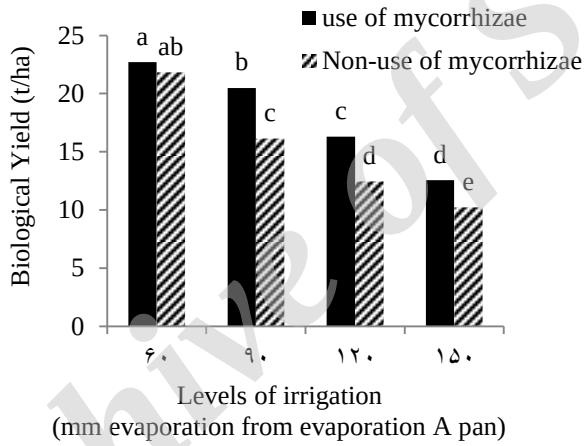
شکل ۸. اثر دور آبیاری و محلول‌پاشی سولفات‌روی بر عملکرد دانه
Figure 8. The effect of irrigation and foliar application of zinc sulfate on grain yield

Archive of SID

www.SID.ir

عملکرد زیست‌توده

بنا بر آنچه در جدول ۲ مشاهده می‌شود، افزون بر اثرگذاری اصلی، تأثیر آبیاری در قارچریشه در سطح ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار است. تیمار دور آبیاری ۶۰ میلی‌متر و کاربرد قارچریشه با ۲۲/۷ تن در هکتار و تیمار ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچریشه با ۱۰/۲۳ تن در هکتار به ترتیب بیشترین و کمترین عملکرد زیست‌توده را در بین تیمارهای آزمایشی داشتند. همچنین محلول‌پاشی سولفات روی عملکرد زیست‌توده را نسبت به عدم محلول‌پاشی حدود ۱۱ درصد افزایش داد. گزارش شده است که در ذرت تولید مادهٔ خشک با کاهش آب مصرفی نقصان می‌یابد، ولی کاهش عملکرد دانه در اثر کمبود آب بیش از کاهش مادهٔ خشک تولیدی است (Cox & Julliff, 1988). همان‌طور که در شکل ۹ نشان داده شده است کاربرد قارچریشه به‌ویژه در شرایط تنش خشکی سبب افزایش معنی‌دار عملکرد زیست‌توده نسبت به بدون کاربرد آن شده است. Vameral*i et al.* (2003) نیز گزارش کردند که افزایش مادهٔ خشک اندام‌های هوایی و زیرزمینی ذرت تلقیح‌شده با میکوریزا در مقایسه با شاهد، ناشی از افزایش جذب آب و مواد غذایی و انتقال بهتر این مواد در اندام گیاهی و همچنین افزایش نورساخت است. همبستگی عملکرد زیست‌توده با عملکرد دانهٔ مثبت و معنی‌دار بود (جدول۲) که با نتایج پژوهش Rafeie *et al.* (2004) همخوانی دارد.



شکل ۹. اثر دور آبیاری و میکوریزا بر عملکرد بیولوژیک

Figure 9.The effect of irrigation and mycorrhizae on Biological Yield

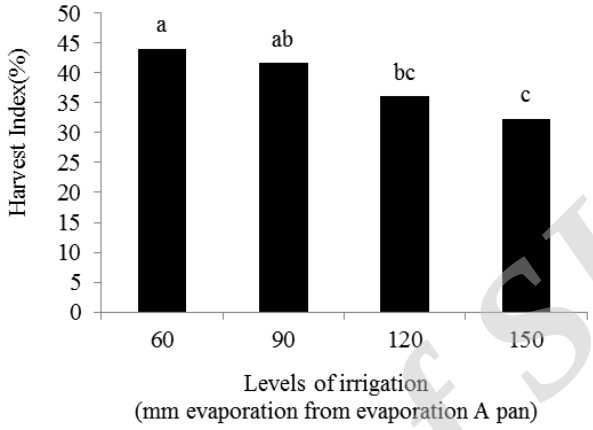
شاخص برداشت

جدول ۲ نشان می‌دهد تنها اثرگذاری اصلی دور آبیاری در سطح ۱ درصد و قارچریشه و محلول‌پاشی در سطح ۵ درصد بر این صفت معنی‌دار است. بیشترین شاخص برداشت با ۴۴/۱۲ درصد مربوط به تیمار ۶۰ میلی‌متر و کمترین شاخص برداشت با ۳۲/۳۴ درصد مربوط به تیمار ۱۵۰ میلی‌متر تبخیر است (شکل۱۰). کاربرد قارچریشه شاخص برداشت را از ۳۶ به ۴۱ درصد (حدود ۱۴درصد افزایش) و محلول‌پاشی سولفات روی شاخص برداشت را از ۳۶/۴ به ۴۰/۶درصد ارتقا داد (حدود ۱۲درصد افزایش). ازآنجاکه رابطهٔ مثبتی بین عملکرد دانه و شاخص برداشت وجود دارد، لذا به نظر می‌رسد که قارچریشه و محلول‌پاشی سولفات‌روی با افزایش عملکرد دانه باعث افزایش شاخص برداشت شده‌اند. Sajedi & Madani (2009) نیز در پژوهش خود نشان دادند که تلقیح با قارچریشه نسبت به شاهد، شاخص برداشت ذرت را افزایش داد. Sinclair (1990) اظهار کرد که تغییر شاخص برداشت وابستگی زیادی به تغییر عملکرد دانه دارد و بر پایهٔ فرمول شاخص برداشت (نسبت عملکرد اقتصادی به عملکرد زیستی) هر عاملی که باعث شود عملکرد دانه بیشتر از وزن خشک کل تحت تأثیر قرار گیرد، باعث تغییر شاخص برداشت می‌شود. بنابراین حفظ شاخص برداشت در شرایط کمبود آب اهمیت بحرانی دارد. تنش خشکی با اثرگذاری منفی بر

Archive of SID

www.SID.ir

گسترش و توسعهٔ برگ و ساقه در مرحلهٔ رویشی و در نتیجه کاهش میزان تجمع مواد در این اندام‌ها (Classen & Shaw, 1970) از یک‌سو و با کوتاه کردن دورهٔ پر شدن مؤثر دانه در مرحلهٔ زایشی (Fredrick *et al*., 1990) از سوی دیگر، سبب کاهش عملکرد دانه می‌شود که این کاهش عملکرد می‌تواند به کاهش شاخص برداشت منجر شود. همان‌طور که در جدول۳ نشان داده شده است، بین شاخص برداشت و عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده همبستگی مثبت و معنی‌داری وجود دارد. این نتایج توسط پژوهشگران دیگر نیز گزارش شده است (Toker & Cagirgan, 2004; Nasri *et al*., 2012).



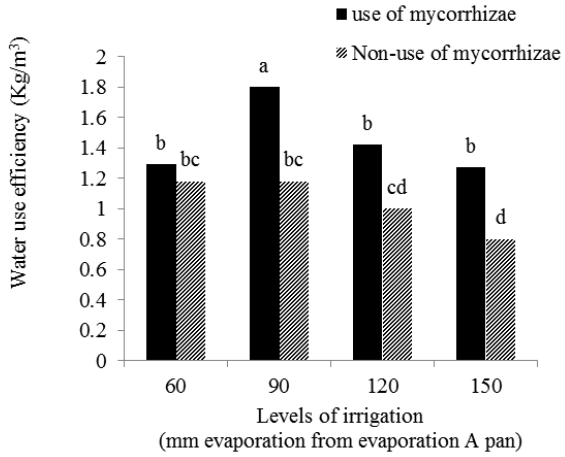
شکل۱۰. اثر دور آبیاری بر شاخص برداشت
Figure 10. The effect of irrigation on harvest index

کارایی مصرف آب

این صفت تحت تأثیر اثرگذاری اصلی در سطح ۱درصد و اثر متقابل دور آبیاری در قارچریشه در سطح ۵ درصد قرار گرفت (جدول ۲). بیشترین کارایی مصرف آب به میزان ۱/۸ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب از تیمار دور آبیاری ۹۰ میلی‌متر و کاربرد قارچریشه و کمترین میزان آن به میزان ۰/۸ کیلوگرم دانه بر مترمکعب آب از تیمار دور آبیاری ۱۵۰ میلی‌متر و بدون کاربرد قارچریشه به دست آمد (شکل ۱۱). نتایج نشان داد که اگرچه بیشترین میزان عملکرد دانه از تیمار آبیاری مطلوب (۶۰ میلی‌متر تبخیر) به دست آمد، اما کارایی مصرف آب در تیمار تنش ملایم (۹۰ میلی‌متر تبخیر) برتری معنی‌داری نسبت به تیمار آبیاری مطلوب دارد، اما تنش شدید (۱۵۰ میلی‌متر تبخیر) اثر منفی بر کارایی مصرف آب گذاشت (شکل۱۱). نتایج همسانی نیز توسط پژوهشگران دیگر گزارش شده است (Sasani *et al*., 2004). این نتیجه بیانگر آن است که اگرچه تنش رطوبت در خاک ممکن است با انسداد روزنه‌ها کارایی مصرف آب را افزایش دهد، اما باید توجه داشت که تنش بیش‌ازحد می‌تواند با کاهش نورساخت و تولید مادهٔ خشک تأثیر معکوس بر کارایی مصرف آب بگذارد (Mousavi *et al*., 2009). همان‌طور که در شکل ۱۱ نشان داده شده است کاربرد قارچریشه در مقایسه با بدون کاربرد آن کارایی مصرف آب را به‌ویژه در شرایط تنش خشکی به‌طور معنی‌داری افزایش داده است. در همین رابطه، Sajedi & Sajedi (2009) دریافتند که از بین تیمارهای آبیاری ۱۰۰، ۷۵ و ۵۰ درصد نیاز آبی ذرت، بیشترین کارایی مصرف آب از تیمار آبیاری ۵۰ درصد به همراه مصرف قارچریشه به‌دست آمد و کمترین آن از آبیاری ۱۰۰درصد نیاز آبی و بدون مصرف قارچریشه به دست آمد. همچنین محلول‌پاشی سولفات روی با افزایش ۲۳ درصدی کارایی مصرف آب نسبت به عدم محلول‌پاشی، تأثیر بسزایی در افزایش کارایی مصرف آب داشته و ظرفیت گیاه را در جهت واکنش به تنش آب با تعادل اسمزی برقرار می‌کند. این صفت با عملکرد دانه و عملکرد زیست‌توده همبستگی مثبت و معنی‌داری داشت (جدول۳).

Archive of SID

www.SID.ir



شکل۱۱. اثر دور آبیاری و میکوریزا بر کارایی مصرف آب
Figure 11. The effect of irrigation and mycorrhizae on water use efficiency

جدول ۳. همبستگی بین عملکرد و اجزای عملکرد ذرت تحت تأثیر تیمارهای به کار رفته
Table 3. Correlation between yield and yield components of corn affected by treatments

	Number of rows per ear	Number of kernels per row	100 Kernel weight	Grain yield	Biological yield	Harvest index	Water use efficiency
Number of rows per ear	1	0.79**	0.78**	0.79**	0.82**	0.50**	0.44**
Number of kernels per row		1	0.86**	0.85**	0.85**	0.60**	0.48**
100 Kernel weight			1	0.93**	0.92**	0.65**	0.59**
Grain yield				1	0.91**	0.79**	0.69**
Biological yield					1	0.50**	0.51**
Harvest index						1	0.78**
Water use efficiency							1

ns، * و **: غیرمعنی‌دار و معنی دار در سطح احتمال پنج درصد و یک درصد.
ns, *, **: are insignificant, significant at probability levels of 5 and 1 percent, respectively.

نتیجه‌گیری کلی

نتایج این تحقیق نشان داد که افزایش فاصل‌های آبیاری با تأثیرگذاری منفی بر نورساخت سبب کاهش چشمگیر رشد گیاه می‌شود. اما این کاهش رشد در گیاهان تلقیح‌شده با قارچریشه و گیاهانی که تحت تیمار محلول‌پاشی با سولفات روی قرار گرفتند به‌طور معنی‌داری کمتر بود. قارچ قارچریشه با بهبود جذب آب و عنصرهای غذایی تحت تنش رطوبتی، مقاومت گیاه به تنش را افزایش داده و سبب بهبود عملکرد و اجزای عملکرد ذرت شد. همچنین کاربرد کودهای ریزمغذی مانند روی در حالت محلول‌پاشی باعث افزایش عملکرد ذرت و اجزای آن می‌شود. لذا به نظر می‌رسد با توجه به آهکی بودن غالب خاک‌های ایران و مشکل کاهش جذب عنصرهای ریزمغذی، با محلول‌پاشی این عنصرها می‌توان منجر به افزایش عملکرد ذرت در مزارع زیر کشت این گیاه زراعی شد.

REFERENCES

1. Abaspoor, E., Masoudsinaki, J., Alipoor, Z. & Saeedisar, S. (2011). Effect of cycocel and zinc foliar application on maize under drought stress. *Crop Production in Environmental Stress*. 3, 15-29. (in Farsi)
2. Aboutalebian, M. A. & Shabrandi, R. (2013). Effect of arbuscular mycorrhizae and on-farm seed priming on emergence characteristics, yield and yield components of maize (*Zea mays*) at different levels of phosphate fertilizer. *Agricultural Crop Management*, 16, 733-747.
3. Baniabas shahri, Z., Zamani, GH. & Sayarizahan, M. H. (2011). Effects of water stress and foliar application of zinc sulfate on yield and yield components of Sunflower. *Journal of Environmental Stress in Crop Sciences*, 4, 165-172. (in Farsi)
4. Basafa, M. & Taherian, M. (2009). *Drought mitigation strategies in maize and sorghum*. Khorasan Razavi Agricultural and Natural Resources Research Center Press, 20 pp. (in Farsi)
5. Boomsma, C. R. & Vyn T. J. (2008). Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. *Field Crops Research*, 108, 14-31.

Archive of SID

www.SID.ir

6. Cakir, R. (2004). Effect of water stress at different development stages on vegetative and reproductive growth of corn. *Field Crops Research*, 89, 1-16.
7. Cheong, Y. H., Kim, K. N., Pandey, G. K., Gupta, R., Grant, J. J. & Luan, S. (2003). CLB1, a calcium sensor that differentially regulates salt, drought, and cold responses in Arabidopsis. *The Plant Cell*, 15, 1833-1845.
8. Classen, M. M. & Shaw, R. H. (1970). Water deficit effects on corn. II. Grain Component. *Agronomy Journal*, 62, 625-655.
9. Cox, W. J. & Julliff, G. D. (1988). Growth and yield of sunflower and soybean under soil deficits. *Agronomy Journal*, 78, 226-230.
10. Edmeades, G. O. (1999). Selection improves drought tolerance in tropical maize populations grain in biomass, grain yield and harvest index. *Crop Science*, 39, 1306-1315.
11. Eidizadeh, Kh., Mahdavi-Damghani, A. M., Ebrahimpoor, F. & Sabahi H. (2011). Effects of integrated application of biological and chemical fertilizer and application method of biofertilizer on yield and yield components of maize. *Electronic Journal of Crop Production*, 4(3), 21-35. (in Farsi)
12. Elwan, L. M. (2001). Effect of soil water regimes and inoculation with mycorrhizae on growth and nutrients content of maize plants. *Zagazig Journal of Agricultural Research*, 28,163-172.
13. Fredrick, J. R., Below, F. E. & Hesketh, J. D. (1990). Carbohydrate, nitrogen and dry matter accumulation and partitioning of maize hybrids under drought stress. *Annals of Botany*, 66, 407-415.
14. Grant, R. F. (1998). Simulation of maize phenology. *Agronomy Journal*, 81, 451-457.
15. Hajibabaei, M. & Azizi, F. (2012). Effect of phenologic and leaf morphologic characteristics of new maize hybrids in drought stress. *International Research Journal of Applied and Basic Sciences*, 3(9), 1966-1973.
16. Jahan, M., Kuchaki, A. R. & Nasiri-Mahalati, M. (2007). Growth, photosynthesis and yield of maize in response to inoculation with mycorrhizal fungi and nitrogen fixation by free-living bacteria in the common agricultural and ecological systems. *Journal of Agricultural Research in Iran*, 5(1), 53-67. (in Farsi)
17. Jamshidi, E., Ghalavand, A., Salehi, A., Zare, M. J. & Jamshidi, A. R. (2010). Effect of arbuscular mycorrhiza on yield, yield components and characteristics of sunflower in drought conditions. *Iranian Journal of Crop Sciences*, 11(2), 44-53.
18. Malakooti, M. J. & Tehrani, M. (1999). *The role of micronutrients in increasing yield and improving the quality of agricultural products*. Tarbiat Modarres University Press. 299p. (in Farsi)
19. Masjedi, A., Shokouhfar, A. & Alavifazel, M. (2009). A survey of most suitable irrigation scheduling and effect of drought stress on yield for summer corn (SC.704) with class A evaporation pan in Ahvaz. *Journal of Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, Water and Soil Science*, 12(46), 543-550. (in Farsi)
20. Mobasser, H. R., Moradgholi, A., Mehraban, A. & Koohkan, S. (2012). Investigation of mycorrhizal effect on agronomic traits and protein percent of corn cultivars in Sistan. *International Journal of Agriscience*, 2(2), 108-119.
21. Mohseni, M., Hadadi, M. H. & Valiolahpoor, R. (2012). The effects of boron and zinc compound application on seed formation process of corn in Mazandaran. *The New Findings in Agriculture*, 7(2), 177-185. (in Farsi)
22. Mousavi, Gh., Mirhadi, M. J., Siadat, A., Noormohamadi, Gh. & Darvish, F. (2009). The effect of water deficit stress and nitrogen on yield and water use efficiency of sorghum and millet. *Journal of Modern Agriculture*, 5(15), 101-114.
23. Nasri, R., Heidari-Moghadam, A., Siadat, A., Paknezhad, F. & Sadeghi-Shoa, M. (2012). Path analysis of traits correlation and supplemental irrigation on yield and yield components of chickpea in Ilam. *Journal of Agriculture and Plant Breeding*, 8(2), 161-172. (in Farsi)
24. Ntanos, D. A. & Koutroubas, S. D. (2002). Dry matter and N accumulation and translocation for Indica and Japonica rice under Mediterranean conditions. *Field Crops Research*, 74, 93-101.
25. Rafeie, M., Karimi, M., Noormohamadi, Gh. & Nadian, H. (2004). Study of Characters correlation and causality analysis of corn grain yield in drought stress treatments. *Agricultural Research*, 4(2), 33-48. (in Farsi)
26. Ruiz-Lozano, J. M., Porcel, R. & Aroca, R. (2006). Does the enhanced tolerance of *arbuscular mycorrhizal* plants to water deficit involve modulation of drought-induced plant genes?. *New Phytologist*, 71, 693-698.
27. Ruiz-sanchez, M., Aroca, R., Munoz, Y., Polon, R. & Ruiz-Lozano, J. M. (2010). The arbuscular mycorrhizal symbiosis enhances the photosynthetic efficiency and the antioxidative response of rice plants subjected to drought stress. *Journal of Plant Physiology*, 167, 862-869.
28. Sajedi, N. A. & Sajedi, A. (2009). Effect of drought stress, mycorrhiza and zinc rates on agro-physiologic characteristics of maize cv. KSC704. *Journal of Crop Sciences*, 11(3), 202-222. (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir

29. Sajedi, N. A. & Madani, H. (2009). The interaction of drought, zinc and mycorrhiza on yield, yield components and harvest index of corn. *New Findings in Agriculture*, 2(3), 272-284.
30. Sajedi, N. A., Ardekani, M. R., Sajedi, A. & Bahrami, A. (2010). The absorption of some nutrients affected by mycorrhiza, different levels of zinc and drought on corn. *Iranian Journal of Field Crops Research*, 8(5), 784-791. (in Farsi)
31. Schussler, J. R. & Westgate, M. E. (1991). Maize kernel set at low water potential: I. sensitivity to reduced assimilates during early kernel growth. *Crop Science*, 31, 1189-1195.
32. Shahoseini, Z., Gholami, A. & Asghari, H. R. (2013). Effect of mycorrhizal symbiosis on the effects of water stress, growth and yield of maize (*Zea mays* L.). *Iranian Journal of Field Crop Science*, 44(2), 249-260. (in Farsi)
33. Siddique, M. R. B., Hamia, A. & Islam, M. S. (1999). Drought stress effects on photosynthetic rate and leaf Co_2 exchange of wheat. *Botanical Bulletin of Academia Sinica*, 40, 141-145.
34. Sinclair, T. R. (1990). Relative sensitivity of grain yield and biomass accumulation to drought in field-grown maize. *Crop Science*, 30, 690-693.
35. Taiz, L. & Zeiger, E. (1998). *Plant Physiology*. Sinager Associates, Inc. Publisher. Sunderland Massa Chusetts. 757p.
36. Toker, G. & Cagirgan, M. I. (2004). The use of phenotypic correlation and factor analysis in determining characters for grain yield selection in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Hereditas*, 140, 226-228.
37. Vamerali, T., Saccomani, M., Mosca, S., Guarise N. & Ganis, A. (2003). A comparison of root charactertics in relation to nutrient and water stress in two maize hybrids. *Plant and Soil*, 25, 157-167.
38. Zahra, I. T. & Loynachan, T. E. (2003). Endomycorrhizal fungi survival in continuous corn, soybean and fallow. *Agronomy Journal*, 95(1), 224-230.
39. Zand, B., Soroushzadeh, A., Ghanati, F. & Moradi, F. (2009). Effect of foliar application of zinc and auxin growth regulators on yield and yield components of maize under water deficit conditions. *Seed and Plant Production Journal*, 25(4), 431-448. (in Farsi)

Archive of SID

www.SID.ir