مجله علوم و فنون باغبانی ایران جلد ۱۰ شماره ۴ صفحه های ۲۹۳ تا ۳۰۴ (۱۳۸۸)

تاثير قارچ هاي ميكوريز آربوسكولار در روابط آبي پياز[۱]

THE EFFECTS OF ARABUSCULAR MYCORRHIZAL FUNGI ON WATER RELATION OF ONION

صاحبعلي بلندنظر، محمدرضا نيشابوري، ناصر علي اصغرزاده و نادر چاپارزاده[۲]

چكيده

قارچ هاي ميكوريز نقش مهمي در بهبود جذب آب و مواد معدني از خاک دارند. به منظور بررسي اثر قارچ هاي ميكوريز آربوسكولار بر روابط آبي پياز رقم ‘قرمز آذرشهر’ آزمايش گلداني (۷ كيلوگرمي) با سه دور آبياري و دو نوع خاک (سترون و غيرسترون) در ايستگاه پژوهشي دانشگاه تبريز اجرا شد. بدين منظور ابتدا نشاهاي تلقيح شده پياز با سه گونه قارچ ميكوريز آربوسكولار (*Glomus versiforme, Glomus intraradices, Glomus etunicatum*) به همراه شاهد بدون ميكوريز در خزانه توليد و سه بوته به هر گلدان منتقل شدند. گلدان ها هر ۷، ۹ و ۱۱ روز تا رسيدن به رطوبت ظرفيت مزرعه‌اي آبياري شدند. در طول آزمايش، مقدار نسبي آب برگ، پتانسيل اسمزي برگ و مقدار پرولين آزاد اندازه‌گيري و توانايي تنظيم اسمزي بررسي شد. نتايج نشان داد كه گياهان شاهد به طور معني‌دار از مقدار نسبي آب برگ بيشتري نسبت به گياهان ميكوريزي برخوردار بودند. با اين حال پيازهاي ميكوريزي در مقايسه با شاهد پتانسيل اسمزي پايين‌تر و پرولين كمتري داشتند و توانايي تنظيم اسمزي گياهان در اثر ميكوريزي شدن افزايش يافت. مي‌توان چنين جمع‌بندي كرد كه پيازهاي ميكوريزي از طريق جذب و تجمع املاح معدني بيشتر و افزايش توانايي تنظيم اسمزي قادر به جذب آب و تعديل اثرهاي تنش كمبود آب از خاک در حال خشک شدن مي باشد.

واژه‌هاي كليدي: پياز، تنظيم اسمزي، روابط آبي، قارچ ميكوريز آربوسكولار.

مقدمه

در طبيعت گياهان به وفور در برابر شرايط محيطي ناسازگار قرار مي گيرند كه تاثير منفي روي زندگي، تكامل و عملكرد آن ها دارند. خشكي و شوري به عنوان مهمترين عوامل غيرزيستي، رشد و عملكرد گياه را در بسياري از مناطق محدود مي سازند (۲۰). گياهان براي مقابله با تنش خشكي افزون بر سيستم هاي حفاظتي داخلي در ارتباط و هم زيستي با تعدادي از ميكروارگانيزم هاي خاك زندگي مي كنند كه مي تواند تنش را كاهش يا برطرف نمايد (۲۰). قارچ هاي ميكوريزي مي تواند تعادل آبي گياهان را چه در شرايط آبياري كامل و چه در شرايط محدوديت تحت تاثير قرار دهد. همزيستي گياهان با قارچ هاي ميكوريز باعث افزايش در سرعت حركت آب به داخل گياه، در درون گياه و به خارج گياهان ميزبان (تعرق) شده و به دنبال آن تاثيرهايي روي آب پوشي بافت و فيزيولوژي برگ بر جاي

۱- تاريخ دريافت: ۸۶/۹/۲۶ تاريخ پذيرش: ۸۸/۹/۱۱

۲- به ترتيب استاديار گروه علوم باغباني، استاد و دانشيار گروه علوم خاک، دانشكده كشاورزي، دانشگاه تبريز و استاديار گروه زيست شناسي، دانشكده علوم، دانشگاه تربيت معلم آذربايجان، تبريز، جمهوري اسلامي ايران.

مي گذارند (۲). ميكوريز تنش كم آبي را كاهش داده و سرعت انتقال آب را در گياهان افزايش مي دهد. گياهان ميكوريزي قادر به تحمل شرايط خاكي خشك‌تر نسبت به گياهان بدون ميكوريز هستند (۱۱).

پياز يكي از محصول هاي عمده باغباني در بخشي از استان آذربايجان شرقي است. بررسي هاي زيادي روي نياز آبي اين محصول انجام گرفته و نشان داده است كه توليد پياز با وزن خشك بالا نيازمند تامين آب به ميزان كافي است و حساس ترين مرحله به كمبود آب در زمان بزرگ شدن سوخ مي باشد (۱۳). نياز آبي اين گياه در طول دوره رشد بسته به اقليم منطقه كاشت حدود ۴۰۰ تا۸۰۰ ميلي متر گزارش شده است (۱۹). بررسي ها نشان داده است كه سرعت تعرق، فتوسنتز و رشد پياز در تنش متوسط كمبود آب، كاهش مي يابد بنابراين نسبت به ساير محصول ها، حساس به كمبود آب است. پياز، از توانايي كمتري جهت مقابله با كاهش آب در دسترس در خاك هاي در حال خشك شدن، از طريق تنظيم اسمزي برخوردار مي باشد (۱۸).

سانچز بلانكو و همكاران (۲۲) نشان دادند كه گياهان ميكوريزي *Rosmarinus officinalis* تحت تنش خشكي، سطح بالايي از هدايت روزنه اي نسبت به گياهان غير ميكوريزي داشتند. سابرامانيان و همكاران (۲۳) نشان دادند كه گوجه فرنگي ميكوريزي در مقايسه با شاهد از مقدار نسبي آب برگ بالاتري هم در شرايط تنش خشكي و هم در شرايط آبياري كامل برخوردار بود. به منظور مطالعه تاثير قارچ هاي ميكوريز بر روابط آبي پياز در سه دور آبياري و دو نوع خاک سترون و غير سترون در منطقه، مورد آزمايش قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

در اين آزمايش، پياز (*Allium cepa* L.) رقم 'قرمز آذرشهر' با سه گونه قارچ ميكوريز آربوسكولار كه از گونه هاي قارچ AM از آزمايشگاه بيولوژي خاك گروه خاكشناسي دانشگاه تبريز تهيه شده بود. جداسازي شده از دشت تبريز در خزانه تلقيح شده و سپس گياهان ميكوريزي به همراه گياهان شاهد بدون ميكوريز در گلدان هاي ۷ كيلوگرمي كشت گرديد. قارچ هاي مورد استفاده در اين بررسي *Glomus versiforme*، *Glomus intraradices* و *Glomus etunicatum* بودند كه پيش از اين توسط علي اصغرزاده و همكاران (۱) از دشت تبريز جداسازي و شناسايي شده بود. آزمايش به صورت فاكتوريل در دو شرايط خاك (سترون و غيرسترون)، سه گونه قارچ ميكوريز به اضافه شاهد و سه دور آبياري ۷ روز (دور معمول آبياري در منطقه) ۹ و ۱۱ روز (به عنوان تنش)، در گلخانه گروه علوم باغباني دانشگاه تبريز واقع در خلعت پوشان اجرا شد.

براي اجراي آزمايش ۹۶ گلدان ۷ كيلويي تهيه و در ته آن ها ۸۰۰ گرم شن به قطر حدود ۷ تا۱۰ ميلي‌متر براي تسريع زهكشي قرار داده شد. به هر گلدان ۵۶۰۰ گرم خاك هوا خشك اضافه شد. ويژگي هاي فيزيكي و شيميايي خاك مورد استفاده در جدول هاي ۱ و۲ خلاصه شده است. در هر واحد آزمايشي (گلدان) سه نشا منتقل گرديد. براي توليد نشا ابتدا بستر سبک سترون (در اتوكلاوي با دماي ۱۲۱ درجه سلسيوس و فشار ۱/۵ اتمسفر به مدت بيش از ۲ ساعت) گرديده و با مايه تلقيح قارچ هاي ميكوريزي به نسبت ۱۵ گرم در يک كيلوگرم بستر مخلوط شد. بذر پياز بعد از ضد عفوني سطحي با هيپوكلريت كلسيم ۲% كاشته شد بعد از ۹ هفته نشاها آماده انتقال به گلدان بودند.

جدول ۱ – ويژگي هاي فيزيكي و شيميايي خاک مورد آزمايش.

Table 1. Physical and chemical properties of studied soil.

هدايت الكتريكي EC ($dS\ m^{-1}$)	pH	كربنات ها (%) Carbonates (%)	پتاسيم (ميلي گرم در كيلوگرم) K ($mg\ kg^{-1}$)	فسفر (ميلي گرم در كيلوگرم) P ($mg\ kg^{-1}$)	رطوبت وزني (%) Moisture by weight (%)	جرم مخصوص حقيقي (گرم بر سانتيمتر مربع) Potential density ($g\ cm^{-3}$)	جرم مخصوص ظاهري (گرم بر سانتيمتر مربع) Bulk density ($g\ cm^{-3}$)	كربن آلي (%) OC (%)	رس (%) Clay (%)	سيلت (%) Silt (%)	شن (%) Sand (%)
22	8.5	6.63	797.5	18.5	29.7	2.5	1.152	1.6	15.5	13.1	71.4

دماي روز و شب در گلخانه به ترتيب ۴±۲۴ و ۲±۱۸ درجه سلسيوس و شدت نور فعال فتوسنتزي (PAR)[1] ۸۰۰ تا ۱۲۰۰ ميكرومول بر متر مربع در ثانيه بود. طول دوره روشنايي و تاريكي در ابتداي آزمايش برابر بود كه روشنايي به تدريج در طول ۲ ماه به ۱۶ ساعت رسيد (پياز 'قرمز آذرشهر' از لحاظ سوخ دهي روز بلند است). بي درنگ بعد از انتقال نشا، براي حصول اطمينان از گيرايي نشاها ۴ آبياري قبل از اعمال تيمارهاي آبياري تا حد رطوبت مزرعه‌اي هر سه روز يک بار انجام شد. بدين ترتيب شروع تيمارهاي آبياري (۷، ۹ و ۱۱ روز) به تقريب ۱۲ روز پس از انتقال نشاها صورت گرفت. درست قبل از هر آبياري مقدار كاهش وزن گلدان اندازه‌گيري و به همان ميزان آب به هر گلدان اضافه شد.

در طول آزمايش ويژگي هاي زير اندازه گيري شد. پتانسيل اسمزي برگ در سه نوبت در زمان سوخ دهي، ۱۵ تا ۲۲ روز قبل و بعد از آن اندازه گيري شد. بدين منظور قسمتي از برگ همسن در تمام واحدهاي آزمايشي، بيدرنگ قبل از آبياري بريده و به سرعت در ميكروتيوب ۱ ميلي ليتري قرار داده و بيدرنگ در نيتروژن مايع منجمد گرديد. در زمان اندازه گيري، بعد از ذوب نمونه ها و تخريب ياخته ها در مدت كوتاه در دماي اتاق، عصاره ياخته اي[2] با سانتريفوژ در دماي ۴ درجه سلسيوس با دور ۴۲۰۰ rpm به مدت ۱۰ دقيقه استخراج گرديد. بي درنگ پتانسيل اسمزي عصاره به وسيله دستگاه اسمومتر[3] اندازه گيري شد (۹).

براي تعيين مقدارنسبي آب برگ (RWC)[4]، همانند پتانسيل اسمزي در سه نوبت در زمان هاي ياد شده، سه ديسك برگي به قطر ۷ ميليمتر توزين (وزن تر) و سپس به مدت ۴ ساعت در آب مقطر با دماي حدود ۵ درجه سلسيوس غوطه ور و در محل تاريك نگهداري گرديد. بعد از خشك كردن سطحي به وسيله كاغذ خشك كن، نمونه ها دوباره توزين (وزن تورم كامل) و سپس وزن خشك آن ها در دماي ۷۲ درجه سلسيوس به مدت ۲۴ ساعت تعيين گرديد و به وسيله معادله (۱) محاسبه شد (۱۲).

$$RWC = \frac{F_W - D_W}{T_W - D_W} \times 100$$ معادله (۱)

T_w ، F_w و D_w به ترتيب وزن تورم كامل، وزن تر و وزن خشك نمونه‌ها را نشان مي‌دهند.

۱- Photosynthetic active radiation ۲- Cell sap ۳- Osmometer (Osmomat 010, Gonotec Gmbh, Berlin, Germany) ۴- Relative water content

براي برآورد توان تنظيم اسمزي از مقادير مقدار نسبي آب و پتانسيل اسمزي برگ (ψ_s) اندازه گيري شده، استفاده شد. مقدار نسبي آب و ψ_s متغير وابسته به هم بوده و معادله رگرسيوني بين آن ها به صورت زير است.

معادله (۲) $\ln RWC = a - b \ \ln \psi_s$

عكس شيب معادله ۲ يعني $\frac{1}{b}$ به عنوان برآوردي از توان تنظيم اسمزي گياه بكار رفته است (۱۲، ۱۵).

پرولين با استفاده از روش ايريگوئن و همكاران (۱۰) استخراج و با استفاده از منحني حاصل از استانداردهايي از پرولين (صفر تا ۰/۱ ميكرومول بر ميلي ليتر) در طول موج ۵۱۵ نانومتر با دستگاه اسپكتروفتومتر اندازه گيري شد (۱۰).

نتايج و بحث

رطوبت خاك قبل از آبياري در دورهاي آبياري ۷، ۹ و ۱۱ روز به ترتيب ۶۷/۱، ۶۱/۶ و ۵۷/۶% رطوبت ظرفيت زراعي رسيد با افزايش دور آبياري رطوبت خاك بيشتر تخليه شد (جدول ۲). همچنين در حالت كلي رطوبت در خاك سترون در مقايسه با خاك غير سترون بيشتر تخليه شد (۳۹/۹% در مقايسه با ۳۷/۴%). علت آن كارآيي بهتر قارچ هاي ميكوريز در خاك سترون مي باشد. از نظر ميزان تخليه رطوبت خاك تا زمان آبياري پيازهاي تلقيح شده با *G. versiforme* به ميزان بالاتري رطوبت خاك را تخليه نمودند، قارچ هاي *G. etunicatum* و *G. intraradices* از اين لحاظ در رتبه دوم قرار گرفتند. كمترين تخليه رطوبتي خاك در گياهان بدون ميكوريز صورت گرفت (جدول ۳).

پژوهش هاي انجام يافته نشان داده است كه گياهان ميكوريزي در مقايسه با گياهان بدون ميكوريز آب بيشتر جذب مي‌نمايند و رطوبت خاك را بهتر تخليه مي كنند (۳، ۲۰). عوامل زير براي افزايش جذب آب در همزيستي با قارچ هاي ميكوريز گزارش شده است (۵). ريسه هاي قارچ هاي ميكوريز تماس ريشه را با خاك افزايش مي دهد. در اثر فشردگي ريشه و خاك به علت از دست دادن رطوبت، درزهاي كوچك بين ريشه و ذرات خاك ايجاد مي شود كه مي تواند جذب آب را كاهش دهد. تارهاي كشنده با رشد به درون فضاهاي ريز و چسبيدن به ذرات خاك با كمك موسيلاژ مانع از ايجاد درز مي شود. اين عمل را ريسه قارچ هاي ميكوريز به علت نازكي بيشتر، بهتر انجام مي دهند. ارتباط بهتر ريشه و خاك باعث افزايش هدايت آبي خاك به سطح ريشه مي‌شود و دلايلي وجود دارد كه همزيستي گياهان با قارچ هاي ميكوريز مي‌تواند هدايت آبي خاك به ريشه را تغيير دهد (۵).

انواع قارچ هاي ميكوريز در تأثيرشان روي بالا بردن جذب آب از خاك متفاوتند و به نظر مي‌رسد ميزان تأثير به مقدار ريسه خارجي توليد شده به وسيله هر يك از قارچ هاي ميكوريز به فراواني ريشه‌هاي تلقيح شده، زنده بودن و فعاليت ساختارهاي قارچ بستگي دارد (۱۶).

مقدار نسبي آب برگ

مقدار نسبي آب در برگ هاي پياز در سه مرحله (پيش از سوخ دهي، هم زمان با سوخ دهي و بعد از سوخ دهي) اندازه گيري شد. تجزيه واريانس داده ها نشان داد كه در مراحل اول و دوم فقط اثر قارچ هاي ميكوريز بر مقدار نسبي آب معني‌دار است. در مرحله سوم اندازه گيري، اثر دور آبياري معني دار شد. در حالت كلي (ميانگين سه مرحله اندازه گيري) اثر دور آبياري و گونه قارچ روي مقدار نسبي آب معني‌دار شده است.

جدول ۲- اثر دور آبياري بر ويژگي هاي مربوط به روابط آبي پياز.

Table 2. Irrigation intervals effects on onion water relations traits.

پرولين Proline mg g^{-1}	OP_1[4] MPa	RWC_m[3] %	RWC_3[2] %	WC[1] %	دورآبياري (روز) Irrigation intervals(day)
5.833a	-0.748b	80.76b	79.16b	67.1a†	7
4.557c	-0.804a	81.85ab	78.66b	61.6b	9
5.371b	-0.803a	82.45a	81.75a	57.6c	11

۱- محتواي رطوبت خاك قبل از انجام آبياري ۲- درصد آب نسبي برگ در مرحله بعد از سوخ دهي ۳- درصد آب نسبي برگ (ميانگين سه دوره اندازه گيري) ۴- پتانسيل اسمزي برگ در مرحله قبل از سوخ دهي.

† حروف مشابه در هر ستون بيانگر عدم وجود اختلاف معني دار در سطح احتمال ۱% است.

1. Soil pre-irrigation water content just before irrigation 2. Leaf relative water content after bulbing stage 3. Leaf relative water content (three stages mean) 4. Leaf osmotic potential at prebulbing stage.

† Similar letters in each column indicate significant differences ($P<0.01$).

جدول ۳ – اثر قارچ هاي ميكوريز بر ويژگي هاي مربوط به روابط آبي پياز.

Table 3. The effect of mycorrhizal fungi on onion water relation traits.

1/b	Proline (µg g^{-1})	OP[4] (MPa)	RWC_m[3] %	RWC_2[2] %	RWC_1[1] %	WC %	قارچ ميكوريز AMF
0.269	5.786a	-0.798b	84.64a	86.33a	88.04a	71.7a†	شاهد (Control)
1.421	5.163bc	-0.843a	79.94b	89.38b	81.13b	54.8c	*G. versiforme*
2.101	4.763c	-0.842a	81.10b	81.08b	81.5b	63.1b	*G. itraradices*
1.189	5.301ab	-0.828a	81.07b	80.75b	82.67b	59.1b	*G. etunicatum*

1, 2 and 3: Onion leaf relative water content pre-bulbing, bulbing and after bulbing stages, respectively, 4- Leaf osmotic potential (three stages mean).

† Similar letter in each column indicate no significant differency ($P<0.01$).

۱، ۲ و ۳ به ترتيب محتواي نسبي آب برگ در مرحله قبل از سوخ دهي، سوخ دهي و بعد از سوخ دهي ۴- پتانسيل اسمزي برگ (ميانگين سه مرحله).

† حروف مشابه در هر ستون بيانگر عدم وجود اختلاف معني دار در سطح احتمال ۱% است.

با مقايسه ميانگين‌ها مشخص شد كه برگ گياهان ميكوريزي در مراحل اول و دوم از مقدار نسبي آب كمتري نسبت به گياهان بدون ميكوريز برخوردار بودند (جدول ۳). در مرحله سوم، اثر قارچ هاي ميكوريز معني‌دار نبود و فقط اثر دور آبياري معني‌دار شد در دور آبياري ۱۱ روزه گياهان مقدار نسبي آب بيشتري نسبت به ۷ و ۹ روز داشتند (جدول ۲). در ميانگين سه دور اندازه گيري، با افزايش دور آبياري مقدار نسبي آب افزايش يافت هر چند

اختلاف بين ۹ و ۷ روز معني‌دار نبود (جدول ۲) و گياهان شاهد نسبت به گياهان ميكوريزي از مقدار نسبي آب بيشتري برخوردار بودند (جدول ۴). بيشتر پژوهشگران گزارش نموده‌اند كه در خاكي با پتانسيل آب برابر، برگ گياهان ميكوريزي نسبت به گياهان بدون ميكوريز از مقدار نسبي آب بالاتري برخوردار هستند (۳، ۲۰، ۲۳). با وجود اين در آزمايش ما پيازهاي ميكوريزي در مقايسه با شاهد از مقدار آب نسبي كمتري برخوردار بودند كه مي توان علت را در دو عامل اساسي خلاصه كرد: اول، در زمان هاي اندازه گيري گياهان ميكوريزي رطوبت خاك را بيشتر تخليه نمودند و رطوبت خاك در گياهان ميكوريزي نسبت به شاهد كمتر بود. دوم، گياهان ميكوريزي نسبت به شاهد بزرگتر بودند به طوري كه سطح برگ اين گياهان به چندين برابر گياهان شاهد رسيد (داده‌ها نشان داده نشده است).

در مراحل اوليه رشد (قبل از مرحله سوخ دهي) نوسان هاي مقدار آب نسبي در بين تيمارها بالا بود ولي به تدريج اين نوسان ها كمتر شد و در مرحله سوم اندازه گيري مقدار آب نسبي در گياهان ميكوريزي و شاهد به تقريب برابر شد و اختلاف معني دار نداشتند (جدول ۳). اين اتفاق بيانگر اين است كه گياهان خود را با وضعيت رطوبت خاك سازگار نموده اند. دليل بالا بودن مقدار آب نسبي در مراحل پاياني و در مجموع سه مرحله در تيمار آبياري با فاصله ۱۱ روز در مقايسه با ۹ و ۷ روز چنين به نظر مي رسد كه به دليل تنش آب در مراحل اوليه گياهان با كاهش اندازه و سطح برگ توانسته اند خود را با رطوبت پايين خاك سازگار نمايند. در نهايت به علت اندازه شاخساره كوچك، عملكرد كمتري توليد نمودند (داده‌ها نشان داده نشده است). روئيز لوزانو وآزكن (۲۱) نشان دادند كه در كاهوي تلقيح شده با *G. mosseae* و *G. fasciculatum* ميزان آب نسبي برگ بيشتر از گياهان شاهد بود.

پتانسيل اسمزي

پتانسيل اسمزي هم زمان با مقدار نسبي آب در سه نوبت اندازه گيري شد. در مرحله اول رشد (قبل از سوخ دهي) تنها اثر دور آبياري روي پتانسيل اسمزي معني دار است. در مرحله دوم و سوم اثرهاي ساده و برهمكنش فاكتورها بر روي اين ويژگي معني دار نيست. با ادغام داده هاي سه مرحله، مشخص گرديد كه پتانسيل اسمزي برگ به طور معني‌دار متأثر از نوع قارچ مي باشد. همچنين برهمكنش دور آبياري و سترون كردن خاك معني دار شد. با مقايسه ميانگين ها معلوم شد كه در مرحله قبل از سوخ دهي برگ گياهان در دور آبياري ۷ روز داراي بيشترين مقدار پتانسيل اسمزي (۰/۷۴۸ MPa-) بود كه با افزايش دور آبياري به ۹ و ۱۱ روز پتانسيل اسمزي كاهش يافت (۰/۸۰۳ MPa-) (جدول۲). در حالت كلي پيازهاي ميكوريزي از پتانسيل اسمزي كمتري (منفي تري) در مقايسه با گياهان شاهد برخوردار بودند (جدول ۲). اما به دليل برهمكنش معني دار بين دور آبياري و نوع خاك در تيمارهاي آبياري ۹ روز در خاك سترون, پيازها داراي پتانسيل اسمزي بيشتري بودند (شكل ۱). كاهش پتانسيل اسمزي برگ در ورد (رز) تلقيح شده با *G. deserticola* و *G. intraradices* (۷) و همچنين يونجه ميكوريزي (۲) گزارش شده است. ميكوريزي شدن منجر به كاهش پتانسيل اسمزي برگ در گياهان تحت تنش خشكي مي شود. پايين بودن پتانسيل اسمزي در گياهان ميكوريزي نسبت به شاهد موقعي كه پتانسيل كل برگ ها در زمان تنش آبي بالاست بيانگر اين است كه گياهان ميكوريزي كمتر دچار تنش كمبود آب مي‌شوند (۲).

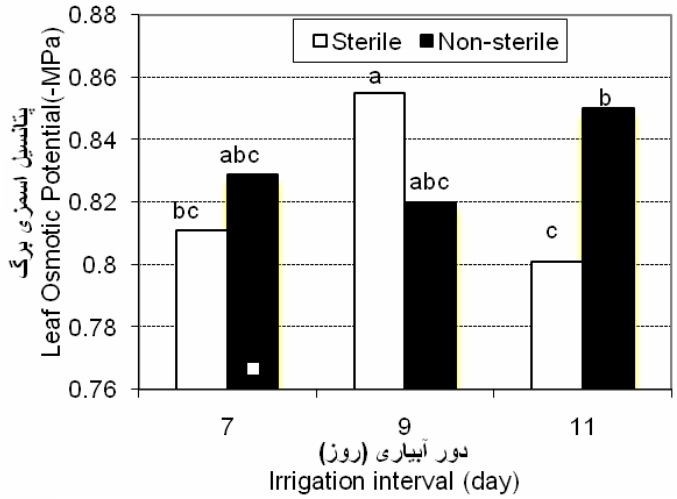

Fig. 1. Effect of irrigation intervals and soil condition on onion leaf osmotic potential. Similar letters in each column indicate no significant differences ($P<0.01$).

شكل ١- اثر متقابل نوع خاك و دور آبياري بر روي پتانسيل اسمزي برگ پياز. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معني دار در سطح احتمال ١% است.

تنظيم اسمزي

براي ارزيابي تنظيم اسمزي از رابطه (٢) كه يك رابطه رگرسيوني بين مقدار نسبي آب و پتانسيل اسمزي برگ است استفاده شد. در اين رابطه 1/b شاخصي از تجمع نمك يا كاهش مقدار نسبي آب است كه به آن تنظيم اسمزي اطلاق مي‌شود. گياهان ميكوريزي در مقايسه با شاهد بدون ميكوريز از 1/b بيشتري برخوردار بودند. به عبارت ديگر توانايي تنظيم اسمزي در اثر ميكوريزي شدن پياز افزايش يافت (جدول ٣). مطابق گزارش سانچز-بلانكو و همكاران (٢٢) همزيستي گياه رزماري با قارچ ميكوريز *G.deserticola* باعث كاهش پتانسيل اسمزي برگ و ساقه شده و گياهان ميكوريزي از توانايي تنظيم اسمزي بالاتري برخوردار بودند. همچنين مركبات ميكوريزي تحت تنش آبي از توانايي تنظيم اسمزي بالاتري در مقايسه با شاهد برخوردار بودند (١٧). به طور كلي اين توانايي در اثر تجمع كربوهيدرات هاي غيرساختاري و يون هاي پتاسيم، كلسيم و منيزيم بوده است. بر اساس يافته‌هاي اوگ و همكاران (٥) همزيستي لوبيا با قارچ *G. intrardices* فقط در شرايط فسفر كم باعث افزايش توانايي تنظيم اسمزي شده است. ريحان تلقيح شده با قارچ هاي ميكوريز نسبت به شاهد در مرحله خشكي منجر به مرگ داراي توانايي تنظيم اسمزي بالا بود (٢).

با كاهش رطوبت خاك، پتانسيل آب خاک بيشتر منفي مي‌شود و گياه بايد با كاهش پتانسيل آب در ريشه شيب متناسب براي جريان آب از خاك به ريشه را برقرار كند. مهمترين مكانيزم براي اين كار، كاهش پتانسيل اسمزي ياخته هاي ريشه در اثر تجمع يون هاي آلي و معدني است. تنظيم اسمزي به حفظ آماس و فرآيندهاي مرتبط به آن از جمله انبساط و رشد ياخته اي، باز شدن روزنه ها، فتوسنتز و ايجاد شيب مناسب براي جذب آب كمك مي كند. نمک هايي كه در اين فرايند مشاركت مي نمايند عبارت از يون هاي غير آلي يا تركيبات آلي خنثي همانند پرولين،

گلايسين بتايين[1] و كربوهيدرات هايي مثل سوكروز[2]، پينيتول[3] و مانيتول[4] مي باشد (۲۲). همچنين بنا به يافته هاي بومسما و واين (۸) در زمان هاي ممتد تنش كمبود آب گياهان ميكوريزي با تجمع يون هاي كلسيم و اسيدهاي امينه در مقايسه با گياهان غير ميكورزي منجر به تنظيم اسمزي بهتر مي شوند.

تجمع پرولين

اثرهاي ساده دور آبياري و نوع قارچ ميكوريز بر مقدار پرولين آزاد برگ پياز معني دار بود. همچنين برهمكنش هاي دو جانبه نوع قارچ در دور آبياري و نوع قارچ در نوع خاك معني‌دار شد. به طور كلي در دور آبياري ۷ روز تجمع پرولين آزاد بيشتر از ساير تيمارها بود. با افزايش دور آبياري از ۹ به ۱۱ روز مقدار پرولين نيز افزايش يافت يعني در دور آبياري ۹ روز پياز داراي كمترين پرولين بود (جدول ۲). با توجه به اين كه ريشه پياز به رطوبت بالاي خاك و غرقابي موقت حساس است (۱۹) و خاك مورد استفاده از ظرفيت زراعي بالايي برخوردار بود (FC=۲۹/۷%) به نظر مي رسد در تيمار ۷ روز گياهان به علت رطوبت بالاي خاك در تنش رطوبت زيادي بوده و تجمع پرولين در اين تيمار افزايش يافته است. در دور آبياري ۱۱ روز در اثر كمبود آب گياهان دچار تنش شده و باز هم پرولين افزايش يافته است.

در مورد اثر قارچ هاي ميكوريز بر پرولين، هم زيستي ريشه پياز باعث كاهش مقدار پرولين گرديد به طوري كه گياهان شاهد داراي بيشترين مقدار پرولين (۵/۸ ميكروگرم در گرم وزن تر) و قارچ *G. etunicatum* داراي كمترين پرولين بود (۴/۸ ميكروگرم بر گرم وزن تر) (جدول ۳).

از لحاظ برهمكنش دور آبياري در نوع قارچ، گياهان شاهد در دور آبياري ۷ روز داراي بيشترين تجمع پرولين و قارچ *G.etunicatum* در دور آبياري ۹ روز داراي كمترين مقدار آن بود (۷/۱ در مقايسه با ۳/۶ ميكروگرم بر گرم وزن تر) (شكل ۲). در دور آبياري ۷ روز قارچ هاي ميكوريز نسبت به شاهد پرولين كمتري داشتند اين مطلب بيانگر آن است كه گياهان ميكوريزي به علت اندازه بزرگ، رطوبت خاك را سريعتر تخليه كرده و گياه را از تنش تهويه كمتر، خارج نموده اند، در نتيجه پرولين كمتر تجمع يافته است. در دور آبياري ۹ روز همه گياهان اعم از ميكوريزي و غير ميكوريزي داراي سطح پاييني از پرولين بودند. در دور آبياري ۱۱ روز كه گياهان دچار تنش كمبود آب بودند گياهان شاهد به همراه *G.etunicatum* نسبت به دو قارچ ديگر پرولين بيشتري داشتند. گياهان شاهد در خاك سترون از مقدار پرولين آزاد بيشتري در مقايسه با ساير تيمارها برخوردار بودند (شكل ۳).

گيانگ شنگ وو و ژوژيا (۱۷) گزارش نمودند كه در نارنگي تلقيح شده با *G. versiforme* در شرايط تنش خشكي مقدار پرولين كمتر از گياهان شاهد بود. تجمع پرولين در گياهان ميكوريزي در اثر تنش كمبود آب كاهش مي‌يابد. با اين وجود افزايش تجمع پرولين آزاد در برگ گياهان ميكوريزي در مقايسه با شاهد بدون ميكوريز نيز گزارش شده است (۲). افزايش و كاهش تجمع پرولين در گياهان ميكوريزي به مقاومت بالاي اين گياهان به تنش كمبود آب نسبت داده مي‌شود. بدين ترتيب كه در تنش ملايم كمبود آب به طور معمول در گياهان ميكوريزي مقدار پرولين كمتر از شاهد است و بيانگر برطرف شدن تنش كمبود آب مي باشد. در تنش هاي شديد كمبود آب گياهان ميكوريزي با تجمع پرولين بيشتر، از توانايي تنظيم اسمزي بالاتري برخوردار شده و در برابر تنش كمبود آب نسبت

۱- Glycine-betaine ۲- Sucrose ۳- Pinitol ۴- Monnitol

به شاهد مقاوم‌تر مي‌شوند (۲، ۲۰). روئيز لوزانو و آزكن (۲۱) نشان دادند كه در تنش ملايم كمبود آب كاهوي ميكوريزي در مقايسه با گياهان غير ميكوريزي از ميزان پرولين كمتري برخوردار بود. در حالي كه بنا به يافته هاي خلف اله و ابوگاليا (۱۴) در تنش كوتاه مدت كمبود آب، گندم ميكوريزي داراي پروتئين آزاد و پرولين بيشتري نسبت به شاهد بدون ميكوريز بود.

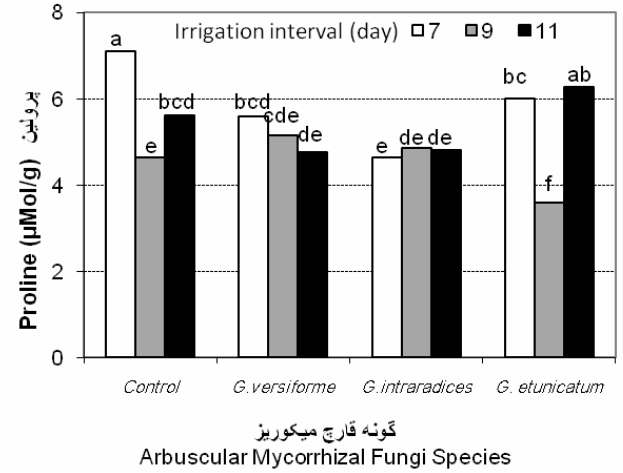

Fig. 2. Effect of AMF species and irrigation intervals on onion leaf praline. Similar letters in each column indicate no significant differences (P<0.01).

شكل ۲- برهمكنش نوع قارچ ميكوريز و دور آبياري بر تجمع پرولين آزاد در برگ پياز. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معني دار در سطح احتمال ۱% است.

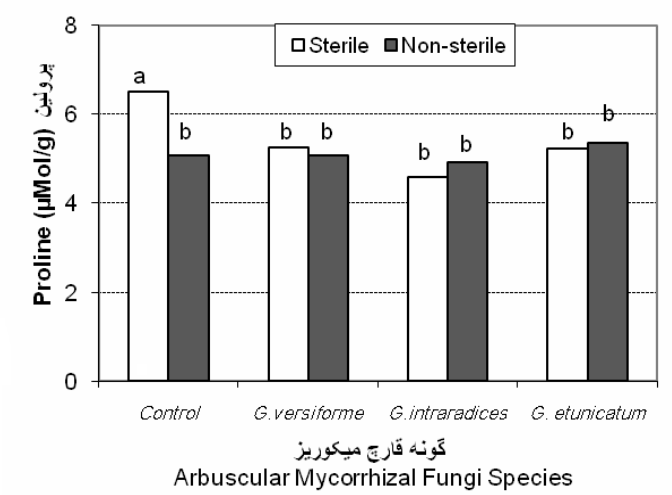

Fig. 3. Effect of AMF species and soil condition on onion leaf praline. Similar letters in each column indicate no significant differences (P<0.01).

شكل ۳– برهمكنش نوع خاك و نوع قارچ ميكوريز بر تجمع پرولين آزاد در برگ پياز. حروف مشابه در هر ستون نشان دهنده وجود تفاوت معني دار در سطح احتمال ۱% است.

نتيجه گيري کلي

مي‌توان چنين جمع‌بندي نمود که هر چند رطوبت خاک در گياهان ميکوريزي در مقايسه با شاهد بيشتر تخليه شد ولي گياهان ميکوريزي به جز مراحل اوليه رشد، با کاهش پتانسيل اسمزي و بالا بردن توانايي تنظيم اسمزي توانستند رطوبت بيشتري از خاک جذب نمايند. به طوري که مقدار نسبي آب در برگ گياهان ميکوريزي و غيرميکوريزي بر خلاف يکسان نبودن رطوبت خاک در مرحله بعد از سوخ دهي به تقريب برابر شد. بنابراين پيازهاي ميکوريزي بهتر تنش کمبود آب را برطرف نمودند که کاهش پرولين در اين دسته از گياهان موید آن مي‌باشد.

REFERENCES منابع

1. Aliasgharzadeh, N., N. Saleh Rastin, H. Towfighi, and A. Alizadeh. 2001. Occurance of arbuscular mycorrhizal fungi in saline soils of the Tabriz plain of Iran in relation to some physical and chemical properties of soil. Mycorrhiza 11:119-122.
2. Auge, R.M. 2001. Water relation, drought and vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. Mycorrhiza 11:3-42.
3. Auge, R.M. 2004. Arbuscular mycorrhizae and soil/plant water relations. Canad. J. Soil Sci. 84:373-381.
4. Auge, R.M., E. Kubikova and J.L. Moore. 2001. Foliar dehydration tolerance mycorrhizal soybean and bush bean. New Phytol. 151:535-541.
5. Auge, R.M., J.L. Moore, K. Cho, J.C. Stutz, D.M. Sylvia, A.K. Al-Agley, and A.M. Saxtom. 2003. Relating foliar dehydration tolerance of mycorrhizal *Phaseolus vulgaris* to soil and root colonization by hyphae. J. Plant Physiol. 160:1147-1156.
6. Auge, R.M., J.L. Moore, D.M. Sylvia, and K. Cho. 2004. Mycorrhizal promotion of host stomatal conductance in relation to irradiance and temperature. Mycorrhiza 14:85-92.
7. Auge, R.M., K.A. Schekel and R.L. Wample. 1986. Greater leaf conductance of VA mycorrhizal rose plants is not related to phosphorus nutrition. New Phytol. 103:107-116.
8. Boomsma, C.R. and T.J. Vyn. 2008. Maize drought tolerance: Potential improvements through arbuscular mycorrhizal symbiosis. F.C. Res. 108:14-31.
9. Chapharzadeh, N., R.A. Khavari-Nejad, F. Navari-Izzo, and R. Izzo. 2003. Water relation and ionic balance in *Calendola officinalis* L. under salinity conditions. Agrochimica 117:69-79.

10. Irrigoyen, J.J., D.W. Einerich and M. Sanchez-Diaz. 1992. Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa *(Medicago sativa*) plants. Physiol. Plant. 84:55-60.
11. Jackson, W.R. 1993. Humic, fulvic and microbial. In: Balanco: Organic Soil Conditioning. 549-550 p.
12. Jensen, C.R., V.O. Mogensen, C. Mortensen, J.K. Fieldsend, G.F.J. Mildford, M.N. Andersen, and J.H. Thage. 1996. Seed glocosinolate, oil and protein contents of field-grown rape (*Brassica napus* L.) affected by soil drying and evaporative demand. Field Crop Res. 47:93-105.
13. Kadayifci, A., G.I. Tuylu, Y. Ucar and B. Cakmak. 2005. Crop water use of onion (*Allium cepa* L.) in Turkey. Agr. Water Manag. 72:59-68.
14. Khalafallah, A.A. and H.H. Abo-Ghalia. 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. J. Apl. Sci. Res., 4:559-569.
15. Kumar, A. and D.P. Singh. 1998. Use of physiological indices as a technique for drought tolerance in oilseed *Brassica* species. Ann. Bot. 81:413-420.
16. Marulanda, A., R. Azcon and J.M. Ruiz-Lozano. 2003. Contribution of six arbuscular mycorrhizal fungal isolates to water uptake by *Lactuca sativa* plants under drought stress. Physiol. Plant., 119:526-533.
17. Qiang-Sheng W. and Ren-Xue Xia. 2006. Arbuscular mycorrhizal fungi influence growth, osmotic adjustment and photosynthesis of citrus under well-watered and water stress conditions. J. Plant Physiol., 163:417-425.
18. Rabinowitch, H.D. and J.L. Brewster. 1990. Onions and Allied Crops. CRC Press, Inc. Boca Raton, Florida, U.S.A.
19. Rubatzky, V.E. and M. Yamaguchi. 1997. World Vegetable. Chapman and Hall, New York, U.S.A. 279-332 p.
20. Ruiz-Lozano, J.M. 2003. Arbuscular mycorrhizal symbiosis and alleviation of osmotic stress. New perspectives for molecular studies. Mycorrhiza 13:309-317.
21. Ruiz-Lozano, J.M. and R. Azcon. 1997. Effect of calcium application on the tolerance of mycorrhizal lettuce plants to polyethylene glycol-induced water stress. Symbiosis 23:9-21.

22. Sanchez-Blanco, M.J., T. Ferrnandez, M.A. Morales, A. Morte, and J.J. Alarcon. 2001. Variation in water status, gas exchange, and growth in *Rosmarinus officinalis* plants infected with *Glumus deserticola* under drought conditions. J. Plant Physiol. 161:675-682.
23. Subramanian, K.S., P. Santhanakrishnan and P. Balasubramania. 2006. Response of field grown tomato plants to arbuscular mycorrhizal fungal colonization under varying intensities of drought stress. Sci. Hort. 107:245-253.