نشریه پژوهشهای زراعی ایران
جلد ۸، شماره۴، مهر - آبان ۱۳۸۹، ص ۵۹۳-۵۸۷

Iranian Journal of Field Crops Research
Vol. 8, No. 4, Sep. – Oct. 2010, p. 587-593

اثر تنش یخ زدگی بر نشت الکترولیت ها در گیاه رازیانه (*Foeniculum vulgare*)

احمد نظامی[1*]- کلثومه عزیزی[2]- آسیه سیاهمرگویی[3]- علی اصغر محمدآبادی[4]

تاریخ دریافت : ۸۷/۱۰/۱
تاریخ پذیرش: ۸۸/۳/۶

چکیده

به منظور بررسی اثر تنش یخ زدگی بر نشت الکترولیت ها در دو توده بومی رازیانه، آزمایشی در سال زراعی ۱۳۸۳ به صورت فاکتوریل بر پایه طرح کاملا تصادفی با سه تکرار، در دانشکده کشاورزی دانشگاه فردوسی مشهد به اجرا درآمد. تیمارهای مورد بررسی شامل دو توده بومی (خراسان و کرمان)، دو تاریخ کشت (۱۳۸۳/۷/۱۶ و ۱۳۸۳/۸/۷) و ۶ تیمار دمایی (۰، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲- و ۱۵-) بودند. گیاهچه های رشد یافته در مزرعه در مرحله ۶-۴ برگی از زمین خارج شده و پس از انتقال به آزمایشگاه با استفاده از فریزر ترموگرادیان در معرض تیمارهای یخزدگی قرار گرفتند و سپس از طریق میزان نشت الکترولیت‌ها در اندام‌های مختلف گیاهچه (ریشه، طوقه و برگ)، پایداری غشاء سلولی مورد بررسی قرار گرفت. نتایج نشان دادند که با کاهش دمای یخ زدگی، درصد نشت الکترولیت در اندام‌های مختلف، به طور معنی دار تحت تاثیر قرار گرفت. دربین دو توده مورد بررسی دمای ۵۰درصد کشندگی (LT_{50}) بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها در توده کرمان کمتر بود. LT_{50} در تاریخ کاشت دوم در هر دو توده بومی در مقایسه با تاریخ کاشت اول، کمتر بود. همچنین LT_{50} در طوقه در مقایسه با اندام‌های دیگر پایین‌تر بود. با توجه به اهمیت خسارت سرما در گیاه رازیانه انجام مطالعات بیشتر در این زمینه ضروری به نظر می رسد.

واژه های کلیدی: تاریخ کاشت، توده بومی، پایداری غشاء،۵۰درصد کشندگی[5](LT_{50})

مقدمه

رازیانه (*Foeniculum vulgare*)، یکی از مهمترین گیاهان دارویی خانواده چتریان می باشد (۱۴) که اسانس حاصل از بذر آن در صنایع مختلف دارویی، غذایی، آرایشی و بهداشتی مورد استفاده قرار می گیرد (۱). با وجود این و علیرغم گرایش به سمت کشت و مصرف فراورده های طبیعی در دنیا و با توجه به اهمیت دارویی گیاه رازیانه، در مقایسه با سایر گیاهان، مطالعات معدودی بر روی این گیاه انجام شده است به نحوی که در شرایط کنونی هنوز هم از بذور توده های بومی این گیاه برای کشت آن در کشور استفاده می شود.

تاریخ کاشت در تعیین عملکرد گیاهان، نقش کلیدی دارد. انتخاب تاریخ کاشت مناسب به منظور دست یافتن به حداکثر عملکرد به خصوص در گیاهانی که نسبت به دما و نور حساس بوده و طول فصل رشد آنها توسط عوامل محیطی نظیر گرما یا سرما محدود می شود، امری مهم می باشد (۱۷). کاشت گیاهان با فصل رشد طولانی در بهار ضمن افزایش مصرف آب و خسارت ناشی از گرمای فصل تابستان، احتمال خسارت ناشی از سرمای زودرس پاییزه را نیز افزایش خواهد داد. با کشت پاییزه گیاهانی که تحمل مطلوبی نسبت به تنش سرما و یخزدگی دارند، علاوه بر بهبود راندمان مصرف آب و افزایش طول فصل رشد گیاه، خطر کاهش عملکرد ناشی از گرمای تابستان نیز به حداقل خواهد رسید (۱۱). در همین راستا بوریون و همکاران (۹) گزارش کردند که کشت پاییزه نخودفرنگی به دلیل طولانی بودن فصل رشد، بیوماس و عملکرد دانه بیشتری داشت. ایشان اظهار داشتند که به دلیل گلدهی زودتر گیاهان کاشت پاییزه، گیاهان از تنش گرما و کاهش فراهمی آب که معمولا در اواخر بهار رخ می‌دهد، اجتناب خواهند کرد.

با وجود مزایای ذکر شده، نتایج کاشت پاییزه گیاه رازیانه (توده بومی خراسان)، در شرایط مشهد چندان موفقیت آمیز نبوده است (۳) و لذا به نظر می‌رسد که جهت موفقیت کشت پاییزه این محصول هنوز نیاز به تحقیقات بیشتری می‌باشد. انجام مطالعات در شرایط مزرعه هر چند که گیاه را در شرایط واقعی زمستان قرار می‌دهد، ولی به دلیل تنوع مکانی و زمانی در بروز سرما (۱۲) ممکن است منجر به نتایج متفاوتی شود، ضمن اینکه هزینه اینگونه آزمایشات زیاد بوده و نیازمند زمان طولانی نیز می‌باشد (۸). به همین دلیل محققین به دنبال اتخاذ

۱ و ۴- به ترتیب دانشیار و مربی گروه زراعت دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد
(*- نویسنده مسئول Email: nezamiahmad@yahoo.com)
۲- استادیار دانشگاه پیام نور سبزوار
۳- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد گرگان

5- Lethal temperature 50

روش‌ها و انجام آزمون‌هایی هستند که ضمن سهولت، سرعت و اعتبار کافی داشته و قابل تکرار نیز باشند (۴ و ۸) و لذا آزمون یخزدگی در شرایط کنترل شده (۵، ۱۰) و به دنبال آن ارزیابی خسارت از طریق اندازه‌گیری نشت الکترولیت‌ها به عنوان یک روش مناسب مورد توجه محققان قرار گرفته است.

حساسیت یا پایداری گیاه در برابر سرما بسته به نوع گیاه، رقم، مورفولوژی بافت و سایر خصوصیات سلولی و همچنین شرایط وقوع سرما از نظر مدت، زمان، شدت، وضعیت توپوگرافی و ... متفاوت است. ضمن اینکه به نظر می‌رسد اندام‌های مختلف گیاه نیز از نظر تحمل به سرما درجات متفاوتی داشته باشند (۱۰، ۲۳). کاهش آماس سلولی و افزایش نشت الکترولیت‌ها از بافت‌های گیاهی به دنبال بروز تنش یخزدگی، نقش غشاء سلولی را در حفاظت گیاه از خسارت تنش سرما به خوبی نشان داده است و در همین خصوص قوی ترین تئوری مطرح شده در مورد اثر تنش یخ زدگی، تئوری خسارت غشاء سلولی می باشد (۱۵، ۱۸). بر طبق این تئوری سرما باعث تغییر حالت غشاء از فاز مایع به ژل می‌شود که با این تغییر فیزیکی، فعالیت غشاء مختل می گردد (۷ و ۲۰). یوموراو همکاران (۲۱) عنوان کردند که غشای پلاسمایی اولین مکانی است که در معرض تنش یخزدگی دچار خسارت می شود و در طی تطابق گیاه به سرما چه در شرایط طبیعی و یا مصنوعی، تغییرات ساختاری، کارکردی و ترکیبی در آن روی می‌دهد. از این رو محققان اظهار داشته اند که تداوم انسجام غشاء پلاسما، عامل اصلی بقای گیاه در شرایط تنش یخ زدگی است و هر گونه اختلال در ساختار غشاء، سبب بروز خسارت و حتی مرگ آن می شود (۱۹). گاستا و همکاران (۱۲)، تغییر در ساختار غشا، ترکیب اسیدهای چرب، ترکیب کربوهیدراتیها، فعالیت متابولیکی، مقادیر پروتئین، فعالیت آنزیمی، نشت الکترولیت‌های بین سلولی و آمینواسیدها را از جمله صدمات تنش یخزدگی عنوان کردند.

سالک و همکاران (۱۶) گزارش کردند که بین درجه تحمل به سرمای گیاهان یونجه به روش هدایت الکتریکی با درصد بقای زمستانه در مزرعه همبستگی مثبتی وجود داشت. نظامی و همکاران (۵) اثر تیمارهای مختلف خوسرمایی و عدم خوسرمایی را بر نشت الکترولیت ها در ده ژنوتیپ کلزا(*Brassiaca napus* L.) مورد بررسی قرار دادند و دریافتند که اثرات خوسرمایی، ژنوتیپ و دمای یخزدگی بر میزان نشت الکترولیت‌ها و LT_{50} کلیه ارقام مورد بررسی معنی دار بود و کاهش دما سبب افزایش میزان نشت الکترولیت‌ها شد.

کاردونا و همکاران (۱۰) نیز اثر خوسرمایی و عدم خوسرمایی را بر نشت الکترولیت اندام‌های مختلف (ریشه، طوقه و برگ) سه اکوتیپ پاسپالوم (*Paspalum vaginatum* Swartz) مورد بررسی قرار داده و دریافتند که با کاهش دما نشت الکترولیت در اندام‌های مختلف هر سه اکوتیپ، روند افزایشی داشت. میر عشقی و خلیل زاده (۲) نیز با انجام تحقیقی بر روی گندم گزارش کردند که ژنوتیپ‌های متحمل، عموما غشای سیتوپلاسمی پایدارتر و نشت الکترولیت کمتری نسبت به ژنوتیپ‌های حساس داشتند.

این آزمایش با هدف بررسی اثر تنش یخ زدگی در شرایط کنترل شده بر نشت الکترولیت‌ها در دو توده بومی رازیانه (خراسان و کرمان) کشت شده در مزرعه، طراحی و اجرا شد.

مواد و روش‌ها

این آزمایش در سال ۱۳۸۳ در دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد به صورت فاکتوریل و در قالب طرح کاملا تصادفی با سه تکرار به اجرا در آمد. تیمارهای مورد بررسی شامل تنش یخ زدگی در ۶ سطح (۰، ۳-، ۶-، ۹-، ۱۲- و ۱۵- درجه سانتی گراد) و تاریخ‌های کشت در دو سطح (مهر و آبان ماه) بودند که روی دو توده بومی رازیانه (خراسان و کرمان) اعمال گردید.

در این آزمایش مشابه با مطالعات اندرسون و تالیافرو (۶) بر روی برموداگراس (*Cynodon* spp.)، از نمونه های رشد یافته در مزرعه استفاده شد. در روش مذکور بذور در شرایط مزرعه کشت شده و گیاهچه‌ها به طور طبیعی در معرض خوسرمایی قرار گرفته و سپس جهت اعمال تیمارهای یخزدگی در شرایط کنترل مورد مطالعه قرار گرفتند. بذور توده های بومی رازیانه در شانزده مهرماه و هفتم آبان ۱۳۸۳ در مزرعه کشت شدند. در شانزدهم آذرماه و هنگامی‌که گیاهان در مرحله شش برگی (تاریخ کاشت اول) و یا چهاربرگی (تاریخ کاشت دوم) بودند، نمونه های گیاهی توسط بیلچه و از عمق ۱۰تا۱۵ سانتیمتر از خاک مزرعه خارج شده و سپس به منظور اعمال تنش یخزدگی به آزمایشگاه منتقل شدند. در آزمایشگاه خاک‌های همراه ریشه گیاهچه های مربوط به هر تیمار با آب شسته و سپس گیاهچه‌ها به سه قسمت برگ، طوقه و ریشه تفکیک و به طور جداگانه درون لوله های آزمایش قرار داده شدند. در زمان نمونه برداری گیاهان در حالت روزت بودند و لذا نمونه های برگ از انتهای دمبرگ و نمونه‌های ریشه از زیر ناحیه طوقه جدا گردیدند. برای هر تیمار دمایی از ۵ نمونه اندام گیاهی استفاده شد. در مرحله بعد لوله های آزمایش به فریزر ترموگرادیان منتقل شدند. دمای فریزر در شروع آزمایش ۵ درجه سانتیگراد بوده و پس از قرار دادن نمونه ها با سرعت ۲ درجه سانتیگراد در ساعت کاهش یافت. به منظور ایجاد هستک یخ در گیاهچه ها در دمای ۲- درجه سانتی گراد، محلول ایجاد کننده هستک یخ بر روی آنها پاشیده شد (۵). نمونه‌های گیاهی در هر دمای آزمایش به مدت یک ساعت باقی مانده و پس از اعمال دمای یخ زدگی، لوله های آزمایش از فریزر خارج و به محیط آزمایشگاه منتقل شدند. در مرحله بعد درون هر یک از لوله های آزمایش ۵ سی سی آب مقطر اضافه شد به نحوی‌که نمونه های گیاهی در آب غوطه ور شدند. پس از گذشت ۲۴ ساعت، نشت الکترولیت‌ها در هر یک از تیمارها، توسط دستگاه سنجش نشت

الکترولیت[1] اندازه گیری شد (EC_1). همچنین برای اندازه گیری نشت کل الکترولیت‌ها، لوله های آزمایش در حمام بن ماری در دمای ۷۰ درجه سانتی گراد به مدت ۲ ساعت قرار گرفت و سپس به دمای آزمایشگاه منتقل شدند و پس از گذشت ۲۴ ساعت نیز نشت کل الکترولیت‌ها اندازه گیری شد (EC_2). با استفاده از رابطه ۱۰۰ ×(EC_2 /EC_1)، درصد نشت الکترولیت‌های هر تیمار محاسبه گردید (۴). درجه حرارت کشنده برای ۵۰درصد نمونه ها (LT_{50}) بر اساس نشت الکترولیت‌ها و با استفاده از رسم نمودار درصد نشت الکترولیت‌های هر تیمار در برابر دماهای یخزدگی تعیین گردید (۴). تجزیه آماری داده ها با استفاده از نرم افزارهای MINITAB و MSTATC صورت گرفت و برای رسم نمودارها و تعیین LT_{50} از نرم افزارهای EXCEL و SLIDE WRITE استفاده شد. میانگین‌ها نیز با استفاده از آزمون دانکن مقایسه شدند.

نتایج و بحث

در شکل ۱ روند تغییرات حداقل و حداکثر دمای روزانه در پاییز سال ۱۳۸۳ نشان داده شده است. بر اساس شکل ۱، گیاهان رشد یافته در مزرعه در طول دوره رشد خود تا مرحله نمونه‌برداری در معرض دماهای خوسرمایی قرار گرفتند. گاستا و همکاران (۱۲) اظهار کردند هنگام قرار گرفتن گیاهان در معرض دمای کمتر از ۱۰درجه سانتیگراد، در گیاه پدیده خوسرمایی ایجاد می‌شود.

نتایج تجزیه واریانس درصد نشت الکترولیتها با اعمال تیمارهای مختلف در جدول ۱ نشان داده شده است. همانگونه که در شکل ۲ مشاهده می شود درصد نشت الکترولیت‌ها در دوتوده بومی رازیانه اختلاف معنی داری نداشت، اما توده بومی خراسان دارای درصد نشت الکترولیت بیشتری در مقایسه با کرمان بود. در بررسی سایر محققین (۵ و ۲۱) نیز مشاهده شده است که هنگام قرار گرفتن در معرض یخزدگی درصد نشت الکترولیت بسته به ژنوتیپ متفاوت بوده است.

همانگونه که در شکل ۳ مشاهده می شود بیشترین درصد نشت الکترولیت در اندام ریشه به میزان ۷۴/۷ و کمترین آن در اندام برگ و طوقه، به میزان ۶۶/۶ و ۶۹/۵ به دست آمد. همانطور که پیش از این ذکر شد نمونه های گیاهی از گیاهان رشد یافته در مزرعه انتخاب شده بودند، در این حالت به نظر می رسد که خاک به عنوان نوعی عایق دمایی از اثرات دمای القایی جهت خوسرمایی بر ریشه ممانعت کرده است، در حالیکه اندام‌های هوایی در معرض این گونه دماها قرار داشته و از اینرو فرآیندهای خوسرمایی بیشتری در این اندام‌ها در برابر تنش سرما القا شده است. کاردونا و همکاران (۱۰) نیز اثر خوسرمایی و عدم خوسرمایی را بر نشت الکترولیت اندام‌های مختلف (ریشه، طوقه و برگ) سه اکوتیپ پاسپالوم (*Paspalum vaginatum* Swartz) مورد بررسی قرار داده و دریافتند که با کاهش دما نشت الکترولیت در اندم‌های مختلف هر سه اکوتیپ، روند افزایشی داشت و در ریشه به بیشترین میزان خود رسید.

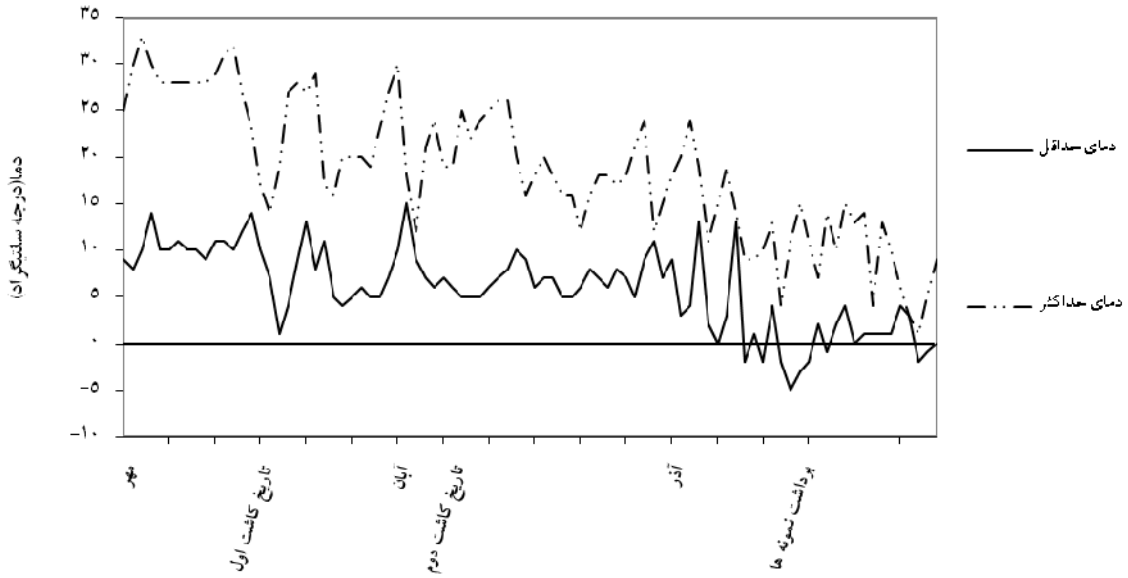
جدول۱- تجزیه واریانس درصد نشت الکترولیت در تیمارهای مختلف

منابع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
توده بومی	۱	۰/۹۳^{ns}
تاریخ کاشت	۱	۱۰۳/۱۴^{ns}
اندام	۲	۱۲۳۰/۹۸**
دمای یخ زدگی	۵	۸۶۶۰/۰۷**
توده بومی× تاریخ کاشت	۱	۳۱۳/۶۴^{ns}
توده بومی× دما	۵	۱۹۶/۶۴^{ns}
تاریخ کاشت× دما	۵	۷۵۸/۹۹*
توده بومی× اندام	۲	۲۲۴/۵۵^{ns}
تاریخ کاشت× اندام	۲	۵۱۴/۱۹^{ns}
دما× اندام	۱۰	۶۱۸/۷۸*
توده بومی× تاریخ کاشت×دما	۵	۳۲۲/۰۹^{ns}
توده بومی× تاریخ کاشت×اندام	۲	۹۴۱/۳۲*
توده بومی× دما× اندام	۱۰	۱۸۳/۸۲^{ns}
تاریخ کاشت× دما× اندام	۱۰	۱۸۳/۶۹^{ns}
توده بومی×تاریخ کاشت×دما×اندام	۱۰	۴۸۵/۷۳^{ns}
خطا	۱۴۴	۲۶۸/۳۱

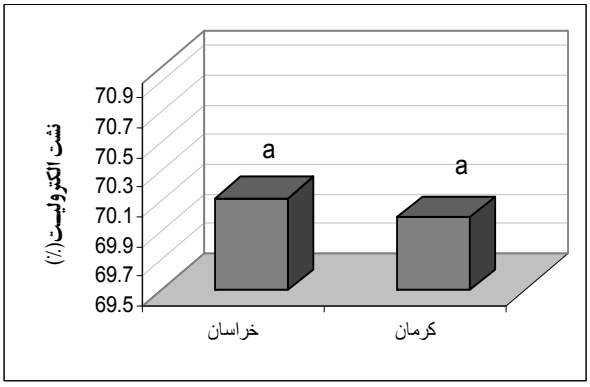
در بررسی منحنی برازش شده، نشت الکترولیت ها از اندام‌های مختلف دو توده بومی رازیانه در تاریخ های مختلف کاشت، مشاهده می شود که در برگ توده خراسان، در محدوده دمایی مورد آزمایش درصد نشت الکترولیت ها در تاریخ کاشت اول، بیشتر از تاریخ کاشت دوم بود. اگرچه در توده کرمان در ابتدا روندی متفاوت با توده خراسان مشاهده شد اما با کاهش دما تا ۱۵- درجه سانتیگراد، درصد نشت الکترولیت در تاریخ کاشت اول نسبت به تاریخ کاشت دوم افزایش یافت. تغییرات درصد نشت الکترولیت در اندام برگ توده کرمان در تاریخ کاشت دوم نسبت به تاریخ کاشت اول توده کرمان کمتر بود. در هر دو توده بومی، با کاهش دمای یخزدگی درصد نشت الکترولیتها از طوقه افزایش یافت. با وجود این در تمامی تیمارهای دمایی، درصد نشت الکترولیتهای طوقه در تاریخ کاشت دوم کمتر از تاریخ کاشت اول بود. نتایج نشان داد که میزان نشت الکترولیتها در ریشه دو توده بومی خراسان و کرمان تفاوت چندانی نداشت (شکل ۴).

با وجود آنکه گیاهان کاشت اول، مدت زمان بیشتری در معرض شرایط خوسرمایی نسبت به کاشت دوم قرار گرفته اند ولی درصد نشت و خسارت در گیاهان این کاشت بیشتر از کاشت دوم بود.

1- EC-meter



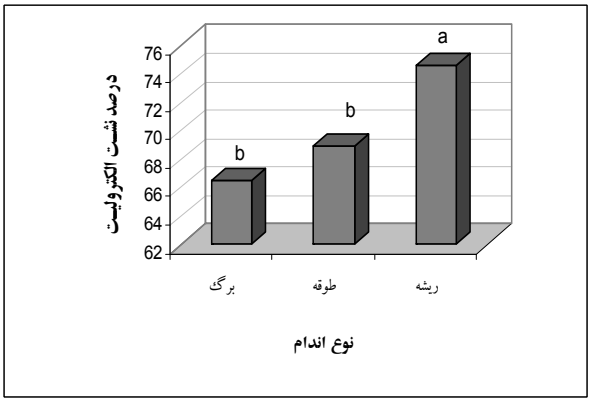
شکل۱- تغییرات دمای روزانه در پاییز سال ۱۳۸۳



شکل۲- درصد نشت الکترولیت‌ها در دوتوده رازیانه تحت تاثیر تیمار یخ‌زدگی

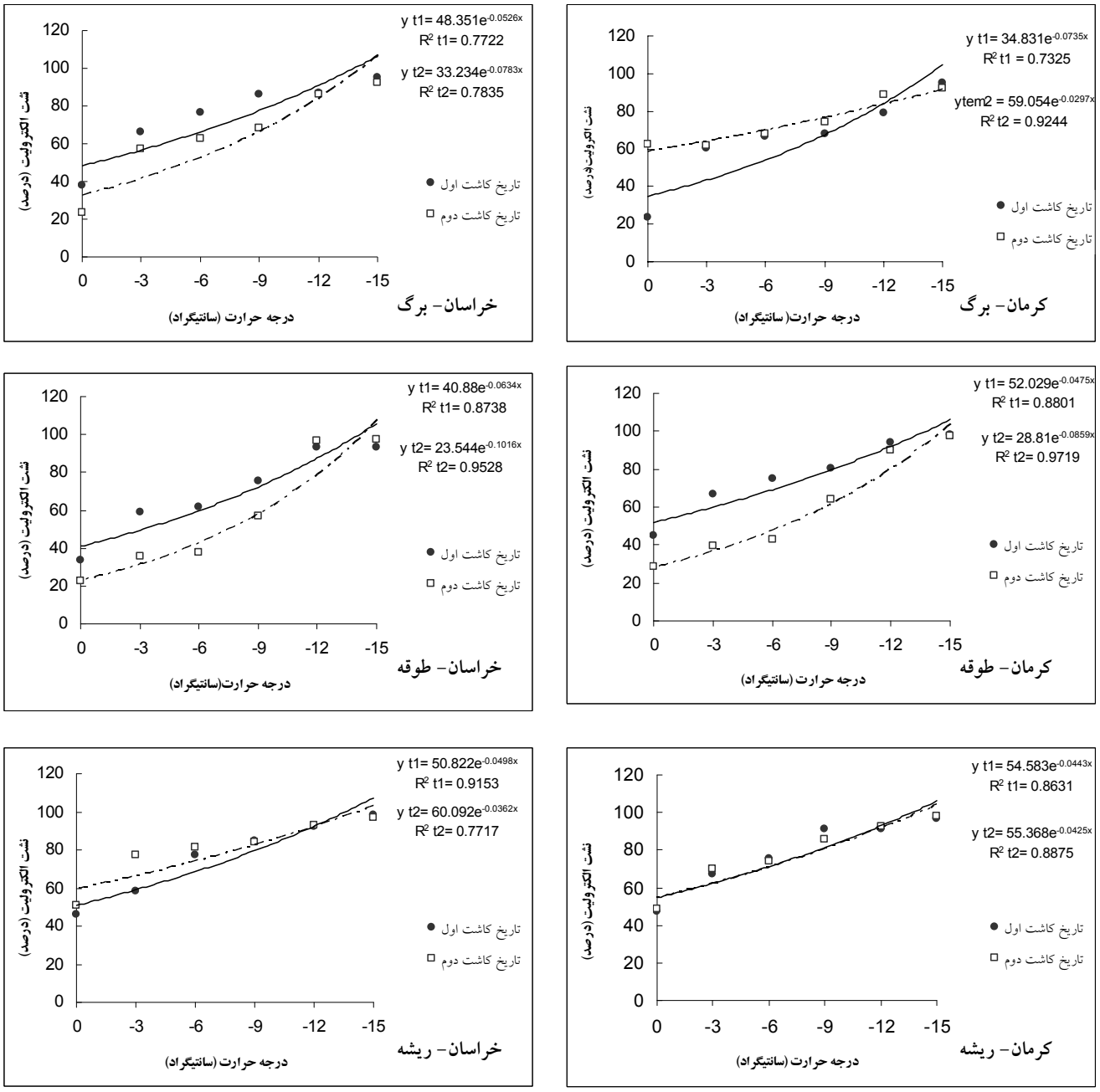
بنظر می رسد افزایش رشد گیاه و پیشرفت به سمت مراحل رویشی بالاتر، باعث کاهش تحمل به سرما در گیاهان این تیمار شده است. در بررسی سایر محققان نیز مشاهده شده است که گیاهان در مراحل رشدی پیشرفته نسبت به مراحل اولیه به سرما حساسیت بیشتر و تلفات مزرعه ای بیشتری داشته اند (۴). شواهد دیگر نیز بیانگر این است که طول دوره خوسرمایی بر تحمل به سرمای گیاهان موثر است (۱۲).

یوموراو یوشیدا (۲۲) در بررسی تنش یخ زدگی آنی در گیاه *Helianthus tuberosus* L. مشاهده کردند که با افزایش دمای یخ زدگی، درصد نشت الکترولیت نیز به صورت سیگموئیدی افزایش یافت. وانر و جونتیلا (۲۳) دریافتند که تحمل به یخ زدگی در اندام‌های مختلف گیاه و حتی بافت‌های مختلف یک اندام نیز متفاوت بود.



شکل ۳- درصد نشت الکترولیت در اندام‌های مختلف رازیانه

ایشان اظهار داشتند که رگبرگ‌های اصلی و دمبرگ ها نسبت به سایر بافت‌های برگ به تنش یخ زدگی حساستر بودند و اغلب بعد از تیمار یخ زدگی مجددا قادر به ایجاد آماس سلولی نبوده و زرد یا قهوه ای شدند. ریشه ها و کوتیلدون‌ها نیز تحمل کمتری به یخ زدگی داشتند و بعد از قرار گرفتن در دمای مناسب، قادر به جبران اثر تنش یخ زدگی نبودند. گای و همکاران (۱۳) نیز گزارش کردند که حساسیت به یخ زدگی کوتیلدون‌های آرابیدوبسیس (*Arobidopsis sp.*) نسبت به کوتیلدون‌های گیاه اسفناج بیشتر بود. کوتیلدون‌های اسفناج قابلیت سازگاری به سرما و بهبود تحمل به تنش یخ زدگی را داشتند.



شکل ٤- منحنی های برازش شده درصد نشت الکترولیت ها در اندام‌های مختلف دوتوده رازیانه در تاریخ‌های مختلف کاشت

* خطهای پیوسته نمایانگر تاریخ کاشت اول و خطهای منقطع نمایانگر تاریخ کاشت دوم می باشد

نتایج تجزیه واریانس LT_{50} بر اساس درصد نشت الکترولیت‌ها در گیاه رازیانه در جدول ۲ نشان داده شده است. بر این اساس اثر متقابل توده بومی و تاریخ کاشت بر میزانLT_{50} در گیاهان رازیانه، معنـی دار ($P<۰/۰۵$) بود. در هر دو توده بـومی LT_{50} بـرگ و طوقـه در تـاریخ کاشت دوم در مقایسه با تاریخ کاشت اول، پـایین‌تـر بـود (جـدول ۳). همچنین واکنش انـدام‌هـای مختلـف بـه تیمارهـای مختلـف دمـای یخ‌زدگی نیز تحت تاثیر تاریخ کاشت و توده بومی قرار گرفت. به طـور کلی LT_{50} طوقه در توده خراسان در تاریخ کاشت‌های اول و دوم بـه ترتیب ۵/۳- و ۹/۱- درجه سانتیگراد بود. از سوی دیگر میزان تحمل به یخ زدگی بر اساس LT_{50} در دو اندام دیگر ایـن تـوده و در شـرایط کاشت دوم کمتر از طوقه بود، به نحوی‌که میزان آن در برگ و ریشـه به ترتیب ۴/۷- و ۳/۳- درجه سانتیگراد بود. در توده کرمـان نیـز در

تاریخ کاشت اول و دوم، LT_{50} هر سه اندام اختلاف معنی داری داشت و میزان تحمل به یخ زدگی بر اساس LT_{50} در طوقه بیشتر از دو اندام دیگر بود، با وجود اینLT_{50} ریشه در کاشت اول کمتر از آن نسبت به کاشت دوم بود.

با وجود حصول این نتایج نکته قابل ذکر این است که در گیاه رازیانه رشد مجدد گیاه پس از زمستان از ناحیه طوقه آغاز می شود و طوقه و میزان مقاومت آن به تنش سرما نقش بسزایی در بقائ گیاه دارد. بنابراین به نظر می رسد که استفاده از درصد نشت الکترولیت ها از طوقه به عنوان شاخصی از تحمل این گیاه به یخ زدگی اعتبار بیشتری داشته باشد. کاردونا و همکاران (۱۰) نیز به نتایج مشابهی بر روی پاسپالوم دست یافتند. در مورد غلات زمستانه ای نظیر گندم (۱۲) نیز محققان از طوقه جهت ارزیابی تحمل به یخ زدگی استفاده نمودند.

جدول۲- تجزیه واریانس LT_{50} در تیمارهای مختلف

منبع تغییر	درجه آزادی	میانگین مربعات
توده بومی	۱	۳/۴۰**
تاریخ کاشت	۱	۲۷/۴۵**
اندام	۲	۲۰/۹۷**
توده بومی× اندام	۲	۴/۷۳**
تاریخ کاشت×اندام	۲	۱۷/۰۸**
توده بومی×تاریخ کاشت	۱	۵/۶۷**
توده بومی×تاریخ کاشت×اندام	۲	۱/۴۴**
خطا	۲۴	۰/۰۷

جدول ۳- مقایسه اثر متقابل توده‌های بومی و تاریخ کاشت بر LT_{50}اندام‌های مختلف گیاه رازیانه

توده بومی	تاریخ کاشت	برگ	طوقه	ریشه
خراسان	مهرماه	-۳/۴ a	-۵/۳de	-۵/۴e
	آبان ماه	-۴/۷ bc	-۹/۱g	-۳/۳ a
کرمان	مهرماه	-۴/۴ b	-۴/۹cd	-۴/۴ b
	آبان ماه	-۷/۷ f	-۸/۷g	-۴/۸bc

از آنجایی‌که در زمان نمونه برداری گیاهان در مزرعه و انتقال آنها به آزمایشگاه، گیاهان کاشته شده در مهرماه در مرحله ۶ برگی و گیاهان کاشته شده در آبان ماه در مرحله ۴ برگی بودند، به نظر می رسد رشد بیشترگیاهان در تاریخ کاشت مهر ماه در پایین تر بودن LT_{50}و حساسیت بیشتر این گیاهان به تنش یخ زدگی موثر باشد. وانر و جونتیلا (۲۳) نیز اظهار داشتند که برگ‌های جوان و نقاط مریستمی برگ‌های جوان نسبت به برگ‌های مسن‌تر نسبت به دماهای پایین‌تر متحملتر بودند. در گیاهانی نظیر نخود نیز در شرایط مزرعه مشاهده شده است که گیاهانی که در زمان وقوع سرما در مراحل پیشرفته رشد رویشی بوده اند، تحمل به سرمای کمتری نسبت به گیاهانی داشته اند که در مراحل ابتدایی تر رشد رویشی بوده اند (۴). بر این اساس و با توجه به اینکه اندازه بوته در تحمل گیاه به تنش یخ زدگی موثر است، لذا تاریخ کاشت و به تبع آن اندازه بوته در زمان شروع سرما یکی از عوامل کنترل کننده میزان خسارت یخ زدگی می باشد و بنایر این به نظر می رسد که می توان با تغییر تاریخ کاشت از خسارت تنش سرما به میزان قابل توجهی جلوگیری کرد. در این خصوص تداوم انجام آزمایشات در شرایط مزرعه و کنترل شده و بررسی نتایج آزمایش در این دو شرایط مفید خواهد بود.

منابع

۱- درزی، م. ت. و م. ر. حاج سید هادی. ۱۳۸۱. بررسی مسائل زراعی و اکولوژیکی دو گیاه بابونه و رازیانه، مجله زیتون. ۱۵۲: ۴۹-۴۳.

۲- میرعشقی، ا. و غ. ر. خلیل زاده. ۱۳۸۱. ارزیابی برخی از صفات فیزیولوژیک مرتبط با مقاومت به سرما در ۲۲ ژنوتیپ گندم نان. چکیده مقالات سومین همایش کاهش ضایعات ناشی از سرما و یخ زدگی گیاهان زراعی و باغی کشور. معاونت زراعت سازمان حفظ نباتات.

۳- راشدمحصل، م. و ا. نظامی. ۱۳۷۷. بررسی اثر تاریخ کاشت و تراکم بوته بر رشد و عملکرد محصول رازیانه در شرایط آب و هوایی مشهد. گزارش نهایی طرح تحقیقاتی، معاونت پژوهشی دانشگاه فردوسی مشهد.

۴- نظامی، ا. ارزیابی تحمل به سرما در نخود (*Cicer arietinum*) بمنظور کشت پاییزه آن در مناطق مرتفع. ۱۳۸۱. پایان نامه دکتری زراعت گرایش فیزیولوژی گیاهان زراعی. دانشگاه فردوسی مشهد.

۵- نظامی، ا.، ا. برزویی، م. جهانی کندری، م. عزیزی و ع. شریف. ۱۳۸۶ . نشت الکترولیتها به عنوان شاخصی از خسارت یخ زدگی در کلزا. پژوهشهای زراعی ایران. ۵(۱):۱۷۵-۱۶۷.

6- Anderson, J. A., and C. M. Taliaferro. 1995. Laboratory freeze tolerance of field-grown forage Bermudagrass cultivars. Agronomy Journal, 87: 1017-1020.

7- Baek, K.H. and D.Z. Skinner. 2003. Alteration of antioxidant enzyme gene expressionduring cold acclimation

of near-isogenic wheat lines. Plant Science, 165:1221-1227.
8- Blum, A. 1988. Plant Breeding for Environmental Stress. CRC press.
9- Bourion V., I. Lejeune-He´naut, N. Munier-Jolain and C. Salon. 2003. Cold acclimation of winter and spring peas: carbon partitioning as affected by light intensity. Europian Journal of Agronomy, 19:535-548.
10- Cardona, C. A., R. R. Duncan and O. Lindstrom. 1997. Low temperature tolerance assessment in Paspalum. Crop Science, 37: 1283-1291.
11- Cook, C. G., A.W. Scott Jr, and P. Chow. 1998. Planting date and cultivar effects on growth and stalk yield of sun hemp. Industrial Crops and Products, 8: 89–95.
12- Gusta, L. V., D. B. Fowler and N. J. Tyler. 1982. Factors influencing hardening and survival in winter wheat. In: Plant cold hardiness and freezing stress mechanisms and crop implications, Vol. 2, Li P.H. & Sakai A. (Eds.). Academic Press, New York, 23-40.
13- Guy, C.L., R.L. Hummel, and D. Haskell. 1987. Induction of freezing tolerance in spinach during cold acclimation. Plant Physiology, 84:868-871.
14- Hornak, L. 1992. Cultivation and Processing of Medicinal Plants. Academia Kiado. Budapest.
15- Mckersie, B.D. and Y.Y. Leshem. 1994. Stress and Stress Coping in Cultivated Plants. Kluwer Academic Publishers, The Netherlands.
16- Salk, R.M., K.A. Albrecht and S. H. Duke. 1991. Leakage of intracellular substances as an indicator of freezing injury in alfalfa. Crop science, 31:430-435.
17- Singh, V.K. and R.S. Dixit. 1992. Effect of moisture regime and sowing date on chickpea (*Cicer arietinum*). Indian Journal of Agronomy, 37:739-43.
18- Steponkus, P.L. 1984. The role of the plasma membrane in freezing injury and old acclimation. Annual Review of Plant Physiology, 35: 543-584.
19- Steponkus, P.L., M. Uemura and M.S. Webb. 1993. Redesigning crop for increased tolerance to freezing stress. In: interacting stresses on plants in a changing climate M.B. Jackson and C.R. Black (Eds.). Springer-Verley, Berlin.
20- Thomashow, M.F. 1998. Role of cold-responsive genes in plant freezing tolerance. Plant Physiology, 118: 1-8.
21- Uemura, M., Y. Tominaga, C. Nakagawara, S. Shigematsu, A. Minami and Y. Kawamura. 2006. Responses of plasma membrane to low temperature. Physiologia Plantarum, 126:81-89.
22- Umura, M. and S. Yoshida. 1986. Studies on freezing injury in plant cells. Plant Physiology, 80: 187-195.
23- Waner, L.A., and O. Junttila. 1999. Cold-induced freezing tolerance in Arobidopsis. Plant Physiology, 120:391-399.