



بررسی اثر برخی مالچ‌های آلی بر افزایش مقاومت به سرما در گیاه تاج الملوک (*Aquilegia sp.*)

یحیی سلاح ورزی^{۱*} - مریم کمالی^۲ - جعفر نباتی^۳ - حمید احمدپور میر^۴

تاریخ دریافت: ۱۳۹۸/۰۵/۰۹

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۸/۰۹/۲۴

چکیده

برای بررسی اثر تنش یخ زدگی و ارزیابی تحمل به آن با استفاده از انواع مالچ‌های آلی در گیاه تاج الملوک تحت شرایط کنترل شده، این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. تیمارهای آزمایشی شامل ۴ نوع مالچ در ترکیب با خاک (شاهد بدون استفاده از مالچ)، ۵۰ درصد خاک+۵۰ درصد کود دامی، ۵۰ درصد خاک+۵۰ درصد سوزنی برگ، ۵۰ درصد خاک+۵۰ درصد سبوس برنج) و ۵ سطح دمای یخ زدگی (۰، -۵، -۱۰، -۱۵، -۲۰ درجه سانتیگراد) بود. جهت ارزیابی تحمل به دماهای یخ زدگی درصد نشت الکترولیت‌ها، تعداد برگ، سطح سبز برگ، وزن خشک بوته و محتوای پروتئین برگی اندازه گیری شد. نتایج نشان داد با کاهش دما از ۰ به -۲۰- درجه سانتیگراد قطر ساقه، سطح برگ و تعداد برگ در تیمار مالچ سبوس به ترتیب ۴۲/۶، ۷۳/۴، ۲۱/۲ درصد، در مالچ سوزنی برگ ۳۵/۲، ۶۴/۹، ۴۷/۶ درصد، در مالچ کودی ۲۰/۱، ۴۶/۴، ۷/۸ درصد و در شاهد مالچ ۳۲/۸، ۷۹، ۳۰/۷ درصد کاهش یافت در دمای -۵ درجه سانتیگراد مقدار پروتئین برگ ۲۶ درصد و در دمای -۲۰- ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت. همچنین کمترین مقدار پروتئین (۰/۷۳ میکرومول بر گرم وزن تر) در گیاهان تحت تیمار با مالچ سبوس بود. به طور کلی، تنش یخ‌بندان باعث کاهش صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در تاج الملوک شد ولی استفاده از مالچ‌های آلی منجر به بهبود این صفات گردید به طوری که بهترین نتایج در مالچ کود دامی بدست آمد.

واژه های کلیدی: پروتئین، تاج الملوک، کربوهیدرات، کلروفیل کل، نشت الکترولیت، وزن خشک

مقدمه

یخ‌بندان از درجات مقاومت متفاوتی برخوردار هستند. در فرآیند یخ زدگی تشکیل یخ و خسارت‌های ناشی از آن اثر جدی بر رشد گیاه دارند. به طوری که تشکیل بلورهای یخ در اطراف سلول‌های گیاه سبب تخریب غشاء، نشت الکترولیت‌ها و ایجاد لکه‌های نکروزه در گیاه می‌شود (۳). با این وجود هنگامی که گیاهان در پاییز با کاهش طول روز و دماهای کم تر از ۲۴ درجه سانتیگراد مواجه می‌شوند به سرما خو می‌گیرند. در این شرایط خوسرمایی سبب بهبود نسبی تحمل آن‌ها به شرایط زمستان خواهد شد و گیاهان قادر خواهند بود که بقای زمستانه ی نسبتاً خوبی داشته باشند (۲۱). علی‌رغم این وضعیت، وقوع سرماهای شدید در برخی سال‌ها سبب بروز خسارات جبران ناپذیری به گیاهان شده و حتی در مواردی منجر به مرگ کامل گیاهان می‌شود (۴۱). به همین دلیل شناسایی گیاهان متحمل به سرما و کاشت آن‌ها در مناطق تحت خطر تنش یخ زدگی از جمله راهکارهای مناسب جهت کاهش خسارت سرما می‌باشد (۲۸). از نظر مقاومت به دماهای پایین در میان گونه‌های چمن به عنوان یک گیاه پوششی اختلاف وجود دارد، به طوری که حداقل دمای قابل تحمل در گیاه پوششی چمن فلوراتام -۵ درجه سلسیوس می‌باشد (۱۸). این

هر ساله با شروع فصل سرما و افت ناگهانی و شدید دما، احتمال خسارات سرمازدگی و یخ‌بندان در گیاهان فضای سبز از مشکلات و چالش‌های پیش روی کارشناسان فضای سبز شهری می‌باشد که در صورت عدم مدیریت به موقع می‌تواند در مدت کوتاهی خسارات جبران ناپذیری را به فضای سبز وارد کند. در واقع سرمازدگی و یخ‌بندان دو مقوله جدا از یکدیگر می‌باشد اما هر دو آن‌ها جزء تنش‌های محیطی محسوب می‌شوند (۴). تنش در گیاهان برابر است با تحریکاتی که منجر به برهم خوردن تعادل زیستی گیاه می‌شود. تنش در شرایطی بوجود می‌آید که یک عامل محیطی خارج از حد نرمال بر گیاه تاثیر می‌گذارد. گیاهان مختلف در مقابل تنش سرما و یا

۱، ۲ و ۴- به ترتیب استادیار، دانش‌آموخته دکتری و دانشجوی کارشناسی ارشد

علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد

۳- استادیار پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد

(Email: selahvarzi@um.ac.ir

*) نویسنده مسئول:

می‌تواند اثر سمیت نمک بر رشد گیاهان را کاهش و به صورت فعالی نمک زدایی خاک را افزایش دهند. مهم‌ترین مزیت مالچ‌ها افزایش دمای خاک در ناحیه کشت بذر است که منجر به تسریع رشد و رسیدن محصول می‌شود (۳۶). استفاده از کاه و کلش به عنوان مالچ منجر به تسریع جوانه زنی در گیاه خیار شد (۳۶). استفاده از مالچ نی منجر به افزایش دما در شب می‌شود، بنابراین گیاهان را از استرس درجه سانتیگراد حرارت محافظت می‌کند که تاثیر مثبتی بر رشد و توسعه گندم دارد (۳). گیاه چمن به عنوان یک مالچ آلی تاثیر مثبت بر فعالیت آنزیم‌های خاک و زیست توده در خاک دارد (۲۵). خاکپوش‌ها از دیدگاه زیبا شناختی، اقتصادی و زیست محیطی نیز برای فضای سبز شهری سودمند هستند. بنابراین، لازم است استفاده از خاکپوش‌ها، به ویژه بقایای گیاهی و مواد آلی بازیافتی و دانش و تکنیک‌های مربوط به آن در فضای سبز شهری مورد توجه بیشتری قرار گیرد (۱۷).

تاج الملوک از گیاهان چندساله از تیره آلاله سانان^۱ و جنس *Aquilegia* است که به صورت گسترده در فضای سبز کشت می‌شود. در این جنس در حدود ۶۰-۷۰ گونه وجود دارد که اغلب در علف زارها، بیشه زارها و در ارتفاعات بالا در سراسر نیمکره شمالی می‌رویند. اندازه بوته آن در حدود سی تا صد سانتی متر بوده و در زمین با خاک معمولی و مرطوب و آفتابگیر رشد می‌کند. در برابر سرما مقاوم است. به لحاظ کوتاه بودن گیاه، در حاشیه بوستان‌ها به عنوان گیاه پوششی کاشته می‌شود. زمان گلدهی آن از اوایل تا اواسط بهار هر سال می‌باشد و معمولاً گل‌های زیبای آن دارای ۵ گلبرگ و گاه‌ها بیشتر است. رنگ شکوفه آن از آبی و سفید به زرد، قرمز و یا صورتی می‌باشد و از سال دوم انتظار گل دهی می‌رود. گل تاج الملوک در ترکیب با میزبان‌های پهن برگ بسیار زیبا می‌باشد. با توجه به خواص دارویی آن در بیماری‌هایی نظیر سرفه، روماتیسم، نقرس و سیاتیک شناخته شده است (۱۹). با توجه به تاثیر مالچ‌های آلی بر کنترل دمای زمستانه، مطالعه حاضر با هدف بررسی اثر دماهای یخبندان و تاثیر استفاده از مالچ‌های آلی بر مقاومت به یخبندان گیاه تاج الملوک به عنوان یک گیاه پر کاربرد در فضای سبز شهری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این پژوهش در گلخانه‌های علوم باغبانی دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی بر روی گیاه تاج الملوک (*Aquilegia sp.*) در چهار تکرار اجرا شد. به این منظور از گلدان‌هایی با قطر دهانه ۱۱ سانتیمتر محتوی خاک و ماسه به نسبت ۱:۱ استفاده شد. تیمارهای آزمایشی

دما در چمن برمودا گراس ۱۷ - درجه سلسیوس و در چمن پوششی زویسیا ۸- تا ۱۴ - درجه سلسیوس می‌باشد (۱۴). از این رو تعیین آستانه تحمل به سرما و همچنین تعیین گونه‌ای از گیاهان که دارای مقاومت به دماهای پایین باشد، حائز اهمیت است.

از طرفی استفاده از برخی مواد آلی مانند مالچ‌های آلی باعث افزایش دمای مثبت دمای خاک شده (۶) و بنابراین گیاه را در برابر تنش‌های سرمازدگی کمک می‌کند (۱۷).

واژه خاکپوش (مالچ) از کلمه آلمانی (molsh) به معنی نرم، گرفته شده و عموماً دارای ضخامت ۱ تا ۴ اینچ (۲/۵۴-۱۰/۱۶ سانتیمتر) می‌باشند (۸). خاکپوش‌ها انواع متفاوتی دارند و ممکن است از ترکیبات شیمیایی، مواد معدنی طبیعی، ترکیبات آلی و برخی گیاهان زنده تهیه شوند. از انواع خاکپوش‌ها فرآورده‌های چوب از قبیل پوست خرد شده کاج (۱۵، ۲۶)، تکه‌های پوست درختان جنگلی (۲۶) پوست خرد شده درختان سرو (۸)، پالت‌های چوب بازیافت شده و خرده‌های چوب سایر گیاهان (۲۶)، از جمله خرده‌های چوب درخت کاکائو توسط استیوارد و همکاران (۳۹) گزارش شده است. یکی دیگر از فرآورده‌های چوب، خاک اره می‌باشد که دارای بافت ظریفی بوده و برای تجزیه شدن احتیاج به نیتروژن خاک دارد (۳۹). کاه کاج (Straw pine) و کاه جو نیز در زیر مجموعه خاکپوش‌های آلی کاه می‌باشند (۳۹). محصولات کشاورزی شامل چوب ذرت، کمپوست قارچ، پوست محصولات متنوع خشکباری نیز به عنوان خاکپوش آلی استفاده می‌گردد (۸). برگ‌های سوزنی کاج (۲۶) نیز با دارا بودن ظاهری زیبا در بهبود ظاهری منظر موثرند و باعث ایجاد نفوذپذیری خاک و کاهش pH خاک می‌شود (۸). سرزنی چمن بعد از عملیات چمن زنی یکی دیگر از انواع ارزشمند خاک پوش‌های آلی غیر زنده است (۳۹). یکی از انواع مالچ‌های آلی کودهای دامی هستند. کودهای دامی علاوه بر اثرات مثبت بیولوژیک و اصلاح خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک به علت اینکه عناصر غذایی آنها به آهستگی آزاد می‌شود و در اختیار گیاه قرار می‌گیرد، در محیط زیست آلودگی کمتری ایجاد می‌کنند (۳۵).

استفاده از خاکپوش‌های غیر زنده به دلیل افزایش مثبت دمای خاک (۷، ۲۰)، سرکوب علف‌های هرز (۳۲، ۳۷) و حفظ رطوبت (۴۲) به طور گسترده‌ای در کشاورزی رواج دارد. همچنین این خاکپوش‌ها در ارتفاع، رشد و گلدهی (۳۲)، زودرسی (۳۷) و عملکرد کل محصول (۳۷) موثر می‌باشند. استفاده از مالچ‌های بقایای گیاهی و گیاهان به عنوان خاکپوش در اراضی کشاورزی و فضای سبز بیشتر معمول می‌باشد. خاکپوش‌ها در فصول گرم سبب کاهش دمای خاک می‌گردند. کاربرد خاکپوش می‌تواند گیاه را در برابر تنش‌های سرمازدگی نیز کمک کند (۱۷). تجزیه خاکپوش‌های آلی در شرایط دما و رطوبت مناسب، عناصر غذایی را به تدریج آزاد می‌سازد و در اختیار ریشه گیاه و میکروارگانیزم‌های خاک قرار می‌دهد. خاکپوش‌های آلی

سپس وزن خشک (آون ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ۲۴ ساعت) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد (۳۸):

$$RWC (\%) = \left[\frac{\text{وزن خشک} - \text{وزن تر در شرایط اشباع}}{\text{وزن خشک}} \right] \times 100$$

شاخص کلروفیل با دستگاه Spad (Minolta, Japan) SPAD 502, اندازه گیری شد. تعیین میزان کلروفیل a, b, کل و کارتنوئید با نمونه گیری تصادفی از برگ‌های بالغ مطابق روش دره و همکاران (۱۲) بود. بدین منظور ابتدا با استفاده از متانول، عصاره گیری انجام و نهایتاً میزان جذب نور در طول موج‌های ۶۵۳ و ۶۶۶ قرابت شد.

$$\text{معادله (۱)} \quad \text{CHL}_a = 15.65A_{666} - 7.340A_{653}$$

$$\text{معادله (۲)} \quad \text{CHL}_b = 27.05 A_{653} - 11.21 A_{666}$$

$$\text{معادله (۳)} \quad \text{CHL}_t = \text{CHL}_a + \text{CHL}_b$$

به منظور استخراج پرولین برگ‌گی، عصاره طبق روش بیتز و همکاران (۵) استخراج و توسط دستگاه اسپکتروفوتومتر (مدل Spectronic 20 D ساخت شرکت Milton Roy, USA) در طول موج ۵۲۰ نانومتر میزان جذب نور قرائت شد. جهت استخراج کربوهیدرات کل برگ موجود در گیاه تاج الملوک ۰/۵ گرم نمونه از برگ گیاه توزین شد و سپس در هاون چینی له شده و به مقدار ۵ میلی لیتر اتانول ۹۵ درصد به آن اضافه شد. قسمت بالای محلول (روشناور) جدا گردید و با ۵ میلی لیتر اتانول ۷۰ درصد مجدداً استخراج عصاره بر روی رسوبات باقیمانده ادامه یافت. عصاره استخراج شده به مدت ۱۵ دقیقه در ۴۵۰۰ دور در دقیقه سانتریفوژ شد. به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده، ۳ میلی لیتر معرف آنترون (۱۵۰ میلی گرم آنترون خالص + ۱۰۰ میلی لیتر سولفوریک اسید ۷۲ درصد) اضافه گردید. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده و پس از خنک شدن نمونه‌ها، جذب آن‌ها در طول موج ۶۲۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفوتومتر قرائت و با استفاده از محلول استاندارد منحنی آن رسم گردید (۱۳). تجزیه آماری داده‌های این تحقیق با استفاده از نرم افزار MSTAT-C صورت گرفت و برای رسم نمودارها از برنامه EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین‌ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵ درصد انجام شد.

نتایج و بحث

با توجه به نتایج حاصل از تجزیه واریانس جدول ۱، اثرات ساده و متقابل دو تیمار تنش یخبندان و مالچ بر صفات سطح کل برگ و تعداد برگ معنی دار شد. تیمار مالچ بر قطر ساقه گیاه تاج الملوک اثر معنی دار نداشت و اثرات ساده مالچ و دمای یخبندان بر وزن تر هوایی دارای اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد بود.

شامل ۴ نوع مالچ (شاهد بدون استفاده از مالچ)، ۵۰ درصد خاک+۵۰ درصد کود دامی، ۵۰ درصد خاک+۵۰ درصد سوزنی برگ، ۵۰ درصد خاک+۵۰ درصد سبوس برنج) و ۵ سطح دما (۰، ۵، ۱۰، ۱۵، ۲۰- درجه سانتیگراد) بود. مالچ تا ارتفاع ۴ سانتیمتری بالای بوته روی گیاه سرزنی شده تاج الملوک و با ۳-۵ جوانه رویشی قرار گرفت. مالچ سوزنی برگ استفاده شده از درخت کاج بود. برگ‌های خشک شده درختان کاج جمع آوری و پس از خرد شدن با خاک به نسبت گفته شده ادغام شد. گیاهان تاج الملوک پس از تیمار با مالچ‌های فوق تحت تیمارهای دمایی ذکر شده قرار گرفتند. به منظور اعمال تیمارهای سرمایی گلدان‌ها، ۲۴ ساعت قبل از تیمار، آبیاری و سپس به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۲ درجه سانتیگراد بود و پس از قرار دادن نمونه‌ها با سرعت یک درجه سانتیگراد در ساعت کاهش یافت. برای اعمال تیمار انجماد گیاهان تحت ۵ تیمار دمایی ذکر شده قرار گرفتند. به منظور ایجاد تعادل در دمای محیط آزمایش، گیاهان در هر تیمار دمایی، به مدت سه ساعت نگه داشته شده و سپس از فریزر خارج و جهت کاهش سرعت ذوب آن‌ها، بلافاصله به اتاقک با دمای ۴ درجه سانتیگراد منتقل و به مدت ۲۴ ساعت در آن جا نگهداری و سپس به گلخانه منتقل شده و با توجه به ماهیت بروز علائمی هم چون نشت یونی، بلافاصله بعد از هر تیمار دمایی، نشت الکترولیت ارزیابی شد. برای بررسی نشت یونی، قطعات یکسان برگ‌گی به ابعاد یک سانتی‌متر مربع (دو طرف رگبرگ اصلی) تهیه و در درون لوله آزمایش درپوش دار محتوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده و پس از ۲۴ ساعت شیکر در دمای آزمایشگاه، میزان نشت یونی مرحله اول (EC₁) اندازه گیری شد. در ادامه جهت اندازه گیری نشت مرحله دوم (EC₂) لوله‌های آزمایش محتوی آب مقطر و قطعات برگ‌گی (به کار گرفته شده برای نشت مرحله اول)، اتوکلاو گردید (در دمای ۱۲۱ درجه سانتیگراد به مدت ۲۰ دقیقه). بعداز خروج (از اتوکلاو)، مجدداً لوله‌های آزمایش محتوی آب مقطر و قطعات برگ‌گی به مدت ۱۲ ساعت شیکر و سپس هدایت الکتریکی مرحله دوم ثبت و بر مبنای فرمول زیر نشت یونی محاسبه شد (۴۰).

$$EL = (EC_1/EC_2) \times 100$$

۲۱ روز پس از اعمال تنش سرما، میانگین قطر ساقه‌ها با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتالی مدل Mitutoyo 500-754-10 اندازه گیری شد. صفات دیگری نظیر تعداد برگ و سطح برگ با دستگاه سطح برگ سنچ (Model Li-Cor- 1300, USA) اندازه گیری و ثبت شد.

وزن خشک نمونه‌ها نیز پس از ۴۸ ساعت قرار گرفتن در آون با دمای ۷۵ درجه سانتیگراد اندازه گیری شد (۲۷). درصد مقدار آب نسبی برگ (RWC) با استفاده از قطعات یک سانتیمتری برگ گیاهان و اندازه گیری وزن تر آن‌ها، قرار دادن در آب به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۴ درجه سانتیگراد و تعیین وزن اشباع و

پرویلین و کربوهیدرات کل موجود در برگ تاج الملوک اثر معنی دار نداشت، بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید برگ گیاه در سطح احتمال ۵ درصد معنی دار بود و در عدد شاخص کلروفیل اختلاف معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد مشاهده شد (جدول ۲).

همچنین میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیوشیمیایی اندازه گیری شده در گیاه تاج الملوک نشان داد تیمار دمایی بر تمام صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی اندازه گیری شده موثر بود ($p < 0.01$). اثرات ساده و متقابل تیمارهای مورد بررسی (تیمار دما و مالچ) بر دو صفت نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب گیاه در سطح احتمال ۱ درصد معنی دار شد. اثر متقابل دما و مالچ بر محتوای

جدول ۱ - تجزیه واریانس (میانگین مربعات) صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده در گیاه تاج الملوک تحت تاثیر مالچ‌های آلی در دماهای یخ-

زدگی

Table 1- ANOVA (mean squares) for morphological traits measured in *Aquilegia* sp. affected by freezing temperatures using organic mulches

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	قطر ساقه Stem diameter	وزن تر اندام هوایی Shoot fresh weight	سطح کل برگ Total leaf area	تعداد برگ Leaf number
Mulch	3	2.29ns	5.73**	2979953.83**	5.84*
Temperature	4	12.39**	10.77**	16875456.45**	23.26**
Mulch× Temp.	12	6.803**	0.396ns	2505955.01**	5.46*
Error	60	1.13	0.303	190446.85	2.30
CV (%)		12.37	17.68	13.79	20.83

ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

ns, *and ** are no significant, significant at the 5 and 1% of probability level, Respectively.

وزن خشک قرنفل به طور معنی‌داری تحت تأثیر دماهای یخ زدگی قرار گرفت و به طور کلی با تنزل دما کاهش یافت، به طوری که در دمای ۲۲ - درجه سانتی‌گراد به صفر رسید (۲۴). در مطالعه اثر دما بر وزن خشک گیاه رازیانه نیز مشاهده شد که با کم شدن دما، وزن خشک گیاه کاهش یافت، به طوری که در دمای ۱۲ - درجه سانتی‌گراد وزن گیاهان معادل ۱۴ درصد وزن خشک گیاهان شاهد بود (۳۴). اثر دماهای یخ زدگی بر تعداد گره در ساقه و تعداد برگ در گیاه قرنفل مورد بررسی قرار گرفت. طور کلی تا دمای ۱۶ - درجه سانتی‌گراد، صفات ذکر شده تحت تأثیر دماهای یخ زدگی قرار نداشتند ولی با افزایش شدت سرما تعداد گره در ساقه و برگ در بوته کاهش یافت (۲۴). در مجموع به نظر می‌رسد هنگام مواجهه گیاه با تنش سرما، به دلیل آسیب بیشتر بافت‌ها در دمای پایین، میزان وزن خشک گیاه کاهش می‌یابد (۲۴). از طرفی طبق نتایج حاصل از پژوهش حاضر افزودن انواع مالچ‌های آلی منجر به بهبود صفات مورفولوژیک گیاه شد. گزارش شده است یک لایه سه تا شش سانتیمتری از مالچ‌های آلی مثل کاه، کلش سوزنی برگان و برگ‌های خرد شده می‌تواند گیاه را از خطر سرمازدگی حفظ کند (۲۳). همچنین گزارش شده است استفاده از خاکپوش‌های غیر زنده به دلیل افزایش مثبت دمای خاک (۱۹، ۶) به طور گسترده‌ای در کشاورزی رواج دارد و این خاکپوش‌ها در ارتفاع، رشد و گلدهی (۳۲)، زودرسی و عملکرد کل محصول (۳۷) موثر می‌باشند.

صفات مورفولوژیک

وزن تر اندام‌های هوایی، قطر ساقه، سطح برگ،

تعداد برگ: تنش یخبندان منجر به کاهش صفات مورفولوژیک اندازه گیری شده ۲۱ روز پس از اعمال تنش شد. به طوری که در دمای ۰ درجه سانتی‌گراد میزان وزن تر هوایی، قطر ساقه، سطح کل برگ و تعداد برگ به ترتیب ۴/۱ گرم، ۹/۶ سانتیمتر، ۴۰۷۹ سانتیمتر مربع و ۷/۹ بود و پس از اعمال دمای ۲۰- درجه سانتی‌گراد این میزان به ۲، ۷/۴، ۱۵۵۳ و ۵/۲ کاهش یافت. همچنین نتایج حاصل از اثرات متقابل مالچ و تیمار دمایی نشان داد با کاهش دما از ۰ به ۲۰- درجه سانتی‌گراد قطر ساقه، سطح برگ و تعداد برگ در تیمار مالچ سبوس به ترتیب ۴۲/۶، ۷۳/۴، ۲۱/۲٪، در مالچ سوزنی برگ ۳۵/۲، ۶۴/۹، ۴۷/۶٪، در مالچ کودی ۲۰/۱، ۴۶/۴، ۷/۸٪ و در شاهد مالچ ۳۲/۸، ۷۹، ۳۰/۷٪ کاهش یافت (جدول ۴). منطبق با نتایج فوق مطالعات بر گیاه نوروک (*Salvia leriifolia*) نشان داد که وزن خشک برگ‌ها در دمای ۱۸ - و ۲۰ - درجه سانتی‌گراد به ترتیب به میزان ۶۶ و ۹۴ درصد در مقایسه با دمای صفر درجه سانتی‌گراد کاهش یافت (۱۱). در مطالعه اثر دماهای یخ زدگی بر وزن خشک گیاهان رازیانه نیز مشاهده شد که با کم شدن دما، وزن خشک گیاه کاهش یافت، به طوری که در دمای ۱۲- درجه سانتی‌گراد وزن گیاهان معادل ۱۴ درصد وزن خشک گیاهان شاهد بود (۳۳). عزیزی و همکاران (۲) کاهش وزن خشک گیاهان در دوره باز یافت را بدلیل اثر خسارت ناشی از یخ زدگی و کاهش توانایی رشد مجدد اندام‌های هوایی دانسته اند.

جدول ۲ - تجزیه واریانس (میانگین مرعات) صفات فیزیوشیمیایی اندازه‌گیری شده در گیاه تاج‌الملوک تحت تاثیر مالچ‌های آلی در دماهای بخت‌زدگی
 Table 2 ANOVA (mean squares) for physiochemical traits measured in *Aquilegia sp.* affected by freezing temperatures using organic mulches.

S.O.V	منابع تغییر	درجه آزادی df	نشت الکترولیت Electrolyte leakage	محتوای نسبی آب برگ Leaf relative water content	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	کلروفیل a Chlorophyll a	کلروفیل b Chlorophyll b	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کارتنوئید Carotenoid	کلروفیل کل Total Chlorophyll	کربوهیدرات کل Total carbohydrate	پرولین Proline
Mulch	مالچ	3	444.03**	318.66**	32.23ns	0.028ns	0.028ns	0.20ns	0.013*	0.218**	0.218**	0.30**
Temperature	دما	4	1570.52**	1265.45**	88.54**	0.077**	0.08**	0.55**	0.034**	0.228**	0.228**	0.31**
Mulch× Temp	مالچ×دما	12	266.13**	169.35**	32.45**	0.028*	0.29*	0.20*	0.013*	0.001ns	0.001ns	0.001ns
Error	خطا	60	33.44	32.80	14.28	0.012	0.013	0.09	0.006	0.002	0.002	0.004
CV (%)	ضریب تغییرات		10.02	15.03	9.30	9.31	9.32	9.31	9.29	6.46%	6.46%	6.54

ns, *and ** are no significant, significant at the 5 and 1% probability level respectively.
 ns غیر معنی‌دار، * و ** به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۳- اثرات ساده مالچ و تنش سرما بر صفات مورفولوژیک و فیزیوشیمیایی گیاه تاج الملوک
Table 3- Effects of mulch and cold stress on morphological and physiochemical traits of *Aquilegia* sp..

تیماها Treatments	وزن تر اندام Shoot fresh weight (g plant ⁻¹)	نشت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content (%)	کلروفیل a Chlorophyll (mg/gfw)	کلروفیل b Chlorophyll (mg/gfw)	کاروتنوئید Carotenoid (mg/gfw)	کلروفیل کل Total chlorophyll (mg/gfw)	کربوهیدرات Carbohydrate (μmol/gfw)	پرولین Proline (μmol/gfw)
مالچ Bran	2.391c	68.68a	33.07c	a	a	0.78b	a	0.77c	0.734c
سوزنی برگ Needle leaf	3.02b	61.73bc	40.25ab	a	a	0.82ab	a	0.62d	0.966ab
دامی Manure	3.55a	57.36c	42.16a	a	a	0.78b	a	0.86a	1.016a
شاهد Control	3.48ab	63.96ab	36.92bc	a	a	0.83a	a	0.82b	0.916b
LSD	0.463	4.86	4.81			0.04		0.02	0.053
دما Temperature (°C)	-20	79.60a	23.83c	1.11c	1.13c	0.75c	2.99e	0.87a	1.028a
	-15	60.76b	38.33b	1.13bc	1.16bc	0.77bc	3.07d	0.86a	1.013a
	-10	60.67b	39.72b	1.23a	1.26a	0.83a	3.33b	0.80b	0.951b
	-5	52.93c	48.38a	1.20ab	1.23ab	0.81ab	3.25c	0.73c	0.863c
	0	60.72b	40.24b	1.28a	1.30a	0.86a	3.44a	0.58d	0.684d
LSD	0.51	5.43	5.38	0.07	0.08	0.05	0.06	0.03	0.59

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۱ درصد با استفاده از آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.
Means with the same letters are not significantly different at 1% of probability using LSD test.

صفات فیزیوشیمیایی

نشت الکترولیت، محتوای آب نسبی: با کاربرد مالچ‌های

سوزنی و دامی نشت الکترولیت از ۶۳/۹ درصد در شرایط شاهد به ۶۱ و ۵۷ درصد رسید. به عبارتی و کمترین نشت الکترولیت در کاربرد مالچ کود دامی مشاهده شد. از طرفی با پایین آمدن دما از ۰ به ۲۰- درجه سانتیگراد درصد نشت الکترولیت برگ‌های تاج الملوک زیاد شد به طوری که در شدیدترین تنش اعمال شده (۲۰- درجه سانتیگراد) میزان این صفت ۷۹ درصد بود (جدول ۳). بررسی اثر متقابل مالچ و دما نشان داد بیشترین نشت الکترولیت در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد و با کاربرد مالچ سیبوس (۹۳ درصد) و پس از آن در همین دما و در شرایط عدم کاربرد مالچ بود (جدول ۴). شاخص‌های متعددی برای ارزیابی سریع و مؤثر گیاهان در مواجهه با تنش یخ زدگی بررسی شده است، از جمله این شاخص‌ها، نشت الکترولیت‌ها بوده که بر اساس خسارت‌های ناشی از یخ زدگی بر غشاء سلول اندازه‌گیری می‌شود (۹). غشا سلولی اولین مکان خسارت در اثر سرما است و این امر منجر به تغییر وضعیت غشا از حالت کریستال مایع به حالت جامد-ژل می‌شود و به دنبال آن فعالیت غشا مختل می‌گردد. بنابراین اختلال در فعالیت غشاهای سلولی در اثر تنش سرما، سبب نشت الکترولیت‌ها از سلول شده و اندازه‌گیری میزان نشت از بافت‌های تحت تنش می‌تواند معیار قابل قبولی برای سنجش مقاومت به تنش سرما باشد (۱۰). رابطه مستقیمی بین میزان نشت الکترولیت‌های سلول و تحمل گیاهان به تنش یخ زدگی مشاهده شده است. یوگنیا و همکاران (۱۶) نیز با ارزیابی میزان مقاومت گیاه *Trifolium hirtum* به تنش یخ زدگی نشان دادند که با کاهش دما از ۶- به ۱۴- درجه سانتی‌گراد، میزان نشت الکترولیت‌ها افزایش یافت. نظامی و همکاران (۳۱) در بررسی اثر تنش یخ زدگی بر نشت الکترولیت‌های ده رقم کلزا گزارش کردند که با کاهش دما به کمتر از ۴- درجه سانتیگراد درصد نشت الکترولیت‌ها به طور معنی‌داری افزایش می‌یابد.

محتوای نسبی آب برگ در دمای ۰ درجه سانتیگراد ۴۰/۲۴

درصد اندازه‌گیری شد و در دمای ۱۵- و ۲۰- به ترتیب به ۳۸ و ۲۳ درصد رسید. در شرایط عدم استفاده از مالچ، محتوای آب نسبی ۳۶ درصد بود و با کاربرد مالچ‌های دامی و سوزنی به ترتیب به ۴۲ و ۴۰ درصد رسید. در شرایط استفاده از مالچ کود دامی درصد محتوای آب نسبی برگ در دمای ۰ درجه سانتیگراد ۵۳ درصد بود و در دمای ۵- درجه سانتیگراد به ۵۰ درصد و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد به ۱۸ درصد رسید. با توجه به تجمع قندها و سایر مواد به منظور افزایش فشار اسمزی این کاهش قابل توجیه می‌باشد. به طور کلی کاهش مقدار آب در گیاه احتمال تشکیل یخ و خسارت ناشی از آن را کاهش می‌دهد. یکی از اولین رخدادهای مقاوم سازی گیاه در برابر سرما

کاهش نسبت آب بافت به وزن خشک می‌باشد (۲۹).

شاخص کلروفیل، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل،

کارتونوئید: بررسی اثر ساده تنش یخبندان بر رنگرزه‌های فتوسنتزی تاج الملوک نشان داد سرما منجر به کاهش شاخص کلروفیل، کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و میزان کارتونوئید شده است. به طوری که تحت تنش شدید یخبندان ۲۰- درجه سانتیگراد مقدار کلروفیل کل ۱۳ درصد نسبت به دمای صفر درجه سانتیگراد کاهش یافت. شاخص کلروفیل در دمای ۰ درجه سانتیگراد و در مالچ سیبوس ۴۶ بود و در همین تیمار مالچی در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد ۲۴ درصد نسبت به شاهد دما کاهش داشت. همچنین مقدار کلروفیل کل در مالچ دامی و در دمای ۰ درجه سانتیگراد ۳/۳۷ میلی گرم بر گرم وزن تر اندازه‌گیری شد و در همین تیمار مالچی و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد به ۲/۷۵ میلی گرم بر گرم وزن تر رسید (جدول ۴). در توضیح نتایج فوق می‌توان گفت در زمان تنش سرما انتقال الکترون به گیرنده اصلی آن ($NADP^+$) مختل گردیده، در نتیجه الکترون به اکسیژن منتقل می‌شود. در این زمان بالا بودن کلروفیل باعث افزایش ترکیبات اکسیژن‌دار فعال (ROS) می‌گردد، که این ترکیبات بسیار واکنشگر بوده و برای سلول اثرات سمی دارد و همچنین باعث تخریب کلروپلاست می‌شود. یکی از راهکارهای مقابله گیاهان افزایش سنتز کلروفیل‌ها است که به دنبال آن باعث کاهش در میزان کلروفیل می‌گردد (۱). منطبق با نتایج فوق کاهش میزان کلروفیل در دو رقم چمن پوآ و پاسپالوم به عنوان گیاه پوششی تحت تنش سرمای ۵- درجه سلسیوس مشاهده شد (۶).

محتوای پرولین و کربوهیدرات کل: با اندازه‌گیری

کربوهیدرات کل موجود در برگ تاج الملوک مشاهده شد تحت تنش یخبندان میزان این صفت افزایش یافته است به طوری که در دمای ۱۵- و ۲۰- برابر ۰/۸۶ و ۰/۷۷ میلی گرم در هر گرم وزن تر بود. در بین مالچ‌های استفاده شده نیز گیاهان تیمار شده با مالچ کود دامی کربوهیدرات بیشتری داشتند. گیاهان در مقابله با سرما مکانیسم‌های دفاعی مختلفی دارند، که یکی از آن‌ها تجمع بعضی ترکیبات از قبیل قندها و اسیدهای آمینه می‌باشد. افزایش این مواد باعث حفظ فشار اسمزی می‌گردد و همچنین باعث تثبیت ساختار پروتئین می‌گردد و از تخریب غشای سلولی جلوگیری می‌کند (۲۹). به طور کلی افزایش محتوای قند برگ را می‌توان به عنوان یک شاخص فیزیولوژیک مناسب برای مقاومت به سرما در نظر گرفت (۲۲). با توجه به نتایج حاصل از جدول ۳ افزایش دمای یخبندان منجر به افزایش پرولین شد به طوری که در دمای ۵- درجه سانتیگراد مقدار این صفت در برگ ۲۶ درصد و در دمای ۲۰- درجه سانتیگراد ۵۰ درصد نسبت به شاهد افزایش داشت.

جدول ۴- اثرات متقابل مالچ × تنش سرما بر صفات مورفولوژیک و فیزیوشیمیایی گیاه تاج الملوک
Table 4- Interaction effects of mulch × cold stress on morphological and physiochemical traits of *Aquilegia* sp. plant.

دما Temp. (°C)	قطر ساقه Stem diameter (cm)	مساحت کل برگ Total leaf area (cm ²)	تعداد برگ Leaf number	نسبت الکترولیت Electrolyte leakage (%)	محتوای نسبی آب برگ Relative water content (%)	شاخص کلروفیل Chlorophyll index	کلروفیل a Chlorophyll (mg/gfw)	کلروفیل b Chlorophyll (mg/gfw)	کلروفیل کل Total Chlorophyll (mg/gfw)	کاروتنوئید Carotenoid (mg/gfw)
-20	5.97g	1227.19g	6.50d-i	93.32a	16.81i	35.30de	1.04gh	1.06ef	2.79j	0.70fg
-15	7.17e-g	2466.02f	5.75f-i	61.27b-f	34.50d-h	40.30a-e	1.18b-g	1.21b-e	3.19f-h	0.80b-f
-10	9.55a-d	2907.31def	7.75b-f	55.43e-h	32.37gh	43.02a-c	1.26a-d	1.29a-c	3.41cd	0.85a-d
-5	9.63a-c	3536.41cde	8.00b-e	49.88gh	43.79a-f	42.35a-d	1.24a-d	1.27a-c	3.36c-e	0.84a-d
0	10.41ab	4619.66ab	8.25b-e	48.75gh	36.68c-h	46.50a	1.36a	1.39a	3.68a	0.92a
-20	6.17fg	1473.50g	5.50g-i	66.94b-d	33.05f-h	36.10c-e	1.06e-h	1.08d-f	2.86j	0.72e-g
-15	8.32c-e	2875.22ef	7.00c-g	61.22b-f	38.73b-g	38.52b-e	1.13d-h	1.15c-f	3.05i	0.76d-g
-10	8.56b-e	3611.61cde	8.00b-e	66.71b-d	32.53gh	41.05a-e	1.20b-f	1.23b-d	3.25e-g	0.81a-e
-5	9.64a-c	3861.61bc	8.00b-e	58.33c-g	46.93a-c	40.90a-e	1.20b-f	1.23b-d	3.24e-h	0.81b-f
0	9.53a-d	4180.83abc	10.50a	66.61b-d	33.38e-h	41.27a-e	1.21a-e	1.24a-d	3.27ef	0.82a-e
-20	7.70c-g	2497.45f	8.75abc	68.66bc	18.01i	34.67e	1.02h	1.04f	2.75j	0.69g
-15	7.49e-g	2972.63def	7.50b-g	56.09d-h	36.18c-h	36.07c-e	1.06f-h	1.08d-f	2.86j	0.71e-g
-10	7.97c-f	3709.61cd	7.50b-g	50.56f-h	44.56a-d	45.00ab	1.32ab	1.35ab	3.57ab	0.89a-c
-5	8.91b-e	4613.27ab	8.50a-d	47.32h	50.11a	39.37b-e	1.15c-h	1.18c-f	3.12ghi	0.78c-g
0	9.64a-c	4664.86ab	9.50ab	64.19b-e	53.61a	42.50a-c	1.25a-d	1.27a-c	3.37cde	0.84a-d
-20	7.62d-g	1015.00g	4.50i	89.49a	27.47hi	45.07ab	1.32ab	1.35ab	3.57ab	0.89ab
-15	8.73b-e	1604.73g	4.75hi	64.46b-e	37.31c-h	40.07a-e	1.18b-g	1.20b-e	3.18f-i	0.79b-g
-10	8.83b-e	2908.35def	6.25e-i	69.96b	43.90a-e	39.25b-e	1.15c-h	1.17c-f	3.11hi	0.78d-g
-5	8.99b-e	3680.52cde	6.75c-h	56.20d-h	49.43ab	41.65a-e	1.22a-d	1.24a-c	3.30d-f	0.83a-d
0	11.35a	4864.28a	6.50d-i	63.32b-e	52.67a	43.70ab	1.28a-c	1.31a-c	3.46bc	0.87a-d
LSD	2	820.9	2.14	10.88	10.77	7.10	0.15	0.16	0.13	0.10

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صف، در سطح ۱ درصد استفاده از آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

Means with the same letters are not significantly different at 1% of probability using LSD test.

الکترولیت و تجمع اسید آمینه پرولین و کربوهیدرات در بافت برگ گیاه تاج الملوک شد. ضمن اینکه با اندازه گیری صفات مورفولوژیک گیاه پس از گذشت سه هفته از وقوع تنش های دمایی و آغاز رشد مجدد گیاه کاهش تعداد برگ، سطح برگ و قطر ساقه صورت تدریجی رو به کاهش گذاشت. در بین مالچ‌های استفاده شده مالچ کود دامی تاثیر بیشتری بر بهبود اثرات ناشی از سرما بر صفات مورفولوژیک و بیوشیمیایی گیاه داشت.

سپاسگزاری

بدینوسیله از واحد ویژه خدمات تخصصی علوم باغبانی و مهندسی فضای سبز دانشگاه فردوسی مشهد بابت تامین هزینه‌های این پژوهش قدردانی می‌گردد.

همچنین کمترین مقدار پرولین (0.73 میکرومول بر گرم وزن تر) در گیاهان تحت تیمار با مالچ سبوس بود. به منظور حفظ یکپارچگی غشاء، پرولین به عنوان یک ماده حفاظت کننده با برهمکنش آنزیم‌ها از تغییر شکل پروتئین‌ها جلوگیری کرده و به دنبال آن از تخریب غشاء جلوگیری می‌کند (۳۰). بیژنی و همکاران (۶) گزارش کردند بیشترین میزان قندهای محلول در چمن پوآ و در دمای -5 درجه سلسیوس مشاهده گردید که نسبت به شاهد (دمای 25 درجه سانتیگراد) 42 درصد افزایش داشت. مطالعه بر روی دو رقم چمن نشان داد در دمای -5 درجه سانتیگراد میزان پرولین نسبت به دمای 25 درجه سانتیگراد 122 درصد افزایش داشته است (۶).

نتیجه گیری کلی

به طور کلی تنش بخبندان تا دمای -20 منجر به افزایش تشت

منابع

- Adeniyi O. T., Akparobi S. O., and Ekanayake, J. 2004. Field studies on chlorophyll a fluorescence for low temperature tolerance testing of cassava (*Manihot esculenta* Crantz). Food, Agriculture and Environment, 2(1): 166-170.
- Azizi, H., Nezami, A., Nasiri Mahalati, M., Khazae, H.R., 2007. Evaluation of freezing tolerance of wheat cultivars under controlled conditions. Journal of Iranian Field Crops Research, 6(1), 109-119. [In Persian with English Summary].
- Badaruddin M., Reynolds M. P., and Ageeb O. A. A. 1999. Wheat management in warm environments: Effect of organic and inorganic fertilizers, irrigation frequency and mulching. Agronomy Journal, 91, 975-983.
- Bagheri A., Nezami A., and Soltani, M. 2000. Breeding cold-blooded beans to tolerate stress (translation). Agricultural Research, Training and Promotion Organization. P 446.
- Bates. L. S., Waldran. R. P. and Teare, I. D. 1973. Rapid determination of free proline for water studies. Plant Soil, 39:205-208.
- Bizhani Sh., Salehi H., Jokar A., and Daneshmand B. 2013. Cold tolerance and antioxidant response of Chaman Poa and Papatom. Journal of Production and Processing of Agricultural and Horticultural Products, 5(17): 229-237.
- Bonachela S; (Granados, M.R, López, J.C, Hernández, J, Magán, J.J, Baeza, E.J and Baille, A). 2012. How plastic mulches affect the thermal and radiative microclimate in an unheated low-cost greenhouse. Agricultural and Forest Meteorology, 152, 65-72.
- Bowker, M. (Edinger, Philip).1989. "Lawn and Grand Covers".Sunset publishing.
- Cardona C.A., Duncan R.R., and Lindstrom O. 1997. Low temperature tolerance assessment in Paspalum. Crop Science, 37:1283-1291.
- Cardona C. A., Duncan R. R., and Lindstrom O. 1997. Low temperature tolerance assessment in *Paspalum*. Crop Science. 37: 1283-1291.
- Dashti M., Kafi M., Tavakoli H., Mirza M., and Nezami A. 2013. Effects of freezing stress on Morpho-physiological indices and chlorophyll fluorescence of *Salvia leriifolia* Benth. Seedlings. Journal of Plant Researches. 28(5): 962-973.
- Dere S., Gunes T., and Sivaci R. 1998. Spectrophotometric determination of chlorophyll a, b and total carotenoid contents of some algae species using different solvents. American Journal of Botany, 22: 13-17.
- Dubois D., Gilleres K.A., and Hamilton J.K. 1956. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. Analytical Chemistry, 350-356.
- Dunn J. H., Bughrara S. S., Warmund M. R., and Fresenburg B. F. 1999. Low temperature tolerance of zoysia grasses. Horticulture Science 34: 96-99.
- Duryea Marry L; (English, R. Jeffery and Hermansen, L. Annie). 1999. "A Comparison of Landscape Mulches: Chemical, Allelopathic, And Decomposition Properties". Journal of Arboriculture, 2, 88-97.

16. Eugenia M., Nunes S., and Ray Smith G. 2003. Electrolyte leakage assay capable of quantifying freezing resistance in rose clover. *Crop Science* 43: 1349-1357.
17. Farahmand H., Sarcheshme pour M., Safari R., and Nazari F., 2011. Reduction of evaporation using mulch in green space. Eleventh General Irrigation Seminar and Evaporation Reduction.
18. Fry J. D., Lang N. S. and Clifton R. G. P. 1991. Freezing resistance and carbohydrate composition of 'Floritam' St. Augustinegrass. *Horticulture Science*, 26: 1537-1539.
19. Ghasemi Ghahsare M., and Kafi M. 2015. Scientific and practical flowering
20. Ghosh P.K; (Dayal, Devi, Bandyopadhyay, K.K and Mohanty M). 2006. "Evaluation of straw and polythene mulch for enhancing productivity of irrigated summer groundnut". *Field Crops Research*, 99, 76–86.
21. Griesbach R.J., and Berberich S.M. 1995. The early history of research on ornamental plants at the U S. Department of Agriculture from 1862 to 1940. *Horticultural Science* 30: 421–425.
22. Griffith M., and Yaish M. W. F. 2004. Antifreeze proteins in overwintering plants: a tale of two activities. *Trends in Plant Science*, 9: 399-405.
23. Hajo Hosseini A., Javad Pour Y., and Razavi M. 2011. Frostbite in agriculture and ways to control it. *Technical and Promotional Journal of Yazd Province Agricultural Organization*. 3-19.
24. Izadi darbandi E., Yosef sani M., Nezami A., Musavi M.J., Keikha F., and Nezami S. 2012. Effect of freezing stress on *Dianthus barbatus*. *Environmental Stresses in Crop Sciences*, 4(2):117-125.
25. Jodaugienė D., Pupalienė R., Sinkevičienė A., Marcinkevičienė A., Žebrauskaitė M. Baltaduonytė K., and Čepulienė R. 2010. The influence of organic mulches on soil biological properties. *Zemdirbyste-Agriculture*, 97 (2): 33-40
26. Lies Jeffery.K; (Dosmann, Michael.S). 1999. "Effect of organic and mineral mulches on soil properties and growth of Fairview Flame® red maple trees". *Journal of Arboriculture*, 3, 163-167.
27. Malek M.M., Galeshi S., Zeinali A., Ajam N., and Malek M. 2012. Investigation of leaf area index, dry matter and crop growth rate on the yield and yield components of soybean cultivars. *Electronic Journal of Crop Production*, 5(4):1-17.
28. Mir Mohammadi A.M. 2005. Physiological and breeding aspects of cold and frost tensions in crops. Gulben Publishing House of Isfahan.
29. Munns R. 2002. Comparative physiology of salt and water stress. *Plant, Cell and Environment*, 25: 239–250.
30. Naidu B. and Thusitha G. 2005. Increasing cold tolerance in rice by selecting for high polyamine and gibberellic acid content. *Australian Journal of Plant Physiology* 25: 793-800.
31. Nezami A., Borzooei A., Jahani M., Azizi M., and Sharif A. 2007. Electrolyte leakage as an indicator of freezing injury in colza (*Brassica napus* L.). *Iranian Journal of Field Crops Research*. 5: 167-175
32. Ramakrishna A.; (Tam, Hoang Minh, Wani, Suhas.P and Lomg, Tranh Dinh). 2006. Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. *Field Crops Research*, 95, 115–125.
33. Rashed Mohassel M.H., Nezami A., Bagheri A., Haj Mohammadnia K., Bannayan M. 2009. Evaluation of freezing tolerance of two fennel ecotypes under controlled conditions. *Journal of Herbs, Spices and Medicinal Plants*, 15(1): 131-140.
34. Rashed Mohassel M.H., Nezami A., Bagheri A., Haj Mohammadnia K., Bannayan M. 2009. Evaluation of freezing tolerance of two fennel ecotypes under controlled conditions. *Journal of Herbs Spices Medicinal Plants*, 15, 131-140.
35. Roe N. E., Stofella J., and Ggreatz D. 1997. Compost from various municipal solid wastes feed stocks affect vegetable crops, II Growth, yield and fruit quality. *J. ASHS*. 122: 433-437.
36. Shaikh A. El., and Fouda T. 2008. Effect of different mulching types on soil temperature and cucumber production under Libyan conditions.
37. Shooshtarian S., A., Salehi H., and Tehrani far A. 2011. Study of the growth and development characteristics of ten plant species in the Kish Island green area during the warm season. *Journal of Agroecology*, 4:514-524.
38. Smartt J. 1994. The groundnut crops. A scientific basis for improvement. London. Chapman and Hall. pp: 734-735
39. Steward Larry G; (Davis Sydnor, T and Bishop, Bert). 2003. "The ease of ignition of 13 landscape mulches". *Journal of Arboriculture*, 6, 317-321.
40. Teutonica R. A., Palta J.P., and Osborn T. C. 1993. *In vitro* freezing tolerance in relation to winter survival of rapeseed cultivars. *Crop Science*, 33: 103-107.
41. Warmund R.M., Guinan P., and Fernandez G. 2008. Temperatures and cold damage to small fruit crops across the eastern United States associated with the April 2007 freeze. *Horticultural Science* 43: 1643-1647.
42. Zhang G.S. (Hu, X.B, Zhang, X.X and Li, J.C). 2013. Effect of plastic mulch and winter catch crop on water availability and vegetable yield in a rain-fed vegetable cropping system at mid-Yunnan plateau, China. *Scientia Horticulturae*, 164, 333-339. 5(4):1-17.



Effect of some Organic Mulches on Cold Resistance of *Aquilegia* sp.

Y. Selahvarzi^{1*} - M. Kamali² - J. Nabati³ - H. Ahmadpourmir⁴

Received: 31-07-2019

Accepted: 15-12-2019

Introduction: Each year, with the onset of cold season and severe drop in temperature, the probability of frost bite and frost damage is a problem for landscaping plants. Many plant species, especially tropical and subtropical species, are damaged when exposed to frostbite, causing damage to their cells, tissues, and organs. Research has shown that by altering membrane properties during cold stress, metabolic balance is disturbed and with the increase in toxic metabolites, secondary damage to the plant can occur. At low temperature, decreases the efficiency of energy transfer to the center of the photosystem II. In addition, low temperatures are the main cause of the formation of reactive oxygen radicals. Also, lowering the temperature in the presence of light, due to the imbalance between light absorption and photosynthesis, increases the risk of light oxidation. Low temperature also reduces the activity of Rubisco. The amount of free proline in many plants increases significantly in response to environmental stresses such as frost stress, and stabilizes the membrane during cold stress. On the other hand, the use of some organic materials such as organic mulches increase temperature of the soil, and thus helps plant from frostbite. Use of organic mulch is widespread in agriculture due to the positive effect in soil temperature, weed control and moisture retention. Also, these mulches are effective in height, growth and flowering, early maturity and total yield of the products. Mulches in the warm seasons reduces soil temperature. Use of mulch can also help plants to withstand frostbite. Organic mulch decomposition in appropriate temperature and humidity conditions, liberates the nutrients gradually and provides for root plant and microorganisms of the soil. Organic mulches can reduce the effect of salt toxicity on plant growth and actively increase soil desalination. The most important benefit of mulch is the increase in soil temperature in the seed area, which accelerates the growth and yield of the product. Use of straw as mulch resulted in accelerated germination in cucumber. Use of straw mulch leads to an increase in temperature at night, thus protecting plants from temperature stress that has a positive effect on the growth and development of wheat.

Material and methods: In order to investigate the effect of freezing stress and using different types of organic mulch for *Aquilegia* plant, this experiment was conducted as a factorial experiment based on completely randomized design with four replications at Faculty of Agriculture, Ferdowsi University of Mashhad. The experimental treatments included four types of mulch (control (without mulch), 50% soil + 50% manure, 50% soil + 50% leaf needle + 50% soil + 50% rice bran) and five levels of freezing temperature (0, -5, -10, -15 and 20). Characteristics such as percentage of electrolyte leakage, relative water content, chlorophyll index and total chlorophyll, leaves number, leaf area, plant dry weight and proline leaf content were considered.

Results and Discussion: The results showed with decrease of temperature from 0 to -20 °C, stem diameter, leaf area and leaf number in bran mulch treatment decreased by 42.6%, 73.4%, 21.2% respectively, also stem diameter, leaf area and leaf number in mulch of leaf needle were 35.2%, 9/64%, 47.6%, in manure mulch were 20.20%, 46.4%, 7.8% and in the control of mulch decreased, 32.8%, 79.7%, 30.7%, respectively. At -5 °C, the amount of proline was 26% in the leaf and at -20°C, the amount of proline increased 50% compared to the control. Also, the lowest proline (0.73 μmol / g fresh weight) was obtained from the plants that treated with bran mulch. With application of, electrolyte leakage reached 63.6%, 68%, 61% and 57% in control conditions bran, needle and manure, respectively. In short, the least electrolyte leakage was observed in manure. On the other hand, when temperature dropped from 0 to -20 °C, the percentage of electrolyte leakage increased in *Aquilegia*. Relative water content of the leaf were 24% at 0°C, 38% at -15 °C and 23% at -20 °C. In terms of non-use of mulch, the relative water content was 36% and reached a 42% and 40% with application of manure and needle using mulch. By measuring the total carbohydrate found in *Aquilegia* leaf, it was observed that the amount of

1, 2 and 4- Assistant professor, Ph.D Graduated and M.Sc. student, Horticulture department, Ferdowsi University of Mashhad

3- Assistant professor, Institute of Plant Sciences, Ferdowsi University of Mashhad

(* - Corresponding Author Email: Selahvarzi@um.ac.ir)

this trait was increased under frost stress. In general, although frost stress reduced the morphological traits of *Aquilegia*, use of organic mulch resulted in the improvement of these traits. The best results were observed in manure mulch.

Keywords: Carbohydrate, Dry weight, Electrolyte leakage, Proline, Total chlorophyll