مجله الکترونیک تولید گیاهان زراعی
جلد سوم، شماره اول، بهار ۸۹
۳۹-۵۶
www.ejcp.info

بررسی نقش برخی محافظت کننده‌های سرمایی در القای تحمل تنش دمای پایین به گیاهچه‌های برنج (*Oryza sativa* L.)

***پیمان حسیبی[۱]، مجید نبی‌پور[۲] و فواد مرادی[۳]**

[۱]استادیار گروه زراعت و اصلاح نباتات و دانشجوی سابق دکتری، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۲]دانشیار گروه زراعت و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز، [۳]استادیار موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی، بخش فیزیولوژی مولکولی، کرج

چکیده

به منظور مطالعه برخی محافظت کننده های سرمایی در ژنوتیپ های متحمل به سرما (IRCTN33 و IRCTN34) و ژنوتیپ حساس به سرمای هویزه که از آزمایش قبلی انتخاب شده بودند، گیاهچه های چهارده روزه برنج در فیتوترون به مدت چهارده روز در معرض دمای ^{oC} ۱۵/۱۳ (به ترتیب شب-روز) به عنوان تیمار تنش و ^{oC} ۲۹/۲۲ (شب-روز) به عنوان تیمار شاهد قرار گرفتند. آزمایش در قالب فاکتوریل بر پایه طرح کاملاً تصادفی در چهار تکرار در سال ۱۳۸۵ انجام شد. بیشترین و کمترین مقدار هدایت روزنه ای به ترتیب در ژنوتیپ IRCTN33 و رقم حساس به سرمای هویزه بود. کل قندهای محلول برگ در شرایط تنش به‌طور معنی دار بیشتر از تیمار شاهد بود و بیشترین مقدار آن در شرایط تنش در ژنوتیپ هویزه اندازه گیری شد، ولی تجمع قندهای محلول نتوانست باعث القای تحمل نسبت به دمای پایین در این ژنوتیپ حساس به سرما شود. در صورتیکه کل قندهای محلول ریشه در شرایط شاهد بطور معنی دار بیشتر از تیمار تنش بود و کمترین مقدار آن در ژنوتیپ متحمل به سرمای IRCTN33 دیده شد. نشاسته برگ در شرایط شاهد بیشتر از تیمار تنش بود و بیشترین مقدار آن در برگ رقم حساس هویزه دیده شد. مقادیر ساکارز و فروکتوز در شرایط تنش بیشتر از شرایط شاهد بود. فسفات معدنی ریشه در شرایط شاهد به‌طور معنی‌دار از شرایط

*- مسئول مکاتبه: paymanhassibi@gmail.com

Archive of SID
www.SID.ir

تنش بیشتر بود. پتانسیل اسمزی برگ در شرایط شاهد بیشتر (مثبت‌تر) از شرایط تنش بود و کمترین مقدار (منفی‌ترین) آن طی شرایط تنش در ژنوتیپ هویزه دیده شد. هدایت روزنه‌ای با پتانسیل کل آب برگ و پتانسیل اسمزی برگ همبستگی معنی‌داری نشان داد. افزایش ساکارز، گلوکز و فروکتوز برگ باعث کاهش هدایت روزنه‌ای شد در صورتی که با افزایش قندهای محلول ریشه، هدایت روزنه‌ای افزایش یافت. تنش سرما باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی و ایجاد بی نظمی‌هایی در روابط مبداء و مقصد گردید و تجمع قندهای محلول در برگ ژنوتیپ حساس به سرمای هویزه نتوانست باعث القای تحمل نسبت به تنش دمای پایین گردد.

واژه‌های کلیدی: برنج، پرولین، تنش سرما، فسفات معدنی، قندها.

مقدمه

بررسی آمار چهل ساله هوا شناسی شمال کشور نشان می‌دهد که شالیزارهای این ناحیه همواره در خطر بروز تنش سرما بوده و حتی در پاره‌ای سال‌ها دمای هوا به پایین‌تر از نقطه بحرانی تحمل برنج می‌رسد. تنش سرما همواره یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاه برنج در شالیزارهای کشور بوده و سالانه موجب بروز خسارت به زراعت برنج خصوصاً در خزانه و مراحل ابتدای رشد می‌شود (حسیبی و همکاران، ۲۰۰۷). از طرفی در استان‌هایی مانند خوزستان با متوسط سطح کشت برنج سالیانه بیش از پنجاه هزار هکتار که این استان را در رده پنجمین استان تولید کننده برنج کشور قرار داده، و مناطق جنوبی استان کهگیلویه و بویر احمد که دمای هوا در اواخر فصل زمستان چندان پایین نبوده و هوای بهار نیز مناسب برای زراعت برنج است، وجود ارقام متحمل به تنش سرما در مرحله‌ی گیاهچه‌ای امکان دو بار کشت در سال را فراهم می‌آورد؛ زیرا در قسمت‌های وسیعی از این استان‌ها علاوه بر اینکه زمین کشاورزی عامل محدود کننده زراعت برنج نیست وجود آب فراوان و با کیفیت مطلوب در اواخر زمستان نسبت به تاریخ کاشت مرسوم (از خرداد تا مرداد) موجب کاهش خسارت در شالیزارهای این مناطق می‌شود. این کار نه تنها از تنش‌های جاری میان کشاورزان خواهد کاست، بلکه سبب افزایش تولید برنج در کشور شده و بر درآمد سرانه شالیکاران خواهد افزود (حسیبی، ۲۰۰۷). فارل و همکاران (۲۰۰۱) در آزمایشی بر روی گیاهچه های برنج یک تفاوت ۵ برابری در میانگین بیوماس گیاهچه بین تیمارهای دمای کم و زیاد مشاهده کردند. دمای پایین می تواند مراحل نموی و

Archive of SID

www.SID.ir

فتوسنتز گیاه برنج را تحت تاثیر قرار دهد، با کاهش میزان کربوهیدرات‌ها؛ رشد آن کاهش و در نتیجه به‌طور غیر مستقیم باعث کاهش عملکرد می‌شود (سمیلی، ۱۹۸۸). کنترل روزنه‌ای اتلاف آب به‌عنوان یک رویداد اولیه در واکنش گیاهان به کمبود آب تحت شرایط مزرعه شناخته شده که منجر به محدودیت جذب کربن بوسیله برگ‌ها می‌شود (کورنیک و ماساکی، ۱۹۹٦؛ چاوز، ۱۹۹۱). تجمع مواد محلول مانند آمینواسیدها ، اسیدهای آلی، یون‌ها و قندهای محلول در ارتباط با تنظیم اسمزی فعال طی تنش‌های محیطی مانند خشکی و دمای پایین می‌باشد (گیچارد و همکاران، ۱۹۹۷). در میان قندهای محلول آزاد، فروکتوز به مقدار بیشتری از گلوکز و ساکارز در زمان مواجه شدن گیاهان با شرایط نامساعد محیطی تجمع می‌یابد (کوئیک و همکاران، ۱۹۸۹؛ وانگ و همکاران، ۱۹۹٦). نتایج تحقیقات نشان داده که محافظت کننده‌های اسمزی به‌طور معنی‌داری تحمل نسبت به تنش دمای پایین را در گیاه برنج افزایش داده و می‌توانند رشد ریشه و توسعه اندام‌های هوایی را تا ۵۰٪ در شرایط تنش دمای پایین (۱٦/۱۰ درجه سانتی‌گراد به‌ترتیب شب – روز) افزایش دهند (نایدو و همکاران، ۲۰۰۵). ساکارز یک ترکیب ضروری است که می‌تواند گیاه را قادر به مقابله با تنش‌های محیطی نظیرتنش دمای پایین (گای،۱۹۹۰)، تنش آبی (راموس و همکاران، ۱۹۹۹) و تنش شوری (بالیبرا و همکاران، ۱۹۹۷) نماید. همچنین ساکارز می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم کننده ذخیره کربو هیدرات‌ها، سوبسترایی برای زیست ساخت برخی مواد و نیز یک ذخیره موقتی به‌صورت بافر در برگ‌های گیاهان باشد (کریس و همکاران، ۱۹۹۹؛ لی و همکاران، ۲۰۰۵). تغییرات غلظت کربوهیدرات‌ها در القای مکانیزم‌های تحمل در برابر تنش‌های آبی بسیار مهم است، زیرا این ترکیبات به‌طور مستقیم با واکنش‌های فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی و تنفس در ارتباط هستند (مک کرایز و لشم، ۱۹۹٤). ساکارز می‌تواند به‌عنوان جانشینی برای آب عمل کرده و باعث شود تا فسفولیپید های غشاء در فاز کریستال–مایع حفظ شده و از تغییرات ساختمانی آن جلوگیری گردد. نقش قندهای احیاء شده مانند گلوکز و فروکتوز در این گونه مکانیزم‌ها هنوز مورد بحث است، و حتی تجمع آنها می‌تواند از چند جنبه زیان‌آور نیز باشد (کوستر و لئوپولد، ۱۹۸۸). دو دانشمند به نام‌های استپانکوس و لانفرا (۱۹٦۷) گزارش دادند که نقش قندها در ایجاد تحمل نسبت به دماهای پایین می‌تواند بیشتر از سایر محافظت کننده‌های سرمایی[1] باشد.

1- Cryoprotectives

Archive of SID

www.SID.ir

وضعیت Pi[1] برگ در تعیین واکنش آسیمیلاسیون کربن فتوسنتزی نسبت به دما بسیار مهم است. وقتی که برگ‌ها در معرض دماهای زیر دمای بهینه قرار گیرند، فتوسنتز کاهش می‌یابد (شارکی و همکاران، ۱۹۸٦؛ لابیت و لیگود، ۱۹۸۸). یکی از دلایل این کاهش، محدودیت فسفات فتوسنتزی می‌باشد (لیگود و فوربانک، ۱۹۸٦؛ لابیت و لیگود، ۱۹۸۸). در دماهای پایین‌تر از دمای بهینه افزایش سطح استرهای فسفاته و کاهش سطح Pi گزارش شده، بنابراین تنش سرما شرایطی را به وجود می‌آورد که فتوسنتز به‌طور موقتی در اثر فراهم نبودن Pi محدود شود (شارکی و همکاران، ۱۹۸٦). این آزمایش با هدف تعیین نقش برخی محافظت کننده های سرمایی طی تنش دمای پایین در گیاهچه‌های ژنوتیپ‌های برنج انتخاب شده از آزمایش قبلی (حسیبی و همکاران، ۲۰۰۷) اجراء شد.

مواد و روش‌ها

آزمایش به صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار در گلخانه و فیتوترون موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی- کرج (ABRII)[2] در سال ۱۳۸۵ انجام شد. فاکتور اول دما (شاهد و تنش سرما) و فاکتوردوم ژنوتیپ (شامل IRCTN33، IRCTN34 و هویزه) بود. دو ژنوتیپ برنج متحمل به سرما به نام‌های IRCTN33 و IRCTN34 از سری خزانه بین‌المللی ژنوتیپ های برنج متحمل به تنش سرما (IRCTN)[3] سال ۲۰۰۵ ارسالی از موسسه بین‌المللی تحقیقات برنج (IRRI)[4] که طی بررسی‌های مقدماتی برتر از سایر ژنوتیپ ها شناخته شده‌اند (حسیبی و همکاران، ۲۰۰۷) به همراه برنج هویزه حساس به سرما (منتخب از همان بررسی)، مورد مطالعه قرار گرفتند. بذور ژنوتیپ‌ها ابتدا به‌مدت ۲٤ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و سپس به‌مدت ٤۸ ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتی‌گراد، چرخه نوری ۱۲ ساعت روشنایی/تاریکی با شدت ۷۵ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه و رطوبت نسبی ۷۵ درصد در ژرمیناتور جوانه‌دار شدند. کاشت بذور بر اساس روش گریگوریو و همکاران (۱۹۹۷) انجام شد، به‌طوری‌که بذور جوانه‌دار به‌مدت سه روز در ظروف ۱۸ لیتری حاوی آب مقطر کاشته، و پس از این مدت آب مقطر با محلول یوشیدا (یوشیدا، ۱۹۸۱) جایگزین شد. سپس ظروف به فیتوترون با دمای ۲۹/۲۲ (شب/ روز) با

1- Inorganic phosphate
2- Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran
3- International Rice Cold Tolerance Nursery
4- International Rice Research Institute

Archive of SID

www.SID.ir

رطوبت نسبی۵±۷۰ درصد و طول روز ۱۲ ساعت شب/روز، با شدت تشعشع ۵۰±۴۰۰ میکرو مول فوتون بر متر مربع بر ثانیه، منتقل شدند. در تیمار شاهد، کلیه بوته‌ها به‌مدت ۲۸ روز در این شرایط نگهداری شدند، در حالی‌که در تیمار تنش سرما، پس از ١٤ روز، دمای فیتوترون به مدت دو هفته تا ۱۵/۱۳درجه سانتی‌گراد (شب/روز) کاهش داده شد. پس از ۲۸ روز نمونه‌برداری از آخرین برگ توسعه یافته (برگی که زبانک آن مشخص شده بود) و ریشه‌ها انجام گرفت. برگ‌ها و ریشه‌ها پس از برداشت بلافاصله توسط نیتروژن مایع منجمد و به فریزر ۸۰- درجه سانتی‌گراد منتقل گردیدند. همچنین جهت تعیین وزن خشک کل اندام هوایی و ریشه، مقداری از نمونه‌ها (هشت بوته از هر تکرار) به آون با دمای ۷۰+ درجه سانتی‌گراد به‌مدت ۷۲ ساعت انتقال داده شدند. در این آزمایش پس از گذشت ۲۸ روز از کاشت، میزان وزن خشک اندام هوایی، وزن خشک ریشه، هدایت روزنه‌ای با استفاده از دستگاه پرومتر (مدل ELE – انگلستان)، پتانسیل کل آب برگ با استفاده از دستگاه بمب فشار[1] (این سنجش در ساعات قبل از طلوع آفتاب انجام گردید)، پتانسیل اسمزی برگ با استفاده از دستگاه اسمومتر (وسکور– آمریکا) میزان کل قندهای محلول و نشاسته برگ و ریشه با روش فنل و اسیدسولفوریک و قرائت در طول موج ٤٨٥ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر مدل Varian ساخت کشور استرالیا (روش تغییر داده شده اشلیگل، ١٩٨٦)، تفکیک قندهای ساکارز و فروکتوز در برگ و ریشه با استفاده از دستگاه HPLC (Knuer, Germany) با ستون EURO Kat H در دمای ستون ۲۵ درجه سانتی‌گراد و فاز متحرک آب میلی کیو با واکنش شیمیایی ۲ با جریان ۰/۷ میلی‌لیتر بر دقیقه و دتکتور RI، میزان نشاسته برگ و ریشه با روش فنل و اسیدسولفوریک و قرائت در طول موج ٤٨٥ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر، میزان پرولین برگ و ریشه (بیتس و همکاران، ۱۹۷۳) و قرائت در طول موج ۵۲۰ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر و فسفات معدنی برگ و ریشه به روش تغییر داده شده مینوچا و همکاران (١٩٩٤) و قرائت در طول موج ٤٧٠ نانومتر بوسیله اسپکتروفتومتر هم در شرایط تنش و هم در شرایط شاهد در مرحله گیاهچه‌ای برنج اندازه‌گیری شدند. برای تجزیه آماری و مقایسه میانگین‌ها از نرم‌افزار MSTATC و برای تعیین همبستگی صفات از نرم‌افزار SPSS استفاده گردید.

1- Pressure bomb

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۱- میانگین مربعات مولفه های ماده خشک اندام هوایی، هدایت روزنه‌ای، کل قندهای محلول برگ، نشاسته برگ، ساکارز برگ، فروکتوز برگ، فسفات معدنی برگ، پتانسیل کل آب برگ و پتانسیل اسمزی برگ.

منابع تغییرات	درجه آزادی	پرولین برگ	پتانسیل اسمزی برگ	پتانسیل کل آب برگ	فسفات معدنی برگ	فروکتوز برگ	ساکارز برگ	نشاسته برگ	کل قندهای محلول برگ	هدایت روزنه‌ای	وزن خشک اندام هوایی
دما	۱	۱۲۵۵/۷۰۷**	۱/۲۷**	۵۳/۹**	۱۰۶۷۷۱۹ns	۱۶/۷۷**	۳/۹۰۵**	۱۴۶۷۹/۳**	۲۴۳۰۹۹/۹۵**	۴/۱۳۳**	۱۲۰/۵۱*
ژنوتیپ	۲	۱۰۵۶/۳۴۷**	۰/۱۸۴*	۱/۰۸ns	۳۹۴۹۹۱۵**	۲/۷۱۵**	۰/۱۳۷**	۱۱۶۴/۶۹ns	۲۴۳۷۸/۶۶**	۱/۰۵۶**	۵/۱۶۷ns
دما*ژنوتیپ	۲	۳۶۸/۳۴۵**	۰/۳۰۹**	۰/۸۱۱ns	۱۰۷۴۸۷ns	۰/۴۷۴**	۰/۰۰۱ns	۲۰۹۷/۱۴۹ns	۳۲۶۲۹/۴۴**	۰/۱۲۹ns	۱/۱۷۹ns
خطا کل (E)	۱۸	۳۱/۶	۰/۰۳۲	۰/۸۱۰	۳۲۵۱۹۷	۰/۰۶۹	۰/۰۰۹	۱۲۸۳/۲۱۲	۱۷۰۸۷۸	۰/۱۴۷	۶/۷۴۵

www.SID.ir

نتایج و بحث

نتایج حاصل از تجزیه واریانس کل قندهای محلول برگ نشان‌دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در بین تیمارهای دمایی مختلف، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها بود (جدول ۱). در تیمار تنش مقدار آن به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳) در تیمارهای دمایی مختلف کل قندهای محلول ریشه در ژنوتیپ‌های مورد بررسی دارای اختلاف معنی‌دار با یکدیگر بود ولی بین ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها با دما تفاوتی دیده نشد (جدول ۲). مقدار آن در شرایط شاهد بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ٤).

جدول ۲- میانگین مربعات مولفه‌های وزن خشک ریشه، کل قندهای محلول ریشه، نشاسته ریشه، پرولین ریشه، فسفات معدنی ریشه، ساکارز ریشه و فروکتوز ریشه.

منابع تغییرات	درجه آزادی	فروکتوز ریشه	ساکارز ریشه	فسفات معدنی ریشه	پرولین ریشه	نشاسته ریشه	کل قندهای محلول ریشه	وزن خشک ریشه
دما	۱	۰/۰۰۱*	۰/۰۰۳**	۱۷۲۵٦٤۲**	۳/۲۲۷^{ns}	۱۲۸۲۷/٤^{ns}	۲٤٤۲/۲**	٥/۰۹۷**
ژنوتیپ	۲	۰/۰۰٦**	۰/۰۰۲**	۱۲٤٦٥٦۷**	۲٦/۳٤۷*	۱٥٦٥٦/۹^{ns}	۲۲/۱^{ns}	۱/٥۳۳^{ns}
دما*ژنوتیپ	۲	۰/۰۱٦**	۰/۰۰۷**	۱۱۹۰٤۹*	٦/٥۰۷^{ns}	۱۳٦۹/۲^{ns}	۳٥/۷^{ns}	٥۷۳/۱^{ns}
خطا کل (E)	۱۸	۰/۰۰۰۱	۰/۰۰۰۱	۲۹۸۸٤	۷/٥٤۷	۹/۹۲	۲۳/۱	۰/٦۰۱

^{ns}فاقد اختلاف آماری معنی‌دار، * و **به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ٥ و ۱ درصد.

نتایج تجزیه واریانس مقدار نشاسته برگ نشانگر وجود اختلاف در تیمارهای مختلف دمایی بود ولی میان ژنوتیپ‌ها و اثر متقابل آنها با دما تفاوت معنی‌دار مشاهده نشد (جدول ۱). مقدار نشاسته برگ در تیمار شاهد بیشتر از تیمار تنش بود (جدول ۳). تیمارهای دمایی متفاوت نتوانست سبب تفاوت معنی‌دار میان ژنوتیپ‌ها از لحاظ میزان نشاسته ریشه شود (جدول ۲).

همچنین نتایج تجزیه واریانس ساکارز برگ نشان دهنده وجود اختلاف در تیمارهای دمایی متفاوت و ژنوتیپ‌ها بود ولی بین اثرات متقابل ژنوتیپ با دما اختلافی مشاهده نشد (جدول ۱). مقدار ساکارز برگ در شرایط تنش به‌طور معنی‌داری بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). تیمارهای دمایی بر روی مقدار ساکارز ریشه در سطوح مختلف فاکتورهای ژنوتیپ و اثرات متقابل آنها با دما دارای تفاوت معنی‌دار بود (جدول ۲). نتایج تجزیه واریانس مقدار فروکتوز برگ و ریشه نشان داد که در

Archive of SID

www.SID.ir

تیمارهای مختلف دمایی، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها با دما اختلاف معنی‌دار وجود دارد (جدول‌های ۱ و ۲). فروکتوز برگ در شرایط تنش به‌طور معنی‌داری بیشر از تیمار شاهد بود (جدول‌های ۳ و ٤).

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات وزن خشک اندام هوایی، هدایت روزنه ای، کل قندهای محلول برگ، نشاسته برگ، ساکارز برگ، فروکتوز برگ، فسفات معدنی برگ، پتانسیل کل آب برگ، پتانسیل اسمزی و پرولین برگ ژنوتیپ های برنج در شرایط شاهد و تنش.

رقم	وزن خشک اندام هوایی میلی‌گرم بر بوته		هدایت‌روزنه‌ای سانتی‌متر بر ثانیه		کل قندهای محلول برگ میلی‌گرم بر گرم		نشاسته برگ میلی‌گرم بر گرم		ساکارز برگ میلی‌گرم بر گرم	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
۳۳	۲۰۸۰	۱٤۳۸	۱/٦۸	۰/۵۵	۷۲/۷۵	۱۷۲/۲	۲۰۰/۵	۱٤۸/۲	۰/٤٦	۱/۲۵
۳٤	۱۷٦۸	۱۲۱۰	۰/۹۱	۰/۲٤	٦۹/٤۹	۲۲۹/٤	۱٦۳/۸	۱٤۸/۱	۰/٤٦	۱/۲۸
هویه	۲۳٦۵	۲۰۹۳	۰/۷۸	۰/۰۷	۵٦/۳٦	٤۰۱	۲۱۸/۸	۱۳۵/۵	۰/٦۸	۱/۵۰
LSD	٤۲۰۳		۰/۵٦۹٦		٦۱/٤۱		۵۳/۲۲		۰/۱٤۱	
α	۰/۰۵		۰/۰۵		۰/۰۵		۰/۰۵		۰/۰۵	

ادامه جدول ۳-

رقم	فروکتوز برگ میلی‌گرم بر گرم		فسفات معدنی برگ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه		پرولین برگ میلی‌گرم بر کیلوگرم وزن تازه		پتانسیل اسمزی برگ مگاپاسکال		پتانسیل کل آب برگ مگاپاسکال	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
۳۳	۰/۰۵	۱/۱۷	۳٤٦۰	۳٦۲۱	۹/٦	۱۹/۲	-۱/۰۸	-۱/۱٦	-۳/۳۹	-٦/۱۳
۳٤	۰/۷۱	۲/۷۷	۲۲٤۲	۲۷٤۲	۱۲	۱٦	-۰/۹۷	-۱/٤۰	-۳/۱۵	-٦/۸۷
هویزه	۰/۰۰	۱/۸٤	۳۵۲٤	٤۱۲۹	۱۹/۲	٤۹	-۰/۹۷	-۱/۸٤	-٤/۲۲	-٦/۷۵
LSD	۰/۳۹۰۲		۸٤۷/۲		۸/۳۵۱		۰/۲٦۵۷		۱/۳۳۷	
α	۰/۰۵		۰/۰۵		۰/۰۵		۰/۰۵		۰/۰۵	

بررسی مقدار فسفات معدنی در برگ نشان داد بین سطوح مختلف فاکتور دما و اثرات متقابل ژنوتیپ با دما اختلاف معنی‌داری وجود نداشت ولی بین ژنوتیپ‌های مورد مطالعه تفاوت معنی‌داری مشاهده شد (جدول ۱).

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ٤- مقایسه میانگین صفات وزن خشک ریشه، کل قندهای محلول ریشه، نشاسته ریشه، ساکارز ریشه، فروکتوز ریشه، فسفات معدنی ریشه و پرولین ریشه ژنوتیپ‌های برنج در شرایط شاهد و تنش.

رقم	وزن خشک ریشه میلی گرم بر بوته		کل قندهای محلول ریشه میلی گرم بر گرم		نشاسته ریشه میلی گرم بر گرم		پرولین ریشه میلی گرم بر کیلو گرم وزن تازه		فسفات معدنی ریشه میلی گرم بر کیلوگرم وزن تازه		ساکارز ریشه میلی گرم بر گرم		فروکتوز ریشه میلی گرم بر گرم	
	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش	شاهد	تنش
٣٣	٤٤٧/٥	٢١٢/٥	٣٧/٢	١٤/٨	٣١٩/٣	٢٥٤/٥	٧/٤	٨	٢٠١٦	١٣٠٢	٠/٠٦	٠/٠٩	٠/٠٠	٠/٠٨
٢٤	٣٣٧/٥	١٩٧/٥	٣٩/٦	١٦/٩	٣٩٠/٨	٣٣٣/٢	١١	١٠	١٦٢١	٩٨٤	٠/٠٧	٠/٠٧	٠/٠٠	٠/٠٠
هویز	٣٢٥	٢٨٥	٣٢/٧	١٧/٤	٣٧٣	٣٥٦/٧	٥/٨	٨/٤	١٠٠٠	٧٤٣	٠/٠٩	٠/٠٠	٠/١١	٠/٠٠
LSd	١٠٥/٨		٧/١٣٣		١٠٦		٤/٠٨١		٢٥٦/٨		٠/٠١٤٨٦		٠/٠١٤٨٦	
□	٠/٠٥		٠/٠٥		٠/٠٥		٠/٠٥		٠/٠٥		٠/٠٥		٠/٠٥	

Archive of SID

www.SID.ir

نتایج تجزیه واریانس فسفات معدنی ریشه نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارهای مختلف دما، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها با دما بود (جدول ۲). مقدار آن در شرایط شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ٤).

تجزیه واریانس پتانسیل اسمزی برگ (ψ_s-) نشانگر وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارهای دمایی، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها با دما بود (جدول ۱). مقدار پتانسیل اسمزی در شرایط شاهد به‌طور معنی‌داری بیشتر از شرایط تنش بود (جدول ۳). تیمارهای دمایی بر روی پتانسیل کل آب برگ(ψ_w-) تاثیر معنی‌دار داشت ولی میان سطوح مختلف ژنوتیپ و اثر متقابل آنها با دما اختلاف معنی‌داری مشاهده نشد (جدول ۱). مطالعات انجام شده بر روی پرولین برگ نشان دهنده وجود اختلاف معنی‌دار در تیمارهای دمایی، ژنوتیپ‌ها و اثرات متقابل آنها با دما بود (جدول ۱). مقدار پرولین برگ در شرایط تنش بیشتر از تیمار شاهد بود (جدول ۳). تجزیه واریانس پرولین ریشه نشانگر وجود اختلاف بین ژنوتیپ‌ها بود ولی میان سطوح مختلف فاکتور دما و اثر متقابل ژنوتیپ با دما تفاوت معنی‌داری دیده نشد (جدول ۲).

هدایت روزنه‌ای با کل قندهای محلول برگ همبستگی منفی داشت (جدول ۵)، ولی با کل قندهای محلول ریشه دارای همبستگی مثبت بود و با افزایش غلظت قندهای محلول ریشه، به واسطه اثر محافظت کنندگی اسمزی آنها، جذب آب توسط ریشه افزایش یافته و در نتیجه هدایت روزنه‌ای و فتوسنتز برگ بهبود یافت، زیرا تجمع مواد محلول مانند قندها، طی تنش دمایی می‌توانند در فرآیند تنظیم اسمزی شرکت نمایند. گیچارد و همکاران (۱۹۹۷) گزارش‌هایی در بررسی تنظیم اسمزی در برگ‌ها تحت شرایط تنش خشکی ارایه نمودند (با توجه به دشوار بودن مطاله بر روی ریشه گیاهان زراعی این مورد قبلاً در مقالات علمی گزارش نشده بود). در زمان مواجه شدن ریشه و اندام هوایی گیاهچه‌های برنج با سرما، روزنه‌ها بسته شده و کاهش تعرق سبب کاهش هدایت هیدرولیکی ریشه گردید، در نتیجه تنش آبی ناشی از سرمازدگی تشدید شد. لی و همکاران (۱۹۹٦) در بررسی تحمل سرمازدگی در برنج و پراساد و همکاران (۱۹۹٤) در مطالعه تنش اکسیداتیو ناشی از سرمازدگی در ذرت نتایج مشابهی را اعلام نمودند. لذا تجمع قندهای محلول در شرایط تنش توانست وضعیت هدایت روزنه‌ای برگ را بهبود بخشد، زیرا در این آزمایش پتانسیل کل آب برگ همبستگی مثبت و معنی‌دار با کل قندهای محلول ریشه نشان داد نه با کل قندهای محلول برگ.

Archive of SID

www.SID.ir

جدول ۵- همبستگی بین صفات اندازه‌گیری شده ژنوتیپ‌های برنج در تیمارهای متفاوت دما.

	وزن خشک اندام‌هوایی	هدایت روزنه‌ای	پتانسیل کل آب برگ	پتانسیل اسمزی برگ	کل قندهای محلول برگ	نشاسته برگ	پروتئین برگ	فسفات معدنی برگ	ساکارز برگ	فروکتوز برگ	وزن خشک ریشه	قندهای محلول ریشه	نشاسته ریشه	پروتئین ریشه	فسفات معدنی ریشه	ساکارز ریشه	فروکتوز ریشه
وزن خشک اندام‌هوایی	۱																
هدایت روزنه‌ای	-۰/۵۵^{ns}	۱															
پتانسیل کل آب برگ	-۰/۲۳۰^{ns}	-۰/۲۲۰**	۱														
پتانسیل اسمزی برگ	-۰/۰۷۲۴^{ns}	۰/۵۲۸**	۰/۸۰۱**	۱													
کل قندهای محلول برگ	۰/۲۷۴**	-۰/۶۸۱**	۰/۲۶۴**	۰/۸۷۰**	۱												
نشاسته برگ	-۰/۱۵^{ns}	۰/۳۷۶^{ns}	-۰/۵۱۲*	-۰/۵۴۳**	-۰/۵۳۱**	۱											
پروتئین برگ	۰/۷۹۴**	-۰/۴۹۷*	۰/۴۳۴*	۰/۸۷۳**	۰/۸۷۶**	-۰/۰۰۰^{ns}	۱										
فسفات معدنی برگ	۰/۵۸*	-۰/۰۴۵^{ns}	۰/۲۶^{ns}	۰/۴۰۵*	۰/۴۱۹*	-۰/۲۱۹^{ns}	۰/۵۲۴**	۱									
ساکارز برگ	۰/۶۲**	-۰/۷۲۳**	۰/۸۹۱**	۰/۸۲۹**	۰/۶۵۹**	۰/۴۱۳	۰/۶۵۴**	۰/۳۵۵^{ns}	۱								
فروکتوز برگ	-۰/۲۱^{ns}	-۰/۶۷۱**	۰/۷۴۹**	۰/۶۲۱**	۰/۹۲۱**	۰/۳۴۷^{ns}	۰/۵۶۹**	-۰/۰۷۷^{ns}	۰/۹۹۰**	۱							
وزن خشک ریشه	۰/۸۳**	-۰/۳۸۳^{ns}	۰/۸۷۸^{ns}	۰/۴۱۱	۰/۵۵۸^{ns}	۰/۲۲۸^{ns}	۰/۳۰۳*	۰/۲۸^{ns}	-۰/۰۹۵^{ns}	-۰/۰۴۷^{ns}	۱						
قندهای محلول ریشه	۰/۱۱۸^{ns}	۰/۶۶۶**	-۰/۸۱۰**	-۰/۵۷۸**	-۰/۶۸۲**	-۰/۶۸۶**	-۰/۶۷۴**	-۰/۶۷۴**	-۰/۸۱۰**	-۰/۶۱۱^{ns}	-۰/۳۳۰^{ns}	۱					
نشاسته ریشه	۰/۴۰۳^{ns}	-۰/۴۳۶^{ns}	-۰/۳۳۶^{ns}	-۰/۴۶^{ns}	-۰/۴۶^{ns}	-۰/۳۰۸^{ns}	-۰/۳۰۸^{ns}	-۰/۳۰۸^{ns}	-۰/۳۵۸^{ns}	-۰/۳۹۳^{ns}	-۰/۳۵۸^{ns}	-۰/۳۵۸^{ns}	۱				
پروتئین ریشه	-۰/۰۵۹^{ns}	-۰/۲۸۰^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	-۰/۱۰۴^{ns}	۱			
فسفات معدنی ریشه	-۰/۰۵۵۱^{ns}	-۰/۷۰۱*	-۰/۱۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	۱		
ساکارز ریشه	-۰/۱۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	۱	
فروکتوز ریشه	-۰/۱۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	-۰/۲۹۴^{ns}	۱

ns فاقد اختلاف معنی‌دار، * و ** به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

www.SID.ir

نتایج این مطالعه نشان داد که افزایش مقدار ساکارز، فروکتوز و پرولین در برگ باعث کاهش معنی‌دار هدایت روزنه‌ای شد. افزایش پرولین برگ سبب کاهش پتانسیل کل آب و پتانسیل اسمزی برگ (منفی‌تر شدن آنها) شد، در صورتی که با افزایش کل قندهای محلول برگ، مقدار پرولین برگ به‌طور معنی‌دار کاهش یافت. از آنجا که پرولین و قندهای محلول هر دو می‌توانند نقش محافظت کننده‌های اسمزی را در زمان مواجه شدن گیاه با تنش سرما ایفا نمایند و برنج دارای خصوصیت تجمع مقدار زیادی از مواد محلول محافظت‌کننده اسمزی نظیر قندهای محلول (نایدو و همکاران، ۲۰۰۵) و آمینواسیدهایی مانند پرولین (آسپینال، ۱۹۸۱) است، می‌تواند نسبت به تنش دمای پایین تحمل ایجاد نماید و ظرفیت پایین در تجمع محافظت‌کننده‌های اسمزی در برخی ژنوتیپ‌های برنج می‌تواند یکی از دلایل ضعف بنیه گیاهچه‌های برنج حساس به تنش دمای پایین باشد. بر اساس نتایج به‌دست آمده در این آزمایش، افزایش یکی از محافظت‌کننده‌های اسمزی (قندهای محلول) باعث کاهش دیگری (پرولین) شد، و به نظر می‌رسد کاهش در مقدار پرولین طی تنش سرما ارتباط نزدیکی با قندهای محلول دارد. ایریگوین و همکاران (۱۹۹۲) در بررسی اثر تنش خشکی بر تغییرات میزان پرولین و قندهای محلول در گیاه یونجه گزارش دادند که کاهش میزان قندهای محلول در تیمارهای تنش شدید می‌تواند به‌دلیل مصرف قندها در سنتز متابولیت‌هایی چون پرولین در اندام هوایی باشد. منشاء تولید پرولین از گلوتامیک اسید بوده و چنانچه امکان زیست ساخت پرولین در شرایط تنش فراهم نباشد بالطبع افزایش قندهای محلول در برگ نمی‌تواند تولید پرولین را افزایش دهد. اگر چه مقدار پرولین در شرایط تنش بیشتر از شرایط شاهد بود و از همه مهمتر در برگ رقم حساس به سرمای هویزه در شرایط تنش به‌طور معنی‌داری بیشتر بود، ولی نتوانست سبب ایجاد تحمل در ژنوتیپ حساس به دمای پایین شود؛ لذا میزان پرولین معیار مناسبی برای تصمیم‌گیری در خصوص تحمل یا عدم تحمل ژنوتیپ‌های برنج در شرایط تنش سرما محسوب نمی‌شود.

همان‌گونه که در نتایج مشاهده شد، مقدار کل قندهای محلول برگ در رقم حساس به سرمای هویزه به‌طور معنی‌داری بیشتر از سایر ژنوتیپ ها تحت تنش بود (٤٠١ میلی‌گرم بر گرم و حدود دو برابر سایر ژنوتیپ های مورد آزمایش) ولی این افزایش نتوانست سبب القای تحمل نسبت به دمای پایین در رقم هویزه گردد. پس به نظر می‌رسد تجمع قندهای محلول در رقم حساس به سرمای هویزه نتوانسته نقش محافظت کننده خود را ایفا نماید که این امر می‌تواند ناشی از بروز برخی اختلالات در انتقال قندهای محلول برگ (اختلال در کارآیی و یا سنتز پمپ های آنتی پورتر Pi/ ساکارز در

Archive of SID

www.SID.ir

سلول‌های مزوفیل برگ و محل بارگیری قندها در آوندهای آبکش) باشد. احتمالاً طی تنش دمای پایین، بیان ژن‌های کنترل کننده زیست ساخت پمپ‌های آنتی پورتر Pi/ ساکارز دچار اختلال شده است. البته برای روشن شدن این موضوع نیاز به بررسی‌های بیشتری در خصوص تاثیر تنش سرما بر بیان ژن‌هایی که تولید پمپ‌های قند در سلول‌های مزوفیل برگ را سبب می گردند، می‌باشد. از طرفی تنش دمای پایین می‌تواند سبب خسارت به غشای سلول و ایجاد اختلال در انتقال مولکول‌ها و یون‌ها از طریق کانال‌ها و پمپ‌های موجود در غشاء شود، این امر یکی از دلایل عدم کارآیی رقم حساس به دمای پایین در انتقال قندها از برگ به ریشه می‌باشد.

نتایج نشان داد با افزایش میزان فروکتوز و ساکارز در سیتوزول سلول‌های مزوفیل برگ گیاهچه‌های تحت تنش سرما و همچنین افزایش فسفات معدنی برگ، مقدار نشاسته در برگ کاهش یافت. زیرا طی فرآیند فتوسنتز ساکارز و نشاسته با یکدیگر رقابت داشته و افزایش یکی، کاهش دیگری را در پی خواهد داشت و چنانچه محدودیتی در فراهمی ساکارز برگ ایجاد شود، نشاسته ذخیره شده در کلروپلاست هیدرولیز شده و منبع قند لازم برای صادرات از برگ فراهم می‌شود (شارکی و همکاران، ۱۹۹٦). تسهیم آسیمیلات‌ها بین ساکارز و نشاسته بستگی به غلظت سیتوپلاسمی فسفات معدنی، که صادرات تریوز فسفات را از کلروپلاست تنظیم می‌کند دارد (شارکی و همکاران، ۱۹۹٦) و سنتز قندهای فسفاته در طی فتوسنتز و به‌دنبال آن سنتز ساکارز و نشاسته به فسفات معدنی وابسته است، در این آزمایش افزایش بیش از حد در Pi سبب مصرف بیش از حد تریوز فسفات شد و همان‌گونه که در نتایج مشاهده می‌شود، افزایش فسفات معدنی در شرایط تنش سرما به‌طور معنی‌دار مقدار ساکارز برگ را افزایش داد. ژنوتیپ هویزه در شرایط شاهد کمترین مقدار قندهای محلول برگ را دارا بود پس می‌توان نتیجه گرفت این ژنوتیپ در شرایط دمایی مناسب از کارآیی بالایی برای انتقال قندها از برگ به مخازن فیزیولوژیکی مانند ریشه برخوردار بوده ولی در شرایط تنش سرما این خصوصیت به مقدار زیادی کاهش یافت. همچنین کاهش ظرفیت فتوسنتزی، افزایش فلورسانس کلروفیل و کاهش تولید ATP (حسیبی و همکاران، ۲۰۰۷) در شرایط تنش می‌توانند عوامل دیگر کاهش بارگیری و تخلیه قندها در رقم حساس هویزه عنوان شوند.

ساکارز ریشه در شرایط شاهد بیشتر از تنش بود و رقم هویزه کمترین مقدار ساکارز ریشه را در شرایط تنش دارا بود. بنابراین ژنوتیپ حساس در شرایط تنش از کارآیی کمتری برای انتقال ساکارز به ریشه برخوردار بود، در حالی‌که ژنوتیپ‌های متحمل دارای وضعیت مناسب‌تری بوده و به مقدار

Archive of SID

www.SID.ir

کمتری تحت تاثیر تنش سرما قرار گرفتند، اما نباید فراموش کرد که در هر حال طی شرایط تنش انتقال ساکارز از برگ به ریشه در تمام ژنوتیپ‌های مورد بررسی کاهش یافت. ساکارز می‌تواند به‌عنوان یک تنظیم‌کننده ذخیره کربوهیدرات‌ها، پیش ماده برای بیوسنتز برخی مواد و نیز یک ذخیره موقتی به‌صورت بافر در برگ‌های گیاهان باشد (کریس و همکاران، ۱۹۹۹؛ لی و همکاران، ۲۰۰۵) و تغییرات غلظت کربوهیدرات‌ها در القای سازوکارهای تحمل در برابر تنش‌های آبی بسیار مهم است، زیرا این ترکیبات به‌طور مستقیم با واکنش‌های فیزیولوژیکی مانند فتوسنتز، انتقال مواد فتوسنتزی و تنفس در ارتباط هستند. همچنین در میان کربوهیدرات‌های محلول، ساکارز و فروکتان‌ها دارای نقشی بالقوه در سازگاری با تنش آبی می‌باشند (مک کرایز و لشم، ۱۹۹٤)، علاوه بر این ساکارز می‌تواند به‌عنوان جانشینی برای آب عمل کرده و باعث گردد تا فسفولیپیدهای غشاء در فاز کریستال - مایع حفظ شده و از تغییرات ساختمانی آن جلوگیری شود (مک کرایز و لشم، ۱۹۹٤)، در نتیجه تجمع بیشتر ساکارز در ریشه ژنوتیپ‌های متحمل توانست در ایجاد تحمل به سرما موثر واقع گردد.

بررسی داده‌های فسفات معدنی نشانگر اینست که مقدار آن در برگ‌ها طی تنش سرما تحت تاثیر قرار نگرفته در صورتیکه مقدار فسفات معدنی ریشه در شرایط تنش به‌طور معنی‌دار کمتر از شرایط شاهد بود و بیشترین و کمترین مقدار آن در شرایط تنش به‌ترتیب متعلق به ژنوتیپ متحمل IRCTN33 و رقم حساس هویزه بود. این نتایج نشان می‌دهد که فراهمی Pi در برگ نتوانست تحت تاثیر تنش سرما قرار گیرد، که با نتایج لیگود و فوربانک (۱۹۸٦) در بررسی تحریک فتوسنتز طی تنش دمای پایین، شارکی و همکاران (۱۹۸٦) در آزمایش محدودیت فتوسنتز توسط متابولیسم کربن و لابیت و لیگود (۱۹۸۸) در بررسی محدودیت فتوسنتز بوسیله تغییرات دما، که کاهش فتوسنتز طی تنش دمای پایین را مرتبط با کاهش فراهمی فسفات معدنی در برگ دانسته بودند مغایرت دارد. پس در ژنوتیپ‌های برنج مورد مطالعه اعم از متحمل و یا حساس، کاهش فتوسنتز و کاهش انتقال قندها از برگ طی تنش سرما نمی‌تواند به فراهمی Pi ارتباط داشته باشد زیرا در شرایط طبیعی فسفات معدنی می‌تواند باعث خروج تریوز فسفات از کلروپلاست به مزوفیل و همچنین بارگیری ساکارز در آوندهای آبکش بواسطه عمل پمپ‌های آنتی پورتر شود. ولی علیرغم عدم تغییر معنی‌دار سطح فسفات معدنی برگ، مقدار قندهای محلول در برگ‌های تحت تنش بطور معنی‌دار افزایش یافت. پس نمی‌توان این تجمع قند و اختلال در انتقال آن از برگ به سمت مخازن فیزیولوژیکی مانند ریشه را ناشی از محدودیت در فراهمی فسفات معدنی برگ دانست. در حالی‌که مقدار Pi ریشه در شرایط تنش به‌طور

Archive of SID

www.SID.ir

معنی‌دار کمتر از شرایط شاهد بود و رقم حساس به سرمای هویزه کمترین مقدار آن را طی تنش دارا بود. به عبارت دیگر، دمای پایین توانست فراهمی Pi ریشه را کاهش دهد که این امر می‌تواند یکی از دلایل کاهش قندهای محلول ریشه تحت تنش سرما باشد. اینکه آیا فسفات معدنی ریشه در شرایط تنش به چه دلیل کاهش یافته را می‌توان در آزمایش‌های تعیین سطح استرهای فسفاته و ترکیبات آلی فسفات دار مورد بررسی قرار داد زیرا ممکن است در شرایط تنش سرما فسفات معدنی ریشه به شکل آلی در برخی ترکیبات ذخیره شده باشد.

به‌طورکلی نتایج این تحقیق نشان داد که:

تنش سرما باعث کاهش ظرفیت فتوسنتزی و ایجاد بی‌نظمی‌هایی در روابط مبداء- مقصد گردید و تجمع قندهای محلول در برگ رقم حساس به سرمای هویزه نتوانست باعث القای تحمل نسبت به دمای پایین گردد. همچنین مقدار فسفات معدنی برگ گیاهچه‌های برنج در شرایط تنش سرما محدود کننده نبود ولی مقدار آن در ریشه می تواند دچار محدودیت شود. ضمناً افزایش پرولین در شرایط تنش سرما نمی‌تواند نقش محافظت کنندگی در گیاهچه‌های برنج داشته باشد.

تشکر و سپاسگزاری

بدینوسیله از مدیریت محترم گروه زراعت و اصلاح نباتات دانشگاه شهید چمران و بخش فیزیولوژی مولکولی موسسه تحقیقات بیوتکنولوژی کشاورزی کرج بخاطر همکاری هایشان سپاسگزاری می شود.

منابع

Aspinall, D., and Paleg, L.G. 1981. Proline accumulation: Physiological aspects. In 'The Physiology and Biochemistry of Drought Resistance in Plants'. (ed. Paleg LG, Aspinall D) pp. 205-241.

Balibrea, M.E., Rus-Alvarez, A.M., Bolarin M.C., and Perez-Alfocea F. 1997. Fast changes in soluble carbohydrates and proline contents in tomato seedlings in response to ionic and nonionic iso-osmotic stresses. J. Plant Physiol. 151**:** 221-226.

Bates, L.S., Waldern, R.P., and Tear, I.D. 1973. Rapid determination of free proline for water stress studies. Plant Soil 39: 205-207.

Chaves, M.M. 1991. Effects of water deficits on carbon assimilation. J. Exp. Bot. 42: 1–16.

Archive of SID

www.SID.ir

Chris, P., Cairns, A., Gallagher, J., Farrar J., Tomos, D., and Koroleva, O. 1999. Sweetness and Light: the Role of Sucrose in Higher Plants. Iger Innovations. 6-9.

Cornic, C., and Massacci, A. 1996. Leaf photosynthesis under drought stress. In: Photosynthesis and Environment. Ed. Baker, N.R. Kluwer Acad. Publs, 347–366.

Davies, W., and Zhang, J. 1991. Root signals and the regulation of growth and development of plant in drying soil. Annu. Rev. Plant Physiology. Plant Mol. Biol. 42: 55–76.

Farrell, T.C., Fox, K.M., Williams, R.l., Reinke, R.F., and Lewin, L.G. 2001. Temperature constraints to rice production in Australia and Laos: A shared problem. Increased lowland rice production in the Mekong region. Edited by S. Fukai and J. Basnayake. ACIAR proceeding. 101.

Greegorio, G.B., Senenadhira, D., and Mendoza, D. 1997. Screening rice for salinity tolerance. IRRI Discussion Paper Series Number 22. International Rice Research Institute, Manila, Philippines.

Guicherd, P., Peltier, J.P., Gout, E., Bligny, R., and Marigo, G. 1997. Osmotic adjustment in Fraxinus excelsior L: malate and mannitol accumulation in leaves under: Drought conditions. Trees. 11:155 –161.

Guy, C.L. 1990. Cold acclimation and freezing stress tolerance: role of protein metabolism. Annu. Rev. Plant Physiol. Plant Mol. Biol. 41**:** 187-223.

Hassibi, P., Moradi, F., and Nabipour, M. 2007. Screening of rice genotypes for low temperature by chlorophyll fluorescence. Iran J**.** Crop Sci. 9: 14-31.

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

Koster, K.L., and Leopold, A.C. 1988. Sugars and desiccation tolerwheatance in seeds. Plant Physiol. 96:302–304.

Labate, C.A., and Leegood, R.C. 1988. Limitation of photosynthesis by changes in temperature. Planta.173.

Lee, M.H., Yang, C., Su, J., and Lee, P. 2005. Biochemical characterization of rice sucrose phosphate synthase under illumination and osmotic stress. Bot. Bull. Acad. Sin. 46: 43 – 52.

Lee TM, Lur HS, Lin YH, Chu C. 1996. Physiological and biochemical changes related to methyl jasmonate-induced chilling tolerance of rice (*Oryza sativa* L) seedlings. Plant Cell. Env**.** 19: 65-74.

Leegood, R.C, and Furbank, R.T. 1986. Stimulation of photosynthesis by 2% O_2 at low temperature is restored by phosphate. Planta. 168: 84-93.

McKersie, B.D., and Leshem, Y.Y. 1994. Stress and stress coping in cultivated plants. Kluwer Academic Publishers, London.

Minocha, R., Shortel, W.C., Long, S.L, and Minocha, S.C. 1994. A rapid reliable procedure for extraction of cellular polyamines and inorganic ions from plant tissues. Plant Growth Reg.13: 187-193

Archive of SID

www.SID.ir

Naidu, B., Thusitha, G., and Fukai, S. 2005. Increasing cold Tolerance in Rice by selecting for high polyamine and gibberellic acid content. Aust J. Plant Physiol. 25: 793-800.

Prasad, T.K, Anderson, M.D., Martin, B.A., and Stewart, C.R. 1994. Evidence for chilling-induced oxidative stress in maize seedlings and a regulatory role for hydrogen peroxide. Plant Cell. 6: 65–74.

Ramos, M.L.G., Gordon, A.J., Minchin, F.R., Sprent, J.I., and Parsons, R. 1999. Effect of water stress on nodule physiology and biochemistry of a drought tolerant cultivar of common bean (*Phaseolus vulgaris* L.). Ann. Bot. 83**:** 57-63.

Quick, P., Siegl, G., Neuhaus, E., Feil, R., and Sttit, M. 1989. Short term water stress leads to a stimulation of sucrose synthesis by activating sucrose phosphate synthase. Planta. 177: 535 –546.

Schlegl, H.G. 1986. Die verwertung orangischer souren durch chlorella lincht.Planta. 47:510-521.

Sharkey, T.D., Stitt, M., and Schaffer, Z. 1986. Photoassimilate distribution in plants and crops, source-sink relationships. Plant Physiol. 89: 323-330.

Smillie, R.M., Hetherington, S.E., He, J., and Nott, R. 1988. Photoinhibition at chilling temperatures. Aust J. Plant Physiol. 15: 207-222.

Steponkus, P.L., and Lanphear, F.O. 1967. Light stimulation of cold acclimation: production of a translocatable promoter. Plant Physiol 42:1673–1679.

Wang, Z., Quebedeuux, B., and Stutte, G.W. 1996. Partitioning of (14C) glucose into sorbitol and other carbohydrates in apple under water stress. Aust. J. Plant Physiol. 23: 245–251.

Yoshida, S. 1981. Fundamentals of rice crop science. IRRI. Los Banos, Philippines.

Archive of SID

www.SID.ir

EJCP., Vol. 3 (1): 39-56
www.ejcp.info

Study of some cryoprotectives role to induce low temperature tolerance in rice (*Oryza sativa* L.) seedlings

***P. Hassibi[1], M. Nabipour[2] and F. Moradi[3]**
[1]Assistant Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz, [2]Associate Prof., Dept. of Agronomy and Plant Breeding, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahwaz, [3]Assistant Prof., Division of molecular physiology, Agricultural Biotechnology Research Institute of Karaj

Abstract

To study of some cryoprotectives in cold tolerant rice genotypes (IRCTN33 and IRCTN34) and cold-sensitive rice genotype (Hoveize) were selected in previous experiment, fourteen-day rice seedlings exposed fourteen days in 13/15^{o}C (respectively night-day) temperatures as the stress treatment and 22/28^{o}C (night-day) temperature as control treatment in phytotrone. This experiment was conducted in factorial design with four replications. Results showed that the highest amount of stomatal conductance in stress treatment was in variety IRCTN33 and the lowest amount was in Hoveizeh (sensitive variety). Total Soluble Sugars (TSS) of leaves in stress condition was significantly more than control. The highest leaf TSS was measured in Hoveizeh variety, but TSS accumulation could not induce tolerance to low temperature at this sensitive variety. While, TSS of roots in control condition was significantly more than stress treatment and the lowest amount was in IRCTN33. Starch of leaves in control condition was significantly more than stress condition. Highest level of leaves starch was in Hoveizeh. Sucrose and fructose amount in stress condition were significantly more than control condition. Inorganic phosphate of roots in control was significantly more than stress. Osmotic potential of leaves in control was significantly more than stress. Lowest level of osmotic potential in stress condition was in Hoveizeh variety. Stomatal conductance had a high correlation with water potential and osmotic potential. Increase of sucrose and fructose in leaves, result in significant decrease of stomatal conductance. While, Increase of TSS of roots, caused increasing of stomatal conductance. In addition, low temperature stress caused decrease of photosynthetic capacity and some disorders in source-sink relations. TSS accumulation in sensitive variety Hoveizeh could not induce low temperature tolerance.

Keywords: Rice, Proline; Low temperature stress; Inorganic phosphate; Sugars.

*- Corresponding Author; Email: paymanhassibi@gmail.com

Archive of SID

www.SID.ir