نشریه فیزیولوژی محیطی گیاهی، سال پانزدهم، شماره ۵۹، پاییز ۱۳۹۹ / صفحات: ۲۹-۱۷

ارزیابی تحمل به تنش یخ زدگی گیاه پوششی فیلا (*Phyla lanceolata*) تحت تاثیر برخی مالچ‌های آلی در شرایط کنترل شده

یحیی سلاح‌ورزی[1*]، مریم کمالی[1]، جعفر نباتی[2]

[1]گروه باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

[2]پژوهشکده علوم گیاهی، دانشگاه فردوسی مشهد، مشهد، ایران

تاریخ دریافت: ۹۸/۰٤/۱٦ تاریخ پذیرش:۹۸/۰۸/۱۸

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش یخ زدگی در گیاه پوششی فیلا، تحت تاثیر برخی مالچ‌های آلی، این آزمایش به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد اجرا گردید. پنج سطح دمای یخ زدگی (۰، ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- درجه سانتیگراد) و سه نوع مالچ (دامی، سوزنی برگ و سبوس) تیمارهای این آزمایش بودند. جهت ارزیابی تحمل به دماهای یخ زدگی صفاتی چون درصد نشت الکترولیت‌ها، مقدار کربوهیدرات محلول و پرولین برگی، تعداد برگ، سطح برگ و وزن خشک بوته در نظر گرفته شد. نتایج نشان داد اثرات ساده و متقابل مالچ و دما صفات مورفولوژیکی اندازه گیری شده، میزان نشت الکترولیت، محتوای نسبی آب برگ گیاه فیلا، عدد اسپد و مقدار رنگدانه های فتوسنتزی (کلروفیل a، b و کل) معنی دار شد. تمام مالچ های آلی به کار رفته در این پژوهش منجر به افزایش وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه فیلا در دوره رشد پس از تنش یخبندان داشت. به‌طوری‌که با کاربرد سه مالچ سبوس، سوزنی برگ و دامی وزن خشک هوایی از ۲/۱۵ گرم در شرایط عدم استفاده از مالچ به ۲/۷۲، ۳/۱۳ و ۳/۱۹ گرم در هر بوته و وزن خشک ریشه از ۱/۵۰ گرم به ۱/۹۰، ۲/۲۳ و ۲/۱۹ گرم در هر بوته رسید. بیشترین نشت الکترولیت سلول های برگی (۸۰٪) در دمای ۲۰- درجه و گیاهان تحت تیمار مالچ سبوس و بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۵۵٪) در دمای ۰ درجه و گیاهان تحت تیمار مالچ سوزنی برگ بود. همچنین مقدار کلروفیل کل در شرایط استفاده از مالچ کود دامی ۰/۱۱ میلی گرم بیشتر از شاهد بود. به طور کلی در بین مالچ‌های استفاده شده مالچ کود دامی تاثیر بیشتری بر بهبود اثرات ناشی از یخبندان بر صفات مورفولوژیکی و بیوشیمیایی گیاه داشت.

واژه‌های کلیدی: پرولین، کربوهیدارت، کلروفیل، گیاه فیلا، نشت الکترولیت، وزن خشک

مقدمه

گیاهان پوششی، گیاهانی هستند سریع الرشد که در مدت زمان کوتاهی سطح خاک را فرا می گیرند و به علت پا کوتاهی، زیبایی ویژه‌ای را به محیط می دهند. بیشتر این گیاهان در زمان کوتاهی سطحی که بر آن قرار گرفته‌اند را فرا گرفته و به خوبی می‌پوشانند. این گیاهان نسبت به مواد غذایی پرتوقع نبوده و آب زیادی احتیاج ندارند از طرف دیگر زمانی که گیاهان پوششی بخوبی رشد کنند و به صورت متراکم و انبوه درآیند، مانع از رشد علف های هرز می‌شوند و به این ترتیب با آن‌ها رقابت می‌کنند (Snodgrass and Snodgrass, 2006). یکی از انواع گیاهان پوششی گیاه فیلا می‌باشد. گیاه "فیلا نودیفلورا" با نام علمی *Phyla nodiflora* گیاهی زینتی از خانواده شاهپسند است. فیلا را اغلب به عنوان

*مسئول مکاتبه: Selahvarzi@um.ac.ir

گیاهی زینتی و پوششی در حیاط خانه‌ها یا در فضای سبز کشت می‌کنند. این گیاه توانسته تا دمای منفی ۷ درجه سانتیگراد را در استرالیا تحمل کند (Gupta et al., 2013).

دمای هوا به عنوان یکی از عوامل محیطی بر فرآیندهای ساختاری و فیزیولوژیکی سلول گیاهی تاثیر گذاشته و منجر به توسعه سلول‌های گیاهی می‌گردد. بنابراین اثرات منفی ناشی از افزایش یا کاهش غیر طبیعی دما در همه فرآیندهای گیاهی از جمله ساختار سلول در گیاهان اثر گذار خواهد بود (Ghasemi Ghahsare and Kafi, 2015). دمای پایین در مناطق خشک و معتدله یکی از تنش های مهم غیر زیستی و محدود کننده عملکرد گیاهان می باشد، بنابراین تحمل گیاهان به تنش سرما یکی از عوامل ضروری جهت بقاء زمستانه و رشد و تولید مناسب آن‌ها ذکر شده است (Nazami et al., 2007). یکی از ویژگی‌های مهم گیاهان در فصل زمستان توانایی تحمل آن‌ها به تنش یخ زدگی یعنی دماهای زیر صفر می‌باشد (Sasaki et al., 1988). اختلال در فعالیت پروتئین‌ها، یخ زدن آب بین سلولی و حرکت آب از پروتوپلاسم به فضای بین سلولی و یا تشکیل کریستال‌های یخ در داخل پروتوپلاسم از جمله دلایل بروز خسارت و یا مرگ گیاه در دماهای پایین ذکر شده است (Nasiri Mahalati et al., 2007). شاخص های متعددی برای ارزیابی سریع و مؤثر گیاهان در مواجهه با تنش یخ زدگی بررسی شده است، ازجمله این شاخص‌ها، نشت الکترولیت‌ها بوده که بر اساس خسارت های ناشی از یخ زدگی بر غشاء سلول اندازه گیری می‌شود. این روش نسبتاً سریع و ارزان بوده و تخمین خوبی از مقاومت گیاه به تنش یخ زدگی و میزان خسارت را به غشاء سلولی ارائه می‌دهد (Mirzaii et al.,2002). هنگامی که گیاهان در پاییز با کاهش طول روز و دماهای کم تر از ۲٤ درجه سانتی‌گراد مواجه می شوند به سرما خو می‌گیرند. در این شرایط خوسرمایی سبب بهبود نسبی تحمل آن ها به شرایط زمستان خواهد شد و گیاهان قادر خواهند بود که بقای زمستانه‌ی نسبتاً خوبی داشته باشند (Griesbach and Berberich, 1995). علیرغم این وضعیت، وقوع سرماهای شدید در برخی سال ها سبب بروز خسارات جبران‌ناپذیری به گیاهان شده و حتی در مواردی منجر به مرگ کامل گیاهان می‌شود (Warmun et al., 2008). به همین دلیل شناسایی گیاهان متحمل به سرما و کاشت آن ها در مناطق تحت خطر تنش یخ زدگی از جمله راهکارهای مناسب جهت کاهش خسارت سرما می‌باشد (Mir Mohammadi, 2005). از نظر مقاومت به دماهای پایین در میان گونه های چمن به عنوان یک گیاه پوششی اختلاف وجود دارد، به‌طوری‌که حداقل دما ی قابل تحمل درگیاه پوششی چمن فلوراتام ۵- درجه سلسیوس می‌باشد (Fry, 1991). این دما در چمن برمودا گراس ۱۷ – درجه سلسیوس و در چمن پوششی زویسیا ۸- تا ١٤ – درجه سلسیوس می‌باشد (Dunn et al.,1999). ازاین رو تعیین آستانهٔ تحمل به سرما و همچنین تعیین گونه‌ای از گیاهان پوششی که دارای مقاومت به دماهای پایین باشد، حائز اهمیت است.

از طرفی استفاده از برخی مواد آلی مانند مالچ های آلی باعث افزایش دمای مثبت دمای خاک شده (Bonachela et al., 2012) و بنابراین گیاه را در برابر تنش‌های سرمازدگی کمک می‌کند (Farahmand et al., 2011). واژه خاکپوش (مالچ) از کلمه آلمانی (molsh) به معنی نرم، گرفته شده و عموما دارای ضخامت ۱ تا ٤ اینچ (۲/٥٤ –۱۰/۱٦ سانتی‌متر) می‌باشند (Bowker,1989). 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 (Lies Jeffery, Duryea Marry, 1999; 1999)، تکه‌های پوست در ختان جنگلی (Lies Jeffery, 1999) پوست خرد شده درختان سرو (Bowker,1989)، پالت های چوب بازیافت شده و خرده‌های چوب سایر گیاهان (Lies Jeffery, 1999)، از جمله خرده های چوب درخت کاکائو توسط استیوارد و همکاران (Steward et al., 2003) گزارش شده است. یکی دیگر از فرآورده‌های چوب، خاک اره می باشد که دارای بافت ظریفی بوده و برای تجزیه شدن احتیاج به نیتروژن خاک دارد (Steward et al., 2003). کاه کاج (Straw pine) و کاه جو نیز در زیر مجموعه خاکپوش‌های آلی کاه می‌باشند (Steward et al., 2003). محصولات کشاورزی شامل چوب ذرت، کمپوست قارچ، پوست محصولات متنوع خشکباری نیز به عنوان خاکپوش آلی استفاده می‌گردد (Bowker,1989). برگ‌های سوزنی کاج (Lies Jeffery, 1999) نیز با دارا بودن ظاهری زیبا در بهبود ظاهری منظر موثرند و باعث ایجاد نفوذپذیری خاک و کاهش pH خاک می شود (Bowker,1989). سرزنی چمن بعد از عملیات چمن زنی نیز یکی دیگر از انواع ارزشمند خاک پوش های آلی غیر زنده است (Steward et al., 2003). 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 (Roe et al., 1997). استفاده از خاکپوش‌های غیر زنده به دلیل افزایش مثبت دمای خاک (Bonachela, 2012، Ghosh et al., 2006)، سرکوب علف‌های هرز (Ramakrishn, 2006، Shooshtarian et al., 2011) و حفظ رطوبت (Zhang, 2013) به طور گسترده‌ای در کشاورزی رواج دارد. همچنین این خاکپوش‌ها در ارتقاع، رشد و گلدهی (Ramakrishn, 2006)، زودرسی (Shooshtarian et al., 2011) و عملکرد کل محصول (Shooshtarian et al., 2011) موثر می‌باشند. استفاده از مالچ‌های بقایای گیاهی و گیاهان به عنوان خاکپوش در اراضی کشاورزی و فضای سبز بیشتر معمول می باشد. خاکپوش‌ها در فصول گرم سبب کاهش دمای خاک می‌گردند. کاربرد خاکپوش می‌تواند گیاه را در برابر تنش‌های سرمازدگی نیز کمک کند (Farahmand et al., 2011). تجزیه خاکپوش های آلی در شرایط دما و رطوبت مناسب، عناصر غذایی را به تدریج آزاد می سازد و در اختیار ریشه گیاه و میکروارگانیزم‌های خاک قرار می‌دهد. خاکپوش‌های آلی می‌توانند 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 (Shaikh and Fouda, 2008). استفاده از کاه و کلش به عنوان مالچ منجر به تسریع جوانه زنی در گیاه خیار شد (Shaikh and Fouda, 2008). استفاده از مالچ نی منجر به افزایش دما در شب می شود، بنابراین گیاهان را از استرس درجه حرارت محافظت می کند که تاثیر مثبتی بر رشد و توسعه گندم دارد (Badaruddin et al., 1999). گیاه چمن به عنوان یک مالچ آلی تاثیر مثبت بر فعالیت آنزیم‌های خاک و زیست توده در خاک دارد (Jodaugien et al., 2010). 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 تکنیک های مربوط به آن در فضای سبز شهری مورد توجه بیشتری قرار گیرد (Farahmand et al., 2011). 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 پوششی فیلا به‌عنوان یک گیاه پر کاربرد در فضای سبز شهری اجرا شد.

مواد و روش‌ها

به‌منظور بررسی اثر تنش سرما (کاربرد دماهای پایین) بر گیاه پوششی فیلا و همچنین تاثیر مالچ‌های آلی بر مقاومت به سرمای این گیاه، آزمایشی به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی و در چهار تکرار در زمستان و بهار ۱۳۹۷-۱۳۹۸ طراحی و اجرا شد. تیمار های آزمایش شامل ۵ سطح دمای پایین (۰، ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- درجه سانتیگراد) و ۳ نوع مالچ (۵۰٪ خاک+۵۰٪ کود دامی، ۵۰٪ خاک+ ۵۰٪ سوزنی برگ + ۵۰٪ خاک + ۵۰٪ سبوس برنج) بود. شاهد این آزمایش شرایط بدون استفاده از مالچ در نظر گرفته شد. به‌منظور اعمال تیمارهای ذکر شده از قلمه‌های یکساله ریشه دار شده فیلا استفاده شد. در هر گلدان دو بوته فیلا کشت و از ارتفاع ٤ سانتیمتری با داشتن حداقل ٦ جوانه رویشی سرزنی شدند. مالچ های استفاده شده تا ارتفاع ٤ سانتیمتری بالای بوته روی گیاه فیلا قرار گرفت. مالچ سوزنی برگ استفاده شده از درخت کاج بود. به منظور تامین مالچ سوزنی برگ از برگ های خشک تجمع یافته زیر درختان کاج تهرانی (*Pinus Eldarica*) واقع در محوطه دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد در پاییز جمع آوری شد. برگ های خشک جمع آوری شده ابتدا با آب شسته شده و پس از هواخشک شدن، توسط دستگاه خرد کن علوفه به اندازه تقریبی ۱-۲ میلی‌متر خرد شدند. گیاهان فیلا پس از تیمار با مالچ‌های فوق تحت تیمارهای دمایی ذکر شده قرار گرفتند. به منظور اعمال تیمارهای سرمایی گلدان‌ها، ٢٤ ساعت قبل از تیمار، آبیاری و سپس به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۲ درجه بود و پس از قرار دادن نمونه ها با سرعت یک درجهٔ سانتی گراد 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 ٤ درجه منتقل و به مدت ٢٤ 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.

نشت یونی: برای بررسی نشت یونی، قطعات یکسان برگی به ابعاد یک سانتی متر مربع (دو طرف رگبرگ اصلی) تهیه و در درون لوله آزمایش درپوش دار محتوی ۱۰ میلی لیتر آب مقطر قرار داده و پس از ٢٤ ساعت شیکر در دمای آزمایشگاه، میزان نشت یونی مرحله اول (EC_1) اندازه گی«ری شد. در ادامه جهت اندازه گیری نشت مرحله دوم (EC_2) لوله‌های آزمایش محتوی آب مقطر و قطعات برگی (به کار گرفته شده برای نشت مرحله اول)، اتوکلاو گردید (در دمای ۱۲۱ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۲۰ دقیقه). بعدازخروج از اتوکلاو، مجدداً لوله‌های آزمایش محتوی آب مقطر و قطعات برگی به مدت ۱۲ ساعت شیکر و سپس هدایت الکتریکی مرحله دوم ثبت و بر مبنای فرمول زیر نشت یونی محاسبه شد.

$$EL = (EC1/EC2) \times 100$$

۲۱ روز پس از اعمال تنش سرما، میانگین قطر ساقه‌ها با استفاده از دستگاه کولیس دیجیتال اندازه گیری شد. صفات دیگری نظیر تعداد برگ و سطح کل برگ فیلا با دستگاه سطح برگ سنج (Model Li-Cor-1300,USA) اندازه گیری و ثبت شد. وزن خشک بخش هوایی و ریشه نمونه‌ها نیز پس از ٤٨ ساعت قرار گرفتن در آون با دمای ۷۰ درجه‌ی سانتیگراد، با ترازوی دیجیتال مدل GF-300 با دقت ۰/۰۰۱ اندازه‌گیری شد.

سنجش رنگیزه‌های فتوسنتزی: شاخص کلروفیل با دستگاه اسپد (SPAD 502, Minolta, Japan) اندازه‌گیری شد. تعیین میزان کلروفیل a، b، کل و کارتنوئیدها با نمونه گیری تصادفی از برگ های بالغ مطابق روش Dere و همکاران (1998) بر حسب میلی گرم بر گرم وزن تر بود. بدین منظور ابتدا با استفاده از متانول، عصاره‌گیری انجام و اثر نهایت میزان جذب نور در طول موج‌های ٦٥٣ و ٦٦٦ قرائت شد.

معادله (۱) $CHLa = 15.65A666 - 7.340A653$

معادله (۲) $CHLb = 27.05\ A653 - 11.21\ A666$

معادله (۳) $CHLt = CHLa + CHLb$

$Cx+c = 1000\ A470 - 2.860\ Ca - 129.2\ Cb/245$

محتوای آب نسبی برگ (RWC): محتوای آب نسبی برگ با استفاده از قطعات یک سانتیمتری برگ گیاهان و اندازه گیری وزن تر آن ها، قرار دادن در آب به مدت ٢٤ ساعت در تاریکی و دمای ٤ درجه سانتیگراد و تعیین وزن اشباع و سپس وزن خشک (آون ۷۰ درجه سانتیگراد به مدت ٢٤ ساعت) با استفاده از فرمول زیر محاسبه شد:

[۱۰۰ × (وزن خشک – وزن تر در شرایط اشباع) /

(وزن خشک – وزن تر)]= (٪) RWC

سنجش پرولین: به منظور استخراج پرولین برگی، عصاره طبق روش Bates و همکاران (1973) استخراج و توسط دستگاه اسپکتروفتومتر در طول موج ۵۲۰ نانومتر میزان جذب نور قرائت شد. به این منظور ۰/۱ گرم برگ خشک شده را در هاون چینی همراه با ۱۰ میلی‌لیتر اسید سولفوسالسیلیک ۳/۳ ٪ ابتدا به خوبی سائیده و سپس در مرحله بعد ۲ میلی لیتر از معرف ناین و ۲ میلی لیتر اسید استیک گلاسیال (خالص) به هر یک از لوله های محتوی عصاره افزوده شد.

جهت استخراج کربوهیدرات کل برگ موجود در گیاه فیلا 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 ان 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 ٤۵۰۰ دور در دقیقه سانتریوفوژ شد. به ۱۰۰ میکرولیتر از عصاره تهیه شده، ۳ میلی لیتر معرف آنترون (۱۵۰ میلی گرم آنترون خالص + ۱۰۰ میلی‌لیتر سولفوریک اسید ۷۲ درصد) اضافه گردید. سپس به مدت ۱۰ دقیقه در حمام آب جوش قرار داده و پس از خنک شدن نمونه‌ها، جذت آن‌ها در طول موج ٦٢۵ نانومتر با دستگاه اسپکتروفتومتر قرائت و با استفاده از محلول استاندارد منحنی آن رسم گردید (Irigoyen et al., 1992).

آنالیز آماری داده‌های این تحقیق با استفاده از نرم‌افزار MSTAT-C صورت گرفت و برای رسم نمودارها از برنامه EXCEL استفاده شد. مقایسه میانگین ها با استفاده از آزمون LSD در سطح احتمال ۵٪ انجام شد.

نتایج

بر اساس نتایج حاصل از جدول تجزیه واریانس، اثر ساده مالچ بر قطر ساقه و برهمکنش دو عامل مالچ و دما بر وزن خشک هوایی و وزن خشک ریشه معنی‌دار نشد. این در حالی است که اثرات ساده و متقابل مالچ و دما بر سایر صفات مورفولوژیکی اندازه‌گیری شده اثر معنی دار داشت (جدول ۱). میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس جدول ۲ نیز نشان داد اثرات ساده و متقابل دو تیمار مورد بررسی یعنی دما و مالچ بر میزان نشت الکترولیت و محتوای نسبی آب برگ گیاه فیلا، عدد اسپد و مقدار رنگدانه‌های فتوسنتزی (کلروفیل a ، b و کل) معنی دار شد. اگرچه مالچ‌های مختلف به کار رفته در این آزمایش بر کارتنوئیدها برگ فیلا تاثیر نداشت اثر ساده

دما و برهمکنش دما و مالچ بر میزان کارتنوئیدهای موجود در برگ به ترتیب در سطح احتمال ۱ و ۵٪ اثر معنی‌دار داشت. با توجه به نتایج جدول ۲ هرچند برهمکنش دما و مالچ بر محتوای پرولین و کربوهیدرات موجود در برگ اثر نداشت کاربرد مالچ‌های آلی و همچنین دماهای مختلف منجر به ایجاد اختلاف معنی دار بر محتوای پرولین و کربوهیدارت کل برگ فیلا شد.

جدول ۱: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات مورفولوژیکی اندازه گیری شده در گیاه فیلا

تیمار	درجه‌آزادی	تعداد برگ	سطح کل برگ	وزن خشک ریشه	وزن خشک هوایی	قطر ساقه
مالچ	۳	۹۳۵۳/۳۳*	۱۸۵۸۲۸۲/۸٤**	۲/۲۷**	٤/٦٥**	۲/۲۹ns
دما	٤	۳۷۲۳۰/۰۰**	۸۲۳٦۱۰٥/۱٥**	٤/۲۸**	۸/۷۲**	۱۲/۳۹**
مالچ ×دما	۱۲	۸۷۳٦/٦٦**	۱۲۸۹٤۱۱/۲۷**	۰/۱٥ns	۰/۳۲ns	٦/۸۰**
خطا	٦۰	۳٦۸٦/٦٦	۱۲٦۳٥۳/۱۰	۰/۱۲	۰/۲٤	۱/۱۳
ضریب تغییرات(٪)		۲۰/۸۲	۱٦/۲٤	۱۷/٦۹	۱۷/٦۸	۱٦/۳٦

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

مقایسه میانگین اثر ساده دما نشان داد با کاهش تدریجی دما از ۰ درجه سانتیگراد به ۲۰- وزن خشک ریشه و بخش هوایی گیاه فیلا کاهش یافت. به طوریکه وزن خشک بخش هوایی و ریشه در دمای ۰ درجه سانتی‌گراد ۳/۷۷ و ۲/٦٤ گرم در هر بوته بود و در شدیدترین تنش یخبندان اعمال شده یعنی ۲۰- درجه به ۱/۸۲ و ۱/۲۷ گرم در هر بوته کاهش یافت. با کاهش دما از ۰ به ۵- درجه ۷/۲ ٪ و با کاهش دما ۵- به ۱۰- درجه ۱۳/٤ ٪ کاهش در قطر ساقه مشاهده شد. اگرچه اعمال تنش یخبندان منجر به کاهش سطح برگ شد دو تیمار دمایی ۰ و ۵- بدون اختلاف معنی دار با میانگین ۲۸۵۵ و ۲۸۰۱ سانتیمتر مربع بیشترین سطح برگ در بوته را داشتند. همچنین اعمال دو تیمار دمایی ۱۰- و ۱۵- درجه در نتایج حاصل از سطح کل برگ فیلا اختلاف معنی داری نشان نداد. همچنین کمترین تعداد برگ در شاهد با میانگین ۲۱۲ برگ در هر بوته مشاهده شد. تمام مالچ‌های آلی به کار رفته در این پژوهش منجر به افزایش وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه فیلا در دوره رشد پس از تنش یخبندان شد. به طوریکه با کاربرد سه مالچ سبوس، سوزنی برگ و دامی وزن خشک هوایی از ۲/۱۵ گرم در شرایط عدم استفاده از مالچ به ۲/۷۲، ۳/۱۳ و ۳/۱۹ گرم در هر بوته و وزن خشک ریشه از ۱/۵۰ گرم به ۱/۹۰، ۲/۲۳ و ۲/۱۹ گرم در هر بوته رسید (جدول ۳). بیشترین سطح کل برگ در گیاهان تحت تیمار با مالچ دامی (۲۵۸٤/۰۹ سانتیمتر مربع) و بیشترین تعداد برگ در گیاهان تیمار شده با مالچ دامی (٤٦ برگ) و سوزنی (۵۳ برگ) مشاهده شد. مطالعه بر همکنش دما و مالچ نشان داد اگرچه دماهای یخبندان منجر به کاهش صفات مورفولوژیکی اندازه گیری شده در این آزمایش شد کاربرد مالچ ها به خصوص مالچ کود دامی و سوزنی برگ منجر به بهبود صفات رشدی شده است. به این ترتیب در بین تیمارهای آزمایشی بیشترین قطر ساقه در دمای ۰ درجه و با کاربرد مالچ دامی به میزان ۹/۲۵ میلیمتر بود. در تیمار مالچ سبوس و در دمای ۰ درجه سطح کل برگ بوته ۲۷۰۳ سانتی‌متر مربع بود و پس از رسیدن دمای یخبندان به ۲۰- درجه در همین تیمار مالچی به ۱۰۳۱ سانتیمتر مربع رسید. این در حالی است که در تیمار مالچ سوزنی برگ با کاهش دما از ۰ به ۲۰- درجه سطح برگ از ۳٤۰٤ به ۷۱۰ سانتی‌متر مربع کاهش یافت.

جدول ۲: میانگین مربعات حاصل از تجزیه واریانس صفات فیزیولوژیکی و بیوشیمیایی اندازه گیری شده در گیاه فیلا

تیمار	درجه آزادی	پرولین	کربوهیدرات	کلروفیل کل	کارتنوئید	کلروفیلb	کلروفیل a	اسپد	محتوای نسبی آب برگ	نشت الکترولیت
مالچ	۳	۰/۲۸**	۰/۱۷**	۰/۰۷*	۰/۰۱۱^{ns}	۰/۰۱۷*	۰/۰۱۸^{ns}	۳۲/۲۳**	۲۳۰/۱٤**	۳۲۵/۷۹*
دما	٤	۰/۲۹**	۰/۱۸**	۰/۱۹۵**	۰/۰۳٤**	۰/۰٤۷**	۰/۰٤۹**	۸۸/۵٤**	۹۱٤/۳۰**	۷٤۳/٤۳**
مالچ ×دما.	۱۲	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۰۱^{ns}	۰/۰۷**	۰/۰۱۲*	۰/۰۱۸**	۰/۰۱۸**	۳۲/٤۵**	۱۲۲/۳۸**	۲۰۰/۵۹*
خطا	٦۰	۰/۰۰۳	۰/۰۰۲	۰/۰۳۱	۰/۰۰۵	۰/۰۰۸	۰/۰۰۸	۱۰/۲۸	۲۳/۷۰	۱۰٦/۹٤
ضریب تغییرات (٪)		٦/٦٤	٦/۵۸	۹/۲۸	۹/۳۵	۹/۳۷	۹/۲۷	۹/۳٦	۱۵/۰۳	۲۲/۲۲

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

جدول۳: مقایسه میانگین اثرات ساده مالچ و تنش سرما بر صفات مورفولوژیکی، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه فیلا

تیمارها		پرولین (µmol/gfw)	کربوهیدرات (µmol/gfw)	کلروفیل کل (mg/gfw)	کارتنوئید (mg/gfw)	کلروفیل b (mg/gfw)	کلروفیل a (mg/gfw)	اسپد	محتوای نسبی آب برگ (%)	نشت الکترولیت (%)	تعداد برگ	سطح کل برگ (cm2)	قطر ساقه (mm)	وزن حشک ریشه (g/plant)	وزن حشک هوایی (g/plant)
دما	-۲۰	۰/۹۸^{a}	۰/۷۷^{a}	۱/۷٦^{c}	۰/۷۳^{c}	۰/۸۷^{c}	۰/۸۸^{d}	۳۵/٤۸^{c}	۲۰/۲٦^{b}	٦۳/۷۱^{a}	۲۹۰/۰۰^{ab}	۱۰۸۷/۳۰^{c}	۵/۳۰^{e}	۱/۲۷^{e}	۱/۸۲^{e}
	-۱۵	۰/۹۷^{a}	۰/۷٦^{a}	۱/۸۰^{bc}	۰/۷۵^{bc}	۰/۸۹^{bc}	۰/۹۱^{cd}	۳٦/٤٤^{c}	۳۲/۵۸^{b}	۵۲/٦٦^{b}	۲۹۷/۵۰^{ab}	۲۰۳۱/۸۹^{b}	٦/۵۱^{c}	۱/٦۹^{d}	۲/٤۱^{d}
	-۱۰	۰/۹۱^{b}	۰/۷۱^{b}	۱/۹٦^{a}	۰/۸۲^{a}	۰/۹۷^{a}	۰/۹۹^{ab}	۳۹/۷۸^{ab}	۳۳/۷٦^{b}	۵۲/۳٤^{b}	۳٤۰/۰۰^{a}	۲۱٦۷/٦۸^{b}	٦/۰۹^{d}	۱/۹۷^{c}	۲/۸۲^{c}
	-۵	۰/۸۲^{c}	۰/٦۵^{c}	۱/۹۱^{ab}	۰/۸۰^{ab}	۰/۹۵^{ab}	۰/۹٦^{bc}	۳۸/۷٦^{b}	۳٤/۲۱^{b}	٤۵/۵۲^{b}	۳۱۷/۵۰^{ab}	۲۸۰۱/۹۳^{a}	۷/۰٤^{b}	۲/۲۲^{b}	۳/۱۷^{b}
	۰	۰/٦۵^{d}	۰/۵۱^{d}	۲/۰۳^{a}	۰/۸٤^{a}	۱/۰۰٦^{a}	۱/۰۲٤^{a}	٤۱/۱۹^{a}	٤۱/۱۲^{a}	٤۹/۰۹^{b}	۲۱۲/۵۰^{c}	۲۸۵۵/٦۸^{a}	۷/۵۹^{a}	۲/٦٤^{a}	۳/۷۷^{a}
LSD		۰/۰۳	۰/۰۲	۰/۱۲	۰/۰۵	۰/۰٦	۰/۰۵	۲/۲٦	۳/٤٤	۷/۳۱	٤۲/۹٤	۲۵۱/٤	۰/۳٤	۰/۲۱	۰/۳٤
مالچ	سبوس	۰/۸۷^{c}	۰/٦۹^{c}	۱/۸٤^{ab}	۰/۸۰^{a}	۰/۸٦^{b}	۰/۹۷^{a}	۳۷/۲۷^{b}	۲۸/۱۱^{c}	۵۵/۵۹^{a}	۲٦۲/۰۰^{b}	۱۸۵٦/۱۹^{c}	٦/٤٤^{a}	۱/۹۰^{b}	۲/۷۲^{b}
	سوزنی	۰/۹۲^{b}	۰/۷۳^{b}	۱/۹۳^{ab}	۰/۷۷^{a}	۰/۹۷^{a}	۰/۹۳^{a}	۳۹/۱۹^{ab}	۳٤/۲۱^{ab}	۵۳/۹۰^{ab}	۳۰۲/۰۰^{a}	۲۲٤۰/۳۸^{b}	٦/۳٤^{a}	۲/۲۳^{a}	۳/۱۳^{a}
	دامی	۰/۹۷^{a}	۰/۷٦^{a}	۱/۹۵^{a}	۰/۸۱^{a}	۰/۹۸^{a}	۰/۹۸^{a}	۳۹/٦۵^{a}	۳۵/۸۳^{a}	٤٦/۸۳^{b}	۳۱۲/۰۰^{a}	۲۵۸٤/۰۹^{a}	۷/۰۰^{a}	۲/۱۹^{a}	۳/۱۹^{a}
	شاهد	۰/۷۰^{d}	۰/۵۵^{d}	۱/۸٤^{b}	۰/۷۷^{a}	۰/۸۹^{b}	۰/۹۳^{a}	۳۷/۲۲^{b}	۳۱/۳۸^{b}	۵۵/۱٤^{a}	۲۹۰/۰^{ab}	۲۰٦۵/۹۲^{bc}	٦/۲٤^{a}	۱/۵۰^{c}	۲/۱۵^{c}
LSD		۰/۰۳	۰/۰۳	۰/۱۱		۰/۰٦	۰/۰٦	۲/۰۲	۳/۰۷	٦/۵٤	۳۸/٤۱	۲۲٤/۸		۰/۲٤	۰/۳۰

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۵٪ ،آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

جدول ٤: مقایسه میانگین اثرات متقابل مالچ و تنش سرما بر صفات مورفولوژیک، فیزیولوژیک و بیوشیمیایی گیاه فیلا

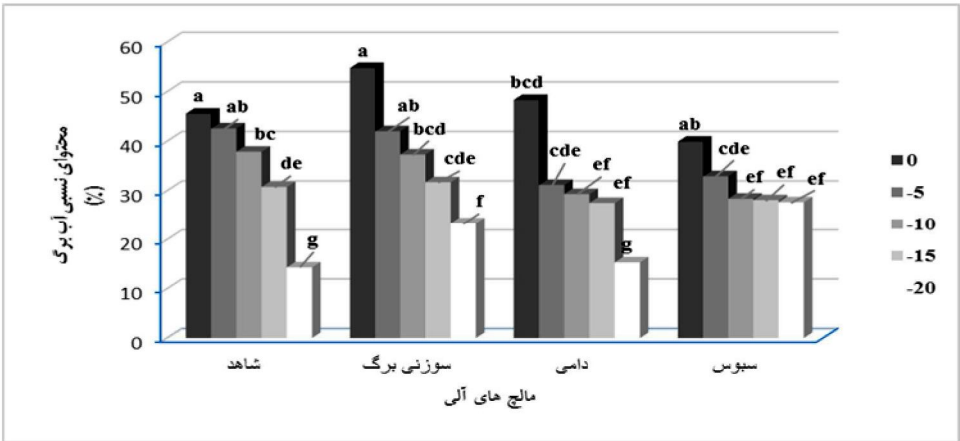
مالچ	دما	کلروفیل کل (mg/gfw)	کارتنوئید (mg/gfw)	کلروفیل b (mg/gfw)	کلروفیل a (mg/gfw)	اسپد	نشت الکترولیت (%)	تعداد برگ	سطح کل برگ (cm2)	قطر ساقه (mm)
سبوس	-۲۰	۰/۶۶c-f	۰/۷۷g	۰/۸۰g	۰/۸۵def	۳۷/۷۷cde	۸۰/۲۵a	۱۹۰/۰۰hi	۱۰۳۱/٤٥hi	۳/۸۷j
	-۱۵	۱/۶۱f	۰/۷۰d-g	۰/۸۳d-g	۰/۹۰cdef	۳۶/۹۵cdef	۵۲/۶۹bcde	۳۰۰/۰۰b-g	۲۰۱۲/۶۵efg	۵/۰۷i
	-۱۰	۱/۶۸def	۰/۸۷ab	۰/۹۱c-g	۰/۹۶bcd	۳۹/۳۶bcd	٤۷/۶۸bcde	۳۰۰/۰۰b-g	۲۵۲۸/۱۲bcd	۸/۳۱b
	-۵	۱/۹۸abc	۰/۹۶c-g	۰/۹۸abc	۰/۹۶bcd	٤۱/٤۰abc	٤۲/۸۹de	۳٤۰/۰۰a-d	۲۹۲۶/۰۵ab	۷/٤۵cd
	۰	۲/۰۹ab	۰/۸۲abc	۱/۰٤ab	۰/۹۷abcd	٤۲/۷۷ab	٤۱/۹۶e	۳۸۰/۰۰ab	۲۷۰۳/۱۲b	۷/۵۳c
سوزنی برگ	-۲۰	۱/۸۷b-e	۰/۶۸fg	۰/۸۱fg	۰/۹٤bcde	۳۲/۳۷g	۵۸/۰۲bc	۲۳۰/۰۰f-i	۷۱۰/۵۰i	٤/۰۷j
	-۱۵	۱/۸۳c-f	۰/۷۸b-f	۰/۹۳bcdef	۰/۹۲cdef	۳۳/۷۷efg	۵۷/۵۷bc	۲۶۰/۰۰d-i	۱۱۲۳/۳۱hi3	۶/۲۲efg
	-۱۰	۱/۹٤abc	۰/۸۳abc	۰/۹۹abc	۰/۹۸abc	۳۷/۲۳cdef	۵۷/۲۹bcd	۳۱۰/۰۰b-f	۱۵۱۰/۷۸gh	۶/٤۶ef
	-۵	۲/۱۰ab	۰/۸۲abc	۰/۹۸abc	۱/۰۲abc	٤۰/۲۰abcd	۵۲/۶۸bcde	۳۲۰/۰۰b-e	۲۵۷۶/۳۶bc	۷/۵٤c
	۰	۲/۰٤abc	۰/۹۰a	۱/۰۷a	۱/۰۶ab	٤۲/۷۰ab	۵۰/۱۶bcde	۳۳۰/۰۰b-e	۳٤۰٤/۹۹a	۷/٤۳cd
دامی	-۲۰	۱/۶٤ef	۰/۸۷ab	۰/۹۲b-g	۰/۸۳ref	۳۳/۰۰fg	۶۰/۱۷b	۲۲۰/۰۰g-i	۱۷٤۸/۲۲fg	۵/۵۲hi
	-۱۵	۱/۸۸b-e	۰/۷۷b-f	۰/۹۰c-g	۰/۹٤bcde	۳۸/۰۰cde	۵۷/۹۶bc	۲۸۰/۰۰c-g	۲۰۸۰//۸٤cdef	۶/۶۳e
	-۱۰	۱/۹۷abc	۰/۷۶c-g	۰/۹۲a-d	۰/۹۹abc	٤۰/۷۲abcd	۵۷/۰۳bcd	۳۲۰/۰۰b-e	۲۵۹۶/۷۲b	۶/۸۹cde
	-۵	۲/۰۰۷abc	۰/۸۱abc	۱/۰۱abc	۱/۰۱abc	٤۰/۰۵abcd	۵٤/٤۵bcde	۳۲۰/۰۰b-e	۳۲۶۵/٤۰a	۶/۷۳e
	۰	۲/۱۷a	۰/۸۵abc	۱/۰٤ab	۱/۰۹a	٤٤/۲۰a	٤۸/۳۳bcde	٤۲۰/۰۰a	۳۲۲۹/۲۹a	۹/۲۵a
شاهد	-۲۰	۱/۶۸def	۰/۷۰efg	۰/۸۳efg	۳۷/۰۷cdef	۳۳/۸۰efg	۵۹/۰۵b	۱۸۰/۰۰i	۸۵۹/۰۳i	۵/۶۰ghi
	-۱۵	۱/۷۹c-f	۰/۷۵c-g	۰/۸۹cdefg	۰/۸۱f	۳۶/۲۲defg	٤۸/۲٤bcde	۲۵۰/۰۰e-i	۱۷۲۶/۲۱fg	۵/۸۷fgh
	-۱۰	۱/۹۱bcd	۰/۸۰b-e	۰/۹۵bcde	۰/۸۵def	۳۸/۷۵bcd	٤۳/٤۸cde	۲۶۰/۰۰d-i	۲۰۳۵/۱۱def	۶/۸۱de
	-۵	۱/۹۰bcd	۰/۸۰b-e	۰/۹٤bcde	۱/۰۰abc	۳۸/۶۰bcd	٤۲/۷۰de	۲۷۰/۰۰c-h	۲٤۷۵/٤۸bcde	۵/۳۹hi
	۰	۱/۹۲a-d	۰/۸۰b-e	۰/۹۵abcde	۱/۰۶ab	۳۸/۹۷bcd	٤۰/۷۰e	۳۵۰/۰۰abc	۳۲۳۳/۷۶a	۷/۵٤c
LSD		۰/۲٤	۰/۱۵	۰/۱۲	۰/۱۲	٤/۵۳	۱٤/٦۳	۸۵/۸۸	۵۰۲/۸	۰/۶۹

میانگین‌های دارای حروف مشترک در هر صفت، در سطح ۵٪ آزمون LSD دارای تفاوت معنی‌داری نیستند.

کاهش دما منجر به کم شدن تعداد برگ در همه تیمارهای مالچی شد. در شاهد مالچ (عدم استفاده از مالچ)، گیاهانی که پس از اعمال دمای ۰ درجه رشد یافته بودند ۱۷۰ برگ بیشتر از گیاهانی داشتند که تحت تنش یخبندان در دمای ۲۰- درجه قرار گرفتند. به همین ترتیب در تیمار مالچ دامی تعداد برگ در گیاهان تحت تیمار ۰ درجه ٤۲۰ بود و در گیاهان تحت تیمار ۲۰- درجه، ۲۲۰ برگ در هر بوته شمارش شد.

صفات فیزیولوژیک و بیوشیمیایی: با توجه به نتایج جدول ۳ با کاهش دما از ۰ به ۲۰- درجه سانتیگراد نشت الکترولیت افزایش یافت به طوریکه میزان نشت یون ها در دما ۰ درجه ٤۹ ٪ بود و در دمای یخبندان ۲۰- به ٦۳ ٪ افزایش یافت. این در حالی است که با استفاده از مالچ دامی میزان نشت ۱۵ ٪ نسبت به شرایط عدم استفاده از مالچ کاهش داشت.

محتوای نسبی آب برگ در دمای ۰ درجه ٤۱ ٪ بود و پس از کاهش تدریجی دما در تمام سطوح ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- درجه کم شد. در تنش شدید ۲۰- مقدار محتوای نسبی آب برگ ۲۰/۲ ٪ اندازه گیری شد. در بین مالچ‌های استفاده شده کمترین تاثیر مالچ بر محتوای نسبی آب برگ با کاربرد مالچ سبوس به میزان ۲۸ ٪ بود. با توجه به نتایج جدول ٤، بیشترین نشت الکترولیت سلول‌های برگی (۸۰ ٪) در دمای ۲۰- درجه و گیاهان تحت تیمار مالچ سبوس و با توجه به نتایج شکل ۱، بیشترین محتوای نسبی آب برگ (۵۵ ٪) در دمای ۰ درجه و گیاهان تحت تیمار مالچ سوزنی برگ بود.



شکل ۱: اثر مالچ‌های آلی بر درصد محتوای نسبی آب برگ در گیاه فیلا تحت تیمارهای دمایی

کاهش دما بر عدد اسپد و همچنین رنگدانه های فتوسنتزی برگ گیاه فیلا اثر گذار بود. به‌طوری‌که با کم شدن دما از سطح ۰ درجه به ۲۰- درجه مقدار اسپد از ٤۱/۱۹ به ۳۵/٤۸ و مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و کلروفیل کل از ۱/۰۲، ۱، ۰/۸٤ و ۲/۰۳ به ۰/۸۸، ۰/۸۷، ۰/۷۳ و ۱/۷٦ میلی‌گرم بر گرم وزن تر کاهش یافت. با کاربرد مالچ کود دامی میزان اسپد ٦/۵٪ نسبت به عدم استفاده از مالچ افزایش یافت. استفاده از مالچ های دامی و سوزنی برگ مقدار کلروفیل b را به‌ترتیب ۱۰/۱ و ۸/۹٪ نسبت به شاهد مالچ افزایش داد. مقدار کلروفیل کل در شرایط استفاده از مالچ کود دامی ۰/۱۱ میلی‌گرم بیشتر از شاهد بود. در تیمار مالچ دامی با افزایش شدت تنش از ۰ به ۲۰- مقدار اسپد، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و کلروفیل کل به‌ترتیب ۲۵/۳، ۲۳/۸۵، ۹/۷۸، ۲/۲۹ و ۲٤/٤۲ ٪ کاهش و در گیاهان

تحت تیمار با مالچ سوزنی ۲٤/۱۹، ۱۱/۳۲، ۲٤/۲۹، ۲٤/٤ و ۸/۳۳ ٪ کاهش مشاهده شد.

تنش یخبندان منجر به افزایش میزان کربوهیدارت کل و محتوای پرولین موجود در برگ فیلا شد. به طوریکه بیشترین مقدار کربوهیدرات و پرولین در تیمار های ۱۵- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد بود. این در حالی است که کاربرد مالچ های آلی نیز بر مقادیر این دو صفت تاثیر گذاشت. به این ترتیب در مالچ دامی مقدار کربوهیدارت و پرولین با میانگین ۰/۷٦ و ۰/۹۷ میکرمول بر گرم بیشتر از سایر مالچ‌های استفاده شده در این آزمایش بود.

بحث

تمام مالچ‌های آلی به کار رفته در این پژوهش منجر به افزایش وزن خشک بخش هوایی و ریشه گیاه فیلا در دوره رشد پس از تنش یخبندان شد. همچنین کاهش دما منجر به کم شدن تعداد برگ در همه تیمارهای مالچی شد. در شاهد مالچ (عدم استفاده از مالچ)، گیاهانی که پس از اعمال دمای صفر درجه رشد یافته بودند ۱۷۰ برگ بیشتر از گیاهانی داشتند که تحت تنش یخبندان در دمای ۲۰- درجه قرار گرفتند. منطبق با نتایج فوق مطالعات بر گیاه نوروزک نشان داد که وزن خشک برگ‌ها در دمای ۱۸ - و ۲۰ - درجه سانتیگراد به ترتیب به میزان ٦٦ و ۹٤ درصد در مقایسه با دمای صفر درجه سانتیگراد کاهش یافت (Dashti et al., 2013). 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 ۱٤ درصد وزن خشک گیاهان شاهد بود (Rashed Mohassel et al., 2009). از طرفی طبق نتایج حاصل از پژوهش حاضر افزودن انواع مالچ های آلی منجر به بهبود صفات مورفولوژیکی 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 (Hajo Hosseini et al., 2011). همچنین گزارش شده است استفاده از خاکپوش‌های غیر زنده به دلیل افزایش مثبت دمای خاک (Ghasemi Ghahsare and Kafi, 2015، Bizhan et al., 2013) به طور گسترده‌ای در کشاورزی رواج دارد و این خاکپوش‌ها در ارتفاع، رشد و گلدهی (Ramakrishn, 2006) ، زودرسی و عملکرد کل محصول (Shooshtarian et al., 2011) موثر می باشند. مطالعات Tazike و همکاران (۲۰۱۲) نشان داد تحت تاثیر تنش تمام صفات موفولوژیک گیاه نعنا فلفلی کاهش می یابد. با توجه به نتایج جدول ۳ با کاهش دما از ۰ به ۲۰- درجه سانتی‌گراد نشت الکترولیت افزایش یافت. محتوای نسبی آب برگ در دمای ۰ درجه ٤۱ ٪ بود و پس از کاهش تدریجی دما در تمام سطوح ۵-، ۱۰-، ۱۵- و ۲۰- درجه کم شد. با توجه به تجمع قندها و سایر مواد به منظور افزایش فشار اسمزی این کاهش قابل توجیه می باشد. به طورکلی کاهش مقدار آب در گیاه احتمال تشکیل یخ و خسارات ناشی از آن را کاهش می‌دهد. یکی از اولین رخدادهای مقاوم سازی گیاه در برابر سرما کاهش نسبت آب بافت به وزن خشک می باشد (Munns, 2002). با توجه به نتایج جدول ٤، بیشترین نشت الکترولیت سلول های برگی در دمای ۲۰- درجه و گیاهان تحت تیمار مالچ سبوس و بیشترین محتوای نسبی آب برگ در دمای ۰ درجه و گیاهان تحت تیمار مالچ سوزنی برگ بود. شاخص‌های متعددی برای ارزیابی سریع و مؤثر گیاهان در مواجهه با تنش یخ زدگی بررسی شده است، ازجمله این شاخص‌ها، نشت الکترولیت‌ها بوده که بر اساس خسارت‌های ناشی از یخ زدگی بر غشاء سلول اندازه‌گیری می‌شود (Cardon et al., 1997). Eugenia و همکاران (۲۰۱۳)

نیز با ارزیابی میزان مقاومت گیاه *Trifolium hirtum* به تنش یخ زدگی نشان دادند که با کاهش دما از ٦- به ١٤ - درجه سانتی گراد، میزان نشت الکترولیت ها افزایش یافت. Nezami و همکاران (2007) در بررسی اثر تنش یخ زدگی بر نشت الکترولیت های ده رقم کلزا گزارش کردند که با کاهش دما به کمتر از ٤- درجه سانتی‌گراد درصد نشت الکترولیت ها به‌طور معنی داری افزایش می یابد. کاهش دما بر عدد اسپد و همچنین رنگدانه های فتوسنتزی برگ گیاه فیلا اثر گذار بود. به طوریکه با کم شدن دما از سطح ۰ درجه به ۲۰- درجه مقدار اسپد از ٤١/١٩ به ٣٥/٤٨ و مقدار کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و کلروفیل کل کاهش یافت. مقدار کلروفیل کل در شرایط استفاده از مالچ کود دامی بیشتر از شاهد بود. در تیمار مالچ دامی و سوزنی با افزایش شدت تنش از ۰ به ۲۰- مقدار اسپد، کلروفیل a، کلروفیل b، کارتنوئیدها و کلروفیل کل کاهش مشاهده شد. در توجیه نتایج فوق شاید بتوان گفت در زمان تنش سرما انتقال الکترون به گیرندهٔ اصلی آن ($NADP^+$) مختل گردیده، در نتیجه الکترون به اکسیژن منتقل می‌شود. در این زمان بالا بودن کلروفیل باعث افزایش گونه های اکسیژن فعال (ROS) می‌گردد، که این ترکیبات بسیار واکنش‌گر بوده و برای سلول اثرات سمی دارد و همچنین باعث تخریب کلروپلاست می شود. یکی از راهکارهای مقابلهٔ گیاهان افزایش سنتز کلروفیلاز است که به دنبال آن باعث کاهش در میزان کلروفیل می‌گردد (Adeniyi, 2004). 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 (Bizhani et al., 2013).

تنش یخبندان منجر به افزایش میزان کربوهیدارت کل و محتوای پرولین موجود در برگ فیلا شد. به طوریکه بیشترین مقدار کربوهیدرات و پرولین در تیمارهای ۱۵- و ۲۰- درجه سانتی‌گراد بود. این در حالی است که کاربرد مالچ های آلی نیز بر مقادیر این دو صفت تاثیر گذاشت. گیاهان در مقابله با سرما مکانیسم های دفاعی مختلفی دارند، که یکی از آن ها 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 دیوارهٔ سلو لی جلوگیری می‌کند (Munns, 2002). به طورکلی افزایش محتوای قندهای محلول برگ را می‌توان به عنوان یک شاخص فیزیولوژیک مناسب برای مقاومت به سرما در نظر گرفت (Griffith and Yaish, 2004). با توجه به نتایج، افزایش دمای یخبندان منجر به افزایش پرولین شد. به منظور حفظ یکپارچگی غشاء، پرولین به عنوان یک مادهٔ حفاظت کننده با برهمکنش آنزیم ها از دناتوره شدن پروتئین ها جلوگیری کرده و به دنبال آن از تخریب غشاء جلوگیری می‌کند (Naidu and Thusitha, 2005). Bizhani و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کردند بیشترین میزان قندهای محلول در چمن پوآ و در دمای ۵- درجهٔ سلسیوس مشاهده گردید که نسبت به شاهد (دمای ۲۵ درجه) ٤٢ ٪ افزایش داشت. مطالعه بر روی دو رقم چمن نشان داد در دمای ۵- درجه سلسیوس میزان پرولین نسبت به دمای ۲۵ درجه سلسیوس ۱۲۲ ٪ افزایش داشته است (Bizhani et al., 2013). منطبق با نتایج آزمایش فوق، Farzane و همکاران (۲۰۱۳) گزارش کرد محتوای کربوهیدارت و پرولین در گیاه بادمجان تحت تنش سرما رو به افزایش گذاشت.

نتیجه‌گیری نهایی

به‌طورکلی تنش یخبندان تا دمای ۲۰- منجر به افزایش نشت الکترولیت و تجمع اسید آمینه پرولین و کربوهیدرات در بافت برگی گیاه فیلا شد. ضمن اینکه

با اندازه گیری صفات مورفولوژیکی گیاه پس از گذشت سه هفته از وقوع تنش‌های دمایی و آغاز رشد مجدد گیاه تعداد برگ، سطح برگ و قطر ساقه به صورت تدریجی رو به کاهش گذاشت. در بین مالچ‌های استفاده شده مالچ کود دامی تاثیر بیشتری بر بهبود اثرات ناشی از سرما بر صفات مورفولوژیکی 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.

Refrences

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.

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.

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 Papalom. 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. (1989). "Lawn and Grand Covers". Sunset publishing.

Cardona, C.A., Duncan, R.R. and Lindstorm, 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.

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. (1999). "A Comparison of Landscape Mulches: Chemical, Allelopathic, And Decomposition Properties". Journal of Arboriculture, 2:88-97.

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.

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.

Farzane, M., Ghanbari, M., Eftekharian Jahromi, A. and Javanmardi, Sh. (2013). Effect of foliar application of salicylic acid on the amount of photosynthetic pigments in eggplant. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 32(4):75-83.

Fry, J. D., Lang, N. S. and Clifton, R. G. P. (1991). Freezing resistance and carbohydrate composition of 'Floratam' St. Augustinegrass. Horticulture Science, 26: 1537-1539.

. **Ghasemi Ghahsare, M. and Kafi, M. (2015).** Floriculture. Volume 1. 335p.

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.

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.

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.

Gupta, A.K., Sadasivaiah, B. and Bhat, G.K. (2013). Phyla nodiflora. The IUCN Red List of Threatened Species. Downloaded on 27 October 2018.

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.

Irigoyen, J.J., Einerich, D.W. and Sanchez-Diaz, M. **(1992).** Water stress induced changes in concentrations of proline and total soluble sugars in nodulated alfalfa (*Medicago sativa*) plants. Physiology Plant, 84: 55-60.

Lies Jeffery, K. (1999). "Effect of organic and mineral mulches on soil properties and growth of Fairview Flame® red maple trees". Journal of Arboriculture, 3:163-167.

Mir Mohammadi, A.M. (2005). Physiological and breeding aspects of cold and frost tensions in crops. Gulben Publishing House of Isfahan.

Mirzaii asl, A., Yazdi Samadi, A. and Sadeghian Motahar, Y. (2002). Investigation of cold resistance of wheat to laboratory methods. Journal of Agricultural Science and Techniques, 6(1): 177-186.

Munns, R. (2002). Comparative physiology of salt and water stress. Plant, Cell and Environment 25: 239–250.

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.

Nasiri Mahalati, M., Kuchaki, A., Rezvani Moghadam, P. and Beheshti, V. (2007). Agroecology. (Translation). Mashhad University Press.

Nezami, A., Borzuii, M., Jahani, M. Azizi, M. and Sharif, A. (2007). Electrolyte leakage as an indicator of damage. Freezing in rapeseed. Iranian Journal of Agricultural Research, 5:167-175.

Qasemi Golzani, K. and Lotfi, at. (2014). Cold stress in plants. University of Tabriz Publications

Ramakrishna, A. (2006). Effect of mulch on soil temperature, moisture, weed infestation and yield of groundnut in northern Vietnam. Field Crops Research, 95:115–125.

Rashed Mohassel, M.H., Nezami, Bagheri, A., Haj Mohammadnia, K. and 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.

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. Journal of the American Society for Horticultural Science, 22: 433-437.

Sasaki, H., Ichimura. K., Okada, K. and Oda, M. (1988). Freezing tolerance and soluble sugar contents affected by water stress during cold acclimation and de-acclimation in cabbage seedlings. Scientia Horticulturae,76: 161- 169.

Shaikh, A. El. and Fouda, T. (2008). Effect of different mulching types on soil temperature and cucumber production under Libyan conditions. Misr Journal of Agricultural Engineering, 25(1):160-175.

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.

Snodgrass, E. and Snodgrass, L. (2006). Green Roof Plants: A Resource and Planting Guide, Timber Press, USA, 204 p.

Steward Larry, G; Davis Sydnor, T. and Bishop, B. (2003). "The ease of ignition of 13 landscape mulches". Journal of Arboriculture, 6:317-321.

Tazike, M., Niakan, M. and Ahmadi Gol sefidi, M. (2012). Effect of salicylate pretreatment on growth parameters and photosynthetic pigments of peppermint (*Menta piperita* L.) under different drought levels. Journal of Iranian Plant Ecophysiological Research, 28(7): 59-69.

Warmund R.M., Guinan P., and Fernandez G. 2008. Temperatures and cold damage tosmall fruit crops across the eastern united states associated with the April 2007 freeze. Horticultural Science 43: 1643-1647.

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 andvegetable yield in a rain-fed vegetable cropping system at mid-Yunnan plateau, China. Scientia Horticulturae, 164:333-339.