نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۹۲-۵۸۱
شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 4, Winter 2019, p. 581-592
ISSN: 2008 - 4730

اثر کم‌آبیاری بر برخی ویژگی‌های ریخت‌شناسی انگور عسگری (*Vitis vinifera* cv. Asgari) همزیست با قارچ‌ریشه آربسکولار

مسعود فتاحی[1*]- عبدالرحمان محمدخانی[2]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۶/۱۱/۰۸
تاریخ پذیرش: ۱۳۹۷/۰۸/۰۲

چکیده

این پژوهش به منظور بررسی اثر کم‌آبیاری بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاه انگور رقم 'عسگری' در شرایط گلخانه در سال ۱۳۹۶ اجرا شد. آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با سه تکرار و دو فاکتور شامل قارچ‌ریشه آربسکولار و مقدارهای آب آبیاری بود. در این آزمایش برخی از ویژگی‌های ریخت‌شناسی از جمله ارتفاع، طول ریشه، حجم و تراکم ریشه، وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ، تعداد برگ آسیب دیده، سطح ویژه برگ، قطر برگ و درصد همزیستی ریشه انگور با قارچ‌ریشه‌ها اندازه‌گیری شد. نتیجه‌ها نشان داد تیمارهای قارچ‌ریشه و آبیاری ۱۰۰ درصد باعث افزایش شاخص‌های وزن تر و خشک برگ، ساقه و ریشه، سطح برگ و درصد همزیستی قارچ‌ریشه گردید. در اثر کم‌آبیاری شاخص‌های اندازه‌گیری شده در آزمایش ازجمله ارتفاع، وزن تر و خشک ریشه، برگ و ساقه کاهش یافت به‌طوری که میزان کاهش در گیاهان بدون قارچ ریشه بیشتر از گیاهان همزیست با قارچ ریشه بود. به طور کلی استفاده از قارچ‌ریشه در این پژوهش باعث کاهش اثرات مخرب تنش کم‌آبی بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی (خصوصیات ریشه، خصوصیات برگ و ارتفاع) گیاه انگور شد که در این بین قارچ‌ریشه‌های ورسیفورم و اتونیکیتوم بهتر از قارچ‌ریشه‌های موسه و اینترارادیس بودند. بیشترین ارتفاع در قارچ‌ریشه گلوموس اتونیکیتوم و بدون تنش با میانگین ۵۴ سانتی‌متر مشاهده گردید.

واژه‌های کلیدی: تاک، خشکی، ریخت شناسی، مایکوریزا

مقدمه

انگور عسگری با نام علمی *Vitis vinifera* cv. 'Asgari' گیاهی دائمی از خانواده ویتاسه (Vitaceae) است. این گیاه یکی از مهم‌ترین محصول‌های باغی در دنیا و ایران است که از دوران قدیم مورد استفاده انسان بوده‌است .ایران دارای شرایط اکولوژیکی مناسبی برای پرورش انگور است (۶).

تنش آبی جزء تنش‌های عمومی می‌باشد که اثرات بسیار نامطلوبی بر رشد گیاه و میزان محصول می‌گذارد (۳۰). رشد سلول یکی از مهم‌ترین فرآیندهای فیزیولوژیکی حساس به خشکی است. رشد نتیجه تولید سلول‌های دختری توسط تقسیمات سلول‌های مریستمی و پس از آن توسعه‌ی گسترده‌ی سلول‌های جوان است. تحت کمبود شدید آب، از طویل شدن سلول‌های گیاهان عالی به علت قطع جریان آب اطراف سلول‌های آوند چوبی در حال طویل شدن جلوگیری می‌شود. هم‌چنین خشکی موجب اختلال در تقسیم میتوز، طویل شدن و توسعه سلول می‌شود که منجر به کاهش رشد و عملکرد می‌گردد (۲). تنش آبی، انعطاف‌پذیری دیواره سلولی را تحت تأثیر قرار داده و در نتیجه توسعه سلولی و رشد کاهش می‌یابد (۱۱). درنتیجه، تأثیر منفی بر شاخص‌های رشدی از جمله سطح برگ، تاج گیاه، وزن زیست توده گیاه، ارتفاع گیاه، قطر ساقه، طول میانگره، سطح مقطع تنه و زاویه‌ی انشعاب برگ با شاخه خواهد داشت. علاوه بر آن رشد افقی و عمودی ریشه و تراکم ریشه در واحد حجم خاک نیز تغییر می‌کند (۲۹).

مساحت قابل توجهی از زمین‌های کشاورزی به کشت دیم اختصاص دارد (۱۰). با توجه به کاهش بارندگی در بسیاری از مناطق تحت کشت و مدل‌های تغییر آب و هوایی پیش‌بینی می‌کنند که میزان محصول به‌مقدار زیادی در این اراضی کاهش پیدا می‌کند (۱۰). مگر این‌که تغییرات عمده‌ای در شرایط جغرافیایی ایجاد شود که در آن عمده محصولات کشاورزی رشد کنند. هم‌چنین کاربرد تکنیک‌های مدیریتی جدید در معرفی ژنوتیپ‌های برتر که انعطاف‌پذیری بالایی نسبت‌به تنش‌های غیرزنده (خشکی) دارند، منجر شده که کاهش بهره‌وری به حداقل برسد (۱۰). شمیم و

۱ و ۲- به‌ترتیب دانشجوی دکتری و دانشیار گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهرکرد، شهرکرد
(*- نویسنده مسئول: Email: Ma.fatahi67@gmail.com)
DOI: 10.22067/jhorts4.v32i4.70311

همکاران (۲۸) بیان کردند که تنش خشکی و شوری ضمن ایجاد محدودیت‌هایی برای رشد گیاه مخصوصاً در نواحی خشک و نیمه‌خشک جهان، نقش حیاتی در رشد و توسعه گیاه در تمامی مراحل رشد دارند. زیادی و کمی آبیاری هر دو برای پرورش انگور نامطلوب می‌باشند. زیادی آب باعث القاء رشد رویشی شدید و درنتیجه کاهش تولید، ایجاد تاج بسیار متراکم، حبه‌های درشت بی‌کیفیت، خوشه‌های فشرده و در نهایت تشدید خسارت آفات و بیماری‌ها می‌شود (۱۲). از طرف دیگر تنش شدید خشکی باعث کندی رشد، تأخیر در رسیدگی میوه، کاهش کیفیت میوه، به‌هم‌خوردن تناسب تعداد برگ و میوه و درنهایت کاهش عملکرد می‌شود (۱۲). زمانی‌که درختان تاک تحت تنش شدید قرار دارند پژمردگی برگ رخ می‌دهد. تنش شدید آب می‌تواند تأثیر برگشت پذیر یا برگشت‌ناپذیر روی انگور داشته باشد. در تنش شدید خشکی اثرهای برگشت‌ناپذیر ظاهر می‌شوند. این اثرها به‌ترتیب افزایش شدت تنش آب شامل: کلروز برگ، ریزش برگ، چروکیدگی حبه، از بین رفتن کامل تاک، کاهش غیرقابل برگشت در اندازه حبه، کاهش به‌میوه نشستن، تأخیر تجمع قند در میوه، کاهش رنگ‌گیری میوه، بلوغ چوب، مقاومت به سرمازدگی تاک و جوانه‌های زایشی می‌باشد (۴). تنش خشکی یکی از عواملی می‌باشد که ممکن است تا حد زیادی رشد و متابولیسم تاک را تحت تأثیر قرار دهد. اگر بخش زیادی از خاک خشک شود، سرعت رشد شاخه‌ها کند شده و نوک شاخه به‌تدریج به رنگ سبز متمایل به خاکستری مانند برگ‌های بالغ تبدیل می‌شود. کمبود آب نیز باعث کاهش جذب مواد مغذی از خاک و طولانی شدن دوره‌های خشکی شده و نشانه‌های کمبود مواد غذایی افزایش می‌یابد (۴). استفاده از همزیستی مایکوریزا ممکن است باعث جذب بهتر آب و عناصر غذایی در شرایط تنش خشکی شود به همین منظور تاثیر گونه‌های مختلف قارچ مایکوریزا در شرایط کم آبیاری نیاز به بررسی دارد.

مطالعات زیادی نشان داده که همزیستی قارچ‌های مایکوریزا باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی می‌شود. به خوبی مشخص شده است که AM آب و مواد غذایی را برای گیاهان میزبان تأمین می‌کند (۱۹) توسعه همزیستی مایکوریزا یک فرآیند به شدت تنظیم شده است که باعث تغییرات مرفولوژیکی شامل تحریک توسعه ریشه جانبی، افزایش حجم سلول ریشه می‌گردد (۲۶). در مطالعات قبلی مشخص شده است که ارتفاع گیاه، طول ریشه حجم ریشه و وزن تر ریشه و ساقه در سویای دارای مایکوریزا نسبت به نمونه‌های بدون مایکوریزا در شرایط تنش و معمولی به‌طور معنی داری بیشتر بود (۲۰).

در شرایط طبیعی گیاهان با همراهی تعدادی از میکروارگانیسم‌ها رشد می‌کنند. برخی از این میکروارگانیسم‌ها به خصوص باکتری‌ها و قارچ‌ها در شرایط محیطی نامناسب عملکرد گیاهان را بهبود می بخشند (۲۷). همزیستی مایکوریزا یک همزیستی درونی قدیمی است که از ۴۰۰ میلیون سال پیش منشأ می‌گیرد (۲۴). بیشتر گیاهان زمینی یک رابطه مشارکتی با قارچ‌های بیوتروف اجباری شاخه Glomeromycota دارند. قارچ *Arbuscular mycorrhizae* (AM) با ریشه حدود ۸۰ درصد از گیاهان خاکزی رابطه همزیستی دارد که کربوهیدرات‌های مورد نیاز برای کامل کردن چرخه زندگی خود را از گیاه میزبان دریافت کرده و در مقابل برای گیاه مواد غذایی مانند نیتروژن و فسفر را فراهم می‌کند (۲۷). در واقع در بیشتر مطالعات، همکاری بین یک قارچ AM و یک گیاه، گیاه میزبان را نسبت به تنش‌های غیر زیستی مقاوم‌تر می‌کند (۲۷). همزیستی AM می‌تواند گیاهان میزبان را در برابر اثرات محدود کننده تنش‌های زیستی و غیرزیستی مختلف محافظت کند (۲۷). با توجه به مشکل کم آبی در سالهای اخیر باید به فکر راهکاری برای استفاده بهتر و بهینه از آب در باغات کشور از جمله باغات انگور بود در این راستا استفاده از قارچ‌های مایکوریزا ممکن است بتواند باعث بهبود کارایی استفاده از آب و حفظ عملکرد مناسب انگور در شرایط آبیاری کمتر نسبت به شرایط آبیاری کنونی گردد بنابراین در این آزمایش از چهار گونه قارچ مایکوریزا که بیشتر در شرایط خشکی مورد بررسی قرار گرفته‌اند استفاده شد تا میزان تاثیر و همزیستی آن‌ها با انگور عسگری که یکی از ارقام مهم در ایران است بررسی شود و بهترین ترکیب قارچ‌ریشه و انگور عسگری معرفی گردد. از آنجا که تنش خشکی اثرات آشکاری بر ریخت شناسی گیاه دارد و به طور آشکاری مرفولوژی گیاه را تحت تاثیر قرار می‌دهد بنابراین، این شاخص‌ها می‌توانند بخوبی نشاندهنده تاثیرات خشکی و همزیستی مایکوریزایی باشد. با توجه به موارد مطرح شده، تحقیق حاضر به منظور شناسائی و بررسی صفات عمده مرفولوژیکی مرتبط با خشکی در انگور عسگری در اثر همزیستی با میکوریزا انجام شد تا بهترین ترکیب قارچ‌ریشه و انگور عسگری برای شرایط کم آبیاری معرفی گردد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش از چهار گونه قارچ مایکوریزا (*Glomus mosseae*، *G. intraradices*، *G. etunicatum*، *G. verciform*) استفاده شد. قارچ‌های مورد نظر با استفاده از ذرت به عنوان گیاه تله به مدت ۴ ماه در گلخانه تکثیر گردید سپس اندام هوایی ذرت قطع شد، ریشه‌ها قطعه قطعه و با خاک گلدان مخلوط گردید که در نهایت مخلوط یکنواختی از قطعات ریشه آلوده، اسپور و خاک ناحیه ریشه تهیه شد که در مراحل بعد از آن به عنوان مایه قارچ استفاده گردید. خاک مورد استفاده به نسبت ۱:۲ به ترتیب از خاک مزرعه و ماسه تهیه گردید که دارای پ هاش (pH) ۷/۴۴ و هدایت

الکتریکی (EC) ۱/۰۱ دسی‌زیمنس بر متر بود. برای استریل کردن خاک نمونه‌های خاک به مدت یک ساعت در دمای ۱۲۱درجه سلسیوس و فشار ۱/۵ اتمسفر اتوکلاو شد. قلمه‌های انگور به طول ۴۰ سانتیمتر از منطقه سامان شهرکرد تهیه کردید سپس جهت کاشت، قلمه‌های انگور به گلدان‌های حاوی ۲۰۰ گرم مایه‌قارچ مایکوریزا منتقل شدند پس از گذشت ۶ ماه تست همزیستی انجام و با اطمینان لازم از همزیست بودن ریشه‌ها با قارچ، تنش رطوبتی به مدت ۶۰ روز اعمال گردید. تنش خشکی در سه سطح ۰، ۳۰ و ۶۰ MAD (میزان رطوبت بین ظرفیت زراعی و نقطه پژمردگی دائم) اعمال گردید. برای مشخص کردن سطوح آبیاری ابتدا نقطه پژمردگی دائم و ظرفیت زراعی اندازه‌گیری گردید و میزان آب مورد نیاز بین نقطه پژمردگی و ظرفیت زراعی مشخص شد و برای آبیاری نهال‌های انگور به‌ترتیب با ۱۰۰ درصد (صفر MAD)، ۷۰ درصد (۳۰ MAD) و ۴۰ درصد (۷۰ MAD) آن آبیاری انجام شد. پس از پایان تنش خشکی اندام‌های مختلف انگور (شاخساره و ریشه) برداشت و پس از اندازه‌گیری سطح برگ جهت محاسبه وزن خشک برگ، ساقه و ریشه به مدت ۷۲ ساعت در آون با دمای ۷۰ درجه سانتیگراد قرار داده شدند. تراکم ریشه از تقسیم طول ریشه بر سطح برگ محاسبه (۳) و برای اندازه‌گیری حجم ریشه از یک استوانهٔ مدرج که تا حجم خاصی درون آن آب وجود داشت استفاده شد و مقدار تغییر حجم آب بعد از قرار گرفتن ریشهٔ گیاه درون استوانهٔ مدرج، حجم ریشه بر حسب میلی‌لیتر (سانتی‌متر مکعب) در نظر گرفته شد.

برای اندازه‌گیری سطح برگ در پایان آزمایش، تمام برگ‌های گیاه را با استفاده از دستگاه سنجش سطح برگ (*LAM; Leaf Area Meter-C1-2002,USA*) اسکن کرده و سطح برگ بر اساس سانتی‌متر مربع به‌دست آمد. نسبت سطح برگ[1] (LAR)، سطح ویژه برگ[2] (SLA) و قطر برگ (LT) نیز با استفاده از روابط زیر محاسبه گردید (۱۳):

$$SLA = LA/LW \quad (۱)$$

$$LT= (SLA\times LDMC)^{-1} \quad (۲)$$

$$LDMC= LDM/LFM \quad (۳)$$

LA : سطح برگ بر حسب سانتی‌متر مربع

LW : وزن برگ بر حسب گرم

LDMC : میزان ماده خشک برگ

LDM: وزن خشک برگ

LFM : وزن تر برگ

برای رنگ‌آمیزی ریشه‌ها از روش فیلیپس و هیمن (۲۳) استفاده شد. برای تعیین درصد همزیستی ریشه‌ها ۱۰۰ قطعه یک سانتی‌متری از ریشه‌های رنگ‌آمیزی شده به‌منظور ارزیابی درصد همزیستی ریشه توسط قارچ‌های مایکوریزا آربسکولار به صورت تصادفی انتخاب شد. میزان همزیستی با برآورد طولی از ریشه که به ساختمان‌های قارچی (وزیکول، آربوسکول و ریسه) همزیست می‌باشند، محاسبه و میانگین همزیستی ریشه برای این صد قطعه تعیین گردید.

این پژوهش در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه شهرکرد بر روی قلمه‌های ریشه دارشده‌ی انگور عسگری (*Vitis vinifera* cv. 'Asgari')، انجام شد. آزمایش حاضر به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با فاکتورهای مایکوریزا (پنج سطح *Glomus mosseae*، *G. intraradices*، *G. etunicatum*، *G. verciform* و شاهد (بدون مایکوریز) و خشکی (سه سطح صفر، ۳۰ و ۶۰ MAD) در سه تکرار انجام شد. تجزیه آماری داده‌ها با استفاده از نرم افزار MSTATC و مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح ۵ درصد صورت گرفت.

نتایج و بحث

نتایج نشان داد شاخص‌های ارتفاع، طول ریشه، حجم ریشه و تراکم ریشه تحت تاثیر اثر متقابل خشکی و مایکوریزا قرار گرفت (جدول ۱). ارتفاع گیاه انگور در اثر تنش خشکی کاهش پیدا کرد به‌طوری که کمترین میزان ارتفاع مربوط به ۶۰ MAD بود. مایکوریزا باعث کاهش تاثیر خشکی بر ارتفاع گیاه انگور شد به همین دلیل اختلاف معنی‌داری بین گیاهان مایکوریز و بدون مایکوریز از نظر آماری در سطح ۵ درصد مشاهده گردید. بیشترین ارتفاع در قارچ‌ریشه گلوموس اتونیکیتوم و بدون تنش با میانگین ۵۴ سانتی‌متر مشاهده گردید. میانگین‌های ۶۳/۳۳ و ۶۲/۶۷ سانتی‌متر مربوط به بیشترین طول ریشه بود که در شرایط بدون تنش بدست آمد و در شرایط تنش خشکی طول ریشه در گیاهان مایکوریزی و بدون مایکوریز کاهش یافت که میزان کاهش در گیاهان مایکوریزی کمتر از گیاهان بدون مایکوریز بود. حجم ریشه انگور تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت به‌طوری که خشکی باعث کاهش معنی‌دار حجم ریشه در گیاهان همزیست با مایکوریز و بدون مایکوریز گردید. کمترین میزان حجم ریشه در سطح خشکی ۶۰ MAD مشاهده گردید. میزان حجم ریشه در گیاهان مایکوریزی بیشتر از گیاهان بدون مایکوریز بود و صفر MAD قارچ‌ریشه گلوموس موسه دارای بیشترین حجم ریشه با میانگین ۱۳۱/۷ میلی‌لیتر بود. تراکم ریشه با افزایش سطح تنش خشکی افزایش یافت بیشترین میزان افزایش در تراکم ریشه در قارچ‌ریشه اینترارادیس و بدون مایکوریز به ترتیب با ۷۰ و ۶۶ درصد مشاهده شد. کمترین تراکم ریشه با میانگین ۰/۰۲۲ در صفر MAD قارچ‌ریشه اتونیکیتوم وجود داشت که دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد با سایر تیمارها بود (جدول ۱).

1- Leaf Area Ration
2- Specific Leaf Area

جدول ۱- مقایسه میانگین‌های صفات ارتفاع، طول ریشه، حجم ریشه و تراکم ریشه گیاه انگور رقم عسگری: همزیست با قارچ‌های مایکوریزا (V= *verciform* ،E= *etunicatum* ،I= *intraradices*، M= *mosseae*, NM= non mycorrhizal) در شرایط سطوح مختلف خشکی بر اساس میزان رطوبت بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (MAD)

Table 1- Comparison of mean of height, root length, root volume and root density of grapevine cv. 'Asgari' symbiosis with mycorrhizal fungi (NM= non mycorrhizal, M= *G. mosseae*, I= *G. intraradices*, E= *G. etunicatum*, V= *G. verciform*) under conditions of different levels of dryness based on moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD)

مایکوریزا Mycorrhiza	خشکی Drought	ارتفاع Height (cm)	طول ریشه Root length (cm)	حجم ریشه Root volume (ml)	تراکم ریشه Root density
NM	MAD0	27 e-h	63.33 a	59.33 ef	0.050 h
	MAD30	26.33 f-h	58.83 ab	75 de	0.070 e
	MAD60	24 h	53.33 b-d	33.89 g	0.148 a
M	MAD0	47 b	55 bc	131.7 a	0.031 k
	MAD30	28.67 d-g	47 de	81.75 cd	0.053 g
	MAD60	25.33 gh	33.5 f	33.87 g	0.072 d
V	MAD0	31.25 e	62.67 a	100 b	0.031 k
	MAD30	23 h	44.4 e	83.33 cd	0.038 j
	MAD60	28.5 d-g	52.08 cd	94.17 bc	0.083 c
E	MAD0	54 a	42.33 e	75 de	0.022 m
	MAD30	31 c-e	47 de	80 cd	0.044 i
	MAD60	23.83 h	47 de	103.3 b	0.058 f
I	MAD0	31.67 cd	45.17 e	81.67 cd	0.027 l
	MAD30	34.67 c	42 e	80.83 cd	0.037 j
	MAD60	29.67 d-f	54.83 bc	56.83 f	0.091 b

حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

The similar letters indicate no significant difference at the 5% probability level.

نتایج مربوط به مقایسه میانگین‌ها نشان داد تیمارهای خشکی و مایکوریزا شاخص‌های وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک ریشه را تحت تأثیر قرار دادند (جدول ۲). تنش خشکی باعث کاهش وزن تر و خشک برگ شد به‌طوری‌که کمترین میزان وزن تر و خشک برگ در MAD 60 و بیشترین میزان وزن تر و خشک برگ در سطح MAD 0 مشاهده شد. گیاهان تیمار شده با مایکوریزا وزن تر و خشک برگ بیشتری نسبت به گیاهان بدون مایکوریزا داشتند بیشترین وزن تر برگ مربوط به قارچ‌ریشه ورسیفورم با میانگین ۱۷/۸۹ گرم بود. در قارچ‌های گلوموس موسه، ورسیفورم و اتونیکیتوم بین سطوح MAD 30 و MAD 60 خشکی تفاوت معنی‌داری از نظر وزن تر مشاهده نشد. نتایج نشان داد وزن تر و خشک ساقه نیز در اثر تنش خشکی کاهش یافت که میزان کاهش در گیاهان دارای مایکوریز نسبت به گیاهان بدون مایکوریز بیشتر بود. کمترین میزان وزن تر و خشک ساقه مربوط به MAD 60 خشکی و بدون مایکوریز به ترتیب با میانگین ۵/۹۷ و ۲/۶۷ گرم دیده شد. اثر متقابل تنش خشکی و مایکوریزا بر وزن تر و خشک ریشه معنی‌دار بود به‌طوری‌که کاهش معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد در وزن تر و خشک ریشه مشاهده گردید که میزان کاهش در تیمار بدون مایکوریزا بیشتر بود (۳۱ درصد وزن تر و ۴۸ درصد وزن خشک). در قارچ‌های ورسیفورم و اتونیکیتوم وزن تر و خشک ریشه در اثر تنش خشکی ابتدا افزایش (MAD 30) سپس کاهش (MAD 60) یافت هرچند تفاتی از نظر آماری وجود نداشت و بیشترین میزان وزن تر ریشه در MAD 30 خشکی قارچ‌ریشه اتونیکیتوم با میانگین ۷۳/۷۳ گرم دیده شد (جدول ۲).

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های صفات مورد بررسی گیاه انگور همزیست با قارچ‌های مایکوریزا (V= *verciform*، E= *etunicatum*، I= *intraradices*، M= *mosseae*، NM= non mycorrhizal) در شرایط سطوح مختلف کم‌آبیاری بر اساس میزان رطوبت بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (MAD)

Table 2- Comparison of the mean of studied traits of grapevine cv. 'Asgari' symbiosis with mycorrhizal fungi (NM= non mycorrhizal, M= *G. mosseae*, I= *G. intraradices*, E= *G. etunicatum*, V= *G. verciform*) under conditions of different levels of dryness based on moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD)

مایکوریزا Mycorrhiza	خشکی Drought	وزن تر برگ Leaf fresh weight (g)	وزن خشک برگ Leaf dry weight (g)	وزن تر ساقه Stem fresh weight (g)	وزن خشک ساقه Stem dry weight (g)	وزن تر ریشه Root fresh weight (g)	وزن خشک ریشه Root dry weight (g)
NM	MAD0	12.54 bc	3.69 a-c	9.4 cd	4.06 c-e	48.33 cd	23.17 d-f
	MAD30	10.73 b-d	3.32 a-d	8.53 cd	3.59 d-f	39.95 d-f	20.07 f
	MAD60	4.72 f	1.59 e	5.97 e	2.67 f	33.02 f	11.95 g
M	MAD0	13.75 b	4.26 ab	10.06 c	4.46 a-e	65.74 ab	34.27 a
	MAD30	5.81ef	2.35 c-e	9.53 cd	4.83 a-d	50.51 c	29.35 bc
	MAD60	5.63 ef	2.07 c-e	8.20 d	4.46 a-e	38.00 ef	19.22 f
V	MAD0	17.89 a	4.31 ab	11.88 b	4.18 b-e	50.60 c	20.02 f
	MAD30	9.52 cd	2.86 b-e	8.62 cd	4.62 a-e	52.92 c	27.26 cd
	MAD60	9.02 c-e	2.56 c-e	9.74 cd	4.31 b-e	43.72 c-e	25.90 c-e
E	MAD0	13.93 b	4.53 ab	13.77 a	5.41 ab	62.87 b	30.21 a-c
	MAD30	8.47 d-f	3.29 a-d	11.84 b	4.98 a-c	73.73 a	33.64 ab
	MAD60	8.35 d-f	2.92 b-e	7.99 d	3.89 c-f	68.14 ab	32.79 ab
I	MAD0	12.68 bc	4.60 a	9.19 cd	4.44 a-e	49.28 cd	23.59 d-f
	MAD30	10.36 b-d	4.45 ab	12.05 b	5.69 a	53.72 c	22.31 ef
	MAD60	4.96 d	1.83 de	8.25 cd	3.37 ef	33.43 f	21.36 ef

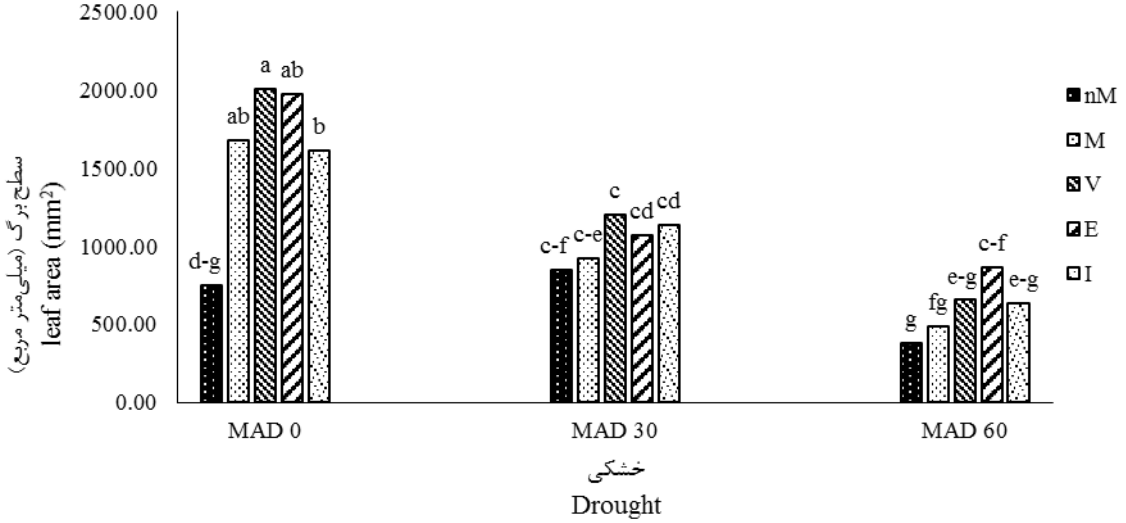
حروف مشترک نشان‌دهنده عدم وجود اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است.

The similar letter indicate no significant difference at the 5% probability level.

نتایج نشان داد ارتفاع، طول ریشه، حجم ریشه و تراکم ریشه تحت تأثیر اثر متقابل خشکی و مایکوریزا قرار گرفت همچنین تیمارهای خشکی و مایکوریزا شاخص‌های وزن تر و خشک برگ، وزن تر و خشک ساقه و وزن تر و خشک ریشه را تحت تأثیر قرار دادند به‌طوری که در شرایط تنش مقدار آن‌ها نسبت به شاهد کاهش یافت. بر اساس مطالعات انجام شده کیفیت و کمیت رشد گیاه مربوط‌به تقسیم و توسعه سلولی و تمایز آن است و همه‌ی این رویدادها تحت تأثیر تنش آبی قرار می‌گیرد (۷). وقتی گیاهان در شرایط تنش آبی قرار می‌گیرند، انعطاف‌پذیری دیواره سلول‌های در حال رشد اندام‌ها، معمولاً کم می‌شود و توسعه‌ی سلولی و رشد را کاهش می‌دهد (۱۱). درنتیجه تغییرات شاخص‌های رشدی شامل کاهش سطح برگ، وزن تر و خشک گیاه، ارتفاع گیاه یا شاخه اتفاق می‌افتد که در این آزمایش نیز این کاهش مشاهده گردید. علاوه بر آن رشد افقی و عمودی ریشه و تراکم ریشه در واحد حجم خاک نیز تغییر می‌کند (۲۹). تنش آبی رشد گیاه را در تمام سطوح (سلول تا گیاه کامل) تحت تأثیر قرار می‌دهد (۸). در ارتباط با تغییرات ریشه نیز بیان شده که مورفولوژی رشد ریشه به‌طور ژنتیکی تعیین می‌شود با این‌حال، تحت تأثیر شرایط محیطی و فیزیکی، خواص شیمیایی و بیولوژیکی خاک، آب و هوا و شرایط محصول، به‌ویژه دسترسی به آب قرار می‌گیرد (۱۵). در شرایط تنش خشکی، دهیدراسیون و کاهش حجم سلولی در شاخه‌ها بیش‌تر از ریشه‌ها به وقوع می‌پیوندد و به‌عبارت دیگر تحت شرایط کم آبی، رشد شاخه‌ها بیش‌تر از رشد ریشه‌ها تحت تأثیر قرار می‌گیرد. چنین به نظر می‌رسد که تحت چنین شرایطی فرآورده‌های فتوسنتزی بیش‌تری به ریشه‌ها اختصاص داده می‌شود. به‌علاوه بالا بودن نسبت ریشه به شاخه‌ها در شرایط تنش خشکی می‌تواند با حساسیت متفاوت ریشه‌ها و شاخه‌ها با اسید آبسیزیک درون‌زا و وقوع تنظیم اسمزی بیش‌تر ریشه مرتبط باشد. بنابراین برخی گیاهان در پاسخ به تنش خشکی، میزان جذب آب را از

راه حفظ نسبی رشد ریشه افزایش می‌دهند و به‌این‌ترتیب مقدار آب خاک بیش‌تری در اختیار گیاه قرار می‌گیرد. هم‌چنین در پتانسیل‌های آبی پایین که برخی ریشه‌ها هم‌چنان به رشد خود ادامه می‌دهند، رشد شاخه‌ها به‌طور کامل متوقف می‌شود (۱۷). نویسندگان متعددی نشان داده‌اند که محتوای آب کم خاک توسعه‌ی ریشه را در درختان بادام (۱) و زردآلو (۲۴) کاهش می‌دهد که با نتایج این پژوهش همسو می‌باشند.

نتایج نشان داد گیاهان دارای مایکوریزا نسبت به گیاهان بدون مایکوریزا سطح برگ بیشتری دارند (MAD 0) و با شاهد (بدون مایکوریزا) دارای اختلاف معنی‌دار می‌باشند. قارچ‌ریشه‌های گلوموس موسه، ورسیفورم و اتونیکیتوم از نظر سطح برگ تفاوتی از نظر آماری نداشتند. با اعمال تیمار خشکی سطح برگ کاهش یافت که نسبت به شاهد (MAD 0) دارای اختلاف معنی‌دار بود. در سطح MAD 30 خشکی تفاوتی بین قارچ‌ریشه‌های استفاده شده در این آزمایش و عدم استفاده از قارچ از نظر سطح برگ مشاهده نگردید اما با افزایش سطح خشکی (MAD 60) قارچ‌ریشه اتونیکیتوم دارای بالاترین سطح برگ با میانگین ۸۶۴/۹ میلی‌متر مربع بود که با سایر تیمارها دارای اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد بود. بین سایر قارچ‌های استفاده شده تفاوت معنی‌داری از نظر سطح برگ مشاهده نشد (شکل ۱). در پژوهشی که روی درختان زیتون رقم "کراتینا" انجام شد نتایج نشان داد که سطح برگ درختانی که تحت تنش آبی قرار گرفته بودند کاهش چشم‌گیری نسبت‌به درختان آبیاری شده نشان دادند. هم‌چنین وزن خشک برگ گیاهان آبیاری شده ۳۰ درصد بیش‌تر از گیاهان تحت تنش بود (۲۲). کمبود آب باعث می‌شود که سلول‌های برگ به‌طور موقت آب خود را از دست بدهند. با گذشت زمان سرعت تقسیم و طویل شدن سلول‌ها کاهش یافته و در نتیجه، این تغییرات منجر به کوچک‌تر شدن اندازه نهایی برگ‌ها خواهد شد (۲۱).

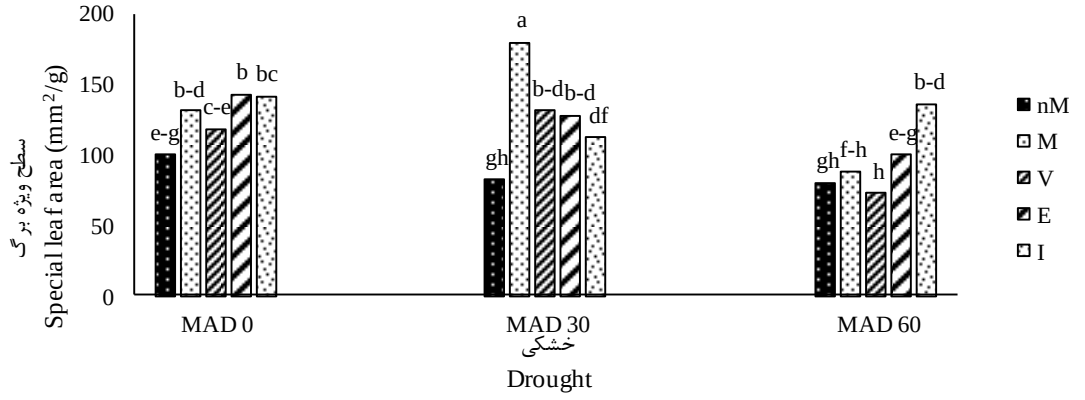


شکل ۱- تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر اساس میزان رطوبت بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (MAD) و گونه‌های مایکوریزا (V= *verciform*، E= *etunicatum*، I= *intraradices*، M= *mosseae*، NM= non mycorrhizal) بر سطح برگ انگور رقم 'عسگری'

Figure 1- Effect of different irrigation levels on the basis of moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD) and mycorrhiza species (NM= non mycorrhizal, M= *G. mosseae*, I= *G. intraradices*, E= *G. etunicatum*, V= *G. verciform*) on the leaf area of grapevine cv. 'Asgari'

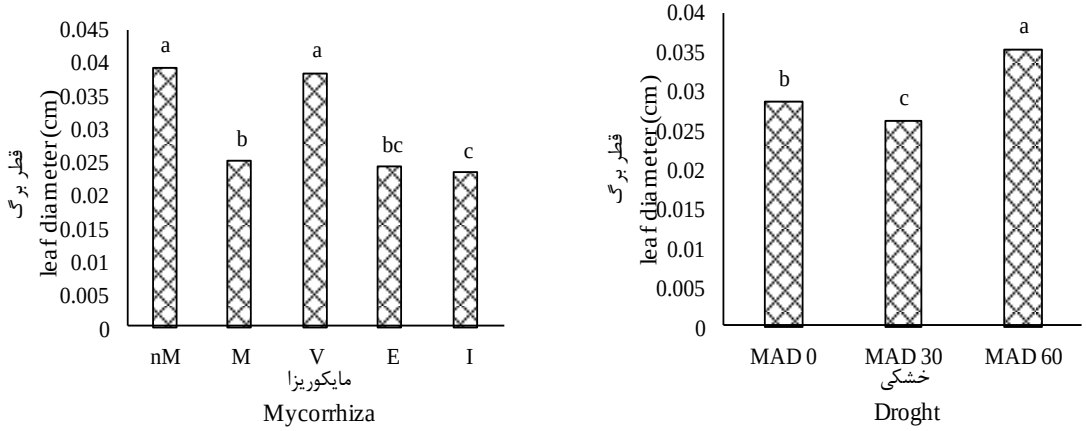
سطح ویژه برگ در گیاهان دارای مایکوریزا نسبت به گیاهان بدون مایکوریزا بیشتر بود که از نظر آماری نیز معنی‌دار شد. تفاوتی بین گونه‌های قارچ استفاده شده در آزمایش در سطوح MAD 0 و MAD 30 مشاهده نشد هرچند بیشترین میانگین سطح ویژه برگ (۱۷۸/۸ میلی‌متر مربع) مربوط به قارچ‌ریشه موسه بود. سطح ویژه برگ در سطح MAD 60 در قارچ‌های موسه، ورسیفورم و اتونیکیتوم به‌طور معنی‌داری کاهش یافت از طرفی این کاهش در گیاهان بدون مایکوریزا و قارچ‌ریشه اینترارادیس دیده نشد (شکل ۲).

بر اساس نتایج بدست آمده اثرات ساده تنش خشکی و مایکوریزا بر قطر برگ معنی‌دار بود (شکل ۳). قطر برگ در اثر سطوح خشکی ابتدا کاهش و سپس افزایش یافت که بیشترین میزان قطر برگ مربوط به سطح MAD 60 خشکی با میانگین ۰/۰۳۵ بود. قطر برگ همچنین تحت تأثیر تیمار مایکوریزا قرار گرفت به‌طوری که میزان قطر برگ در قارچ‌ریشه‌های موسه، اتونیکیتوم و اینترارادیس کاهش یافت و با شاهد اختلاف معنی‌دار داشت اما در قارچ گلوموس ورسیفورم قطر برگ نسبت به شاهد کاهش پیدا نکرد و اختلاف معنی‌داری از نظر آماری دیده نشد (شکل ۳).



شکل ۲- تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر اساس میزان رطوبت بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (MAD) و گونه‌های مایکوریزا (V= *verciform*، E= *etunicatum*، I= *intraradices*، M= *mosseae*، NM= non mycorrhizal) بر سطح ویژه برگ انگور رقم 'عسگری'

Figure 2- Effect of different irrigation levels on the basis of moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD) and mycorrhiza species (NM= non mycorrhizal, M= *G. mosseae*, I= *G. intraradices*, E= *G. etunicatum*, V= *G. verciform*) on the Special leaf area of grapevine cv. 'Asgari'



شکل ۳- تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر اساس میزان رطوبت بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (MAD) و گونه‌های مایکوریزا (V= *verciform*، E= *etunicatum*، I= *intraradices*، M= *mosseae*، NM= non mycorrhizal) بر قطر برگ انگور رقم 'عسگری'

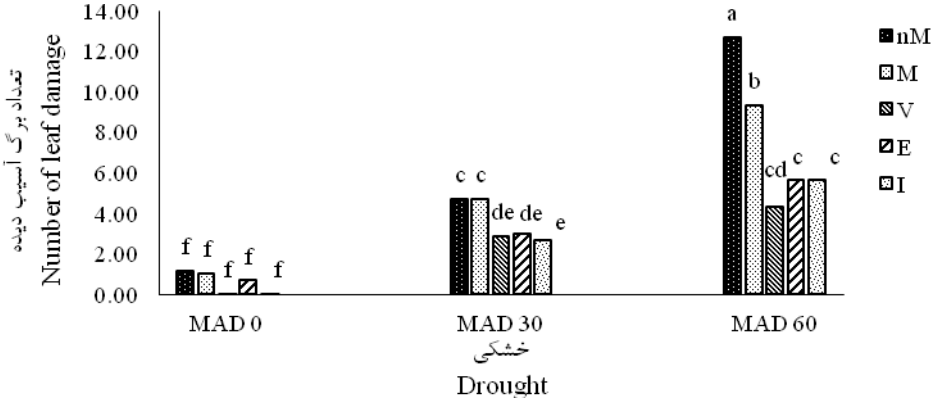
Figure 3- Effect of different irrigation levels on the basis of moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD) and mycorrhiza species (NM= non mycorrhizal, M= *G. mosseae*, I= *G. intraradices*, E= *G. etunicatum*, V= *G. verciform*) on the leaf diameter of grapevine cv. 'Asgari'

در اثر تنش خشکی تعداد برگ آسیب دیده افزایش یافت به طوری‌که در عدم کاربرد مایکوریزا (گیاهان بدون مایکوریز) میزان افزایش در تعداد برگ آسیب دیده از صفر MAD به ۶۰ MAD برابر ۹۰/۷ درصد بود. در گیاهان همزیست با مایکوریزا نیز در اثر افزایش سطح تنش خشکی میزان آسیب به برگ افزایش یافت به‌طوری‌که بیشترین تعداد برگ آسیب دیده در این گیاهان در ۶۰ MAD مشاهده گردید. به‌طور کلی مایکوریزا باعث کاهش تعداد برگ‌های آسیب دیده نسبت به گیاهان بدون مایکوریز شد که اختلاف بین آن‌ها در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار بود (شکل ۴).

سطح ویژه برگ در سطح ۶۰ MAD به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و قطر یا ضخامت برگ نیز تحت تأثیر تیمارها قرار گرفت، سطح ویژه برگ یکی از متغیرهای با ارزش در مدل‌سازی از نحوه رشد گیاه است زیرا ارتباط بین تولید ماده خشک و سطح فتوسنتز کننده گیاه را نشان می‌دهد و برآوردی از قطر برگ می‌باشد. قطر برگ نقش مهمی در عملکرد برگ و گیاه دارد. میزان نور جذب شده و میزان انتشار دی‌اکسید کربن درون بافت‌های مزوفیل تاحدی به ضخامت برگ بستگی دارد. کاهش سطح مخصوص برگ در نتایج پژوهش‌های پیشین نیز دیده می‌شود (۹ و ۱۶). کاهش سطح مخصوص برگ می‌تواند ناشی از این واقعیت باشد که به دلیل تأثیر منفی تنش، تولید مواد فتوسنتزی و انرژی موجود بجای صرف شدن در مسیر رشد برگ، صرف ایجاد تنظیم اسمزی در برگ می‌گردد که خود نیاز به صرف انرژی فتوسنتزی دارد. پژوهش‌های پیشین نشان داده که تجمع بیش

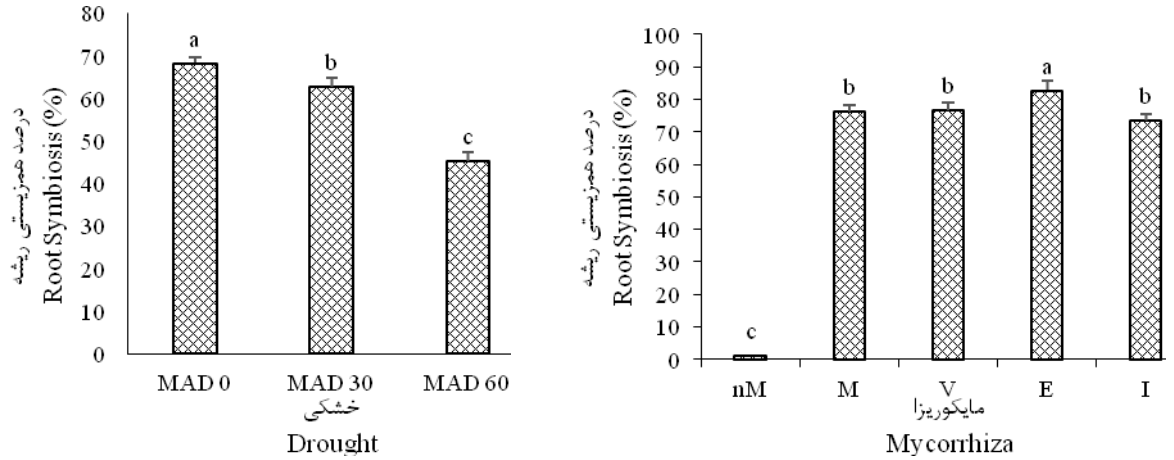
از حد اسمولیت‌های آلی و غیر آلی در برگ، اگرچه سبب ایجاد تنظیم اسمزی در برگ می‌شود اما بر فرایند اسیمیلاسیون کربن تأثیر منفی دارد (۹). در آزمایش حاضرسطح مخصوص برگ چه در گیاهان میکوریزی و چه در گیاهان بدون میکوریز کاهش یافت که نشان‌دهنده‌ی افزایش ضخامت برگ می‌باشد. مطابق آزمایشات صورت گرفته، دلیل افزایش وزن مخصوص برگ می‌تواند ناشی از تجمع کربوهیدرات‌های غیر ساختاری و همچنین ترکیبات تنظیم کننده اسمزی باشد که سبب کاهش پتانسیل آب برگ و افزایش وزن مخصوص برگ می‌گردد (۹). به‌طورکلی کاهش محتوای آب بافت‌های گیاهی تحت شرایط خشکی باعث محدود شدن رشد گیاه و برخی پاسخ‌های مورفولوژی می‌گردد (۱۸).

اثرات ساده تیمارهای اعمال شده (تنش خشکی و نوع مایکوریزا) بر درصد همزیستی قارچ‌ریشه‌ها معنی‌دار شد (شکل ۵). بر اساس نتایج درصد همزیستی در قارچ‌های موسه، ورسیفورم، اتونیکیتوم و اینترارادیس به ترتیب ۷۶/۱۱، ۷۶/۶۷، ۸۲/۷۸ و ۷۳/۳۳ درصد بود که قارچ اتونیکیتوم به‌طور معنی‌داری دارای همزیستی بیشتری با گیاه انگور بود (شکل ۵، الف). درصد همزیستی ریشه در اثر تنش خشکی کاهش یافت، میزان کاهش درصد همزیستی در MAD ۶۰ نسبت به شاهد (صفر MAD) ۳۳ درصد بود (شکل ۵، ب).



شکل ٤- تأثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر اساس میزان رطوبت بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (MAD) و گونه‌های مایکوریزا (V= *verciform*، E= *etunicatum*، I= *intraradices*، M= *mosseae*، NM= non mycorrhizal) بر تعداد برگ آسیب دیده انگور رقم 'عسگری'

Figure 4- Effect of different irrigation levels on the basis of moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD) and mycorrhiza species (NM= non mycorrhizal, M= *G. mosseae*, I= *G. intraradices*, E= *G. etunicatum*, V= *G. verciform*) on the Number of leaf damage of grapevine cv. 'Asgari'



شکل ۵- تاثیر سطوح مختلف کم‌آبیاری بر اساس میزان رطوبت بین ظرفیت مزرعه و نقطه پژمردگی دائم (MAD) و گونه‌های مایکوریزا (V= *verciform*، E= *etunicatum*، I= *intraradices*، M= *mosseae*، NM= non mycorrhizal) بر درصد همزیستی ریشه انگور رقم 'عسگری'

Figure 5- Effect of different irrigation levels on the basis of moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD) and mycorrhiza species (NM= non mycorrhizal M= *G. mosseae*, I= *G. intraradices*, E= *G. etunicatum*, V= *G. verciform*) on the Root Symbiosis of grapevine cv. 'Asgari'

مطالعات زیادی نشان داده که همزیستی قارچ‌های میکوریز باعث افزایش مقاومت گیاهان به تنش خشکی می‌شود (۲۰). مکانیسم مقاومت به تنش خشکی توسط مایکوریزا شامل جذب و انتقال آب از میان ریسه‌های قارچ به داخل گیاه میزبان می‌باشد. هیف‌های باریک قارچ می‌توانند به داخل منافذ خارج از دسترس تارهای کشنده ریشه نفوذ کند، بنابراین آبی را که خارج از دسترس گیاهان غیر مایکوریزا است جذب کند (۱۹). قارچ مایکوریزا مواد فتوسنتزی را از گیاه میزبان جذب می‌کند تا دوره زندگی خود را تکمیل کند و در مقابل به گیاهان در جذب آب و مواد معدنی کمک می‌کند. بنابراین، گیاهان AM عموماً توانایی بهتری برای جذب مواد غذایی و تحمل تنش خشکی نشان می‌دهند (۲۷). همزیستی با AM مثال خوبی از تغییرات مورفولوژیکی گسترده است که سلول‌های ریشه گیاه برای تطبیق با حضور همزیست داخلی برقرار می‌کنند و بیشتر این تغییرات با سیستم واکوئلی یا سیتوپلاسمی مرتبط است. مشاهدات ریخت‌شناسی ECMs نشان داده‌اند که معماری ریشه گیاه میزبان اساساً تغییر می‌کند، که به صورت ریشه‌های کوتاه متراکم و تمایز سلولی سلول‌های کلونیزه شده است (طویل شدن قطری و فساد موی ریشه). ریسه قارچ که در ریزوسفر رشد می‌کند تشکیل ریشه کوتاه متراکم را القا می‌کند که وسیله‌ای برای افزایش ناحیه تماس و زیست‌خوان برای میزبان شدن ریشه کلونیزه کننده را فراهم می‌کند. قارچ قادر است که اتیلن و اکسین را تولید کند که ریخت زایی ریشه گیاه را تنظیم می‌کند که کوتاه شدن و منشعب شدن ریشه اولیه را القا می‌کند (۱۴).

به‌طور کلی بر اساس نتایج بدست آمده تیمارهای قارچ‌ریشه و آبیاری ۱۰۰ درصد باعث افزایش شاخص‌های اندازه‌گیری شده گردید. در اثر کم‌آبیاری شاخص‌های اندازه‌گیری شده در آزمایش (ارتفاع، وزن تر و خشک ریشه، برگ و ساقه) کاهش یافت به‌طوری که میزان کاهش در گیاهان بدون قارچ ریشه بیشتر از گیاهان همزیست با قارچ ریشه بود. استفاده از قارچ‌ریشه در این پژوهش باعث کاهش اثرات مخرب کم‌آبیاری بر ویژگی‌های ریخت‌شناسی گیاه انگور شد که در این بین قارچ‌ریشه‌های ورسیفورم و اتونیکیتوم بهتر از قارچ‌ریشه‌های موسه و اینترارادیس بودند.

منابع

1- Abrisqueta J.M., Hernansaez A., and Franco J.A. 1994. Root dynamics of young almond tree under different drip irrigation rates. Journal of Horticultural Science, 69: 237–242.
2- Anjum S.A., Xie X.Y., Wang L.C., Saleem M.F., Man C., and Lei W. 2011. Morphological, physiological and biochemical responses of plants to drought stress. African Journal of Agricultural Research, 6: 2026-2032.
3- Atkinson D., and White G.C. 1980. In the mineral nutrition of fruit trees. Butterworth, pp. 241-254.
4- Bahar E., Carbonneau A., and Korkutal I. 2011. The effect of extreme water stress on leaf drying limits and possibilities of recovering in three grapevine (*Vitis vinifera* L.) cultivars. African Journal of Agricultural Research, 6: 1151-1160.
5- Bayulo J.S., Debouck D.G., and Lynch J.P. 2003. Growth, gas exchange, water relations, and ion composition of Phaseolus species grown under saline condirion. Field Crops Research, 80:207-222.
6- Bowen P.A., and Kliewer W.M. 1990. Influence of clonal variation, pruning severity, and cane structure on yield component development in Cabernet Sauvignon grapevines. J. Am. Soc. Hort. Sci, 115(4): 530-534.
7- Cabuslay G.S., Ito O., and Alejal A.A. 2002. Physiological evaluation of responses of rice (*Oryza sativa* L.) to water deficit. Journal of Plant Science, 63: 815-827.
8- Colom M.R., and Vazzana C. 2001. Drought stress effects on three cultivars of *Eragrostis curvula*: Photosynthesis and water relations. Journal of Plant Growth Regulation, 34: 195-202.
9- Cornelissen J.H.C., Lavorel S., Garnier E., Diaz S., Buchmann N., Gurvich D.E., Relch P.B., Steegh H.T., and Morgan H.D. 2003. Handbook of protocols for standardized and easy measurement of plant functional traits worldwide. Australian Journal of Botany, 51: 335-380.
10- Davies W.J., Zhang J., Yang J., and Dodd I.C. 2010. Foresight projection global food and farming futures novel crop science to improve yield and resource use efficiency in water-limited agriculture. Journal of Agricultural Science, 18 (6): 1-9.
11- Davis W.J., and Volkenburg E. 1995. The influence of water deficit on the factors controlling the daily pattern of growth of bean. Experimental Botany, 54: 987-999.
12- Du T.S., Kang S.Z., Zhang J.H., Li F.S., and Yan B.U. 2008. Water use efficiency and fruit quality of table grape under alternate partial root-zone drip irrigation. Agricultural Water Management, 95: 659–668.
13- Fttahi M., Shamshiri M.H., and Esmaeilizade M. 2014. Evaluation of Leaf Physiomorphological Responses of Three Pistachio Rootstocks inoculated with Arbuscular Mycorrhizae to Salt Stress. Iranian Horticulture, 15(5): 469-482.

14- Felten J., Kohler A., Morin E., Bhalerao R.P., and Palme K. 2009. The ectomycorrhizal fungus Laccaria bicolor stimulates lateral root formation in poplar and Arabidopsis through auxin transport and signaling. Plant Physiol, 151(4): 1991–2005.
15- Fernandez G.C.J. 1992. Effective selection criteria for assessing plant stress tolerance. P. 257-270, In: Kuo, C.G (ed), adaptation of food crop to temperature and water stress. AVRDC, Shanhua, Taiwan.
16- Karlberg L., Bengal A., Jansson P., and Shani U. 2006. Modelling transpiration and growth in salinity-stressed tomato under different climatic conditions. Ecology Modelling, 190: 15-40.
17- Kirnak H., Kaya C., Tas I., and Higgs D. 2001. The influence of water deficit on vegetative growth, physiology, fruit yield and quality in eggplants Bulgarian. Journal of Plant Physiology, 27(3–4): 34–46.
18- Levitt J. 1980. Responses of Plants to Environmental Stresses. Vol. II. Water radiation, salt and other stresses. Academic Press, New York.
19- Li T., Sun Y., Ruan Y., Xu L., Hu Y., Hao Z., Zhang X., Li H., Wang Y., Yang L., and Chen B. 2016. Potential role of D-myo-inositol-3-phosphate synthase and 14-3-3 genes in the crosstalk between *Zea mays* and *Rhizophagus intraradices* under drought stress. Mycorrhiza, Vol 48 pp142-158.
20- Liu Z., Lia Y., Maa L., Weic H., Zhangd J., Hee X., and Tiana C. 2014. Coordinated regulation of arbuscular mycorrhizal fungi and soybean MAPK pathway genes improved mycorrhizal soybean 2 drought tolerance. Molecular Plant-Microbe Interactions. pp153-174.
21- Munns, R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. Plant Cell and Environment, 25: 239–250.
22- Nuzzo U., Xiloyannis C., Dichio B., Montanaro G., and Clleano G. 1997. Growth and yield in irrigated and non-irrigated olive tree cv. Coratina over four years after planting. Acta Horticultural, 449: 75-82.
23- Phillips J., and Hyman D. 1970. Improved procedures for cleaning roots and staining parasitic and vesicular arbuscular mycorrhiza fungi for rapid assessment of infection. Trans Br Mycol Soc, 55: 158-161.
24- Ruiz-Canales A., Franco J.A., Plana V., and Abrisqueta J.M. 2006. Root distribution inapricot orchard (*Prunus armeniaca* L. 'Bulida') under trickle irrigation. International Society for Horticultural Science Acta Horticulturae, 717: 307–311.
25- Remy W., Taylor T.N., Hass H., and Kerp H. 1994. Four hundred-million-year-old vesicular arbuscular mycorrhizae. Proc Natl Acad Sci U S A, 91: 11841–11843.
26- Sebastiana M., Vieira B., Lino-Neto T., Monteiro F., Figueiredo A., Sousa L., Salome´Pais M., Tavares R., and Paulo O. 2014. Oak Root Response to Ectomycorrhizal Symbiosis Establishment: RNA-Seq Derived Transcript Identification and Expression Profiling. PLOS ONE, 9(5): 1-13.
27- Ruiz-Lozano J.M., Aroca R., Zamarreno A.M., Molina S., Andreo-Jimenez B., and Porcel R. 2015. Arbuscular mycorrhizal symbiosis induces strigolactone biosynthesis under drought and improves drought tolerance in lettuce and tomato. Plant Cell and Environment, 5: 1-12.
28- Shamim A., Rashid A., Muhammad Y.A., Ashraf M., and Ejaz A.W. 2009. Sunflower (*Heliantus annus* L.) response to drought stress at germination and seedling growth stage. Pakistan Journal of Botany, 41: 647-654.
29- Thomas M.T., and Gausling T. 2000. Morphological and physiological responses of oak (*Quercus petraea* and *Q. robur*) to moderate drought. Annals for Sciences, 57: 325-333.
30- Xiong L., Lee H., Ishitani M., and Zhu J.K. 2002. Regulation of osmotic stress responsive gene expression by the LOS6/ABA1 locus in Arabidopsis. Journal of Biological Chemistry, 277: 8588–8596.

Journal of Horticultural Science
Vol. 32, No. 4, Winter 2019, p. 581-592
ISSN: 2008 - 4730

نشریه علوم باغبانی (علوم و صنایع کشاورزی)
جلد ۳۲، شماره ۴، زمستان ۱۳۹۷، ص. ۵۹۲-۵۸۱
شاپا: ۴۷۳۰-۲۰۰۸

Effects of Deficit Irrigation on Some Morphological Characteristics of Grape (*Vitis vinifera* cv. 'Asgari') Symbiosis with Arbuscular Mycorrhizal

M. Fattahi [1]*- A. Mohammadkhani [2]

Received: 28-01-2018
Accepted: 24-10-2018

Introduction: Abiotic stresses, in particular drought, not only compromise crop quality and limit yield, but also restrict the geographical range over which crop production is viable. Plant species have evolved a number of physiological and molecular means to cope with adverse environmental conditions. Grapevine is a perennial crop grown in various areas around the world. It is highly responsive to local environmental conditions and viticultural practices. Abiotic stresses cause extensive losses to agricultural productivity. Grapevine is no exception to the rule and faces several abiotic stresses throughout its lifespan. Drought, salinity, or heavy metals are serious problems in many parts of the world. The potential of AMF to enhance plant tolerance to abiotic stress conditions has long been known, and their use in sustainable agricultural systems will be of tremendous importance for soil quality and crop productivity under severe edapho-climatic conditions. Arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), a kind of beneficial soil microorganism, can create a symbiotic association with plant roots forming arbuscular mycorrhizas (AMs), which play a role in the regulation of plant growth. This research was carried out in order to determine the effect of deficit irrigation on morphological characteristics of grapevine 'Asgari' cultivar in greenhouse conditions in 2016.

Materials and Methods: The layout was as a factorial experiment in a completely randomized design with three replication and two factors, including Arbuscular mycorrhizal and irrigation regimes. Irrigation treatments were irrigation with 100% moisture content of field capacity (control), 70% moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD 30) and 40% moisture content between field capacity and permanent wilting point (MAD 60) and mycorrhizal treatments was including non-use of mycorrhizal and use of *Glomus mosseae*, *G. intraradices*, *G. etunicatum* and *G. verciform.* Some morphological traits including height, root length, root volume and root density, fresh and dry weight of leaf, stem and root, leaf area, number of leaf damage, leaf area, leaf diameter and symbiosis percent of grape roots with fungi were measured.

Results and Discussion: The results showed that mycorrhizal and 100% irrigation treatments increased the fresh and dry weight of leaf, stem and root, leaf area and the percentage of mycorrhizal symbiosis. Due to irrigation, the indices measured in the experiment such as height, fresh and dry weight of root, leaf and stem decreased, so that the decrease in without mycorrhizal plants was more than the with mycorrhizal plants. Generally, the use of mycorrhiza in this research has reduced the damaging effects of water stress on the morphological characteristics of grapevine, which in between the *G. verciform* and *G. etunicatum* were better than the *G. mosseae* and *G. intraradices*.

Conclusion: Grapevine phosphorus deficiency is usually rarely observed, not only mainly because of limited phosphorus requirement, but also because of sufficient phosphorus richness in the majority of vineyard soils and remobilization from bark, wood, and roots during periods of high P demand. Nevertheless, P deficiency have been described in vineyards in Australia, France, Germany and USA. Phosphorus deficiency symptoms correspond to stunt shoot growth, decrease in dry matter, and berry clusters.

Mycorrhizal treatments helped in alleviation of drought stresses. Enhanced uptake and storage of P, beyond what is required for immediate vegetative growth may be of particular importance for heavily pruned crops like grapes, since most of the new shoot growth is removed every year. These results were achieved in the greenhouse under almost controlled conditions and can be difficult to suggest for applying in the field conditions. Such experiments may be organized in the field conditions.

Present-day vineyard practices place several constraints on the use of functions provided by mycorrhiza. The risk of large, costly, or irreversible changes is to be reduced or averted. Future (modern) agriculture should be based on the

1 and 2- Ph.D. Student and Associate Professor of Horticultural Sciences, Department of Horticulture, Shahrekord University, Shahrekord, Iran
(*- Corresponding Author Email: Ma.fatahi67@gmail.com)

implementation of ecological management practices that deliberately maintain resilience of ecosystem services. This means integrating the development of vineyard management strategies that optimize the impact of beneficial microbes like mycorrhizal fungi on production. Furthermore, AMF vary in their ability to provide ecological services so that suitable tools have to be defined to fully assess their contribution. Molecular tools have considerably improved the possibility to identify and monitor mycorrhizal fungi in ecosystems, but a quick and reliable test for assessing their functionality is still lacking. For producers' expectations to be met, a novel industry encompassing soil/mycorrhiza analyses and advice to producers/managers is needed. Additional barriers to rationally exploiting beneficial soil microbes like mycorrhizal fungi as ecosystem services range from economical, technical, and cultural aspects to legislative questions. In spite of this, considerable progress has been made in the last decade for crop plants in general, but also for grapevine, towards the use of AMF.

Keywords: Drought, Grapevine, Morphology, Mycorrhiza