

اثر روند تحمل به خشکیدگی بر جوانه‌زنی و قدرت بذر ذرت (*Zea mays* L.) هیبرید

عنایت رضوانی^{۱*}، فرشید قادری فر^۲، آیدین حمیدی^۳ و الیاس سلطانی^۴

۱- دانش‌آموخته دکتری زراعت دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان ۲- دانشیار دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دکتری زراعت ۳- استادیار پژوهش موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال ۴- استادیار پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران

چکیده

به منظور بررسی روند نمو و تحمل به خشکیدگی و اثر آن بر کیفیت بذر ذرت هیبرید، لاین‌های والدینی در سال ۹۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و پنج تاریخ کاشت در کرج کشت شدند. هر هفته نمونه برداری از بلال لاین مادری (B73) انجام شد. نمونه بذرهای هیبرید به دو صورت تازه و خشک شده (در هوای آزاد) تحت‌ارزیابی‌های روند رشد و نمو بذر و نیز تغییرات جوانه‌زنی و قدرت بذر قرار گرفتند. اثر تاریخ کاشت بر درصد نهایی گیاهچه عادی، متوسط زمان جوانه‌زنی و طول گیاهچه آزمون جوانه‌زنی استاندارد معنی‌دار بود. در مجموع، تاریخ کاشت چهارم بطور معنی‌داری درصد گیاهچه عادی و قدرت بذر بالاتری داشت. دامنه سرعت پر شدن بذر (از ۳/۷ الی ۹/۲ میلی‌گرم در روز) و سرعت کاهش رطوبت (از ۰/۶۳ تا ۱/۰۶ درصد در روز) در تاریخ‌های مختلف کشت متفاوت بود. بذرهای در حال نمو که خشک شده بودند خیلی زودتر (۳۰-۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی) نسبت به بذرهای تازه (۵۰-۳۰ روز بعد از گرده‌افشانی)، تحمل به خشکیدگی و جوانه‌زنی را شروع کردند و زودتر (۶۰-۳۰ روز بعد از گرده‌افشانی) از بذرهای تازه نیز به حداکثر درصد گیاهچه-های عادی و اتمام تحمل به خشکیدگی در تمام بذرها رسیدند. در تاریخ کشت سوم و چهارم، با توجه به مواجه نشدن مراحل اولیه نمو با تنش گرمایی اوایل مرداد و در نتیجه شروع فرآیند خشکیدگی در دمای خنک‌تر، تحمل خشکیدگی در تمام بذرها سریع‌تر به پایان رسید و بذرهای خشک شده، خیلی زودتر به حداکثر درصد گیاهچه عادی رسیدند. ارزیابی روند تغییرات متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT) و طول گیاهچه به عنوان شاخص‌های دیگر کیفیت بذر نشان داد بذرهای خشک شده پس از شروع جوانه‌زنی، نسبت به بذرهای تازه، خیلی سریع‌تر به حداکثر سرعت جوانه‌زنی و طول گیاهچه رسیدند و تغییرات این دو شاخص، روندی مشابه تغییرات درصد گیاهچه‌های عادی داشته است. با توجه به موارد فوق می‌توان نتیجه گرفت که تنظیم تاریخ کاشت و اجتناب از برخورد مراحل آغازین نمو با دمای بالاتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد موجب توسعه سریع تحمل به خشکیدگی تمام بذرها و ارتقای کیفیت بذر می‌شود.

کلمات کلیدی: بذر ذرت، نمو بذر، رطوبت بذر، قدرت بذر، تحمل خشکیدگی.

مقدمه

شوند (Tekrony, et al., 1989). تولید موفق محصول در هر محیطی به کیفیت اولیه بذری که کاشته می‌شود بستگی دارد. اصطلاح کیفیت بذر در عمل به توصیف ارزش کلی یک توده بذر برای هدف مطلوب استفاده می‌شود و شامل اجزای خلوص گونه

ذرت در دامنه گسترده‌ای از شرایط محیطی کشت می‌شود و به دلیل عدم پنجه‌زنی، نیاز است که نسبت بالایی از بذرهای برای جلوگیری از فضای خالی در جمعیت گیاهی و کاهش عملکرد در مزرعه سبز

*نویسنده مسئول: عنایت رضوانی، نشانی: گرگان، میدان بسیج، پردیس علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، دانشکده تولیدات گیاهی

E-mail: e.rezvani@areo.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۲/۰۲

تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۶/۱۲

می‌کنند. بعد از طی دوره خشک شدن رسیدگی بذر، بذرها به حالت غیرفعال و سکون رفته و می‌تواند برای دوره طولانی ذخیره شود (Vertucci and Farrant, 1995). در طول دوره حساس خشکیدگی، خشک شدن مجدد می‌تواند آسیب‌های جدی را به جوانه‌زنی و استقرار گیاهچه وارد نماید. اثر وقوع این آسیب‌ها و رابطه آن با تحمل خشکیدگی بذر در ذرت گزارش شده است (Leprince *et al.*, 1990). تعدادی از فرآیندها یا سازوکارها برای مشارکت در تحمل خشکیدگی پیشنهاد شده‌اند از جمله تجمع مولکول‌های محافظ بصورت ویژه، مثل پروتئین‌های وافر انتهایی جنین‌زایی (پروتئین LEA) (Bewley and Black, 1985)، وجود و عملیات مؤثر سیستم آنتی-اکسیداتی (McDonald and Copeland, 1989)، خاموشی متابولیکی (Vertucci and Farrant, 1995)، تجمع رافینوز (Brenac *et al.*, 1997) و عملیات سیستم‌های ترمیمی در طول آبیگری مجدد (Huang *et al.*, 2012). گزارش شده است که بذرها تازه کرچک تا ۵۰ روز بعد از گرده افشانی جوانه نزدند و یا جوانه‌زنی غیرعادی بود ولی بذرهایی که پیش از رسیدن در ۳۵ روز پس از گرده افشانی خشک شدند، جوانه زده و از رشد عادی برخوردار بودند. (Bewley and Black, 1994). وقوع دمای بالا طی دوره پر شدن بذر و رسیدگی باعث کاهش کیفیت بذر می‌شود (Egli *et al.*, 2005). گزارش شد که اثر دما در طول نمو بذر اتفاق می‌افتد نه بعد از رسیدگی فیزیولوژیک (Spears *et al.*, 1997). رحمان و همکاران (Rahman *et al.*, 2005) نیز اعلام نمودند کاهش کیفیت بذر با دمای دوره خشکیدگی مرتبط نیست. ویرا و همکاران (Viera *et al.*, 1992) با نمونه برداری دانه ذرت از ۲۴ روز پس از گل‌دهی گزارش

و رقم، اندازه بذر، خلوص فیزیکی، جوانه‌زنی، قدرت بذر، محتوی رطوبتی بذر و سلامت بذر است (Hampton *et al.*, 2013). در بررسی کیفیت بذر، برخی از معیارهای قابل اندازه‌گیری در خلال اجرای آزمون جوانه‌زنی استاندارد از جمله تعداد گیاهچه‌های عادی و غیرعادی که برای طبقه بندی قدرت گیاهچه‌ها استفاده می‌شوند و نیز اندازه‌گیری میزان رشد گیاهچه با تعیین طول و وزن خشک گیاهچه، ریشه اولیه و ساقه اولیه تحت عنوان آزمون رشد گیاهچه‌می‌تواند برای برآورد قدرت گیاهچه مورد استفاده قرار گیرد که برای نخستین بار به عنوان آزمون قدرت بذر ذرت توسط ووداستوک (Woodstock, 1969) به طور موفقیت آمیزی مورد استفاده قرار گرفت.

دانه‌های در حال نمو معمولاً نمی‌توانند جوانه بزنند، مگر آنکه اول خشک شوند. به نظر می‌رسد خشکی به منظور وادار کردن رویان برای غلبه بر مقاومت پوشش اطراف خودش اتفاق می‌افتد (Bewley and black, 1994). آغاز جوانه‌زنی بذرهاى خشک همزمان با کسب تحمل به خشکیدگی در بذرها و زمان تکمیل این مرحله همزمان با به حداکثر رسیدن جوانه‌زنی است (Huang and Song, 2013). تحمل خشکیدگی بصورت توانایی یک بذر برای جوانه‌زنی بعد از خشک شدن سریع (Bewley and Black, 1994) تعریف می‌شود و عمدتاً در مرحله رسیدگی وزنی بذر یا قبل از آن کسب می‌شود ولی بطور قطع قبل از رسیدگی خشک است (Golovina *et al.*, 2001). تحمل به خشکیدگی یکی از مهمترین ویژگی‌های تعیین کننده زنده‌مانی بذر در زمان انبارمانی و شرایط تنش است. بذرهاى ارتودوکس تحمل به خشکیدگی را بتدریج در طی نمو کسب

کیفیت بذر در طی نمو بذر هیبرید ذرت از طریق ردیابی تغییرات کیفیت بذر و نیز سرعت کاهش رطوبت بذر و خشکیدگی در تاریخ کشت و شرایط مختلف محیطی است که بررسی سازوکار و شرایط خشکیدگی می‌تواند در ردیابی و پیش‌بینی کیفیت بذر و در نهایت تولید بذر با کیفیت بالا از طریق زمان-بندی صحیح کاشت و برداشت تعیین‌کننده باشد.

مواد و روش‌ها

بخش مزرعه‌ای این آزمایش در سال ۱۳۹۲ در قالب طرح کاملاً تصادفی در سه تکرار و پنج تاریخ کاشت (دوم اردیبهشت، ۱۶ اردیبهشت، ۳۱ اردیبهشت، ۲۲ خرداد و هشت تیر) در مزرعه تحقیقاتی مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال کرج با مختصات جغرافیایی ۳۵ درجه و ۴۸ دقیقه شمالی و ۵۰ درجه و ۵۸ دقیقه شرقی با میانگین ارتفاع از سطح دریا در حدود ۱۳۲۱ متر اجرا شد. خلاصه آمار هواشناسی ایستگاه کرج در سال ۹۲ در جدول یک درج شد. ماه تیر و سپس مرداد دارای بیشترین میانگین دما (به ترتیب ۲۶/۶ و ۲۶/۳ درجه سانتی-گراد) بود. در ماه‌های تیر و مرداد، میانگین حداکثر دما در روز به ۳۵ درجه سانتی‌گراد رسید. حداکثر دمای ثبت شده در این دو ماه به ترتیب ۴۰ (۲۸ تیر) و ۴۱ (۲ مرداد) بود. در ۱۳ روز از نیمه دوم تیر و ۱۰ روز از نیمه اول ماه مرداد، حداکثر دما بیشتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد بود. در ۱۱ روز از نیمه دوم آذر نیز حداقل دما به زیر صفر درجه سانتی‌گراد رسید. میزان رطوبت نسبی نیز در ماه‌های آبان و آذر به حداکثر مقدار خود (۳۶ درصد) رسید.

نمودند جوانه زنی بذر از ۷۴ درصد به ۹۸ درصد در ۴۵ روز پس از گل‌دهی و در نهایت به ۹۵ درصد در ۶۲ روز پس از گل‌دهی رسید. برناک و همکاران (Brenacet *et al.*, 1997) گزارش کردند بذرهای تازه برداشت شده ذرت از ۶۴ روز تا ۸۶ روز پس از گرده‌افشانی جوانه زدند. در حالی که بذرهای که در هوای خشک به سرعت خشک شدند (آزمون تحمل خشکیدگی) خیلی زود از ۳۰ الی ۳۶ روز پس از گرده‌افشانی جوانه زدند. این در حالی است که بذرهایی که در هوای آزاد به آرامی خشک شدند حتی زودتر (از ۱۴ الی ۲۲ روز پس از گرده‌افشانی) جوانه زدند. وزن بذر در ۵۶ روز پس از گرده‌افشانی به حداکثر خود رسیده بود و رطوبت بذر نیز از ۷۵ درصد در ۲۰ روز پس از گرده‌افشانی به ۲۵ درصد در ۸۵ روز پس از گرده‌افشانی رسید.

سرعت کاهش رطوبت بذر و خشکیدگی با تاخیر در کاشت در ذرت، از یک درصد در روز به نیم درصد در روز کاهش یافت هیکس (Hicks, 2004). با استفاده از ارزیابی قابلیت جوانه‌زنی پس از خشک شدن بذر، کسب تحمل به خشکیدگی را در رویان ذرت بررسی شد و اعلام شد بذرهای ۳۶-۳۲ روز پساز گرده‌افشانی شروع به کسب تحمل خشکیدگی نمودند و درصد جوانه‌زنی بذر از صفر درصد در ۲۸ روز پس از گرده‌افشانی به ۱۰۰ درصد در ۵۲ روز پس از گرده‌افشانی رسید. همچنین گزارش شد که طول گیاهچه تولید شده توسط بذر خشک شده بطور معنی‌داری با طی شدن زمان نمو بذر، افزایش یافت (Huang and Song, 2013). هدف از این تحقیق، ارزیابی دقیق زمان و شرایط شروع و تکمیل کسب‌خشکیدگی به عنوان مهم‌ترین دوره تعیین‌کننده

جدول ۱- ویژگی‌های آب و هوایی ایستگاه کرج در طول دوره رشد ذرت در سال ۱۳۹۲

Table 1. Abbreviation of weather condition in Karaj station during maize growth in 2013

ماه Month	میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد) Average of maximum temperature (°C)	حداکثر دما (سانتی - گراد) Maximum temperature (°C)	میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد) Average of minimum temperature (°C)	حداقل دما (سانتی - گراد) minimum temperature (°C)	میانگین دمای روزانه Average of daily temperature (°C)	میانگین رطوبت نسبی Average of air humidity (%)	میزان بارندگی (میلی‌متر) Precipitations (mm)
اردیبهشت 21Apr- 21May	23.9	28.6	9.4	0.2	16.7	43.7	16.5
خرداد 22May- 21Jun	31.6	35.4	15.6	6.8	23.6	34.8	5.6
تیر 22Jun- 22Jul	35.1	40	18.2	13.6	26.6	35.4	0.3
مرداد 23Jul- 22Aug	34.9	41	17.6	14.8	26.3	43.2	2.5
شهریور 23Aug- 22Sep	33.1	37	17.7	14	25.4	34.4	1.6
مهر 23Sep- 22Oct	26.1	37.2	11.8	5.2	18.9	40.7	.
آبان 23Oct- 22Nov	15.9	21	6.7	2	11.3	63.7	35.8
آذر 23Nov- 21Dec	10.2	18.6	1.8	-5	6	67	36

مرحله شروع گل‌دهی ثبت گردید، هر هفته تعداد پنج بلال از هر تکرار برداشت و مخلوط شده و سپس بلال‌ها از وسط دو نیم شده و بذرها را قسمت وسط بلال با استفاده از پنس از چوب بلال جدا گردید. درصد رطوبت بذر بر مبنای وزن تر بر اساس دستورالعمل تعیین رطوبت بذر انجمن بین‌المللی بذر^۱ (ISTA, 2007) با روش آون محاسبه گردید. بلال‌ها در هوای آزاد بسته به مرحله نمو به مدت حداقل یک هفته خشک شدند و بذرها پس از رسیدن به رطوبت ۱۴ درصد از چوب بلال جدا شدند. وزن خشک بذر

کشت والد مادری نرعیتم (لاین اینبرد B73) و والد پدری (لاین اینبرد Mo17) طبق دستورالعمل تولید بذر ذرت هیبرید سینگل کراس ۷۰۴ انجام شد. هر کرت شامل ۱۲ ردیف پنج متری والد مادری و شش ردیف والد پدری بین خطوط مادری با الگوی کشت بصورت چهار ردیف والد مادری و دو ردیف والد پدری بود. در بین هر تکرار و نیز تاریخ‌های مختلف کشت پنج ردیف والد مادری نرعیتم به عنوان مانع فیزیکی برای جلوگیری از تداخل گرده-افشانی کشت شد. فواصل ردیف ۷۵ سانتی‌متر و فواصل بوته ۱۸ سانتی‌متر بود. از بوته‌های چهار ردیف وسط که مشابه شرایط مزارع کشاورزان است دو ردیف انتخاب گردید. بعد از این که در هر گیاه

1. ISTA handbook on moisture determination

تعداد بذره‌های جوانه‌زده یادداشت شد. با شمارش روزانه تعداد بذره‌های جوانه‌زده، متوسط زمان لازم برای جوانه‌زنی با استفاده از رابطه زیر محاسبه گردید. (Ellis and Robert, 1981).

$$\text{MGT} = \frac{\sum(n \times d)}{\sum n} \quad \text{(رابطه ۲):}$$

که در این رابطه تعداد بذره‌های جوانه زده طی هفت روز، d روز شمارش و $\sum n$ تعداد کل بذره‌های جوانه زده است. تجزیه واریانس صفات مربوط به کیفیت نهایی بذر و مقایسه میانگین اثر تاریخ‌های کشت استفاده از نرم‌افزار SAS و آزمون چند دامنه‌ای دانکن انجام گرفت. برای بررسی دقیق‌تر تغییرات رطوبت بذر در طی زمان از مدل رگرسیون خطی استفاده شد و تغییرات رطوبت بذر برای هر تاریخ کاشت با استفاده از مدل رگرسیون خطی رسم گردید. همچنین نمودار درصد گیاهچه‌های عادی، MGT و طول گیاهچه و انحراف استاندارد تکرارها در طول دوره نمو برای پنج تاریخ کشت، هم برای بذر تازه و هم برای بذر خشک شده، با استفاده از نرم‌افزار Excel رسم و مقایسه گردید.

نتایج و بحث

در این آزمایش، آغاز گرده‌افشانی‌ها، از ۲۰ تیرماه در تاریخ کشت اول الی اول مهر در تاریخ کشت پنجم و پایان نمو و رسیدگی نیز به ترتیب از ۱۴ مهر الی ۲۳ آذر ماه بوده است. لذا با توجه به دامنه ۵۰ روزه تاریخ‌های کاشت، بذره‌های در حال نمو شرایط محیطی، دمایی و رطوبتی متفاوتی را سپری کرده‌اند. اثر تاریخ کاشت بر کیفیت نهایی بذر تولید شده در تاریخ‌های مختلف کشت در سه شاخص اندازه‌گیری شده در سطح یک درصد برای درصد گیاهچه

با خشک کردن بذرها در آون در دمای ۷۵ درجه به مدت ۴۸ ساعت بدست آمد. سرعت پر شدن بذر^۱ از تقسیم حداکثر وزن خشک بذر بر تعداد روز تا پایان پر شدن بذر بدست آمد. دوره پر شدن بذر^۲ نیز از رابطه ۱ بدست آمد (Egli, Daynard *et al.*, 1971, 1998).

$$\text{SFD} = \frac{W_{\max}}{\text{SFR}} \quad \text{(رابطه ۱):}$$

در این رابطه SFD دوره پر شدن بذر، W_{\max} حداکثر وزن خشک بذر و SFR سرعت پر شدن بذر می‌باشند. آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذره‌های در حال نمو بر اساس روش انجمن بین‌المللی بذر (ISTA, 2012) در چهار تکرار در قالب طرح کاملاً تصادفی با روش کاشت بین کاغذ (نوع ساندویچی با حوله‌ی کاغذی) انجام شد. بدین صورت که دولایه کاغذ در زیر و یک لایه بر روی بذرها قرار داده شد (ISTA, 2012). ظرف‌های کشت شده درون ژرمیناتور به مدت هفت روز تحت دمای ۲۵ درجه سانتی‌گراد قرار داده شدند. بعد از هفت روز تعداد گیاهچه‌های عادی، غیرعادی و جوانه‌زده با استفاده از دستورالعمل ارزیابی گیاهچه انجمن بین‌المللی بذر^۳ (ISTA, 2013) شمارش شدند. پس از پایان آزمون جوانه‌زنی استاندارد تعداد ۱۰ گیاهچه عادی به‌طور تصادفی از هر تکرار انتخاب و طول گیاهچه، ساقه اولیه و ریشه اولیه اندازه‌گیری شد. به‌منظور تعیین متوسط زمان جوانه‌زنی^۴ (MGT) که شاخصی از سرعت و جوانه‌زنی است، به‌طور روزانه ظرف‌های کشت شده مورد بازدید قرار گرفت و

1. Seed Filling Rate
2. Seed Filling Duration
3. ISTA handbook on seedling evaluation
4. Mean Germination Time

معنی داری سرعت جوانه زنی بیشتری داشتند و بین سه تاریخ کشت دیگر، اختلاف معنی دار وجود نداشت. در شاخص طول گیاهچه نیز تاریخ کشت چهارم بیشترین طول گیاهچه را داشت ولی با وجود اختلاف معنی دار با تاریخ کشت دوم، سوم و پنجم، اختلاف آن با تاریخ کشت دوم معنی دار نبود. در مجموع سه شاخص مربوط به کیفیت بذر، به نظر می رسد کیفیت بذر در تاریخ کشت چهارم از بقیه بهتر است.

عادی و پنج درصد برای متوسط زمان جوانه زنی معنی دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین کیفیت نهایی بذر در تاریخ های مختلف کشت (جدول ۳)، در شاخص درصد گیاهچه های عادی، بین چهار تاریخ کشت اول اختلاف معنی دار وجود نداشت. فقط در تاریخ کشت پنجم، درصد گیاهچه عادی به طور معنی داری از بقیه تاریخ کشت ها کمتر بود. در شاخص متوسط زمان جوانه زنی یا به عبارت دیگر سرعت جوانه زنی، تاریخ کشت چهارم و پنجم، بطور

جدول ۲- تجزیه واریانس صفات مربوط به کیفیت نهایی بذر هیبرید ذرت در تاریخ های مختلف کاشت

Table 2-Analysis of variance of seed quality related traits in hybrid maize seed at different sowing dates

منابع تغییر S.O.V	میانگین مربعات Mean square		
	درصد گیاهچه عادی Normal seedlings%	متوسط زمان جوانه زنی (روز) MGT (day)	طول گیاهچه (سانتی متر) Seedling length (cm)
تاریخ کشت Sowing date	0.03*	1.36**	12.5**
اشتباه آزمایشی Error	0.006	0.01	1.3
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	5.4	3.18	3.4
میانگین Mean	98.7	3.14	33.4

جدول ۳- مقایسه میانگین صفات مربوط به کیفیت نهایی بذر هیبرید ذرت در تاریخ های مختلف کاشت

Table 3-Mean comparison of seed quality related traits in hybrid maize seed at different sowing dates

منابع تغییر S.O.V	میانگین Mean		
	درصد گیاهچه عادی Normal seedlings (%)	متوسط زمان جوانه زنی (روز) MGT (day)	طول گیاهچه (سانتی متر) Seedling length (cm)
۲ اردیبهشت ۲۲-(T1) Apr	100a	3.6a	34.4ab
۱۶ اردیبهشت ۰۶-(T2) May	99.3a	3.7a	31.6c
۳۱ اردیبهشت ۲۱-(T3) May	98ab	3.6a	32.05c
۲۲ خرداد ۱۲-(T4) Jun	99.7a	2.5b	36.6a
۸ تیر ۲۹-Jun (T5)	96.5b	2.3b	32.5bc

متوسط دمای روزانه در دوره نمو بذر در تاریخ کشت اول در یک دوره ۶۷ روزه ۲۶/۶ درجه سانتی گراد بود که نسبت به سایر تاریخ کشت ها نمو و رسیدگی

شاخص های مربوط به دوره رشد بر اساس روز و همچنین وزن خشک و سرعت و طول دوره پر شدن بذر ذرت در جدول ۴ نشان داده شده است. میانگین

به دماهای مختلف در دوره پر شدن بذر است. آجایی و همکاران (Ajayiet al.,2005) نیز سرعت پر شدن بذر ذرت را ۸/۹ میلی گرم در روز اعلام کرده بودند. سرعت پر شدن بذر و نیز سرعت خروج رطوبت از بذر دو عامل مهم تعیین کننده کیفیت خشکیدگی هستند.

را در دمای بالاتری طی کرده است. میانگین رطوبت نسبی روزانه طی نمو بذر نیز هر چه تاریخ کشت به تاخیر افتاده است روند افزایشی داشته و از ۴۰ درصد در تاریخ کشت اول به ۵۲ درصد در تاریخ کشت آخر رسید. سرعت پر شدن دانه از ۳/۷ تا ۹/۲ میلی گرم در روز متفاوت بوده است که علت آن برخورد

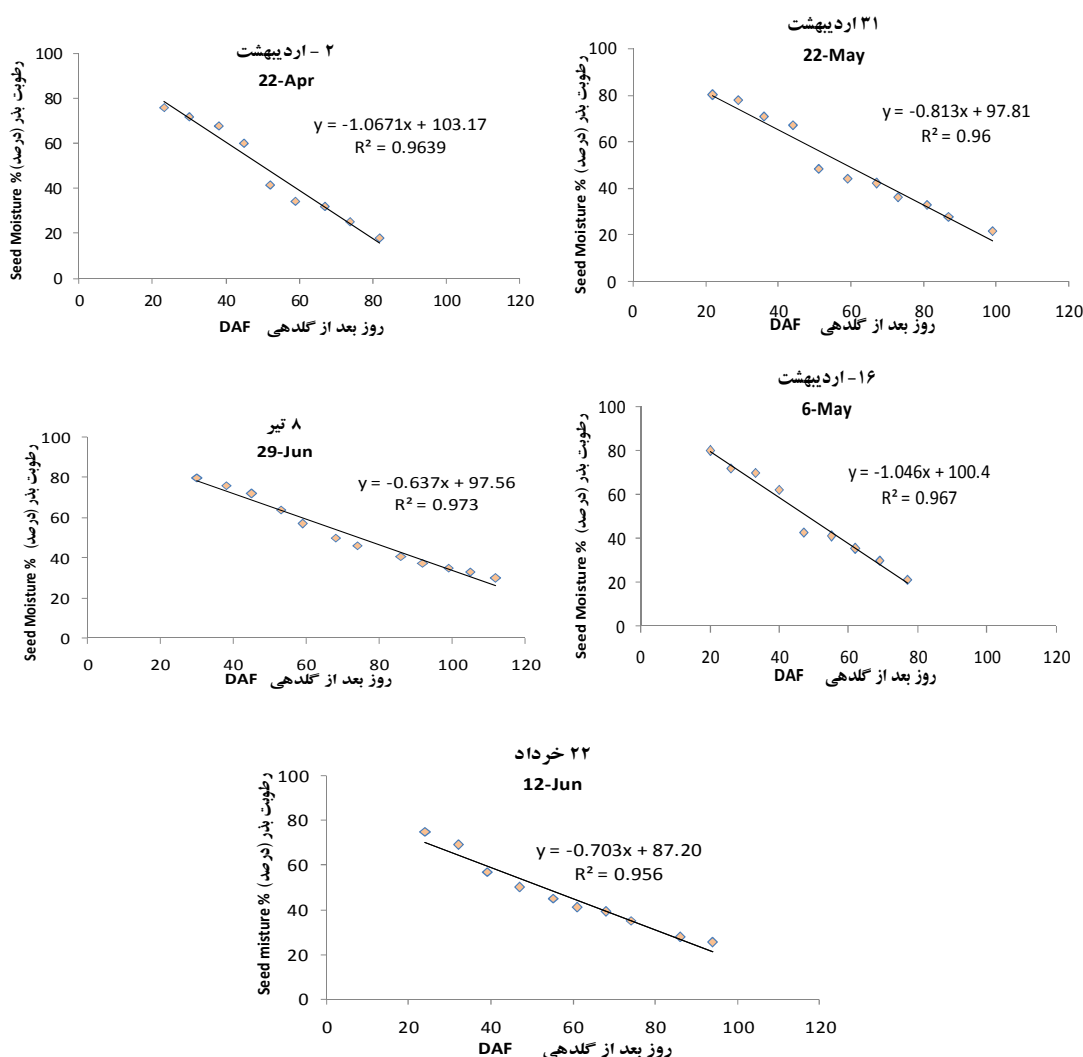
جدول ۴- ویژگی‌های فنولوژیک و رشد بذر هیبرید ذرت تشکیل شده روی لاین مادری B73 در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table4. Phenologic and growth characteristics of maize hybrid seed on the female plant B73 at different sowing dates

Sowing Date	زمان کاشت	روز از کاشت تا پایان گرده افشانی	روز از گرده افشانی تا پایان نمو	میانگین دمای روزانه طی نمو (°C)	میانگین رطوبت نسبی هوا طی نمو (%)	سرعت پر شدن بذر (میلی گرم در روز)	شیب کاهش رطوبت بذر (درصد در روز)
		Day from planting to pollination	Day to formation of black layer	Average of Daily temperature during development	Average of Daily relative humidity during development	Seed Filling Rate (mg/day)	Seed moisture decreasing (percent/day)
22-(T1) Apr	۲ اردیبهشت	86	67	26.6	40.5	7	-1.067
06-May(T2)	۱۶ اردیبهشت	85	62	25.1	37.4	9.2	-1.046
21-May(T3)	۳۱ اردیبهشت	76	81	21.9	39.6	3.7	-0.81
12-(T4) Jun	۲۲ خرداد	69	86	20.6	41.6	4.6	-0.7
29-Jun (T5)	۸ تیر	67	99	15.2	52.1	3.8	-0.63

از حدود یک درصد در زمان بالا بودن دما به ۰/۶۳ درصد در روز در دمای پایین تر کاهش یافت. هیکس (Hicks, 2004) نیز به نتایج مشابهی در این زمینه دست یافته بود و اعلام کرده بود در دمای پایین تر سرعت کاهش رطوبت بذر ذرت از یک درصد به نیم درصد کاهش می یابد. تاریخ کشت اول با شیب کاهش رطوبتی ۱/۰۶ درصد در روز دارای بیشترین شیب کاهش رطوبت است. این شیب رطوبت در زمانی رخ داد که میانگین دمای روزانه در طی نمو ۲۶/۶ درجه سانتی گراد بود.

سرعت کاهش رطوبت بذر در زمان (روز) که نشانگر سرعت خشکیدگی در بذر ذرت است در شکل ۱ نشان داده شده است. با تاخیر در کاشت، هرچه دوره نمو بذر به دمای ملایم تری برخورد کرد سرعت خروج رطوبت بذر و در نتیجه سرعت خشکیدگی کاهش یافت. این بدین معنی است که کسب تحمل خشکیدگی با فرصت کافی قابل انجام بوده و سرعت کمتر خروج رطوبت بذر نیز امکان حفظ ساختارهای بذر را که در تحمل خشکیدگی موثر هستند فراهم می کند. این شیب کاهش رطوبت



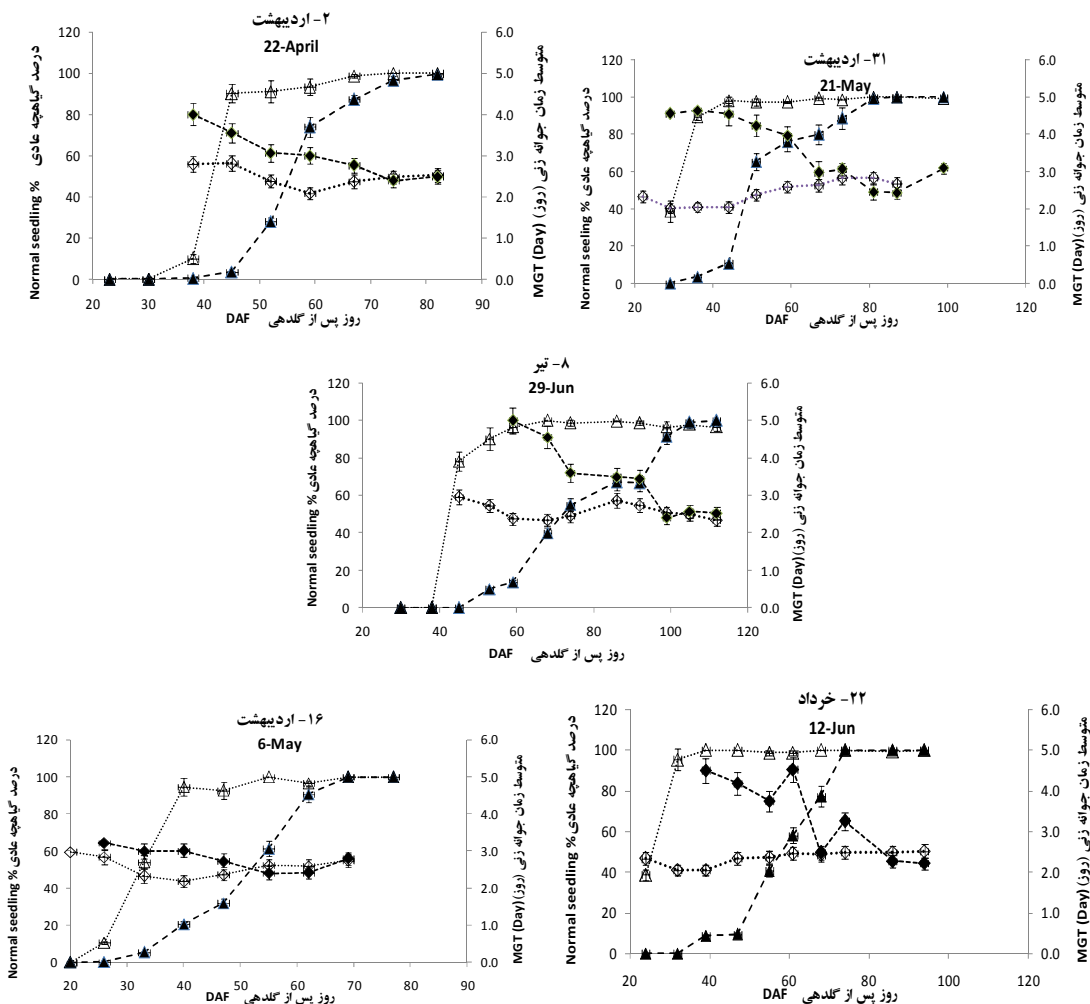
شکل ۱- نمودار تغییرات درصد رطوبت بذر تازه هیبرید ذرت طی نمو و رسیدگی و شیب خط رگرسیون کاهش رطوبت بذر در شرایط محیطی مختلف حاصل از پنج تاریخ کشت مختلف

Figure- 1 Changes in normal seedling percentage of fresh and dried maize hybrid seed in developing and maturity stages and decreasing slope of seed moisture content in different condition prepared by five different sowing dates

شده زودتر از بذرهای تازه جوانه زدند. بذرهای تازه در تاریخ کشت‌های اول تا پنجم به ترتیب بعد از ۴۵، ۴۵، ۳۸، ۳۸ و ۴۵ روز بعد از گرده‌افشانی شروع به جوانه‌زنی کردند و در ۶۷، ۶۷، ۷۴، ۷۴ و ۸۵ روز بعد از گرده‌افشانی به حداکثر درصد گیاهچه‌های عادی رسیدند، در حالیکه این مقادیر برای بذرهای خشک شده در هوای آزاد در تاریخ کشت اول و دوم ۳۸ و ۳۰ روز و در بقیه تاریخ کشت‌ها کمتر از ۲۳ روز بعد از شروع گرده‌افشانی بود. همچنین این بذرها به

تاریخ کشت پنجم با شیب ۰/۶۳ درصد در روز کمترین شیب کاهش رطوبتی را دارد که در میانگین دمای ۱۵/۲ درجه سانتی‌گراد در طی نمو رخ داد. در صورتی که تحمل خشکیدگی بدون تنش‌های محیطی به خصوص تنش گرمایی رخ دهد انتظار می‌رود کیفیت بذر بالاتر باشد. نمودار تغییرات درصد گیاهچه‌های عادی و متوسط زمان لازم جوانه‌زنی (MGT) در آزمون جوانه‌زنی استاندارد (شکل ۲) نشان داد در همه تاریخ‌های کشت، بذرهای خشک

ترتیب در ۴۲، ۴۵، ۳۸، ۳۰ و ۵۲ روز بعد از گرده-
 اشنایی به حداکثر درصد گیاهچه عادی یا تکمیل
 تحمل خشکیدگی در تمام بذرها رسیدند.



شکل ۲- نمودار تغییرات درصد گیاهچه عادی بذر تازه و خشک شده بذر هیبرید ذرت طی نمو و رسیدگی در ۵ تاریخ کشت
 • خطوط منقطع با نقاط توپر مثلثی میانگین چهار تکرار تعداد گیاهچه‌های عادی بذر تازه بعد از نمونه‌برداری و خطوط نقطه چین با نقاط توخالی مثلثی میانگین چهار تکرار تعداد گیاهچه‌های عادی بذر خشک شده بعد از نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. خطوط منقطع با نقاط توپر لوزی میانگین چهار تکرار MGT بذر تازه بعد از نمونه‌برداری و خطوط نقطه چین با نقاط توخالی میانگین چهار تکرار MGT بذر خشک شده بعد از نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. خطوط بالا و پایین این نقاط، انحراف معیار حاصل از چهار تکرار هر نمونه را نشان می‌دهد. نقاطی که خطوط انحراف معیار قابل مشاهده نیست مقدار آن از اندازه آن نقطه کمتر است.

Figure 2. Changes in normal seedling percentage and Mean Germination Time (MGT) of fresh and dried maize hybrid seed in development and maturity stages at 5 sowing dates. Blank and filled triangle marks is normal seedling percentage of fresh and dried seeds, respectively. Blank and Filled quadrangle marks is MGT of fresh and dried seeds, respectively. The above and beneath line of the points is the standard error of four laboratory replications.

جوانه زنی بعد از شروع نمو بتدریج کاهش می‌یابد.
 به عبارتی دیگر سرعت جوانه‌زنی با طی نمو بذر
 افزایش می‌یابد. بذرهاى تازه در تاریخ کشت اول تا

نمودار تغییرات MGT نیز به عنوان معیار سرعت
 جوانه زنی و یکی از شاخص‌های کیفیت بذر در
 ذرت نشان داد در بذر تازه مدت زمان لازم برای

قدرت بذر نیز افزایش یافت. نکته مهم اینست که بعد از پایان کسب خشکیدگی یا به حداکثر رسیدن کیفیت بذر، MGT بذر خشک شده از بذر تازه بالاتر است. یعنی پس از پایان فرآیند تحمل خشکیدگی، در صورت عدم برداشت بذر، قدرت بذر کاهش می‌یابد. نقطه‌ای که در آن MGT بذر تازه و خشک شده به هم می‌رسند زمانی است که تحمل خشکیدگی دیگر تاثیری بر کیفیت بذر ندارد. برناک و همکاران (Brenac et al., 1997) گزارش کرده بودند بذره‌های تازه برداشت شده ذرت از ۶۴ روز تا ۸۶ روز پس از گرده‌افشانی جوانه زدند. بذرهایی که در هوای آزاد به آرامی خشک شدند خیلی زودتر (از ۱۴ الی ۲۲ روز پس از گرده‌افشانی) جوانه‌زنی را شروع کردند. هوانگ و سانگ (Huang and Song, 2013) نیز گزارش کرده بودند بذره‌های ذرت ۳۲-۳۶ روز پس از گرده‌افشانی شروع به تحمل خشکیدگی نمودند و به ۱۰۰ درصد در ۵۲ روز پس از گرده‌افشانی رسید و تحمل به خشکیدگی در تمام بذرها تکمیل گردید.

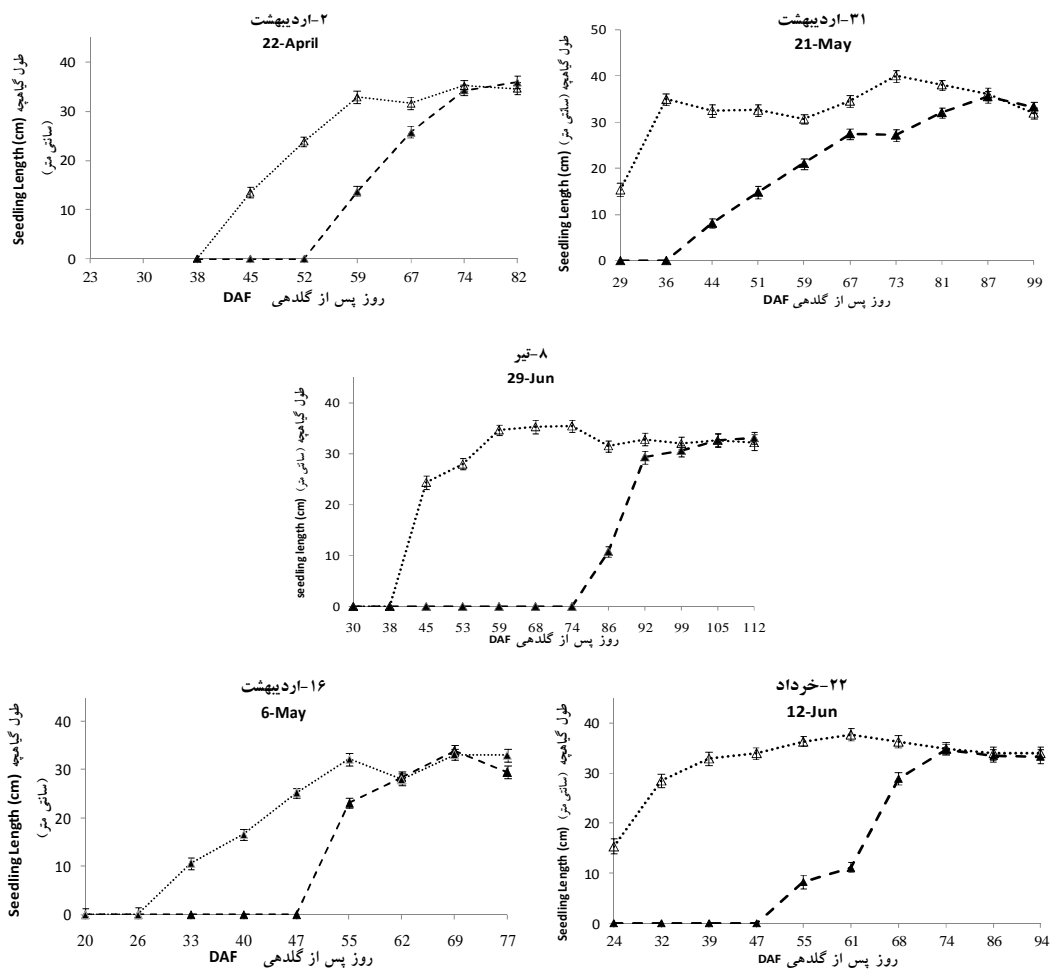
نمودار تغییرات طول گیاهچه در جوانه‌زنی استاندارد (شکل ۳) به عنوان یکی از شاخص‌های کیفیت بذر نشان داد بذره‌های خشک شده تا زمان به حداکثر رسیدن طول گیاهچه بذر تازه، از طول بیشتری برخوردار هستند ولی هر چه به زمان رسیدگی نزدیکتر می‌شود اختلاف کمتر شده و در نهایت، طول گیاهچه بذره‌های تازه، پس از تشکیل لایه سیاه، ابتدا مساوی بذره‌های خشک شده و در نهایت از آن بیشتر شد. به دلیل این که بذرها لاجرم برای انبارداری و مصرف باید خشک شوند، این به معنی کاهش کیفیت بذر بعد تکمیل دوره نمو بذر و کسب کامل تحمل خشکیدگی است. مقایسه نمودار به حداکثر رسیدن طول گیاهچه در تاریخ کشت‌های مختلف در

پنجم به ترتیب در ۶۸، ۶۲، ۶۸، ۶۸ و ۹۹ روز پس از گل‌دهی به حداکثر سرعت جوانه‌زنی رسیده‌اند. این روند در بذر خشک شده نیز مشاهده می‌شود. در بذر خشک شده نیز ابتدا MGT کاهش یافته و بذرها به ترتیب در ۴۹، ۳۸، ۳۸، ۳۲ و ۵۹ روز پس از گل‌دهی به حداکثر سرعت جوانه‌زنی رسیدند. سپس در اواخر دوره رسیدگی بذر، سرعت جوانه‌زنی کاهش یافت. ویرا و همکاران (Viera et al., 1992) نیز با نمونه برداری دانه ذرت از ۲۴ روز پس از گل‌دهی گزارش نموده بودند جوانه زنی به ۹۸٪ در ۴۵ روز پس از گل‌دهی و در نهایت به ۹۵٪ در ۶۲ روز پس از گل‌دهی رسیده است. نتایج نشان داد هر چه دوره خشکیدگی بذر به دمای کمتر برخورد کرد اختلاف بین حداکثر جوانه‌زنی بذر تازه و بذر خشک شده در اوایل نمو بیشتر شد و این مقدار از ۱۲ روز در تاریخ کشت اول به ۴۰ روز در تاریخ کاشت آخر رسید. هیکس (Hicks, 2004) نیز اعلام کرده بود در دمای پایین‌تر سرعت کاهش رطوبت بذر ذرت از یک درصد به نیم درصد کاهش می‌یابد. این موضوع نشانگر این مسئله است که در صورت اجتناب از برخورد دوره نمو بذر با تنش گرمایی اوائل مرداد و وقوع خشکیدگی در دمای مناسب‌تر، تحمل خشکیدگی سریع‌تر تکمیل شده و بذره‌های خشک شده خیلی زودتر به حداکثر جوانه‌زنی می‌رسند.

گزارشات سایر محققین در گیاهان دیگر نیز بطور کلی حصول چنین نتیجه‌ای را قابل انتظار می‌سازد (Egli et al., Bewley and Black, 1994). روند تغییرات در شاخص MGT نیز مشابه روند تغییرات درصد گیاهچه‌های عادی بود. MGT بذر تازه بیشتر از بذر خشک شده بود و با خشک شدن بذر و اتمام تحمل خشکیدگی در تمام بذرها،

کیفیت بذر بعد از خشک شدن می‌شود. هوانگ و سانگ (Huang and Song, 2013) گزارش کرده بودند که طول گیاهچه تولید شده توسط بذر خشک شده به‌طور معنی‌داری با طی شدن زمان نمو بذر، افزایش می‌یابد.

بذرهای تازه و بذرهای خشک شده نشان می‌دهد بذرهای خشک شده، پس از شروع جوانه‌زنی خیلی سریعتر به حداکثر طول گیاهچه می‌رسند و اجتناب از تنش گرمایی اواخر تیر و اوائل مرداد (دمای کمتر از ۳۵ درجه سانتی‌گراد) در زمان خشکیدگی موجب سرعت بخشیدن تکمیل کسب تحمل به خشکیدگی و



شکل ۳- نمودار تغییرات طول گیاهچه بذر تازه و خشک شده هیبرید ذرت طی نمو و رسیدگی در ۵ تاریخ کشت

- خطوط منقطع با نقاط توپر مثلثی میانگین چهار تکرار طول گیاهچه‌های بذر تازه بعد از نمونه‌برداری و خطوط نقطه چین با نقاط توخالی مثلثی میانگین چهار تکرار طول گیاهچه‌های بذر خشک شده بعد از نمونه‌برداری را نشان می‌دهد. خطوط بالا و پایین این نقاط، انحراف معیار حاصل از چهار تکرار هر نمونه را نشان می‌دهد. نقاطی که خطوط انحراف معیار قابل مشاهده نیست مقدار آن از اندازه آن نقطه کمتر است.

Figure-3 Changes in normal seedling percentage and Mean Germination Time (MGT) of fresh and dried maize hybrid seed in development and maturity stages at 5 sowing dates.

Blank and filled triangle marks is normal seedling percentage of fresh and dried seeds, respectively. Blank and Filled quadrangle marks is MGT of fresh and dried seeds, respectively. The above and beneath line of the points is the standard error of four laboratory replications.

تا این دوره با کمترین تنش به‌ویژه تنش گرما طی شود. پس از پایان این دوره، امکان برداشت بذر به‌طور نظری وجود دارد و بهترین کیفیت بذر در پایان این مرحله حاصل می‌شود.

سپاسگزاری

بدینوسیله از ریاست محترم، مدیران و کارکنان موسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال و نیز کارشناسان آزمایشگاه ملی بذر که در اجرای این طرح همکاری و کمک شایانی نمودند تشکر و قدردانی می‌نمایم.

به‌طور کلی کسب تحمل به خشکیدگی در بذر ذرت ۲۵-۲۰ روز پس از گرده‌افشانی شروع می‌شود و در این دوره تا تکمیل تحمل خشکیدگی در تمام بذرها، وضعیت شرایط محیطی بسیار مهم است. بسته به تاریخ کاشت، زمان آغاز و طول مدت تکمیل تحمل به خشکیدگی متفاوت است و تاریخ‌های مختلف کاشت از طریق تغییر در کیفیت متحمل شدن بذر به خشکیدگی، بر کیفیت بذر اثرگذار هستند. لذا باید شرایط تاریخ کاشت را طوری فراهم کرد که دوره حیاتی کسب تحمل خشکیدگی با مناسبترین شرایط محیطی به خصوص شرایط دمایی مواجه شود

References

منابع مورد استفاده

- Ajayi, S.A., G. Rühl and J.M. Greef. 2005. Physiological basis of quality development in relation to compositional changes in maize seed. *Seed Sci. Technol.* 33: 605-621.
- Bewley J.D., and M. Black. 1985. *Seeds: physiology of development and germination*. New York: Plenum Press.
- Bewley, J. D., and M. Black. 1994. *Seeds: physiology of development and germination*. 2nd edition. New York. Plenum Press.
- Brenac, P., M. Horbowicz., S.M. Downer, A.M. Dickerman, M.E. Smith and R.L. Obendore. 1997. Raffinose accumulation related to desiccation tolerance during maize (*Zea mays* L.) seed development and maturation. *J. Plant Physiol.* 150:481-488
- Daynard, T.B., J.W. Tanner and W.G. Duncan. 1971. Duration of the grain filling period and its relationship to grain yield in corn, (*Zea mays* L.). *Crop Sci.* 11:45-48
- Egli, D.B. 1998. *Seed biology and yield of grain crops*. CAB international, Wallingford, UK.
- Egli, D.B., D.M. Tekrony., J.J. Heitholt and J. Rupe. 2005. Air temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Crop Sci.* 45: 1329-1335.
- Ellis, R.H. and E.H. Roberts. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. *Seed Sci. Technol.* 9: 377-409.
- Golovina, E.A., F.A. Hoekstra and A. Van Alest. 2001. The competence to acquire cellular desiccation tolerance is independent of seed morphological development. *J. Exp. Bot.* 358:1025-1027
- Hampton, J. G., B. Boelt., M.P. Rolston and T.G. Chastain. 2013. Effects of elevated CO₂ and temperature on seed quality. *J. Agric. Sci.* 151: 154-162
- Hicks, S.D. R. 2004. The corn crop-frost and maturity. University of Minnesota [Online]. Available at <http://www.extension.umn.edu>
- Huang, H., I.M. Muller and S.Q. Song. 2012. Proteomics of desiccation tolerance during development and germination of maize embryos. *J. Proteomics.* 75: 1247 – 1262
- Huang, H. and S.Q. Song. 2013. Change in desiccation tolerance of maize embryos during development and germination at different water potential PEG-6000 in relation to oxidative process. *Plant Physiol. Biochem.* 68:61-70
- International Seed Testing Association (ISTA). 2007. *ISTA handbook on moisture determination*. Basserdorf, Switzerland.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2012. *International rules for seed testing*. Basserdorf, Switzerland.
- International Seed Testing Association (ISTA). 2013. *ISTA Handbook on Seedling Evaluation*. 3rd Edition. Basserdorf, Switzerland.

- Leprince O., and C.W. Vertucci. 1995.** A calorimetric study of glass transition behaviors in axes of bean with relevance to storage stability. *Plant Physiol.*109:1471–1481.
- McDonald, M.B. and L.O. Copeland. 1989.** Seed science and technology laboratory manual. Iowa State Univ. Press.
- McDonald, M. B. 1999.** Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27:177–237.
- Rahman, M.M., J.G. Hampton and M.J. Hill. 2005.** The effect of time of sowing on soybean seed quality. *Seed Sci. Technol.* 33: 687-697.
- Spears, J.F., D.M. Tekrony and D.B. Egli. 1997.** Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigor. *Seed Sci. Technol.* 25:233-244.
- Tekrony, D.M., D.B. Egli and D.A. Wickham. 1989.** Corn seed vigor effect on no-tillage field performance: II. Plant growth and grain yield. *Crop Sci.* 29:1528-1531.
- Vertucci, C. W. and J.M. Farrant.1995.** Acquisition and loss of desiccation tolerance. P.237-271. In J. Kigel and G. Galili (Eds.), *Seed Development and Germination*. Marcel Dekker Inc. New York.
- Viera, R.D., D.M. Tekrony and D.B. Egli.1992.** Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. *J. Seed Technol.* 15:12-21.