

## تأثیر قارچ‌های میکوریزایی بر صفات و رشد بزرک (*Linum ussitatissimum* L.) در شرایط تنش خشکی

مریم سلطانیان<sup>۱\*</sup> و علی تدین<sup>۲</sup>

### چکیده

برای بررسی تأثیر قارچ میکوریزا آربوسکولار در شرایط تنش خشکی بر صفات و رشدی بزرک در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، آزمایشی به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. تنش خشکی در چهار سطح آبیاری: ۱۰۰ (بدون تنش)، ۷۵ (تنش ملایم)، ۵۰ (تنش متوسط) و ۲۵ (تنش شدید) درصد نیاز آبی گیاه، به عنوان عامل اصلی و تلقیح بذر گیاه بزرک با دو گونه میکوریزا شامل *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* و یک تیمار بدون تلقیح میکوریزا به عنوان عامل فرعی، در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد تیمارهای تنش خشکی و قارچی اثر معنی‌داری بر صفات قطر ساقه و وزن تر اندام هوایی داشت، ولی تأثیر معنی‌داری بر اثر متقابل آن‌ها نداشت. بیشترین میزان سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی (RGR) در شرایط بدون تنش خشکی و تلقیح با گونه‌های قارچ میکوریزا مشاهده شد.

**واژه‌های کلیدی:** تلقیح، تنش خشکی، سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی، هم‌زیستی.

**ارجاع:** سلطانیان م. و تدین ع. ۱۳۹۵. تأثیر قارچ‌های میکوریزایی بر صفات و رشد بزرک (*Linum ussitatissimum* L.) در شرایط تنش خشکی. نشریه گیاه زراعی و تنش‌های محیطی. ۱(۱): ۳۳-۴۳.

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

۲ دانشیار گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد.

\* نویسنده مسئول: [msoltanian91@gmail.com](mailto:msoltanian91@gmail.com)

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۰۶/۱۱

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۰۴/۱۰

## مقدمه

بذر خوراکی کتان روغنی (*Linum ussitatissimum*) به دلیل خواص زیاد طبی در دنیا بسیار مهم است. بذر آن محتوی چندین نوع اسید چرب غیراشباع است و برای تغذیه انسان ضروری به نظر می‌رسد (تدین و همکاران، ۱۳۹۲).

دانه‌های کتان روغنی (بزرک) دارای ۳۰ تا ۴۰ درصد روغن است که ۴۰ تا ۶۰ درصد روغن را اسید لینولنیک (اسید چرب امگا ۳) و ۲۵ درصد آن را اسید لینولئیک (اسید چرب امگا ۶) تشکیل می‌دهد. روغن آن همچنین حاوی اسید استئاریک و اولئیک است (امیدبگی، ۱۳۹۲). اسید چرب غیراشباع امگا ۳ برای رشد و نمو ضروری بوده و سبب پیشگیری و بهبود بیماری‌های قلبی، ورم مفاصل، التهاب، بیماری‌های دستگاه ایمنی و سرطان می‌گردد (هاردمنو همکاران، ۲۰۰۰). امروزه به دلیل وجود امگا ۳ و اسیدهای چرب مفید در بذر کتان، از آن در تهیه نان‌های فانتزی نیز استفاده می‌شود (تدین و همکاران، ۱۳۹۲).

تنش خشکی یکی از مهم‌ترین تنش‌های محیطی غیرزیستی است که رشد و عملکرد گیاهان را تحت تأثیر قرار می‌دهد، همچنین سبب کاهش جذب آب توسط ریشه گیاه، کاهش تعرق، کاهش هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز و به هم خوردن موازنه هورمونی در گیاه می‌شود (خلفاله و ابوقالیا، ۲۰۰۸). در آزمایش حاکی‌زاده (۱۳۸۹) تنش خشکی سبب کاهش سرعت رشد محصول، سرعت رشد نسبی و تجمع ماده خشک در زئوتیپ‌های آفتاب‌گردان شد. کریمی کاخکی (۱۳۸۷) افزایش شیب کاهشی سرعت رشد نسبی را بر اثر تنش خشکی و کمبود آب در آفتاب‌گردان گزارش کرد.

خشکی و کم‌آبی در ایران همواره یکی از مهم‌ترین مسائل و مشکلات کشاورزی بوده، بنابراین زندگی همزیستی گیاهان با سایر عوامل بیولوژیک برای ایجاد مقاومت در برابر تنش خشکی برای بهبود تولیدات زراعی در شرایط خشکی مفید خواهد بود. تلقیح ریشه‌های گیاهان با قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار می‌تواند در بهبود تولیدات زراعی تحت شرایط تنش خشکی مؤثر باشد (حبیب‌زاده و همکاران، ۱۳۹۲). قارچ‌های آربوسکولار- میکوریزا از مهم‌ترین قارچ‌های اندومیکوریزا هستند که با بیش از ۹۰

درصد گیاهان زراعی ارتباط همزیستی برقرار می‌کنند (اسمیت و رید، ۲۰۰۸). بررسی بوم‌شناسی و فیزیولوژیکی اثبات کرده که بیشتر همزیستی میکوریزی سبب جذب بهتر آب از خاک می‌شود (اوج، ۲۰۰۱). بررسی‌ها نشان می‌دهند که قارچ‌های میکوریزا به رشد گیاهان تحت شرایط تنش خشکی با کاهش تنش و افزایش جذب عناصر غذایی کمک می‌کنند (روئیز- لوزانو و آزکن، ۱۹۹۶). نتایج آزمایش شاه حسینی و همکاران (۱۳۹۲) در ذرت، نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش سرعت رشد محصول (CGR) شده و کاربرد میکوریزا باعث افزایش CGR شد. افزایش سرعت رشد محصول در اثر همزیستی با میکوریزا در شرایط تنش کم‌آبی به دلیل بهبود جذب مواد غذایی توسط گیاه است (وو و همکاران، ۲۰۰۵).

هدف از انجام این پژوهش، بررسی اثر قارچ‌های میکوریزا آربوسکولار شامل *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* بر برخی شاخص‌های فیزیولوژیکی و رشد گیاه بزرک در سطوح مختلف تنش خشکی است.

## مواد و روش‌ها

این آزمایش در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه شهرکرد، با عرض جغرافیایی ۳۲ درجه و ۲۰ دقیقه شمالی و طول جغرافیایی ۵۰ درجه و ۵۱ دقیقه شرقی و ارتفاع ۲۰۶۱ متر از سطح دریا در سال زراعی ۱۳۹۲ انجام شد. این آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار انجام شد. تیمارهای آزمایش شامل چهار سطح آبیاری بر اساس ۱۰۰ (بدون تنش)، ۷۵ (تنش ملایم)، ۵۰ (تنش متوسط) و ۲۵ (تنش شدید) درصد نیاز آبی گیاه، به عنوان عامل اصلی و تلقیح با قارچ میکوریزائی در سه سطح شامل تلقیح با *Glomus intraradices* و تلقیح با *Glomus mosseae* و عدم تلقیح، به عنوان عامل فرعی بود.

قبل از کاشت از پنج قسمت از خاک مزرعه در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری نمونه‌برداری به عمل آمد. سپس نمونه مرکب خاک از نظر برخی خصوصیات شیمیایی از طریق آزمایشگاه مرکز تحقیقات کشاورزی شهرکرد ارزیابی شد (جدول ۱).

جدول ۱- برخی خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک در عمق صفر تا ۳۰ سانتی‌متری مزرعه آزمایشی قبل از کاشت

Cu mg.kg <sup>-1</sup>	Fe mg.kg <sup>-1</sup>	Mn mg.kg <sup>-1</sup>	Zn mg.kg <sup>-1</sup>	N %	K ava. mg.kg <sup>-1</sup>	P ava. mg.kg <sup>-1</sup>	O.C %	EC dS.m <sup>-1</sup>	pH -
۰/۹۱	۴/۸۶	۷/۹۱	۰/۶۷	۰/۰۴۶	۳۰۳	۱۲/۳	۰/۵۸۵	۰/۴۵۲	۷/۹۳

برای نمونه‌برداری و اندازه‌گیری صفات، دو ردیف کناری از هر کرت و ابتدا و انتهای کرت‌ها به عنوان حاشیه در نظر گرفته شد. برای بررسی روند تغییرات تجمعی صفات قطر ساقه و وزن تر اندام هوایی و میزان سرعت رشد محصول (CGR) و سرعت رشد نسبی، هر ۱۰ روز یک‌بار پس از ظهور گیاه در سطح خاک تا مرحله برداشت، ۱۰ بوته به طور تصادفی برداشت و میانگین آن صفات در بوته محاسبه شد. بوته‌های برداشت شده پس از اندازه‌گیری قطر ساقه و وزن تر اندام هوایی در آون در دمای ۷۵ درجه سانتی‌گراد به مدت ۴۸ ساعت قرار داده سپس وزن خشک بوته‌ها با ترازوی دیجیتالی با دقت ۰/۰۱ گرم اندازه‌گیری شد.

سرعت رشد محصول (CGR) بر حسب گرم بر مترمربع در روز از فرمول (۴) محاسبه شد که در این فرمول  $W_2 - W_1$  تغییرات ماده خشک،  $T_2 - T_1$  تغییرات زمان به روز و GA سطح زمین به مترمربع است:

$$CGR = \frac{W_2 - W_1}{T_2 - T_1} \times \frac{1}{GA} \quad (4)$$

سرعت رشد نسبی (RGR) از فرمول (۵) محاسبه شد که در این فرمول  $\ln W_2 - \ln W_1$  لگاریتم طبیعی تغییرات ماده خشک و  $T_2 - T_1$  تغییرات زمان به روز است:

$$RGR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{T_2 - T_1} \quad (5)$$

داده‌های حاصل از این آزمایش با نرم‌افزار آماری SAS تجزیه و تحلیل شد. میانگین‌های معنی‌دار شده اثرات متقابل با نرم‌افزارهای SAS و MSTATC با آزمون LSD در سطح احتمال پنج درصد مقایسه شد. همچنین برازش داده‌های مربوط به تغییرات سرعت رشد محصول و سرعت رشد نسبی با نرم‌افزار آماری SigmaPlot-10 انجام شد. برای رسم گراف‌ها و جدول‌ها از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

## نتایج و بحث

### قطر ساقه

قطر ساقه به تیمارهای تنش خشکی و قارچ میکوریزیایی پاسخ معنی‌داری در سطح احتمال ۱ درصد داد ولی اثر متقابل بین این دو معنی‌دار نشد (جدول ۲). تیمار بدون

عملیات آماده‌سازی زمین برای اجرای آزمایش در اواسط اردیبهشت ماه ۱۳۹۲ شروع شد. کرت‌های آزمایش به طول ۳ و عرض ۲ متر طراحی شد. کشت به صورت ردیفی روی زمین صاف به فاصله ردیف ۱۵ سانتی‌متر و فاصله سه سانتی‌متر روی ردیف‌ها انجام شد. عمق کاشت به طور متوسط ۳ سانتی‌متر در نظر گرفته شد. برای کاشت از بذر بزرگ اکوتیپ ایرانی استفاده شد.

برای تلقیح خاک از مایه تلقیح قارچ (*G. intraradices*) و (*G. mosseae*) استفاده شد. مایه تلقیح شامل مخلوطی از اسپور (۵۰ تا ۱۵۰ اسپور زنده قارچ در هر گرم خاک)، هیف و قطعات جدا شده ریشه‌های آلوده به عنوان تلقیح کننده دارای ریشه‌های گیاهان میکوریزی شده و ریشه‌های قارچ میکوریزا (۲۰ تا ۵۰ متر در هر گرم خاک) است.

آبیاری پس از کاشت هر هفت روز یک‌بار تا یک ماه در مرحله استقرار گیاه به صورت غرقابی انجام و سپس آبیاری بر اساس تیمارهای آزمایشی انجام شد. پس از سبز شدن بذور، برای تنظیم فاصله بوته‌ها روی خطوط کشت و رسیدن به تراکم مطلوب در زمان پنج برگی عملیات تنک انجام شد. کنترل علف‌های هرز بدون استفاده از علف‌کش‌ها و به صورت وجین دستی در طی آزمایش انجام شد.

نیاز آبی گیاه با نرم‌افزار CROPWAT (که بر اساس منطقه مورد بررسی، نیاز آبی گیاه را در ماه‌های مختلف برآورد می‌کند) محاسبه شد و با استفاده از فرمول‌های زیر، دور آبیاری مشخص شد:

$$TAW = \rho_b \times Dr(\Theta_{FC} - \Theta_{PWP}) \quad (1)$$

$$RAW = f \times TAW \quad (2)$$

$$N = \frac{RAW}{ET_c} \quad (3)$$

که در این فرمول‌ها N دور آبیاری، TAW کل آب قابل استفاده،  $\Theta_{FC}$  درصد جرمی رطوبت در ظرفیت زراعی و  $\Theta_{PWP}$  درصد جرمی رطوبت در نقطه پژمردگی، RAW آب سهل‌الوصول،  $ET_c$  نیاز آبی گیاه،  $D_r$  عمق توسعه ریشه،  $\rho_b$  جرم مخصوص ظاهری خاک و f ضریب تخلیه مجاز است (علیزاده، ۱۳۸۷).

قطر ساقه، تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد بدون قارچ نشان دادند. بیشترین اندازه قطر ساقه در تیمارهای میکوریزایی و کمترین اندازه در تیمار شاهد بدون میکوریزا مشاهده شد (جدول ۳). نتایج به دست آمده در این آزمایش مبنی بر افزایش قطر ساقه در هم‌زیستی با قارچ میکوریزایی با نتایج گزارش‌های سوبرامانیان و همکاران (۲۰۰۶) در گوجه‌فرنگی، آل-کاراکی و همکاران (۲۰۰۴) در گندم هماهنگی دارد.

تنش خشکی (۱۰۰٪ نیاز آبی گیاه) با میانگین ۳/۳۸ میلی‌متر، بیشترین و تیمار تنش شدید خشکی (۲۵٪ نیاز آبی گیاه) با میانگین ۲/۱۴ میلی‌متر، کمترین قطر ساقه را تولید کرد (جدول ۳). کاهش قطر ساقه در اثر تنش خشکی در نتایج رضایی‌زاد (۱۳۸۶) روی برخی ژنوتیپ‌های آفتاب‌گردان نیز دیده شده است. بر اساس جدول ۳، هر دو تیمار قارچ میکوریزایی *G. intraradices* و *G. mosseae* به طور یکسانی از نظر صفت

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات قطر ساقه اصلی و وزن تر اندام هوایی بزرک در تیمارهای مختلف تنش خشکی و قارچ میکوریزایی

منابع تغییر	درجه آزادی	قطر ساقه اصلی	وزن تر اندام هوایی
بلوک	۲	۰/۰۳۵ <sup>ns</sup>	۰/۷۶ <sup>ns</sup>
تنش خشکی	۳	۲/۶۲ <sup>**</sup>	۷۷/۵۲ <sup>**</sup>
خطای a	۶	۰/۰۵	۰/۱۹
میکوریزا	۲	۰/۳۵ <sup>**</sup>	۶/۹۹ <sup>**</sup>
تنش خشکی × میکوریزا	۶	۰/۰۴ <sup>ns</sup>	۰/۳۶ <sup>ns</sup>
خطای b	۱۶	۰/۰۱۷	۰/۳۴
ضریب تغییرات (%)	-	۴/۷۶	۸/۳۳

ns نشان دهنده غیرمعنی‌داری، \* و \*\* به ترتیب معنی‌داری در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

### وزن تر اندام هوایی

همان‌طور که در جدول ۲ مشاهده می‌شود وزن تر اندام هوایی در سطح احتمال ۱ درصد در تیمار سطوح مختلف تنش خشکی و تیمار قارچ میکوریزایی معنی‌دار شد. همچنین بر اساس این جدول اثر متقابل تیمار تنش خشکی و قارچ میکوریزایی معنی‌دار نشد. مقایسه میانگین صفت وزن تر اندام هوایی در سطوح مختلف تنش خشکی سبب کاهش ۶۶، ۴۱/۹ و ۲۱/۶ درصدی وزن تر اندام هوایی به ترتیب در تیمارهای تنش شدید، متوسط و ملایم نسبت به تیمار بدون تنش شد (جدول ۳). در آزمایش بابایی و همکاران (۱۳۸۹) در گیاه دارویی آویشن تنش خشکی سبب کاهش وزن تر شد. در اثر کمبود آب حجم سلول، تقسیم سلولی، دیواره‌سازی سلول، اندازه کلی گیاه و وزن تر و خشک گیاه کاهش می‌یابد (اپرل و دیویس، ۲۰۰۳).

تیمار *G. intraradices* و تیمار شاهد به ترتیب بیشترین و کمترین تأثیر را در افزایش وزن تر اندام هوایی داشتند (جدول ۳). وزن تر اندام هوایی گیاه تلقیح شده با قارچ *G. intraradices* ۲۳/۳ درصد بیشتر از گیاه تلقیح نشده بود. همچنین بر اساس این جدول اختلاف معنی‌داری بین میزان ماده تر بین دو تیمار قارچی *G. intraradices* و *G. mosseae* مشاهده نشد، هر چند که از نظر عددی تأثیر گونه *G. intraradices* بیشتر از گونه دیگر بود. در آزمایش شیرمردی و همکاران (۱۳۸۹)، استفاده از گونه *G. intraradices* سبب افزایش وزن تر اندام هوایی آفتاب‌گردان نسبت به شاهد و گونه *G. etunicatum* شد. به نظر می‌رسد که قارچ‌های میکوریزا از طریق جذب آب و عناصر غذایی و انتقال آن بین ریشه و اندام‌های هوایی، سبب افزایش وزن تر اندام‌های هوایی شده است.

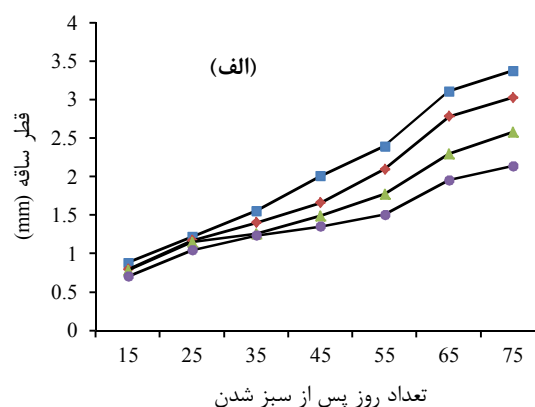
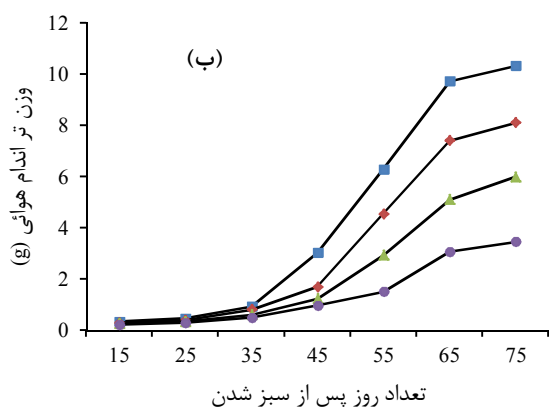
جدول ۳- مقایسه میانگین صفات قطر ساقه و وزن تر اندام هوایی بزرگ در شرایط تنش خشکی و قارچ‌های میکوریزایی

تیماها	قطر ساقه (mm)	وزن تر اندام هوایی (g/plant)
تنش خشکی		
بدون تنش (معادل نیاز آبی گیاه)	۳/۳۸ <sup>a</sup>	۱۰/۳۳ <sup>a</sup>
تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه)	۳/۰۳ <sup>b</sup>	۸/۱۰ <sup>b</sup>
تنش متوسط (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه)	۲/۵۸ <sup>c</sup>	۶/۰۰ <sup>c</sup>
تنش شدید (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه)	۲/۱۴ <sup>d</sup>	۳/۵۰ <sup>d</sup>
میکوریزا		
بدون تلقیح	۲/۵۹ <sup>b</sup>	۶/۱۰ <sup>b</sup>
<i>G. intraradices</i>	۲/۹۰ <sup>a</sup>	۷/۵۲ <sup>a</sup>
<i>G. mosseae</i>	۲/۸۶ <sup>a</sup>	۷/۳۰ <sup>a</sup>

حروف مشابه در هر ستون مربوط به هر تیمار بیانگر عدم معنی‌دار در سطح احتمال آماری ۵ درصد است (LSD)

پس از ظهور سطح گیاه در سطح خاک افزایش تصاعدی و از آن مرحله به بعد، افزایش چندانی را نشان نمی‌دهد. الگوی تغییرات قطر ساقه و ماده تر اندام هوایی گیاه در تیمارهای مختلف تنش خشکی به طور تقریبی یکسان است (شکل ۱). بالاترین میزان عددی این صفات در شرایط بدون تنش و کم‌ترین آن در شرایط تنش شدید است.

**بررسی روند تجمعی تغییرات صفات رویشی در زمان**  
روند تجمعی تغییرات میانگین قطر ساقه (الف) و ماده تر اندام هوایی گیاه بر اساس گرم در بوته (ب) در مراحل مختلف رشد در تیمارهای مختلف تنش خشکی در شکل ۱ نشان داده شده است. بر اساس این شکل، در تمامی این صفات با افزایش تعداد روز پس از ظهور گیاه در سطح خاک تا مرحله برداشت مقادیر آن افزایش می‌یابد. روند افزایش این صفات به ویژه از زمان ۳۵ روز تا زمان ۶۵ روز



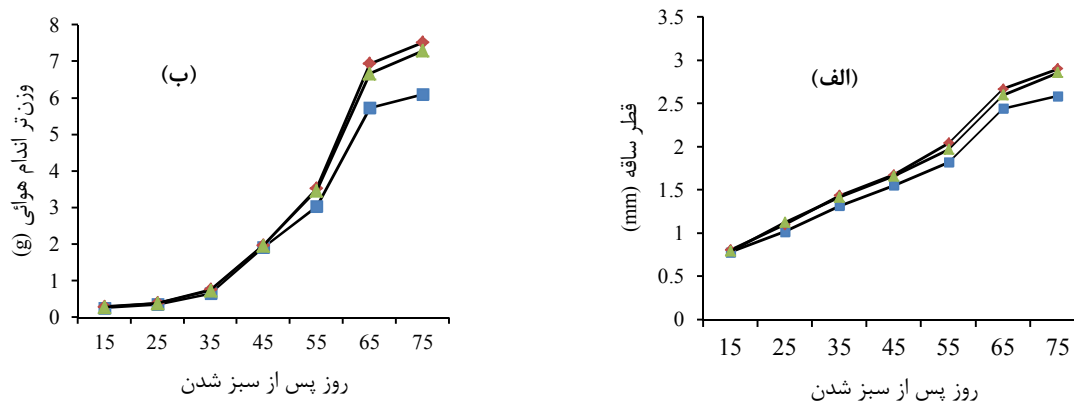
شکل ۱- روند تغییرات تجمعی صفات قطر ساقه (الف) و ماده تر اندام هوایی (ب) در مراحل رشد از زمان ظهور گیاه در سطح خاک تا مرحله برداشت در تیمارهای مختلف تنش خشکی خاک. علائم مربوط به تیمارهای بدون تنش (■)، تنش ملایم (◆)، تنش متوسط (▲) و تنش شدید (●) است.

روند افزایش این صفات به ویژه از ۳۵ تا ۶۵ روز پس از ظهور در سطح خاک به صورت جهشی افزایش و از آن مرحله به بعد با حداقل تغییرات به وضعیت یکنواخت می‌رسد. روند تغییرات این صفات در تیمارهای مختلف قارچی به طور تقریبی یکسان است. مقدار عددی این

روند تغییرات تجمعی میانگین قطر ساقه (الف) و ماده تر اندام هوایی گیاه (ب)، در مراحل مختلف رشد در تیمارهای مختلف قارچی در شکل ۲ نشان داده شده است. بر اساس این شکل در تیمارهای مختلف قارچی، با افزایش زمان در تمامی صفات مقادیر عددی آن افزایش می‌یابد.

از تیمار شاهد بدون قارچ است.

صفات در تیمارهای تلقیح با قارچ *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* در نقاط مختلف نمونه‌برداری بیشتر



شکل ۲- روند تغییرات تجمعی قطر ساقه (الف) و ماده تر اندام هوایی (ب) در مراحل رشد از زمان ظهور گیاه در سطح خاک تا مرحله برداشت در تیمارهای مختلف قارچی. علائم مربوط به تیمار شاهد بدون تلقیح (■)، تلقیح با *Glomus intraradices* (◆) و تلقیح با *Glomus mosseae* (▲) است.

خاک، تأمین نیازهای زراعی گیاه ضروری است. تأمین این نیازها پس از گذشت این مدت، از نظر مدیریتی نه فقط سبب افزایش سرعت رشد محصول و بالا رفتن عملکرد نمی‌شود، بلکه موجب کاهش سرعت رشد محصول شده و استفاده از نهاده‌های زراعی مثل کود، سموم و علف‌کش با صرفه و اقتصادی نخواهد بود.

به طور معمول رشد روزانه گیاهان زراعی در مراحل رشد، متفاوت است و تا مرحله‌ای از رشد افزایش و سپس کاهش پیدا می‌کند. بر اساس شکل ۵، با گذشت زمان تا مرحله ۶۵ روز مقدار CGR افزایش و به بیشترین میزان خود رسید و سپس کم شد. این الگوی تغییرات در تمامی تنش‌های خشکی به طور تقریبی یکسان است، با این تفاوت که از نظر عددی میزان CGR در نقطه اوج در شرایط بدون تنش با ۲۴/۵، تنش ملایم با ۲۳/۲، تنش متوسط با ۲۱/۴ و تنش شدید با ۱۸/۶ گرم بر مترمربع در روز بود (شکل ۳-الف).

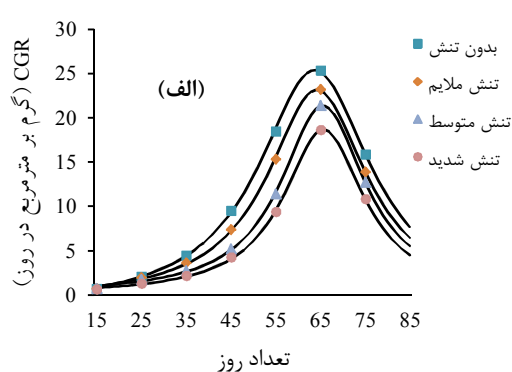
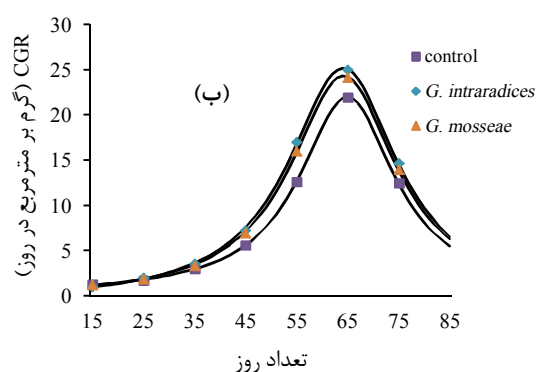
شکل منحنی رشد در بیشتر بررسی‌ها به صورت یک تابع درجه دوم است و ابتدای فصل رشد کم بوده و تا مرحله‌ای از دوره افزایش یافته و بعد از آن کم می‌شود. سرعت رشد محصول در مراحل اولیه به دلیل کافی نبودن پوشش گیاهی، پایین بودن درصد جذب نور و دمای کم محیط روند کندی داشت. با افزایش رشد و افزایش سطح برگ در

### روند تغییرات تجمعی سرعت رشد محصول (Crop Growth Rate)

برای توجیه برآزش داده‌های مربوط به مقدار تجمعی CGR نسبت به زمان در تنش‌های مختلف خشکی و تیمارهای مختلف قارچی در این آزمایش از ویژگی‌های  $R^2$  و SEE استفاده شده است. روند تغییرات سرعت رشد محصول در تیمارهای مختلف تنش خشکی و تیمارهای مختلف قارچی و توصیف آن با استفاده از مدل رگرسیونی غیرخطی peak در شکل ۳، نشان داده شده است. مقادیر SEE و  $R^2$  در مدل در حد قابل قبول بودند و مدل به خوبی توانست روند تغییرات سرعت رشد محصول را توصیف کند (جدول ۴ و ۵). مقدار کم SEE و  $R^2$  بالا در این مدل نشان‌دهنده این است که مدل peak توصیف مناسبی از روند تغییرات سرعت رشد محصول نسبت به سایر مدل‌های برآزش شده داشت. مشخصات سایر مدل‌ها که توصیف نامناسبی داشتند در این بخش از نتایج آورده نشده است. همچنین نزدیک بودن نقاط واقعی در روی خطوط گراف پیش‌بینی شده (شکل ۳) توصیف مناسب این مدل را در تنش‌های مختلف خشکی و تیمارهای مختلف قارچی نشان می‌دهد. مفهوم استفاده از این مدل این است که برای دستیابی به حداکثر سرعت رشد محصول تا مرحله ۶۵ روزگی پس از ظهور گیاه در سطح

پائیزه، محمدی نیکپور و کوچکی (۱۹۹۹)، حداکثر سرعت رشد محصول را حد فاصل از ظهور جوانه‌های زایشی تا کامل شدن طبق‌ها گزارش کردند. نتایج آزمایش خاکباز (۱۳۸۹) نشان داد که حداکثر سرعت رشد محصول آفتاب‌گردان در زمان گل‌دهی و منطبق بر حداکثر شاخص سطح برگ به دست آمد و تنش‌های شدید خشکی تأثیر منفی بر CGR داشت. همچنین نتایج معاونی و همکاران (۲۰۱۰) در ارقام زمستانه کلزا و ولدآبادی و علی‌آبادی فراهانی (۲۰۱۱) در ریحان، نشان داد که تنش خشکی سبب کاهش CGR شد.

نتیجه بهره‌گیری بهتر از نور خورشید، میزان تولید ماده خشک در واحد سطح افزایش یافته و به دنبال آن سرعت رشد محصول نیز افزایش جهشی داشته و در مرحله ۶۵ روز پس از ظهور گیاه در سطح خاک به حداکثر خود رسیده است. با رسیدن به پایان مرحله رشد در اثر سایه اندازی اندام‌های بالایی روی برگ‌ها، کاهش قدرت فتوسنتزی گیاه، توقف رشد رویشی گیاه، پیری و ریزش برگ‌ها، سرعت کاهش یافته است (بالوک و همکاران، ۱۹۸۸). این روند تغییرات سرعت رشد محصول با نتایج پژوهش‌گران دیگر هماهنگی دارد. در بررسی ارقام گلرنگ



شکل ۳- رابطه بین میزان CGR (گرم بر متر مربع در روز) و تعداد روز پس از ظهور گیاه در سطح خاک تا زمان قبل از برداشت در تیمارهای مختلف تنش خشکی در خاک (الف) و تیمارهای مختلف میکوریزایی (ب). خطوط منحنی نشان دهنده اعداد برازش شده (fitted) در معادلات (Peak, Lorentzian, 4 Parameter) و علائم میزان عددی مشاهده شده (observed) تیمارها است.

ولدآبادی و علی‌آبادی فراهانی (۲۰۱۱) بالاترین CGR از کاربرد قارچ میکوریزا گونه *Glomus fasciculatum* در شرایط بدون تنش به دست آمد. همچنین احمدی (۱۳۹۰) بیان کرد که تلقیح بذرها با میکوریزا سرعت رشد محصول را نسبت به شاهد به میزان ۳۰ درصد افزایش داد. دلیل افزایش سرعت رشد محصول در اثر هم‌زیستی با میکوریزا در شرایط تنش کم آبی به دلیل بهبود جذب مواد غذایی با گیاه ذرت گزارش شد (وو و همکاران، ۲۰۰۵). در شرایط استفاده از میکوریزا، دسترسی بهتر به آب و مواد غذایی کافی سبب افزایش شاخه‌های جانبی و افزایش برگ و گستردگی سایه‌انداز در گیاه می‌شود، پس حداکثر سرعت رشد محصول به دست آمد.

بر اساس شکل (۳-ب) با افزایش زمان تا مرحله ۶۵ روز مقدار CGR افزایش و به مقدار بیشینه خود رسید و سپس کم شد. این الگوی تغییرات در تمامی تیمارهای مختلف قارچی به طور تقریبی یکسان است، با این تفاوت که از نظر عددی میزان CGR در نقطه اوج در شرایط تیمار شاهد بدون قارچ با  $21/9$ ، قارچ *G. intraradices* با  $24/9$ ، و قارچ *G. mosseae* با  $24/2$  گرم بر مترمربع در روز بود. تیمارهای میکوریزایی دارای CGR بیشتر می‌تواند پتانسیل تولید بالاتری را داشته باشد. افزایش میزان CGR در تیمارهای میکوریزایی می‌تواند بیانگر برتری فتوسنتزی و ذخیره‌سازی بیشتر مواد باشد.

بررسی روند تغییرات CGR تحت تیمارهای میکوریزایی توسط سایر پژوهش‌گران نیز انجام شده است. در آزمایش

جدول ۴- مشخصات معادلات برازش شده \* و نوع رابطه \*\* مربوط به CGR در تیمارهای مختلف تنش خشکی

تیمار تنش‌های مختلف خشکی	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	SEE***	ضرائب معادله		
			y0	x0	b
بدون تنش (معادل نیاز آبی گیاه)	۰/۹۹	۰/۲۴۶۹	۶۳/۷۶۵۲±۰/۱۴۵۰	۱۵/۳۵۹۷±۰/۳۴۹۹	۲۶/۹۹۰۵±۰/۲۹۹۳
تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه)	۰/۹۹	۰/۲۳۰۷	۶۴/۲۹۰۶±۰/۱۴۳۵	۱۳/۵۱۱۹±۰/۲۹۸۹	۲۳/۸۶۵۶±۰/۲۷۳۲
تنش متوسط (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه)	۰/۹۹	۰/۲۲۹۰	۶۵/۵۸۸۶±۰/۱۵۰۲	۱۱/۴۶۶۵±۰/۲۵۸۹	۲۱/۴۲۲۷±۰/۲۶۶۳
تنش شدید (۲۵ درصد نیاز آبی گیاه)	۰/۹۹	۰/۱۶۸۰	۶۵/۷۳۶۷±۰/۱۲۴۶	۱۰/۹۳۴۰±۰/۲۰۵۷	۱۸/۷۲۴۴±۰/۱۹۵۴

( $Y=y_0+a/(1+((x-x_0)/b)^2)$   
 (Peak, Lorentzian, 4 Parameter)\*\*  
 Standard Error of Estimate\*\*\*

جدول ۵- مشخصات معادلات برازش شده \* و نوع رابطه \*\* مربوط به CGR در تیمارهای مختلف قارچی

تیمار میکوریزایی	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	SEE	ضرائب معادله		
			y0	x0	b
شاهد بدون تلقیح	۰/۹۹	۰/۰۴۴۲	۶۴/۹۰۱۱±۰/۰۲۸۵	۱۱/۴۹۲۰±۰/۰۴۸۷	۲۱/۸۱۶۵±۰/۰۵۱۷
<i>G. intraradices</i>	۰/۹۹	۰/۲۵۲۵	۶۴/۱۱۰۰±۰/۱۴۲۰	۱۳/۱۴۹۴±۰/۲۹۰۴	۲۵/۹۶۱۹±۰/۲۹۹۴
<i>G. mosseae</i>	۰/۹۹	۰/۱۷۳۵	۶۴/۱۷۳۳±۰/۱۰۰۹	۱۲/۷۷۰۳±۰/۱۹۹۴	۲۴/۸۲۲۹±۰/۲۰۵۵

( $Y=y_0+a/(1+((x-x_0)/b)^2)$   
 (Peak, Lorentzian, 4 Parameter)\*\*

### سرعت رشد نسبی

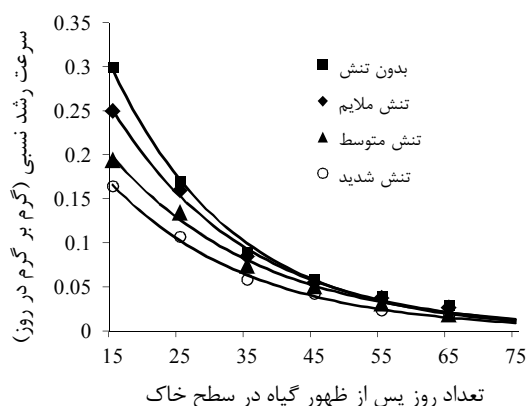
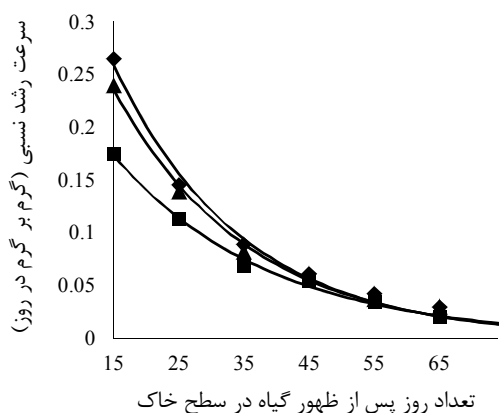
برای توجیه برازش داده‌های مربوط به مقدار تجمعی سرعت رشد نسبی نسبت به زمان در تنش‌های مختلف خشکی و تیمارهای مختلف قارچی در این آزمایش از ویژگی‌های R<sup>2</sup> و SEE استفاده شده است. روند تغییرات سرعت رشد نسبی در تیمارهای مختلف تنش‌های مختلف خشکی خاک و تیمارهای مختلف قارچی و توصیف آن با استفاده از مدل رگرسیونی غیرخطی Exponential Decay در شکل ۴، نشان داده شده است. مقادیر SEE و R<sup>2</sup> در مدل در حد قابل قبول بودند و مدل به خوبی توانست روند تغییرات سرعت رشد نسبی محصول را توصیف کند (جدول ۶ و ۷). مقدار کم SEE و R<sup>2</sup> بالا در این مدل نشان دهنده این است که مدل Exponential Decay, 2 Parameter Single, 2 توصیف مناسبی از روند تغییرات سرعت رشد محصول نسبت به سایر مدل‌های برازش شده داشت. مشخصات سایر مدل‌ها که توصیف نامناسبی داشتند. همچنین نزدیک بودن نقاط واقعی در روی خطوط گراف پیش‌بینی شده (شکل ۴) توصیف مناسب

این مدل را در تنش‌های مختلف خشکی نشان می‌دهد. نتیجه این پژوهش مبنی بر غیرخطی بودن رابطه سرعت رشد نسبی نسبت به زمان در گیاه بزرک با نتیجه مقیمی و امام (۱۳۹۲) در گیاه سورگوم علوفه‌ای در خصوص خطی بودن رابطه بین RGR و زمان متفاوت است. سرعت رشد نسبی (RGR) بیان کننده وزن ماده خشک اضافه شده نسبت به وزن اولیه در یک فاصله زمانی است. میزان سرعت رشد نسبی پس از جوانه‌زنی به کندی شروع شده و در پی آن به سرعت افزایش می‌یابد و با گذشت زمان و رشد بیشتر گیاه مقدار سرعت رشد نسبی کاهش پیدا می‌کند (محمدی و همکاران، ۱۳۹۲). این روند در این پژوهش نیز مشاهده شد، به طوری که در هر چهار تیمار تنش خشکی با افزایش زمان پس از ظهور گیاه در سطح خاک کاهش یافت (شکل ۴- الف) و بین تیمارها به ویژه تیمار بدون تنش (۱۰۰ نیاز آبی گیاه) از نظر مقدار سرعت رشد نسبی در مراحل اولیه رشد به طور معنی‌داری بیشتر از سایر تیمارها بود. تیمار شاهد بدون تنش با میانگین ۰/۳ گرم بر گرم در روز، بیشترین و تیمار تنش



بر اساس شکل (۴-ب)، با افزایش زمان مقدار RGR در تیمارهای مختلف قارچی کم شد. این الگوی تغییرات در تمامی تیمارهای قارچی به طور تقریبی مشابه بود، با این تفاوت که از نظر عددی میزان RGR در شرایط تیمار شاهد بدون قارچ کمتر از دو تیمار قارچی *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* بود. در آزمایش ولدآبادی و علی‌آبادی فراهانی (۲۰۱۱) بالاترین RGR از کاربرد قارچ میکوریزا گونه *Glomus fasciculatum* تحت شرایط بدون تنش به دست آمد. رجب‌زاده مطلق (۱۳۹۰) افزایش سرعت رشد نسبی را در اثر تلقیح بذر لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris* L.) با میکوریزا گزارش کرد. در حالیکه احمدی (۱۳۹۰) بیان کرد که تلقیح گونه‌های میکوریزا اثر معنی‌داری بر سرعت رشد نسبی ذرت نداشت.

خشکی شدید با میانگین ۰/۱۶ گرم بر گرم در روز کمترین سرعت رشد نسبی را در ۱۵ روز پس از ظهور گیاه در سطح خاک داشتند. نتایج حاصل با نتایج کولر و نیکوئیست (۱۹۷۰) در سویا مبنی بر روند نزولی RGR با افزایش سن گیاه هماهنگی دارد. بالا بودن RGR در شرایط بدون تنش بیانگر رشد بهتر بزرگ نسبت به سایر تنش‌های خشکی است. دلیل کاهش سرعت رشد نسبی در زمان به سایه‌اندازی برگ‌های بالایی بر برگ‌های پایینی نسبت داده شده است (سیواکمار و شاو، ۱۹۷۸). سرعت رشد نسبی با تغییرات وضعیت فتوسنتز و تنفس گیاه تغییر می‌یابد و به همین دلیل با گذشت زمان، رشد گیاه با افزایش مقدار تنفس در اواخر دوره رشد، کم و حتی منفی می‌شود (لباسچی و شریفی عاشورآبادی، ۱۳۸۳).



شکل ۴- رابطه بین میزان RGR (گرم بر گرم در روز) و تعداد روز پس از ظهور گیاه در تیمارهای مختلف تنش رطوبتی خاک و تیمارهای مختلف قارچی. خطوط منحنی نشان دهنده اعداد برازش شده (fitted) در معادلات (Exponential Decay, Single, 2 Parameter) و علائم میزان عددی مشاهده شده (observed) تیمارها است.

جدول ۶- مشخصات معادلات برازش شده مربوط به RGR در تیمارهای مختلف تنش خشکی

ضرائب معادله		SEE*	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	معادله	تیمار تنش‌های مختلف خشکی
b	a				
۰/۰۵۴۵±۰/۰۰۲۷	۰/۶۷۲۸±۰/۰۳۹۲	۰/۰۰۸۳	۰/۹۹۴	Y= a*exp(-b*x)	بدون تنش (۱۰۰ درصد نیاز آبی گیاه)
۰/۰۴۹۳±۰/۰۰۰۲	۰/۵۲۶۴±۰/۰۲۶۳	۰/۰۰۶۴	۰/۹۹۵	Y= a*exp(-b*x)	تنش ملایم (۷۵ درصد نیاز آبی گیاه)
۰/۰۴۴۸±۰/۰۰۰۲۱	۰/۳۸۷۷±۰/۰۱۹۵	۰/۰۰۵۴	۰/۹۹۴	Y= a*exp(-b*x)	تنش متوسط (۵۰ درصد نیاز آبی گیاه)
۰/۰۴۷۸±۰/۰۰۰۲۸	۰/۳۴۰۰±۰/۰۲۱۹	۰/۰۰۵۶	۰/۹۹۲	Y= a*exp(-b*x)	تنش شدید (۲۵٪ نیاز آبی گیاه)

\* Standard Error of Estimate

جدول ۷- مشخصات معادلات برازش شده مربوط به RGR در تیمارهای مختلف قارچی

تیمارها	معادله	ضریب تبیین (R <sup>2</sup> )	SEE	ضرائب معادله	
				a	b
شاهد بدون قارچ	$Y = a * \exp(-b * x)$	۰/۹۹۵۳	۰/۰۰۴۴	۰/۳۲۶۴ ± ۰/۰۱۴۶	۰/۰۴۲۱ ± ۰/۰۰۱۸
<i>G. intraradices</i>	$Y = a * \exp(-b * x)$	۰/۹۹۱۴	۰/۰۰۹۲	۰/۵۵۴۰ ± ۰/۰۳۹۱	۰/۰۵۰۷ ± ۰/۰۰۳۱
<i>G. mosseae</i>	$Y = a * \exp(-b * x)$	۰/۹۹۳۱	۰/۰۰۷۴	۰/۴۸۹۰ ± ۰/۰۲۹۹	۰/۰۴۸۶ ± ۰/۰۰۲۷

## نتیجه‌گیری

نسبت به عدم کاربرد آن روی کلیه صفات اندازه‌گیری نشان داد. تأثیر کاربرد هر دو گونه قارچ *Glomus intraradices* و *Glomus mosseae* به طور تقریبی یکسان بود.

نتیجه این پژوهش بیانگر آن است که کاربرد میکوریزا در شرایط تنش خشکی در بهبود خصوصیات گیاه بزرک تأثیر مثبتی داشته است. کاربرد هر دو گونه قارچ تأثیر بیشتری

## منابع

- احمدی ج. ۱۳۹۰. بررسی اثرات ورمی کمپوست، میکوریزا و نیتروکسین بر عملکرد و اجزاء عملکرد ذرت. پایان‌نامه دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه علم و صنعت شاهرود. ۱۶۰ ص.
- امیدبگی ر. ۱۳۹۲. تولید و فرآوری گیاهان دارویی. انتشارات آستان قدس رضوی، جلد سوم (چاپ هفتم). ۳۹۷ ص.
- بابایی ک. امینی دهقی م. مدرس ثانوی س. ع. م. و جباری ر. ۱۳۸۹. اثر تنش خشکی بر صفات مورفولوژیک، میزان پرولین و درصد تیمول در آویشن (*Thymus vulgaris* L.). فصلنامه علمی- پژوهشی تحقیقات گیاهان دارویی و معطر ایران. ۲۶: ۲۳۹-۲۵۱.
- تدین ع. ترابیان ش. و تدین م. ر. ۱۳۹۲. اثر تراکم بوته بر عملکرد و کیفیت چهار رقم تجاری بزرک خوراکی. مجله به زراعی کشاورزی. ۱۵: ۱۵-۲۶.
- حبیب‌زاده ی. زردشتی م. ر. پیرزاد ع. ر. و جلیلیان ج. ۱۳۹۲. اثر میکوریزا آربوسکولار بر عملکرد و اجزاء عملکرد ماش [*Vigna radiata* (L.) Wilczk] تحت تنش کم‌آبی. نشریه زراعت (پژوهش و سازندگی). ۱۰۰: ۳۸-۴۷.
- خاکی‌زاده غ. ر. ۱۳۸۹. بررسی شاخص‌های رشد در ژنوتیپ‌های مختلف آفتاب‌گردان در شرایط تنش خشکی. پنجمین همایش ملی ایده‌های نو در کشاورزی، ۲۸-۲۷ بهمن ماه، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد اسلامی واحد خوراسگان (اصفهان).
- رجب‌زاده مطلق ف. ۱۳۹۰. بررسی کاربرد آربوسکولار میکوریزا، باکتری‌های تثبیت‌کننده نیتروژن و کودهای نیتروژنه بر عملکرد و اجزاء عملکرد لوبیا قرمز (*Phaseolus vulgaris*). پایان‌نامه ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه علم و صنعت شاهرود. ۱۲۰ ص.
- رضایی‌زاد ع. ۱۳۸۶. واکنش برخی ژنوتیپ‌های آفتاب‌گردان به تنش خشکی با استفاده از شاخص‌های مختلف تنش خشکی. نهال و بذر. ۲۳: ۴۳-۵۸.
- شاه‌حسینی ز. غلامی ا. و اصغری ج. ر. ۱۳۹۲. بررسی تأثیر هم‌زیستی میکوریزایی بر کاهش اثرات تنش کم‌آبی، شاخص‌های رشد و عملکرد ذرت (*Zea mays* L.). مجله علوم گیاهان زراعی ایران. ۴۴: ۲۴۹-۲۶۰.
- شیرمردی م. ثواقبی فیروزآبادی غ. ر. خاوازی ک. فرحبخش م. رجالی ر. و سادات ع. ۱۳۸۹. بررسی برهم‌کنش قارچ میکوریزا و باکتری سودوموناس بر پتانسیل آب برگ و عملکرد دو رقم آفتاب‌گردان (*Helianthus annuus* L.) در یک خاک شور. مجله تحقیقات آب و خاک ایران. ۲: ۲۲۱-۲۲۸.
- علیزاده ا. ۱۳۸۷. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد. ۴۷۲ ص.
- کریمی کاخکی س. م. ۱۳۸۷. تأثیر کم‌آبیاری در مراحل رشد زایشی بر عملکرد دانه و روغن ارقام آفتاب‌گردان در همدان. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشکده کشاورزی دانشگاه بوعلی سینا همدان. ۱۱۹ ص.

۱۳. لباسچی م. ح. و شریفی عاشورآبادی ا. ۱۳۸۳. استفاده از شاخص‌های فیزیولوژیک رشد در بهره‌برداری مناسب از گل راعی. پژوهش و سازندگی در زراعت و باغبانی. ۶۵: ۶۵-۷۵.
۱۴. محمدی ع. اصغری ح. ر. و غلامی ا. ۱۳۹۲. تأثیر تلقیح قارچ میکوریزا و کود شیمیایی فسفر بر برخی شاخص‌های رشد رقم هاشم گیاه نخود (*Cicer arietinum* L.). نشریه بوم‌شناسی کشاورزی. ۵: ۲۶۳-۲۷۱.
۱۵. مقیمی ن. و امام ی. ۱۳۹۲. بررسی ویژگی‌های مورفوفیزیولوژیک و عملکرد دو رقم سورگوم علوفه‌ای تحت تنش کم‌آبی و سطوح نیتروژن. تنش‌های محیطی در علوم زراعی. ۱: ۲۷-۳۶.
16. AL-Karaki G. McMichael B. and Zak J. 2004. Field response of wheat to arbuscularmycorrhizal fungi and drought stress. Mycorrhiza. 14: 263-269.
17. Auge R. M. 2001. Water relations, drought and vesicular- arbuscularmycorrhiza symbiosis. Mycorrhiza. 11: 3-42.
18. Bullock D. G. Nielsen R. L. and Nyquist W. E. 1988. A growth analysis comparison of corn grown in conventional and equidistant plant spacing. Crop Science. 28: 254-258.
19. Earl H. J. and Davis R. F. 2003. Effect of drought stress on leaf and canopy whole radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal. 95: 688-696.
20. Hardman W. E. Moyer M. P. and Cameron I. L. 2000. Erratum to Dietary fish oil sensitizes A549 lung xenografts to doxorubicin chemotherapy. Cancer Letters. 151: 145-151.
21. Khalafallah A. A. and Abo-ghalia H. H. 2008. Effect of arbuscular mycorrhizal fungi on the metabolic products and activity of antioxidant system in wheat plants subjected to short-term water stress, followed by recovery at different growth stages. Journal of Applied Sciences Research. 4: 559-569.
22. Koller H. R. and Nyquist W. E. 1970. Growth analysis of the soybean community. Crop Science. 10: 407-412.
23. Moaveni P. Ebrahimi A. and AliabadiFarahani H. 2010. Physiological growth indices in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars as affected by drought stress at Iran. Journal of Cereals and Oilseeds. 1: 11-16.
24. MohammadiNikpour A. and Koocheki A. 1999. Effects of sowing date on Growth indices, yield and yield components of safflower. Journal of Agricultural Sciences and Technology. 13: 7-15.
25. Ruiz-Lozano J. M. and Azcon R. 1996. Mycorrhizal colonization and drought stress as factors affecting nitrate reductase activity in lettuce plants. Agriculture, Ecosystems and Environment. 60: 175-181.
26. Sivakumar M. V. K. and Shaw R. H. 1978. Methods of growth analysis in field-grown soybeans. Annals of Botany. 212: 213-222.
27. Smith S. E. and Read D. J. 2008. Mycorrhizal Symbiosis. third ed. Academic Press, London, UK. 800 p.
28. Subramanian K. S. Santhanakrishnan P. and Balasubramanian P. 2006. Responses of field grown tomato plants to arbuscularmycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Scientia Horticulturae. 107: 245-253.
29. Valadabadi S. A. R. and Aliabadi Farahani H. 2011. Mycorrhizal Fungi Influence on Physiological Growth Indices in Basil Induced by Phosphorus Fertilizer under Irrigation Deficit Conditions. World Academy of Science, Engineering and Technology. 5: 2416-2418.
30. Wu S. C. Cao Z. H. Li Z. G. Cheung K. C. and Wong M. H. 2005. Effects of biofertilizer containing N-fixer, P and K solubilizers and AM fungi on maize growth: a greenhouse trial. Geoderma. 125: 155-166.

