علوم و تحقیقات بذر ایران
سال پنجم/ شماره دوم/ ۱۳۹۷ (۷۰ - ۵۹)

DOI: 10.22124/jms.2018.2911

تغییرات پوشش سبز و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) در واکنش به پیش‌تیمار آبی بذر و کمبود آب

ایرج یعقوبیان*[۱]، کاظم قاسمی گلعذانی[۲]، یعقوب راعی[۲]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۵/۱۵ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۶/۳/۳۰

چکیده

برای بررسی اثرات مدت پیش‌تیمار آبی بر پوشش سبز و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) تحت تیمارهای مختلف آبیاری، یک آزمایش اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۳ تکرار در سال ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه تبریز انجام گرفت. تیمارهای آبیاری (I_1، I_2، I_3، I_4: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰ میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و مدت‌های پیش‌تیمار آبی (P_1، P_2 و P_3: به ترتیب صفر، ۸ و ۱۶ ساعت) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. درصد جوانه‌زنی، متوسط زمان جوانه‌زنی، تعداد بوته در واحد سطح، درصد پوشش سبز، محتوای کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید اندازه‌گیری شد. نتایج نشان داد که استفاده از پیش‌تیمار آبی به ویژه ۱۶ ساعت موجب کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی گردید، ولی اثر معنی‌داری روی درصد جوانه‌زنی نداشت. همچنین تعداد بوته در واحد سطح با افزایش مدت پیش‌تیمار آبی تا ۱۶ ساعت افزایش یافته است. درصد پوشش سبز نیز با افزایش مدت پیش‌تیمار آبی تحت تمام تیمارهای آبیاری فزونی یافت. محتوای کلروفیل a، b و کل و کاروتنوئید بر اثر کمبود آب کاهش قابل توجهی پیدا کردند. اما پیش‌تیمار آبی به مدت ۸ و به ویژه ۱۶ ساعت به‌صورت معنی‌داری موجب افزایش این صفات گردید. این نتایج به وضوح نشان می‌دهد که پیش‌تیمار آبی با افزایش تعداد بوته‌های استقرار یافته، درصد پوشش سبز و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید، اثر تنش خشکی را کاهش داده است. همین امر می‌تواند تولید دانه این گیاه دارویی در شرایط آبیاری مطلوب و محدود را بهبود بخشد.

واژه‌های کلیدی: پوشش سبز، پیش‌تیمار،کاروتنوئید، کلروفیل، ماریتیغال

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
۲- استاد، گروه اکوفیزیولوژی گیاهی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه تبریز، تبریز، ایران
* نویسنده مسئول: yaghobian.i@gmail.com

مقدمه

در طول تاریخ بشر، گیاهان دارویی در معالجه بسیاری از بیماری‌ها و ناراحتی‌های جسمی و روانی مورد استفاده قرار گرفته‌اند. این گیاهان مخازن غنی از مواد مؤثره اساسی بسیاری از داروها می‌باشند. مواد مؤثره اگرچه با هدایت ساختار ژنتیکی ساخته می‌شوند، ولی تولید آن‌ها تحت تأثیر شرایط محیطی نیز قرار می‌گیرد، به‌طوری که این شرایط سبب تغییرات در رشد و همچنین در کمّیت و کیفیت مواد مؤثره آن‌ها می‌گردد (Omidbaigi, 1995). از جمله این گیاهان دارویی، ماریتیغال (*Silybum marianum* L.) است. ماریتیغال گیاهی است یک‌ساله یا دوساله از تیره کاسنی (Asteraceae) و مقاوم به خشکی که در طول دوره رشد خود به آب و هوایی گرم و آفتاب کافی نیاز داشته و خاک‌های سبک و حاصلخیز را ترجیح می‌دهد (Omidbaigi, 1995). این گیاه بومی اروپای غربی و مرکزی و شمال هند بوده و در ایران در مناطق گنبد کاووس، دره هراز، دشت مغان، ملاثانی، شوش، حمیدیه، رامهرمز، ایذه و کازرون پراکندگی دارد (Rajabian *et al*., 2005). در گذشته از برگ‌های آن برای مداوای بیماری‌های صفراوی و ناراحتی‌های مربوط به دستگاه گوارش استفاده می‌کردند (Abdali-Mashhadi *et al*., 2000). ماده مؤثره این گیاه که سیلی‌مارین نامیده می‌شود، از نوع ترکیبات فلاونوئیدی است که در دانه‌های گیاه ساخته و ذخیره می‌شود و چهار ماده شاخص موجود در عصاره آن شامل سیلی‌بین، ایزوسیلی‌بین، سیلی-کریستین و سیلی‌دیانین می‌باشد (Ding *et al*., 2001).

در دسترس بودن آب یک عامل زیست‌محیطی و محدود کننده رشد گیاه بوده (Flexas *et al*., 2002) و خشکی یکی از تنش‌های محیطی قابل توجه به شمار می‌رود که به شدت تولید گیاهان زراعی و دارویی را در سراسر جهان محدود کرده است (Nakayama *et al*., 2007). در بخش بزرگی از مناطق کشاورزی جهان، کمبود آب از عوامل مهم محدود کننده رشد و بهره‌وری محصولات کشاورزی است (Borsani *et al*., 2001; Micheletto *et al*., 2007). از سوی دیگر ایران در عرض جغرافیایی ۲۵ تا ۳۸ درجه شمالی قرار داشته و باتوجه به ساختار آب و هوایی آن، به‌صورت طبیعی از مناطق خشک (۶۵ درصد) و نیمه خشک (۲۵ درصد) در نظر گرفته می‌شود (Jazaeri Nushabadi and Rezaei, 2007). سلطانی و همکاران (Soltani *et al*., 2006) گزارش کرده‌اند که در ایران به جز سواحل دریای خزر و قسمت‌های کوچکی از شمال‌غربی کشور، سایر مناطق جزو مناطق خشک و نیمه خشک محسوب می‌شوند. تنش خشکی از مشکلات اصلی تولید پایدار محصولات کشاورزی محسوب گردیده (Jaleel *et al*., 2007) و واکنش‌های گیاهان به این تنش بسته به مرحله رشد، گونه گیاه و شدت و مدت تنش متفاوت است (Chaves *et al*., 2002). به عنوان مثال با تشدید تنش کم‌آبی در مرحله رویشی، میزان کلروفیل برگ، فتوسنتز و در نتیجه رشد رویشی گیاه کاهش می‌یابد (Dastborhan and Ghassemi-Gholezani, 2015). در گیاه برنج کاهش مقدار کلروفیل‌های a و b و نیز کاروتنوئید برگ نیز بر اثر تنش خشکی گزارش شده است (Farooq *et al*., 2009). کاهش محتوای کلروفیل برگ به علت تنش خشکی در گل گاو زبان (Dastborhan and Ghassemi-Golezani, 2015)، ریحان (Kordi *et al*., 2013)، پنبه (Massaccio *et al*., 2008) و آفتابگردان (Kiani *et al*., 2008) هم مشاهده شده است.

یکی از روش‌هایی که ممکن است اثرات منفی کم‌آبی بر گیاهان زراعی را تقلیل دهد، پیش‌تیمار بذر است (Ghassemi-Golezani and Abdurrahmani, 2012; Ghassemi-Golezani *et al*., 2012). پیش‌تیمار عبارت است از خیساندن بذرها و سپس خشک نمودن آن‌ها که باعث می‌شود فرآیندهای مرتبط با جوانه‌زنی آغاز شود، ولی از خروج ریشه‌چه جلوگیری گردد (McDonald, 1999). اثرات مثبت پیش‌تیمار بر گیاهان در موارد متعددی مشاهده شده است که از جمله می‌توان به نخود (Ghassemi-Golezani *et al*., 2013b)، عدس (Ghassemi-Golezani *et al*., 2008) و گاوزبان (Ghassemi-Golezani *et al*., 2013a) اشاره کرد. میزان مؤفقیت پیش‌تیمار به گونه گیاه، پتانسیل آبی گیاه، روش پیش‌تیمار، مدت پیش‌تیمار، دما، قدرت و درجه فرسودگی بذرها بستگی دارد (Khan, 1992; Ruan and Xue, 2002).

پیش‌تیمار بذرها با تسریع جوانه‌زنی، درصد و سرعت استقرار گیاهچه‌ها را در مزرعه افزایش داده و به تولید گیاهان قوی و یکنواخت منجر می‌شود (Basra *et al*., 2003). مشاهده شده است که پیش‌تیمار آبی بذرهای گل

گاو زبان (Ghassemi-Golezani *et al*., 2013a)، جعفری (Podlaski *et al*., 2003)، نخود (Ghassemi-Golezani *et al*., 2013b)، ماش (Ghassemi-Golezani *et al*., 2014) و عدس (Ghassemi-Golezani *et al*., 2008a) درصد و سرعت سبز شدن گیاهچه‌ها، درصد پوشش سبز گیاهان و عملکرد دانه در واحد سطح را افزایش می‌دهد. ساگلام و همکاران (Saglam *et al*., 2010) نیز گزارش کردند که پیش‌تیمار آبی عدس درصد جوانه‌زنی این گیاه را در شرایط تنش خشکی افزایش می‌دهد.

قاسمی گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al*., 2014) دریافتند که سبز شدن ماش در مزرعه بر اثر پیش‌تیمار آبی به مدت‌های ۸ و ۱۶ ساعت بهبود می‌یابد. پیش‌تیمار آبی بذرهای برنج به مدت ۴۸ ساعت بهترین نتیجه را در تقویت بذرهای این گیاه داشت (Prasad *et al*., 2012). با توجه به این که اطلاعات کافی در مورد اثر پیش‌تیمار بذر در گیاه ماریتیغال وجود ندارد، در این پژوهش سعی شده است اثرات مدت پیش تیمار آبی بذر بر استقرار بوته و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید ماریتیغال در شرایط آبیاری مطلوب و محدود مورد ارزیابی قرار گیرد.

مواد و روش‌ها

بذرهای ماریتیغال رقم مجارستان تولیدی سال ۹۳ از شرکت پاکان بذر اصفهان تهیه شد. بذرهای ماریتیغال به سه دسته تقسیم گردید و یک نمونه به عنوان شاهد در دمای ۵-۳ درجه سانتی‌گراد در داخل یخچال نگهداری شد. دو نمونه دیگر به مدت‌های ۸ و ۱۶ ساعت در اتاقی با دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد در آب خیسانده شده و سپس تا رطوبت اولیه خشکانده و برای مراحل بعدی آزمایش آماده شدند.

آزمون جوانه‌زنی استاندارد

آزمون جوانه‌زنی با روش انجمن بین المللی آزمون بذر[1] (ISTA, 2010) با استفاده از کاغذهای صافی به ابعاد ۳۰ × ۳۰ سانتی‌متر مرطوب شده با آب مقطر در چهار تکرار ۲۵ بذری انجام گرفت. ابتدا کاغذ صافی را در آب مقطر خیس کرده و سپس با فشردن، قسمتی از آب آن‌ها گرفته شد. تعداد ۲۵ عدد بذر ضدعفونی شده با بنومیل ۳/۳ گرم در کیلوگرم روی یک کاغذ صافی مرطوب پخش و سپس کاغذ صافی مرطوب دیگری روی آن‌ها قرار داده شد. انتهای پایینی کاغذها به اندازه دو تا سه سانتی-متر تا گردید و از قسمت جانبی به شکل لوله پیچانده شد. کاغذهای لوله‌ای مرطوب همراه با بذرها برای هر چهار تکرار در داخل یک کیسه پلاستیکی قرار گرفته و به صورت عمودی در انکوباتوری با دمای ۲۰ درجه سانتی-گراد قرار داده شدند. ۲۱ روز پس از قرار گرفتن نمونه‌ها در این شرایط بذرهای کلیه تیمارها به تفکیک از انکوباتور بیرون آورده شده و تعداد گیاهچه‌های عادی (گیاهچه‌هایی که تحت شرایط مطلوب رطوبت، دما و نور در صورت کشت در خاک می‌توانند به گیاه کامل تبدیل شوند) و غیر عادی (گیاهچه‌هایی که حتی در شرایط مناسب نیز توانایی تبدیل شدن به گیاه سالم را ندارند) بر مبنای معیارهای انجمن بین المللی آزمون بذر (ISTA, 2010) مشخص گردید و سپس درصد جوانه‌زنی برای هر تیمار در هر تکرار محاسبه و ثبت گردید.

آزمون مدت جوانه‌زنی

این آزمون برای هر نمونه در چهار تکرار در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد انجام پذیرفت. بذرهای کلیه نمونه‌ها به طور مرتب از روز اول از نظر جوانه‌زنی مورد ارزیابی قرار گرفتند. ظهور ریشه‌چه به اندازه دو میلی‌متر به عنوان معیاری برای جوانه‌زنی بذرها در نظر گرفته شد. تعداد بذرهای جوانه‌زده در هر روز از کسر تعداد بذرهای جوانه-زده در روزهای ماقبل محاسبه و به عنوان جوانه‌های ظاهر شده در همان زمان یادداشت گردید. کار شمارش تعداد بذرهای جوانه‌زده تا ۲۱ روز ادامه پیدا کرد. متوسط زمان جوانه‌زنی با استفاده از رابطه ۱ (Ellis and Roberts, 1981) محاسبه گردید.

$$\overline{D} = \frac{\Sigma D.n}{\Sigma n}$$ رابطه (۱)

آزمایش مزرعه‌ای

این آزمایش به صورت اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک‌های کامل تصادفی با سه تکرار در بهار و تابستان ۱۳۹۴ در مزرعه تحقیقاتی دانشکده کشاورزی دانشگاه تبریز واقع در اراضی کرکج انجام شد. ارتفاع این منطقه از سطح دریا ۱۳۶۰ متر، میانگین بارش سالیانه ۲۸۵ میلی‌متر، عرض جغرافیایی ۳۸ درجه و ۵ دقیقه شمالی و

[1] ISTA

طول جغرافیایی ۴۶ درجه و ۱۷ دقیقه شرقی است. در این آزمایش تیمارهای آبیاری (I_1، I_2، I_3، I_4: به ترتیب آبیاری پس از ۷۰، ۱۰۰، ۱۳۰ و ۱۶۰میلی‌متر تبخیر از تشتک تبخیر کلاس A) در کرت‌های اصلی و مدت‌های پیش-تیمار آبی (P_1، P_2 و P_3: به ترتیب صفر، ۸ و ۱۶ ساعت) در کرت‌های فرعی قرار گرفتند. بذرهای پیش‌تیمار شده با میزان ۳/۳ گرم در کیلوگرم بنومیل ضدعفونی گردیده و پس از آن به‌صورت دستی در ۱۷ اردیبهشت ۱۳۹۴ در عمق ۳ سانتی‌متری خاک لومی شنی کاشته شدند. هر کرت به طول ۳ و عرض ۲/۵ متر دارای ۶ ردیف کاشت به فاصله ۲۵ سانتی‌متر از همدیگر بود. تمام کرت‌ها بلافاصله پس از کاشت آبیاری شدند و علف‌های هرز در طول رشد گیاه به‌صورت دستی کنترل گردیدند.

برای اندازه‌گیری درصد پوشش سبز در مراحل مختلف رشد و نمو از چارچوبی به ابعاد ۵۰ ×۵۰ سانتی‌متر استفاده گردید. سطح داخلی این چارچوب به‌وسیله ریسمانی به ۱۰۰ قسمت مساوی تقسیم و چهار پایه متحرک نیز در گوشه‌های آن تعبیه شده بود که این وسیله در داخل هر واحد آزمایشی طوری قرار داده می‌شد که با مشاهده پوشش گیاهی از قسمت فوقانی آن، ارزیابی امکان‌پذیر باشد. به هریک از تقسیمات صدتایی چارچوب که حداقل نصف آن با سطح سبز گیاه اصلی پر شده بود، نمره یک و در غیر این صورت نمره صفر داده می‌شد. مجموع تعداد خانه‌های پر، درصد پوشش سبز را مشخص می‌کرد. با استفاده از این روش درصد پوشش سبز واحدهای آزمایشی هر پنج روز یک بار و طی ۹ مرحله در قسمت معینی از هر کرت اندازه‌گیری شد.

محتوای کلروفیل و کاروتنوئید

سنجش میزان کلروفیل و کاروتنوئید با استفاده از روش لیچانتالر (Lichtenthaler, 1987) انجام شد. مقدار نیم گرم نمونه برگی در هاون چینی ریخته شده و با استفاده از نیتروژن مایع خرد و له گردید و سپس ۲۰ میلی‌لیتر استون ۸۰ درصد به آن اضافه شد. عصاره حاصل بعد از عبور دادن از کاغذ صافی به لوله آزمایش منتقل گردید و پس از آن به مدت پنج دقیقه با ۳۰۰۰ دور سانتریفیوژ شد. نمونه‌ها به دستگاه اسپکتروفتومتری منتقل گردیده و در معرض طول موج‌های ۶۶۳/۳، ۶۴۶/۸ و ۴۷۰ نانومتر قرار گرفتند، از استون ۸۰ درصد نیز به عنوان شاهد استفاده شد. مقادیر کلروفیل‌های a، b و کل و همچنین کاروتنوئید با بهره‌گیری از رابطه‌های زیر محاسبه گردید:

$$chl.a = (12.25\ A663.2 - 2.79\ A646.8) \quad \text{رابطه (۲)}$$

$$chl.b = (21.21\ \mathrm{A646.8} - 5.1\ A663.2) \quad \text{رابطه (۳)}$$

$$chl.T = chl.a + chl.b \quad \text{رابطه (۴)}$$

$$\text{کارتنوئید} = (1000\ A470 - 1.8chl.a - 85.02chl.b)/198 \quad \text{رابطه (۵)}$$

داده‌های حاصل با استفاده از نرم‌افزار آماری GenStat-12 در قالب اسپلیت پلات بر پایه طرح بلوک-های کامل تصادفی تجزیه و میانگین‌ها با بهره‌گیری از آزمون چند دامنه‌ای دانکن در سطح احتمال ۵ درصد مورد مقایسه قرار گرفتند.

نتایج و بحث

استفاده از پیش‌تیمار آبی اثر معنی‌داری بر درصد جوانه‌زنی ماریتیغال نداشت (جدول ۱). پیش‌تیمار آبی موجب زنده شدن بذور مرده نمی‌شود بلکه از طریق تسریع در جذب آب موجب افزایش سرعت جوانه‌زنی می‌شود. بنابراین اثر پیش‌تیمار آبی بر روی درصد جوانه‌زنی معنی-دار نخواهد بود. این نتایج با نتایج قاسمی‌گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al*., 2010a) در کلزا مطابقت دارد.

پیش‌تیمار آبی در سطح احتمال یک درصد اثر معنی-داری بر متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای ماریتیغال داشت (جدول ۱). کمترین مدت جوانه‌زنی در بذرهای پیش‌تیمار شده به مدت ۱۶ ساعت (P_3) مشاهده گردید. بذرهای پیش‌تیمار شده به مدت ۱۶ ساعت به‌ترتیب حدود یک و دو روز زودتر از بذرهای پیش‌تیمار شده به مدت ۸ ساعت (P_2) و بذرهای شاهد (P_1) جوانه زدند (شکل ۱).

بسرا و همکاران (Basra *et al*., 2003) در برنج نشان دادند که مدت جوانه‌زنی در پاسخ به پیش‌تیمار کاهش می‌یابد. بر اساس یافته‌های هریس (Harris, 2005)

جدول ۱- تجزیه واریانس اثرات پیش‌تیمار آبی بذرهای ماریتیغال روی درصد و میانگین جوانه‌زنی

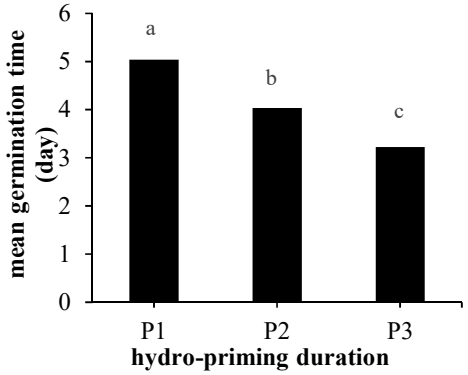
Table 1. Analysis of variance of pre-treatment effects of milk thistle seed on percentage and mean germination

S.O.V	منبع تغییر	درجه آزادی df	میانگین مربعات MS	
			درصد جوانه‌زنی Germination percentage	متوسط زمان جوانه‌زنی Mean germination time
Replication	تکرار	3	36.89	0.044
Hydro-priming (P)	پیش تیمار آبی	2	49.33^{ns}	3.295^{**}
Error	خطا	6	15.56	0.047
CV (%)	ضریب تغییرات (٪)	-	5	5.3

ns و ** به ترتیب غیرمعنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد

ns, **: No significant and significant at 1% probability level, respectively.

جوانه‌زنی سریع و یکنواخت از پیامدهای پیش‌تیمار بذور می‌باشد. افضل و همکاران (Afzal *et al*., 2006) نیز گزارش کردند که پیش‌تیمار بذر سرعت و یکنواختی جوانه‌زنی را افزایش می‌دهد، زیرا عمل جذب آب در بذرهای پیش‌تیمار شده به سرعت اتفاق می‌افتد و متابولیسم بذر فعال‌تر می‌باشد.



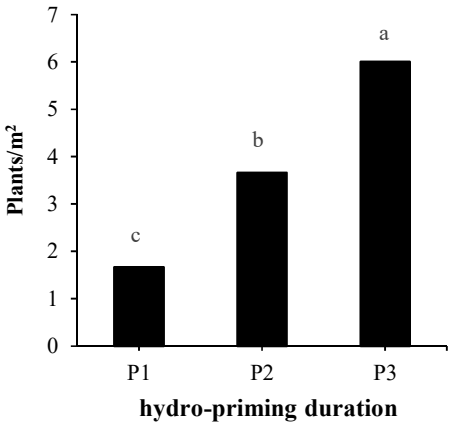
شکل ۱- اثر مدت پیش‌تیمار آبی بذر بر متوسط زمان جوانه‌زنی ماریتیغال P_1، P_2، P_3: به ترتیب پیش‌تیمار آبی به مدت‌های صفر، ۸ و ۱۶ ساعت

حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است

Figure 1. The effect of seed hydro-priming duration on plant establishment of milk thistle P_1, P_2 and P_3: 0, 8 and 16 hour's hydro-priming duration.

Different letters indicating significant difference at P≤0.05.

تجزیه واریانس داده‌های در آزمایش حاضر نیز نشان داد که تعداد بوته در متر مربع در سطح احتمال یک درصد تحت تأثیر پیش‌تیمار آبی قرار گرفته است. پیش‌تیمار آبی ۸ (P_2) و ۱۶ ساعت (P_3) به‌ترتیب موجب افزایش بیش از ۲ و ۳/۵ برابری تعداد بوته‌های استقرار یافته ماریتیغال در واحد سطح شده بود (شکل ۲). نتایج این پژوهش با یافته‌های جبارپور و همکاران (Jabbarpiour *et al*., 2014) در گندم مطابقت دارد. قاسمی‌گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al*., 2014) نیز گزارش کردند که در ماش استفاده از تکنیک پیش‌تیمار آبی موجب افزایش تعداد بوته در واحد سطح می‌گردد. پیش‌تیمار آبی بذرها موجب افزایش درصد سبز شدن و در نتیجه افزایش تعداد بوته در واحد سطح می‌شود (Farooq *et al*., 2006; Ghassemi-Golezani *et al*., 2008b).

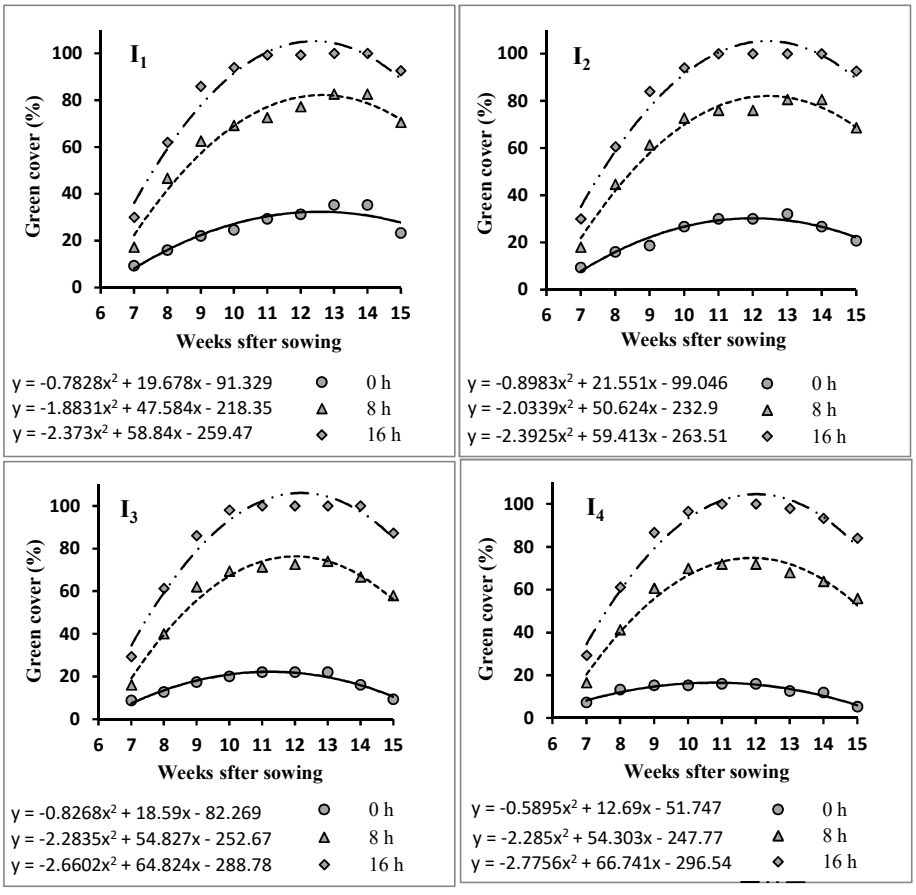


شکل ۲- اثر مدت پیش‌تیمار آبی بذر بر استقرار بوته ماریتیغال P_1، P_2، P_3: به ترتیب پیش‌تیمار آبی به مدت‌های صفر، ۸ و ۱۶ ساعت

حروف متفاوت نمایان‌گر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است

Figure 2. The effect of seed hydro-priming duration on plant establishment of milk thistle P_1, P_2 and P_3: 0, 8 and 16 hour's hydro-priming duration.

Different letters indicating significant difference at P≤0.05.



شکل ۳- تغییرات پوشش سبز ماریتیغال در واکنش به مدت پیش‌تیمار آبی بذر و تیمارهای آبیاری

Figure 3. Changes in green cover of milk thistle in response to seed hydro-priming duration and irrigation treatments

منحنی‌های برازش شده نشان می‌دهند که درصد پوشش سبز گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده به ویژه بذرهای پیش‌تیمار شده به مدت ۱۶ ساعت همواره بیشتر از گیاهان شاهد می‌باشد. درصد پوشش سبز گیاهان حاصل از بذرهای شاهد و پیش‌تیمار شده به مدت ۸ و ۱۶ساعت تحت I_1 و I_2 بعد از سیزده هفته و تحت I_3 و I_4 بعد از دوازده هفته از زمان کاشت به دلیل پیری و زرد شدن برگ‌ها روند نزولی پیدا کرد. یعنی پیش‌تیمار بذر موجب تعدیل اثر تنش خشکی شد (شکل ۳). بالا بودن درصد پوشش سبز گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده در همه مراحل رشد و نمو به‌طور مستقیم با افزایش استقرار بوته‌ها در واحد سطح بر اثر پیش‌تیمار آبی بذرها مرتبط می‌باشد (شکل ۲).

قاسمی‌گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al*., 2008b) گزارش کردند که در نخود استفاده از پیش‌تیمار آبی بذرها موجب افزایش درصد پوشش سبز می‌گردد. در گیاه گل گاو زبان نیز استفاده از تکنیک پیش‌تیمار آبی بذرها از طریق افزایش استقرار بوته موجب افزایش درصد پوشش سبز شده است (Ghassemi-Golezani et al., 2013a). ارل و دیوس (Earl and Davis, 2003) پی بردند که با افزایش استقرار بوته، درصد پوشش سبز افزایش یافته و با افزایش آن، دریافت نور نیز بهبود می‌یابد. بنابراین، گیاهان حاصل از پیش‌تیمار آبی بذرها تا حدی می‌توانند اثرات منفی تنش خشکی را کاهش دهند. در ماش نیز افزایش مدت پیش‌تیمار آبی بذرها از طریق سبز شدن سریع و استقرار مناسب گیاهچه‌ها، تا حدی از اثرات منفی تنش خشکی کاسته است (Ghassemi-Golezani *et al*., 2014).

محتوای کلروفیل برگ

نتایج تجزیه واریانس داده‌ها (جدول ۲) نشان داد که آبیاری و پیش‌تیمار آبی بذر اثرات معنی‌داری بر محتوای کلروفیل a، b و کل داشتند. با کاهش میزان آب در دسترس همه این صفات تنزل یافتند. میزان کاهش محتوای کلروفیل a، b و کل در تنش شدید (I_4) نسبت به آبیاری مطلوب (I_1) به ترتیب ۳۶/۶۳، ۴۲/۶۹ و ۳۸/۰۳ درصد بود. به طور کلی با افزایش مدت پیش‌تیمار آبی بذر هر سه صفت افزایش یافتند. پیش‌تیمار آبی بذرهای ماریتیغال به مدت ۱۶ ساعت (P_3) نسبت به بدون پیش‌تیمار (P_1) محتوای کلروفیل a، b و کل را به ترتیب ۴۳/۷۶، ۴۸/۶۴ و ۴۴/۸۶ درصد افزایش داد (جدول ۳).

جدول ۲- تجزیه واریانس اثرات آبیاری و پیش‌تیمار آبی بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ ماریتیغال

Table 2. Analysis of variance of the effects of irrigation and hydro-priming on leaf chlorophyll and carotenoid contents of milk thistle

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی Df	میانگین مربعات MS			
			کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a + b Chlorophyll a + b	کاروتنوئید Carotenoids
Replication	تکرار	2	10.779*	2.3109**	3.384ns	0.1265ns
Irrigation (I)	آبیاری	3	122.293*	16.4029**	226.025**	3.1561**
Error	خطا	6	14.038	1.2713	7.184	0.2571
Hydro-priming (P)	پیش‌تیمار آبی	2	167.842**	17.7746**	294.847**	2.8497**
I × P	آبیاری × پیش‌تیمار	6	1.250ns	0.3205ns	0.953ns	0.0983ns
Error	خطا	16	2.164	0.1832	1.955ns	0.1623
CV (%)	ضریب تغییرات	-	8.2	8.1	6.0	9.6

ns، *، **: به ترتیب غیر معنی‌دار و معنی‌دار در سطح احتمال پنج و یک درصد

ns, *, **: No significant and significant at 5% and 1% probability levels, respectively.

قاسمی‌گلعذانی و همکاران (Ghassemi-Golezani *et al*., 2010b) هم دریافتند که محتوای کلروفیل لوبیا چیتی بر اثر تنش خشکی کاهش می‌یابد. کاهش میزان کلروفیل در شرایط تنش خشکی توسط محققان دیگری نیز گزارش شده است (Paknejad *et al*., 2007; Hortensteiner and Feller, 2002). اکسیائو و همکاران (Xiao *et al*., 2008) با اعمال تنش خشکی روی دو نژاد از صنوبر *Cathayana* به مدت ۱۲ هفته و در شرایط گلخانه‌ای دریافتند که دلیل کاهش کلروفیل در شرایط تنش خشکی شدید، کندی سرعت سنتز و یا تجزیه سریع

کلروفیل است. در ذرت دلیل کاهش محتوای کلروفیل در هنگام بروز تنش خشکی، کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات بوده است (Piekielek and fox, 1992). فینگر و همکاران (Finger *et al*., 1995) با اعمال تنش خشکی در موز دریافتند که تنش خشکی با افزایش تنفس و تولید اتیلن سبب فعال‌سازی آنزیم‌های مسیر کاتابولیسم کلروفیل و متعاقب آن تجزیه کلروفیل و زرد شدن میوه موز می‌شود. از عوامل دیگر کاهش محتوای کلروفیل در هنگام مواجه شدن گیاهان با تنش خشکی، تولید گونه‌های فعال اکسیژن و متعاقب آن پراکسیداسیون لیپیدها و تخریب کلروفیل است (Xiao et al., 2008). روی و سریواستاوا (Roy and Srivastava, 2000) نیز گزارش کردند که پیش‌تیمار آبی بذرها می‌تواند محتوای کلروفیل a و b و همچنین فتوسنتز را در گیاهان حاصل افزایش دهد.

روی و سریواستاوا (Roy and Srivastava, 2000) عنوان کردند که پیش‌تیمار آبی بذرها می‌تواند محتوای کلروفیل برگ و نیز فتوسنتز را در گیاهان حاصل افزایش دهد و از این طریق قدرت منبع و تولید مواد پرورده را بالا ببرد که این عوامل در نهایت به افزایش عملکرد منجر می‌شود. قاسمی‌گلعذانی و عبدالرحمنی (Ghassemi-Golezani and Abdurrahmani, 2012) در مطالعه‌ای روی جو دریافتند که در گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده به دلیل ظهور و رشد سریع ریشه‌چه و در نتیجه استفاده بهینه از آب و نیتروژن موجود در خاک، شاخص کلروفیل افزایش پیدا می‌کند.

جدول ۳- مقایسه میانگین‌های اثرات آبیاری و پیش‌تیمار آبی بر محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ ماریتیغال

Table 3. Comparison of means of the effects of irrigation and hydro-priming on leaf chlorophyll and carotenoid contents of milk thistle

Treatments	تیمارها	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل a + b Chlorophyll a + b	کاروتنوئید Carotenoids
Irrigation	آبیاری				
I_1		23.04[a]	6.956[a]	30.00[a]	4.744[a]
I_2		18.06[b]	5.776[a]	23.84[b]	4.443[a]
I_3		16.05[b]	4.421[b]	20.47[c]	4.204[a]
I_4		14.60[b]	3.986[b]	18.59[c]	3.365[b]
Hydro-priming	پیش‌تیمار آبی				
P_1		15.47[b]	4.498[b]	19.97[b]	3.730[c]
P_2		16.10[b]	4.669[b]	20.77[b]	4.136[b]
P_3		22.24[a]	6.686[a]	28.93[a]	4.701[a]

حروف متفاوت در هر ستون نمایانگر اختلاف معنی‌دار در سطح احتمال ۵ درصد است

Different letters in each column indicates significant difference at $P \leq 0.05$.

تجزیه واریانس داده‌ها نشان داد که تنش کمبود آب و پیش‌تیمار آبی بذر اثرات معنی‌داری بر محتوای کاروتنوئید برگ داشتند (جدول ۲). با افزایش تنش خشکی، محتوای کاروتنوئید کاهش پیدا کرد اما اختلاف بین آبیاری مطلوب (I_1)، تنش ملایم (I_2) و تنش متوسط (I_3) معنی‌دار نبود. محتوای کاروتنوئید در تنش شدید (I_4) نسبت به آبیاری مطلوب (I_1) ۲۹/۰۶ درصد کاهش داشت (جدول ۳). میانگین کاروتنوئید برگ گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده به مدت ۱۶ ساعت (P_3) به طور معنی‌داری بیشتر از گیاهان حاصل از بذرهای پیش‌تیمار شده به مدت ۸ ساعت (P_2) و نیز گیاهان شاهد (P_1) بود. کاروتنوئید برگ گیاهان حاصل از بذرهای P_3 و P_2 به ترتیب ۲۶/۰۳ و ۱۰/۸۸ درصد بیشتر از شاهد (P_1) بود (جدول ۳).

اولیویرا نتو و همکاران (Oliviera-Neto *et a*l., 2009) تغییرات متابولیکی را عامل کاهش رنگیزه‌های فتوسنتزی در ذرت خوشه‌ای در شرایط تنش خشکی تشخیص دادند. این محققان گزارش کردند که کاهش کارآیی استفاده از کربن و افزایش تولید اتانول و لاکتات سبب کاهش سنتز کاروتنوئیدها و کلروفیل‌ها می‌شود. همچنین اعمال تنش خشکی در مرحله زایشی گیاه، تسریع پیری برگ و تجزیه رنگیره‌های فتوسنتزی را در پی داشت. کاهش محتوای کاروتنوئید در شرایط تنش خشکی در سایر بررسی‌ها نیز مشاهده شده است (Silva *et al*., 2007). روی و سریواستاوا (Roy and Srivastava,

2000) گزارش کردند که پیش‌تیمار آبی بذرهای گندم از طریق بهبود میزان جذب نور و افزایش کارآیی استفاده از کربن موجب افزایش سنتز کاروتنوئید می‌شود و همچنین تکنیک پیش‌تیمار آبی از طریق ظهور و رشد سریع ریشه‌چه و در نتیجه استفاده بهینه از آب و منابع غذایی موجود در خاک، از پیری زودرس جلوگیری کرده و از این طریق موجب بهبود محتوای کاروتنوئید می‌گردد.

نتیجه‌گیری کلی

یافته‌های این پژوهش نشان داد که استفاده از پیش تیمار آبی به ویژه ۱۶ ساعت موجب کاهش متوسط زمان جوانه‌زنی گردید، ولی اثر معنی‌داری روی درصد جوانه‌زنی نداشت. همچنین تنش خشکی یک عامل محدود کننده برای درصد پوشش سبز ماریتیغال می‌باشد. تنش خشکی موجب کاهش محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ می‌شود. کاهش درصد پوشش سبز و نیز کاهش محتوای کلروفیل منجر به کاهش جذب تشعشع فعال فتوسنتزی و در نتیجه رشد و عملکرد گیاه خواهد شد. درحالی که پیش‌تیمار آبی بذرهای این گیاه با افزایش تعداد بوته‌های استقرار یافته در واحد سطح موجب افزایش درصد پوشش سبز گیاه و محتوای کلروفیل و کاروتنوئید برگ‌های آن می‌گردد. همین امر می‌تواند به بهبود تولید دانه‌های این گیاه دارویی در شرایط آبیاری مطلوب و محدود منجر شود.

منابع

Abdali-Mashhadi, A., Fathi, Gh. and Alami-Said, Kh. 2000. Effect of different levels of density on yield and seed oil of Black cumin in Ahvaz region. Abstracts the 6th Iranian Crop Sciences Congress. (In Persian)**(Conference)**

Afzal, A., Aslam, N., Mahmood, F., Hameed, A., Irfan, S. and Ahmad, G. 2006. Enhancement of germination and emergence of canola seeds by different priming Techniques. Garden depesquisa Biology, 61: 61-43. **(Journal)**

Basra, S. M. A., Farooq, M. and Khaliq, A. 2003. Comparative study of pre-sowing seed enhancement treatments in indica rice (*Oryza sativa* L.). Pakistan Journal of Life and Social Sciences, 1: 5–9. **(Journal)**

Basra, S. M. A., Warraich, E. A., Cheema, M. A. and Afzal, I. 2003. Effect of storage on growth and yield of primed canola (*Brassica napus* L.) seeds. International Journal of Agriculture and Biology, 5: 117-120. **(Journal)**

Borsani, O., Valpuesta, V. and Botella, M. A. 2001. Evidence for a role of salicylic acid in the oxidative damage generate by NaCl and osmotic stress in Arabidopsis seedling. Plant Physiology, 126: 1024-1030. **(Journal)**

Chaves, M. M., Pereira, J. S., Maroco, J., Rodriques, M. L., Ricardo, C. P. P., Osorio, M. L., Carvatho, I., Faria, T. and Pinheiro, C. 2002. How plants cope with water stress in the field: photosynthesis and growth. Annals of Botany, 89: 907–916. **(Journal)**

Dastborhan, S. and Ghassemi-Golezani, K. 2015. Influence of seed priming and water stress on selected physiological traits of borage. Foliar Horticulturae, 27: 151-159. **(Journal)**

Ding, T. M., Tian, S. J., Zhang, Z. X., Gu, D. Z., Chen, Y. F., Shi, Y. H. and Sun, Z. P. 2001. Determination of active component in silymarin by RP-LC and LC/MS. Journal of Phamaceutical and Biochemical Analysis, 26: 155-161. **(Journal)**

Earl, H. J. and Davis, R. F. 2003. Effect of drought stress on leaf and canopy whole radiation use efficiency and yield of maize. Agronomy Journal, 95: 688–696. **(Journal)**

Ellis, R. H and Roberts, E. H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodoxes seeds. Seed Science and Technology, 9: 373-409. **(Journal)**

Farooq, M., Basra, S. M. A. and Hafeez, K. 2006. Seed invigoration by osmohardening in fine and coarse rice. Seed Science and Technology, 34: 181-187. **(Journal)**

Farooq, M., Wahid, A., Kobayashi, N., Fujita, D. and Basra, S. M. A. 2009. Plant drought stress: effects, mechanisms and management. Agronomy for Sustainable Development, 29: 185-212. **(Journal)**

Flexas, J. and Medrano, H. 2002. Drought-inhibition of photosynthesis in C_3 plants: Stomatal and nonstomatal limitation revisited. Annals of Botany, 89: 183-189. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K. and Abdurrahmani, B. 2012. Seed priming, a way for improving grain yield and nutritional value of barley (*Hordeum vulgare* L.) under dry land condition. Research on Crops, 13: 62-66. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Aliloo, A. A., Valizadeh, M. and Moghaddam, M. 2008a. Effects of different priming techniques on seed invigoration and seedling establishment of lentil (*Lens culinaris* Medik). Journal of Food Agriculture and Environment, 6: 222-226. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Sheikhzadeh-Mosaddegh, P. and Valizadeh, M. 2008b. Effects of hydro-priming duration and limited irrigation on field performance of chickpea. Research Journal of Seed Science, 1: 34- 40. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Jabbarpour, S., Zehtab-Salmasi, S. and Mohammadi, A. 2010a. Response of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) cultivars to salt priming of seeds. African Journal of Agricultural Research, 5: 1089-1094. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Zafarani-Moattar, P., Rae, Y. and Mohammadi, A. 2010b. Response of pinto bean cultivars to water deficit at reproductive stages. Journal of Food, Agriculture and Environment, 8: 801-804. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Hosseinzadeh-Mahootchy, A., Zehtab-Salmasi, S. and Tourchi, S. 2012c. Improving field performance of aged chickpea seeds by hydro- priming under water stress. International Journal of Plant, Animal and Environmental Sciences, 2: 168-176. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Dastborhan, S. and Zehtab-Salmasi, S. 2013a. Seed priming and field performance of borage (*Borago officinalis* L.) under different Irrigation treatmwnts. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4: 82-87. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Hosseinzadeh-Mahootchy, A., Zehtab-Salmasi, S. and Tourchi, S. 2013b. Influence of seed invigoration and water supply on morpho-physiological traits of chickpea. International Journal of Agronomy and Plant Production, 4: 782- 786. **(Journal)**

Ghasemi-Golezani, K., Jabbarpour-Bonyadi, Z., Shafagh-Kolvanagh, J. and Nikpour-Rashidabad, N. 2013c. Effects of Water Stress and hydro-priming duration on field performance of lentil. International Journal of Farming and Allied Sciences, 2: 922-925. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Jabbarpour, S. and Zehtab-Salmasi, S. 2013d. Influence of seed priming on ground cover and grain yield of spring and winter rapeseed cultivars. International Journal of Biosciences, 3: 54-61. **(Journal)**

Ghassemi-Golezani, K., Hassanpour-Bourkheili, S., Bandeh-Hagh, A. and Farhanghi-Abriz, S. 2014. Seed hydro-priming, a simple way for improving mung-bean performance under water stress. International Journal of Biosciences, 4: 12- 18. **(Journal)**

Harris, D. 2005. Priming seed. DFID Plant Sciences Research Programme, Centre for Arid Studies, University of Bangor, 18: 22-25. **(Book)**

Hortensteiner, S. and Feller, U. 2002. Nitrogen metabolism and remobilization during senescence. Journal of Experimental Botany, 53: 927-937. **(Journal)**

ISTA. 2010. International rules for seed testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland. **(Handbook)**

Jabbarpiour, S., Ghassemi-Golazani, K. and Aghazadeh, R. 2014. Effects of salt priming on seedling vigor and field establishment of aged winter wheat seeds. International Journal of Biosciences, 5: 67-72. **(Journal)**

Jaleel, C. A., Manivannan, P., Sankar, B., Kishorekumar, A., Sankari, S. and Panneerselvam, R. 2007. Paclobutrazol enhances photosynthesis and ajmalicine production in *Catharanthus roseus*. Process Biochemistery, 42: 1566–1570. **(Journal)**

Jazaeri Nushabadi, M. R. and Rezaei, A. M. 2007. Evaluation of relations between parameters in oat cultivars in water stress and non-stress conditions. Science and Technology of Agriculture and Natural Resources, 11: 265-278. (In Persian)**(Journal)**

Khan, A. A. 1992. Preplant physiological seed conditioning. Horticultural Reviews, 13: 131-181. **(Journal)**

Kiani, S. P., Maury, P., Sarrafi, A. and Grieu, P. 2008. QTL analysis of chlorophyll fluorescence parameters in sunflower (*Helianthus annuus* L.) under well-watered and water-stressed conditions. Plant Science, 175: 565-573. **(Journal)**

Lichtenthaler, H. K. 1987. Chlorophylls and carotenoids: Pigments of photosynthetic biomembranes. Methods in Enzymology, 148: 350-382. **(Book)**

Massaccio, A., Nabiev, S. M., Pietrosanti, L., Nematov, S. K., Chernikova, T. N., Thor, K. and Leipner, J. 2008. Response of the photosynthetic apparatus of cotton (*Gossypium hirsutum*) to the onset of drought stress under field conditions studied by gas-exchange analysis and chlorophyll fluorescence imaging. Plant Physiology and Biochemistry, 46: 189-195. **(Journal)**

McDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: Physiology, repair and assessment. Seed Science and Technology, 27: 177-237. **(Journal)**

Micheletto, S., Rodriguez-Uribe, L., Hernandez, R., Richins, R. D., Curry, V. and Connell, M. A. 2007. Comparative transcript profiling in roots of (*Phaseolus acutifolius*) and (*Phaseolus vulgaris*) under water deficit stress. Plant Science, 173: 510-520. **(Journal)**

Nakayama, N., Saneoka, H., Moghaieb, R. E. A., Premachandra, G. S. and Fujita, K. 2007. Response of growth, photosynthetic gas exchange, translocation of 13C-labelled photosynthate and N accumulation in two soybean (*Glycine max* L. Merrill) cultivars to drought stress. International Journal of Agriculture and Biology, 9: 669-674. **(Journal)**

Oliviera-Neto, C. F., Silva-Lobato, A. K., Goncalves-Vidigal, M. C., Costa, R. C. L., Santos.Filho, B. G., Alves, G. A. R., Silva-Maia, W. J. M., Cruz, F. J. R., Neres, H. K. B. and Santos Lopes, M. J. 2009. Carbon compounds and chlorophyll contents in sorghum submitted to water deficit during three growth stages. Seed Science and Technology, 7: 588-593. **(Journal)**

Omid Baigi, R. 1995. Approaches to production and processing of medicinal plants. Fekre Rooz Press, Tehran. (In Persian)**(Book)**

Paknejad, F., Nasri, M., Moghadam, H. R. T., Zahedi, H. and Alahmadi, M. J. 2007. Effect of drought stress on chlorophyll fluorescence parameters, chlorophyll content and grain yield of wheat cultivars. International Journal of Biological Sciences, 7: 841-847. **(Journal)**

Prasad, S., Prasad, B. and Singh, R. 2012. Effect of hydro-priming duration on germination and seedling vigour of rice (*Oryza sativa* L.). Journal of Crop and Weed, 8: 65-71. **(Journal)**

Radjabian, T., Fallah Huseini, H., Karami, M., Zarpak, B. and Rasooli, I. 2005. Effect of silymarin, the seed extract of cultivated and endemic *Silybum marianum* (L.) Gaertn. On serum lipid levels and atherosclerosis development in hypercholesterolemic rabbits. Journal of Medicinal Plant, 4(supplement 1): 33-41. **(Journal)**

Roy, N. K. and Srivastava, A. K. 2000. Adverse effect of salt stress conditions on chlorophyll content in wheat (*Triticum aestivum* L.) leaves and its amelioration through pre-soaking treatments. Indian Journal of Agriculture Science, 70: 777-778. **(Journal)**

Ruan, S. L. and Xue, Q. Z. 2002. Plant seed priming. Plant Physiology Bulletin, 38: 198-202. **(Journal)**

Silva, M. A., Jifon, J. L., Silva, J. A. G. and Sharma, V. 2007. Use of physiological parameters as fast tools to screen for drought tolerance in sugarcane. Brazilian Journal of Plant Physiology, 19: 193-201. **(Journal)**

Soltani, A., Gholipoor, M. and Zeinali, E. 2006. Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. Environmental and Experimental Botany, 55: 195-200. **(Journal)**

Xiao, X., Xu, X. and Yang, F. 2008. Adaptive responses to progressive drought stress in two *Populus cothayana* populations. Silva Fennica. 42: 705-719. **(Journal)**

Changes in green cover and chlorophyll and carotenoid contents of milk thistle in response to seed hydro-priming and water deficit

Iraj Yaghoubian*[1], Kazem Ghassemi-Golezani[2], Yaghoub Raei[2]

Received: August 4, 2016 Accepted: June 20, 2017

Abstract

In order to investigate the effects of hydro-priming duration on green cover and leaf chlorophyll and carotenoid contents of milk thistle (*Silybum marianum* L.) under different irrigation treatments, a split plot experiment based on randomized complete block (RCB) design with three replications was conducted in 2015 at the Research Farm of the University of Tabriz. Irrigation treatments (I_1, I_2, I_3, I_4: Irrigation after 70, 100, 130 and 160 mm evaporation from class A pan, respectively) were allocated to main plots, and hydro-priming durations (P_1, P_2, P_3: 0, 8 and 16 hours, respectively) were assigned to the sub plots. Germination percentage, mean germination time, number of plants per unit area, percentage of green cover, chlorophyll a, b and total and carotenoid contents were measured. The results showed that hydro-priming especially in 16 hours was reduced the mean germination time. However, had no significant effect on germination percentage. Also, the number of plants per unit area increased with increasing priming duration up to 16 hours. Percentage of green cover was also enhanced with increasing hydro-priming duration under all irrigation treatments. Chlorophyll a, b and total and carotenoid contents considerably decreased as a consequence of water deficit. However, hydro-priming for 8 and especially 16 hours significantly increased these traits. These results clearly indicate that hydro-priming by increasing plant establishment, percentage of green cover and chlorophyll and carotenoid contents has reduced drought effects. This could improve grain production of this medicinal plant under well and limited irrigation conditions.

Key words: Carotenoid; Chlorophyll; Green cover; Hydro-priming; Milk thistle

How to cite this article

Yaghoubian, I., Ghassemi-Golezani, K. and Raei, Y. 2018. Changes in green cover and chlorophyll and carotenoid contents of milk thistle in response to seed hydro-priming and water deficit. Iranian Journal of Seed Science and Research, 5(2): 59-70. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2018.2911

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research

The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit http://jms.guilan.ac.ir/

1. MSc. Student of Agronomy, Department of Plant Eco-Physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

2- Professor, Department of Plant Eco-physiology, Faculty of Agriculture, University of Tabriz, Tabriz, Iran

*Corresponding Author: yaghobian.i@gmail.com