تاثیر قارچ میکوریزی و سیلیکون بر تولید اسمولیت‌های سازگار در افزایش تحمل به کم‌آبی درکشت هیدروپونیک خیار گلخانه‌ای (*Cucumis sativa*)

شکوفه انتشاری[1] و سمانه شکیبایی[2]

[1] گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران و [2] گروه زیست شناسی، دانشگاه پیام نور، تهران، ایران

(تاریخ دریافت: ۹۲/۰۲/۱۳، تاریخ پذیرش نهایی: ۱۳۹۳/۰۹/۰۱)

چکیده:

خشکی مهمترین فاکتور محدود کننده رشد گیاهان است. قارچ‌های میکوریزی و سیلیکون با تعدیل اثرات نامطلوب خشکی در گیاهان باعث بهبود روابط آب و جذب بهتر فسفر، به عنوان یک عامل مثبت درکاهش اثرات تنش‌های غیرزیستی و زیستی در بعضی از گیاهان در برابر تنش شناخته شده‌اند. گیاه خیار (*Cucumis sativa*) در مراحل اولیه رشد نیاز آبی بالایی دارد و کم آبی به شدت باعث کاهش عملکرد آن می‌شود و این امر سبب استفاده زیاد آب در کشت‌های گلخانه‌ای و ایجاد بیماری‌های قارچی می‌شود. از این رو هدف از این آزمایش بررسی و استفاده از قارچ میکوریز آربوسکولار و سیلیکون و مقایسه نقش این دو در امکان کاهش نیاز آبی در خیار گلخانه‌ای تحت شرایط کاهش میزان آب آبیاری است. بدین منظور آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار با تیمارهای سیلیکون ۰/۲ میلی مولار، قارچ میکوریز آربوسکولار(*Glomus intraradices*) و خشکی در شرایط کشت هیدروپونیک در محیط گلخانه بر روی گیاه خیار انجام شد. نتایج نشان داد که تیمار با قارچ میکوریزی به تنهایی و به همراه خشکی باعث افزایش معنی‌دار میزان فسفر میوه، ریشه و برگ و قند محلول برگ و ریشه گیاه شد. تنش خشکی باعث افزایش معنی‌دار میزان پرولین، قند احیاکننده و محلول، و کاربرد سیلیکون و اعمال تنش نیز باعث افزایش مقدار قند در میوه، برگ و ریشه گیاه شد. این افزایش در سطح اطمینان 95٪ معنی‌دار شد. بنابراین کاربرد قارچ میکوریزی و سیلیکون باعث تولید اسمولیتهای سازگار و مقابله با اسیب ناشی از تنش خشکی در این پژوهش شد.

واژه‌های کلیدی: اسمولیت سازگار،تنش کم‌آبی، قارچ میکوریز ، سیلیکون، ، خیارگلخانه‌ای،

مقدمه:

تنش خشکی یکی از مهمترین تنش‌های گیاهی و دومین تنش غیرزیستی بعد از دما محسوب می‌شود که از طریق ایجاد تغییرات آناتومیکی، مورفولوژیکی، فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی بر جنبه‌های مختلف رشد و نمو گیاه تاثیر می‌گذارد. اما شدت آن بسته به طول مدت تنش و مرحله رشدی گیاه متفاوت است (Rontein *et al*., 2002). در حقیقت تنش خشکی کاهش پتانسیل آبی در خاک است و در چنین شرایطی گیاه به منظور ادامه جذب آب، از طریق انباشت ترکیبات تعدیل کننده اسمزی از جمله کربوهیدرات‌های محلول و پرولین پتانسیل اسمزی سلول را کاهش می‌دهد (Zhao, 2000; Rabe and Almadini, 2005).

قارچ‌های میکوریزی بر روابط آبی گیاه تاثیر می گذارند. بدین صورت که با تاثیر بر میزان آب بافت‌های گیاهی و

*نویسنده مسؤل، نشانی پست الکترونیکی: shenteshari@gmail.com

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]

تبادلات گازی برگ‌ها، سبب افزایش میزان آب موجود در بافت‌های گیاهی می‌شود و از سوی دیگر تبخیر و تعرق را کاهش می‌دهند (Auge, 2001). افزایش جذب آب توسط میکوریز، باعث کم شدن اثرات یون‌های سمی و افزایش غلظت قندهای محلول در ریشه می‌شود که نتیجه آن کاهش پتانسیل اسمزی است (Al-Karaki, 2000). قارچ‌های میکوریزی قادرند از طریق تعادل کاتیون به آنیون گیاه را از اثرات نا مطلوب تنش کم‌آبی محافظت کنند (Azcon and Barea, 1992; Vicente-sanchez *et al.*, 2013). همچنین همزیستی یک گیاه با قارچ‌های میکوریزی باعث جذب عناصر کم تحرک در خاک‌های فقیر می‌شود(Marschner, 1994 ;انتشاری و حاجی هاشمی، ۱۳۸۹). گزارش شده است که افزایش فسفر گیاه، مهمترین مکانیسم مقاومت به تنش در گیاهان میکوریزی است (Song, 2005, Zhu *et al* 2012).

سیلیکون از نظر فراوانی دومین عنصر بعد از اکسیژن محسوب می‌شود. این عنصر باعث مقاومت گیاه در برابر پاتوژن ها می‌شود و در نتیجه با کاهش مصرف علف‌کش‌ها و مواد سمی مانع از آلودگی محیط زیست و اثرات مضر ناشی از استعمال سموم کشاورزی می‌شود (Epstein, 1994)، و با تحریک رشد، افزایش فعالیت آنزیم‌های پاد اکسنده و کاهش میزان گونه‌های واکنش‌گر اکسیژن (ROS) در سلول‌های گیاهی، موجب حفاظت گیاه در برابر تنش‌های محیطی می‌شود (سعادتمند و انتشاری، ۱۳۹۱ ;Chrif and Blanger, 1992; Shen *et al.*, 2010). همچنین تحقیقات نشان دادند که ترکیب سیلیکون با پکتین و کلسیم باعث استحکام اسکلت گیاه، کاهش قطر روزنه و تعرق برگ و در نتیجه جلوگیری از خروج آب در برابر تنش می‌شود (Hashemi *et al.*, 2010; Torabi *et al.*, 2013) و تغذیه با غلظت مناسب سیلیکون ، باعث افزایش زیست توده و حجم ریشه شده که در نتیجه سطح جذب عناصر از محیط افزایش می‌یابد (خوشگفتار منش، ۱۳۸۹).

خیار گیاهی یک‌ساله، گلدار، از رده دولپه‌ای‌ها و تیره کدوئیان *(Cucurbitacae)* با نام علمی .*Cucumber sativa* L می‌باشد (Jeffrey, 1990). این گیاه بومی آسیا و آفریقا بوده و موطن اصلی آن هندوستان می‌باشد. ریشه خیار سطحی، برگ‌ها پنجه‌ای و دارای بریدگی‌های کم عمق می‌باشد. میوه این گیاه پتاسیم بالایی دارد که باعث انحلال و کاهش اسید بوریک بدن می‌شود. با توجه به سیستم ریشه‌ای سطحی و رشد زیاد در مراحل اولیه رشد، گیاه مذکور به مقدار زیادی آب نیاز دارد (Mao *et al*., 2003). در کشاورزی شناخت اثرات تنش‌های مختلف بر فیزیولوژی گیاهان زراعی و باغی به منظور افزایش تحمل در برابر تنش ضرورت دارد و اعمال روش‌های جدید جهت کاهش اثرات مضر، از جمله کارهای اساسی و مفید می‌باشد. از این رو با توجه به اینکه این گیاه در مراحل اولیه رشد احتیاج به آب زیادی دارد و در کشت‌های گلخانه‌ای مقدار زیادی آب طی این دوره استفاده می‌شود و این امر باعث افزایش رطوبت محیط و تحریک رشد قارچ‌های بیماری‌زا و ایجاد بیماری می‌گردد که در نهایت کشاورز ملزم به استفاده از قارچ‌کش می‌گردد. برای بررسی جلوگیری از اثرات نا مطلوب تنش خشکی، مقاوم کردن گیاه مذکور به کم‌آبی و جلوگیری از شیوع بیماری‌های گیاهی در کشت‌های گلخانه‌ای از سیلیکون و قارچ میکوریز استفاده شد و اثر این دو عامل در مقاومت گیاه خیار نسبت به کاهش دور و میزان آبیاری مورد بررسی قرارگرفت. بنابراین هدف از این آزمایش استفاده از قارچ میکوریز و سیلیکون و مقایسه نقش این دو عامل در کاهش نیاز به آب در گیاه خیار گلخانه‌ای بود.

مواد و روش‌ها:

تهیه ماده گیاهی ،کاشت گیاه و اعمال تیمار: پژوهش حاضر در گلخانه با پوشش پلاستیک و به مساحت ۸۰ متر مربع و در دمای شب و روز ۲±۱۹ و ۲±۳۰ درجه سانتیگراد انجام شد. بذر خیار درختی گلخانه‌ای رقم نگین (تیمار شده با قارچ کش تیرام) از شرکت بهتا تهیه و استفاده شد. بستر کشت از پرلایت و کوکوپیت به نسبت ۳ به ۲ انتخاب و جهت کشت بذرها از جعبه‌هائی به طول ۳ و عمق ۰/۵ متر از جنس کارتن‌پلاست و دارای زهکش استفاده شد، در هر کارتن‌پلاست٦ عدد بذر کاشته شد و پس از رشد، گیاهک‌ها به ٤ عدد کاهش یافت و

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]

هر گیاه به عنوان یک تکرار در نظر گرفته شد.گروه‌های تیماری شامل ۸ گروه شاهد (کنترل)، تنش کم‌آبی، میکوریز، سیلیکون، سیلیکون –کم‌آبی، میکوریز –کم‌آبی، سیلیکون-میکوریز و سیلیکون–میکوریز–کم‌آبی بود.

جهت تلقیح با قارچ میکوریزی در تیمارهای میکوریزی بذرها در مجاورت ۵۰ گرم از کود بیولوژیکی مخلوط با قارچ میکوریز وزیکولار آربوسکولار *Glomus intraradices* تهیه شده از کلینیک گیاهپزشکی ارگانیک اسدآباد همدان قرار گرفتند.تیمارهای سیلیکون و کم‌آبی در مرحله ۵ برگی بر روی گروه‌های تیماری اعمال گردید. میزان آب مورد نیاز و تنش کم‌آبی، آبیاری با استفاده از تلفیق روش سپاس‌خواه و همکاران (۱۳۸۵) و میزان استفاده از آب در گلخانه‌های تولید خیار به روش هیدروپونیک روزانه یک لیتر آب برای هر گیاه در تیمارهای شاهد تعیین گردید.

جهت اعمال تیمار سیلیکون از سیلیکات سدیم (MERCK) با غلظت ۰/۲ میلی مولار استفاده شد. تیمار سیلیکون به‌طور متوالی با آب به‌صورت ۲ روز در میان انجام شد.

جهت اعمال تنش کم‌آبی ابتدا برای سازگاری گیاهان به کم‌آبی، طی دو هفته از مرحله ۵ برگی گیاه، آبیاری به صورت یک روز در میان انجام شد و برای هر گیاه یک لیتر آب در نظر گرفته شد. پس از دو هفته گیاهان تا آخر دوره آزمایش با نیم لیتر آب و به صورت دو روز در میان آبیاری شدند. به منظور تامین عناصر غذایی لازم جهت رشد گیاه هر ٤ روز یک‌بار از محلول غذایی ماکرو و میکرو (کود NPK ۲۰-۲۰-۲۰ و مولتی پروپلکس) شرکت گرومور، به میزان ۲ در هزار به جای آب آبیاری استفاده شد. طول دوره رشدی گیاهان ۸۵ روز بود. در پایان دوره رشد از هر گیاه ٤ عدد برگ به صورت تصادفی و از قسمت وسط بوته خیار چیده شد. ریشه‌ها از گلدان‌ها بیرون آورده و با آب شسته شدند. برگ و ریشه گیاه در دمای اتاق تا رسیدن به وزن ثابت و به صورت کامل خشک شدند. جهت سنجش‌های مربوط به میوه از هر بوته خیار به‌طور تصادفی٤ عدد میوه چیده شد. ریشه گیاهانی که با قارچ میکوریز آربوسکولار آغشته شده بودند جهت اثبات آغشتگی درون فیکساتور FAA (فرمالدئید، اسید استیک، الکل) نگهداری شدند و از روش راجاپاکز و میلر جهت اثبات آغشتگی استفاده شد (Rajapakse and Miller., 1992)

اندازه‌گیری پرولین با استفاده از روش Bates و همکاران (۱۹۷۳) میزان پرولین اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ۰/۵گرم بافت گیاه با ۱۰ میلی گرم اسید سولفاسالیسیلیک ۳٪ همگن و از کاغذ صافی عبور داده شد. ۲ میلی گرم از عصاره حاصله را با ۲ میلی‌لیتر معرف اسید نین هیدرین و ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال در لوله آزمایش دربدار ریخته و به مدت یک ساعت در حمام گرم با درجه حرارت ۱۰۰ درجه سانتی گراد حرارت داده شد. بعد از خارج کردن از حمام و سرد شدن لوله‌ها ٤ میلی‌لیتر تولوئن به آنها اضافه شد. اساس روش بدین صورت است که پرولین در ترکیب با نین هیدرین تولید ماده رنگی بنام دی کتو دی لیدین می‌نماید که از روی شدت رنگ و با اندازه گیری جذب نوری در طول موج ۵۲۰ نانومتر می‌توان میزان پرولین را محاسبه کرد از پرولین خالص جهت رسم منحنی استاندارد و اندازه‌گیری غلظت پرولین استفاده شد.

اندازه‌گیری میزان قندهای احیاکننده: با استفاده از روش Somogy (۱۹۵۲) میزان قند احیا کننده اندازه‌گیری شد. بدین صورت که ابتدا عصاره گیاهی (ریشه، برگ، میوه) با استفاده از آب مقطر تهیه و سپس ۲ میلی لیتر از هریک از عصاره تهیه شده در لوله آزمایش ریخته و ۲ میلی‌لیتر سولفات مس به آن اضافه گردید. درب لوله‌ها با پنبه مسدود گردید و ۲۰ دقیقه در حمام آب گرم با دمای ۱۰۰ درجه قرار داده شد. بعد از اینکه لوله‌ها سرد شدند ۲ میلی لیتر محلول فسفومولیبدیک اسید به آن اضافه شد. بعد از اینکه رنگ آبی مشاهده شد و به صورت یکنواخت در آمد شدت جذب محلول‌ها در طول موج ٦۰۰ نانومتر توسط دستگاه اسپکترو فتومتر تعیین شد و با استفاده از منحنی استاندارد، با گلوکز خالص تهیه شده از شرکت سیگما غلظت قندهای احیاکننده محاسبه گردید.

اندازه‌گیری میزان قندهای محلول: با استفاده از روش Fales

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]

(۱۹۵۱) میزان قند محلول اندازه‌گیری شد. برای تهیه معرف، ابتدا مقدار ۰/٤ گرم آنترون در ۲۰۰ میلی لیتر اسید سولفوریک ۸۵ درصد حل شد. سپس به تدریج و آرامی محلول فوق به یک ظرف شیشه‌ای دارای ٦۰ میلی لیتر آب مقطر و ۱۵ میلی لیتر اتیل الکل ۹۵ درصد اضافه گردید. محلول بدست آمده ضمن سرد شدن کاملاً هم زده شد. سپس ۰/۱ گرم نمونه خشک ریشه و ساقه با ۲/۵ میلی لیتر اتانول ۸۰ درصد در هاون سائیده و در دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ٦۰ دقیقه در دو مرحله ۳۰ دقیقه ای قرار داده شد و در بین این دو مرحله درب لوله‌ها را باز و به میزان تبخیر اتانول ۸۰ درصد افزوده شد. عصاره‌ها با کاغذ صافی صاف و اجازه داده شد تا الکل تبخیر شود. رسوب حاصل در ۲/۵ میلی لیتر آب مقطر حل شد. از هر نمونه ۲۰۰ میکرولیتر در یک لوله آزمایش ریخته و به آن ۵ میلی لیتر معرف آنترون اضافه و پس از سرد شدن به مدت ۱۷ دقیقه در بن ماری با دمای ۹۰ درجه سانتی‌گراد قرار داده شد و پس از سرد شدن جذب محلول‌ها در طول موج ٦۲۵ نانومتر خوانده شد و با استفاده از منحنی استاندارد، غلظت قندهای محلول محاسبه گردید.

اندازه‌گیری فسفر: با استفاده از روش Chapman و Pratt (۱۹٦۱) میزان فسفر اندازه‌گیری شد. جهت تهیه معرف فسفر ابتدا ۲۲/۵ گرم آمونیوم مولیبدات در ٤۰۰ میلی لیتر آب مقطر گرم حل و سپس ۱/۲۵ گرم آمونیوم وانادات در ۳۰۰ میلی لیتر آب مقطر جوشان حل شد و پس از سرد شدن به معرف اضافه شد. ۲۵۰ میلی لیتر نیتریک اسید غلیظ نیز به محلول اضافه گردید. سپس برای سنجش فسفر حجم محلول با آب مقطر به یک لیتر رسید. ۵ میلی لیتر محلول هضم شده گیاهی در یک بالن ۵۰ میلی لیتری ریخته شد و ۵ میلی لیتر محلول معرف بارتن- متاوانادات به بالن ژوژه اضافه گردید و به خوبی تکان داده شد تا رنگ زرد ظاهر شود و حجم بالن به ۵۰ میلی لیتر برسید و به خوبی مخلوط شود. محلول حاصل به مدت ۳۰ دقیقه در دمای ازمایشگاه قرار داده شد. جذب نمونه‌ها توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ٤۷۰ نانومتر خوانده شد.

تجزیه و تحلیل آماری: آزمایش به صورت فاکتوریل و بر پایه طرح کاملاً تصادفی با ٤ تکرار(هر گیاه بعنوان یک تکرار) و ۸ تیمار کنترل، خشکی، میکوریز، سیلیکون، خشکی- سیلیکون، خشکی- میکوریز، میکوریز- سیلیکون، میکوریز- سیلیکون-خشکی انجام شد. داده های بدست آمده از آزمایش با استفاده از نرم افزار Mstat-c مورد تجزیه و تحلیل آماری قرار گرفتند و مقایسه میانگین‌ها بر اساس آزمون چند دامنه ای دانکن در سطح اطمینان۹۵ درصد انجام شد.

نتایج:

نتایج حاصل از آغشتگی میکوریزی: نتایج حاصل از بررسی آغشتگی نشان داد که در تیمارهای میکوریزی آغشتگی انجام شده است (عکس۱).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری پرولین ریشه و برگ: نتایج نشان داد که کلیه تیمارهای بکار رفته باعث افزایش میزان پرولین ریشه شد. بیشترین مقدار پرولین ریشه در تیمار میکوریز- خشکی مشاهده شد (شکل ۱ a ۵%≥P). میزان پرولین برگ درتیمار میکوریز-سیلیکون نسبت به شاهد تغییر معنی‌داری نداشت در حالی‌که در سایر تیمارها به‌طور معنی داری افزایش یافت (شکل ۱. b ۵%≥P).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری میزان قندهای محلول: نتایج نشان داد که میزان قند محلول میوه در دو تیمار میکوریز- خشکی و میکوریز- سیلیکون- خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت و در سایر تیمارها افزایش معنی‌داری داشت. بیشترین میزان قند محلول میوه در تیمار سیلیکون مشاهده شد (شکل ۲ b). میزان قند محلول برگ و ریشه در کلیه گروه‌های تیماری نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین میزان قند محلول برگ در گروه‌های مربوط به تیمار سیلیکون، میکوریز- سیلیکون و میکوریز- سیلیکون- خشکی مشاهده شد (شکل۲ b)(۵%≥P). در حالیکه بیشترین میزان قند محلول ریشه مربوط به گروه‌های میکوریز- خشکی و میکوریز- سیلیکون- خشکی بود (شکل۲ a) (۵%≥P).

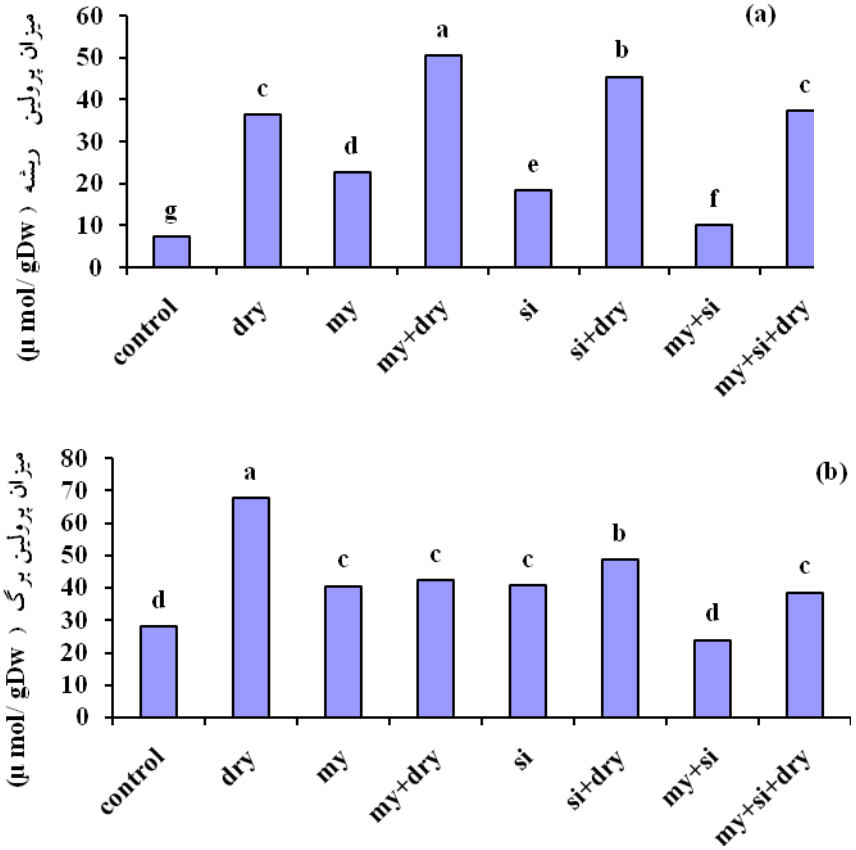
نتایج حاصل از اندازه‌گیری قندهای احیاکننده: نتایج نشان داد که میزان قندهای احیا کننده برگ و ریشه در کلیه تیمارها

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]



عکس۱- تصویری ازمیزان آغشتگی قارچ میکوریز در گیاهان میکوریزی

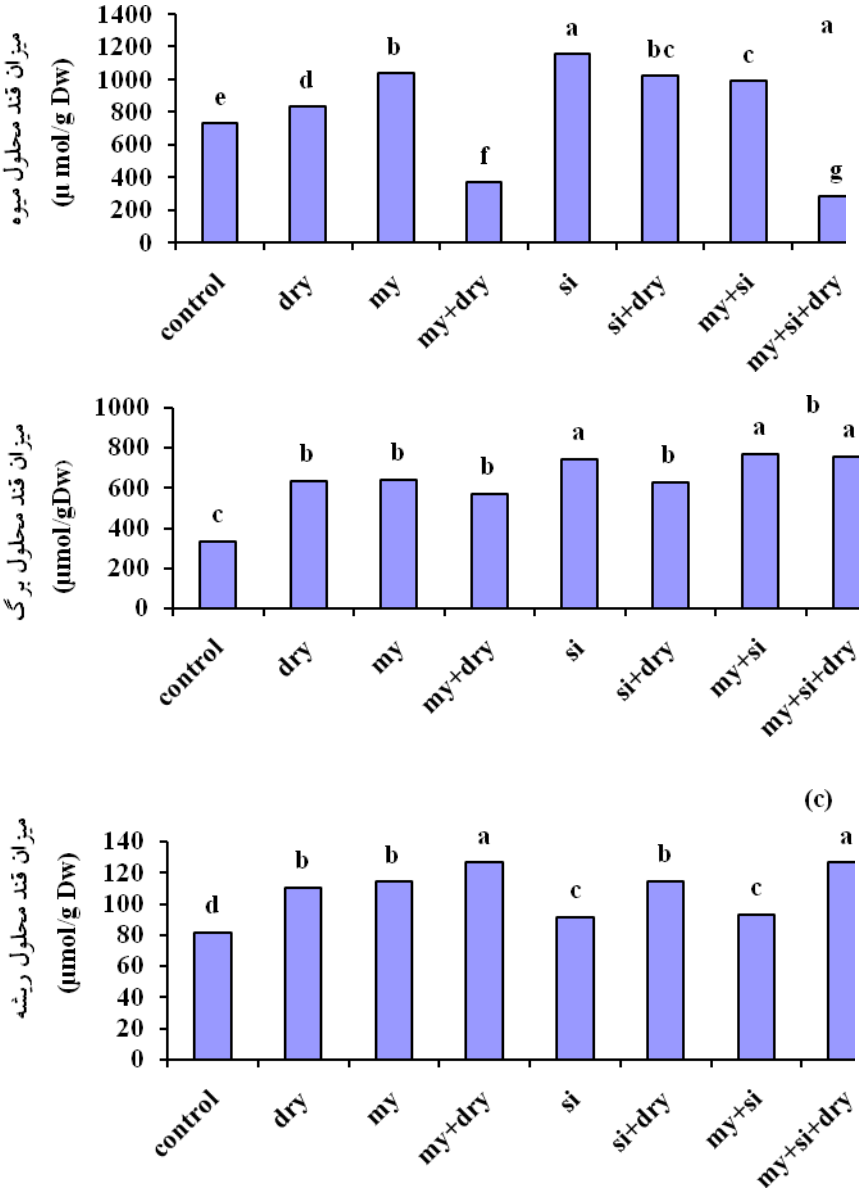


شکل ۱- بررسی اثر تیمارهای میکوریز (my)، سیلیکون (si) و خشکی(dry) بر میزان پرولین ریشه (a) و برگ (b) در گیاه خیار. مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند (حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن با استفاده از آزمون دانکن در سطح $P\leq 0/05$ است).

به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین مقدار قند احیا کننده در اندام هوایی مربوط به تیمار میکوریز- سیلیکون- خشکی بود (شکل ۳. b) ($P\leq\%5$) در حالی که در ریشه بیشترین مقدار قند احیا کننده در تیمار میکوریز- خشکی مشاهده شد (شکل ۳ b).

نتایج حاصل از اندازه‌گیری فسفر: نتایج نشان داد که میزان فسفر میوه در تیمارهای سیلیکون و میکوریز- سیلیکون تغییر معنی‌داری نداشت در حالی که در سایر تیمارها به‌طور معنی داری افزایش یافت و بیشترین مقدار در تیمار سیلیکون-

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]



شکل ۲- بررسی اثر تیمارهای میکوریز(my)، سیلیکون (si) و خشکی (dry) بر میزان قند محلول میوه (a)، برگ (b) و ریشه (c) در گیاه خیار. مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند (حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن با استفاده از آزمون دانکن در سطح P≤ 0/05 است).

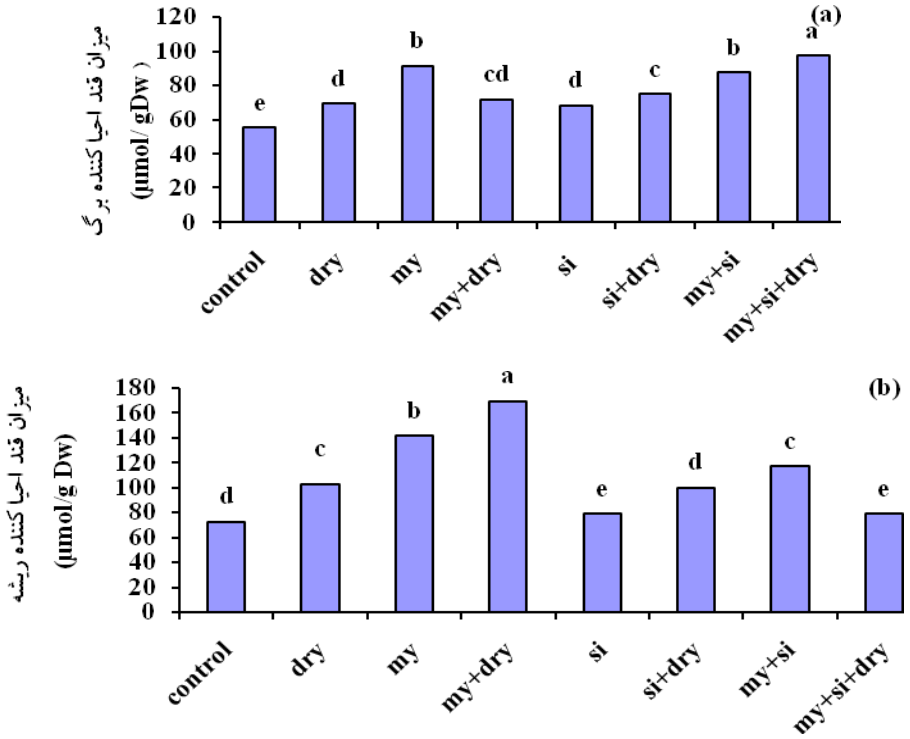
خشکی مشاهده شد (شکل ٤ a) (P≤%5). میزان فسفر برگ در تیمارهای میکوریز- سیلیکون و سیلیکون تغییر معنی‌داری نداشت در حالی که در سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین مقدار فسفر برگ در تیمار میکوریز مشاهده شد (شکل ٤ b) (P≤%5). میزان فسفر ریشه در تیمار میکوریز- سیلیکون تغییر معنی‌داری نداشت در حالی که در سایر تیمارها به‌طور معنی‌داری افزایش یافت. بیشترین مقدار در تیمار میکوریز- خشکی مشاهده شد (شکل ٤ c) (P≤%5).

بحث:

تنش کم‌آبی در نتیجه کاهش پتانسیل آب خاک ایجاد می شود. در شرایط تنش کم‌آبی ابتدا ریشه در معرض تنش قرار گرفته و با تولید اسمولیت‌های سازگار مانند قندهای احیاء کننده و پرولین در برابر تنش مقاومت می‌کند (Rontein *et al.*, 2002). پرولین اسید آمینه‌ای است که در سیتوپلاسم ذخیره شده و احتمالاً در حفاظت از ساختمان ماکرومولکول‌های زیستی و سنتز دیواره سلولی نقش دارد و با آغاز کاهش پتانسیل آبی گیاه

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]



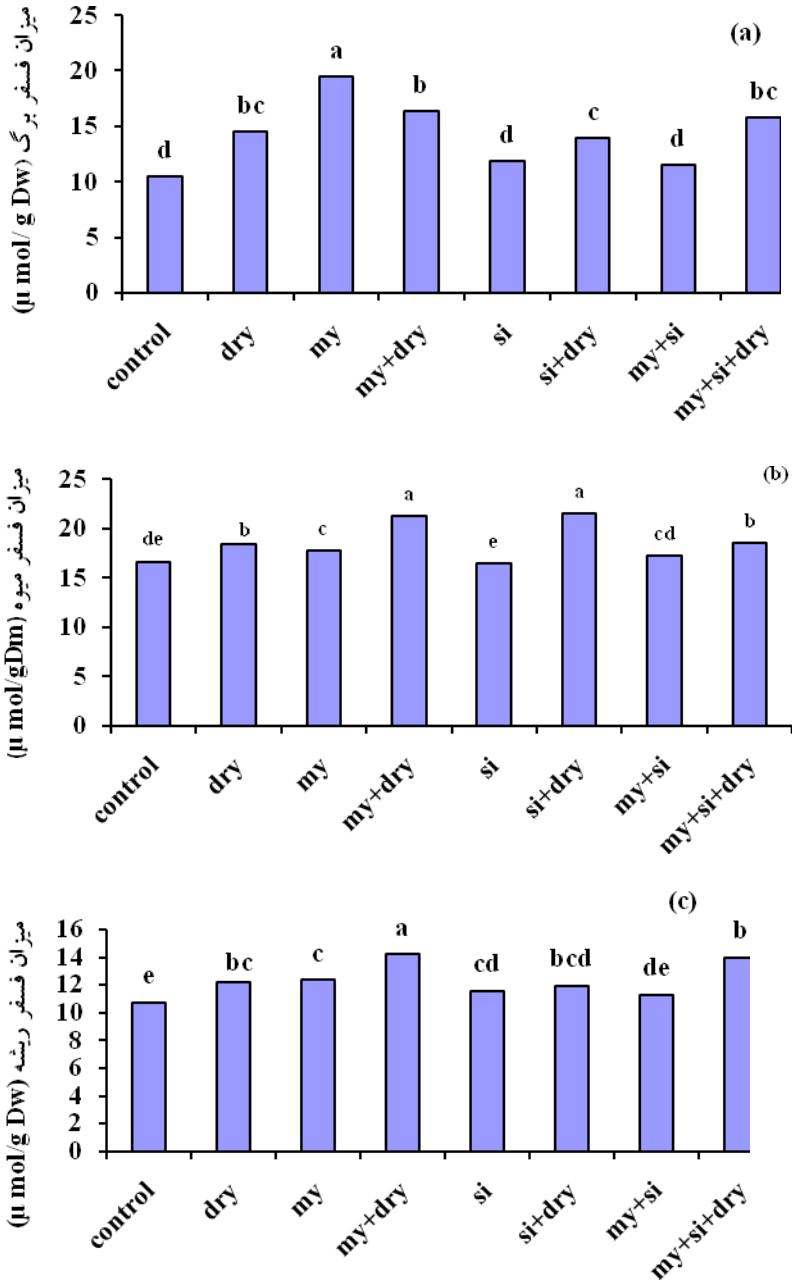
شکل ۳- بررسی اثر تیمارهای میکوریز(my)، سیلیکون(si) و خشکی(dry) بر میزان قند احیاء برگ (a) و ریشه (b) در گیاه خیار. مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند (حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن با استفاده از آزمون دانکن در سطح $P\leq 0/05$ است).

در یاخته بسیاری از گیاهان تجمع می‌یابد (Parida and Das, 2005 Meloni *et al*., 2001). نقش پرولین در سلول تنظیم پتانسیل‌ردوکس سلول، تثبیت فسفولیپیدهای غشاء، تنظیم pH سلول و حفظ پروتئین‌ها و آنزیم‌ها در مقابل تخریب می‌باشد و از طرفی به عنوان منبع کربن و نیتروژن در سلول نیز عمل می‌کند (Chen and Murata, 2002; Wimmer *et al.*, 2003). گزارش شده است که علت افزایش پرولین سلولی در شرایط تنش ممکن است به علت فعال‌سازی آنزیم‌های بیوسنتزی پرولین، کاهش اکسیداسیون پرولین و تبدیل آن به گلوتامات، کاهش مصرف پرولین در سنتز پروتئین و افزایش تخریب پروتئینی باشد (Mukhtar Balal *et al.*, 2011; Hiedari and Moaveni, 2009).

در این پژوهش تیمار خشکی باعث افزایش معنی‌دار میزان پرولین در ریشه و برگ گیاه خیار شد. بنابراین افزایش پرولین در شرایط کاهش دور و میزان آب آبیاری در این گیاه باعث مقاومت گیاه نسبت به شرایط تنش شده است. تجمع پرولین در هنگام تنش خشکی در گیاهان دیگری مثل ذرت گزارش شده است (Serraj and Sinelair, 2002). از طرفی میزان پرولین ریشه در تیمارهای میکوریز- خشکی و سیلیکون- خشکی نسبت به تیمار خشکی به تنهایی افزایش یافت. تحقیقات نشان داده اند که در شرایط تنش در گیاهان میکوریزی غلظت پرولین افزایش می‌یابد (Auge, 2001). همچنین رسوب سیلیکون در دیواره‌های سلول با ماکرومولکول‌هایی مثل سلولز، پکتین، گلیکوپروتئین‌ها و لیگنین ترکیب شده و ترکیبات کلوئیدی بی‌شکل را با سطح جذب بالا تشکیل می دهد که بر خصوصیت مرطوب بودن لوله های آوند چوبی و میزان انتقال آب اثر گذاشته و کارایی مصرف آب را افزایش می‌دهد (Henriet *et al.*, 2006).

در این آزمایش در تیمارهای توام میکوریز- خشکی و سیلیکون- خشکی میزان پرولین ریشه افزایش یافته و در نتیجه مقاومت ریشه در این تیمار نسبت به تنش خشکی به تنهایی میزان پرولین برگ نسبت به تیمار خشکی کاهش یافته است که

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]
[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]



شکل ٤- بررسی اثر تیمارهای میکوریز(my)، سیلیکون(si) و خشکی(dry) بر میزان فسفر برگ (a)، میوه (b) و ریشه (c) در گیاه خیار. مقادیر میانگین سه تکرار ± انحراف معیار می‌باشند (حروف مشابه نشان دهنده عدم معنی‌دار بودن با استفاده از آزمون دانکن در سطح $P\leq 0/05$ است).

نشان می‌دهد با کاربرد میکوریز یا سیلیکون در ریشه و افزایش مقاومت ریشه نسبت به تنش کارایی مصرف آب در ریشه افزایش یافته است.

قندهای احیاکننده و هیدرات‌های کربن محلول نیز از ترکیبات سازگار هستند که باعث تنظیم پتانسیل اسمزی گیاه در شرایط تنش می‌شود. تنش خشکی به دلیل افزایش تنفس باعث کاهش ذخیره هیدرات‌های کربن گیاه می‌شود (Sarker *et al*., 1999; Ashraf and Harris 2013). در شرایط تنش، فعالیت آنزیم‌های فسفریلاز نشاسته و انورتاز در برگ کاهش و سوکروز فسفات سنتتاز افزایش می‌یابد و در نتیجه هیدرولیز نشاسته تشدید گردیده و با افزایش غلظت هیدرات های کربن باعث تنظیم اسمزی یاخته در شرایط تنش می‌شود

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]

(Parida and Das, 2005). بنابراین با توجه به اینکه پتانسیل اسمزی یاخته به تعداد مولکول‌های ماده محلول بستگی دارد، تنظیم اسمزی از مسیر تبدیل پلی ساکاریدهای نامحلول مانند نشاسته و فروکتان به قندهای محلول مانند اولیگوساکاریدها، ساکارز و گلوکز تنظیم می‌شود (Ingram and Bartles, 1996; Bayramov *et al*, 2010). در این تحقیق مشاهده شد که میزان قندهای احیاء کننده و قندهای محلول در قسمت‌های مختلف گیاه در شرایط تنش خشکی نسبت به شاهد به‌طور معنی‌داری افزایش می‌یابد. از طرفی میزان قندهای احیاء کننده ریشه در تیمار توام میکوریز- خشکی به‌طور معنی‌داری نسبت به تیمار خشکی افزایش یافت. ولی این تیمار تاثیر معنی‌داری بر میزان قندهای احیاء کننده برگ نداشت. در حالی‌که تیمار توام سیلیکون- خشکی باعث افزایش معنی‌دار میزان این پارامتر در برگ نسبت به تیمار خشکی شد. بنابراین ملاحظه می‌شود که اثر تیمارهای توام سیلیکون- خشکی و میکوریز- خشکی بر میزان این پارامتر در ریشه و برگ عکس یکدیگر است. از طرفی تمامی تیمارهای بکار رفته میزان این پارامتر را در ریشه و برگ نسبت به گیاهان شاهد به طور معنی‌داری افزایش داده است. همچنین میزان قندهای محلول برگ و اندام هوایی در کلیه تیمارهای بکار رفته افزایش، در حالی که میزان قند محلول میوه در تیمارهای میکوریز- خشکی و میکوریز- سیلیکون- خشکی نسبت به تیمار کنترل و خشکی به‌طور معنی‌داری کاهش یافت که نشان می دهد شاید در این شرایط انتقال قند از اندام‌های تولید کننده (برگ) به میوه کاهش یافته در حالی که میزان این پارامترها در ریشه و در تیمارهای مشابه بیشترین مقدار را داشته است و در این شرایط انتقال قندها از برگ به ریشه انجام شده است. همچنین اعمال تیمارهای خشکی، سیلیکون، میکوریز و میکوریز- سیلیکون- خشکی باعث افزایش میزان قند محلول میوه نسبت به شرایط تنش شد که شاید بتوان این نتیجه را گرفت که این تیمارها باعث بهبود کیفیت میوه خیار از نظر طعم و میزان قند می‌شود.

تحقیقات دیگر نشان داده که قارچ‌های میکوریزی با توسعه حجمی و وزنی ریشه و با در اختیار گذاشتن آب و مواد غذایی بیشتر در گیاه تحت تنش، باعث افزایش فتوسنتز و ساخت کربوهیدرات‌ها، کاهش انتقال ساکاروز به خارج از برگ ها و در نتیجه تنظیم اسمزی می‌شود (Lo Bianco *et al*. 2000). همچنین دیده شد که کاربرد سیلیکون باعث افزایش فتوسنتز در گیاه گوجه فرنگی رشد یافته در شرایط تنش شوری می‌گردد (Al- Aghabary *et al.*, 2004). در تحقیق دیگری نیز دیده شد مصرف سیلیکون در خیار تحت تنش اسمزی باعث کاهش غلظت دی اکسید کربن در فضاهای بین سلولی شده و در نتیجه باعث کاهش آسیب به بافت‌های مزوفیل برگ در این شرایط شد (محقق و همکاران، ۱۳۸۹). که این نتایج تا حدودی مشابه نتایج این پژوهش در مورد تاثیر میکوریز و سیلیکون بر ساخت قندها می‌باشد.

از طرف دیگر تحقیقات نشان داده که تلقیح گیاه با قارچ های میکوریز و توسعه سیستم ریشه‌ای در گیاه باعث استفاده بهتر گیاه از ریزوسفر می‌شود و بنابراین تولید آنزیم فسفاتاز سبب تجزیه فسفات‌های آلی و پیروفسفات‌های غیرآلی شده که به ترتیب موجب فراهم نمودن فسفر غیر قابل جذب برای گیاه، تقویت سیستم دفاعی و کاهش خطرات ناشی از تنش اکسیداتیو در گیاه میزبان می‌گردد (انتشاری و حاجی هاشمی، ۱۳۸۹؛ مستاجران و ضویی، ۱۳۸۵؛ Auge, 2004). در این پژوهش بیشترین میزان فسفر ریشه در تیمار میکوریز- خشکی مشاهده شد در حالی که بیشترین میزان فسفر برگ در تیمار میکوریز بود. بنابراین تلقیح میکوریزی باعث افزایش میزان فسفر در ریشه و برگ شد. طبق نظر Song (۲۰۰۵) قارچ میکوریز با افزایش جذب عناصر در گیاه باعث افزایش میزان فسفر در برگ می‌شود. از طرفی طبق نظر Kapoor و همکاران (۲۰۰۱) اعمال تنش آبی در گیاهان میکوریزی و کاهش تبخیر و تعرق شاید انتقال فسفر را به برگ کم می‌کند که این امر موجب کاهش میزان فسفر در برگ و تجمع بیشتر آن در ریشه گردیده است. که نتایج حاصل از این پژوهش با نتایج کاپور و همکاران مطابقت دارد (Kapoor *et al.*, 2001). همچنین میزان فسفر در تیمار توام میکوریز سیلیکون نسبت به سایر تیمارهای میکوریزی افزایشی نداشت که شاید به دلیل تاثیر سیلیکون بر

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]

جذب فسفر از طریق قارچ میکوریزی است.

نتیجه گیری کلی:

به‌طورکلی از نتایج بدست آمده در این پژوهش و سایر پژوهش‌ها چنین استنباط می‌شود که تنش‌آبی بر میزان قندهای محلول، قندهای احیا و پرولین تاثیر دارد. گیاه به منظور سازگاری و تحمل بیشتر در مقابل تنش حاصل از کم‌آبی میزان اسمولیت‌های سازگار خود را افزایش می‌دهد و این افزایش عامل مهمی جهت سازش گیاه به شرایط تنش و پتانسیل اسمزی می‌باشد. در این پژوهش قارچ‌های میکوریز و سیلیکون با افزایش پرولین، قند احیا و قند محلول، ضمن جذب بهتر فسفر، عملکرد گیاه را در مقابله با تنش کم‌آبی افزایش می‌دهد.

منابع:

انتشاری، ش و حاجی هاشمی، ف. (۱۳۸۹) تأثیر دو گونه قارچ میکوریز آربوسکولار بر گره زایی ریشه و میزان جذب برخی عناصر در گیاه سویا تحت تنش شرایط تنش شوری. مجله علوم و صنایع کشاورزی ایران جلد ۲٤، شماره ۳، صفحه ۳۱۵-۳۲۳.

خوشگفتار منش، الف. (۱۳۸۹) مباحث پیشرفته در تغذیه گیاه. دانشگاه صنعتی اصفهان، ایران. صفحه ۳۱٦.

سپاس‌خواه، ع. توکلی، ع. و موسوی، س. ف.(۱۳۸۵) اصول و کاربرد کم‌آبیاری. کمیته ملی آبیاری و زهکشی ایران، شماره ۱۰۰، صفحه ۲۸۸

سعادتمند، م و انتشاری، ش.(۱۳۹۱) اثر طول زمان پیش تیمار با سیلیکون بر تحمل شوری در گیاه گاوزبان ایرانی. علوم و فنون کشتهای گلخانه ای، سال سوم، شماره ۱۲،صفحه٥٦.

محقق، پ؛ شیروانی، م و قاسمی، س. (۱۳۸۹) تأثیرکاربرد سیلیسیم بر رشد و عملکرد دو رقم خیار در سیستم هیدروپونیک. مجله علوم و فنون کشت های گلخانه ای، سال اول، شماره اول، صفحه ۳۵-۳۹.

مستاجران، الف و ضویی، ف. (۱۳۸۵) همزیستی میکوریز، جلد اول. انتشارات دانشگاه اصفهان، ایران.صفحه ۷۵-۷٤.

AL-Karaki, G. N. (2000) Growth of mycorrhizal tomato and mineral acquisition under salt stress. Mycorrhiza 10: 51- 54.

Ashraf, M. and Harris, P. J. C. (2013) Photosynthesis under stressful environments: An Overview. Photosynthetica 51:163-190

Auge, R. M. (2001) Water relations drought and VA mycorrhizal symbiosis. Mycorrhyza 11: 423- 427.

Auge, R. M. (2004) Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canadian Journal of Soil Science 84: 373-381.

Azcon, R. and Barea, J. M. (1992) Nodulation, N_2 fixation (^{15}N) and N nutrition relationships In mycorrhizal or phosphate- amended alfalfa plants. Symbiosis 12: 33- 41.

Bates, L. S., Waldren, S. P. and Teare, I. D. (1973) Rapid determination of free proline for water– stress studies. Journal of Plant and Soil 39: 205- 207.

Bayramov, S. M., Babayev, H. G., Khaligzade, M. N. Guliyev, N. M. and Raines, C. A. (2010) Effect of water stress on protein content of some Calvin cycle enzymes in different wheat genotypes. Proceeding of ANAS -Biological Science 65:106-111

Chapman, H. I. and Pratt, P. F. (1961) Methods Analysis for Soils, Plants and Waters. Journal of Agricultural Sciences. University of California, Kerkelcy, pp: 309.

Chen, T. H. H. and Murata, N. (2002) Enhancement of tolerance of abiotic stress by metabolic engineering of betaines and other compatible solutes. Current Opinion in Plant Biology 5: 250– 257.

Chrif, M., Belanger, R. R. (1992) Use of potassium silicate amendments in recirculation nutrient solutions to suppress (*Pythium ultimun*) on long English cucumber. Journal of Plant Disease 76: 1008- 1011.

Epstein, E. (1994) The anumaly of silicon in plant biology. Proceedings of the National Academy of Science 91: 11- 17.

Fales, F.W. (1951) The assimilation and degradation of carbohydrate by yeast cells. Journal of Biology Chemistry 193: 113-124.

Jeffrey, C. (1990) Systematic of the Cucurbitaceae: an overview In: Biology and utilization of the cucurbitaceae cornell university press (eds. Bates D. M. Robinson W, Jeffry C.). Pp. 485, Journal of Ithaca. NY. USA.

Hashemi, A., Abdolzadeh, A. and Sadeghipour, H. R., (2010) Beneficial effects of silicon in alleviating salinity stress in hydroponically grown canola, *Brassica napus* L., Plants. Soil Science and Plant Nutrition 56:244-253.

Heidary, Y., Moaveni, P. (2009) Study of drought stress on accumulation and proline among ada in different genotypes forage corn. Research Journal of Biological Sciences 4: 1121- 1124.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]

Rontein, D., Basset, G. and Hanson, A. D. (2002) Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. Journal of Metabolic Enginering 4: 49- 56.

Sarker, A. M., Rahman, M. S. and Paul, N. K. (1999) Effect of soil moisture on relative leaf water content, chlorophyll, proline and sugar accumulation in wheat. Journal of Agronomy. Crop Science 183: 225- 229.

Serraj, R. and Sinelair, T. R. (2002) Osmolyte accumulation: Can it really help increase crop yield under drought condition? Journal of Plant Cell Environment 25: 333- 341.

Shen, X., Zhou, Y., Duan, L., Eneji, A.E. and Li, J. (2010) Silicon effects on photosynthesis and antioxidant parameters of soybean seedlings under drought and ultraviolet-B radiation. Journal of Plant Physiology 167:1248-1252

Somogy– nelson, M. (1952) Notes on sugar determination, Journal of Biological Chemistry195: 19- 29.

Song, H. (2005) Effects of vam on host plant in condition of drough stress and its mechanisms. Electronic Journal of Biology 1: 44- 48.

Torabi, F., Majd, A., Enteshari, SH., Irian, S. and Nabiuni, M. (2013) Effects of Salinity on the Development of Hydroponically Grown Borage (*Borago officinalis* L.) Male Gametophyte, Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca 41:65-72

Vicente-sanchez, J., Nicolas, E., Pedero, F., Alarcon, J. J., Maestre-Valero, J.F. and Fernandez, F. (2013) Arbuscular mycorrhizal symbiosis alleviates detrimental effects of saline reclaimed water in lettuce plants. Mycorrhiza. Published Online DOI

Wimmer, K. H., Muhling, A., Lauchli, P. H. and Brown Goldbach, H. E. (2003) The interaction between salinity and boron toxicity affects the subcellular distribution of ions and proteins in wheat leaves. Journal of Plant Cell and Environment 26: 1267- 1274.

Zhao, H. C. (2000) Influence of water stress on the lipid physical memberanes from P. betuloefolia. Journal of Biointerfaces 19: 181- 185.

Zhu, X. C., Song, F. B. and Xu, H. W. (2012) Arbuscular mycorrhizae improves low temperature stress in maize via alterations in host water status and photosynthesis. Plant and Soil 331: 129-137.

Henriet, C., Draye, X., Oppitz, I., Swennen, R. and Delvaux, B. (2006) Effect, distribution and uptakte of silicon in banana (Musa Spp.) under controlled condition. Journal of Plant Soil 287: 359- 374.

Ingram, J. and Bartles, D. (1996) The molecular basis of dehydration tolerance in plant. Annuel Review Plant Physiology. Plant Molcular Biology 47: 377- 403.

Kapoor, R., Giri, B. and Mukerji, G. (2001) Mycorrhzation of coriander (*Coriandrum sativum* L) to enhance the concentration and quality of essential oil. Journal of the Science of Foot and Agriculture 82: 339- 342.

Lo Bianco, R., Rieger, M. and Sung, S. J. S. (2000) Effect of drought on sorbitol and sucrose metabolism in sinks and sources of peach. Journal of Plant Physiology 108:71-78.

Mao, X., Liu, M., Wang, X., Liu, C., Hou, Z. and Shi, J. (2003) Effects of deficit irriation on yield and water use of greenhouse grown cucumber in the north China plan. Journal of Agricultural Water Management 61: 219- 223.

Marschner, H. Dell, B. (1994) Nutrient uptake in mycorrhyzal symbiosis. Journal of Plant Soil 159: 89- 102.

Meloni, D. A., Oliva, M. A., Ruize, H. A. and Martinez, C. A. (2001) Contribution of proline and inorganic solutes to osmotic adjustment in cotton under salt stress. Journal of Plant Nutrtion 24: 599- 612.

Mukhtar Balal, R., f., Yasin Ashra, M., Mumtaz Khan, M., Jaskan, M. J. and Ashfaq, M. (2011) Influence of salt stress on growth and biochemical parameters of citrus root stocks Pakistan Journal of Botanical 43: 2141- 2153.

Parida, A. K. and Das, A. B. (2005) Salt tolerance and salinity effects on plants: A review Journal of Ecotoxicology and Environmental Safety 60: 324-349.

Rabe, G. H. and Almadini, A. M. (2005) Role of bioinoculants in development of salt tolerance of (*Vicia faba*) plants. African Journal of Biotechnology 4: 210- 222.

Rajapakse, S and Miller Jr, J. C.(1992) Methods for studying vesicular-arbuscular mycorrhiza root colonization and related root physical properties. In: Methods in microbiology (eds Norris, J. R. et al), Pp. 301-315.Methods in Microbiology. Landan: Academic Press.

[Downloaded from jispp.iut.ac.ir on 2026-11-17]

[DOR: 20.1001.1.23222727.1394.4.12.1.1]