Archive of SID

مجلهٔ جنگل ایران، انجمن جنگلبانی ایران
سال یازدهم، شمارهٔ ۱، بهار ۱۳۹۸
ص ۱۰۵-۱۱۷

مقاله پژوهشی

اثر بستر کشت در افزایش مقاومت به تنش خشکی در گونهٔ توت آمریکایی (*Maclura pomifera* L.)

محمد عازمی اردکانی[۱]، مریم دهستانی اردکانی[۲]* و سمیه سلطانی گردفرامرزی[۳]

[۱] دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه علوم باغبانی دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان
[۲] استادیار گروه علوم باغبانی دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان
[۳] استادیار گروه علوم و مهندسی آب دانشکدهٔ کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه اردکان، اردکان

(تاریخ دریافت ۱۳۹۷/۷/۲۸؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۱۲/۴)

چکیده

توت آمریکایی (*Maclura pomifera* L.) بومی آمریکای مرکزی و دارای ارزش‌های زینتی، اکولوژیکی و دارویی متعدد است. در پژوهش حاضر اثر بسترهای مختلف کشت شامل کود حیوانی، ورمی‌کمپوست و کنجالهٔ کنجد بر میزان رشد و افزایش مقاومت دانهال‌های توت آمریکایی تحت تنش خشکی بررسی شد. این آزمایش به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی، شامل چهار سطح بستر کشت (۱. خاک زراعی (شاهد)؛ ۲. ۷۰ درصد خاک زراعی+۳۰ درصد ورمی‌کمپوست؛ ۳. ۷۰ درصد خاک زراعی+ ۳۰ درصد کود حیوانی کاملاً پوسیده؛ و ۴. ۸۰ درصد خاک زراعی+ ۲۰ درصد کنجالهٔ کنجد) و خشکی در سه سطح شامل ۱. بدون تنش (شاهد) (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)؛ ۲. تنش ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)؛ و ۳. تنش شدید (۳۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)، روی نهال‌های یکسالهٔ توت آمریکایی هر کدام با سه تکرار در فروردین ۱۳۹۶ در مزرعهٔ دانشگاه یزد انجام گرفت. نتایج به‌دست‌آمده نشان داد که خشکی به‌طور معنی‌داری ارتفاع، قطر یقه، وزن تر و خشک برگ دانهال‌ها و جذب عناصر غذایی را کاهش داد، درحالی که فعالیت آنزیم آسکوربات‌پراکسیداز افزایش یافت. استفاده از بسترهای کشت اصلاح‌شده در شرایط بدون تنش به‌طور معنی‌داری صفات رویشی و جذب نیتروژن و فسفر را افزایش داد. در میان بسترهای استفاده‌شده، ترکیب خاک زراعی با کود حیوانی و کنجالهٔ کنجد بیشترین تأثیر را در افزایش ارتفاع، وزن تر و خشک برگ و جذب نیتروژن و فسفر نشان دادند. بیشترین غلظت آنزیم آسکوربات پراکسیداز در خاک زراعی با ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست در زمان تنش خشکی شدید حاصل شد. به‌طور کلی، تقویت بستر کشت به‌ویژه با کود حیوانی و کنجالهٔ کنجد سبب افزایش مقاومت این گیاه به تنش خشکی و افزایش معنی‌دار رشد آنها شد.

واژه‌های کلیدی: توت آمریکایی، خشکی، کنجالهٔ کنجد، کود حیوانی، ورمی‌کمپوست.

مقدمه

توت آمریکایی (ماکلورا) با نام علمی *Maclura pomifera* L. از خانوادهٔ Moraceae گیاهی خاردار، دوپایه و بومی منطقهٔ کوچکی نزدیک تکزاس و آرکانزاس است و به‌صورت گسترده در آمریکای شمالی و جنوب کانادا به‌عنوان بادشکن استفاده می‌شود (USDA Forest Service, 2012). ارزش این گیاه در طراحی فضای‌سبز، به‌علت توان این

* نویسندهٔ مسئول
شمارهٔ تماس: ۰۹۱۳۳۵۷۷۸۱۶
ایمیل: mdehestani@ardakan.ac.ir

www.SID.ir

Archive of SID

درخت در مقاومت به آفات و بیماری‌ها، گرما و کم‌آبی، وزش بادهای ملایم و آلودگی هواست که می‌تواند در هر نوع خاکی از جمله خاک‌های آهکی رشد کرده و سایه‌بان دلپذیری ایجاد کند (USDA Forest Service, 2012). توت آمریکایی از درختانی است که احتمالداده می‌شود که از گونه‌های مقاوم به خشکی و شوری باشد و می‌توان از آن در فضای سبز شهری و مناطق کم‌آب استفاده کرد؛ این موضوع نیازمند پژوهش‌های تکمیلی است. کولتیوارهای نر بدون خار آن نظیر 'Allamont Wichita Park' به‌صورت غیرجنسی تکثیر می‌شود. توت آمریکایی در حدود ۴۰ سال قبل برای تأمین اضطراری غذای کرم ابریشم به ایران وارد شد (Khaleghi et al., 2015).

ایران جزو کشورهای خشک و نیمه‌خشک جهان با میانگین بارندگی درازمدت حدود ۲۵۰ میلی‌متر در سال است. گفته می‌شود که میانگین بارندگی سال‌های اخیر کشور به ۲۲۸ میلی‌متر کاهش یافته است (Nasr-e-esfahani & Golchin, 2008). تنش خشکی از مهم‌ترین عوامل محدودکنندهٔ رشد و عملکرد گیاهان در مناطق خشک و نیمه‌خشک جهان از جمله ایران است. پاسخ گیاهان به تنش خشکی، به نوع، شدت و مدت تنش و همچنین گونهٔ گیاهی و مرحلهٔ وقوع تنش بستگی دارد (Kafi et al., 2010). گیاهان آثار مضر تنش کم‌آبی را با افزایش متابولیسم و تنظیم اسمزی کاهش می‌دهند. بخش اعظم تنظیم اسمزی به‌طور معمول بر اثر افزایش غلظت گروهی از ترکیبات از جمله قندها (ساکارز و فروکتان)، پلی‌اول‌ها (سوربیتول و مانیتول)، اسیدهای آمینه (پرولین)، آمین‌های چهارگانه (گلیسین بتائین) و یون‌های غیرآلی (خصوصاً K^+) است. تجمع یون‌ها طی تنظیم اسمزی اغلب به واکوئل محدود می‌شود و مواد تنظیم‌کنندهٔ دیگر در سیتوپلاسم تجمع می‌یابند تا تعادل پتانسیل آب بین دو بخش سلول برقرار شود (Kafi et al., 2010).

Khaleghi et al. (2016) اثر محلول‌پاشی برگی اسید سالیسیلیک یا اسپرمیدین را بر کاهش صدمات ناشی از تنش خشکی در نهال‌های یکسالهٔ توت آمریکایی بررسی کردند. نتایج نشان داد که غلظت ۱۰۰ میکرومولار اسیدسالیسیلیک یا اسپرمیدین به‌طور معنی‌داری سبب کاهش نشت یونی و افزایش پرولین، افزایش فعالیت آنزیم‌های کاتالاز و سوپراکسید دیسموتاز و همچنین حفظ محتوای کلروفیل و کارایی فتوشیمیایی کلروفیل در گیاهان تحت تنش شد، اما غلظت‌های زیاد بی‌تأثیر یا بازدارنده بودند.

تحقیقی به‌منظور شناسایی سازوکار سازگاری و پروتئین‌های پاسخ‌دهنده به خشکی توت آمریکایی انجام گرفت. نتایج حاکی از آن بود که بیشتر پروتئین‌های شناسایی‌شده و تغییرات آنها در جهت افزایش مقاومت و سازگاری توت آمریکایی به تنش خشکی است، به‌گونه‌ای که این تغییرات سبب حفظ روابط آبی گیاه، کاهش آسیب‌های ناشی از افزایش سطح گونه‌های فعال اکسیژن و همچنین حفظ دستگاه فتوسنتزی و تنفسی در شرایط تنش شدید می‌شود (Khaleghi et al., 2015).

ورمی‌کمپوست نوعی کود آلی و شامل مخلوط زیستی بسیار فعال از باکتری‌ها، آنزیم‌ها، بقایای گیاهی، کود حیوانی و کپسول‌های کرم خاکی است که سبب ادامهٔ عمل تجزیهٔ مواد آلی خاک و پیشرفت فعالیت‌های میکروبی در بستر کشت گیاه می‌شود. این کود از موادی پیت‌مانند همراه با خلل‌وفرج، ظرفیت هوادهی زیاد، زهکشی و ظرفیت زیاد نگهداری آب ساخته شده که سطوح زیاد برای جذب زیاد مواد غذایی دارند. در مقایسه با مواد مادری اولیه، ورمی‌کمپوست‌ها نمک محلول کمتر، ظرفیت تبادل کاتیونی بیشتر و مقدار اسید هیومیک بیشتری دارند (Atiyeh et al., 2001).

نتایج بررسی‌ها نشان داده است که کودهای آلی سبب بهبود خواص فیزیکی، شیمیایی و بیولوژیکی خاک شده و عملکرد محصول را افزایش داده‌اند.

www.SID.ir

Archive of SID

Brussard (1997) اظهار داشت که افزودن مواد آلی به خاک سبب افزایش عناصر غذایی و قابلیت جذب آنها توسط گیاه می‌شود و به افزایش تعادل نیتروژن و کارایی جذب فسفر می‌انجامد. با عرضهٔ این کودها به خاک، افزون‌بر بهبود جنبه‌های غذایی، شرایط فیزیکی و میکروبی اکوسیستم خاک نیز ارتقا می‌یابد (Robin et al., 2001). Iranshenas et al. (2016) در پژوهشی تأثیر کود آلی تولیدشده از نسبت‌های مختلف ضایعات کنجد را بر صفات مورفولوژیکی و رشد ذرت سینگل کراس ۴۰۴ بررسی کردند. برپایهٔ نتایج به‌دست‌آمده، تأثیر سطوح مختلف ضایعات کنجد بر همهٔ صفات مورفولوژیکی اعم از ارتفاع گیاه، تعداد برگ، وزن تر و وزن خشک اندام هوایی، حجم ریشه، وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار بود.

با توجه به خشکسالی‌های مداوم و کمبود آب در دنیا، به‌ویژه در ایران و نقاط مرکزی آن، برای توسعهٔ فضای سبز باید از گونه‌های مقاوم به خشکی استفاده کرد. از این‌رو در پژوهش حاضر، میزان مقاومت به خشکی گیاه توت آمریکایی بررسی شد تا در صورت مثبت بودن نتایج به کارشناسان امر برای کشت‌وکار این گیاه در فضای سبز مناطق خشک توصیه شود. از طرف دیگر برای چیرگی بر مسئلهٔ خشکی استفاده از بستر کشت مناسب نیز راه حل خوبی است. از این‌رو اهداف کلی پژوهش حاضر افزون بر بررسی مقاومت گیاه به خشکی، مطالعهٔ اثر بسترهای مختلف کشت در کاهش اثر تنش خشکی بود.

مواد و روش‌ها

منطقهٔ پژوهش

به‌منظور بررسی اثر بسترهای مختلف کشت بر مقاومت به خشکی گیاه توت آمریکایی *Maclura pomifera*، آزمایشی در مزرعهٔ دانشگاه یزد، واقع در شهر یزد، در طی سال‌های ۹۷-۱۳۹۵ انجام گرفت. شهر یزد با طول جغرافیایی ۵۴ درجه و ۲۰ دقیقهٔ شرقی و عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۵۰ دقیقهٔ شمالی، ۱۲۵۵ متر ارتفاع از سطح دریا، ۵۵ میلی‌متر میانگین بارش سالانه و میانگین دمای سالانهٔ ۱۹ درجهٔ سانتی‌گراد دارای اقلیم گرم و خشک است.

روش پژوهش

آزمایش مزرعه‌ای به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح پایهٔ بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار در طی بهار و تابستان ۹۷-۱۳۹۶ انجام گرفت. در این آزمایش تیمار خشکی در سه سطح ۱. بدون تنش (شاهد) (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)؛ ۲. تنش ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)؛ ۳. تنش شدید (۳۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) (Bahrololomi et al., 2019) به‌عنوان عامل اصلی و چهار بستر کشت شامل ۱. شاهد (خاک زراعی)؛ ۲. ۷۰ درصد خاک مزرعه + ۳۰ درصد کود گاوی پوسیده؛ ۳. ۷۰ درصد خاک مزرعه + ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست؛ ۴. ۸۰ درصد خاک مزرعه + ۲۰ درصد کنجالهٔ کنجد به‌عنوان عامل فرعی در نظر گرفته شدند.

برای تولید نهال‌های لازم به‌منظور اجرای تحقیق، در اسفند ۱۳۹۴ بذرها از یک درخت بالغ توت آمریکایی در محوطهٔ فضای سبز دانشگاه یزد تهیه و پس از اعمال تیمار سرمایی (۳۰ روز در دمای ۵ درجهٔ سانتی‌گراد) (Coder, 2016)، در داخل کیسه‌های پلاستیکی با ابعاد ۲۰ × ۱۰ سانتی‌متر کشت شد. برای اجرای تحقیق از میان دانهال‌های یکسالهٔ موجود، تعدادی که از لحاظ ظاهری به هم شبیه‌تر و در ضمن شاداب و سالم بودند، در بهار ۱۳۹۶ انتخاب و در ۱۵ فروردین همین سال در مزرعهٔ دانشگاه یزد در ۱۲ کرتی که در نظر گرفته شده بود کشت شدند. طول هر کرت ۱۵ متر و عرض آن ۷ متر بود؛ فاصلهٔ ردیف‌ها ۲ متر و فاصلهٔ دانهال‌ها در هر ردیف ۲ متر بود. فاصلهٔ بین کرت‌ها ۱ متر (برای جلوگیری از عمل تداخل ۱ متر به صورت نکاشت به‌عنوان محافظ بین کرت‌ها قرار گرفت) و فاصلهٔ بین فاکتورهای اصلی ۲ متر (برای جلوگیری از نفوذ آب

www.SID.ir

Archive of SID

در تنش خشکی بین کرت‌های اصلی) در نظر گرفته شد. برای اعمال تیمار محیط کشت، ابتدا در مزرعه چاله‌هایی به قطر و عمق ۶۰ سانتی‌متر حفر و دیوار آنها با پلاستیک پوشانده شد و سپس این چاله‌ها با محیط کشت مشخص شد که عبارت بودند از: ۱. شاهد (خاک زراعی)؛ ۲. ۷۰ درصد خاک مزرعه + ۳۰ درصد کود گاوی پوسیده؛ ۳. ۷۰ درصد خاک مزرعه + ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست؛ ۴. ۸۰ درصد خاک مزرعه + ۲۰ درصد کنجالهٔ کنجد پر شدند. کود حیوانی از نوع گاوی کاملاً پوسیده بود. ورمی‌کمپوست از نوع گاوی، از یک مرکز شناخته‌شدهٔ تولیدی خریداری و کنجالهٔ کنجد از یک کارگاه روغن‌گیری در شهرستان اردکان تهیه شد. قبل از شروع آزمایش خصوصیات فیزیکوشیمیایی همهٔ بسترهای تحت بررسی اندازه‌گیری و در جدول ۱ ثبت شد. بافت خاک با ۵۱ درصد شن، ۱۹ درصد رس و ۲۹ درصد سیلت، شنی- لومی بود.

جدول ۱- آنالیز خصوصیات فیزیکو-شیمیایی بسترهای کشت تحت بررسی

بستر کشت	EC ($mS.cm^{-1}$)	N (%)	P (mg/kg)	K (mg/kg)	درصد آب	درصد روغن	درصد پروتئین	درصد کلسیم
خاک زراعی	۲/۰۱	۰/۱	۶۵/۴۵	۱۴۴/۶	-	-	-	-
کود حیوانی	۵/۱۸	۲/۱۹	۱۰۰۵	۳۷۶۵	-	-	-	-
ورمی‌کمپوست	۴/۹۸	۲/۱۴	۲/۴۰	۱/۸۷	-	-	-	-
کنجالهٔ کنجد	-	-	-	-	۸/۶۰	۰/۸۰	۳۹/۶	۲/۱

آبیاری دانهال‌ها با روش قطره‌ای انجام گرفت. بدین منظور نهال‌های هم‌تیمار از لحاظ مقدار آبیاری با لولهٔ قطره‌ای به هم متصل و در نهایت شیر آب آنها مجزا متصل شد. قطره‌چکان‌ها از نوع کپسولی که مقدار آبدهی آنها تحت فشار یک اتمسفر تست شده بود و آب‌دهی مشابهی داشتند، انتخاب شد. برای اطمینان از کم و زیاد شدن فشار آب از یک فشارسنج روی شبکهٔ آبیاری استفاده شد. بعد از کشت دانهال‌ها با توجه به در دسترس بودن آب برای همهٔ آنها در زمانی که در گلدان بودند و نیز برای ترمیم صدماتی که به‌هنگام کشت به آنها وارد شده بود و از همه مهم‌تر به‌منظور گسترش ریشه‌ها در محیط کشت جدید و تأثیرگذاری این محیط کشت در رشد و مقاومت آنها یک دورهٔ دوماهه برای سازگاری در نظر گرفته شد (از ۱۵ فروردین تا ۱۵ خرداد) که در طول این دوره همهٔ دانهال‌ها به‌صورت مشابه آبیاری شدند و سعی شد رطوبت خاک در حد ظرفیت زراعی (FC) حفظ شود. فاکتورهای تنش رطوبتی که برای این آزمایش در نظر گرفته شد عبارت بودند از: ۱. بدون تنش (شاهد) (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)؛ ۲. تنش ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)؛ ۳. تنش شدید (۳۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی). برای اعمال این تنش‌ها از دستگاه رطوبت‌سنج استفاده شد. پس از کالیبره کردن دستگاه زمان لازم برای رسیدن یک مجموعه به شرایط تنش ملایم و شدید محاسبه شد و براساس این دورهٔ محاسبه‌شده دانهال‌ها آبیاری شدند. برای کاهش خطا روندی اتخاذ شد که به‌صورت ماهیانه دور آبیاری مشخص شود. طول دورهٔ تنش رطوبتی چهار و نیم ماه در نظر گرفته شد که از ۱۵ خرداد آغاز شد و در اوایل آبان ۱۳۹۶ به پایان رسید. قبل از اعمال تنش رطوبتی همهٔ صفات مورفولوژیکی دانهال‌ها اندازه‌گیری و ثبت شد. اعمال تنش خشکی براساس درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی انجام گرفت. برای آبیاری در هر نوبت از مقدار مشخصی آب (براساس

www.SID.ir

Archive of SID

حجم مشخص‌شده) با توجه به تیمار استفاده شد. مقدار آب آبیاری بر اساس رابطهٔ ۱ محاسبه شد.

با استفاده از دستگاه رطوبت‌سنج از نوع انعکاس‌سنج زمانی مدل TDR 960-24 ساخت تایوان، مقدار رطوبت وزنی خاک تعیین و پس از رسیدن درصد رطوبت وزنی خاک به میزان تعیین‌شده برای اعمال تیمار، از رابطهٔ ۱، حجم آب مصرفی مورد نیاز هر تیمار محاسبه شد (Baghbani-Arania et al., 2017).

$$V=[(\theta_{FC}-\theta_m)\times BD\times A\times D)]/E_i \qquad \text{رابطهٔ ۱}$$

V حجم آب آبیاری لازم برحسب متر مکعب، θ_{FC} درصد رطوبت وزنی خاک در حد ظرفیت زراعی خاک در مکش ۰/۳ بار یا معادل ۰/۰۳ مگاپاسگال، θ_m درصد رطوبت وزنی خاک (کسر وزن خاک مرطوب برحسب گرم از وزن خاک خشک برحسب گرم تقسیم بر وزن خاک مرطوب برحسب گرم) قبل از آبیاری، BD وزن مخصوص ظاهری خاک (گرم بر سانتی‌متر مکعب)، A مساحت کرت آزمایشی برحسب متر مربع (طول ۲ متر × عرض ۲ متر)، D عمق توسعهٔ ریشه برحسب متر (۰/۶ متر) و E_i بازده آبیاری برحسب درصد (برای محاسبهٔ بازده آبیاری از رابطهٔ ۲، $E_i=V_n/Q\times T_{co}$ استفاده شد، E_i بازده آبیاری برای ۱ متر مربع زمین، V_n حجم خالص آبیاری برحسب متر مکعب برای یک متر مربع زمین، Q دبی ورودی آب برحسب مترمکعب در دقیقه و T_{co} زمان قطع آبیاری برحسب دقیقه) هستند.

در پایان دورهٔ آزمایش اختلاف ارتفاع (cm)، اختلاف قطر یقه (mm) و تعداد برگ دانهال‌ها اندازه‌گیری شد. ابتدا وزن تر برگ‌ها اندازه‌گیری شد و سپس برگ‌ها در دمای ۷۰ درجه به‌مدت ۲۴ ساعت در داخل آون قرار گرفتند و وزن خشک برگ اندازه‌گیری شد.

نیتروژن موجود در نمونهٔ گیاهی به‌وسیلهٔ دستگاه کجلدال (مدل Bakhshi-V40 ساخت ایران) اندازه‌گیری شد. پس از تهیهٔ عصارهٔ گیاهی غلظت عنصر فسفر، توسط دستگاه اسپکتروفتومتر (مدل JENUS-UV-1200) اندازه‌گیری شد (Cottenie, 1980). مقدار روی (برحسب میلی‌گرم بر کیلوگرم) با روش جذب اتمی شعله‌ای توسط دستگاه جذب اتمی (مدل perkin elmer – 400، ساخت آمریکا، ۲۰۰۵) اندازه‌گیری شد. فعالیت آنزیم آسکوربات پراکسیداز به‌روش ناکانو و اسدا (۱۹۸۷) اندازه‌گیری شد.

روش تحلیل

تجزیهٔ آماری داده‌ها با ANOVA و با استفاده از نرم‌افزار SPSS صورت گرفت. مقایسهٔ میانگین داده‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۰/۰۵ انجام گرفت.

نتایج

براساس نتایج جدول تجزیهٔ واریانس اثر تنش خشکی بر اختلاف قطر تنه، ارتفاع، وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). اثر بستر کشت بر قطر تنه در سطح احتمال ۱ درصد و بر ارتفاع، وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲). خشکی و بستر کشت اثر معنی‌داری بر تعداد برگ و درصد آب برگ نشان ندادند (جدول ۲). اثر متقابل خشکی و بستر کشت بر قطر تنه، ارتفاع و وزن تر و خشک برگ در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (جدول ۲).

بیشترین اختلاف ارتفاع، اختلاف قطر یقه، وزن تر و خشک برگ دانهال‌ها در شرایط بدون تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) حاصل شد و با اعمال تنش میزان آنها کاهش یافت؛ اما دو سطح تنش خشکی اختلاف معنی‌داری با یکدیگر نشان ندادند (جدول ۳). هر سه بستر کشت استفاده‌شده (خاک زراعی با ۲۰ درصد کنجاله، خاک زراعی با ۳۰ درصد کود حیوانی و خاک زراعی با ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست)، نسبت به بستر کشت خاک زراعی

www.SID.ir

Archive of SID

(شاهد) به‌صورت معنی‌داری اختلاف قطر یقه، ارتفاع، وزن تر و خشک برگ را افزایش دادند اما تفاوت معنی‌داری میان آنها مشاهده نشد (جدول ۴). بیشترین اختلاف قطر تنهٔ دانهال‌ها (۴۶/۹ mm) در شرایط بدون تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) در بستر کشت خاک زراعی با ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست حاصل شد (جدول ۵). بیشترین ارتفاع دانهال‌ها (cm ۱۴۰/۶۷) در زمان بدون تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) در بستر کشت خاک زراعی با ۳۰ درصد کود حیوانی به‌دست آمد (جدول ۵).

در بررسی اثر متقابل تنش خشکی و بستر کشت، بیشترین وزن تر و خشک برگ در شرایط بدون تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) در بستر کشت حاوی خاک زراعی و ۲۰ درصد کنجالهٔ کنجد حاصل شد (جدول ۵).

براساس جدول (۲) تجزیهٔ واریانس اثر خشکی، بستر کشت و اثر متقابل آنها در سطح احتمال ۱ درصد بر مقدار نیتروژن، فسفر و روی برگ توت آمریکایی معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج نشان داد که برگ در سطح بدون تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) بیشترین درصد نیتروژن و در سطح تنش خشکی ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) دارای کمترین درصد نیتروژن بود (جدول ۳). همهٔ بسترهای کشت نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری موجب افزایش نیتروژن برگ شدند (جدول ۴). بیشترین نیتروژن برگ در بستر کشت خاک زراعی با ۳۰ درصد کود حیوانی حاصل شد (جدول ۴). بررسی اثر متقابل تنش خشکی و بستر کشت نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن (۲/۶۳ درصد) در خاک زراعی با ۳۰ درصد کود حیوانی در حالت بدون تنش آبی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) و کمترین مقدار آن (۱/۹۰ درصد) در خاک زراعی و در شرایط بدون تنش به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۲- تجزیهٔ واریانس (میانگین مربعات) اثر تنش خشکی و بستر کشت بر برخی صفات رشدی و عناصر دانهال‌های توت آمریکایی

منابع تغیرات	درجهٔ آزادی	میانگین مربعات									
		اختلاف قطر یقه (mm)	اختلاف ارتفاع (cm)	تعداد برگ	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	درصد آب برگ٪	N (%)	P (g/kg)	Zn (mg/kg)	آسکوربات پراکسیداز (mmol mg/ protein/ min)
خشکی	۲	۳۱۸/۰۵**	۳۶۹۷/۶۹**	۲۵۲۸۴/۰۸ns	۰/۶**	۰/۱۱**	۷۴/۶۸ns	۰/۰۴**	۳۵۱۶۶۶/۸۷**	۸۷/۴۱**	۳**
بستر کشت	۳	۲۵۱/۷**	۱۴۹۸/۴۷*	۹۸۴۴۸/۶۹ns	۰/۲*	۰/۰۳*	۸۴/۲۶ns	۰/۱۴**	۳۴۳۴۸۳/۰۱**	۲۴۲/۰۹**	۱/۱۳**
خشکی * بستر کشت	۳	۱۱۲/۲۲*	۴۶۱/۸*	۵۸۸۹۶/۶۳ns	۰/۰۱*	۰/۰۱*	۲۳/۸۹ns	۱/۰۰**	۱۱۹۸۹۱/۱۸**	۳۸/۵۹**	۳/۸۷**
خطا	۲۲	۴۷/۴۵	۴۰۶/۰۸	۱۰۲۱۹۲/۱۲	۰/۰۵	۰/۰۱	۳۰/۵	۰/۰۱	۲/۰۸	۰/۳۳	۱/۰۰
خطای کل	۳۶										

** و * به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۱ و ۵ درصد و ns: معنی‌دار نبودن

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳- مقایسهٔ میانگین اثر خشکی بر برخی صفات رشدی و عناصر دانهال‌های توت آمریکایی

خشکی	اختلاف قطر یقه (mm)	اختلاف ارتفاع (cm)	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	%N	P (g/kg)	Zn (mg/kg)	آسکوربات پراکسیداز (mmol mg/ protein/ min)
بدون تنش (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)	۳۴/۹۴^{a}	۱۱۶/۱۷^{a}	۰/۷۰^{a}	۰/۳۱^{a}	۲/۲۵^{a}	۱/۶۷^{b}	۲۳/۷۰^{b}	۰/۰۰۴^{a}
تنش ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)	۲۵/۰۰^{b}	۹۱/۸۳^{b}	۰/۳۰^{b}	/۱۴^{ab}	۲/۱۲^{c}	۱/۷۱^{a}	۲۶/۸۶^{a}	۰/۰۰۲^{b}
تنش شدید (۳۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی)	۲۷/۶۵^{b}	۸۲/۰۸^{b}	۰/۳۱^{b}	۰/۱۴^{b}	۲/۱۹^{b}	۱/۳۹^{c}	۲۱/۴۹^{c}	۰/۰۰۵^{a}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون براساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دارند.

جدول ۴- مقایسهٔ میانگین اثر بستر کشت بر برخی صفات رشدی و عناصر دانهال‌های توت آمریکایی

بستر کشت	اختلاف قطر یقه (mm)	اختلاف ارتفاع (cm)	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	%N	P (g/kg)	Zn (mg/kg)	آسکوربات پراکسیداز (mmol mg/ protein/ min)
خاک زراعی (شاهد)	۲۲/۰۸^{b}	۷۹/۴۴^{b}	۰/۲۲^{b}	۰/۱۰^{b}	۲/۰۳^{d}	۱/۴۵^{c}	۳۱/۱۹^{a}	۰/۰۰۳^{b}
خاک زراعی+ ورمی‌کمپوست	۳۴/۸۳^{a}	۱۰۲/۵۶^{a}	۰/۴۷^{a}	۰/۲۲^{a}	۲/۱۶^{d}	۱/۴۱^{d}	۱۸/۸۲^{d}	۰/۰۰۵^{a}
خاک زراعی+کود گاوی	۲۹/۴۲^{a}	۱۰۹/۵۶^{a}	۰/۵۰^{a}	۰/۲۱^{a}	۲/۳۳^{a}	۱/۷۰^{b}	۲۳/۴۷^{b}	۰/۰۰۳^{b}
خاک زراعی+کنجالهٔ کنجد	۳۰/۴۴^{a}	۹۵/۲۲^{ab}	۰/۵۶^{a}	۰/۲۵^{a}	۲/۲۲^{b}	۱/۸۱^{a}	۲۲/۶۰^{c}	۰/۰۰۴^{b}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دارند.

بیشترین غلظت فسفر و روی برگ در سطح تنش خشکی ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) و کمترین غلظت آنها در سطح تنش خشکی شدید (۳۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) حاصل شد (جدول ۳). در میان بسترهای کشت بررسی‌شده، بیشترین غلظت فسفر برگ در تیمار بستر کشت خاک زراعی با ۲۰ درصد کنجالهٔ کنجد و کمترین غلظت فسفر برگ در تیمار خاک زراعی با ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست به‌دست آمد (جدول ۴). با توجه به جدول ۱، مقدار عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست نسبت به کود حیوانی و نیز خاک زراعی کمتر بود که ممکن است دلیل اصلی این موضوع باشد. بیشترین غلظت روی برگ در تیمار بستر کشت خاک زراعی (شاهد) و کمترین غلظت روی برگ در تیمار خاک زراعی با ۳۰ درصد

www.SID.ir

Archive of SID

ورمی‌کمپوست دیده شد (جدول ۴). بیشترین غلظت فسفر (۲/۰۱ g/kg) در اثر متقابل خاک زراعی با ۲۰ درصد کنجالهٔ کنجد در زمان بدون تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) مشاهده شد (جدول ۵).

بیشترین غلظت روی (۳۲/۵۲ mg/kg) در خاک زراعی (شاهد) در زمان تنش خشکی ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) به‌دست آمد (جدول ۵).

جدول ۵- اثر متقابل تنش خشکی و بستر کشت بر برخی صفات رشدی و عناصر دانهال‌های توت آمریکایی

تیمارها	اختلاف قطر یقه (mm)	اختلاف ارتفاع (cm)	وزن تر برگ (g)	وزن خشک برگ (g)	درصد آب برگ٪	%N	P (g/kg)	Zn (mg/kg)	آسکوربات پراکسیداز (mmol mg/ protein/ min)
بدون تنش+خاک زراعی	۲۲/۲۶^{cd}	۸۴/۰۰^{cd}	۰/۲۶^{cd}	۰/۱۲^{cd}	۵۲/۰۶^{ab}	۱/۹۰^{f}	۱/۲۴^{l}	۳۱/۳۱^{c}	۰/۰۰۴^{dc}
بدون تنش+خاک زراعی+ ورمی	۴۶/۹^{a}	۱۱۳/۶۷^{abc}	۰/۷۰۸^{abc}	۰/۳۲^{ab}	۵۳/۵۶^{a}	۲/۰۸^{de}	۱/۵۱^{i}	۲۰/۱۵^{i}	۰/۰۰۶۴^{b}
بدون تنش+خاک زراعی+کود گاوی	۳۴/۷۶^{abc}	۱۴۰/۶۷^{a}	۰/۷۱۵^{ab}	۰/۳۱^{bc}	۵۶/۶۶^{a}	۲/۶۳^{a}	۱/۹۲^{b}	۱۹/۷۸^{j}	۰/۰۰۳۵^{de}
بدون تنش+خاک زراعی+کنجالهٔ کنجد	۳۵/۸۳^{ab}	۱۲۶/۳۳^{ab}	۱/۱۱^{a}	۰/۴۹^{a}	۵۶/۰^{a}	۲/۳۸^{b}	۲/۰۱^{a}	۲۳/۵۸^{e}	۰/۰۰۴۲^{dc}
تنش ملایم+خاک زراعی	۲۴/۶۶^{bcd}	۷۹/۰۰^{cd}	۰/۲۱^{d}	۰/۱۰^{d}	۴۲/۰^{b}	۲/۱۱^{de}	۱/۷۹^{c}	۳۲/۵۲^{a}	۰/۰۰۳۲^{de}
تنش ملایم+خاک زراعی+ ورمی	۲۶/۹^{bcd}	۱۰۶/۶۷^{abcd}	۰/۳۲^{bcd}	۰/۱۶^{bcd}	۵۰/۱^{ab}	۲/۰۸^{de}	۱/۵۶^{g}	۱۹/۳۹^{k}	۰/۰۰۲۴^{de}
تنش ملایم+خاک زراعی+کود گاوی	۲۸/۰^{bcd}	۹۶/۳۳^{bcd}	۰/۴۳^{bcd}	۰/۱۸^{bcd}	۵۵/۸۳^{a}	۲/۲۴^{c}	۱/۷۶^{d}	۳۲/۲۶^{b}	۰/۰۰۱۹^{e}
تنش ملایم+خاک زراعی+کنجالهٔ کنجد	۲۰/۴۳^{d}	۸۵/۳۳^{cd}	۰/۲۶^{cd}	۰/۱۳^{cd}	۵۲/۲۶^{ab}	۲/۰۵^{e}	۱/۷۲^{e}	۲۲/۲۹^{f}	۰/۰۰۲۴^{de}
تنش شدید+خاک زراعی	۱۹/۳۳^{d}	۷۵/۳۳^{cd}	۰/۱۸^{d}	۰/۰۹^{d}	۵۱/۴۶^{ab}	۲/۰۸^{de}	۱/۳۱^{k}	۲۸/۷۴^{d}	۰/۰۰۴^{dc}
تنش شدید+خاک زراعی+ ورمی	۳۰/۷^{bcd}	۸۷/۳۳^{cd}	۰/۴۱^{bcd}	۰/۱۷^{bcd}	۵۶/۹۶^{a}	۲/۳۲^{b}	۱/۱۵^{m}	۱۶/۹۴^{m}	۰/۰۰۸۵^{a}
تنش شدید+خاک زراعی+کود گاوی	۲۵/۵^{bcd}	۹۱/۶۷^{bcd}	۰/۳۸^{bcd}	۰/۱۶^{bcd}	۵۴/۱۶	۲/۱۴^{d}	۱/۴۱^{j}	۱۸/۳۷^{l}	۰/۰۰۴۱^{dc}
تنش شدید+خاک زراعی+کنجالهٔ کنجد	۳۵/۰۶^{abc}	۷۴/۰۰^{d}	۰/۳۱^{bcd}	۰/۱۴^{bcd}	۵۳/۹۳^{a}	۲/۲۲^{c}	۱/۷۰^{f}	۲۱/۹۳^{g}	۰/۰۰۵۶^{cb}

میانگین‌های دارای حروف متفاوت در هر ستون بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد دارای اختلاف معنی‌دارند.

آنزیم آسکوربات پراکسیداز در زمان تنش خشکی شدید (۳۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) دارای بیشترین غلظت و در سطح تنش خشکی ملایم (۵۵ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) دارای کمترین غلظت در برگ بود (جدول ۳). بیشترین غلظت آنزیم در بستر خاک زراعی با ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست در برگ مشاهده شد، درحالی که تفاوت غلظت آنزیم در دیگر تیمارهای بستر کشت معنی‌دار نبود (جدول ۴). در بررسی اثر متقابل، بیشترین غلظت آنزیم آسکوربات پراکسیداز (۰/۰۰۸۵ mmol mg/ protein/ min) در خاک زراعی با ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست در زمان تنش خشکی شدید (۳۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) حاصل شد (جدول ۵).

بحث

تنش خشکی موجب حالت رزت در دانهال‌های بررسی‌شده شد؛ اما مهم‌ترین عامل افزایش ارتفاع گیاه، اصلاح بستر کشت و در اختیار قرار دادن مواد معدنی کافی است، فرایندی که در بستر کشت

www.SID.ir

Archive of SID

اصلاح‌شده با کود حیوانی و ورمی‌کمپوست مشاهده و ثابت شد. دانهال‌های رشدکرده در بستر کشت اصلاح‌شده نسبت به دانهال‌های رشدکرده در خاک زراعی (شاهد) در تمام سطوح خشکی از نظر صفات اختلاف قطر یقه و ارتفاع برتری نشان دادند (جدول ۵) که این مشخص‌کنندهٔ تأثیر مثبت بستر کشت اصلاح‌شده در میزان رشد دانهال‌های توت آمریکایی در وضعیت تنش خشکی است. تیمار کودهای آلی ممکن است با افزایش تخلخل تهویه‌ای و انتشار بیشتر اکسیژن، جذب آب و املاح را بیشتر کرده و در نتیجه جذب عناصر غذایی از جمله نیتروژن در گیاه افزایش یافته باشد (Kalhor et al., 2018).

یکی از اولین پاسخ‌های گیاه به تنش‌های غیرزیستی، کاهش رشد گیاه است. هرچه دورهٔ خشکی طولانی‌تر باشد، رشد اندام هوایی کاهش بیشتری پیدا می‌کند که این کاهش ممکن است به‌دلیل افزایش اسید آبسیزیک در اندام هوایی باشد (Oliveira & Peñuelas, 2000). ازآنجا که با کاهش محتوای رطوبت خاک، پسابیدگی پروتوپلاسم همراه با کاهش آماس سلولی اتفاق می‌افتد، اندازهٔ سلول و سرعت تقسیم سلولی روند کاهشی شدیدی پیدا می‌کند که به کاهش رشد و سطح فتوسنتزکنندهٔ گیاه منجر می‌شود. گیاه در شرایط بدون تنش خشکی از وضعیت آماس سلولی مناسبی برخوردار است که در این شرایط، پتانسیل فشاری لازم برای توسعهٔ سلول و تقسیم آن فراهم است. از این‌رو این شرایط سبب افزایش فعالیت متابولیسمی، رشد و سرعت توسعهٔ ریشه می‌شود، به‌طوری که با رشد ریشه، جذب یون‌های غذایی بیشتر می‌شود و با تولید اندام هوایی زیادتر، انرژی موجود از طریق فتوسنتز نیز افزایش می‌یابد (Kafi et al., 2010). ولی در شرایط تنش خشکی، محدودیت‌های تغذیه‌ای که از طریق کاهش جذب فسفر، پتاسیم، نیترات و کلسیم ایجاد می‌شود، رشد و سرعت توسعهٔ ریشه را کاهش می‌دهد و به‌تبع آن تولید اندام هوایی و نیز انرژی موجود از طریق فتوسنتز کاهش می‌یابد. مطالب یادشده نشان می‌دهد که در شرایط تنش و وضعیت پسابیدگی سلول‌ها، اختصاص مواد غذایی به ریشه نسبت به ساقه افزایش می‌یابد و گیاه قادر نخواهد بود کربوهیدرات لازم برای رشد را فراهم کند (Yang & Miao, 2010). نتایج به‌دست‌آمده با Rastegar et al. (2015) مطابقت دارد.

تأثیر سطوح مختلف خشکی، بسترهای کشت و اثر متقابل آنها بر افزایش یا کاهش تعداد برگ معنی‌دار نبود. در نتیجه می‌توان نتیجه گرفت که دانهال‌های توت آمریکایی در مدت سازگاری به تعداد مشابه تولید برگ کرده‌اند و تنها شرایط خوب آبی و شرایط بهینهٔ بستر کشت اصلاح‌شده سبب رشد برگ‌ها و دانهال‌ها شده است. با بسته شدن روزنه‌ها و کاهش تعرق، جذب آب و انتقال آن به سمت برگ کاهش می‌یابد. علت کاهش محتوای نسبی آب، کاهش پتانسیل آب برگ و کاهش جذب آب از ریشه‌ها در شرایط خشک است (Sinclair & Ludlow, 1985). کاهش پتانسیل اسمزی برگ برای حفظ فشار تورژسانس در پاسخ به تنش آبی در بسیاری از گیاهان چوبی گزارش شده است. نتایج به‌دست‌آمده با یافته‌های Rastegar et al. (2015) مطابقت دارد.

بیشترین وزن تر و خشک برگ در شرایط بدون تنش خشکی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) در بستر کشت حاوی خاک زراعی و ۲۰ درصد کنجالهٔ کنجد حاصل شد که نتایج با یافته‌های Iranshenas et al. (2016) در گیاه ذرت مطابقت داشت. گیاه در هنگام تنش، سطح برگ خود را کاهش می‌دهد و سبب کاهش وزن تر و خشک برگ در واحد سطح می‌شود (Kafi et al., 2010). بر اساس نتایج به‌دست‌آمده، وزن تر و خشک برگ همهٔ دانهال‌های توت آمریکایی در وضعیت بدون تنش خشکی نسبت به آنهایی که در وضعیت تنش ملایم و شدید بودند، به‌صورت معنی‌داری بیشتر بود، درحالی که بین دانهال‌ها از نظر صفات کیفی درصد آب برگ

www.SID.ir

Archive of SID

تفاوت معنی‌داری مشاهده نشد؛ یعنی تغییر وضعیت آبیاری، میزان رشد را تحت تأثیر قرار داده و رشد را کم کرده، اما اثر مخرب بر گیاه نداشته است. همچنین براساس نتایج به‌دست‌آمده، دانهال‌ها در بستر کشت اصلاح‌شده نسبت به شاهد از نظر وزن تر و خشک برگ به‌طور معنی‌دار برتری داشتند، درحالی که در مورد درصد آب برگ، تفاوت معنی‌داری بین بسترهای کشت مختلف وجود نداشت. از طرف دیگر با بررسی اثر متقابل سطوح مختلف خشکی و بستر کشت مشخص شد که بستر کشت اصلاح‌شده در همهٔ سطوح خشکی نسبت به خاک زراعی شاهد در تنش خشکی شدید و ملایم برتری داشت. از این‌رو بدین وسیله می‌توان نتیجه گرفت که الف) شدت تنش خشکی سبب کاهش رشد توت آمریکایی می‌شود، ولی این گیاه مقاومت می‌کند و تنش خشکی نمی‌تواند اثر مخرب بر بافت‌ها ایجاد کند؛ ب) اصلاح بستر کشت با کود حیوانی، ورمی‌کمپوست یا کنجالهٔ کنجد در هر وضعیت تنش خشکی سبب افزایش رشد حتی در حالت خشکی شدید می‌شود.

بررسی اثر متقابل تنش خشکی و بستر کشت نشان داد که بیشترین مقدار نیتروژن (۲/۶۳ درصد) در خاک زراعی با ۳۰ درصد کود حیوانی در حالت بدون تنش آبی (۹۰ درصد تخلیهٔ مجاز رطوبتی) به‌دست آمد (جدول ۵). با توجه به جدول ۱ کود حیوانی در مقایسه با دیگر ترکیبات آلی مورد استفاده دارای بیشترین مقدار نیتروژن است. تأمین تدریجی و مداوم نیتروژن در نتیجهٔ تجزیهٔ کود حیوانی و جذب بهتر و کافی آن توسط گیاه سبب شد که گیاهان تیمارشده با کود حیوانی بیشترین مقدار عنصر را در خشکی‌های شدید نشان دهند. به‌طور کلی، نیتروژن از یک‌سو سبب افزایش رشد ریشه و تقویت گیاه می‌شود و می‌تواند موجب افزایش تحمل گیاه به تنش آبی شود و از سوی دیگر می‌تواند با تحریک رشد رویشی و تأخیر در رسیدگی فیزیولوژیک، سبب افزایش تعرق گیاه شود و منابع رطوبتی را برای گیاه محدود کند که در نهایت به افزایش شدت تنش آبی می‌انجامد (Subedi et al., 2007). با توجه به جدول ۱، کود حیوانی در مقایسه با دیگر ترکیبات آلی مورد استفاده دارای بیشترین مقدار نیتروژن است.

در شرایط تنش خشکی، کاهش سرعت انتشار فسفر از خاک به سطح ریشه نسبت به سایر عناصر غذایی بیشتر است، چرا که یون فسفات به ذرات رس می‌چسبد و کمتر در دسترس ریشهٔ گیاه قرار می‌گیرد (Marschner, 1995). با توجه به جدول ۱، مقدار عناصر غذایی در ورمی‌کمپوست نسبت به کود حیوانی و نیز خاک زراعی کمتر بود که ممکن است دلیل اصلی کمترین غلظت فسفر برگ در تیمار خاک زراعی با ۳۰ درصد ورمی‌کمپوست باشد.

تنش رطوبتی اغلب جذب عناصر غذایی توسط گیاه را محدود می‌کند. جذب مواد غذایی توسط گیاهان در شرایط کمبود آب، به‌دلیل کاهش تعرق، اختلال در سیستم انتقال فعال و نفوذپذیری غشا و در نتیجه کاهش نیروی جذب‌کنندگی ریشه، کاهش می‌یابد (Kafi et al., 2010). از نظر بستر کشت نیز برگ دانهال‌ها در همهٔ حالت‌ها، بستر کشت اصلاح‌شده با کود حیوانی به‌صورت معنی‌داری از تیمارهای دیگر، نیتروژن و فسفر بیشتری داشتند. خاک زراعی شاهد دارای عناصر کم‌مصرف بیشتری بود. در تجزیه‌وتحلیل اثر متقابل تنش خشکی و بستر کشت مشخص شد که دانهال‌های کشت‌شده در بستر اصلاح‌شده با کود حیوانی و نیز خاک زراعی شاهد درصد بیشتری از عناصر در برگ را داشتند. براساس نتایج به‌دست‌آمده، می‌توان استنباط کرد که تنش شدید خشکی در جذب عناصر اختلال ایجاد کرده، ولی در شرایط تنش ملایم و بدون تنش جذب عناصر به‌راحتی صورت گرفته و در عین حال کاهش رشد در حالت تنش ملایم سبب افزایش غلظت عناصر در برگ شده است. در ضمن با توجه به اینکه رشد توت آمریکایی رابطهٔ مستقیمی با حاصلخیزی خاک دارد و براساس نتایج به‌دست‌آمده، اصلاح بستر کشت سبب افزایش جذب

www.SID.ir

Archive of SID

مواد معدنی و افزایش غلظت عناصر غذایی در برگ می‌شود؛ در نتیجه گیاهان رشدیافته در بستر کشت اصلاح‌شده در شرایط بدون تنش دارای بیشترین غلظت عناصر در برگ بودند.

تنش خشکی سبب القای تولید انواع رادیکال‌های آزاد اکسیژن می‌شود. مقدار زیاد آنزیم‌های آنتی‌اکسیدانی جاروکنندهٔ رادیکال‌های آزادِ موجود در گیاهان، مبین افزایش تحمل آنها به تنش محیطی است (Kafi et al., 2010). نتایج با یافته‌های Afsharmohammdian et al. (2016) در پونهٔ معطر (*Mentha pulegium* L.) مطابقت دارد.

نتیجه‌گیری کلی

با توجه به نتایج به‌دست‌آمده می‌توان نتیجه گرفت که گیاه توت آمریکایی در برابر خاک‌هایی با مواد معدنی زیاد و غنی واکنش مثبتی نشان می‌دهد و تقویت بستر کشت سبب افزایش مقاومت این گیاه به تنش خشکی و افزایش معنی‌دار رشد آنها می‌شود. به‌طوری‌که گیاه در خاک غنی حتی تحت تنش شدید، دارای رشدی مناسب نسبت به گیاه رشدکرده در شرایط بدون تنش است. این گیاه از لحاظ مورفولوژیکی و فیزیولوژیکی به تنش خشکی مقاوم بود و تنش خشکی تنها سبب کاهش رشد گیاه شد و نتوانست اثرهای مخربی بر فرایندهای فیزیولوژیکی گیاه مانند ازهم‌پاشیدگی غشای سلولی ایجاد کند. اصلاح بستر کشت با کنجالهٔ کنجد، کود حیوانی و ورمی‌کمپوست مقاومت به تنش و رشد را در توت آمریکایی افزایش داد، اما به‌طور خاص تأثیر کنجالهٔ کنجد و کود حیوانی بیشتر بود. به‌طور کلی، با توجه به گران‌تر بودن کنجالهٔ کنجد که به‌طور تقریبی موجب افزایش دوبرابری قیمت هر اصله درخت می‌شود، کود حیوانی بهترین گزینه برای اصلاح بستر کشت این گیاه است.

References

Afsharmohammdian, M., Ghanati, F., Ahmadiani, S., & Sadrzamani, K. (2016). Effect of drought stress on the activity of antioxidant enzymes and soluble sugars content of pennyroyal (*Mentha pulegium* L.). – *Nova Biologica. Reperta. 3*, 228-237.

Atiyeh, R.M., Arancon, N., Edwards, C. A., & Metzger, J. D. (2001). The influence of earth worm processed pig manure on the growth and productivity of marigolds. *Bioresource Technology, 33,* 13-18.

Baghbani-Arania, A., Modarres-Sanavya, S.A.M., Akbar-Boojarb, M.M., & Mokhtassi-Bidgolia, A. (2017). Towards improving the agronomic performance, chlorophyll fluorescence parameters and pigments in fenugreek using zeolite and vermicompost under deficit water stress. *Industrial Crops and Production. 109*, 346-357.

Bahrololomi, S., Raeini Sarjaz, M., Pirdashti, H. (2019). The effect of drought stress on the activity of antioxidant enzymes, malondialdehyde, soluble protein and leaf total nitrogen contents of soybean (*Glycine max* L.), *Environmental Stresses in Crop Sciences*, in press.

Brussard, L., & R. Ferrera-Cenato. (1997). Soil Ecology in Sustainable Agricultural Systems. New York: Lewis publishers, U.S.A. pp. 168.

Coder, K. (2016)."Osage orange a traveling tree," The University of Gorgia Warnell outreach, No14.

Cottenie, A. (1980). Soil and plant testing as a basis of fertilizer recommendations, FAO. *Soil Bulletin* 38/2. FAO, Rome.John,pair. Magnificent maclura- past and present. New cultivars. 2000

www.SID.ir

Archive of SID

Iranshenas, F., Hakimzadeh, M., Ghasemi, S., & Sodaeizadeh, H. (2016). Effect of organic fertilizer produced from different ratios of sesame waste on growth and morphological characteristics of corn under greenhouse conditions. The third scientific research congress of Development and Promotion of Iranian Agricultural Science, 12 septamber, Tehran. pp. 35-40.

Kafi, M., Zand, E., Kamkar, B., Mahdavi-Damghani, A., & Abbasi, F. (2010). Plant Physiology 2 (translate). Jihad-e- Daneshgahi of mashhad press.

Khaleghi, A., Naderi, R., Roohollahi, I., & Mazrati, A. (2015). Evaluation of Proteomic Pattern of Maclura pomifera in response to drought stress. First International and 9th National Biotechnology Conference. 24-26 Agust, Tehran. pp. 14-18.

Khaleghi, A., Naderi, R., Salami, A., Babalar, M., Roohollahi, I., & Khaleghi, G. (2016). Evaluation of Salicylic acid and spermidine on reduce drought stress injuries of one-year-old Maclura pomifera seedlings. *Journal of Crops Improvement, 18*(1), 231-244.

Kalhor, M., Dehestani-Ardakani, M., Shirmardi, M., & Gholamnejad, J. (2018). 'Response of pot marigold (*Calendula officinalis* L.) to interaction effects of salt stress and organic soil amendments', *Environmental Stresses in Crop Sciences, 11(4)*, 1005-1021.

Marschner, H. (1995). Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press. London, 549-561.

Nakano, Y., & Asada, K. (1981). Hydrogen peroxide is scavenged by ascorbate specific peroxidase in spinach chloroplasts. *Plant Cell Physiology, 22*, 867-880

Nasr-e-esfahani, A., & Golchin, N. (2008). Estimating of water use efficiency of farm crops in Esfahan, Gorgan and Gonbad regions. Planning Economic & rural Development Research Institute, pp. 25-34.

Oliveira, G., & Peñuelas, J. (2000). Comparative photochemical and phenomorphological responses to winter stress of an evergreen (*Quercus ilex* L.) and a semi-deciduous (*Cistus albidus* L.) Mediterranean woody species. *Acta Oecologica journal, 21*, 97–107.

Rastegar, S., Zakeri, O., & Zakeri, B. (2015). Effects of drought stress on vegetative growth and biochemical changes of six ornamental species in tropical. *Plant Process and Function. 5*(16), 157-164.

Robin, A., Szmidt, R.A.K., & Dickson, W. (2001). Use of compost in agriculture, Frequently Asked Questions (FAQs). Remade Scotland. pp. 324- 336.

Sinclair, T.R., & Ludlow, M.M. (1985). Who taught plants thermodynamics? The unfulfilled potential of plant water potential. *Australian Journal of Plant Physiology, 12*, 213-217.

Subedi, K.D., Ma B.L., & Xue, A.G. (2007). Planting date and nitrogen effects on grain yield and protein content of spring wheat. *Crop Science, 47*, 36-44.

USDA Forest Service (2012). Silvics of Trees of North America. "Maclura pomifera". From: http://www.na.fs.fed.us/pubs/silvics_manual/vol ume_2/maclura/pomifera.htm.

Yang, F., & Miao, L.F. (2010). Adaptive responses to progressive drought stress in two poplar species originating from different altitudes. *Silva Fennica, 44*, 23–37.

www.SID.ir

Archive of SID

Iranian Journal of Forest
Vol. 11, No. 1, Spring 2019
pp. 104-117

Research Article

The effects of culture media on the increasing of drought stress tolerance of Osage orange tree (*Maclura pomifera* L.)

M. Azemi Ardakani[1], M. Dehestani-Ardakani[2*], and S. Soltani Gerdfaramarzi[3]

[1] MSc student, Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, I. R. Iran
[2] Assistant Prof., Dept. of Horticultural Science, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, I. R. Iran
[3] Assistant Prof., Dept. of Water Science and Engineering, Faculty of Agriculture & Natural Resources, Ardakan University, Ardakan, I. R. Iran

(Received: 20 October 2018, Accepted: 23 February 2019)

Abstract

Osage orange tree (*Maclura pomifera* L.) is a native of Central America and has numerous ornamental, ecological and medicinal values. In the present study, the effects of different culture media including animal manure, vermicompost and sesame residue on the growth rate and increasing tolerance of Osage orange tree under drought stress, were investigated. This experiment was conducted as a factorial experiment based on completely randomized block design, four culture media levels including (1- soil (control), 2- 70% v/v soil + 30% v/v vermicompost, 3- 70% v/v soil + 30% v/v animal manure and 4- 80% v/v soil + 20% v/v sesame residue) and three levels of drought include 1- without stress (control) (90% allowed water depletion) 2- mild stress (55% allowed water depletion) and 3- severe stress (35% allowed water depletion) with three replicates per treatments were applied on one year old seedlings in April 2017 in field of Yazd University. According to the results, drought stress significantly decreased the height, truck diameter, fresh and dry weight of leaves of seedlings and nutrient uptake, however, activity of ascorbate peroxidase increased. Application of a modified culture media under non-stress conditions significantly increased the growth characteristics and nitrogen and phosphorus uptake. Among the used culture media, animal manure and sesame residue had the highest effects on increasing plant height, fresh and dry weight of leaves and absorption of nitrogen and phosphorus. Maximum activity of ascorbate peroxidase enzyme was obtained in agronomic soil with 30% vermicompost during severe drought stress. In general, using the culture media, especially with animal manure and sesame residue, increased the resistance of this plant to drought stress and significantly increased its growth.

Keywords: Animal manure, Drought, Osage tree, Sesame residue, Vermicompost.

∗Corresponding author Tel: +989133577816 Email: mdehestani@ardakan.ac.ir

www.SID.ir