

عکس العمل بنیه و سختی بذر دو گونه یونجه یکساله به تنش خشکی و محلول پاشی ریزمغذی‌های آهن و روی

میرزا حسین رشنو^۱، زین العابدین طهماسبی سروسنایی^{۲*}، حسین حیدری شریف آباد^۳،
سید علی محمد مدرس ثانوی^۴ و رضا توکل افشاری^۵
۱، ۲ و ۴، دانشجوی دکتری، دانشیار و استاد دانشکده کشاورزی دانشگاه تربیت مدرس
۳، استاد دانشگاه ازاد اسلامی واحد علوم تحقیقات تهران
۵، استاد پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۹۱/۳/۲ - تاریخ تصویب: ۹۱/۹/۱)

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش خشکی و محلول پاشی آهن و روی بر دو گونه یونجه یک ساله (*Medicago. polymorpha cv Serena*) و (*Medicago. scutellata cv Comercial*)، آزمایش مزرعه‌ای به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در سه تکرار اجراء گردید. تیمارهای محلول‌پاشی شامل: آب مقطر (تیمار شاهد)، آهن از منبع کلات آهن، روی از منبع کلات روی و آهن+ روی و تیمارهای تنش خشکی شامل: ۱- تیمار شاهد (بدون تنش ۴۱۲ میلی‌متر) - ۲- قطع آبیاری در مرحله ۵۰ درصد گل‌دهی (۱۹۸ میلی‌متر) - ۳- قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین (۳۵۸ میلی‌متر) و ۴- قطع آبیاری ۱۰ روز قبل از گل‌دهی (۱۲۴ میلی‌متر) در نظر گرفته شدند. تیمارهای خشکی با استفاده از پلی اتیلن گلیکول (PEG-6000) با پتانسیل‌های اسمزی ۳-، ۶- و ۹- بار پلی اتیلن گلیکول و آب مقطر (تیمار شاهد) جهت برآورد مقاومت گیاهچه‌ها در برابر تنش خشکی مورد استفاده قرار گرفتند. نتایج آزمون‌های آزمایشگاهی نشان داد که میزان آهن بذر در تیمار محلول‌پاشی آهن و آهن + روی بترتیب ۶۸ و ۱۳ درصد نسبت به تیمار شاهد افزایش یافت. میزان آهن بذر گونه اسکوتالاتا ۱۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم کمتر از گونه پلی‌مورفا و مقدار روی بذر ۱۰ درصد بیشتر از گونه پلی‌مورفا بود. همبستگی منفی و معنی‌داری بین روی و آهن در بذر ($r = -0.62^{**}$) حاصل گردید. برهمکنش گونه و محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی نشان داد که مقدار آهن بذر در گونه اسکوتالاتا در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ تنش خشکی، به ترتیب ۸، ۶ و ۳۳ درصد نسبت به شاهد افزایش یافت. درصد سختی بذر در تیمارهای ۲، ۳ و ۴ تنش خشکی در مزرعه، بترتیب در تیمارهای محلول‌پاشی روی، آهن + روی و آهن + روی ۲۸، ۳۰ و ۲۲ درصد برآورد گردید. میزان رشد گیاهچه با افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- نسبت به تیمار ۹- بار تحت شرایط تیمار محلول‌پاشی آهن + روی تولید شده بودند نسبت به بذره‌ای تولید شده در شرایط تیمار شاهد ۰/۵ تا ۱۵ برابر افزایش یافت. هرچند که افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- به ۶- بار تیمار محلول‌پاشی آهن + روی، وزن خشک ریشه چه در گونه اسکوتالاتا را نسبت به تیمار شاهد ۴۸-۱۰ درصد افزایش داد. وزن خشک ساقه‌چه با افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- به ۹- بار در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی نسبت به شاهد ۲۰ تا ۶۰ درصد افزایش یافت. میزان بنیه گیاهچه در تیمارهای محلول‌پاشی آهن + روی نسبت به تیمار شاهد و سایر تیمارهای محلول‌پاشی ۱/۵ تا ۳ برابر بود. بطور کلی تیمارهای محلول-پاشی آهن + روی و آهن نسبت به سایر تیمارها تولید بذره‌ای با توانایی بنیه بالا و تحمل بیشتر در شرایط خشکی نمودند.

واژه‌های کلیدی: یونجه یکساله، ریزمغذی‌های آهن و روی، بنیه بذر، سختی بذر، میزان رشد گیاهچه.

مقدمه

خشکی از جمله تنش‌های محیطی است که آثار مخرب و زیان آوری را بر رشد گیاه و محصولات زراعی وارد می‌نماید (Nonami et al., 1997). گیاهان به تنش‌های محیطی در سطوح مورفولوژی، آناتومی، سلولی و مولکولی پاسخ می‌دهند (Rontein et al., 2002). گونه‌های تیره نیامداران توانایی غلبه بر خشکی را دارند و از این جنبه دارای اهمیت بالایی هستند (Eric et al., 2010). به دلیل ظرفیت بالای آن‌ها در تثبیت نیتروژن، بهبود مواد آلی و افزایش و حفظ حاصلخیزی خاک از نظر اقتصادی مهم می‌باشند (Eric et al., 2010 ; Yousfi et al., 2010). مرحله جوانه‌زنی بذر در تعیین تراکم بوته در واحد سطح اهمیت زیادی دارد به بیان دیگر، تراکم کافی زمانی به دست می‌آید، که بذره‌های کشت شده به طور کامل و با سرعت کافی جوانه بزنند (Yousfi et al., 2010). از سوی دیگر، میزان سبز شدن و یکنواختی گیاه به درصد و سرعت جوانه زنی بذر بستگی دارد. کاهش پتانسیل آب سبب بروز اختلال در جوانه‌زنی بذر اغلب گیاهان شده و منجر به عدم استقرار گیاهچه و کاهش تولید می‌شود (Younesi et al., 1963). پژوهشگران در بررسی اثر پلی اتیلن گلیکول بر جوانه‌زنی گونه‌های مختلف یونجه نشان دادند که با افزایش پتانسیل اسمزی درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و بنیه بذرها کاهش یافت (Hamidi & Safarnejad, 2010). بررسی‌های مختلف نشان داده‌اند که طول ریشه‌چه در شرایط تنش تغییر می‌یابد و سرعت رشد ریشه کاهش می‌یابد در حالی که رشد ساقه‌چه با شدت بیشتری کاهش می‌یابد (Yadavi et al., 2000). گزارش شده‌است که کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش رطوبتی ممکن است به دلیل کاهش تجزیه مواد اندوسپرم و یا کاهش انتقال مواد به محور ساقه‌چه می‌باشد (Safarnejad, 2008). گزارش‌های دیگر نشان دادند که طول ریشه‌چه تا پتانسیل -۶ بار پلی اتیلن گلیکول (PEG-6000) افزایش و سپس با افزایش پتانسیل اسمزی کاهش یافت (Hamidi, 2010). برخی نیز گزارش نموده‌اند که در شرایط تنش رطوبتی طول ریشه‌چه کاهش می‌یابد (Kochaki et al., 1988).

کاهش طول ریشه‌چه در اثر تنش خشکی به دلیل اختلال در تنفس بافت‌ها در مراحل اولیه جوانه‌زنی بذر و فتوسنتز گیاهچه‌ها در مرحله دو برگگی توسط پژوهشگران گزارش شده‌است (Hamidi & Safarnejad, 2010).

کمبود عناصر کم‌مصرف آهن و روی در مناطق وسیعی از جهان گزارش شده‌است (Alloway, 2008). تلفات عناصر کم مصرف از طریق فرسایش، نشت عناصر کم‌مصرف در خاکهای اسیدی، غیر قابل دسترس بودن آن‌ها در خاک‌های آهکی، کاهش استفاده از کودهای حیوانی نسبت به کودهای شیمیایی و استفاده از اراضی تخریب شده عواملی هستند که سبب کاهش عناصر کم مصرف در قسمتهای وسیعی از جهان شده‌اند (Fageria et al., 2002a). از این رو کمبود عناصر ریزمغذی یکی از فاکتورهای محدود کننده برای تولید محصولات زراعی در بسیاری از خاک‌های کشاورزی محسوب می‌شود و برطرف کردن کمبود آن‌ها جهت تامین سلامت انسان ضروری به نظر می‌رسد. برای جذب عناصر، ریشه‌ها اندام اولیه گیاه هستند که این نقش را به عهده دارند. وجود عاملی که دسترسی عناصر غذایی را در خاک محدود می‌کند، استفاده مورد انتظار از کودها را کاهش می‌دهد. تحت این شرایط، عناصر غذایی برای گیاهان می‌تواند به صورت برگ کاربرد استفاده شود (et al., 1998). محلول پاشی در واقع اسپری کردن عناصر غذایی روی برگ‌ها و ساقه‌های گیاه و جذب آن‌ها از این مکان‌هاست (Kuepper, 2003). محققین گزارش کردند که آهن و روی سبب افزایش تعداد شاخه‌های گل دهنده و عملکرد بذر سویا شدند (Jia et al., 2005; Zhang et al., 2001; Wang et al., 2003). بررسی‌های دیگر نشان داده‌اند که مصرف روی سبب افزایش جوانه‌زنی بذرها یونجه گردید (Lio et al., 2005). برخی دیگر از پژوهشگران نشان داده‌اند که غلظت‌های کم روی سبب تحریک جوانه زنی و غلظت‌های بالای روی اثر بازدارنده‌ای بر جوانه‌زنی بذر یونجه دارند (Zhang et al., 2005). برخی دیگر از محققان گزارش کرده‌اند که محلول‌پاشی روی سبب افزایش محتوای روی بذر گردید و بوته‌های محلول‌پاشی شده تولید بذرهایی نمودند که گیاهچه‌های حاصل از بذر آنها مقاومت بهتری در مقابل

مواد و روش‌ها

آزمون‌های آزمایشگاهی

به منظور آزمون‌های ارزیابی کیفیت بذر در مرحله رسیدگی با مقدار رطوبت حدود ۸ درصد غلاف‌ها از بوته جدا و سپس بذرها از غلاف جدا گردیدند. مقادیر آهن، روی و فسفر بذرهای دو گونه مورد آزمایش به‌وسیله دستگاه جذب اتمی (Shimunsu AA, Japan) اندازه-گیری شدند. جهت انجام آزمون تحمیل تنش خشکی بر گیاهچه‌ها در شرایط آزمایشگاه از پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG-6000) استفاده گردید و با استفاده از روش (Michel & Kaufmann, 1973)، پتانسیل‌های اسمزی ۳-، ۶- و ۹- بار با اضافه کردن پلی‌اتیلن‌گلیکول به آب مقطر تهیه و مورد استفاده قرار گرفت. برای تهیه تیمار شاهد (۰ بار) از آب مقطر استفاده گردید. به منظور جلوگیری از آلودگی‌های قارچی، همه ظرف‌ها و کاغذ صافی‌ها به مدت ۲ ساعت در آن در دمای ۱۲۰ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند. سپس به منظور انجام آزمون جوانه‌زنی و تعیین سختی بذر، بذرهای دو گونه یونجه یک ساله ضدعفونی شدند. بذرهای ابتدا به مدت ۱۰ ثانیه در الکل اتیلیک ۹۶ درصد قرار داده شده و در مرحله بعد به مدت ۳ دقیقه در محلول کلرید جیوه ۰/۲ درصد ضدعفونی شدند. در مرحله سوم ۶-۵ بار با آب مقطر شسته شده و در شرایط آزمایشگاه جهت کشت آماده گردیدند. به ظرف‌های پتری ۱۰ میلی‌لیتر محلول حاوی پتانسیل‌های اسمزی پلی‌اتیلن‌گلیکول (PEG-6000) اضافه گردید. بعد از کاشت ۳۰ عدد بذر روی کاغذ صافی واتمن و پتری‌دیش‌های با قطر ۱۰ سانتی‌متر، در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۱۰ روز در ژرمیناتور در شرایط ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار گرفتند. بعد از ۱۰ روز بذرهای جوانه‌زده شمارش و بذرهایی که هیچ‌گونه آبی جذب نکرده و همچنان سفت و سخت باقی ماندند بدهای سخت محسوب شدند (Shabani et al., 2012). برای اندازه‌گیری میزان رشد گیاهچه و بنیه بذر از فرمول‌های زیر استفاده گردید (Deghanpour et al., 2011).

$$V_i = \frac{L_i S_i}{100} \quad (1) \quad \text{که } V_i \text{ بنیه بذر؛ } L_i \text{ طول گیاهچه و}$$

P_g درصد جوانه‌زنی می‌باشد.

تنش خشکی نشان دادند (Grawal & willims, 2001). گزارشات دیگر نشان داده‌اند که محلول‌پاشی آهن و روی در مراحل مختلف نمو یونجه (رشد رویشی، ۴۰٪ و ۱۰۰٪ گل‌دهی) سبب افزایش محتوای آهن و روی بذر گردید و بیشترین میزان انتقال عناصر آهن و روی به بذر در مرحله ۴۰ و ۱۰۰٪ گل‌دهی مشاهده گردید (Markovic et al., 2009).

شرایط محیطی حاکم بر نمو بذر بر شکل‌گیری خواب اثر دارد و فعالیت هورمون‌ها و آنزیم‌ها نقش مهمی در حذف خواب بذر و تحریک آنها به جوانه‌زنی دارند (Otroshi et al., 2009). گونه‌های یونجه یکساله نظیر گونه (*M. Polymorpha L.*) در شرایط بارندگی مناسب بذر زیادی تولید می‌کند اما تعداد کمی از بذرهای تا سال سوم در سیستم کشت لی-فارمینگ زنده باقی می‌مانند (Delpozso & Ovalle, 2009). سختی بذر و غیرقابل نفوذ بودن پوسته بذر به آب یکی از مهمترین مکانیزم‌های خواب طولانی مدت در نیامداران مدیترانه-ای محسوب می‌شود. بر اساس گزارشات موجود به نظر می‌رسد کمبود روی و آهن بر کاهش بنیه بذرهای تاثیر داشته باشد؛ گزارش شده است که کمبود روی و آهن، سبب کاهش پروتئین و کاهش سطح RNA پلی‌مراز می‌گردد (Cakmak et al., 1989; Obata & umebayashi, 1988). روش‌های آزمایشگاهی مختلفی به منظور شکستن سختی بذر خواب بذر یونجه‌های یکساله مورد استفاده واقع شده است اما موثرترین و کاربردی‌ترین روش شکستن سختی بذر استفاده از اسیدسولفوریک ۹۶ درصد به مدت ۱۰ دقیقه گزارش شده است (Baluchi & Modares Sanavy, 2006). کیفیت بذر تحت تاثیر عوامل متعددی نظیر عناصر غذایی، عوامل آب و هوایی و تنش‌های محیطی قرار دارد که به نظر می‌رسد تامین عناصر ریزمغذی بویژه آهن و روی بعنوان بخشی از نیازهای کیفیتی بذر تحت شرایط مختلف تنش خشکی، گام موثری در تولید بذر یونجه-های یکساله برای زیر کشت بردن دیمزارها و احیای مراتع کشور باشد. این مطالعه به منظور ارزیابی تاثیر محلول‌پاشی آهن و روی بر خصوصیات کیفی بذر و رشد گیاهچه‌های تولید شده در دو گونه یونجه یکساله در شرایط مزرعه و تحت تاثیر تنش خشکی انجام گرفت.

تولید ۹-۶ تن علوفه تر در هکتار در شرایط دیم در یک دوره ۷۰-۶۰ روزه بعد از کاشت در تأمین علوفه نقش مهمی دارد (Bauchan, 1999). یکی دیگر از گونه‌های سازگار به شرایط دیم در ایران گونه *M. polymorpha* (*cv Serena*) با تولید ۷-۵ تن در هکتار علوفه تر می‌باشد (Mirnejad, 1997). گونه *Medicago Scutellata* از گونه‌های مقاوم به خشکی و گونه *M. polymorpha* از گونه‌های نیمه مقاوم به خشکی در ایران تشخیص داده شده‌اند (Pahlevan Poorfard Jahromi, 1997). مقدار بذر در هکتار برای گونه‌های *اسکوتلاتا* و *پلی مورفا* به ترتیب ۲۰ و ۱۰ کیلوگرم در نظر گرفته شد (امینی دهقی، ۱۳۸۲). آزمایش به صورت اسپلیت فاکتوریل در قالب طرح بلوک کامل تصادفی با سه تکرار اجرا شد. تیمارهای تنش خشکی در کرت های اصلی و ترکیب تیماری ۴ سطح محلول پاشی و دو گونه یونجه یک ساله به صورت فاکتوریل در کرت‌های فرعی قرار گرفت. هر کرت آزمایشی دارای ابعاد ۳×۴ مترمربع شامل ۶ ردیف کشت بود که دو ردیف به عنوان حاشیه، دو ردیف جهت نمونه برداری و دو ردیف به منظور عملکرد نهایی با فاصله ۲۵ سانتی‌متر در نظر گرفته شدند. ضمناً سه ردیف در هر طرف کرت به صورت نکاشت قرار داده شد تا در هنگام محلول پاشی کرت‌های مجاور تحت تاثیر قرار نگیرند. قبل از انجام کاشت از عمق ۰-۳۰ سانتی-متر خاک نمونه برداری و نتایج تجزیه خاک مشخص گردید (جدول‌های ۱ و ۲) و بر اساس آن نیاز عناصر غذایی گیاه در خاک تأمین گردید.

(۲) $SGR = \frac{DM}{N}$ که در آن SGR میزان رشد گیاهچه، DM وزن خشک گیاهچه و N تعداد گیاهچه‌ها می‌باشد.

$$y = \arcsin \sqrt{\frac{P}{100}}$$

نتایج بدست آمده توسط نرم افزار SAS مورد تجزیه و تحلیل قرار گرفت و میانگین تیمارها با آزمون LSD در سطح ۵ درصد مقایسه گردید. جهت حذف اثر واریانس از تبدیل زاویه‌ای استفاده گردید.

آزمایش مزرعه‌ای

این پژوهش در بهار ۱۳۹۰ در مرکز تحقیقات البرز وابسته به موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع واقع در کرج به طول جغرافیایی ۵۶°، ۵۰° شرقی و عرض جغرافیایی ۴۷°، ۳۵° شمالی انجام شد. طبق طبقه‌بندی کوپن منطقه آزمایش دارای اقلیم مدیترانه‌ای با متوسط بارندگی ۲۵۰-۳۰۰ میلی‌متر در سال می‌باشد. در این آزمایش تأثیر ۴ تیمار تنش خشکی شامل: شاهد (بدون تنش ۴۱۲ میلی‌متر)، قطع آبیاری از ۵۰ درصد گل‌دهی تا پایان فصل رشد (۱۹۸ میلی‌متر)، قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین تا پایان دوره رسیدگی (۳۵۸ میلی‌متر) و قطع آبیاری ۱۰ روز قبل از شروع گل-دهی تا پایان رسیدگی (۱۲۴ میلی‌متر) (جدول ۳) و ۴ تیمار محلول پاشی شامل آهن، روی، آهن+روی با غلظت ۵ درهزار و آب مقطر (شاهد محلول پاشی) بر دو گونه یونجه یک ساله شامل: *M. scutellata cv comertial* و *M. polymorpha cv serena* مورد بررسی قرار گرفت. گونه *M. scutellata cv comertial* با امکان

جدول ۱- نتایج تجزیه فیزیکی شیمیایی خاک

عمق نمونه برداری خاک	شن	لای	رس	بافت خاک %	کربن آلی	ماده آلی	اسیدیته گل اشباع	هدایت الکتریکی Dmouse/cm	مواد خنثی شونده %
۳۰	۳۸	۴۲	۲۰	لومی	۰/۶۸	۱۷/۱	۷/۹	۱/۳۴	۱۱/۷۵

جدول ۲- عناصر غذایی موجود در خاک

عمق نمونه برداری خاک	نیترژن کل %	فسفر قابل جذب %	پتاسیم قابل جذب	منیزیم	آهن	منگنز	روی	مس
۰-۳۰	۰/۰۷۱	۸/۵	۱۳۸	۵۰۴	۱/۳۲	۱۰/۴۰	۰/۶۲	۰/۴۸

کرت‌ها به منظور آبیاری انجام گرفت. مقدار آب داده شده به مزرعه براساس اندازه‌گیری تبخیر و تعرق گیاه مرجع و اعمال ضریب گیاهی (K_{crop}) در چهار مرحله

کاشت بذرها به صورت هیرم کاری در دوم فروردین سال ۱۳۹۰ انجام شد. عملیات تهیه بستر شامل زدن دیسک سبک و کرت بندی مزرعه آزمایشی و تسطیح

ET_{pan} ، تبخیر و تعرق از سطح تشتک تبخیر و K_{pan} ، ضریب تشتک کلاس A و در فرمول ۲، ET_{crop} تبخیر و تعرق محاسبه شده از سطح گیاه زراعی و خاک و K_{crop} ضریب گیاهی می‌باشند. در تیمارهای محلول پاشی آهن از کلات آهن (۵ در هزار) و روی از منبع کلات روی (۵ در هزار) تهیه و در زمان رشد رویشی مورد استفاده قرار گرفت.

محلول پاشی طی سه مرحله در دوره رویشی با استفاده از سمپاش پشتی اتومایزر مدل SKN-۴۰۰۰ به حجم ۱۲ لیتر و فشار ۸-۷/۵ بار و نازل میکرونیر به فاصله ۴ روز در ساعات ۱۷ تا ۱۹ قبل از اعمال تیمارهای تنش خشکی انجام شد.

رشدی (مرحله ابتدایی، مرحله توسعه، مرحله میانی و مرحله پایانی) بود. مقدار ضریب گیاهی در مرحله ابتدایی ۰/۴ در مرحله میانی ۰/۹۶ و در مرحله پایانی ۰/۹ بود (فرمول‌های ۱ و ۲)، (علیزاده، ۱۳۸۹). مقدار ضرایب گیاهی در مرحله توسعه و مرحله پایانی نیز محاسبه و دور آبیاری ۵ روز در نظر گرفته شد (جدول ۳). مقدار آب داده شده توسط پمپ و اجرای لوله‌کشی مزرعه و محاسبه دبی آب خروجی لوله‌ها به وسیله کنتور انجام گرفت.

$$ET_{crop} = ET_0 * K_{cro} \quad (1)$$

$$ET_0 = ET_{pan} * K_{pan} \quad (2)$$

در فرمول ۱، ET_0 تبخیر و تعرق گیاه مرجع و

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل گونه و محلول پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار آهن موجود در بذر

تنش خشکی ←	آبیاری کامل	قطع آبیاری از ۵۰ درصد گل-دهی	قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین	قطع آبیاری قبل از گل‌دهی
گونه ↓	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)
آب مقطر	۸۲ c	۸۱ e	۱۱۰ cd	۱۶۸ de
روی	۹۳ c	۱۲۱ e	۸۱ cd	۱۲۰ e
آهن	۶۵۰ a	۱۵۰ ed	۱۰۸ d	۱۶۷ de
آهن + روی	۸۹ c	۹۴ e	۹۶ d	۱۱۹ e
آب مقطر	۱۶۴ c	۲۶۷ bc	۱۳۳ cd	۴۶۷ b
روی	۲۸۷ b	۲۱۵ cd	۲۲۲ c	۲۳۷ d
آهن	۲۹۵ b	۵۷۷ a	۴۹۴ a	۴۶۲ a
آهن + روی	۱۶۴ c	۳۵۸ b	۳۵۱ b	۳۴۳ c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

از رسیدگی اولین غلاف از پایین، قطع آبیاری از ۵۰ درصد گل‌دهی و قطع آبیاری ۱۰ روز قبل از گل‌دهی نسبت به تیمار شاهد به ترتیب ۱۲/۵، ۲۰ و ۲۷/۵ درصد افزایش یافت (جدول ۵).

به نظر می‌رسد گونه اسکوتلاتا در پاسخ به حضور توام عناصر آهن و روی جوانه‌زنی بیشتری داشت در حالیکه گونه پلی‌مورفا در تیمار قطع آبیاری ۱۰ روز قبل از گل‌دهی و تیمار محلول پاشی آهن ۶۴ درصد جوانه زنی بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۵). تجزیه بذر گونه‌ها نیز نشان داد که گونه پلی‌مورفا دارای میزان آهن بیشتری (۱۸۱ میلی‌گرم در کیلوگرم) در بذر می‌باشد و به احتمال زیاد افزایش درصد جوانه‌زنی در گونه پلی‌مورفا را به بالا بودن میزان آهن بذر نسبت داد.

نتایج و بحث

ارزیابی کیفی گیاهچه‌های تولیدی در آزمایشگاه جوانه‌زنی

تجزیه واریانس (جدول ۴) نشان داد که درصد جوانه‌زنی بذرهای دو گونه یونجه یکساله در سطح احتمال ۱ درصد تحت تاثیر اثرات متقابل گونه، محلول پاشی و تنش خشکی قرار گرفت.

جدول مقایسه میانگین‌ها نشان داد که با اعمال تنش خشکی در مزرعه، گونه‌ها پاسخ متفاوتی داشتند (جدول ۵). گونه اسکوتلاتا در تیمار محلول پاشی آهن و آهن + روی در تمام سطوح تنش خشکی در مزرعه نسبت به تیمار شاهد درصد جوانه زنی بیشتری داشت (جدول ۵). درصد جوانه‌زنی بذر گونه اسکوتلاتا در تیمار محلول پاشی آهن + روی در تیمارهای تنش قطع آبیاری

تفاوت آماری ندارند (Hamidi, 2010). به احتمال زیاد محلول‌پاشی آهن + روی سبب تحمل به تنش خشکی گیاهچه‌ها از پتانسیل ۶- بار به پتانسیل ۹- بار شده است. اگرچه مقدار آهن در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی به دلیل برهمکنش منفی بین آهن و روی در انتقال از اندام‌های رویشی به زایشی (Zhao & Bao, 2011) کمتر از تیمار آهن و روی به تنهایی می‌باشد اما نتایج پژوهش حاضر نشان می‌دهد که برای افزایش رشد گیاهچه وجود دو عنصر آهن و روی ضروری به نظر می‌رسد.

گیاهچه بیشتری داشتند در حالی که در گونه پلی‌مورفا تیمار محلول‌پاشی روی میزان رشد گیاهچه بیشتری نسبت به تیمار شاهد داشت (جدول ۶). با افزایش پتانسیل تنش خشکی (پلی اتیلن گلیکول) از ۳- بار به ۹- بار تیمار محلول‌پاشی آهن + روی نسبت به تیمار شاهد (صفر بار) میزان رشد گیاهچه بیشتری داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد با افزایش پتانسیل اسمزی حضور توام دو عنصر آهن و روی برای میزان رشد گیاهچه ضروری می‌باشد. پژوهشگران گزارش کرده‌اند که میزان رشد گیاهچه تا پتانسیل ۶- بار با تیمار شاهد

جدول ۶- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در اولین سطح تنش در مزرعه (آبیاری کامل) و سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول در آزمایشگاه بر ویژگی‌های گیاهچه دو گونه یونجه یک‌ساله

محلول‌پاشی (پلی-PEG-6000) ←	میزان رشد گیاهچه (میلی گرم)				وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)				وزن خشک ساقچه (میلی گرم)				طول گیاهچه (میلی‌متر)				بنیه بذر		
	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	
آب مقطر	۸ ab	۲۷ c	۰۱۶ b	۱۳ c	۴ ab	۴۱۱ b	۴۱۱ b	۴۱۱ b	۳۰ bc	۲۹ b	۲۹ b	۲۹ b	۲۳ e	۲۳ e	۲۳ e	۲۳ e	۲۸ ab	۱۰ bc	اسکوتلاتا
روی	۹ a	۹ ab	۹ a	۲۰ b	۷ a	۲۱۱ bcd	۱۷ d	۱۷ d	۲۸ b	۲۸ c	۲۸ b	۲۸ b	۲۳ b	۲۳ b	۲۳ b	۲۳ b	۱۴ bc	۱۴ bc	روی
آهن	۷ ab	۴۹ bc	۹ a	۱۵ c	۵ a	۲۱۱ bcd	۵۳ a	۱۲ d	۴۲ a	۲۱ ab	۲۱ ab	۲۱ ab	۲۹ b	۲۹ b	۲۹ b	۲۹ b	۲۶ b	۲۶ b	آهن
آهن + روی	۱۱ a	۱۲ a	۱۰ a	۲۹ a	۷۱۲ a	۲۱۲ abc	۲۱۲ abc	۲۱۲ abc	۲۴ b	۲۴ a	۲۴ a	۲۴ a	۲۵ a	۲۵ a	۲۵ a	۲۵ a	۲۱ a	۲۱ a	آهن + روی
آب مقطر	۲ b	۵۶ bc	۰۱۸ b	۲۷ de	۲ d	۲۱۱ e	۲ d	۱۴ d	۹/۲ d	۷ c	۷ c	۷ c	۲۶ c	۲۶ c	۲۶ c	۲۶ c	۲۰ abc	۲۰ abc	اسکوتلاتا
روی	۳ b	۸ abc	۲۱۸ b	۰۱۰ e	۲۱۹ cd	۱۸ d	۵۳ a	۰۱۰ b	۷۱۵ d	۸ c	۸ c	۸ c	۴۵ b	۰۱۰ c	۰۱۰ c	۰۱۰ c	۲۴ ab	۲۴ ab	روی
آهن	۵ ab	۸ bc	۲۱۷ b	۲۷ de	۲۱۶ bc	۲۱۶ cd	۴۱۷ ab	۰۱۰۲ b	۱۰ d	۱۲ c	۱۲ c	۱۲ c	۵۵ a	۰۱۲ c	۰۱۲ c	۰۱۲ c	۲۷ ab	۲۷ ab	آهن
آهن + روی	۲۹ a	۶۱۳ bc	۲۱۸ b	۵۱۳ d	۴۱۱ b	۲۱۴ de	۲۱۴ de	۰۱۶ b	۸۱۵ d	۱۰ c	۱۰ c	۱۰ c	۲۵ d	۲۵ d	۲۵ d	۲۵ d	۲۲ bcd	۲۲ bcd	آهن + روی

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۷- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در دومین سطح تنش در مزرعه (قطع آبیاری از ۵۰ درصد گلدهی) و سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول در آزمایشگاه بر ویژگی‌های گیاهچه دو گونه یونجه یک‌ساله

محلول‌پاشی (پلی-PEG-6000) ←	میزان رشد گیاهچه (میلی گرم)				وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)				وزن خشک ساقچه (میلی گرم)				طول گیاهچه (میلی‌متر)				بنیه بذر		
	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	۶-	۹-	۰	۳-	
آب مقطر	۵ b	۷ bcd	۹۱۱ bc	۰۱۶ b	۴۱۴ b	۴۱۴ b	۴۱۴ b	۴۱۴ b	۲۱۶ ab	۲۱۶ ab	۲۱۶ ab	۲۱۶ ab	۲۱۶ ab	۲۱۶ ab	۲۱۶ ab	۲۱۶ ab	۲۵ ab	۲۵ ab	اسکوتلاتا
روی	۲ b	۵ d	۸۱۳ bcd	۱۱۴ d	۱۱۴ d	۲۱۹ ab	۱۱۴ d	۰۱۸ bc	۱۲۵ de	۱۶ bc	۱۶ bc	۱۶ bc	۲۲ ab	۱۰ bc	۱۰ bc	۱۰ bc	۲۳ b	۲۳ b	روی
آهن	۴۱۵ b	۱۴ a	۵۶ cd	۴۱۲ d	۲۱۳ b	۲۱۳ b	۲۱۳ b	۰۱۵ bc	۱۶ bcd	۱۶ bcd	۱۶ bcd	۱۶ bcd	۲۲ ab	۸ c	۲۲ ab	۲۲ ab	۲۶ ab	۲۶ ab	آهن
آهن + روی	۵۶ a	۱۰ ab	۱۲۱۳ a	۵۶۹ a	۴۱۶ cd	۲۱۲ b	۲۱۲ b	۲۱۲ b	۲۱۷ a	۲۱۷ a	۲۱۷ a	۲۱۷ a	۲۲ a	۲۰ a	۲۲ ab	۲۲ ab	۲۶ a	۲۶ a	آهن + روی
آب مقطر	۲ b	۵ d	۵۱۳ de	۱۱۴ d	۲۱۱ bc	۱۱۸ b	۱ d	۰۱۲ bc	۹ d	۵ c	۵ c	۵ c	۲۱۹ d	۰۱۰۱ d	۰۱۰۱ d	۰۱۰۱ d	۲۷ ab	۲۷ ab	اسکوتلاتا
روی	۲ b	۶۱۵ cd	۱۱ ab	۰۱۰۱	۴ a	۱۱۹ b	۱۱۹ b	۰۱۰۱	۱۲ cd	۱۲ cd	۱۲ cd	۱۲ cd	۱۶۷ bc	۲۱۹ cd	۲۱۹ cd	۲۱۹ cd	۲۱ ab	۲۱ ab	روی
آهن	۴۱۹ b	۵ d	۲ c	۱۱۴ d	۲۱۴ ab	۲۱۵ ab	۱۱۵ d	۰۱۲ c	۸ d	۱۰ de	۱۰ de	۱۰ de	۱۱۸ cd	۱۱۲ d	۱۱۲ d	۱۱۲ d	۲۱ b	۲۱ b	آهن
آهن + روی	۵ ab	۹ bc	۱۲۱۳ a	۹۱۳ c	۴۱۹ ab	۲۱۱ ab	۲۱۱ ab	۰۱۲ c	۱۶ bc	۲۶ a	۲۶ a	۲۶ a	۲۱۸ a	۱۷۱۸ a	۱۷۱۸ a	۱۷۱۸ a	۲۴ ab	۲۴ ab	آهن + روی

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

در گونه‌های اسکوتلاتا و پلی‌مورفا نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی و تیمار شاهد داشت (جدول ۷). اگرچه میزان رشد گیاهچه در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی با افزایش پتانسیل اسمزی افزایش یافت اما گونه‌ها

مقایسه میانگین‌های اثر متقابل در دومین سطح تنش خشکی (قطع آبیاری از ۵۰ درصد گلدهی) نشان داد که با افزایش تنش خشکی از ۳- بار به ۹- بار تیمار محلول‌پاشی آهن + روی بیشترین میزان رشد گیاهچه را

پاسخ متفاوتی به حضور توام آهن و روی در دانه بر وزن خشک گیاهچه نشان دادند (جدول ۷). گونه *اسکوتلاتا* در دومین سطح تنش خشکی، با افزایش پتانسیل اسمزی، میزان رشد گیاهچه بیشتری نسبت به گونه *پلی مورفا* داشت. به نظر می‌رسد این تفاوت‌ها به دلیل متفاوت بودن گونه‌ها در پاسخ به تیمارهای محلول پاشی آهن و روی باشد که بیانگر مقادیر متفاوت آهن و روی در بذره‌های دو گونه است (جدول ۱۱). فسفر از منابع تامین انرژی است و نقش مهمی در جوانه‌زنی بر عهده دارد. درصد فسفر در بذره‌های گونه *اسکوتلاتا* بیشتر از گونه *پلی مورفا* است و به احتمال زیاد حضور فسفر زیاد و مقدار کم آهن بذری، تاثیر بیشتری بر میزان رشد گیاهچه

در گونه *اسکوتلاتا* نسبت به گونه *پلی مورفا* داشته است (جدول‌های ۱۰ و ۱۱). محققین گزارش نموده‌اند که جذب فسفر زیاد در بذری سبب کاهش میزان آهن جذب شده در بذری می‌گردد (Zao & Bao, 2011). با اعمال تنش خشکی در شرایط آزمایشگاه انتظار می‌رود که وزن خشک گیاهچه‌ها بویژه از پتانسیل -۶ بار به -۹ بار کاهش قابل ملاحظه‌ای داشته باشد. پژوهشگران نشان داده‌اند که تنش خشکی در مزرعه سبب تولید بذره‌های کوچکتر جو زراعی (*Hordum vulgare*, L.) در مقایسه با تیمار شاهد گردید و چون آب کمتری نیاز دارند زودتر جوانه می‌زنند (Malaki Farahani & Chaichi, 2012).

جدول ۸- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل گونه و محلول پاشی در سومین سطح تنش (قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف) در مزرعه و سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول در آزمایشگاه بر ویژگی‌های گیاهچه دو گونه یونجه یک‌ساله

محل پاشی (بار)	میزان رشد گیاهچه (گرم)				وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)				وزن خشک ساقه چه (میلی گرم)				طول گیاهچه (میلی متر)				بنیه بذری
	۰	۳	۶	۹	۰	۳	۶	۹	۰	۳	۶	۹	۰	۳	۶	۹	
آب مقطر	۷/۸b	۹/۷b	۶/۳c	۱/۳cd	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۰-۱b
روی	۱۴a	۵/۷c	۲/۶cd	۱/۳cd	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۵/۹ab
آهن	۸b	۲۳/۷a	۱۶/۹a	۲۳/۳b	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۱۴/۶a
آهن + روی	۸b	۱۱/۵b	۹/۹b	۲۳/۳a	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۴/۵ab	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۱۱/۸a
آب مقطر	۲/۵c	۲/۳d	۵/۲c	۱/۳cd	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۱/۳c	۹d	۹d	۹d	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۳b
روی	۲/۳c	۲/۵cd	۵cd	۲/۳cd	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۱/۳c	۹d	۹d	۹d	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۰-۱b
آهن	۲/۶c	۴/۹cd	۲/۳d	۰-۱d	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۱/۳c	۹d	۹d	۹d	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۰-۱b
آهن + روی	۲/۳c	۲/۴cd	۴/۶cd	۲-۱b	۳/۱۳a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۱/۳c	۹d	۹d	۹d	۵/۱۳ab	۱/۳cd	۱/۳cd	۱/۳cd	۸/۵ab

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۹- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل گونه و محلول پاشی در چهارمین سطح تنش در مزرعه (قطع آبیاری قبل از گل‌دهی) و سطوح مختلف پلی اتیلن گلیکول در آزمایشگاه بر ویژگی‌های گیاهچه دو گونه یونجه یک‌ساله

محل پاشی (بار)	میزان رشد گیاهچه (گرم)				وزن خشک ریشه چه (میلی گرم)				وزن خشک ساقه چه (میلی گرم)				طول گیاهچه (میلی متر)				بنیه بذری
	۰	۳	۶	۹	۰	۳	۶	۹	۰	۳	۶	۹	۰	۳	۶	۹	
آب مقطر	۵/۸b	۵/۷ab	۹/۱ab	۱۳/۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۳c	۱/۱a	۲/۱۹a	۳/۷cd	۴/۸b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۸abc
روی	۴/۱ab	۷/۱۲b	۸/۹ab	۰-۱c	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲-۰a	۱a	۲/۱۹a	۲/۷d	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۳c
آهن	۴/۹ab	۷/۶ab	۹/۱ab	۷/۲۹a	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲-۰a	۱a	۲/۱۹a	۲/۷d	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۱۴a
آهن + روی	۵/۲a	۷/۳a	۱۱/۲a	۲/۶c	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲-۰a	۱a	۲/۱۹a	۲/۷d	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۱۲ab
آب مقطر	۲/۸b	۲/۷d	۵/۱bc	۲/۲b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲-۰a	۱a	۲/۱۹a	۲/۷d	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲bc
روی	۳/۱b	۴/۳cd	۲/۳c	۱۲/۱b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲-۰a	۱a	۲/۱۹a	۲/۷d	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۰-۱۷abc
آهن	۳/۵b	۴/۱cd	۴/۵bc	۱۲/۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲-۰a	۱a	۲/۱۹a	۲/۷d	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۴abc
آهن + روی	۷/۱a	۵/۹bc	۵/۹bc	۱۱/۷c	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲-۰a	۱a	۲/۱۹a	۲/۷d	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۲/۲۳b	۱/۳c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

بیشتر نسبت به تیمار شاهد (محلول پاشی با آب مقطر) گردید و سبب افزایش میزان رشد گیاهچه

در شرایط آزمایش نیز تنش خشکی در مزرعه سبب ایجاد بذره‌های کوچکتر با محتوای آهن و روی

al., 2009). گزارش شده است که روی در فعال کردن آنزیم‌ها در بذر نقش اساسی دارد (Colman, 1992; Wallace & Fachuke, 1993) و به احتمال زیاد فعالیت آنزیم‌ها در انحلال ترکیبات فنولی موجود در پوسته بذر یونجه‌های یکساله که مانع جذب فیزیکی آب توسط بذر هستند، نقش اساسی داشته باشند. قطع زمان آبیاری در دوره رویشی (۱۰ روز قبل از گل‌دهی) منجر به تنش شدید در دوره‌های رویشی و زایشی یونجه‌های یکساله شد. با افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- بار به ۶- بار تیمار محلول‌پاشی آهن + روی تفاوت آماری معنی‌داری با سایر تیمارهای محلول‌پاشی و تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) داشت.

در چهارمین سطح تنش خشکی در مزرعه، تنش شدید منجر به بذره‌های ریزتر شد (داده‌ها نشان داده نشده‌اند) اما بذره‌های ریزتر نتوانستند میزان رشد گیاهچه بالاتری در پتانسیل ۹- بار پلی‌اتیلن گلیکول در گونه اسکوتالاتا داشته باشند اما در گونه پلی‌مورفا همه تیمارهای محلول‌پاشی نسبت به تیمار شاهد میزان رشد گیاهچه بیشتری داشتند (جدول ۹). گزارش شده است که خشکی باعث کاهش جوانه‌زنی می‌شود ولی چون بذره‌های ریز تولید شده آب کمتری برای جوانه‌زنی نیاز دارند زودتر جوانه می‌زنند (Kaya et al., 2008).

وزن خشک ریشه‌چه

اثر متقابل چهار گانه محلول‌پاشی، تنش خشکی در مزرعه و تحمیل تنش با پلی‌اتیلن گلیکول در آزمایشگاه بر وزن خشک ریشه‌چه در سطوح مختلف تنش خشکی در مزرعه معنی‌دار بود (جدول ۴). در شرایط بدون تنش (شاهد) وزن خشک ریشه‌چه تحت تاثیر پتانسیل اسمزی پلی‌اتیلن گلیکول قرار گرفت (جدول ۶). بیشترین وزن خشک ریشه‌چه در پتانسیل اسمزی صفر بار پلی‌اتیلن گلیکول و تیمار محلول‌پاشی آهن + روی مشاهده شد. با افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- به ۹- بار وزن خشک ریشه‌چه در گونه اسکوتالاتا کاهش یافت اما تیمار محلول‌پاشی آهن + روی نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی و تیمار شاهد تفاوت معنی‌داری بر وزن خشک ریشه‌چه داشت (جدول ۳). گونه پلی‌مورفا در پتانسیل‌های ۳- بار و ۶- بار تیمار محلول‌پاشی آهن وزن خشک ریشه‌چه بیشتری نسبت به سایر تیمارهای

بیشتری شده است (داده‌ها نشان داده نشده‌اند). بنابر این امکان هم‌افزایی بین محلول‌پاشی و تنش خشکی مینی بر افزایش رشد گیاهچه‌ها محتمل به نظر می‌رسد. میزان رشد گیاهچه در سومین سطح تنش خشکی در مزرعه نشان داد که در پتانسیل ۹- بار پلی‌اتیلن گلیکول تیمار محلول‌پاشی آهن + روی در گونه‌های اسکوتالاتا و پلی‌مورفا برتری بیشتری نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی داشت (جدول ۸). در پتانسیل‌های ۳- بار و ۶- بار پلی‌اتیلن گلیکول محلول‌پاشی آهن نسبت به تیمار شاهد (پتانسیل صفر بار پلی‌اتیلن گلیکول) برتری داشت (جدول ۸). تحمیل تنش خشکی به گیاهچه‌های بذره‌های برداشت شده از مزرعه در شرایط محلول‌پاشی و قطع آبیاری نتوانسته سبب کاهش وزن خشک گیاهچه گردد. انتظار می‌رود که پتانسیل‌های اسمزی بالا میزان رشد گیاهچه را کاهش دهد اما محلول‌پاشی آهن و روی و حضور عناصر در بذر بر بنیه بذره‌های تاثیر مثبت داشته و مانع کاهش میزان رشد گیاهچه در پتانسیل‌های اسمزی بالا شده است. مطالعات مختلف نشان داده است که پلی‌اتیلن گلیکول سبب کاهش درصد جوانه‌زنی در نخود زراعی (Okcu et al., 2005) و برنج (Pirdashti et al., 2003) شد. در سطوح پتانسیل اسمزی کاهش تعداد گیاهچه‌های عادی و قوی گزارش گردیده و بیان شده است که با افزایش سطوح پتانسیل اسمزی بدلیل کاهش جذب آب، جوانه‌زنی بذرها کاهش می‌یابد و منجر به کاهش گیاهچه‌های با بنیه بالا می‌گردد (Menses et al., 2011). کاهش جوانه‌زنی در پتانسیل‌های اسمزی کم بدلیل کاهش جذب آب در پوسته بذر می‌باشد در صورتی که با افزایش پتانسیل اسمزی، جوانه‌زنی متوقف می‌شود و به نظر می‌رسد که کاهش حرکت آب به سمت بذر، و قابلیت دسترسی بذرها به آب برای جذب فیزیکی از دلایل احتمالی کاهش جوانه‌زنی در شرایط تنش خشکی باشند (Menses et al., 2011). کاهش جوانه‌زنی در بذره‌های یونجه‌های یکساله بعد از برداشت به دلیل سختی بذر بالا (بیشتر از ۹۶ درصد) توسط محققان گزارش شده است (Delpozo & Ovalle, 2009) شرایط محیطی حاکم بر نمو بذر بر شکل‌گیری خواب اثر دارد و فعالیت هورمون‌ها و آنزیم‌ها نقش مهمی در حذف خواب بذر و تحریک آن‌ها به جوانه‌زنی دارند (Otroshi et

محلول پاشی داشت (جدول ۶). به نظر می‌رسد این تفاوت‌ها به دلیل واکنش مختلف گونه‌ها به جذب و انتقال آهن و روی به بذر باشد که توسط پژوهشگران گزارش شده است (Rengel & Graham, 1995a).

دومین سطح تنش خشکی واکنش گونه‌ها به تحمل تنش خشکی کمی متفاوت‌تر از واکنش آن‌ها در شرایط بدون تنش بود. با افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- بار به ۹- بار تیمار محلول پاشی آهن + روی سبب افزایش وزن خشک ریشه‌چه در گونه اسکوتالاتا شد اما در گونه پلی‌مورفا تیمار محلول پاشی روی بر وزن خشک ریشه موثرتر از سایر تیمارهای محلول پاشی بود (جدول ۷). روند انتقال آهن و روی به بذر در مرحله رویشی و زایشی متفاوت است. گزارش شده است که بیشترین انتقال آهن و روی به بذر در مرحله زایشی از فتوسنتز جاری صورت می‌گیرد (Markovic et al., 2009) و اعمال تنش خشکی بر روند انتقال آهن و روی به بذر از طریق انتقال مجدد نیز مزید بر علت است و بنابراین به نظر می‌رسد که تحمل تنش بر گیاهچه‌های ناشی از بذره‌های جمع‌آوری شده در شرایط تنش خشکی در مزرعه متفاوت‌تر از شرایط بدون تنش (شاهد) باشد. از منظر دیگر کارایی گونه‌ها در انتقال و جذب روی در شرایط مختلف به بذر متفاوت می‌باشد (Rengel & Graham, 1995a). گونه اسکوتالاتا در شرایط بدون تنش در مزرعه در تیمار محلول پاشی آهن، دارای آهن بیشتری در دانه، نسبت به گونه پلی‌مورفا بود در صورتی که در همه سطوح تنش خشکی در مزرعه، گونه پلی‌مورفا دارای آهن بیشتری در تیمار محلول پاشی آهن نسبت به گونه اسکوتالاتا بود (جدول ۱۳). پایین بودن مقدار آهن بذر در تیمار محلول پاشی آهن + روی به دلیل برهمکنش منفی بین آهن و روی گزارش شده است (Zao & Bao, 2011).

سومین سطح تنش خشکی در مزرعه (قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین) نشان داد که تیمار محلول پاشی آهن + روی در همه سطوح پتانسیل اسمزی پلی‌اتیلن‌گلیکول تفاوت آماری معنی‌داری با سایر تیمارهای محلول پاشی و تیمار شاهد در گونه‌های اسکوتالاتا و پلی‌مورفا داشت (جدول ۸).

چهارمین سطح تنش خشکی در مزرعه (قطع آبیاری ۱۰ روز قبل از گل‌دهی) نشان داد که با اعمال تنش بر گیاهچه‌ها از پتانسیل ۳- بار به پتانسیل ۶- بار تیمار محلول پاشی آهن + روی بیشترین وزن خشک ریشه‌چه را داشت اما در پتانسیل اسمزی ۹- بار بین تیمارهای محلول پاشی تفاوت آماری در هر دو گونه مشاهده نشد (جدول ۹). پژوهشگران گزارش نموده‌اند که با افزایش پتانسیل اسمزی پلی‌اتیلن‌گلیکول کاهش معنی‌داری در درصد جوانه‌زنی، طول ریشه‌چه، طول ساقه‌چه و بنیه بذره‌های مشاهده شد (Hamidi, 2010). (Safarnejad & Safarnejad, 2010). تنش خشکی در گیاهچه‌های جوان منجر به تغییرات متابولیکی می‌شود که به نوع ژنوتیپ و شرایط محیطی حاکم بر نمو بذر بستگی دارد (De & Kar, 1994). برخی دیگر نیز گزارش نموده‌اند که طول ریشه‌چه و سرعت رشد آن در اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد (Yadavi et al., 2000). احتمال می‌رود که کاهش وزن خشک ریشه‌چه در شرایط محلول پاشی و اعمال تنش خشکی با پلی‌اتیلن‌گلیکول بدلیل کاهش انتقال عناصر غذایی آهن و روی به به محور لپه باشد زیرا گزارش شده است که کاهش درصد جوانه‌زنی و رشد گیاهچه در شرایط تنش رطوبتی ممکن است بدلیل کاهش تجزیه مواد اندوسپرم و یا کاهش انتقال مواد به گیاهچه باشد بطوری که در ذرت تنش رطوبتی بر متابولیسم پروتئین و اسیدهای نوکلئیک اثر گذاشت و سبب کاهش رشد گیاهچه گردید (Safarnejad, 2008).

وزن خشک ساقه‌چه

وزن خشک ساقه‌چه یا اندام هوایی نسبت به ریشه چه با شدت بیشتری تحت تاثیر تنش خشکی قرار می‌گیرد. اثر متقابل چهار گانه محلول پاشی، تنش خشکی در مزرعه و تحمیل تنش با پلی‌اتیلن‌گلیکول در آزمایشگاه بر وزن خشک ساقه‌چه در سطوح مختلف تنش خشکی در مزرعه معنی‌دار بود (جدول ۴).

مقایسه میانگین‌ها در اولین سطح تنش خشکی در مزرعه نشان داد که با تحمیل تنش توسط پلی‌اتیلن‌گلیکول و افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- بار به ۹- بار تیمارهای محلول پاشی آهن و آهن + روی سبب افزایش وزن خشک ساقه‌چه در گونه اسکوتالاتا شدند اما تفاوت

با افزایش پتانسیل اسمزی از ۳- بار به ۹- بار تیمار محلول‌پاشی آهن + روی تفاوت معنی‌داری با تیمار شاهد نشان داد (جدول ۶). پژوهشگران گزارش کرده‌اند که رشد ساقچه حساسیت بیشتری نسبت به رشد ریشه‌چه به تنش خشکی نشان می‌دهد (Yadavi et al., 2000) دیگر مطالعه‌ها نشان دادند که بوته‌های در معرض تنش شدید رطوبتی، بذره‌های حاصل از آن‌ها کامل نبودند و رشد بافت‌های جنین، ریشه‌چه و ساقچه مختل شدند (Busso et al., 1998) دلیل وجود تفاوت بین گونه‌ها ممکن است ناشی از مقاومت ژن‌ها در ساختمان کروموزوم‌ها و یا جذب آب بیشتر توسط کولتیوارهای مقاوم باشد (Busso et al., 1988). گزارش شده است که گونه اسکوئلاتا از گونه‌های مقاوم به خشکی و گونه پلی‌مورفا از گونه‌های حساس به خشکی می‌باشد (poor fard Jahromi pahlavan, 1997).

آماري بين تیمارهای محلول‌پاشی بر وزن خشک ساقچه بر گونه پلی‌مورفا مشاهده نشد (جدول ۶). در دومین سطح تنش خشکی (قطع آبیاری از ۵۰ درصد گل‌دهی) تیمار محلول‌پاشی آهن + روی سبب افزایش وزن خشک ساقچه در هر دو گونه مورد آزمایش گردید (جدول ۷). وزن خشک ساقچه در سومین سطح تنش خشکی تغییرات قابل ملاحظه‌ای داشت. در گونه اسکوئلاتا محلول‌پاشی آهن و آهن+ روی سبب کاهش اثر تنش خشکی ناشی از پلی‌اتیلن‌گلیکول بر گیاهچه‌ها نسبت به تیمار شاهد (محلول‌پاشی با آب مقطر) گردید اما در گونه پلی‌مورفا محلول‌پاشی آهن + روی سبب افزایش وزن خشک ساقچه نسبت به تیمار شاهد شد (جدول ۸). در چهارمین سطح تنش خشکی وضعیت وزن خشک ساقچه مشابه سومین سطح تنش خشکی بوده و

جدول ۱۰- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار آهن موجود در بذر

تنش خشکی ←	آبیاری کامل	قطع آبیاری از ۵۰ درصد گل‌دهی	قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین	قطع آبیاری قبل از گل‌دهی
گونه ↓	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)
اسکوئلاتا	۸۲ c	۸۱ e	۱۱۰ cd	۱۶۸ de
	۹۳ c	۱۲۱ e	۸۱ cd	۱۲۰ e
	۶۵۰ a	۱۵۰ ed	۱۰۸ d	۱۶۷ de
	۸۹ c	۹۴ e	۹۶ d	۱۱۹ e
پلی مورفا	۱۶۴ c	۲۶۷ bc	۱۳۳ cd	۴۶۷ b
	۲۸۷ b	۲۱۵ cd	۲۲۲ c	۲۳۷ d
	۲۹۵ b	۵۷۷ a	۴۹۴ a	۴۶۲ a
	۱۶۴ c	۳۵۸ b	۳۵۱ b	۳۴۳ c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی‌داری ندارند.

پتانسیل اسمزی از ۳- بار تا ۶- بار طول گیاهچه‌ها افزایش یافت اما در پتانسیل ۹- بار طول گیاهچه اندکی کم گردید اما تفاوت آماری با پتانسیل‌های اسمزی ۳- بار و ۶- بار نداشت (جدول ۶). بنیه گیاهچه‌ها در تیمارهای محلول‌پاشی آهن و آهن + روی بیشتر از سایر تیمارهای محلول‌پاشی بود (جدول ۳). به نظر می‌رسد افزایش بنیه بذره‌های بدلیل تاثیر توأم آهن و روی در بذر باشد. انتظار می‌رود که با افزایش پتانسیل اسمزی به‌دلیل کاهش طول گیاهچه و کاهش درصد جوانه‌زنی بنیه گیاهچه‌ها کاهش یابد اما حضور عناصر آهن و روی

بنیه بذر

اثر متقابل چهار گانه محلول‌پاشی، تنش خشکی در مزرعه و تحمیل تنش با پلی‌اتیلن‌گلیکول در آزمایشگاه بر وزن خشک ساقچه در سطوح مختلف تنش خشکی در مزرعه معنی‌دار بود (جدول ۴). مقایسه میانگین‌ها در اولین سطح تنش نشان داد که طول گیاهچه در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی تفاوت آماری معنی‌داری با سایر تیمارهای محلول‌پاشی و تیمار شاهد داشت (جدول ۶). اثر پلی‌اتیلن‌گلیکول بر بنیه گیاهچه‌ها در شرایط محلول‌پاشی نشان داد که با افزایش

تنش خشکی در مزرعه نشان داد که با وجود تاثیر مثبت و معنی دار محلول پاشی بر بنیه گیاهچه‌ها، با افزایش پتانسیل اسمزی پلی اتیلن گلیکول از ۳- بار به ۹- بار بنیه گیاهچه‌ها اندکی کاهش یافت اما منجر به تفاوت آماری معنی دار بین تیمارهای پتانسیل اسمزی در محلول پاشی تیمار آهن + روی نگردید (جدول‌های ۷، ۸ و ۹).

در بذر مانع کاهش بنیه بذر گردید. پژوهشگران بیان داشته‌اند که با افزایش پتانسیل اسمزی طول گیاهچه‌ها کاهش می‌یابد و منجر به کاهش بنیه گیاهچه‌ها در شرایط بدون محلول پاشی می‌گردد Hamidi & (Safarnejad, 2010). نتایج مطالعه حاضر نشان داد که بنیه گیاهچه‌ها در شرایط محلول پاشی کاهش آماری معنی داری نداشت. اثر محلول پاشی در سایر سطوح

جدول ۱۱- مقایسه میانگین‌های آهن، روی و فسفر بذر دو گونه یونجه یک‌ساله

گونه	آهن (ppm)	روی (ppm)	فسفر (/.)
M. Scutellata cv comertial	۱۴۵ b	۶۸ a	۰/۵۵ a
M. Polymorpha cv serena	۳۲۵ a	۵۸ b	۰/۴۶ b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

شیمی بذر

اثر محلول پاشی بر محتوای آهن، روی و فسفر بذر

اثر محلول پاشی بر مقدار آهن بذر در سطح ۱ درصد و بر درصد فسفر بذر در سطح ۵ درصد معنی دار بود. اما بر مقدار روی بذر معنی دار نبود (جدول ۱۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار آهن بذر در تیمار محلول پاشی آهن بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۱۳). همبستگی بین روی و فسفر نشان داد که بین مقدار آهن و روی بذر همبستگی منفی و معنی داری ($r = -0/62^{**}$) وجود داشت. به احتمال زیاد روی یکی از عوامل مهم کاهش انتقال آهن به دانه باشد. گزارش‌های قبلی نشان داده است که همبستگی منفی معنی داری بین آهن و روی مینی بر انتقال در اندام‌های هوایی به اجزای زایشی وجود دارد (Zao & Bao, 2011). همچنین همبستگی منفی و معنی داری ($r = -0/34^{**}$) بین مقدار فسفر و آهن بذر مشاهده شد (جدول ۱۵). تفاوت آماری بین تیمارهای محلول پاشی از نظر درصد فسفر بذر وجود نداشت اما بیشترین مقدار فسفر در تیمار محلول پاشی آهن + روی مشاهده شد (جدول ۱۵). به نظر می‌رسد دلیل کاهش مقدار آهن بذر در تیمار محلول پاشی آهن + روی وجود همبستگی

منفی بین آهن و روی ($r = -0/62^{**}$) و همبستگی منفی بین آهن و فسفر ($r = -0/34^{**}$) باشد که مانع انتقال آهن به دانه شده‌اند. از منظر دیگر با وجود عدم تفاوت معنی دار بین تیمارهای محلول پاشی از نظر درصد فسفر، تیمار محلول پاشی آهن دارای درصد فسفر کمتری نسبت به تیمارهای محلول پاشی روی و آهن + روی بود (جدول ۱۳). جدول تجزیه واریانس نشان داد که گونه‌ها در واکنش به محلول پاشی آهن و روی در سطح احتمال ۱ درصد متفاوت بودند (جدول ۵). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که مقدار آهن بذر گونه اسکوتلاتا کمتر از گونه پلی مورفا بود (جدول ۱۴). گزارش شده است که آهن به راحتی از برگ‌های رسیده لوبیا به بذر منتقل می‌شود (Zang et al., 1995). البته کارایی انتقال آهن در گونه‌های مختلف گیاهی متفاوت است بطوری که گندم و برنج از گونه‌های با کارایی پایین در انتقال آهن بشمار می‌روند (Miller et al., 1994; Marr et al., 1995).

محتوای روی بذر در گونه‌های اسکوتلاتا و پلی مورفا متفاوت بود و گونه اسکوتلاتا دارای مقدار روی بیشتری نسبت به گونه پلی مورفا بود (جدول ۱۴). بر اساس گزارشات موجود گونه اسکوتلاتا از گونه‌های کارآمد در جذب و انتقال روی و گونه پلی مورفا از گونه‌های غیر

همبستگی منفی و معنی‌دار بین فسفر و آهن ($r = -0.34^*$) به احتمال زیاد یکی دلایل پایین بودن آهن دانه در گونه /اسکوتلاتا می‌باشد. دلیل احتمالی دیگر این تفاوت به کارایی جذب و انتقال آهن و روی در گونه‌ها مربوط می‌شود (Rengel & Graham, 1995a).

کارآمد نسبت به جذب روی تشخیص داده شده‌اند (Rangel & Graham, 1995a). میزان فسفر بذر در گونه‌های پلی‌مورفا و /اسکوتلاتا متفاوت بود (جدول ۱۶). به نظر می‌رسد تاثیر فسفر بر مقدار آهن بیشتر از تاثیر آن بر مقدار روی بود. فسفر اثر بازدارنده‌ای بر انتقال آهن به بذر در گونه /اسکوتلاتا داشت (جدول ۱۰).

جدول ۱۲- تجزیه واریانس میانگین مربعات اثرهای تنش خشکی و محلول پاشی بر مقدار آهن، روی و فسفر بذر دو گونه یونجه یک ساله

منابع تغییرات	درجه آزادی	آهن بذر (ppm)	روی بذر (ppm)	فسفر بذر (درصد)
بلوک	۲	۹۵۴۰	۸۰۷	۱/۳
تنش خشکی (W)	۳	۲۸۷۸۶**	۲۶۸	۰/۰۲۷۸
خطای ۱	۶	۲۰۲۲ns	۱۰۵	۰/۱۰۶
گونه (V)	۱	۷۸۹۲۵۷**	۲۳۳۸**	۰/۱۶۳**
محلول پاشی (F)	۳	۱۲۹۳۸۴**	۸۴	۰/۰۲۸*
(W*V)	۳	۹۴۲۷۰**	۱۹۹/۶۱	۰/۰۰۹
(W*F)	۹	۶۰۷۸۴**	۸۳/۴	۰/۰۰۵۸
(F*V)	۳	۱۴۸۲۵**	۱۳۴/۶	۰/۰۱۶
(F*V*W)	۹	۵۷۴۰۳**	۶۰	۰/۰۱۵۶
خطای ۲	۵۶	۳۴۵۰۰	۹۹/۲	۰/۰۰۹
(CV %)		۲۴	۱۶	۱۹/۸

***،**،* برترتیب در سطح ۱ و ۵ درصد معنی دار.

جدول ۱۳- مقایسه میانگین‌های محلول‌پاشی بر مقدار آهن و فسفر بذر

محلول پاشی	آهن (ppm)	فسفر (/)
آب مقطر (شاهد)	۲۰۱ bc	۰/۴۶b
روی	۱۷۲ c	۰/۵۲ a
آهن	۳۴۰ a	۰/۵۰ ab
آهن + روی	۲۳۰b	۰/۵۴ a

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۱۴- مقایسه میانگین‌های آهن، روی و فسفر بذر دو گونه یونجه یک‌ساله

گونه	آهن (ppm)	روی (ppm)	فسفر (/)
M. Scutellata cv comertial	۱۴۵ b	۶۸a	۰/۵۵a
M. Polymorpha cv serena	۳۲۵a	۵۸ b	۰/۴۶b

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

مقدار آهن بیشتری نسبت به گونه پلی‌مورفا بود (جدول ۱۵). کمترین مقدار آهن بذر در گونه /اسکوتلاتا در تیمارهای محلول‌پاشی روی و آهن + روی مشاهده شد (جدول ۱۵). به نظر می‌رسد اثر بازدارنده روی بر آهن ($r = -0.62^*$) و کارایی بالای گونه /اسکوتلاتا در جذب و انتقال روی به دانه (Rengel & Graham,)

اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار آهن و روی بذر

تجزیه واریانس (جدول ۱۲) نشان داد که اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی در سطح ۱ درصد بر مقدار آهن بذر معنی‌دار بود. گونه /اسکوتلاتا در تیمار شاهد و تیمار محلول‌پاشی آهن دارای

بین آهن و روی در فرایند تخلیه از آوندها به بذر را دلیل کاهش مقدار دو عنصر ذکر نموده‌اند (Alloway, 2008). تفاوت گونه‌ها در واکنش به تیمارهای محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد نشان داد که گونه پلی‌مورفا نسبت به گونه اسکوتالاتا در انتقال آهن به دانه برتری داشت (جدول ۱۵). بیشترین مقدار آهن بذر در گونه پلی‌مورفا و تیمار محلول‌پاشی آهن در تیمارهای تنش خشکی نسبت به تیمار شاهد حاصل گردید (جدول ۱۵).

و (1995a) و بالا بودن درصد فسفر (جدول ۱۴) و همبستگی منفی بین آهن و فسفر ($-0/34^*$) سبب کاهش مقدار آهن بذر شده است. گزارش شده است که روی در جذب و انتقال آهن دخالت می‌کند در حالی که آهن زمانی در جذب و انتقال روی دخالت می‌کند که غلظت روی بالا باشد (Alloway, 2008). گزارش‌های دیگر بیان نموده‌اند که ممکن است بین انتقال آهن و روی به بذر رقابت وجود داشته باشد (Kabata-Pendias, 2001). برخی دیگر احتمال رقابت دو عنصر روی و آهن طی فرایند کلاته شدن و رقابت بازدارنده‌ای

جدول ۱۵- مقایسه میانگین‌های اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی بر مقدار آهن موجود در بذر

تنش خشکی ←	آبیاری کامل	قطع آبیاری از ۵۰ درصد گل‌دهی	قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین گل‌دهی	قطع آبیاری قبل از گل‌دهی
گونه ↓	↓ محلول‌پاشی	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)	مقدار آهن بذر (ppm)
اسکوتالاتا	آب مقطر	۸۲ c	۸۱ e	۱۶۸ de
	روی	۹۳ c	۱۲۱ e	۱۲۰ e
	آهن	۶۵۰ a	۱۵۰ ed	۱۶۷ de
	آهن + روی	۸۹ c	۹۴ e	۱۱۹ e
پلی مورفا	آب مقطر	۱۶۴ c	۲۶۷ bc	۴۶۷ b
	روی	۲۸۷ b	۲۱۵ cd	۲۳۷ d
	آهن	۲۹۵ b	۵۷۷ a	۴۶۲ a
	آهن + روی	۱۶۴ c	۳۵۸ b	۳۴۳ c

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

جدول ۱۶- مقایسه میانگین اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی در مزرعه بر سبختی بذر یونجه‌های یک‌ساله

تنش خشکی ←	آبیاری کامل	قطع آبیاری از ۵۰٪ گل‌دهی	قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین	قطع آبیاری قبل از شروع گل‌دهی	دانه سخت (%)	گونه ↓
↓ محلول‌پاشی	دانه	دانه	دانه	دانه	دانه	↓
چوانه زده (%)	چوانه زده (%)	چوانه زده (%)	چوانه زده (%)	چوانه زده (%)	چوانه زده (%)	آب مقطر
۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	روی
۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	آهن
۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	آهن + روی
۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	آب مقطر
۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	روی
۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	آهن
۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	۲۹ a	آهن + روی

در هر ستون میانگین‌هایی که دارای حروف مشترک هستند بر اساس آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد تفاوت معنی داری ندارند.

بذر متفاوت بود (جدول ۱۶). در شرایط بدون تنش گونه اسکوتالاتا در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی دارای کمترین سبختی بذر نسبت به محلول‌پاشی آهن و روی بود (جدول ۱۶). با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین تیمارهای محلول‌پاشی در گونه پلی‌مورفا بر سبختی بذر، میزان سبختی بذر در شرایط عدم تنش رطوبتی حدود

اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی بر سبختی بذر در سطوح مختلف تنش خشکی

اثر متقابل گونه و محلول‌پاشی در سطوح مختلف تنش خشکی بر سبختی بذر در سطح ۱ درصد معنی‌دار بود (جدول ۱۲). مقایسه میانگین‌ها نشان داد که واکنش گونه‌ها در شرایط تنش خشکی و محلول‌پاشی بر سبختی

می‌دهند. گونه *اسکوتلاتا* کمترین سختی بذر را در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی، و گونه *پلی‌مورفا* کمترین سختی بذر را در تیمار محلول‌پاشی آهن داشت (جدول ۱۶). تیمارهای محلول‌پاشی در تنش شدید خشکی (قطع آبیاری ۱۰ روز قبل از گل‌دهی) نسبت به تیمار شاهد تفاوت آماری نداشتند اما میزان سختی بذر حدود ۲۰ تا ۲۹ درصد برآورد گردید که نشان دهنده کاهش سختی بذر در هر دو گونه نسبت به تیمار شاهد (شاهد) می‌باشد. گزارش‌های مختلف نشان داده‌اند که میزان سختی بذر گونه *پلی‌مورفا* ۹۵ - ۸۵ درصد (1996) (Poraueddu et al., 2000) و ۹۸ درصد (Loi et al., 2000) بود. سختی بذر در شرایط اکولوژیکی مزرعه در زمان خشک شدن بذر بوجود می‌آید و عوامل متعددی از جمله دما، خشکی، رطوبت نسبی و عوامل فیزیولوژیکی نظیر هورمون‌های گیاهی (ABA) بر سختی بذر موثر واقع شده‌اند (Delpozo & Ovalle, 2009).

همبستگی بین صفات مختلف گیاهچه و عناصر محلول‌پاشی شده

نتایج همبستگی‌ها نشان داد که همبستگی منفی و معنی‌داری ($r = -0.62^{**}$) بین آهن و روی؛ آهن و فسفر ($r = -0.34^*$) بذر مشاهده گردید. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقدار آهن، روی و فسفر بر بنیه بذر به-ترتیب ($r_{zn} = 0.54^{**}$ $r_{fe} = 0.51^{**}$ $r_p = 0.81^{**}$) تایید کننده تاثیر آنها بر بنیه بذر می‌باشد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فسفر و جوانه-زنی ($r = 0.67^{**}$)، آهن و جوانه‌زنی ($r = 0.66^{**}$) و روی و جوانه‌زنی ($r = 0.53^{**}$) مشاهده گردید (جدول ۱۷).

۳۰ درصد برآورد گردید (جدول ۱۶). در دومین سطح تنش خشکی تیمار محلول‌پاشی روی سبب کاهش سختی بذر بذره‌های گونه *اسکوتلاتا* نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی و تیمار شاهد شد در حالی‌که در گونه *پلی‌مورفا* کمترین سختی بذر در تیمار محلول‌پاشی آهن مشاهده گردید (جدول ۱۶). به نظر می‌رسد یکی از دلایل احتمالی کاهش سختی بذر گونه‌ها در پاسخ به تیمارهای محلول‌پاشی، تفاوت آنها در انتقال آهن و روی به بذر باشد. گونه *پلی‌مورفا* دارای مقدار آهن بیشتری در بذر نسبت به گونه *اسکوتلاتا* بود (جدول ۱۴) و کاهش سختی بذر در گونه *پلی‌مورفا* را می‌توان به بالا بودن مقدار آهن بذر نسبت داد. گونه *اسکوتلاتا* دارای مقدار روی بیشتری در بذر نسبت به گونه *پلی‌مورفا* بود (جدول ۱۴) و به احتمال زیاد روی سبب نرم شدن پوسته و کاهش سختی بذر گردید (جدول ۱۶). در گونه *اسکوتلاتا* و تیمار محلول‌پاشی روی تعداد بذره‌های جوانه زده بیشتر از سایر تیمارها بود (جدول ۱۶). بر خلاف گونه *اسکوتلاتا*، گونه *پلی‌مورفا* در تیمار محلول‌پاشی آهن دارای کمترین سختی بذر بود. به نظر می‌رسد که وجود آهن بیشتر در دانه گونه *پلی‌مورفا* سبب تحریک جوانه‌زنی و کاهش سختی بذر گردید اما مشابه گونه *اسکوتلاتا*، درصد بذره‌های نرم شده و جوانه زده نیز در گونه *پلی‌مورفا* نسبت به سایر تیمارهای محلول‌پاشی، بیشتر بود (جدول ۱۶). تفاوت گونه‌ها در کارایی انتقال روی توسط پژوهشگران گزارش شده است (Rengel & Graham, 1995a). واکنش گونه‌ها در سومین سطح تنش خشکی و تیمارهای محلول‌پاشی تفاوت بیشتری نسبت به تیمار شاهد (بدون تنش) نشان

جدول ۱۷- همبستگی بین صفات مختلف جوانه‌زنی دو گونه یونجه یکساله

	میزان رشد گیاهچه	وزن خشک ریشه‌چه	وزن خشک ساقه‌چه	جوانه زنی	بنیه بذر	فسفر	روی	آهن
آهن	۰/۷۳**	۰/۱۵ ns	۰/۴۱*	۰/۶۶**	۰/۵۲**	۰/۳۴*	-۰/۶۲**	۱
روی	۰/۵۴**	۰/۲۰ ns	۰/۴۴*	۰/۵۲**	۰/۵۴**	-۰/۴۸**	۱	
فسفر	۰/۵۱**	**	۰/۴۲*	۰/۶۷**	۰/۸۱**	۱		
بنیه بذر	۰/۷۴**	۰/۱۷ ns	۰/۷۸**	۰/۸۷**	۱			
جوانه زنی	۰/۶۴**	۰/۱۸ ns	۳۱ ns	۱				
وزن خشک ساقه‌چه	۰/۶۶**	۰/۲۱ ns	۱					
وزن خشک ریشه‌چه	۰/۲۳ ns	۱						
میزان رشد گیاهچه	۱							

صفات مختلف گیاهچه‌های تولید شده از بذره‌های محلول‌پاشی شده از جمله میزان رشد گیاهچه، وزن خشک ساقه‌چه، وزن خشک ریشه‌چه، طول گیاهچه و

نتیجه‌گیری کلی

به‌طور کلی می‌توان گفت که حضور توام عناصر ریزمغذی روی و آهن (آهن + روی) تاثیر مثبتی بر

همبستگی منفی و معنی‌داری (** $r = -0.62$) بین آهن و روی؛ آهن و فسفر (** $r = -0.34$) بذر مشاهده گردید. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین مقدار آهن، روی و فسفر بر بنیه بذر بترتیب ** $r_{Zn} = 0.51$ ، ** $r_{Fe} = 0.54$ و ** $r_p = 0.54$ تایید کننده تاثیر آنها بر بنیه بذر می‌باشد. همچنین همبستگی مثبت و معنی‌داری بین فسفر و جوانه‌زنی (** $r = 0.67$)، آهن و جوانه‌زنی (** $r = 0.66$) و روی و جوانه‌زنی (** $r = 0.53$) بیان کننده اثر افزایش عناصر بر درصد جوانه‌زنی و بنیه بذر می‌باشد. نتایج کلی حاصل از مطالعه نشان داد که محلول‌پاشی عناصر آهن و روی در شرایط تنش خشکی سبب تولید بذرهایی گردید که مقاومت بهتری در برابر تنش خشکی در شرایط آزمایشگاه داشتند. تیمار محلول‌پاشی آهن + روی نسبت به سایر تیمارها تاثیر معنی‌داری در افزایش میزان رشد گیاهچه، وزن خشک ریشه‌چه، وزن خشک ساقه‌چه و بنیه گیاهچه‌های تولیدی داشت.

سپاسگزاری

نویسندگان مقاله بر خورد لازم می‌دانند از مدیریت محترم سازمان مراتع و جنگلها و مدیریت مرکز تحقیقات البرز کرج که در اجرای پژوهش حاضر همکاری لازم را مبذول داشته‌اند، تقدیر و تشکر نمایند.

بنیه بذر داشت و سبب افزایش تحمل گیاهچه‌ها در برابر پتانسیل‌های اسمزی ناشی از پلی‌اتیلن گردید. نتایج نشان داد که محلول‌پاشی آهن و روی در مزرعه، میزان آهن و روی بذر دو گونه یونجه یکساله را افزایش داد. میزان آهن و روی در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی همواره کمتر از تیمارهای محلول‌پاشی آهن و روی بود. با وجود این تیمار محلول‌پاشی آهن + روی بر بوته‌های مادری دو گونه یونجه یکساله سبب افزایش بنیه گیاهچه‌های تولید شده گردید. گونه‌ها عکس العمل متفاوتی به انتقال آهن و روی به بذر نشان دادند به‌طوری‌که میزان آهن بذر گونه اسکوتالاتا کمتر از آهن بذر گونه پلی‌مورفا بود اما مقدار روی بذر گونه پلی‌مورفا بیشتر از گونه اسکوتالاتا برآورد گردید. درصد سختی بذر در واکنش به محلول‌پاشی آهن و روی کاهش یافت. گونه اسکوتالاتا در پاسخ به محلول‌پاشی آهن و گونه پلی‌مورفا در پاسخ به محلول‌پاشی روی سختی بذر کمتری داشتند. درصد جوانه زنی بذر گونه اسکوتالاتا در تیمار محلول‌پاشی آهن + روی در تیمارهای تنش قطع آبیاری از رسیدگی اولین غلاف از پایین، قطع آبیاری از ۵۰ درصد گل‌دهی و قطع آبیاری ۱۰ روز قبل از گل-دهی نسبت به تیمار شاهد بترتیب ۱۲/۵، ۲۰ و ۲۷/۵ درصد افزایش یافت. نتایج همبستگی‌ها نشان داد که

REFERENCES

1. Alizadeh, A. and G. Kamali. (2010). *The water requirement of plants in Iran. Publication of Astan Quds*. 227 pages. (In Farsi).
2. Amini Dehaghi, A. (2003). Effect of soil and air different temperature on growth, development, nodulation and biological nitrogen fixation in annual medics. Ph.D. thesis., Tarbiat Modares University, Iran. 260 page. (In Farsi).
3. Alloway, B. J. (2008). *Micronutrients and crop production: An introduction*. In "Micronutrient Deficiencies in Global Crop Production" (B. J. Alloway, Ed.), pp. 1-39. Springer, New York, York.
4. Altındışli, A., İrget, M. E., Kalkan, H., Kara, S., and Oktay, M. (1998). *Effect of foliar applied KNO on yield, quality and leaf nutrients of Carignane and Colombard wine grapes*. In: Anac, D. and P. Martin-Prével, Improved Crop Quality by Nutrient Management. Pp: 103-106.
5. Balouchi H. R. and Modarres Sanavy, S. A. M. (2006). Effect of gibberellic acid, rechilling, sulfuric acid and potassium itrateon seed germination and dormancy of annual medics. *Pakistan Journal of Biology Science*. 9(15), 2875-288
6. Busso, C. A., O. A. Fernandez and D. E. F. Fedorenko. (1998). Dry weight production and partitioning in *Medicago minima* and *Erodium cicutarium* under water stress. *Annals of Botany*. 82, 217-227.
7. Bauchan, G. R. (1999). Use of annual medics in sustainable agriculture system. Lucerns and medics for the XXI century. Proceeding xiii Eucarpia *Medicago*. Sp L.Grorup meeting Perugia, Italy, 13-16 septamber. Perugia: Universita diprugia 2000. Pp, 146-153.
8. Cakmak, I., Marschner, H and Bangerth, F. (1989). Effect of zinc nutritional status on growth protein metabolism and levels of indole-3 acetic acid and other phytohormones in bea (*Phaseolus vulgaris* L.). *Journal Experimental Botanical*. 40, 404-412.

9. Coleman, J. E. (1992). Zinc proteins: enzymes, storage proteins, transcription factors and replication proteins. *Ann. Rev. Biochem.* 61, 897-946.
10. De, R. and R. K. Kar. (1994). Seed germination and seedling growth of mungbean (*Vigna radiata*) under water stress induced by PEG -6000. *Seed Science and Technology.* 23,301-304.
11. Delpozo, A., and Ovalle, C. (2009). Productivity and persistence of yellow Serradella (*Ornithopus Compressus* L.) and (*Biserradella Pelecinus* L.) in mediterranean climate region of central Chile. *Journal of Agriculture Research* 69(3),340-349.
12. Erice, G., Louahlia, S., Irigoyen, J.J., Sanchez-Diaz, M., Avice, J.C. (2010). Biomass partitioning, morphology and water status of four alfalfa genotypes submitted to progressive drought and subsequent recovery. *Journal Plant Physiology.* 167, 114–120.
13. Grewal, H. S. (2001). Zinc influences nodulation, disease severity, leaf drop and herbage yield of Alfalfa cultivars. *Plant and Soil*, 234, 47 – 59.
14. Fageria, N. K., Baligar, V. C., and Clark, R. B. (2002). Micronutrients in crop production. *Advnce of Agronomy.* 77, 185–268.
15. Hamidi, H and Safarnejad, A. (2010). Effect of drought stress on Alfalfa cultivars (Medicago Sativa L.). In germination stage. *Journal Agriculture. & Environmmental Science.* 8(6),705-70.
16. Jia, C. X., Jia, Y. X. and Li S. M. (2005). Studies on effect of Zn, Mn and Fe fertilization on soybean in Huanghuai Area of China. *Soybean Journal* 2,13-15.
17. Kabata-Pendias, A. (2001). *Trace elements in soils and plants*,. CRC Press, BocaRaton. p. 140.
18. Kaya, M., G., Kaya, M. D., Atak, S., Saglam, K., Khawar, M. and C. Y. Ciftci. (2008). Interaction between seed size and NaCl on germination and early seedling growth of some Turkish cultivars of chickpea (*Cicer arietinum* L.). *Journal Zhejiang Univ Science.* 9,371-377.
19. Kochian, L.V. (1999). Mechanisms of micronutrient uptake and translocation in plants. In: Mortvedt J.J., Cox F.R., Shuman L.M., Welch R.M., eds. *Micronutrients in agriculture*. Madison: *Soil Science Society of America.* 229–296.
20. Koucheiki, A., Rashed Muhassel, M. H., Nasiri, M. and SadrAbadi, R. (1988). *Physiological Principles in Cultivate Plants Growth*. Astan Qods Razavi Publications.
21. Lodge, G. M., R. D. Murison, and E. W. Heap. (1990). The effect of temperature on the hard seed content of some annual legumes grown on the northern slopes of South Wales. *Australian. Journal Experimental of Agriculture*, 41,941-955.
22. Loi, A., Nutt, B., Mcrobb, J. R. and Ewing, M. A. (2000). *Potential new alternative annual pasture legumes for Australian Mediterranean farming system*. Cooperative Research Centre for Legumes in Mediterranean Agriculture, The University of Western Australia, Netherlands, WA 6907, Australia.
23. Maiti, R.K., Sarkar, N.C. and Sigh, V.P. (2006). *Principal of post seed harvest seed physiology and technology*. Agrobios, India.
24. Marr, K.M., Batten, G. D. and Blakeney, A. B. (1995). Relationships between minerals in Australian brown rice. *Journal of the Science of Food and Agriculture* 68,285–291.
25. Markovic, J., Strbanovic, R., Cvetkovic, A., Andelkovic, B., and Zvkovic, B. (2009). Effect of growth stage on the mineral concentration in alfalfa (*M. sativa* L.) leaf, stem and the whole plant. *Biotechnology in Animal Husbandry.* 25(5-6),1225-1231.
26. Michel, B. E. and M. R. Kaufmann. (1973). The osmotic potential of polyethylene glycol 6000. *Plant Physiol.* 51,914-16.
27. Miller, R. O., Jacobsen, J. S., Skogley, E. O. (1994). Aerial accumulation and partitioning of nutrients by hard red spring wheat. *Communications in Soil Science and Plant Analysis* 25,1891–1911.
28. Mirnejad, M. (1997). *Effect of plant density on seed yield of annual medic*. Master's thesis of Agriculture. Tarbiatmodares university. p 135. (In Farsi).
29. Nonami, H., Wu, Y. and Boyer, J. S. (1997). Decreased growth- induced water potential. *Plant Physiology.* 114,501-509.
30. Obata, H. and Umebayashi, M. (1988). Effect of zinc deficiency on protein synthesis in cultures tobacco plant cells. *Soil Sci. Plant Nutrient.* (Tokyo). 34,351-357.
31. Otroshi, M., Zamani, A., Khodambashi, M., Ebrahimi, M., Struik, P. C. (2009). Effect of exogenous hormones and chilling on dormancy breaking of seeds of Asafoetida (*Ferula assafoetida* L.). *Research Journal of Seed Science* 2, 9-15.
32. Pahlevan Poorfard Jahromi, A. (1997). *Effects of physiological drought stress on annual medic*. Master's thesis of Agriculture. Shiraz university. (In Farsi).
33. Porqueddu, C., Loi, A. and Cocks, P. S. (1996). Hardseededness and pattern of hard seed breakdown in Sardinian populations of *Medicago polymorpha* under field conditions. *The Journal of Agricultural Science* 126, 161-168.

34. Pirdashti, H., Sarvestani Tahmasebi, Z., Nematzadeh, G. H., Ismail, A. (2003). Effect of water stress on seed germination and seedling growth of rice (*Oryza sativa* L.) genotypes. *Pakistan Journal of Agronomy* 2, 217-222.
35. Uzun, F. And Aydin, I. (2004). Improving germination rate of *Medicago* and *Trifolium* species. *Asian Journal Plant Science*. 3(6),714-717.9-
36. Rengel, Z., and Graham, R. D. (1995a). Wheat gynotype differ in Zn- efficiency when grown in chellate- buffered nutrient solution. *Growth Plant Soil* 179,307-316.
37. Rontein, D., Basset, G. and Hanson, A. D. (2002). Metabolic engineering of osmoprotectant accumulation in plants. *Metabolic Engineering*. 4,49-56.
38. Safarnejad, A. (2008). Morphological and biochemical response to osmotic stress in alfalfa (*Medicago Sativa* L.). *Pakistan Journal of Agronomy* 40(2), 735-746.
39. Stampar, F., Hudina, M., Dolence, K., and Usenik, V. (1998). Influence of foliar fertilization on yield quality and quantity of apple (*Maluse Domestica* borkh.) In: Anace, D. and P. Martin- Prevel. Improve crope qualityby nutrient management pp:91-94.
40. Shabani, GH., K. Shams., M. R. Chaichi., GH. Salimi., S. Akhtyari., M. R. Ardekani., K. Khavazi., H. R. Eshghizadeh.and U. Feridel. (2012). Effect of management seed production on hardseedness of annual medic (*Medicago Scutellata* var *Robinson*). *Iranian Journal of Crop Science*. 42(4),715-722.
41. Vallee, B. L. and Falchuk, K. H. (1993). The biochemical basis of zinc physiology. *Physiol. Rev.* 73,79-118.
42. WalshM, J., Delaney, R. H., Goose, R. W. and Krall, J. M. (2001). Performance of annual medic species in south-eastern Wyoming. *Agronomy Journal*. 93, 1249-1256.
43. Wang YR, Hanson J, Mariam Y. W. (2007). Effect of sulphuric acid pretreatment on breaking hard seed dormancy in Vigna species. Seed Science diverse accessions of five wild annual medic. *Seed Science and Technology* 35, 550-559
44. Wang, J. A., Xu, J. and Ning, H. L. (2003). Influence of micronutrients on quality and other properties of soybean (*Glycine max* Merr.). *Soybean Science* 22, 273-277.
45. Yadavi, A., Modaress Sanavi, A. and Zarghami, R. (2000). The effects of drought stress on oats species thin germination step. Articles Summary in 6 Session of Agriculture and Plants Improvement Congress- ran, Mazandaran University, pp: 235-236.
46. Younis, M. A., Sticker, F. C. and Sorensen, E. L. (1963). Moisture stresses in the seedling. Sorenson Reaction of seven alfalfa varieties simulated stage. *Agronomy Journal*, 55,177-182.
47. Yousfi, N., Slama, I., Ghnaya, T., Savouré, A. and Abdelly, C. (2010). Effects of water deficit stress on growth, water relations and osmolytes accumulation in *Medicago truncatula* and *M. laciniata* populations. *C.R. Biol.* 333, 205–213.
48. Zao, A., and Bao, QL. (2011). Combined effect of iron and zinc on micronutrient levels in wheat (*Teriticum aestivum* L.). *Journal Environmental Biology*. 32,235-239.
49. Zhang, C. R., Li, H. and Xia, L. J. (2005). Effects of zinc and cadmium on seedgermination and seedling growth of alfalfa. *Acta Agricultural Boreali-Sinica* 20(1), 96–99.