



علوم و تحقیقات بذر ایران

سال چهارم / شماره اول / ۱۳۹۶ (۵۸ - ۴۹)

DOI: 10.22124/jms.2017.2247

ارزیابی تنش دمای پایین و محل تولید بر خصوصیات جوانه‌زنی، پارامترهای رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ذرت هیبرید تری‌وی‌کراس

مصطفی نجفی^۱، خدیجه احمدی^۱، حشمت امیدی^{۲*}

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۶/۱۷

تاریخ پذیرش: ۱۳۹۴/۹/۱۰

چکیده

به‌منظور ارزیابی تنش دمای پایین و محل تولید بر خصوصیات جوانه‌زنی، پارامترهای رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی ذرت هیبرید تری‌وی‌کراس، آزمایشی در آزمایشگاه تکنولوژی بذر دانشگاه شاهد به‌صورت فاکتوریل در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار در سال ۱۳۹۳ اجرا شد. فاکتورهای آزمایش شامل ۲ محل تولید ذرت هیبرید تری‌وی‌کراس بانام تجاری ماکسیما (تولید ایران و تولید کشور مجارستان) و تنش سرما در پنج سطح شامل شاهد (بدون اعمال تنش)، دمای صفر، ۲، ۴ و ۶ درجه سلسیوس هرکدام به‌مدت ۲ ساعت در آب مقطر در نظر گرفته شدند. صفات اندازه‌گیری شامل: درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه عادی، طول ریشه‌چه و ساقه‌چه و گیاهچه، محتوای نسبی آب، میانگین مدت زمان جوانه‌زنی، ضریب جوانه‌زنی، کلروفیل a، b و کل، کارتنوئید و آنتوسیانین است. نتایج نشان داد که تنش سرما و محل تولید بذر بر درصد جوانه‌زنی و گیاهچه عادی در سطح ۵ درصد معنی‌دار شدند. محل تولید، تنش سرما و اثر متقابل آنها تأثیر معنی‌داری بر رنگیزه‌های فتوسنتزی داشتند. مقایسه میانگین نشان داد، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب در بذر تولید کشور مجارستان و بذر تولید داخل به‌دست آمد. بیش‌ترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b، کلروفیل کل و کارتنوئید مربوط به دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس و بیش‌ترین میزان آنتوسیانین مربوط به دمای ۲ درجه سلسیوس است. در نتایج استنباط شد که تیمار شاهد (بدون اعمال تنش) بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه عادی و میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی را دارد.

واژه‌های کلیدی: آنتوسیانین، درصد جوانه‌زنی، ذرت هیبرید ماکسیما، سرما، کلروفیل

۱- دانشجوی کارشناسی ارشد زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

۲- عضو هیئت علمی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شاهد، تهران، ایران

* نویسنده مسئول: omidi@shahed.ac.ir

مقدمه

ذرت (*Zea mays* L.) از غلات عمده مناطق مرطوب و نیمه مرطوب گرمسیری است. اما به دلیل قدرت سازگاری بالا کشت آن در مناطق سردسیری نیز میسر گردیده است (White *et al.*, 1999). اگرچه ذرت با اقلیم گرم سازش دارد، ولی به علت تطابق پذیری زیاد این گیاه به شرایط مختلف آب و هوایی، در محدوده وسیعی از مناطق و عرض‌های جغرافیایی به‌غیر از مناطق سرد که فصل رویش کوتاه دارند، قابل کشت است (Bhaumik *et al.*, 2007). سرما جوانه‌زنی و رشد ذرت را محدود می‌کند اما ارقام ذرت به‌طور معنی‌داری از لحاظ واکنش به دما با یکدیگر تفاوت دارند (Siadat *et al.*, 2003). در ذرت دمای پایه ۱۰ درجه سلسیوس است، البته ارقامی از ذرت وجود دارند که در دماهای پایین‌تر نیز می‌توانند جوانه بزنند. دمای پایه، یک شاخص ژنتیکی است و از ژنوتیپی به ژنوتیپ دیگر تفاوت دارد (Ehdaie, 2005).

مطالعات مختلف نشان داده است که شاخص‌های جوانه‌زنی تحت تأثیر تنش‌های مختلف غیرزنده کاهش می‌یابد (Alemansoori *et al.*, 2001; Ashraf and Rauf, 2001; Atak *et al.*, 2006; Kaya *et al.*, 2006). گزارش شده است که دمای محیط موفقیت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه را تعیین می‌کند و بر ظرفیت و سرعت جوانه‌زنی تأثیر می‌گذارد، به‌ویژه دماهای زیر اپتیمیم می‌توانند باعث جوانه‌زنی ضعیف بذرها شوند (Bewley and Black, 1986).

تأثیر دمای پایین طی جوانه‌زنی می‌تواند سبب کاهش درصد جوانه‌زنی و اختلال در خروج ریشه‌چه بذر در گونه‌های مختلف و ارقام زراعی گردد (Patade *et al.*, 2011). دمای پایین جوانه‌زنی، رشد گیاهچه و به‌طور کلی رشد و تولید محصولات را کاهش می‌دهد (Yan *et al.*, 2010; Zhang *et al.*, 2010). تأثیر عوامل تنش‌زا بر گیاه، معمولاً همه‌جانبه بوده و به‌ندرت فقط بخش خاصی از آن را در برمی‌گیرد که باعث تغییراتی در عملکرد طبیعی و فیزیولوژیکی تمامی گیاهان، از جمله گیاهانی که از لحاظ اقتصادی حائز اهمیت هستند، مانند غلات می‌شود. تمامی این تنش‌ها باعث تغییراتی در بیوسنتز گیاهان شده و در نهایت منجر به آسیب‌هایی می‌شوند که به تخریب گیاه و محصول حاصل از آن می‌انجامد. دمای

پایین باعث کاهش میزان جوانه‌زنی و سرعت جوانه‌زنی در گیاه برنج می‌شود (Bodapati *et al.*, 2005).

تنش‌ها از مهم‌ترین فاکتورهای محدودکننده فتوسنتز در گیاهان می‌باشند (Bradford and Hsiao, 1982). گیاهان دارای دامنه‌های دمایی مشخصی برای رشد و نمو بهینه می‌باشند که در خارج از آن، تولید و پراکنش آن‌ها محدود می‌شود. (Prasil *et al.*, 2007)

منشأ ذرت هیبرید تری وی کراس بانام تجاری ماکسیما، کشور مجارستان و شرکت بولی است. این ذرت هیبرید میان‌رس، مناسب برای مناطق معتدل و سرد است. با توجه به این‌که دمای پایین و طول فصل رشد کوتاه می‌تواند یک عامل مهم در کاهش سطح زیر کشت ذرت در مناطق سردسیر باشد، در طی این آزمایش خصوصیات جوانه‌زنی، پارامترهای رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی اندازه‌گیری شدند. هدف از انجام این آزمایش، ارزیابی محل تولید ذرت هیبرید تری وی کراس بر خصوصیات جوانه‌زنی، پارامترهای رشد و رنگیزه‌های فتوسنتزی تحت شرایط تنش سرما است.

مواد و روش‌ها

فاکتورهای مورد بررسی در این آزمایش شامل محل تولید بذر ذرت هیبرید تری وی کراس بانام تجاری ماکسیما سال تولید ۲۰۱۳، خریداری شده از شرکت به کشت (بذر تولید ایران و بذر تولید کشور مجارستان) و دمای جوانه‌زنی بذر در پنج سطح شامل: شاهد (بدون اعمال تنش)، دمای صفر، ۲، ۴ و ۶ درجه سلسیوس مدت ۲ ساعت در آب مقطر بود. قبل از اعمال تیمار، بذرها را با هیپوکلریت سدیم ۵ درصد به مدت ۳ دقیقه ضدعفونی و چند بار با آب مقطر شسته شدند. کمپوست کود گاوی از بازار تهیه شده (ضدعفونی شده و عاری از بذر علف هرز) قبل از استفاده‌ی از آن به مدت ۱۵ دقیقه در دمای ۱۲۱ درجه سلسیوس و فشار یک‌بار در اتوکلاو سترون شد و سپس حجم مورد نیاز از کمپوست در سینی‌های کشت که از قبل ضدعفونی شده بودند، ریخته شد. بذرها تیمار شده در دمای ۲۰ درجه سلسیوس کشت شدند. شمارش بذرها جوانه‌زده از روز دوم به‌صورت روزانه در ساعتی معین انجام گرفت. تعداد گیاهچه‌هایی عادی (گیاهچه‌هایی که تحت شرایط مطلوب رطوبت، دما و نور در صورت کشت در خاک می‌توانند به گیاه کامل تبدیل شوند) بر

کاغذ صاف کرده و آن را به حجم رسانده و به وسیله اسپکتروفوتومتر میزان کلروفیل در طول موج های ۶۶۳ و ۶۴۵ نانومتر و میزان کاروتنوئید در طول موج ۴۸۰ نانومتر قرائت شد. غلظت کلروفیل های a, b از فرمول های زیر به دست آمد:

$$C_a = 12.7 (A_{663}) - 2.69 (A_{645}) \times V / 1000W$$

$$C_b = 22.9 (A_{645}) - 2.69 (A_{663}) \times V / 1000W$$

$$C_T = 20.2 (A_{645}) + 8.02 (A_{663}) \times V / 1000W$$

C میزان غلظت، V حجم عصاره، W وزن نمونه است.

در رابطه کاروتنوئید:

$$\text{Carotenoid} = 7.6 (A_{480}) - 14.9 (A_{510}) \times VD / 1000W$$

A میزان جذب نوری، V حجم عصاره، D نسبت رقت و W وزن نمونه است.

جهت اندازه گیری مقدار آنتوسیانین برگ از روش (Wagner, 1979) استفاده شد. ۰/۱ گرم بافت برگ گیاه تازه را در هاون چینی با ۱۰ میلی لیتر متانول اسیدی (متانول خالص و اسید کلریدریک خالص به نسبت حجمی ۹۹:۱) کاملاً سائیده و عصاره در لوله آزمایش سر پیچ دار ریخته شد و به مدت ۲۴ ساعت در تاریکی و دمای ۲۵ درجه سلسیوس قرار گرفت. سپس به مدت ۱۰ دقیقه با سرعت ۴۰۰۰ دور در دقیقه سانتریفیوژ و جذب محلول رویی در طول موج ۵۵۰ نانومتر اندازه گیری شد. غلظت با استفاده از فرمول زیر و با در نظر گرفتن ضریب خاموشی (ε) ۳۳۰۰۰ سانتی متر بر مول محاسبه شد (Tasgin et al., 2003). جذب، A عرض کوت و c غلظت محلول مورد نظر است. $A = \epsilon bc$

تجزیه آماری داده ها شامل تجزیه واریانس و محاسبه ضرایب همبستگی ساده با استفاده از نرم افزار SAS 9.1 و مقایسه میانگین صفات مورد ارزیابی با آزمون دانکن انجام گرفت.

نتایج

درصد جوانه زنی و درصد گیاهچه عادی

بررسی نتایج نشان داد که محل تولید و تنش سرما تأثیر معنی داری بر درصد جوانه زنی و گیاهچه عادی داشتند. اثر متقابل محل تولید و تنش سرما برای درصد جوانه زنی و گیاهچه عادی غیر معنی دار شد (جدول ۱). بیشترین و کمترین گیاهچه‌ی عادی و درصد جوانه زنی

مبنای معیارهای انجمن بین‌المللی آزمون بذر (Anonymous, 2003) مشخص گردید. برای اندازه گیری خصوصیات جوانه زنی و پارامترهای رشد پس از ثابت شدن تعداد بذرهای جوانه زده (۱۴ روز پس از کشت) از هر محیط کشت به طور تصادفی ۵ گیاهچه عادی انتخاب شدند. طول گیاهچه‌ها بر حسب سانتی متر و وزن تر گیاهچه‌ها بر حسب گرم تعیین گردید. وزن خشک گیاهچه، پس از خشک کردن آن‌ها به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۷۵ درجه سلسیوس در درون آون تعیین شد. اندازه گیری رنگیزه‌های فتوسنتزی در مرحله ۲-۳ برگی گیاهچه‌ها انجام گرفت.

با شمارش روزانه بذرهای جوانه زده، میانگین مدت زمان جوانه زنی^۱ (MGT) و همچنین ضریب جوانه زنی^۲ (GC) که عکس میانگین مدت زمان جوانه زنی است طبق روابط ۱ و ۲ تعیین گردیدند. متوسط مدت زمان جوانه زنی مرتبط با مدت زمانی (روز) است که ریشه‌چه خارج می‌شود، هرچه مقدار عددی آن کوچکتر باشد نشان از جوانه زنی سریعتر است که شاخصی از سرعت و شتاب جوانه زنی محسوب می‌گردد (Ellis et al., 1981).

$$\text{رابطه (۱)} \quad \text{MGT} = \sum T_i N_i / \sum N_i$$

$$\text{رابطه (۲)} \quad \text{GC} = (1/\text{MGT}) * 100$$

در این معادله، T_i : تعداد بذرهای جوانه زده در هر روز، N_i تعداد روزها از ابتدای جوانه زنی و $\sum N_i$ نیز کل تعداد بذرهای جوانه زده است.

محاسبه محتوی نسبی آب^۳ (RWC)، با استفاده از رابطه زیر به دست آمد:

$$\text{RWC} = \left(\frac{FW - DW}{TW - DW} \right) * 100$$

در این رابطه، FW وزن تر برگ‌ها، DW وزن خشک برگ-ها، TW وزن آماس برگ‌ها و RWC محتوی نسبی رطوبت است (Levitt, 1980).

اندازه گیری صفات کمی

میزان کلروفیل (a و b و Total) با استفاده از روش (Arnon, 1949) و میزان کاروتنوئید با استفاده از روش (Gu et al., 2008) انجام گرفت. به این ترتیب که ۰/۵ گرم بافت تازه برگ را با ۲۰ میلی لیتر استن ۸۰ درصد به طور کلی عصاره گیری نموده سپس عصاره حاصل را با

^۱ Mean germination time

^۲ Germination coefficient

^۳ Relative humidity, water content

آن‌ها بر این صفات غیرمعنی‌دار شد (جدول ۱). با توجه به نتایج مقایسه میانگین تنش سرما، بیش‌ترین و کم‌ترین میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی به‌ترتیب مربوط تیمار شاهد (۴/۷۲) و دمای صفر درجه سلسیوس (۲/۷۳) بود. بیش‌ترین ضریب جوانه‌زنی مربوط به دمای صفر درجه (۰/۳۹) و کم‌ترین آن در تیمار شاهد (۰/۲۱) مشاهده شد (جدول ۲). بذر تولید کشور ایران دارای کم‌ترین میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی و بیش‌ترین ضریب جوانه‌زنی است. ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری بین آن‌ها وجود ندارد (جدول ۳).

کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل

محل تولید، تنش سرما و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل بافت تازه برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱).

با توجه به مقایسات میانگین، بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل به‌ترتیب مربوط به دمای ۴ و ۲ درجه‌ی سلسیوس بود (جدول ۲). بذر تولید ایران دارای بیش‌ترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل است (جدول ۳). در اثر برهمکنش آن‌ها بیش‌ترین میزان کلروفیل a، کلروفیل b و کلروفیل کل مربوط به بذر تولید ایران در دمای ۴ درجه سلسیوس است. کم‌ترین میزان کلروفیل b و کلروفیل کل در بذر تولید مجارستان و دمای ۶ درجه سلسیوس است (جدول ۴).

کاروتنوئید

محل تولید، تنش سرما و اثر متقابل آن‌ها بر میزان کاروتنوئید بافت تازه برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد (جدول ۱). در نتایج مقایسه میانگین بیش‌ترین و کم‌ترین میزان کاروتنوئید بافت تازه برگ به‌ترتیب در دمای ۴ درجه سلسیوس (۶۰/۱۳ میلی‌گرم) و دمای ۲ درجه سلسیوس (۴۸/۵۶ میلی‌گرم) بر گرم است (جدول ۲). بیش‌ترین میزان کاروتنوئید بافت تازه برگ مربوط بذر تولیدی کشور ایران با ۵۷/۲۸ میلی‌گرم بر گرم است (جدول ۳).

آنتوسیانین

نتایج جدول ۱ نشان داد که محل تولید، تنش سرما و اثر متقابل آن‌ها بر محتوای آنتوسیانین بافت تازه برگ در سطح ۵ درصد معنی‌دار شد. سطوح مقایسه میانگین اثر تنش سرما نشان داد که بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آنتوسیانین بافت تازه برگ به‌ترتیب مربوط به دمای

مربوط به تیمار شاهد و دمای صفر درجه سلسیوس است (جدول ۲). بذر تولید مجارستان دارای بیش‌ترین گیاهچه عادی (۱۳/۲) و درصد جوانه‌زنی (۰/۷۴) نسبت به بذر تولید داخل است (جدول ۳). بیش‌ترین درصد بذر نرم مربوط به بذر تولید مجارستان در دمای صفر درجه‌ی سلسیوس (۷/۰) و کم‌ترین آن بذر تولید داخل و تیمار شاهد (۱/۳۳/۰) است (جدول ۴).

طول ساقه چه

اثر محل تولید بر طول ساقه‌چه در سطح ۵٪ معنی‌دار و پیش‌تیمار سرما و اثر برهمکنش آن‌ها غیر معنی‌دار شد (جدول ۱). بذر تولید کشور مجارستان با ساقه‌ای به طول ۲۷/۹ سانتی‌متر دارای طول ساقه بیش‌تری نسبت بذر تولید داخل است (جدول ۳).

طول ریشه‌چه

اثر متقابل محل تولید و تنش سرما بر طول ریشه‌چه در سطح ۵ درصد معنی‌دار و اثر متقابل آن‌ها در این صفت غیر معنی‌دار شد (جدول ۱). بیش‌ترین و کم‌ترین طول ریشه مربوط به بذر تولید داخل به‌ترتیب در تیمار شاهد (۲۱/۷ سانتی‌متر) و دمای ۶ درجه‌ی سلسیوس (۱۳/۴ سانتی‌متر) بود ولی از نظر آماری اختلاف معنی‌داری باهم نداشتند (جدول ۴).

طول گیاهچه

محل تولید بذر ذرت تری وی کراس بر طول گیاهچه در سطح احتمال ۱ درصد و اثر متقابل آن‌ها در سطح ۵ درصد معنی‌دار و تنش سرما غیر معنی‌دار شد (جدول ۱). بذر تولید کشور مجارستان در دمای ۶ درجه‌ی سلسیوس (۴۹/۵ سانتی‌متر) دارای بیش‌ترین طول گیاهچه است (جدول ۴).

محتوای نسبی آب برگ

محل تولید بذر تأثیر معنی‌داری در سطح احتمال ۵ درصد بر محتوای نسبی آب برگ داشت. تنش سرما و اثر برهمکنش آن‌ها بر محتوای نسبی آب غیرمعنی‌دار شد (جدول ۱). در نتایج مقایسه میانگین، بیش‌ترین محتوای رطوبت نسبی آب مربوط به بذر تولید داخل (۶۰/۶) است (جدول ۳).

میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی و ضریب جوانه‌زنی

نتایج تجزیه واریانس نشان داد که در تنش سرما بر روی میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی و ضریب جوانه‌زنی در سطح احتمال ۵ درصد معنی‌دار و محل تولید و اثر متقابل

جدول ۱- تجزیه واریانس صفات مختلف ذرت هیبرید تحت تنش سرما
Table 1. Analysis of variance pretreatment of hybrid corn under cold stress

| منابع تغییرات Sources of variation | میانگین مربعات Mean squares | | | | | | | | | | | | | |
|--|----------------------------------|--------------------------------|-------------------------------------|---|---|---|----------------------|-------------------------|----------------------|--|---|--|------------------|--|
| | درجه آزادی degrees of freedom | درصد جوانه‌زنی Germination% | درصد گیاهچه عادی Seedling normal | طول ریشه‌چه (سانتی‌متر) Root Length (cm) | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Shoot Length(cm) | طول گیاهچه (سانتی‌متر) (Seedling Length)(cm) | محتوی نسبی آب RWC | میانگین مدت‌زمان MGT | ضریب جوانه‌زنی GC | کلروفیل a (میلی‌گرم) Chlorophyll a (mg/g) | کلروفیل b (میلی‌گرم بر میلی‌گرم) Chlorophyll b (mg/g) | کلروفیل کل (میلی‌گرم بر میلی‌گرم) Chlorophyll total (mg/g) | کارتنوئید (mg/g) | آنتوسیانین (میلی‌گرم بر گرم) Anthocyanin (mg / g) |
| محل تولید Production site | 2 | 1687.5* | 80.03* | 2.58 ^{ns} | 73.63* | 114.4** | 367.5* | 0.9 ^{ns} | 0.002 ^{ns} | 0.02* | 0.06* | 0.13* | 297.8* | 0.99* |
| دما Temperature | 5 | 1090.4* | 53.61* | 12.6 ^{ns} | 2.8 ^{ns} | 22.1 ^{ns} | 24.8 ^{ns} | 3.81* | 0.031* | 0.03* | 0.02* | 0.07* | 136.9* | 32.5* |
| محل تولید × دما Production site × Temperature | 10 | 210.4 ^{ns} | 6.9 ^{ns} | 34* | 12.8 ^{ns} | 77.9* | 73.6 ^{ns} | 0.89 ^{ns} | 0.003 ^{ns} | 0.03* | 0.01* | 0.03* | 129.1* | 34.06* |
| خطا Error | 20 | 138.3 | 5.4 | 7.08 | 6.6 | 15.6 | 75.3 | 0.61 | 0.004 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |
| ضریب تغییرات (%) Coefficient of variation | - | 17.6 | 20.03 | 15.1 | 9.7 | 9 | 15.2 | 19.4 | 25.9 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 |

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

Ns, *and** non-significant and significant at 5% and 1% respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین خصوصیات ذرت هیبرید تری وی کراس در سطوح مختلف تنش سرما
Table 2. Means comparison characteristics of hybrid Maxima indifferent levels of cold stress

| دما (درجه سلسیوس) Temperature (C°) | درصد جوانه‌زنی Germination % | درصد گیاهچه عادی Seedling normal | میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی MGT | ضریب جوانه‌زنی GC | کلروفیل Chlorophyll a (mg/g) | کلروفیل Chlorophyll b (mg/g) | کلروفیل کل total chlorophyll (mg/g) | کارتنوئید carotenoids (mg / g) | آنتوسیانین Anthocyanin (mg / g) |
|---------------------------------------|---------------------------------|-------------------------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------|------------------------------|--|-----------------------------------|------------------------------------|
| Shahed | 82/5 ^a | 16 ^a | 4/72 ^a | 0/21 ^b | 0/70 ^b | 0/38 ^d | 0/96 ^d | 50/63 ^d | 4/025 ^e |
| 0 | 46/6 ^c | 8/1 ^c | 2/73 ^b | 0/39 ^a | 0/67 ^c | 0/47 ^c | 1/03 ^b | 57/57 ^b | 6/77 ^c |
| 2 | 71/6 ^{ab} | 12/5 ^b | 4/47 ^a | 0/22 ^b | 0/62 ^c | 0/36 ^f | 0/88 ^e | 48/56 ^e | 9/94 ^a |
| 4 | 60/8 ^b | 9/6 ^{bc} | 3/88 ^a | 0/28 ^b | 0/82 ^a | 0/51 ^a | 1/19 ^a | 60/13 ^a | 4/65 ^d |
| 6 | 70/8 ^{ab} | 11/8 ^b | 4/43 ^a | 0/23 ^a | 0/63 ^d | 0/48 ^b | 1 ^c | 53/76 ^e | 6/95 ^b |

میانگین‌ها با حروف مشابه در هرستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح احتمال ۵ درصد و ۱ درصد هستند.

Means with the same letters in each column no differences according to Duncan test at 5% and 1% probability.

جدول ۳- مقایسه میانگین خصوصیات ذرت هیبرید ماکسیما
Table 3. Means comparison characteristics of Maxima hybrid corn

| محل تولید Production site | درصد جوانه‌زنی Germination% | درصد گیاهچه عادی Seedling normal | طول ساقه‌چه (سانتی‌متر) Shoot length(cm) | طول گیاهچه (سانتی‌متر) Seedling length (cm) | محتوی نسبی آب RWC | کلروفیل a (mg/g) Chlorophyll a (mg/g) | کلروفیل b (mg/g) Chlorophyll b (mg/g) | کلروفیل کل (mg/g) total (mg/g) | کارتنوئید (mg/g) carotenoids (mg / g) | آنتوسیانین (mg/g) Anthocyanin (mg / g) |
|--|--------------------------------|-------------------------------------|---|--|----------------------|--|--|-----------------------------------|--|---|
| بذر تولید ایران Iran Production | 59 ^b | 10/0 ^b | 24/8 ^b | 41/9 ^b | 60/6 ^a | 0/7 ^a | 0/4 ^a | 1/08 ^a | 57/28 ^a | 6/6 ^a |
| بذر تولید مجارستان Hungary Production | 74 ^a | 13/2 ^a | 27/9 ^a | 45/8 ^a | 53/6 ^b | 0/6 ^b | 0/3 ^b | 0/94 ^b | 50/98 ^b | 6/2 ^b |

میانگین‌ها با حروف مشابه در هرستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ و ۱٪ هستند

Means with the same letters in each column no differences according to Duncan test at 5% and 1%.

جدول ۴- مقایسه میانگین صفات ذرت هیبرید تری وی کراس (اثرات متقابل)

Table 4. Means comparison characteristics of Maxima hybrid corn (interactions)

| تیمار Treatment | | طول ریشه root length(cm) | طول گیاهچه Seedling length(cm) | کلروفیل a Chlorophyll a (mg/g) | کلروفیل b Chlorophyll b (mg/g) | کلروفیل کل total chlorophyll (mg/g) | کاروتنوئید carotenoids (mg/g) | آنتوسیانین Anthocyanin |
|---|----------------------------|-----------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|--------------------------------------|---|----------------------------------|---------------------------|
| محل تولید Production site | دما Temperature (c°) | | | | | | | |
| تولید ایران Iran Production | Sh | 21/7 ^a | 49/3 ^a | 0/83 ^b | 0/43 ^c | 1/13 ^b | 58/76 ^c | 1/15 ⁱ |
| | 0 | 20/06 ^{abc} | 45/26 ^{abc} | 0/72 ^d | 0/46 ^d | 1/06 ^d | 54/62 ^e | 6/03 ^h |
| | 2 | 16/4 ^{bcd} | 40/2 ^{bcd} | 0/62 ^e | 0/36 ^h | 0/88 ^h | 49/58 ^h | 9/96 ^a |
| | 4 | 15/06 ^{cd} | 38/6 ^{cd} | 0/86 ^a | 0/59 ^a | 1/31 ^a | 67/58 ^a | 8/3 ^c |
| | 6 | 13/4 ^d | 36/5 ^d | 0/54 ^j | 0/57 ^b | 1/01 ^e | 55/86 ^d | 7/81 ^d |
| تولید مجارستان Hungary Production | Sh | 16/8 ^{abcd} | 43/63 ^{abcd} | 0/57 ⁱ | 0/32 ^j | 0/8 ^j | 42/5 ^j | 6/9 ^f |
| | 0 | 17/93 ^{abcd} | 45/6 ^{abc} | 0/62 ^f | 0/48 ^c | 1 ^f | 60/52 ^b | 7/5 ^e |
| | 2 | 15/53 ^{bcd} | 43/7 ^{abcd} | 0/61 ^h | 0/36 ⁱ | 0/87 ⁱ | 47/53 ⁱ | 9/93 ^b |
| | 4 | 18/83 ^{abc} | 46/9 ^{ab} | 0/77 ^c | 0/42 ^f | 1/06 ^e | 52/68 ^f | 1 ^j |
| | 6 | 20/4 ^{ab} | 49/5 ^a | 0/71 ^e | 0/39 ^g | 0/99 ^g | 51/66 ^g | 6/09 ^g |

میانگین‌ها با حروف مشابه در هرستون فاقد تفاوت آماری بر اساس آزمون دانکن در سطح ۵٪ و ۱٪ هستند.
Means with the same letters in each column no differences according to Duncan test at 5% and 1%.

بحث

بسیاری از گونه‌های گیاهان عالی در معرض انواع تنش‌های محیطی نظیر تنش خشکی، شوری و دمای پایین هستند. دمای پایین تأثیر زیادی روی جوانه‌زنی، نمو، توزیع و بازدهی اغلب گیاهان زراعی دارد (Xiong *et al.*, 2002; Xin and Browse, 1998). سرما (۰ تا ۱۵ درجه سلسیوس) و یخبندان (دماهای کم-تر از صفر درجه سلسیوس) است. تیمار سرما به‌طور متداول در طبیعت رخ می‌دهد و مهم‌ترین مسئله‌ای است که رشد گیاهان را محدود می‌کند و به بسیاری از گونه‌های گیاهی نواحی گرمسیری و نیمه‌گرمسیری آسیب می‌رساند (Lyons, 1973). نتایج تحقیق تنش دمای پایین و محل تولید بر خصوصیات جوانه‌زنی ذرت هیبرید تری وی کراس نشان داد که بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی، درصد گیاهچه عادی و طول گیاهچه در بذر تولیدی کشور مجارستان مشاهده شد. در این پژوهش بیش‌ترین و کم‌ترین درصد جوانه‌زنی به‌ترتیب مربوط به تیمار شاهد با (۸۲/۵٪) و دمای صفر درجه سلسیوس (۴۶/۶٪) بود. در مقابل بیش‌ترین ضریب جوانه‌زنی مربوط

درجه سلسیوس (۹/۹۴ میلی‌گرم) و شاهد (۴/۰۲ میلی‌گرم) بر گرم است (جدول ۲). با توجه به جدول ۳ بیش‌ترین میزان آنتوسیانین بافت برگ مربوط به بذر تولید کشور ایران (۶/۶ میلی‌گرم) نسبت به بذر تولیدشده در کشور مجارستان (۶/۲ میلی‌گرم) بر گرم است. در اثر متقابل آن‌ها بیش‌ترین و کم‌ترین میزان آنتوسیانین بافت تازه برگ مربوط به تیمارهای بذر تولید ایران و دمای ۲ درجه سلسیوس (۹/۹۴ میلی‌گرم) و بذر تولید مجارستان در دمای ۴ درجه سلسیوس (۱ میلی‌گرم) بر گرم است (جدول ۴).

همبستگی صفات

جدول همبستگی صفات ساده نشان داد بین گیاهچه عادی با درصد جوانه‌زنی، طول ساقه‌چه، طول گیاهچه و میانگین مدت‌زمان جوانه‌زنی همبستگی مثبت و با کلروفیل b، کاروتنوئید و ضریب جوانه‌زنی همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۵ درصد مشاهده شد. گیاهچه عادی با میزان کلروفیل کل همبستگی منفی معنی‌دار در سطح ۱ درصد دارد و با طول ریشه‌چه، محتوای رطوبت نسبی آب و میزان آنتوسیانین غیرمعنی‌دار شد (جدول ۵).

جدول ۵-ضرایب همبستگی ساده بین صفات مورد مطالعه در ذرت هیبرید تری وی کراس تحت تنش سرما

Table 5. Simple correlation coefficients between studied traits in Maxima hybrid corn under cold stress

| | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 7 | 8 | 9 | 10 | 11 | 12 | 13 |
|--|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------------------|----------------------|----------------------|----------------------|---------|----|
| 1. Seedling normal% درصد گیاهچه عادی | 1 | | | | | | | | | | | | |
| 2. Germination% درصد جوانه زنی | 0.929* | 1 | | | | | | | | | | | |
| 3. Radicle length (cm) طول ریشه چه | 0.183 ^{ns} | 0.160 ^{ns} | 1 | | | | | | | | | | |
| 4. Shoot length (cm) طول ساقه چه | 0.423* | 0.344 ^{ns} | 0.427* | 1 | | | | | | | | | |
| 5. Seedling length (cm) طول گیاهچه | 0.353* | 0.299 ^{ns} | 0.855* | 0.829* | 1 | | | | | | | | |
| 6. RWC محتوی رطوبت نسبی آب | -0.140 ^{ns} | -0.204 ^{ns} | 0.040 ^{ns} | 0.042 ^{ns} | 0.019 ^{ns} | 1 | | | | | | | |
| 7. Chlorophyll a (mg/g) a کلروفیل | -0.214 | -0.194 ^{ns} | 0.379* | 0.102 ^{ns} | 0.279 ^{ns} | 0.171 ^{ns} | 1 | | | | | | |
| 8. Chlorophyll b (mg/g) b کلروفیل | -0.546* | -0.536* | -0.252 ^{ns} | -0.395 ^{ns} | -0.385* | 0.231 ^{ns} | 0.308 ^{ns} | 1 | | | | | |
| 9. Total chlorophyll (mg/g) کل کلروفیل | -0.462** | -0.444* | 0.095 ^{ns} | -0.156 ^{ns} | -0.046 ^{ns} | 0.243 ^{ns} | 0.829* | 0.787* | 1 | | | | |
| 10. Carotenoids (mg/g) کاروتنوئید | -0.534* | -0.558* | -0.00 ^{ns} | -0.205 ^{ns} | -0.126 ^{ns} | 0.169 ^{ns} | 0.624* | 0.864* | 0.913* | 1 | | | |
| 11. Anthocyanin (mg/g) آنتوسیانین | -0.203 ^{ns} | -0.248 | -0.529* | -0.341 ^{ns} | -0.506* | -0.234 ^{ns} | -0.548* | 0.024 ^{ns} | -0.335 ^{ns} | -0.129 ^{ns} | 1 | | |
| 12. MGT میانگین مدت زمان جوانه زنی | 0.789* | 0.923* | 0.100 ^{ns} | 0.192 ^{ns} | 0.180 ^{ns} | -0.144 ^{ns} | -0.132 ^{ns} | -0.392* | -0.320 ^{ns} | -0.457* | -0.216 ^{ns} | 1 | |
| 13. GC ضریب جوانه زنی | -0.746* | -0.850* | -0.005 ^{ns} | -0.137 ^{ns} | -0.088 ^{ns} | 0.079 ^{ns} | 0.110 ^{ns} | 0.353 ^{ns} | 0.283 ^{ns} | 0.430* | 0.134 ^{ns} | -0.930* | 1 |

ns, * و ** به ترتیب غیر معنی دار و معنی دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد

ns, *and** non-significant and significant at 5% and 1% respectively.

(۰/۵۱ میلی گرم بر گرم)، کلروفیل کل (۱/۱۹ میلی گرم بر گرم) و کاروتنوئید (۶۰/۱۳ میلی گرم بر گرم) مربوط به دمای ۴ درجه‌ی سلسیوس و بیشترین میزان آنتوسیانین (۹/۹۴ میلی بر گرم) بافت برگ مربوط به دمای ۲ درجه سلسیوس بود. حفظ و افزایش رنگدانه‌های فتوسنتزکننده به‌عنوان یک راهبرد تطبیقی برای بهره‌گیری بیش‌تر گیاه از تابش در دمای پایین که فرآیندهای متابولیکی کند است محسوب می‌گردد. این موضوع با توجه به اهمیت ذخایر هیدرات‌کربن‌ها در ایجاد مقاومت گیاه به تنش‌های محیطی از جمله سرما قابل توجه است.

به‌طور کلی می‌توان نتیجه گرفت که تیمار بدون اعمال تنش در دمای ۲۰ درجه سلسیوس به طبع بیش‌ترین درصد جوانه‌زنی را داشته است. باکم شدن دما درصد جوانه‌زنی کاهش پیدا کرد. در مقایسه دو محل تولید، بذر تولید مجارستان درصد جوانه‌زنی بالاتری داشت. اثر متقابل بر درصد جوانه‌زنی تأثیر معنی‌داری نداشت، با توجه به این‌که بذر ذرت تری وی کراس بانام تجاری ماکسیما تولید کشور مجارستان، هیبرید میان‌رس، پایداری عملکرد بالا، مناسب برای کشت در مناطق سرد و معتدل و دامنظوره است و در بیش‌تر مناطق با آب‌وهوای سرد و معتدل کشت می‌شود. بذر ذرت هیبرید ماکسیما که در کشور تولید می‌شود در رقابت با شرکت‌های تولیدکننده مجارستانی است. با توجه به نتایج اثر متقابل بر رنگیزه‌های فتوسنتزی، می‌توان سطح تولید ذرت هیبرید تری وی کراس را در داخل کشور بالا برد و واردات آن را کاهش داد.

به دمای صفر درجه سلسیوس ۰/۳۹٪ و کم‌ترین آن تیمار شاهد با ۰/۲۱٪ بود.

برخی از پژوهشگران معتقدند که سرما با تأثیر بر فرآیندهای متوقف‌کننده سازوکار جوانه‌زنی، باعث حذف موانع جوانه‌زنی شده و در نتیجه مراحل معینی از فرآیند جوانه‌زنی به‌آرامی ادامه خواهد یافت. برخی دیگر از پژوهشگران بر این عقیده‌اند که بر اثر تفاوت در انرژی فعال‌سازی واکنش‌های مجزا از همدیگر، سرما اثرات متفاوتی بر واکنش‌ها داشته و واکنش‌های منجر به جوانه‌زنی کم‌تر تحت تأثیر سرما قرار می‌گیرند. بر اساس نظر سوم، سرما موجب تغییرات و بروز تفاوت‌هایی در تولید یا غلظت آنزیم‌ها می‌گردد و از این طریق به تحریک جوانه‌زنی منجر می‌شود (Derek and Black, 1985).

از مهم‌ترین فاکتورهایی که ممکن است فعالیت فتوسنتزی را محدود کند دمای پایین است. کاهش فتوسنتز القاشده به‌وسیله‌ی دمای پایین یک پاسخ شناخته‌شده گیاهان حساس به تیمار سرما است (Yadegari *et al.*, 2007). گزارش‌شده است که مقدار کلروفیل a و b زمانی که گیاهان در معرض تیمار سرما قرار دارند، کاهش می‌یابد (Wise and Naylor, 1987). نتایج نشان داد که دمای ۶ درجه‌ی سلسیوس باعث افزایش میزان کلروفیل b، کلروفیل کل، کاروتنوئید و آنتوسیانین بافت تازه برگ نسبت به شاهد شد. میزان کلروفیل a با بیش‌تر شدن دما نسبت به شاهد کاهش پیدا کرد. به‌طوری‌که تیمار شاهد کم‌ترین مقدار رنگیزه‌های فتوسنتزی را داشت. بیش‌ترین میزان کلروفیل b

منابع

- Alemansoori, M., Kint, J.M. and Lutts, S. 2001. Effect of salt and osmotic stresses on germination in durum wheat (*Triticum durum* Desf). *Plant Soil*, 231: 243-254. **(Journal)**
- Anonymous. 2003. Hand Book for Seedling Evaluation (3rd ed.). International Seed Testing Association (ISTA), Zurich, Switzerland. 143pp. **(Handbook)**
- Arnon, D.I. 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts. Poly phenol oxidase in *Beta vulgaris*. *Plant Physiology*, 24 (1): 1-150. **(Journal)**
- Ashraf, M. and Rauf, H. 2001. Inducing salt tolerance in maize (*Zea mays* L.) through seed priming with chloride salts: growth and ion transport at early growth stages. *Acta Physiology Plantarum*, 23: 407-414. **(Journal)**
- Atak, M., Kaya, M.D., Kaya, G., Cıkılı, Y. and Ciftçi, C.Y. 2006. Effects of NaCl on the germination, seedling growth and water uptake of triticale. *Turkish Journal of Agriculture and Forestry*, 30: 39-47. **(Journal)**
- Bewley, J.D. and Black, M. 1986. Seeds: Physiology of Development and Germination. Plenum press N.Y. and London. **(Book)**

- Bhaumik, S.B., Sharma, S.P. and Dadlani, M. 2007. Effect of season on crop growth, flowering, synchronization pattern and seed yield in the parental lines of maize (*Zea mays* L.) hybrids. *Seed Research*, 35: 139-147. **(Journal)**
- Black, M. and Derek Bewley, J. 1985. *Seeds Physiology of Development and Germination*. Plenum press, New York. 445pp. **(Book)**
- Bradford, K.J. and Hsiao, T.C. 1982. Physiological responses to moderate water stress. In O.L. Lange, P.S. Nobel, C.B.O. Smond, H.Z. Iegler, eds, *Encyclopedia of Plant Physiology*, New Series, Vol 12b. Springer Verlag, New York, pp: 263-324. **(Book)**
- Bodapati, N., Gunawardena, T.H. and Fukai, P.S.H. 2005. Increasing cold tolerance in rice. University of Queensland, School of Land and Food Sciences, RIRDC. Australia. 20p. **(Report)**
- Ehdaie, B. 2005. *Plant breeding*. Marzedanesh publication, Tehran. 454 pp. (In Persian)**(Book)**
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Science and Technology*, 9: 377-409. **(Journal)**
- GU, Z., Chen, D., Han, Y., Chen, Z. and GU, F. 2008. Optimization of carotenoids extraction from *Rhodobacter sphaeroides*. *Learning with Technologies*, 41: 1082-1088. **(Journal)**
- Kaya, M.D., Okcu, G., Atak, M., Cıkılı, Y. and Kolsarıcı, O. 2006. Seed treatments to overcome salt and drought stress during germination in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *European Journal of Agronomy*, 24: 291-295. **(Journal)**
- Levitt, J. 1980. *Responses of plants to environmental stresses*. Vol. 1, Academic Press, 496p. **(Book)**
- Lyons, J.M. 1973. Chilling injury in plants. *Annual Review of Plant Physiology*, 24: 445-466. **(Journal)**
- Patade, V.Y., Maya, K. and Zakwan, A. 2011. Seed priming mediated germination improvement and tolerance to subsequent exposure to cold and salt stress in capsicum. *Research Journal of Seed Science*, 4 (3): 125 -136. **(Journal)**
- Prasil, I.T., Prasilova, P. and Marik, P. 2007. Comparative study of direct and indirect evaluation of frost tolerance in barley. *Field Crops Research*, 102: 1-8. **(Journal)**
- Siadat, A., Mohammadi, T. and Mehrpanah, H. 2003. Identifying production problems in tropical maize. *Agricultural Education Publication*, Karaj, P. 124. (In Persian)**(Book)**
- Tasgin, E., Atici, O. and Nalbantoglu, B. 2003. Effects of salicylic acid and cold on freezing tolerance in winter wheat leaves. *Plant Growth Regulation*, 41: 231-236. **(Journal)**
- Wagner, G.J. 1979. Content and vacuole/extra vacuole distribution of neutral sugars, free amino acids, and anthocyanins in protoplast. *Plant Physiology*, 64: 88-93. **(Journal)**
- White, J.G. and Zasoski, R.J. 1999. Mapping soil micronutrients. *Field Crops Research*, 60: 11- 26. **(Journal)**
- Xiong, L., Schumaker, K. and Zhu, J.K. 2002. Cell signaling during cold, drought, and salt stress. *Plant Cell*, 14: 165-183. **(Journal)**
- Wise, R.R. and Naylor, A.W. 1987. The peroxidative destruction of lipids during chilling injury to photosynthesis and ultrastructure. *Plant Physiology*, 83: 272-277. **(Journal)**
- Xin, Z. and Browse, J. 1998. Eskimo 1 mutants of *Arabidopsis* are constitutively freezing tolerant. *Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States*, 95: 7799-7804. **(Conference)**
- Yadegari, L.Z., Heidari, R. and Carapetian, J. 2007. The influence of cold acclimation on proline, malondi aldehyde (MDA), total protein and pigments contents in soybean (*Glycine max*) seedlings. *Journal of Biological Sciences*, 7: 1436-1441. (In Persian)**(Journal)**
- Yan, W.W., Zhang, L., Chen, G., Fan, J.G., Cui, W.S. and Guo, Z.F. 2010. Comparative study for cold acclimation physiological indicators of *Forsythia mandshurica* Uyeki and *Forsythia viridissima* Ind. *Middle-East Journal of Scientific Research*, 6: 556- 562. **(Journal)**
- Zhang, S., Jiang, H., Peng, S. and Korpelainen, H.C. 2010. Sex-related differences in morphological, physiological, and ultrastructural responses of *Populus cathayana* to chilling. *Journal of Experimental Botany*, 1-12. **(Journal)**



Effects of cold stress and production location on germination characteristics, growth parameters, and photosynthetic pigments in a three way cross corn hybrid (Maxima variety)

Mostafa Najafi¹, Khadijeh Ahmadi¹, Heshmat Omid^{2*}

Received: July 8, 2015

Accepted: December 1, 2015

Abstract

To evaluate low temperature stress and production location on germination characteristics, growth parameters and photosynthetic pigments of Maxima corn, an experiment was conducted at Seed Science and Technology Laboratory of College of Agricultural Sciences, Shahed University in 2014. Experimental treatments included two production locations (Iran and Hungary) of hybrid maize (MV 524 Maxima) and pre-priming by cold distilled water at five temperatures levels (control, (no stress), zero, 2, 4 and 6 °C per Which for 2 hours in). The measured traits include germination percentage, the percentage of normal seedlings, root length and shoot and seedling, relative water content, the average time of germination, germination rate, chlorophyll a, band total, carotenoids, and anthocyanin. The highest and lowest percentage of germination was achieved in seed produced in Hungary. The highest chlorophyll a, chlorophyll b, total chlorophyll and carotenoid content was measured at 4°C temperature, while at 2°C temperature the maximum anthocyanin content was observed. It was concluded that control treatment (no stress) had the highest percentage of germination, normal seedling percentage and mean germination.

Keywords: Anthocyanin; Chlorophyll; Cold stress; Maxima hybrid corn; Germination percentage

How to cite this article

Najafi, M., Ahmadi, Kh. and Omid, H. 2017. Effects of cold stress and germination characteristics of local production, growth parameters and photosynthetic pigments hybrid corn Maxima. Iranian Journal of Seed Science and Research, 4(1): 49_58. (In Persian)(**Journal**)
DOI: [10.22124/jms.2017.2247](https://doi.org/10.22124/jms.2017.2247)

COPYRIGHTS

Copyrights for this article are retained by the author(s) with publishing rights granted to the Iranian Journal of Seed Science and Research
The content of this article is distributed under Iranian Journal of Seed Science and Research open access policy and the terms and conditions of the Creative Commons Attribution 4.0 International (CC-BY4.0) License. For more information, please visit <http://jms.guilan.ac.ir/>

1- MSc. Student of Agronomy, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

2- Assistant Professor, College of Agriculture, Shahed University, Tehran, Iran

*Corresponding author Email: omidi@shahed.ac.ir