

اثر محلول پاشی هورمون‌های اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در شرایط تنش دمای پایین

Effect of foliar application of auxin, abscisic acid and cytokinin hormones on grain yield and yield components of three rice (*Oryza sativa L.*) genotypes under low temperature stress conditions

فرهاد محبتي^۱، فواد مرادي^۲، فرزاد پاک نژاد^۳، سعید وزان^۳، داود حبشي^۴ سعیده بهنيا^۵ و هاشم پورايراندوست^۵

چكيده

محبتي، ف.، ف. مرادي، ف. پاک نژاد، س. وزان، د. حبشي، س. بهنيا و ه. پورايراندوست. ۱۳۹۱. اثر محلول پاشی هورمون‌های اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در شرایط تنش دمای پایین. مجله علوم زراعی ایران. ۱۴(۱): ۷۱-۵۸.

به منظور بررسی تأثیر محلول پاشی هورمون‌های اکسین (IAA)، اسید ابسزیک (CK) و سایتوکاینین (ABA) بر عملکرد و اجزای عملکرد برنج در دمای پایین آزمایشی به صورت آبکشت در سال ۱۳۸۷ در پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج اجرا گردید. در این آزمایش دو ژنوتیپ برنج خارجی متحمل (شماره‌های ۳۳: IR72944-1-2-2 و ۳۴: IR73688-57-2) و یک رقم داخلی حساس به دمای پایین (هوبيزه) با استفاده از هورمون‌های اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین محلول پاشی شده و سپس به مدت ۱۴ روز در دو شرایط دمای شاهد ۲۹/۲۲ (شب/روز) درجه سانتيگراد و دمای پایين ۱۳/۱۵ (شب/روز) درجه سانتيگراد در فيتوترون قرار داده شدند. صفات وزن دانه در کپه، تعداد خوش‌چه در خوش، درصد باروری خوش، تعداد کل پنجه و تعداد پنجه باور به صورت یک آزمایش فاكتوري در قالب طرح "کاملاً" تصادفي با چهار تكرار مورد ارزیابي قرار گرفتند. از نظر تحمل تنش دمای پایین، بين ارقام اختلاف معنی داري وجود داشت. در تیمار شاهد و بدون هورمون پاشی، وزن دانه در کپه رقم هوبيزه ۲۶/۲ گرم بود که در تیمار تنش به ۱/۴ گرم کاهش يافت، در حالی که مقادير آن در تیمار های محلول پاشی با اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین به ترتیب ۱/۲۴، ۲۰/۸ و ۳۰/۴ گرم بود. سایتوکاینین در شرایط شاهد نیز باعث افزایش این صفت در رقم مذکور شد و مقدار آن را از ۲۶/۲ گرم در تیمار بدون محلول پاشی به ۱/۱ گرم افزایش داد. بين ژنوتیپ و هورمون اثرات متقابل معنی داري مشاهده گردید. هورمون‌های مورد استفاده در شرایط تنش مانع از کاهش وزن دانه در کپه شدند. هورمون‌پاشی در تنش دمای پایین باعث افزایش معنی دار وزن دانه در کپه گردید. در رقم هوبيزه در شرایط تنش دمای پایین، محلول پاشی با هورمون‌های اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین به ترتیب باعث افزایش ۱/۱، ۳/۹۴ و ۱/۹۵ درصدی وزن دانه در کپه و همچنین افزایش ۵/۸۰ و ۳/۸۲ درصدی تعداد پنجه بارور نسبت به تیمار بدون هورمون پاشی شدند. افزایش ۴/۱۴ درصدی تعداد خوش‌چه در خوش در اثر سایتوکاینین در تنش دمای پایین در رقم هوبيزه مشاهده شد. براساس نتایج آزمایش حاضر بنظر مى‌رسد که ميزان و تعادل بين هورمون‌ها، يكى از مهم‌ترین عوامل موثر تحمل به تنش دمای پایین در برنج است.

واژه‌های کلیدی: برنج، تنش دمای پایین، وزن دانه و هورمون.

تاریخ دریافت: ۱۳۸۹/۵/۱۲ تاریخ پذیرش: ۹۰/۱/۲۸

- ۱- دانشجوی دکتری فیزیولوژی گیاهان زراعی دانشکده کشاورزی دانشگاه آزاد کرج
- ۲- استادیار پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج. عضو انجمن علوم زراعت و اصلاح نباتات ایران (مکاتبه کننده) (پست الکترونیک: foadmoradi@yahoo.com)
- ۳- دانشیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
- ۴- استادیار دانشگاه آزاد اسلامی واحد کرج
- ۵- کارشناس پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی کرج

مقدمه

پایین است (Bodapati, 2005). گیاهان اسید ابسزیک را به طور عمده به منظور کنترل هدایت روزنها و کاهش شدت تنش تولید می‌کنند (Stoll *et al.*, 2000). مصرف خارجی اسید ابسزیک در ذرت (Anderson *et al.*, 1994) گندم (Dallaire *et al.*, 1994)، کلزا (Johnson-Flanagan *et al.*, 1991) و نخود (Bakht *et al.*, 2006) باعث افزایش تحمل به دمای پایین گردید. در گیاه نخود تیمار شده با اسید ابسزیک، ماندگاری گل‌ها در تنش دمای پایین به طور معنی‌داری زیادی کلروفیل و محتوای آب نسبی و درنتیجه حفظ فتوسترنتر، باعث افزایش عملکرد دانه شد (Travaglia *et al.*, 2007).

نتایج آزمایش‌های انجام شده روی برنج ژاپونیکا نشان داده است که مصرف اکسین خارجی (*Exogenous*) منجر به فعالیت گروهی از ژن‌ها (Auxin response elements) و تولید پروتئین‌ها (Auxin-induced proteins) در چند ساعت اولیه تنش دمای پایین شده و در نهایت باعث تحمل گیاه به تنش می‌گردد. به این ژن‌ها اصطلاحاً ژن‌های واکنش سریع اولیه (Rapid early response genes) گفته می‌شود (Cheng *et al.*, 2007).

سایتوکاینین‌ها برای حفظ فعالیت مریستم‌ها و رشد و توسعه برگ در شاخساره گیاه مورد نیاز هستند. مصرف سایتوکاینین در مراحل مختلف توسعه برگ لوبیا نشان داد که این هورمون باعث به تاخیر افتادن تخریب کلروفیل می‌شود (Fletcher *et al.*, 1970). مصرف سایتوکاینین‌های خارجی باعث افزایش پنجه زنی در گیاهان برگ باریک مانند گندم، یولاف و جو می‌گرددند (Liu *et al.*, 2001). نتایج آزمایش‌های شریف و دال (Sharif and Dale, 1980) روی جو نشان داد که مصرف سایتوکاینین در ریشه‌ها باعث

گیاه برنج می‌تواند در دماهای بین ۲۰ تا ۳۵ درجه سانتیگراد بطور عادی رشد کند و دماهای بحرانی برای آن به نوع ژنوتیپ، دوام دمای بحرانی، تغییرات دوره‌ای و وضعیت فیزیولوژیکی گیاه بستگی دارد (Yoshida, 1981). دمای پایین، حتی در مرحله استقرار گیاه و توسعه پنجه (مرحله رویشی) می‌تواند رشد و نمو گیاه را تحت تاثیر قرار دهد. تنش دمای پایین یکی از عوامل محدود کننده رشد گیاه برنج در شالیزارهای ایران است و هر ساله باعث ایجاد خسارت در خزانه و مراحل اولیه رشد گیاه، در تاریخ‌های کاشت متداول برنج به خصوص در شمال کشور می‌شود و برطرف شدن این مشکل، سبب افزایش تولید محصول برنج خواهد شد (Hassibi, 2007). مراحل جوانه زنی و استقرار گیاهچه، حساس‌ترین مراحل رشدی برنج نسبت به دمای پایین می‌باشند و همبستگی بالایی بین تحمل به دمای پایین در مراحل گیاهچه‌ای و زایشی گزارش شده است (Naidu *et al.*, 2005). نتایج آزمایش‌ها نشان داده است که فتوسترنتر پس از مدت کوتاهی (بین چند ساعت تا چند روز در اثر دمای پایین کاهش می‌یابد) (Shimono *et al.*, 2004). گزارش شده است که استفاده از اسید ابسزیک در سیب زمینی (Chen *et al.*, 1979) و یونجه آبکشت (Rikin *et al.*, 1975) باعث افزایش (Churchill *et al.*, 1998) معنی دار سازگاری آنها به دمای پایین گردید. تنش دمای پایین، به دو طریق بر رشد و عملکرد گیاه برنج تاثیر می‌گذارد. در وهله اول طی نمو و تمایز خوش، عملکرد بالقوه و توان باروری خوشچه‌ها تعیین می‌شود، تنش منجر به کاهش تعداد دانه می‌گردد (Takeoka *et al.*, 1992); همچنین به علت آسیب دیدن دستگاه فتوسترنتری، تولید مواد پرورده کاهش یافته و عملکرد به طور مستقیم آسیب می‌یابد (Smillie *et al.*, 1988). اسید ابسزیک دارای نقش اساسی و مهم در کاهش عقیمی در دمای

مراحل آغازش خوش تا رسیدگی کامل است. بذور خشک (مرحله S0) ابتدا به مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر خیسانده شده و سپس به مدت ۴۸-۷۲ ساعت در دمای ۳۲ درجه سانتیگراد، چرخه نوری ۱۲ ساعت روشنایی / تاریکی باشدت ۷۵ میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه و رطوبت نسبی ۷۵ درصد در ژرمیناتور جوانه دار شدند (مرحله S0-S3). کاشت بذور بر اساس روش گریگوریو و همکاران انجام شد (Gregorio *et al.*, 1997) سه عدد بذر جوانه‌دار (بین مراحل S3-V1) در روی توری هر یک از سوراخ‌های تعییه شده در صفحه یونولیتی ظرف ۱۸ لیتری حاوی آب مقطر کاشته شده و پس از سه روز (در مرحله V2-V3)، آب مقطره شده و پس از سه روز (در مرحله V2-V3) (Yoshida, 1981) با محلول یوشیدا (Yoshida, 1981) شد و پس از آن به فیتوترون با دمای ۲۹/۲۲ (شب/روز) با رطوبت نسبی 70 ± 5 درصد و طول روز ۱۲ ساعت شب/روز، باشدت تابش 600 ± 100 میکرومول فوتون بر متر مربع در ثانیه، منتقل شدند. هورمون پاشی یکبار و زمانی که گیاهچه در مرحله حدود پنج برگی (V5) بودند، با غلاظت ۱۰۰ میکرومولا در کل سطح اندام هوایی انجام گرفت. در تیمار شاهد دمایی، کلیه بوته‌ها به مدت ۲۸ روز در همین شرایط نگهداری شدند، در حالی که در تیمار تنفس دمای پایین، دمای فیتوترون به مدت دو هفته تا ۱۳/۱۵ درجه سانتیگراد (شب/روز) کاهش داده شد، سپس (از مرحله V12 به بعد) دما دوباره به حالت اولیه برگشت داده شد تا یک مرحله بازیابی پس از تنفس صورت گیرد. گیاهان تا مرحله برداشت (R9) در شرایط دمای شاهد قرار داده شدند. در پایان فصل رشد نیز برداشت صورت گرفته و در هر گوشه، وزن دانه، وزن هزار دانه، تعداد خوش‌چه در خوش، درصد باروری خوش، تعداد کل پنجه‌ها، تعداد پنجه‌های بارور در دوتیمار دمایی اندازه گیری شدند. محاسبات آماری با استفاده از نرم افزارهای Excel، Minitab و SAS، MSTATC و SAS انجام شدند.

تحریک رشد جوانه‌های پنجه می‌شود. سایتوکاینین ها نقش اساسی در تغذیه گیاهان داشته و در تبادلات گازی روزنه در تنفس آبی اثر دارند (Goicoechea *et al.*, 1995). کاهش میزان عملکرد احتمالاً به دلیل اختلال در فرایند فتوستنتز و محدودیت قابلیت دسترسی به مواد پرورده در اثر تنفس دمای پایین است (Ying *et al.*, 2000; Pérez *et al.*, 2001).

این آزمایش به منظور تعیین میزان تاثیر تنظیم کننده‌های رشد اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین بر عملکرد دانه و اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در شرایط تنفس دمای پایین و بررسی میزان نقش آنها در افزایش عملکرد دانه در دمای پایین، انجام شد.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش که در سال ۱۳۸۶ در پژوهشگاه بیوتکنولوژی کشاورزی کرج انجام شد، دو ژنوتیپ برنج با شماره‌های ۳۳ (IR72944-1-2-2) و ۳۴ (IR73688-57-2) از سری خزانه بین المللی ارقام برنج متحمل به تنفس دمای پایین ارسالی از انسیتو بین المللی تحقیقات برنج (IRRI) که بر اساس نتایج به دست آمده از آزمایش حسیبی (Hassibi, 2007) به عنوان متحمل به دمای پایین معرفی شده بودند، به همراه برنج رقم هویزه (حساس به دمای پایین) مورد ارزیابی قرار گرفتند. سه ژنوتیپ در دو سطح دمایی، شاهد ۲۹/۲۲ (شب/روز) و دمای پایین ۱۵/۱۳ (شب/روز) درجه سانتیگراد و سه نوع هورمون شامل اکسین، اسید ابسزیک، سایتوکاینین و شاهد (بدون هورمون) به صورت آزمایش فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی با چهار تکرار مورد بررسی قرار گرفتند. در این آزمایش مراحل فنولوژیکی (Counce *et al.*, 2000) تعریف شدند که در آن S0 بذر خشک، S3 زمان خروج ساقه‌چه از کلثوپتیل، V1-V12 مراحل تشکیل یقه (Collar) روی برگ اول تا برگ دوازدهم و R0-R9

جدول ۱- نتایج تجزیه واریانس اجزای عملکرد سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای دمایی و هورمون پاشی

Table 1. Analysis of variance for yield components of three rice genotypes under temperature and hormonal treatments

S.O.V	متابع تغییر	درجه آزادی d.f	میانگین مربوط (MS)					
			وزن دانه در کله Grain.hill ⁻¹	وزن هزار دانه 1000 grain weight	تعداد خوشچه در خوشه Spikelet.panicle ⁻¹	درصد باروری Panicle fertility	تعداد پنجه کل No. total tiller	تعداد پنجه بارور No. fertile tiller
Temperature (T)	دما	1	368**	5.1 ns	6176**	154**	15.8 ns	195.5**
Hormone (H)	هورمون	3	405**	1.1 ns	179 ns	77**	281.1**	199.7**
Genotype (G)	ژنوتیپ	2	1097**	113.8**	5533**	659**	176.6**	54.6**
(T×H)	دما × هورمون	3	213**	4.3 ns	693**	40 ns	149.4**	47.0**
(T×G)	ژنوتیپ × دما	2	680**	4.1 ns	943**	750**	37.9*	60.5**
(H×G)	ژنوتیپ × هورمون	6	171**	4.4 ns	800**	150**	78.8**	56.0**
(T×H×G)	ژنوتیپ × هورمون × دما	6	46*	2.3 ns	485**	100**	197.3**	29.0**
Error (E)	خطای آزمایشی	72	16	2.4	117	30	9.6	7.5
C.V (%)	ضریب تغییرات		21.2	7.82	12.29	6.74	13.39	27.67

ns: Not significant

ns: غیر معنی دار

*, **: Significant at 5% and 1% probability levels, respectively

*: به ترتیب معنی دار در سطوح احتمال پنج و یک درصد

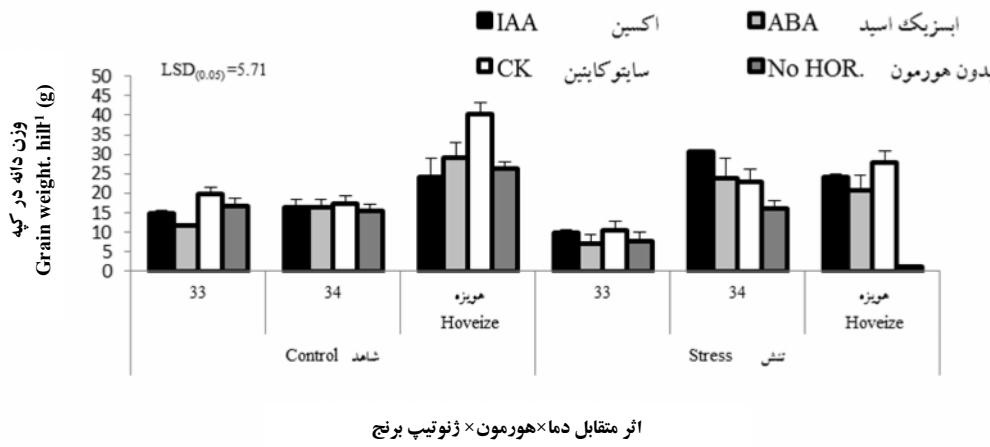
تنش نیز وزن دانه در کپه بالاتری نسبت به هویزه داشت (شکل ۱). در تیمار شاهد در هویزه و ژنوتیپ ۳۳، هورمون سایتوکاینین بیش از سایر هورمون ها وزن دانه در کپه را افزایش داد ولی در رقم هویزه، این افزایش در اثر هورمون مذکور کاملاً مشهود و معنی دار بود. در رقم هویزه کمترین مقدار وزن دانه در کپه مربوط به تیمار بدون هورمون پاشی در شرایط تنش دمای پایین بود، در حالیکه در تیمارهای هورمون پاشی، این کاهش مشاهده نشد. این موضوع نشان می دهد که هورمون پاشی تاثیر دمای پایین را کاهش داده و وزن دانه در کپه، کاهش معنی داری نداشته است (شکل ۱). در رقم هویزه، هورمون سایتوکاینین بیشترین تاثیر را در افزایش وزن دانه در کپه در تیمار شاهد دمایی داشت. در شرایط شاهد و در تیمار بدون هورمون پاشی، وزن دانه در کپه رقم هویزه بیشتر از سایر ارقام بود و با هورمون پاشی با هر یک از هورمون های سایتوکاینین و اسید ابسزیک، وزن دانه در کپه آن بالاتر رفت. این موضوع نشان می دهد که ارقام مختلف در شرایط دمایی مختلف به یک هورمون خاص واکنش نشان می دهند، بطوری که در شرایط تنش، سایتوکاینین و اکسین باعث افزایش این صفت به ترتیب در هویزه و ۳۴ شدند. در همه ژنوتیپ های مورد آزمایش در تیمار شاهد، هورمون سایتوکاینین بیشترین تاثیر را در افزایش وزن دانه در کپه نسبت به سایر تیمارهای هورمونی داشت که به ویژه در هویزه آشکارتر بود (شکل ۱). به نظر می رسد که استفاده از آن را بتوان حتی در شرایط معمول و دمای عادی هم توصیه نمود. با توجه به این موضوع که سایتوکاینین ها نسبت منبع مخزن را تغییر می دهد، به نظر می رسد که سایتوکاینین در تنفس دمایی پایین باعث بارگیری و جهت گیری مقادیر زیادی مواد پرورده به سمت دانه ها شده، تعداد دانه های پر را افزایش داده و از این طریق وزن دانه در کپه را افزایش داده است.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که دما، جز بر وزن هزار دانه و تعداد کل پنجه ها، روی سایر صفات اثر معنی داری داشت (جدول ۱). هورمون پاشی نیز غیر از وزن هزار دانه و تعداد خوشچه در خوش، اثر معنی داری بر سایر صفات مرتبط با عملکرد داشت. اثر متقابل دما در هورمون، دما در ژنوتیپ، هورمون در ژنوتیپ و همچنین اثرات متقابل سه گانه، به جز وزن هزار دانه، در مورد بقیه صفات معنی دار بودند (جدول ۱).

وزن دانه در کپه

دمای پایین باعث کاهش معنی دار وزن دانه در کپه گردید. همانطور که پرز و همکاران (Pérez *et al.*, 2001)، فلاغزارش کرده اند، به نظر می رسد که یکی از عوامل اصلی این کاهش، اثر بازدارندگی تنفس دمای پایین بر تولید و قابلیت دسترسی گیاه به مواد پرورده بوده است. حسیبی (Hassibi, 2007)، نیز اعلام نمود که دمای پایین، مراحل نموی و فتوستتر گیاه برنج را مختل کرده و عملکرد دانه را کاهش می دهد. وزن دانه در کپه ژنوتیپ های خارجی در شرایط شاهد در تیمارهای هورمونی و غیر هورمونی کمتر از هویزه بود. وزن دانه در کپه رقم هویزه در تنفس دمای پایین و بدون هورمون پاشی به طور بسیار معنی داری کمتر از سایر تیمارها بود. در شرایط تنفس، در ژنوتیپ ۳۳ هورمون سایتوکاینین اثر معنی داری بر افزایش وزن دانه در کپه ژنوتیپ ۳۳ داشت. در ژنوتیپ ۳۴ نیز در شرایط تنفس دمای پایین، هر سه هورمون باعث افزایش معنی دار وزن دانه در کپه شدند و نقش هورمون اکسین بیشتر از اسید ابسزیک و آن نیز بیشتر از سایتوکاینین بود، ولی با توجه به اینکه رقم مذکور، متحمل به دمای پایین می باشد، حتی در تیمار بدون هورمون پاشی و در شرایط



شکل ۱ - وزن دانه در کپه در شرایط دمای پایین و شاهد در سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای محلول پاشی هورمونی

Fig. 1. Grain weight.hill⁻¹ under control and low temperatures stress in three rice genotypes with hormonal treatments

شده است.

وزن هزار دانه

با توجه به اینکه وزن هزار دانه در اثر سرما تفاوت معنی داری نسبت به شاهد نشان نداد و تاثیر هورمون ها نیز روی آن معنی دار نبود و همچنین با توجه به معنی دار بودن این صفت، تنها در بین ژنوتیپ ها (جدول ۱) به نظر می رسد که این مؤلفه، بیشتر تحت تاثیر ژنوتیپ بوده و سرما روی آن تاثیر نداشته باشد.

تعداد خوش چه در خوش

تش سرما باعث کاهش معنی دار تعداد خوش چه در خوش از 10^3 به 76 عدد (کاهش حدود 26 درصد) گردید. هورمون پاشی در شرایط شاهد در همه ژنوتیپ های مورد بررسی تاثیری بر تعداد خوش چه در خوش نداشت (شکل ۲). در تیمار تنفس دمای پایین، در ژنوتیپ 33 ، هورمون اکسین و در ژنوتیپ 34 ، هورمون های اکسین و سایتو کائینین، باعث افزایش معنی دار تعداد خوش چه در خوش شدند. در رقم هویزه هورمون های اکسین و اسید ابسزیک باعث کاهش این صفت شده، در حالیکه سایتو کائینین به طور معنی داری منجر به افزایش $14/4$ درصدی این صفت شد (جدول ۲).

در رقم هویزه در شرایط تنفس، محلول پاشی هورمون های اکسین، اسید ابسزیک و سایتو کائینین به ترتیب باعث افزایش $94/1$ ، $93/3$ و $95/4$ درصدی وزن دانه در کپه نسبت به تیمار بدون هورمون پاشی شدند که این افزایش بسیار معنی دار بود (جدول ۲). در شرایط تنفس دمای پایین، تیمارهای هورمونی باعث افزایش معنی دار وزن دانه در کپه نسبت به تیمار بدون هورمون پاشی شدند (شکل ۱). تیمار سایتو کائینین حتی در شرایط شاهد (بدون تنفس) نیز باعث افزایش قابل ملاحظه وزن دانه در کپه گردید که احتمالاً به دلیل تاثیر سایتو کائینین بر بهبود روند انتقال مواد پرورده از منبع به مخزن و دانه های در حال پرشدن می باشد؛ این موضوع توسط کمولینگ (Schmülling, 2004) نیز گزارش شده است. یانگ و همکاران با تیمار گیاهان گزارش شده است. یانگ و همکاران با تیمار گیاهان بروج با اسید ابسزیک به وزن دانه بیشتری دست یافتد (Yang et al., 2003). گزارش شده است که تیمار گیاه جو با اسید ابسزیک، باعث حفظ کلروفیل و پایداری دستگاه فتوستزی می شود (Ivanov et al., 1992)، شاید بتوان گفت که تداوم فتوستز و انتقال مواد تولید شده در شرایط تنفس، در اثر هورمون اسید ابسزیک باعث افزایش وزن دانه ها و نهایتاً افزایش وزن دانه در کپه

"اثر محلول پاشی هورمون های اکسین، اسید ابسزیک....."

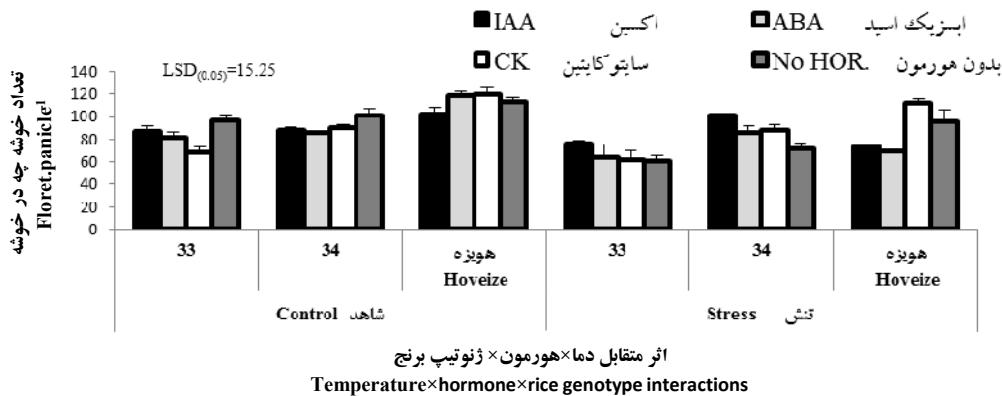
جدول ۲- مقایسه میانگین صفات گیاهی سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای دمای پایین و شاهد در اثر متقابل تیمارهای ژنوتیپ × دما × محلول پاشی هورمون های اکسین، اسید ابسزیک و سایتو کائینین

Table 2. Mean comparison (Duncan's test) of triple interactions of genotype, temperature and hormone application on plant characteristics of three rice genotypes

under low temperature stress and control							
Rice genotype	ژنوتیپ برنج Hormone	دما Temperature	وزن دانه در کله Grain.hill ⁻¹	تعداد خوشچه در خوش No. floret.panicle ⁻¹	درصد باروری Panicle fertility	تعداد پنجه بارور No. fertile tiller	
33	اکسین AUX	شاهد Stress	16.2±0.19 10.0±1.13	87.0±10.61 75.5±7.59	71.8±6.78 89.3±3.87	15.5±2.38 13.8±2.06	
	اسید ابسزیک ABA	شاهد Stress	11.8±0.76 7.1±4.65	81.8±10.44 64.0±21.95	76.3±5.87 85.2±0.90	20.5±2.65 13.5±2.38	
	سایتو کائینین CK	شاهد Stress	20.7±2.00 10.6±4.59	68.3±11.00 61.5±17.60	80.4±4.05 89.4±8.54	18.5±4.80 11.0±1.83	
	بدون هورمون No Hormone	شاهد Stress	18.4±1.49 7.8±4.29	97.3±6.85 60.3±10.63	79.7±4.46 81.4±2.94	17.3±2.99 10.3±3.78	
	اکسین AUX	شاهد Stress	14.5±0.48 30.6±0.74	87.8±6.19 101.3±3.40	88.6±7.41 87.7±2.88	22.5±2.65 20.8±2.06	
	اسید ابسزیک ABA	شاهد Stress	18.3±1.32 23.9±10.27	85.5±5.07 86.0±11.61	79.1±4.34 83.3±3.34	20.3±1.71 17.5±3.79	
34	سایتو کائینین CK	شاهد Stress	18.9±0.90 23.0±6.45	90.0±6.68 88.3±9.85	81.6±8.54 95.8±1.39	15.3±2.50 11.8±0.96	
	بدون هورمون No Hormone	شاهد Stress	15.5±3.40 16.2±3.65	101.0±12.96 71.8±9.91	82.3±1.10 92.3±5.38	14.5±3.32 13.0±0.82	
	اکسین AUX	شاهد Stress	27.3±5.64 24.1±1.56	102.3±12.58 73.5±3.11	79.0±7.45 77.4±6.76	14.0±2.58 19.3±2.06	
	اسید ابسزیک ABA	شاهد Stress	25.0±2.82 20.8±7.58	118.8±7.23 69.3±4.79	86.6±2.95 80.5±0.56	16.0±2.58 19.3±3.86	
	سایتو کائینین CK	شاهد Stress	40.1±5.86 30.4±1.18	119.5±12.34 112.5±6.95	83.2±8.45 71.1±2.55	16.0±2.71 15.8±2.22	
	بدون هورمون No Hormone	شاهد Stress	26.2±3.82 1.4±0.28	113.5±6.25 96.3±18.89	77.4±5.78 62.8±9.82	12.5±3.11 2.8±2.36	
هoveize	اکسین AUX	شاهد Stress	27.3±5.64 24.1±1.56	102.3±12.58 73.5±3.11	79.0±7.45 77.4±6.76	14.0±2.58 19.3±2.06	
	اسید ابسزیک ABA	شاهد Stress	25.0±2.82 20.8±7.58	118.8±7.23 69.3±4.79	86.6±2.95 80.5±0.56	16.0±2.58 19.3±3.86	
	سایتو کائینین CK	شاهد Stress	40.1±5.86 30.4±1.18	119.5±12.34 112.5±6.95	83.2±8.45 71.1±2.55	16.0±2.71 15.8±2.22	
	بدون هورمون No Hormone	شاهد Stress	26.2±3.82 1.4±0.28	113.5±6.25 96.3±18.89	77.4±5.78 62.8±9.82	12.5±3.11 2.8±2.36	
	اکسین AUX	شاهد Stress	27.3±5.64 24.1±1.56	102.3±12.58 73.5±3.11	79.0±7.45 77.4±6.76	14.0±2.58 19.3±2.06	
	اسید ابسزیک ABA	شاهد Stress	25.0±2.82 20.8±7.58	118.8±7.23 69.3±4.79	86.6±2.95 80.5±0.56	16.0±2.58 19.3±3.86	

All values are means ± SD of three replicates

کلیه اعداد ± خطای معيار سه تکرار هستند



شکل ۲- تعداد خوش‌چه در خوش‌چه در شرایط دمای پایین و شاهد در سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای هورمونی

Fig. 2. The number of spikelet per spike under control and low temperatures stress in rice genotypes with

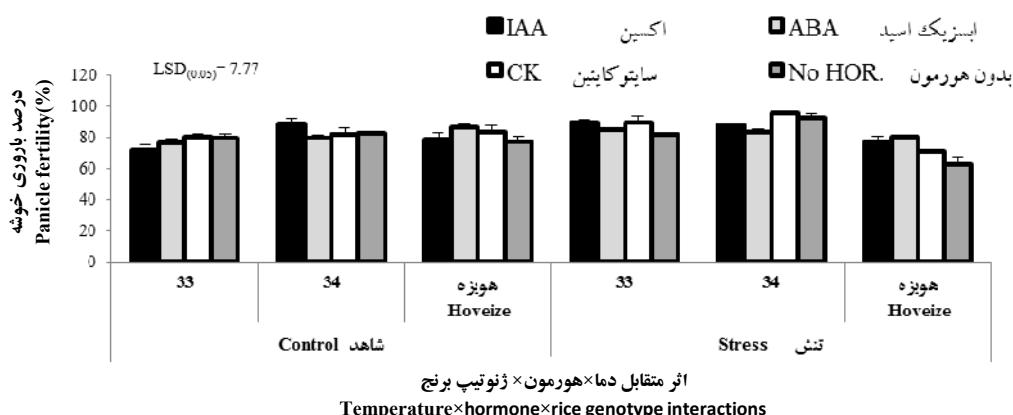
hormonal treatments

تاثیری بر درصد باروری خوش‌چه نداشت، ولی در ژنوتیپ ۳۳ باعث افزایش درصد باروری خوش‌چه نسبت به تیمار بدون هورمون شد. بیشترین تاثیر در زمان محلول پاشی آکسین و اسید ابزیزیک دیده شد (شکل ۳). در رقم هویزه در تیمار تنفس دمای پایین، محلول پاشی هر یک از هورمون‌ها باعث افزایش معنی‌دار درصد باروری خوش‌چه شد، بطوری‌که محلول پاشی آکسین، اسید ابزیزیک و سایتوکاینین این صفت را به ۱۸/۸، ۱۱/۶ و ۲۲ درصد افزایش دادند (جدول ۲). ترتیب ۳۴، ۳۳ و ۳۳ درصد افزایش دادند (شکل ۳). در گزارش شده است که دمای پایین به دو طریق به گیاه برنج آسیب می‌رساند، به طوری که یا از طریق

به نظر می‌رسد که هورمون سایتوکاینین تنها در رقم هویزه و در شرایط تنفس، با افزایش تعداد خوش‌چه در خوش‌چه باعث افزایش وزن نهایی دانه در کپه شده است. به طور کلی تاثیر هورمون پاشی بر روی تعداد خوش‌چه در خوش‌چه معنی‌دار نبوده و حتی در مواردی باعث کاهش آن نیز گردیده است (شکل ۲).

درصد باروری خوش‌چه

هورمون پاشی در تیمار شاهد در ژنوتیپ‌های ۳۳ و هویزه موثر نبود ولی در ژنوتیپ ۳۴، آکسین باعث افزایش درصد باروری خوش‌چه گردید (شکل ۳). در تیمار تنفس دمای پایین، هورمون پاشی در ژنوتیپ ۳۴



شکل ۳- درصد باروری خوش‌چه در شرایط تنفس دمای پایین و شاهد در سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای هورمونی

Fig. 3. Panicle fertility percentage under control and low temperatures stress in rice genotypes with hormonal treatments

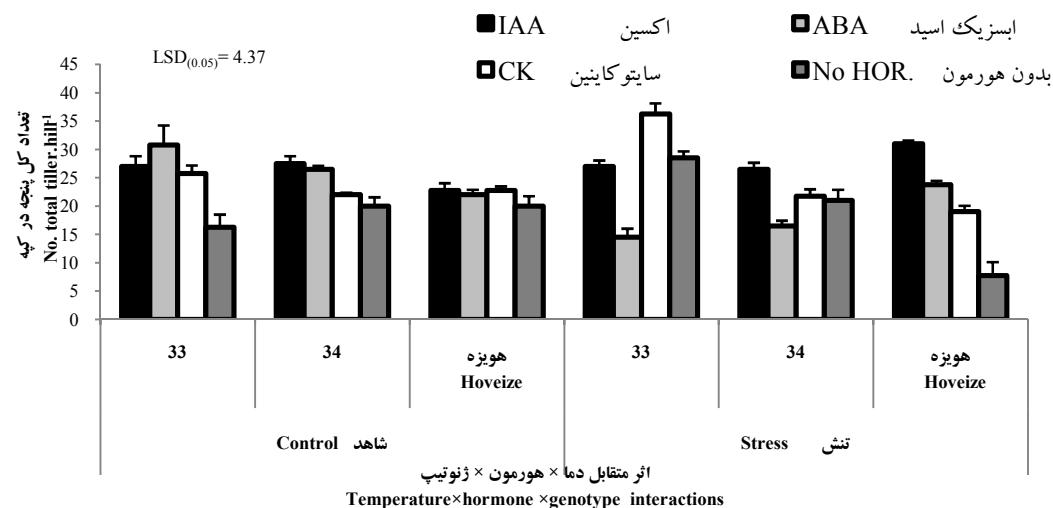
ژنوتیپ ۳۳، اکسین و اسید ابسزیک باعث کاهش معنی دار و سایتوکاینین باعث افزایش معنی دار تعداد پنجه ها گردید (شکل ۴). در ژنوتیپ ۳۴، اکسین باعث افزایش و اسید ابسزیک باعث کاهش صفت مزبور شده و سایتوکاینین تاثیر معنی داری روی آن نداشت. در ژنوتیپ هویزه، اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین به ترتیب باعث افزایش $67/2$ ، $74/8$ و $58/9$ درصدی تعداد پنجه ها نسبت به تیمار بدون هورمون شدند که این افزایش معنی دار بود (جدول ۲).

اثرات متقابل دما، هورمون و ژنوتیپ در ارتباط با

تاثیر مستقیم بر فرایندهای نموی محور شاخساره، باعث کاهش رشد دانه ها می گردد (Takeoka *et al.*, 1992)، و یا با آسیب رساندن به دستگاه فتوستزی به دلیل کاهش تولید و انتقال کربوهیدرات ها و مواد پرورده به دانه های در حال رشد شده و عملکرد را کاهش می دهد (Bodapati, 2005).

تعداد پنجه ها

در تیمار شاهد، هورمون پاشی تاثیر چشمگیری روی این صفت نداشت، در حالی که در تیمار تنفس دمای پایین وضعیت کاملاً متفاوت بود، به طوری که در

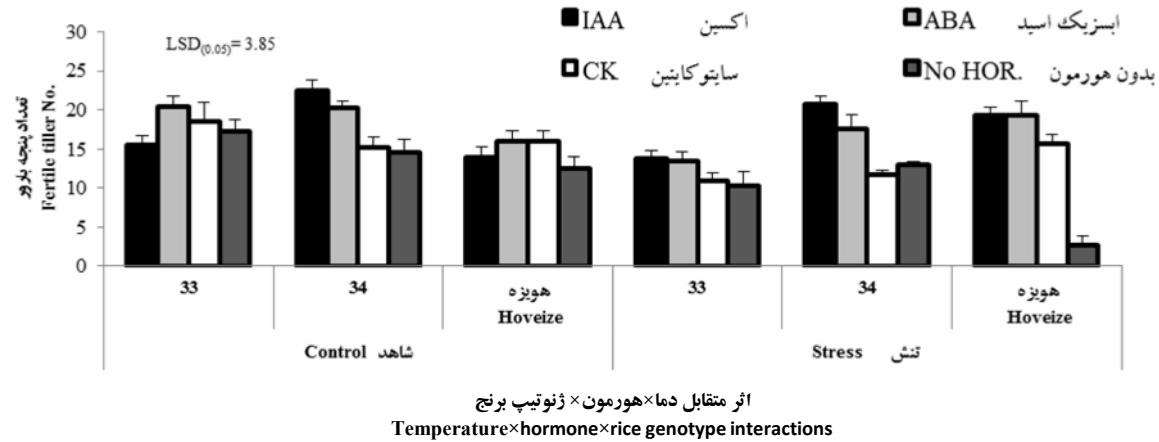


شکل ۴- تعداد کل پنجه ها در شرایط دمای پایین و شاهد در سه ژنوتیپ برنج و در تیمارهای هورمونی

Fig. 4. The number of total tiller under control and low temperatures stress in rice genotypes with hormonal treatments

سایتوکاینین و تیمار بدون هورمون باعث افزایش صفت یاد شده گردیدند. در حالیکه در ژنوتیپ ۳۴، اکسین بیش از اسید ابسزیک و پس از آن سایتوکاینین باعث افزایش تعداد پنجه بارور نسبت به تیمار بدون هورمون پاشی شدند. در ژنوتیپ حساس هویزه کلیه تیمارهای هورمونی منجر به افزایش تعداد پنجه بارور نسبت به تیمار بدون هورمون شدند، بطوری که هورمون پاشی اکسین، اسید ابسزیک و سایتوکاینین به ترتیب، افزایش $85/5$ ، $85/5$ و $82/3$ درصدی را نسبت به تیمار بدون هورمون نشان دادند (شکل ۵ و جدول ۲). با توجه به

تعداد پنجه بارور در شکل ۵ نشان داده شده است. در تیمار شاهد، اسید ابسزیک و سایتوکاینین باعث افزایش معنی دار تعداد پنجه بارور نسبت به سایر تیمارهای هورمونی در ژنوتیپ ۳۳ شدند. در ژنوتیپ ۳۴ نیز اکسین و اسید ابسزیک و در هویزه اسید ابسزیک و سایتوکاینین و پس از آن اکسین باعث افزایش معنی دار پنجه بارور نسبت به تیمار بدون هورمون شدند. در شرایط تنفس دمای پایین، واکنش ارقام به هورمون ها متفاوت بود، به طوری که در ژنوتیپ ۳۳، اکسین و اسید ابسزیک بیش از



شکل ۵- تعداد پنجه بارور در شرایط دمایی پایین و شاهد در سه ژنوتیپ برنج در تیمارهای هورمونی

Fig. 5. The number of fertile tiller under control and low temperatures stress in rice genotypes with hormonal treatments

داد و تعداد پنجه بیشتر منجر به افزایش وزن دانه در کپه و یا جلوگیری از کاهش آن در تنفس نسبت به شاهد گردید.

همبستگی بالایی بین تعداد پنجه های بارور و عملکرد دانه در برنج گزارش شده است Kalaimani and Kadambavanasundaram, 1988; (Rashid and Tahir, 2005). نتایج این آزمایش نشان داد که تیمارهای هورمونی بکار رفته در این آزمایش باعث بهبود وضعیت رشد و عملکرد گیاه شده و نهایتاً منجر به افزایش وزن دانه در کپه و یا جلوگیری از کاهش آن در شرایط تنفس بویژه در رقم حساس هویزه شدند.

اثرات متقابل معنی دار بین ژنوتیپ های برنج مورد بررسی و هورمون ها در شرایط دمایی متفاوت، این فرضیه را مطرح می سازد که تفاوت های ژنتیکی موجود در ژنوتیپ های مختلف منجر به واکنش های متفاوت آنها در برابر تیمارهای هورمونی در مواجهه با تنفس دمایی پایین می گردد و هر ژنوتیپ از طریق سازو کارهای متفاوت و مختص به خود، به تنفس کاهش دما پاسخ می دهد که این موضوع به بررسی های ییشتی دنیا دارد. هویزه، یک رقم پر محصول بومی خوزستان، در شرایط دمایی عادی و بدون تنفس بوده و عملکرد آن

همبستگی بالای این صفت با وزن دانه در کپه (داده ها ارائه نشده اند)، به نظر می رسد که یکی از دلایل اصلی افزایش وزن دانه در کپه توسط هورمون ها افزایش Liu et al., 2001) نیز مشاهده کردند که پنجه زنی در گندم، یولاف و جو در اثر محلول پاشی سایتو کاینین افزایش می یابد. محلول پاشی کاینین بر روی بخش هوایی بوته های یولاف باعث تحریک جوانه پنجه می شود (Harrison and Kaufman, 1980) و در مورد جو نیز Suge and Iwamura, (1993).

نتایج تحقیقات نشان دهنده اثر تحریک کننده سایتو کاینین بر پنجه زنی می باشد. اثرات مثبت سایتو کاینین روی پنجه زنی سایر غلات نیز گزارش شده است (Liu et al., 2001). از طرف دیگر Liu گزارش کرده است که سایتو کاینین باعث افزایش نسبت پنجه های بارور به تعداد پنجه کل می گردد. بنابراین بنظر می رسد که سایتو کاینین می تواند از طریق افزایش پنجه زنی، وزن دانه در کپه را افزایش دهد. اکسین نیز با تحریک پنجه زنی، تعداد پنجه کل را نسبت به تیمار بدون هورمون پاشی افزایش

کوتاه مدت با محلول پاشی هورمون ها در مراحل ابتدایی رشد می توان آنها را به تنش سازگارتر نمود و برداشت محصول بهتری را تا حدود زیادی تضمین نمود و در بلند مدت با شناسایی ژنتیک های متحملی که تعادل هورمونی مطلوبی در شرایط تنش داشته باشند و نیز استفاده از آنها در برنامه های دورگ گیری، می توان ارقام پرمحصول با کیفیت بالا و سازگار به شرایط نامساعد اقلیمی تولید نمود.

تشکر و قدردانی

از راهنمایی ها و کمک دوستان ارجمند آقایان دکتر حمید محمدی و دکتر مجید قربانی و کارشناس محترمہ بخش فیزیولوژی گیاهی پژوهشکده بیوتکنولوژی کشاورزی خانم مهندس روشنک سپهری صمیمانه تشکر می کنیم.

در تنش دمای پایین به شدت کاهش می یابد، ولی بهتر از سایر ارقام به هورمون پاشی واکنش نشان داد. در شرایط عدم تنش نیز هورمون سایتو کاینن باعث افزایش قابل ملاحظه وزن دانه در کپه در این رقم گردید. در تحقیق حاضر هورمون ها عمده ای از طریق افزایش تعداد پنجه بارور، منجر به افزایش وزن دانه در کپه شدند و تاثیر این جزء از عملکرد در افزایش عملکرد بیش از سایر اجزا بود. نتایج این آزمایش به خوبی نشان داد که هورمون ها باعث افزایش و یا ثبات تولید دانه برنج، در زمان بروز تنش دمای پایین می شوند. به نظر می رسد که یکی از دلایل کاهش بقای ارقام موجود، محصول عدم تعادلی است که در ساخت یا توزیع هورمون ها به وجود می آید. از این نظر می توان دو راهکار کلی برای افزایش بقاء و تولید ژنتیک های برنج در زمان بروز تنش دمای پایین پیشنهاد نمود. در

References

منابع مورد استفاده

- Anderson, M. D., T. K. Prasad, B. A. Martin and C. R. Stewart.** 1994. Differential gene expression in chilling-acclimated maize seedlings and evidence for the involvement of abscisic acid in chilling tolerance. *Plant Physiol.* 105: 331-339
- Bakht, J., A. Bano and P. Dominy.** 2006. The role of abscisic acid and low temperature in chickpea (*Cicer arietinum*) cold tolerance. II. Effects on plasma membrane structure and function. *J. Exp. Bot.* 57: 3707-3715
- Bodapati, N., T. Gunawardena and S. Fukai.** 2005. Increasing cold tolerance in rice by selecting for high polyamine and gibberellic acid content. In A report for the Rural Industries Research and Development Corporation, Australia.
- Chen H. H., P. Gavnlertvatana and P. H. Li.** 1979. Cold acclimation of stem-cultured plants and leaf callus of Solanum species. *Botanical Gazette.* 140: 142-147
- Cheng C., K-Y. Yun, H. Ressom, B. Mohanty, V. Bajic, Y. Jia, S. Yun, B and de los Reyes.** 2007. An early response regulatory cluster induced by low temperature and hydrogen peroxide in seedlings of chilling-tolerant japonica rice. *BMC Genomics.* 8(175): 1-18.
- Churchill G. C., M. J. T. Reaney, S. R. Abrams and L. V. Gusta.** 1998. Effects of abscisic acid and abscisic acid analogs on the induction of freezing tolerance of winter rye (*Secale cereale* L.) seedlings. *Plant Growth Regul.* 25: 35-45.
- Counce P. A., T. C. Keisling and A. J. Mitchell.** 2000. A uniform, objective and adaptive system for

- expressing rice development. *Crop Sci.* 40: 436-443.
- Dallaire S., M. Houde, Y. Gagne, H. S. Saini, S. Boileau, N. Chevrier and F. Sarhan.** 1994. ABA and low temperature induce freezing tolerance via distinct regulatory pathways in wheat. *Plant Cell Physiol.* 35: 1-9.
- Fletcher R. A., G. Hofstra and N. O. Adedipe.** 1970. Effects of benzyladenine on bean leaf senescence and the translocation of ¹⁴C-assimilates. *Physiol. Plant.* 23: 1144-1148.
- Goicoechea N., K. Dolezal, M. C. Antolin and M. Strnad.** 1995. Influence of mycorrhizae and rhizobium on cytokinin content in drought-stressed alfalfa. *J. Exp. Bot.* 46: 1543.
- Gregorio G. B., D. Senadhira and R. D. Mendoza.** 1997. Screening rice for salinity tolerance. International Rice Research Institute, Discussion paper series 22.
- Harrison M. and P. Kaufman.** 1980. Hormonal regulation of lateral bud (tiller) release in oats (*Avena sativa* L.). *Plant Physiol.* 66: 1123-1127.
- Hassibi, P.** 2007. Physiological investigation of low temperature stress effect on different rice genotypes during seedling stage. PhD Thesis, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University. 235p. (In Persian).
- Ivanov A. G., M. I. Kitcheva, A. M. Christov and L. P. Popova.** 1992. Effects of abscisic acid treatment on the thermostability of the photosynthetic apparatus in barley chloroplasts. *Plant Physiol.* 98: 1228-1232.
- Johnson-Flanagan A. M., Z. Huiwen, M. R. Thiagarajah and H. S. Saini.** 1991. Role of abscisic acid in the induction of freezing tolerance in *Brassica napus* suspension-cultured cells. *Plant Physiol.* 95: 1044-1048.
- Kalaimani S. and M. Kadambavanasundaram.** 1988. Correlation studies in rice (*Oryza sativa* L.). *Madras Argil. J.* 75: 380-383.
- Kumar S., G. Kaur and H. Nayyar.** 2008. Exogenous application of abscisic acid improves cold tolerance in chickpea (*Cicer arietinum* L.). *J. Agron. Crop Sci.* 194: 449-456.
- Liu Z., Y. Goto, I. Nishiyama and M. Kokubun.** 2001. Effects of foliar and root-applied benzylaminopurine on tillering of rice plants grown in hydroponics. *Plant Prod. Sci.* 4: 220-226.
- Pérez P., R. Morcuende, I. Martín del Molino, L. Sánchez de la Puente and R. Martínez Carrasco.** 2001. Contrasting responses of photosynthesis and carbon metabolism to low temperatures in tall fescue and clovers. *Physiol. Plantarum.* 112: 478-486.
- Rashid M. and G. Tahir.** 2005. Association analysis of some yield influencing traits in aromatic and non aromatic rice. *Pak. J. Bot.* 37: 613-627.
- Rikin A., M. Waldman, A. E. Richmond and A. Dovrat.** 1975. Hormonal regulation of morphogenesis and cold-resistance: I. Modifications by abscisic acid and by gibberellic acid in alfalfa (*Medicago sativa* L.) seedlings. *J. Exp. Bot.* 26: 175-183.
- Schmülling T.** 2004. Cytokinin. In: Lennarz, W. and M. D. Lane (Eds.). *Encyclopedia of Biological Chemistry*. Amsterdam: Academic Press, Elsevier Science.
- Sharif R. and J. Dale.** 1980. Growth regulating substances and the growth of tiller buds in barley; effects of

- cytokinins. J. Exp. Bot. 31: 921-930.
- Shimono H., T. Hasegawa, S. Fujimura and K. Iwama.** 2004. Responses of leaf photosynthesis and plant water status in rice to low water temperature at different growth stages. Field Crops Res. 89: 71-83.
- Smillie R. M., S. E. Hetherington, J. He and R. Nott.** 1988. Photoinhibition at chilling temperatures. Func. Plant Biol. 15: 207-222.
- Stoll M., B. Loveys and P. Dry.** 2000. Hormonal changes induced by partial root zone drying of irrigated grapevine. J. Exp. Bot. 51: 1627-1634.
- Suge H. and H. Iwamura.** 1993. Effect of cytokinin and anticytokinin on the tillering of barley. Jpn. J. Crop Sci. 62: 595-600.
- Takeoka Y., A. Al Mamun, T. Wada and P. B. Kaufman.** 1992. Reproductive adaptation of rice to environmental stress. Japan Scientific Societies Press Amsterdam: Elsevier, Tokyo.
- Travaglia C., A. C. Cohen, H. Reinoso, C. Castillo and R. Bottini.** 2007. Exogenous abscisic acid increases carbohydrate accumulation and redistribution to the grains in wheat grown under field conditions of soil water restriction. J. Plant Growth Regul. 26: 285-289.
- Yang J., J. Zhang, Z. Wang and Q. Zhu.** 2003. Hormones in the grains in relation to sink strength and postanthesis development of spikelets in rice. Plant Growth Regul. 41: 185-195.
- Ying J., E. A. Lee and M. Tollenaar.** 2000. Response of maize leaf photosynthesis to low temperature during the grain-filling period. Field Crops Res. 68: 87-96.
- Yoshida, S.** 1981. Fundamentals of Rice Crop Science. In: Climate and Rice. Los Baños (Philippines): International Rice Research Institute. p 87-88.

Effect of foliar application of auxin, abscisic acid and cytokinin hormones on grain yield and yield components of three rice (*Oryza sativa L.*) genotypes under low temperature stress conditions

Mohabbati F¹., F. Moradi², F. Paknejad³, S. Vazan³., D. Habibi⁴. S. Behneya⁵
and H. Pour Irandoost⁵

ABSTRACT

Mohabbati F., F. Moradi, F. Paknejad, S. Vazan., D. Habibi, S. Behneya and H. Pour Irandoost. 2012. Effect of foliar application of auxin, abscisic acid and cytokinin hormones on grain yield and yield components of three rice (*Oryza sativa L.*) genotypes under low temperature stress conditions **Iranian Journal of Crop Sciences.** 14(1):58-71. (In Persian).

To study the effects of auxin (IAA), abscisic acid (ABA) and cytokinin (CK) hormones on grain yield and its components of rice (*Oryza sativa L.*) genotypes under low temperature stress conditions, an experiment was conducted during 2008 in phytotron in Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran. Three rice genotypes (33: IR72944-1-2-2, 34: IR73688-57-2 as exotic cold-tolerant and Hoveizeh as Iranian cold-sensitive genotypes) were foliar-applied with IAA, ABA and CK hormones and treated with two temperatures conditions including; 22/29 °C (night/day) and 15/13 °C (night/day) as control and stress temperatures, respectively. Grain weight.hill⁻¹ (g), spikelet.spike⁻¹, fertility (%), maximum tiller number, fertile tiller number were examined in a factorial experiment using completely randomized design (CRD) with four replications. Results showed that there were significant differences among the genotypes. Grain weight.hill⁻¹ of Hoveizeh cultivar was significantly higher in control (26.2 g) than stress (1.4 g) conditions. This trait showed a significant reduction in non-applied treatment as compared with hormonal treatments. IAA, ABA, and CK hormones, under stress conditions, increased grain weight.hill⁻¹ from 1.2 g to 24.1 g, 20.8 g and 30.4 g, respectively. Grain weight.hill⁻¹ under control temperature increased from 26.2 g in non-applied to 40.1 g in CK-applied treatment. There were significant interactions between genotypes and hormonal treatments. Application of hormones prevented the reduction of grain weight.hill⁻¹ under stress temperatures. Grain weight.hill⁻¹ of Hoveizeh cultivar with application of IAA, ABA and CK under stress conditions, showed 94.1%, 93.3% and 95.4% increases, respectively. IAA, ABA and CK applications under stress conditions also increased fertile tillers (%) to 85.5%, 85.5% and 82.3 %, respectively, in comparison to non-applied treatment. CK caused a significant increase in grain weight.hill⁻¹ under stress conditions. It increased the number of spike in Hoveizeh up to 14.4 % under low temperature stress conditions. It is concluded that the amount and balance of hormones are the most important and effective factors in rice plants to tolerate low temperature stress conditions.

Key words: Grain weight, Hormone, Low temperature stress and Rice.

Received: August, 2010 Accepted: April, 2011

1- Ph.D. Student, Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

2- Assistant Prof., Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran (Corresponding author)
(Email: foadmoradi@yahoo.com)

3- Associate Prof., Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

4- Assistant Prof., Karaj Branch, Islamic Azad University, Karaj, Iran

5-Research Officer, Agricultural Biotechnology Research Institute of Iran, Karaj, Iran