ارزیابی اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال از نظر مقاومت به خشکی در محیط کشت هیدروپونیک

رقیه دلیری[۱*]، مجید شکرپور[۲]، علی اصغری[۲]، عزت‌اله اسفندیاری[۳] و رئوف سید شریفی[۲]

(تاریخ دریافت: ۱۳۸۸/۶/۲۱ ؛ تاریخ پذیرش: ۱۳۸۹/۲/۱۵)

چکیده

این تحقیق برای ارزیابی مقاومت به خشکی در مرحله گیاهچه‌ای در گیاه ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) انجام شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های‌کامل تصادفی انجام گرفت. تیمارها شامل ترکیب سطوح تنش خشکی به عنوان عامل اصلی و ده اکوتیپ ماریتیغال به عنوان عامل فرعی در سه تکرار و در شرایط هیدروپونیک اجرا شد. صفات طول ریشه، حجم ریشه، میزان کلروفیل برگ، نشت الکترولیت‌ها، وزن خشک ریشه و شاخص تحمل ریشه اندازه‌گیری شدند. نتایج نشان داد که اثر سطوح تنش از نظر تمام صفات مورد بررسی معنی‌دار ($P<0.01$) و اثر ژنوتیپ‌ها برای برخی صفات معنی‌دار به‌دست آمد. با توجه به معنی‌دار بودن اثر متقابل تنش در اکوتیپ، وضعیت اکوتیپ‌ها در هر سطح تنش دارای روند متفاوتی بود. مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها برای صفات مورد بررسی حاکی از کاهش کلروفیل، شاخص تحمل ریشه، طول، حجم و وزن خشک ریشه و افزایش نشت الکترولیت‌ها متناسب با افزایش سطح تنش بود. مقادیر شاخص تحمل ریشه و نشت الکترولیت حاکی از تحمل به خشکی اکوتیپ قائمیه در مرحله گیاهچه‌ای می‌باشد. همبستگی بین صفات ریشه و شاخص تنش ریشه نشان داد که حجم و وزن خشک ریشه در مقایسه با طول ریشه معیار مناسبتری برای ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی بود.

واژه‌های کلیدی: خشکی، ماریتیغال، نشت الکترولیت، هیدروپونیک

مقدمه

ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) گیاهی دارویی، یکساله یا دو ساله از خانواده کمپوزیته و بومی اروپای غربی و مرکزی و شمال هند است. این گیاه در ایران در مناطق گنبدکاووس، دره هراز، دشت مغان، ملاثانی در اهواز، شوش، حمیدیه، رامهرمز، ایذه و کازرون پراکندگی دارد (۱). ماریتیغال گیاهی مقاوم به خشکی است که در طول دوره رشد خود به آب و هوایی گرم و آفتاب کافی نیاز دارد. این گیاه خاک‌های سبک و حاصلخیز را ترجیح می‌دهد (۵). آب ناکافی یک محدودیت بزرگ برای تولید محصولات در سراسر جهان به شمار می رود. از این‌رو در گیاهان دارویی نیز با توجه به اهمیت اهلی کردن و کشت زراعی آنها، گزینش ارقام مقاوم به خشکی الزامی به نظر می‌رسد (۸). گیاهان در تمامی مراحل رشد خود از تنش خشکی متأثر می‌شوند. براساس بسیاری از معیارهای مقاومت به تنش، مراحل جوانه‌زنی و گیاهچه، زمان مناسبی برای نشان دادن مقاومت ژنوتیپ‌ها به تنش خشکی می‌باشد (۲۰). همچنین

۱. دانشجوی کارشناسی ارشد اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی
۲. عضو هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه محقق اردبیلی
۳. عضو هیئت علمی گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشگاه مراغه
* : مسئول مکاتبات، پست الکترونیکی: deliri_r86@yahoo.com

مطالعه الگوی رفتاری ژنوتیپ‌های مختلف در برابر خشکی و شناخت ویژگی‌های مربوط به ریشه برای درک مکانیسم‌های مقاومت به خشکی از اهمیت ویژه‌ای برخوردار است (۱۰). از ویژگی‌های ریشه که در بحث خشکی مؤثر هستند می‌توان به عمق نفوذ ریشه در خاک، وزن ریشه و حجم آن اشاره کرد. نفوذ بیشتر ریشه و گستردگی بیشتر آن در خاک به جذب آب از لایه‌های مختلف خاک کمک می‌کند. وزن ریشه نیز متأثر از ژنوتیپ‌ها و سطوح تنش می‌باشد (۲۴).

سلول‌های گیاهی توسط غشاهای سلولی احاطه شده‌اند. یکی از ویژگی‌های منحصر به‌فرد غشاها، نفوذپذیری انتخابی آنهاست که مانع از ایجاد تعادل بین سلول و محیط خارج سلولی می‌گردد. در شرایط تنش، به دلیل افزایش تولید انواع اکسیژن فعال، میزان آسیب به غشاهای سلولی افزایش می‌یابد (۱۴) که در نتیجه آن، نفوذپذیری انتخابی آن کاهش می‌یابد. از این‌رو از نشت الکترولیت به‌عنوان یکی از معیارهای مقاومت به خشکی استفاده می‌شود (۹ و ۲۲). کلروفیل، رنگیزه اصلی کلروپلاست سلول‌های برگی است که با جذب انرژی فوتون‌های نوری، واکنش‌های نوری فتوسنتز را به جریان می‌اندازد. باتوجه به اهمیت خاص این رنگیزه‌ها، سلول سعی می‌کند مکانیسم‌های خاصی را در جهت محافظت آن به‌کار برد (۲۷). به‌علاوه کارایی بالای مکانیسم‌های بی‌اثر کننده رادیکال‌های فعال اکسیژن و مکانیسم‌های پیشگیری از ایجاد آنها (نظیر افزایش کاروتنوئیدها، افزایش میزان خاموشی غیرفتوشیمیایی و آلترناتیو اکسیداز) در کلروپلاست سلول‌های گیاهی از جمله راه‌های پیشگیری از آسیب به کلروفیل‌ها می‌باشد.

هدف از این پژوهش، ارزیابی اکوتیپ‌های مقاوم به خشکی در گیاه دارویی ماریتیغال و بررسی کارآیی ویژگی‌های ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک ریشه در جداسازی و شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی می‌باشد. همچنین از آنجایی که کنترل میزان تنش اسمزی در گیاهان و نیز ارزیابی برخی صفات مانند صفات ریشه در شرایط طبیعی غیر ممکن یا مشکل است، از این‌رو، کشت هیدروپونیک گیاه دارویی ماریتیغال برای اولین بار در کشور مورد بررسی قرار گرفت.

مواد و روش‌ها

مواد گیاهی: ده ژنوتیپ ماریتیغال متشکل از ۹ اکوتیپ جمع‌آوری شده از نواحی مختلف کشور و یک رقم اصلاح شده مجارستانی (بوداکالازی)، از نظر برخی معیارهای مقاومت به خشکی در مرحله گیاهچه در اتاقک رشد دانشگاه محقق اردبیلی از طریق کشت هیدروپونیک مورد ارزیابی قرار گرفتند.

کاشت هیدروپونیک: بذور توسط هیپوکلریت سدیم ۱٪ به مدت ۱۵ دقیقه ضدعفونی شدند. به منظور جوانه‌زنی یکنواخت، بذور در ظروف پتری حاوی کاغذ صافی مرطوب کشت شدند. سپس از دستگاه ژرمیناتور به منظور فراهم کردن شرایط مطلوب جوانه‌زنی در ظروف پتری یعنی دمای ۲۵ درجه سلسیوس و رطوبت ۶۰ درصد استفاده شد. بعد از جوانه‌زنی بذور، آنها به محیط حاوی محلول غذایی هوگلند با غلظت یک دوم در ظروف ۱۲ لیتری (به ابعاد ۷۰×۳۰×۴۰ سانتی‌متر) منتقل شدند. برای نگهداری و کشت گیاهچه‌ها، بذور جوانه‌زده روی سطح تیوب‌های حاوی آگار ۰/۶۵ درصد قرار داده شدند. محل تیوب‌ها، در یک صفحه از جنس یونولیت روی ظروف محیط کشت تعبیه شد. آزمایش به صورت کرت‌های خرد شده در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی انجام گرفت. تیمارها شامل ترکیب سطوح تنش خشکی به عنوان عامل اصلی و اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال به عنوان عامل فرعی در ۳ تکرار اجرا شد. به طوری که هر ظرف کشت به یک سطح تنش اختصاص داده شد. از این رو هر بلوک (تکرار) شامل سه ظرف کشت (سه سطح تنش) بود. بذور اکوتیپ‌های ماریتیغال به طور تصادفی در روی تیوب‌های هر ظرف کشت قرار داده شدند. دو هفته پس از رشد و در آغاز مرحله سه برگی، تنش آبی با استفاده از پلی‌اتیلن گلیکول ۶۰۰۰ در دو سطح (۵- و ۱۰- بار) همراه با یک تیمار شاهد اعمال شد. برای جلوگیری از شوک اسمزی هر سه روز یک بار پلی‌اتیلن گلیکول به ظروف حاوی محلول‌های

جدول۱. تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی مورد مطالعه در اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال

منابع تغییرات	درجه آزادی	میانگین مربعات				
		طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	میزان کلروفیل (SPAD unit)	نشت غشایی ($\mu S\ cm^{-1}$)	وزن خشک ریشه (g)
تکرار	۲	۲/۴۸۸	۰/۰۶۵	۱/۴۷۹	۰/۵۶۶	۰/ ۰۲
تنش خشکی	۲	۳۰۱۰/ ۱۴۰**	۱۵/۴۲۴**	۹۹۳/۶۰۵**	۷۴۶۱۸/۹**	۰/۰۲۳**
رقم	۹	۱۷۵/ ۴۰۸**	۰/۹۳۵^{ns}	۷۱/۰۸۸*	۱۱۶۱۱/۴۸۴^{ns}	۰/۰۰۳**
رقم× تنش	۱۸	۲۳/ ۷۲۹**	۰/۲۳۳**	۱۵/۰۵۵**	۶۸۲۸/۷۸۳**	۰/۰۰۱**
اشتباه	۵۸	۱/۴۴۸	۰/۰۴۱	۰/۲۹۲	۲/۸۷۷	۰/۰۰۰۱

**، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

غذایی افزوده می‌شد تا در نهایت فشار اسمزی مورد نظر در محیط کشت به‌دست آید. میزان پلی‌اتیلن گلیکول مورد نیاز با استفاده از فرمول میشل و کافمن (۱۷) محاسبه گردید.

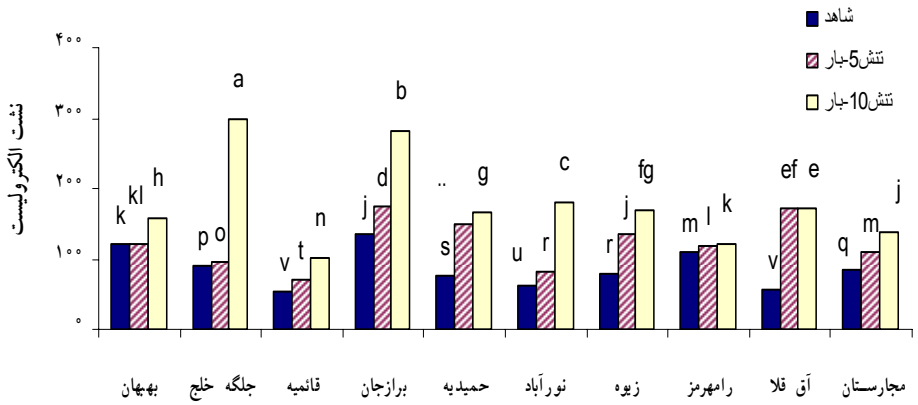
اندازه‌گیری‌ها و تجزیه و تحلیل آماری: دو هفته پس از افزودن پلی‌اتیلن گلیکول و تقریباً در مرحله ۴ برگی، نمونه‌برداری صورت گرفت. اندازه‌گیری نشت الکترولیت با استفاده از روش بلترانو و رونکو (۹) انجام شد. این روش بر اساس میزان نفوذپذیری غشاء می‌باشد به طوری که نشت الکترولیت بیشتری از سلول‌های بافت برگی آسیب‌دیده توسط تنش در مقایسه با بافت سلولی گیاهان شاهد وجود دارد. بدین منظور دیسک‌های برگی با قطر ۰/۸ سانتی‌متر از برگ‌ها تهیه و به طور مختصر سه بار با آب دیونیزه شسته شدند. سپس ۵ دیسک از هر بوته در شیشه کوچک پر شده از ده میلی لیتر آب دیونیزه قرار داده شده و به مدت ۴ ساعت در دمای ۲۰ درجه سلسیوس نگه‌داری شدند. با اندازه‌گیری هدایت الکتریکی مایع درون شیشه با استفاده از EC متر (Conductivity meter)، نشت الکترولیت برای هر نمونه تعیین شد. داده‌های این صفت با واحد میکروزیمنس بر سانتی‌متر ($\mu S\ cm^{-1}$) گزارش شدند. میزان کلروفیل نیز با استفاده از دستگاه کلروفیل‌متر مدل SPAD-502 از کمپانی Konica Minolta اندازه‌گیری شد (۲۱). حجم ریشه از طریق غوطه‌ور ساختن ریشه در آب مقطر در درون یک استوانه مدرج با حجم ۱۰ میلی‌لیتر اندازه‌گیری شد، به طوری که اختلاف حجم اولیه آب و حجم آب پس از غوطه‌ور ساختن ریشه، تعیین‌کننده حجم ریشه می‌باشد (۴). وزن خشک ریشه پس از قرار دادن نمونه‌ها در دمای ۷۲ درجه سلسیوس به مدت ۴۸ ساعت از طریق ترازوی رقومی با دقت ۰/۰۰۰۱ به دست آمد. شاخص تحمل (Tolerance Index) ریشه بر اساس وزن خشک ریشه در شرایط تنش و بدون تنش به صورت زیر محاسبه گردید (۱۶).

وزن خشک ریشه در شرایط بدون تنش/وزن خشک ریشه در شرایط تنش= شاخص تحمل ریشه (TI)

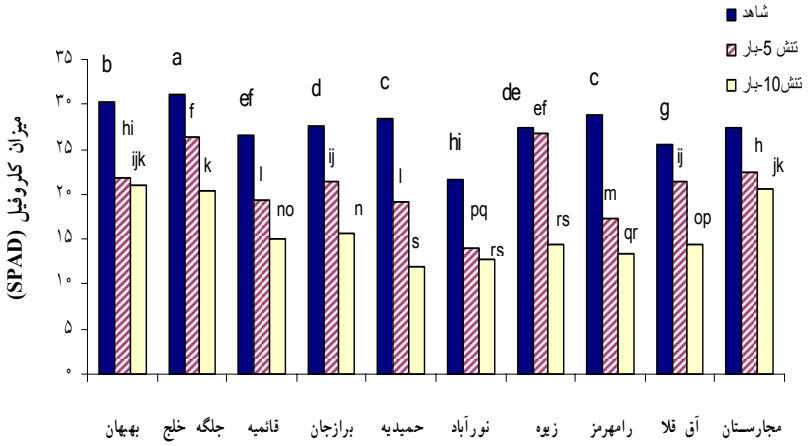
در نهایت، داده‌های حاصل از اندازه‌گیری صفات، با توجه به طرح آزمایش مورد استفاده تجزیه گردید. جهت تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم‌افزارهای آماری SPSS v. 14 و MSTATC استفاده گردید. با توجه به نتایج جدول تجزیه واریانس، مقایسه میانگین‌ها به روش دانکن در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

نتایج تجزیه واریانس (جدول ۱) نشان داد که بین سطوح خشکی تفاوت معنی‌داری از نظر طول ریشه، حجم ریشه، وزن خشک ریشه، میزان کلروفیل و نشت الکترولیت در سطح احتمال ۱٪ وجود دارد. در حالی‌که بین اکوتیپ‌ها تنها از نظر طول ریشه، میزان کلروفیل و وزن خشک ریشه تفاوت معنی‌داری دیده شد. با توجه به معنی‌دار شدن اثر متقابل تنش در



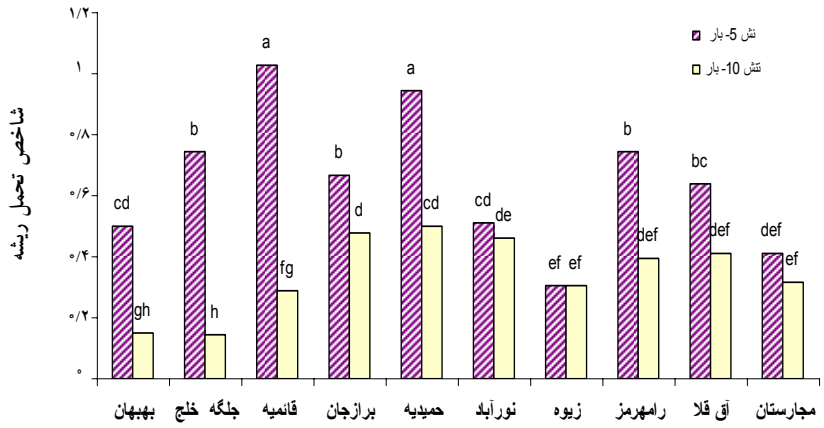
شکل ۱. میانگین اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال در سطوح مختلف تنش خشکی از نظر نشت الکترولیت ($\mu S\ cm^{-1}$)



شکل ۲. میانگین اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال در سطوح مختلف تنش خشکی از نظر میزان کلروفیل

اکوتیپ، وضعیت اکوتیپ‌ها در هر سطح تنش دارای روند متفاوتی بود. از این‌رو در مورد تمام صفات مورد ارزیابی، مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها در هر سطح تنش به روش دانکن انجام و نتایج به صورت نمودار هیستوگرام نشان داده شده است. مقایسه میانگین اکوتیپ‌ها برای صفات مورد بررسی حاکی از کاهش کلروفیل، طول، حجم، وزن خشک ریشه و شاخص تحمل ریشه و افزایش نشت الکترولیت متناسب با افزایش سطح تنش اسمزی بود (شکل‌های ۱، ۲و ۳). بلترانو و رونکو (۹) با مطالعه تنش خشکی در ژنوتیپ‌های مختلف گندم، روند مشابهی را گزارش نمودند. همچنین مطالعات انجام شده توسط کندون و همکاران (۱۲) در گندم و گالشی و همکاران (۶) در مورد وزن خشک ریشه در پنبه با نتایج به‌دست آمده در این مطالعه همخوانی داشت. از نظر نشت الکترولیت، اکوتیپ قائمیه کمترین و اکوتیپ‌های برازجان و آق قلا بیشترین میزان را در سطح تنش ۵- بار به خود اختصاص دادند (شکل ۱). در سطح ۱۰- بار نیز قائمیه کمترین و اکوتیپ‌های برازجان و جلگه خلج، بیشترین مقدار را داشتند. از این‌رو به نظر می‌رسد اکوتیپ قائمیه در مقایسه با سایر اکوتیپ‌ها تحمل بیشتری در برابر تنش خشکی داشته باشد. در مورد سایر اکوتیپ‌ها تغییرات قابل ملاحظه‌ای از نظر این صفت در هر سطح تنش مشاهده شد به طوری که همین امر سبب بروز اثر متقابل فوق گردید.

اکوتیپ‌های جلگه خلج و نورآباد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین میزان کلروفیل در شرایط بدون تنش می‌باشند (شکل ۲). در مورد تمام اکوتیپ‌های مورد مطالعه، میزان



شکل ۳. میانگین اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال در سطوح مختلف تنش خشکی از نظر شاخص تحمل ریشه

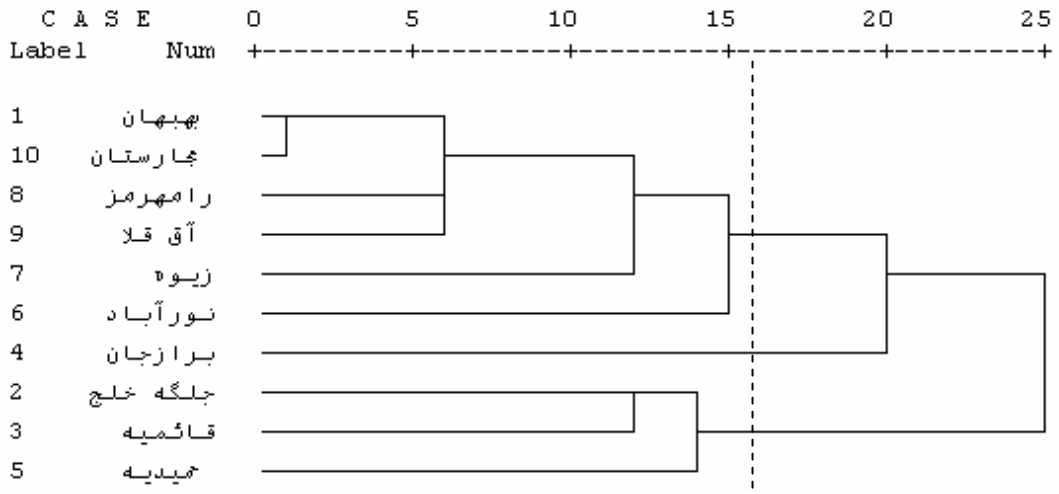
جدول ۲. همبستگی بین صفات فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال در مرحله گیاهچه

صفت	طول ریشه (cm)	حجم ریشه (cm^3)	وزن‌خشک ریشه (g)	شاخص تحمل ریشه	میزان کلروفیل (SPAD)
حجم ریشه	۰/۸۰۹**				
وزن خشک ریشه	۰/۶۷۳**	۰/۹۲۹**			
شاخص‌تحمل ریشه	۰/۴۰۱ ns	۰/۸۷۳**	۰/۹۳۴**		
میزان کلروفیل	۰/۶۹۷**	۰/۶۷۴**	۰/۵۷۷**	۰/۱۰۲ns	
نشت الکترولیت	۰/۴۳۳*	-۰/۵۵۶**	-۰/۵۲۰**	۰/۴۰۵ns	۰/۳۷۶ns

**، * و ns : به ترتیب معنی‌دار در سطوح احتمال ۱٪ و ۵٪ و غیر معنی‌دار

کلروفیل با افزایش شدت تنش، کاهش و تفاوت معنی‌داری در هر سه سطح نشان داد. روسالز- سرنا و همکاران (۲۱) گزارش کردند که میزان کلروفیل تحت تنش خشکی کاهش می‌یابد. سطوح شاهد و ۵- بار در اکوتیپ زیوه و ۵- و ۱۰- بار در اکوتیپ بهبهان تفاوت معنی‌داری از نظر محتوای کلروفیل نداشتند. بیشترین شاخص تحمل ریشه در تنش ۵- بار مربوط به اکوتیپ‌های قائمیه و حمیدیه و کمترین مقدار آن مربوط به اکوتیپ های زیوه و مجارستان می‌باشد (شکل ۳). این روند در تنش شدید (۱۰- بار) تغییر کرد به گونه‌ای که برازجان، حمیدیه و نورآباد بیشترین و بهبهان و جلگه خلج کمترین شاخص تحمل ریشه را داشتند. در مجموع، نتایج شاخص تحمل ریشه و نشت الکترولیت‌ها حاکی از تحمل بهتر اکوتیپ قائمیه نسبت به تنش خشکی در مرحله گیاهچه می‌باشد. از طرف دیگر، اکوتیپ‌های نورآباد، مجارستان و زیوه تفاوت معنی‌داری در شرایط تنش ملایم (۵-) و شدید (۱۰- بار) نشان ندادند که می‌تواند بیانگر مقاومت تقریباً مشابه این اکوتیپ‌ها در هر دو شرایط تنش باشد. شکری و همکاران (۳) با استفاده از شاخص تحمل به خشکی در لاین‌ها و ارقام گلرنگ به نتایج مفیدی دست یافتند. نتایج مقایسه میانگین در مورد صفات حجم و وزن خشک ریشه نشان داد که میانگین این صفات در سطوح مختلف تنش تا حدود زیادی با نتایج شاخص تحمل ریشه تطابق داشت.

ضرایب همبستگی فنوتیپی بین صفات مورد اندازه‌گیری در جدول ۲ ارائه شده است. مقادیر همبستگی نشان می‌دهد که صفات طول، حجم و وزن خشک ریشه و میزان کلروفیل دارای همبستگی مثبت و معنی‌دار در سطح احتمال ۱٪ می‌باشند



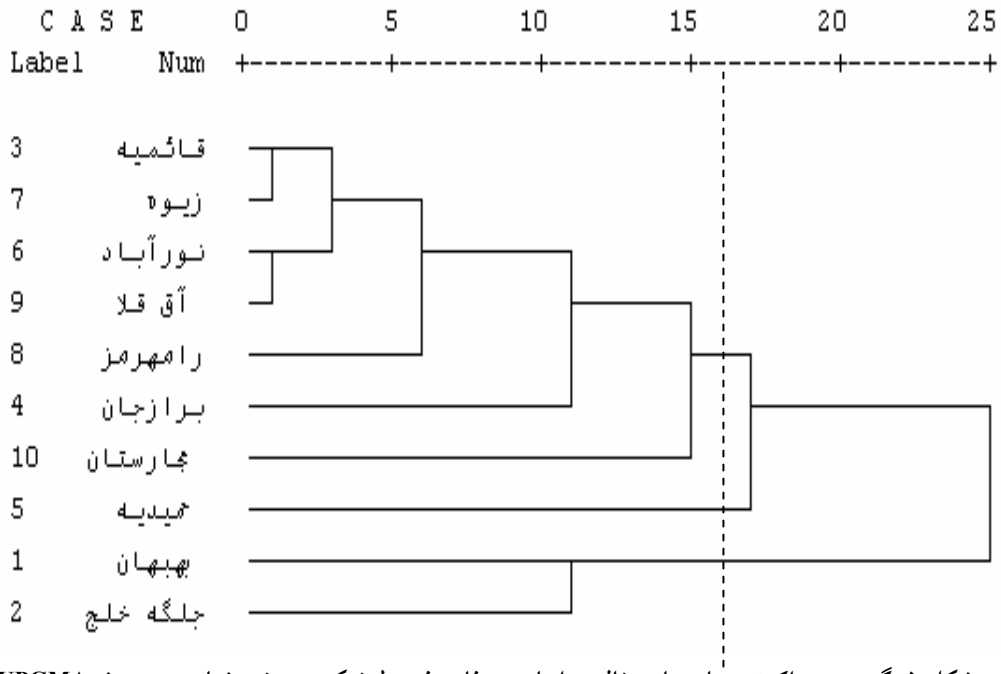
شکل ۴. گروه‌بندی اکوتیپ‌های ماریتیغال بر اساس صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک به روش UPGMA در تنش ۵- بار

(جدول ۲). به عبارت دیگر بوته‌های با اندازه ریشه بزرگتر از محتوای کلروفیل بیشتری نیز برخوردارند. شاخص تحمل ریشه همبستگی مثبت و معنی‌داری با حجم و وزن خشک ریشه داشت، اما با طول ریشه همبستگی معنی‌داری نداشت. از این‌رو به نظر می‌رسد حجم و وزن خشک ریشه در مقایسه با طول ریشه معیار مناسبتری برای ارزیابی ژنوتیپ‌های متحمل به خشکی باشد. شکرپور (۲) اظهار داشت که همبستگی مثبت و معنی داری بین شاخص تحمل ریشه و وزن خشک ریشه در شرایط تنش در مرحله گیاهچه ذرت وجود دارد. بیشترین همبستگی با وزن خشک ریشه و حجم ریشه به دست آمد که مؤید مناسب بودن این دو صفت در بررسی تحمل به خشکی است.

به منظور گروه‌بندی اکوتیپ‌های مورد مطالعه، تجزیه خوشه‌ای به روش (Unweighted pair-group method with arithmetic mean) UPGMA بر اساس میانگین استاندارد شده صفات تحت بررسی در شرایط تنش ۵- و ۱۰- بار به طور جداگانه انجام شد (شکل‌های ۴ و ۵). تجزیه خوشه‌ای در هر دو سطح تنش، کلیه اکوتیپ‌ها را به سه گروه متمایز تفکیک نمود. تجزیه واریانس چند متغیره این گروه‌ها نیز حاکی از تفاوت معنی‌دار و مناسب بودن محل برش دندروگرام بود (نتایج ارائه نشده است). در تنش ملایم در گروه اول اکوتیپ‌های بهبهان، رامهرمز، آق‌قلا، زیوه، نورآباد و رقم خارجی مجارستان، در گروه دوم اکوتیپ‌های حمیدیه، قائمیه و جلگه خلج و در گروه سوم اکوتیپ برازجان قرار گرفت (شکل ۴). در تنش ۱۰- بار در گروه اول اکوتیپ‌های قائمیه، زیوه، نورآباد، آق‌قلا، رامهرمز، برازجان و رقم خارجی مجارستان، در گروه دوم اکوتیپ حمیدیه و در گروه سوم اکوتیپ‌های بهبهان و جلگه خلج قرار گرفتند (شکل ۵). با توجه به مقادیر شاخص تحمل ریشه در سطح تنش ۵- بار می‌توان اظهار داشت که اکوتیپ‌های گروه دوم مانند جلگه خلج از تحمل خوبی در این شرایط برخوردارند. در تنش ۱۰- بار نیز اکوتیپ‌های گروه سوم شامل بهبهان و جلگه خلج دارای کمترین شاخص تحمل بودند. به عبارت دیگر، جلگه خلج دارای مقاومت متوسط و اکوتیپ‌های حمیدیه و قائمیه از تحمل خوبی در هر دو شرایط تنش برخوردار بودند.

بحث

تجزیه واریانس صفات حاکی از تنوع قابل ملاحظه اکوتیپ‌های ماریتیغال برای صفات مورد بررسی است. به طوری که واکنش اکوتیپ‌ها در سطوح تنش نیز مشابه نبود و باعث بروز اثر متقابل معنی‌دار برای کلیه صفات گردید. نتایج حاضر نشان داد که ویژگی‌های مورد استفاده به خوبی توانستند اکوتیپ‌ها را از نظر مقاومت به خشکی متمایز کنند. اما ارتباط معنی‌داری بین



شکل ۵. گروه‌بندی اکوتیپ‌های ماریتیغال بر اساس صفات فیزیولوژیک و ریخت‌شناسی به روش UPGMA در تنش ۱۰- بار

مقاومت به خشکی اکوتیپ‌ها و وضعیت اقلیمی محل رویش آنها به‌دست نیامد. گروه‌بندی اکوتیپ‌ها با استفاده از تجزیه خوشه‌ای در هر دو سطح تنش نشان داد که تطابقی بین گروه‌بندی اکوتیپ‌ها بر اساس صفات مورد بررسی و توزیع جغرافیایی محل رویش آنها وجود ندارد. بر خلاف نتیجه حاضر، شکرپور و همکاران (۲۵) با مطالعه اکوتیپ‌های مختلف ماریتیغال از نظر ویژگی‌های ریخت‌شناسی و بیوشیمیایی اظهار داشتند که توزیع جغرافیایی محل رویش تنها با گروه‌بندی بر اساس صفات ریخت‌شناسی مطابقت دارد. باید توجه داشت که علت این اختلاف نتیجه ممکن است ناشی از تفاوت مرحله رشدی ژنوتیپ‌های مورد مطالعه باشد. بدین ترتیب که آنها صفات ریخت‌شناسی را در گیاه بالغ مورد بررسی قرار دادند، در حالی‌که در این پژوهش تنها مرحله گیاهچه مورد توجه قرار گرفته است.

یکی از مکان‌هایی که در تنظیم متابولیسم ایفای نقش می‌کند غشاهای سلولی است. زیرا غشاها با کنترل ورود و خروج متابولیت‌ها از ایجاد تعادل در دو طرف غشا پیشگیری می‌کنند. بعلاوه، تنش خشکی سبب افزایش رونویسی ژن‌های دخیل در بیوسنتز آنزیم‌های مرتبط با پراکسیداسیون لیپیدی و در پی آن، افزایش نشت الکترولیتی می‌شود (۲۳). لذا سلول‌های گیاهی باید از مکانیسم‌های دفاعی ویژه‌ای برخوردار باشند تا بتوانند از آسیب به نقاط کلیدی متابولیسم از جمله غشاها پیشگیری نمایند. از جمله این مکانیسم‌ها می‌توان به چرخه‌های مهلر (۷)، گزانتوفیل (۱۸) و مسیر آلترناتیو اکسیداز (۱۳) اشاره کرد. عملکرد مطلوب این مکانیسم‌ها سبب کاهش آسیب به غشاها و در نتیجه کم شدن نشت الکترولیت‌ها خواهد شد که این موارد را می‌توان در اکوتیپ‌های قائمیه و رامهرمز مشاهده نمود.

در شرایط کمبود آب، عمل بارگیری ساکارز کاهش پیدا می‌کند که تجمع ساکارز و توقف چرخه کالوین را در پی دارد. در نتیجه این عمل، بیان ژن Cab2، مسئول کد کردن پروتئین a و b، متوقف می‌شود (۱۱). بعلاوه انواع اکسیژن فعال نیز به کلروفیل‌ها حمله کرده و آنها را تجزیه می‌کنند. لذا عدم کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش بیانگر تحمل گیاه به آسیب‌های نوری وارده به کلروپلاست می‌باشد (۲۷). به‌طوری‌که بین فعالیت آنزیم‌های آنتی اکسیدان و میزان آنتی اکسیدان‌ها با

محافظت از کلروفیل ارتباط مثبت گزارش شده است (۲۷).

نشت الکترولیت‌ها معیار مهمی برای نشان دادن مقاومت گیاه در مقابل کمبود آب می‌باشد و مقدار آن در شرایط کمبود آب افزایش می‌یابد. میزان کلروفیل برگ و سایر متابولیت‌های برگ به کمبود آب حساس می‌باشند. همچنین تقسیم سلولی و رشد گیاه در محیط تورژسانس صورت می‌گیرد (۱۹). همبستگی زیاد و معنی‌دار صفات ریخت‌شناسی و فیزیولوژیک تعیین کننده تحمل خشکی (به ترتیب شاخص تحمل ریشه و نشت الکترولیت‌ها) با صفات ظاهری ریشه شامل وزن خشک و حجم ریشه مبین این امر است که می‌توان از این صفات برای شناسایی ژنوتیپ‌های متحمل و ارزیابی مقاومت به خشکی در مرحله گیاهچه بهره برد. به طور کلی نتایج پژوهش حاضر حاکی از کارآیی روش هیدروپونیک در بررسی تنش خشکی در گیاه دارویی ماریتیغال می‌باشد.

سپاسگزاری

بدین‌وسیله از ریاست محترم دانشکده آقای دکتر قربانی و خانم‌ها پناهی، عرفانی و حسن‌پور و آقایان حسین‌بابائی و ارغوانی به واسطه همکاری در این پژوهش قدردانی می‌شود.

منابع مورد استفاده

۱. رجبیان، ط.، ح. فلاح‌حسینی، م. کرمی، ب. زرپاک و ا. رسولی. ۱۳۸۳. بررسی اثر سیلیمارین حاصل از بذر گیاه بومی و اصلاح شده ماریتیغال بر میزان چربی خون و پلاک آترواسکلروز در آئورت خرگوش هاپیرکلسترولمی. فصلنامه گیاهان دارویی، ۴: ۳۳-۴۱.

۲. شکرپور، م. ۱۳۷۹. بررسی وراثت مقاومت به خشکی در ذرت از طریق تجزیه میانگین نسل‌ها. پایان‌نامه کارشناسی ارشد، دانشگاه تبریز.

۳. شکری، ف.، خ. علی زاده و و. رشیدی. ۱۳۸۶. ارزیابی برخی از صفات و شاخص‌های تحمل به خشکی در لاین‌ها و ارقام گلرنگ. مجله علوم کشاورزی دانشگاه آزاد اسلامی تبریز، ۱(۳):۲۴-۳۱.

۴. علیزاده، ا. ۱۳۷۸. رابطه آب و خاک و گیاه. انتشارات آستان قدس رضوی، مشهد، ۳۵۳ صفحه.

۵. فلاح‌حسینی، خ.، د. یزدانی، غ. امین و م. ملکی‌زاده‌تفتی. ۱۳۸۳. نگرشی بر اثرات ضد سرطانی گیاه خارمریم (ماریتیغال). فصلنامه گیاهان دارویی، ۴: ۴۶-۵۳.

۶. گالشی، س.، س. فرزانه و ا. سلطانی. ۱۳۸۴. بررسی تحمل به خشکی در چهل ژنوتیپ پنبه (*Gossypium hirsutum* L.) در مرحله گیاهچه. نهال و بذر، ۲۱(۱): ۶۵-۷۹.

7. Asada, K. 2000. The water-water cycle as alternative photon and electron sinks. Phill. Trans. R. Soc. Lond. B, 355: 1419-1431.
8. Bajji, M., S. Lutts and J. M. Kinet. 2001. Water deficit effects on solute contribution to osmotic adjustment as a function of leaf ageing in three durum wheat *(Triticum durum* Desf.) cultivars performing differently in arid condition. Plant Sci. 160: 669-681.
9. Beltrano, J. and M. G. Ronco. 2008. Improved tolerance of wheat plants (*Triticum aestivum* L.) to drought stress and rewatering by the arbuscular mycorrhizal fungus Glomus claroideum: Effect on growth and cell membrane stability. Brazilian Journal of Plant Physiol. 20: 29-31.
10. Binger, H. and G. Hongwen. 2000. Root physiological characteristics associated with drought resistance in Tall fescue cultivars. Crop Sci. 40: 196-203.
11. Cakmak, I. and E. Kirkby. 2008. Role of magnesium in carbon partitioning and alleviating photooxidative damage. Physiol. Plant. 133: 692-704.
12. Condon, A. G., R. A. Richards, G. J. Rebetzke and G. D. Farquhar. 2002. Improving intrinsic water use efficiency and crop yield. Crop Sci. 42: 122-131.
13. Edreva, A. 2005. Generation and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts: A submolecular approach. Agriculture, Ecosystems and Environment, 106: 119-133.
14. Esfandiari, E. A., M. R. Shakiba, S. A. Mahboob, H. Alyari and M. Toorchi. 2007. Water stress, antioxidant enzyme activity and lipid peroxidation in wheat seedling. J. Food Agric. Environ. 5: 48-53.

15. Ghosh, P. K., K. K. Ajay, M. C. Bandyopadhyay, K. G. Manna and A. K. Mandal. 2004. Comparative effectiveness of cattle manure, poultry manure, phosphocompost and fertilizer-NPK on three cropping system in vertisols of semi-arid tropics. Dry matter yield, nodulation, chlorophyll content and enzyme activity. Bioresour. Technol. 95: 85-93.
16. Maiti, R. K., L. E. Delgado, S. L. Cardona, A. M. O. Dimaso, M. Dela Rosa Ibarra and H. Deleon Castillo. 1996. Genotypic variability in maize cultivars (*Zea mays* L.) for resistance to drought and salinity at the seedling stage. J. Plant Physiol. 148: 741-744.
17. Michel, B. E. and R. K. Kaufman. 1973. The osmotic potential of polyethylene glycol6000. Plant Physiol. 67: 64-66.
18. Ort, D. 2001. When there is too much light? Plant Physiol. 125: 29-32.
19. Pagter, M., C. Bragato and H. Brix. 2005. Tolerance and physiological responses of phragmites Australia to water deficit. Aquatic Bot. 81: 285-299.
20. Pessarakli, M. 1999. Handbook of Plant and Crop Stress. 2nd Edn., Marcel Dekker Inc., N. Y.
21. Rosales-serna, R., J. Kohashi-Shibataa, J. A. Acosta-Gallegosb, C. Trejo-Lo Peza and J. Ortiza-Cereceresc. 2004. Biomass distribution, maturity acceleration and yield in drought-stressed common bean cultivars. Field Crops Res. 85: 203-211.
22. Salehpour, M., A. Ebadi, M. Izadi and Sh. Jamaati-e-Somarin. 2009. Evaluation of water stress and nitrogen fertilizer effects on relative water content, membrane stability index, chlorophyll and some other traits of lentils (*Lens culinaris* L.) under hydroponics conditions. J. Environ. Sci. 3: 103-109.
23. Saneoka, H., R. E. A. Moghaieb, G. S. Premachandra and K. Fujita. 2004. Nitrogen nutrition and water stress effects on cell membrane stability and leaf water relation in Agrostis palustris hunds. Environ. Exp. Bot. 52: 131-138.
24. Shen, L. 1996. A comparative study on drought resistance of *Lathyrus sylvestris*. Grassland of China 3: 35-56.
25. Shokrpour, M., M. Moghaddam, S. A. Mohammadi, S. A. Ziai and A. Javanshir. 2007. Genetic properties of milk thistle ecotypes from Iran for morphological and flavonolignans characters. Pak. J. Biol. Sci. 10: 3266-3271.
26. Tavakol, E. and H. Pakniyat. 2007. Evaluation of some drought criteria seedling stage in wheat (*Triticum aestivum* L.) cultivars. Pak. J. Biol. Sci. 10: 1113-1117.
27. Yang, X., X. Chen, Q. Ge, B. Li, Y. Tong, A. Zhang, Z. Li, T. Kuang and C. Lu. 2006. Tolerance of photosynthesis to photoinhibition, high temperature and drought stress in flag leaves of wheat: A comparison between a hybridization line and its parents grown under field conditions. Plant Sci. 171: 389-397.