علوم و تحقیقات بذر ایران
سال چهارم/ شماره دوم/ ۱۳۹۶ (۹۵ - ۸۳)

DOI: 10.22124/jms.2017.2499

ارزیابی شاخص‌های مختلف مرتبط با رسیدگی فیزیولوژیک، زمان برداشت و تعیین حداکثر کیفیت بذر هیبرید ذرت (*Zea mays* L.)

عنایت رضوانی[۱]، فرشید قادری‌فر*[۲]، آیدین حمیدی[۳]، الیاس سلطانی[۴]

تاریخ دریافت: ۱۳۹۴/۱۰/۹ تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۲/۱۳

چکیده

به‌منظور بررسی شاخص‌های ارزیابی کیفیت فیزیولوژیک بذر هیبرید ذرت در مراحل نمو و رسیدگی و تعیین زمان مناسب برداشت، پژوهشی در قالب طرح کاملاً تصادفی در سال ۹۲ در سه تکرار و پنج تاریخ کاشت (دوم اردیبهشت، ۱۶ اردیبهشت، ۳۱ اردیبهشت، ۲۲ خرداد و هشت تیر) در کرج اجرا و صفات مربوط به فنولوژی و مورفولوژی گیاه و بذر در طول دوره رشد یادداشت‌برداری گردید. پس از تلقیح توسط والد پدری (اینبرد لاین Mo17)، هر هفته نمونه‌برداری از بلال پایه‌های مادری (اینبرد لاین B73) انجام شد. بذرها در هوای آزاد خشک و تحت آزمون‌های آزمایشگاهی قرار گرفتند. از نظر کیفیت نهایی بذر اختلاف بین تاریخ کشت‌ها معنی‌دار و تاریخ کشت چهارم (۲۲ خرداد) بالاترین کیفیت را داشت. بسته به تاریخ کاشت، سرعت و دوره پر شدن بذر و سرعت خروج رطوبت از بذر، که از عوامل تعیین‌کننده کیفیت بذر است، در تاریخ‌های مختلف کشت به‌طور معنی‌داری متفاوت بود. رسیدگی فیزیولوژیک یا حداکثر درصد گیاهچه‌های عادی، در ۶۸-۴۷ روز پس از گلدهی، با رطوبت ۵۴-۴۰ درصد و رسیدگی وزنی بعد از ۸۶-۴۷ روز، در رطوبت ۴۳-۴۰ درصد حاصل شد. اما لایه سیاه در رطوبت ۳۵-۳۲ درصد تشکیل شد. بنابراین ابتدا رسیدگی فیزیولوژیک، سپس رسیدگی وزنی و بعد رسیدگی لایه سیاه رخ داد. هر چه تاریخ کاشت به تأخیر افتاد رسیدگی وزنی و فیزیولوژیک در رطوبت بالاتری حاصل و امکان برداشت بلال بذر بسته به تاریخ کاشت و به شرط خشک کردن آرام و مناسب در رطوبت‌های بالاتر (۵۰-۴۰ درصد) وجود داشت. رطوبت بذر نسبت به روز و درجه‌روز رشد، شاخص مناسب‌تری از ردیابی روند تغییرات نمو، رسیدگی وزنی و فیزیولوژیکی بذر فراهم نمود.

واژه‌های کلیدی: جوانه‌زنی، ذرت، رسیدگی فیزیولوژیک، رسیدگی وزنی، لایه سیاه، نمو

۱- دانشجوی دکتری زراعت، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۲- دانشیار، دانشگاه علوم کشاورزی و منابع طبیعی گرگان، گرگان، ایران
۳- دانشیار پژوهش، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، مؤسسه تحقیقات ثبت و گواهی بذر و نهال، کرج، ایران
۴- استادیار، گروه زراعت و اصلاح نباتات، پردیس ابوریحان، دانشگاه تهران: پاکدشت، ایران
* نویسنده مسئول: farshidghaderifar@yahoo.com

مقدمه

استفاده از بذرهای قوی در کشاورزی منجر به جوانه‌زنی سریع، یکنواخت و کامل بذر و رسیدن به تراکم گیاهی مطلوب گردیده و این امر به نوبه خود موجب رشد سریع گیاهی خواهد شد و از طرفی رشد سریع گیاهچه به نوبه خود باعث دریافت بیشتر تشعشع خورشیدی و افزایش عملکرد می‌گردد (Lopez *et al*., 1996; Egli and Tekrony, 1997). در زمان تولید بذر، گاهی اوقات حتی تفاوت‌های کوچک در دما در طول دوره نمو و رسیدگی می‌تواند روی جوانه‌زنی و قدرت بذر اثرگذار باشد (Spears *et al*., 1996). بذرها باید زمانی برداشت شوند که کیفیت فیزیولوژیک بذر در حداکثر خود باشد. حصول رسیدگی فیزیولوژیک تحت تأثیر عوامل محیطی مختلف قرار می‌گیرد (Mahesh *et al*., 2001). اصطلاح رسیدگی فیزیولوژیک اولین بار به‌عنوان وقوع حداکثر ماده خشک در بذر در حال نمو تعریف شده است (Egli, 1998). رسیدگی فیزیولوژیک در بذر نیز ذرت در ابتدا با ظهور یک لایه سیاه فیبری شده (لایه سیاه) در ناحیه ناف بذر تعیین گردید اما تشکیل این لایه تدریجی بود (Hunter, 1991). در ذرت نیز در ابتدا گزارش شد حداکثر قدرت بذر در لاین مادری B73 کمی بعد از رسیدگی لایه سیاه رخ می‌دهد، لذا رسیدگی لایه سیاه به‌عنوان حداکثر سطح قدرت بذر برای تعیین زمان برداشت توسط تولیدکنندگان بذر اعلام شده بود (Tekrony and Hunter, 1995). ولی این مفهوم تغییر کرده و حداکثر جوانه‌زنی بذر به‌عنوان رسیدگی فیزیولوژیک مشخص و برای تفکیک آن با حداکثر وزن بذر، اصطلاح رسیدگی وزنی پیشنهاد شد (Elis and Pieta-Filho, 1992; Huang and song, 2013). اما توافقی بر روی روابط کلی بین وزن خشک بذر، رسیدگی فیزیولوژیک و کیفیت بذر وجود نداشته است (Ajayi *et al*., 2005).

چنانچه بعد از رسیدگی فیزیولوژیکی، بذرها بر روی گیاه مادری باقی بمانند، زوال خواهند یافت، برداشت به‌موقع باعث می‌شود بذر کم‌تر در معرض خسارت قرار گیرد زمان برداشت بر کیفیت بذر، جوانه‌زنی، قدرت بذر، قابلیت حیات و همچنین قابلیت انبارمانی مؤثر است (Elis *et al*., 1987; Khatun *et al*., 2009). بذر ذرت توان تحمل خشک شدن در دمای ۴۰ درجه سانتی‌گراد با رطوبت بذر۶۰ درصد را نیز دارد. رطوبت بذر بیش از وزن خشک، در عبور بذر از یک مرحله نمو به شکل قابل جوانه زدن نقش بازی می‌کند (Tajbakhsh and Ghasemi-Golezani, 2011). امکان برداشت و جدا کردن پوسته بلال ذرت (هاسک) از بلال به‌صورت مکانیکی (با دستگاه هاسکر) با رطوبت ۴۰ درصد بذر هم بدون آسیب به کیفیت بذر امکان‌پذیر است (Ferriera *et al*., 2013). رطوبت بذر به‌طور خطی در طول نمو و رسیدگی کاهش می‌یابد. در بیشتر بذرها رسیدگی فیزیولوژیک هنگامی رخ می‌دهد که سطح رطوبتی بذر به اندازه کافی برای جلوگیری از آسیب فیزیکی برداشت بالا است (Viera *et al*., 1992).

در ایران تا سال ۱۳۹۳ برداشت بذر ذرت به‌صورت مستقیم با کمباین انجام می‌شد. برداشت مستقیم با کمباین با رطوبت ۲۰-۱۵ درصد امکان‌پذیر بود در حالی‌که برداشت بلال (به‌صورت دستی یا کمباین بلال‌چین) می‌تواند در رطوبت بسیار بالاتر انجام شود و پس از خشک‌کردن و رساندن رطوبت بذر به ۱۴-۱۳ درصد عمل دان‌کردن بلال‌ها با دستگاه شیلر با حداقل آسیب صورت گیرد (Rezvani *et al*., 2011). لذا شناسایی محدوده رطوبتی مناسب برداشت و شاخص‌های تعیین آن، یکی از گام‌های مهم برای افزایش کیفیت بذر ذرت می‌باشد. تفکیک اصطلاحاتی مثل رسیدگی لایه سیاه، رسیدگی وزنی (حداکثر وزن بذر) و رسیدگی فیزیولوژیک (حداکثر کیفیت بذر)، بررسی دقیق‌تر نمو بذرهای تجاری را ضروری ساخته است. هدف از پژوهش حاضر، ارزیابی شاخص‌های تعیین حداکثر کیفیت بذر شامل محتوی رطوبتی بذر، روز و درجه روز رشد پس از گلدهی در تاریخ‌های مختلف کشت است تا از این شاخص‌ها در برنامه ریزی ردیابی کیفی بذر و زمان مناسب برداشت بلال بذر ذرت استفاده نمود.

مواد و روش ها

این آزمایش در سال ۹۲ در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی در ۳ تکرار و ۵ تاریخ کاشت در مزرعه تحقیقاتی موسسه 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. در جدول ۱ خلاصه‌ای از شرایط آب و هوایی ایستگاه کرج در سال ۹۲ نشان داده

شد. حداکثر دمای ثبت شده در این تیر و مرداد به‌ترتیب ۴۰ (۲۸ تیر) و ۴۱ درجه (۲ مرداد) بود. در ۱۳ روز از نیمه دوم تیر و ۱۰ روز از نیمه اول ماه مرداد، حداکثر دما بیش‌تر از ۳۵ درجه (حداکثر دمای مناسب برای گرده افشانی) بود.

کشت والد مادری نرعقیم (لاین اینبرد B73 از گروه رسیدگی فائو ۷۰۰) 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 به‌صورت چهار ردیف والد مادری و دو ردیف والد پدری در پنج تاریخ کشت (دوم اردیبهشت، ۱۶ اردیبهشت، ۳۱ اردیبهشت، ۲۲ خردا و هشت تیر) بود. در بین هر تکرار و نیز تاریخ‌های مختلف کشت ۵ ردیف والد مادری نرعقیم به‌عنوان مانع فیزیکی برای جلوگیری از تداخل گرده‌افشانی 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 این‌که در هر گیاه مرحله شروع گل-دهی ثبت گردید، هر هفته تعداد ۵ بلال از هر تکرار برداشت و مخلوط شده و سپس بلال‌ها از وسط دو نیم شده و بذرهای 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[1] (ISTA, 2007) با روش آون محاسبه گردید. بلال‌ها در هوای آزاد بسته به مرحله نمو به‌مدت حداقل یک هفته خشک و پس از رسیدن به رطوبت ۱۴ درصد دان شدند. سپس آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذرهای در حال نمو براساس روش انجمن بین‌المللی بذر در ۴ تکرار با روش کاشت بین کاغذی (نوع ساندویچی با حوله‌ی کاغذی) انجام شد. بدین‌صورت که دولایه کاغذ در زیر و یک‌لایه بر روی بذرها قرار داده شد (ISTA, 2012). ظرف‌های کشت شده درون ژرمیناتور به‌مدت ۷ روز تحت دمای ۲۵ درجهٔ سانتی‌گراد با ۱۶ ساعت روشنایی و ۸ ساعت تاریکی قرار داده شدند. بعد از ۷ روز تعداد گیاهچه‌های عادی، غیرعادی و جوانه‌نزده با استفاده از دستوالعمل ارزیابی گیاهچه انجمن بین‌المللی بذر[2] (ایستا، ۲۰۱۳) شمارش شدند. آزمون هدایت‌الکتریکی[3] نیز بر روی بذرهای خشک شده به روش توده‌ای انجام گرفت. تعداد ۲۰۰ عدد بذر از هر تیمار به‌صورت ۴ تکرار ۵۰ بذری به‌صورت تصادفی انتخاب و وزن شد و به‌مدت ۲۴ ساعت در آب مقطر در دمای ۲۰ درجه قرار گرفت. سپس با استفاده از دستگاه هدایت‌سنج‌الکتریکی (Fresenius LF 90)، میزان هدایت‌الکتریکی محلول با استفاده از رابطه ۱ محاسبه شد (ISTA, 2012).

رابطه (۱):

$$EC\ (\mu s/cm\ gram) = \frac{\text{میزان قابلیت هدایت الکتریکی (میکروزیمنس بر سانتی‌متر)}}{\text{برای هر ظرف}}$$

برای تعیین روابط وزن خشک بذر، حداکثر کیفیت بذر با با زمان و رطوبت بذر از مدل رگرسیون غیر خطی دوتکه-ای استفاده شد (Soltani, 2007). این مدل به‌صورت رابطه ۲ نوشته می‌شود.

رابطه (۲)

$$W=a+bt \qquad t < t_0$$
$$W=a+bt_0 \qquad t > t_0$$

که در این رابطه، w وزن بذر، t زمان برداشت براساس تعداد روز بعد از گلدهی، b سرعت پر شدن بذر، t_0 تعداد روز از گلدهی تا پایان دوره پر شدن بذر و a عرض از مبداء می‌باشد. برای برازش مدل دو تکه‌ای از رویه Proc Nlin در نرم‌افزار SAS استفاده شد. سرعت پر شدن بذر از تقسیم حداکثر وزن خشک بذر در مرحله خطی مدل رگرسیون دوتکه‌ای بر تعداد روز بدست آمد. دوره مؤثر پر شدن بذر[4] نیز از رابطه ۳ بدست آمد (Ghaderifar *et al.*, 2010).

رابطه (۳)

$$SFD=W_{max}/SFR$$

در این رابطه SFD دوره مؤثر پر شدن بذر، W_{max} حداکثر وزن خشک بذر و SFR سرعت پر شدن بذر می-باشند.

برای محاسبه درجه روز رشد (GDD[5]) از رابطه ۴ استفاده شد. دمای پایه برای ذرت ۱۰ درجه سانتی‌گراد در نظر گرفته شد (Chukan, 2004).

رابطه (۴)

$$GDD=((Tmax-Tmin)/2)-Tb$$

[1] ISTA handbook on moisture determination

[2] ISTA handbook on seedling evaluation
[3] Electrical Conductivity (EC)
[4] Seed Filling Duration
[5] Growing Degree Days

در پایان نمودار تجزیه واریانس داده‌ها پس از تبدیل مناسب و نرمال‌سازی، در قالب طرح کاملاً تصادفی تجزیه واریانس شده میانگین صفات با استفاده از آزمون LSD در سطوح یک و پنج درصد مقایسه شدند. تغییرات رطوبت، کیفیت بذر و وزن خشک بذر به‌صورت رگرسیون دوتکه‌ای و خطی (برای تغییرات رطوبت بذر در زمان) برای هر شاخص با استفاده از داده‌های منتقل شده به نرم‌افزار Excel برازش داده شد و نمودارهای مربوطه ترسیم گردید.

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

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

ماه Month	میزان بارندگی (میلی متر) Precipitations (mm)	میانگین رطوبت نسبی (درصد) Average of air humidity (%)	میانگین دمای روزانه (سانتی‌گراد) Average of daily temperature (°C)	حداقل دما (سانتی‌گراد) minimum temperature (°C)	میانگین حداقل دما (سانتی‌گراد) Average of minimum temperature (°C)	حداکثر دما (سانتی‌گراد) Maximum temperature (°C)	میانگین حداکثر دما (سانتی‌گراد) Average of maximum temperature (°C)
اردیبهشت 21Apr-21May	16.5	43.7	16.7	0.2	9.4	28.6	23.9
خرداد 22May-21Jun	5.6	34.8	23.6	6.8	15.6	35.4	31.6
تیر 22Jun-22Jul	0.3	35.4	26.6	13.6	18.2	40	35.1
مرداد 23Jul-22Aug	2.5	43.2	26.3	14.8	17.6	41	34.9
شهریور 23Aug-22Sep	1.6	34.4	25.4	14	17.7	37	33.1
مهر 23Sep-22Oct	۰	40.7	18.9	5.2	11.8	37.2	26.1
آبان 23Oct-22Nov	35.8	63.7	11.3	2	6.7	21	15.9
آذر 23Nov-21Dec	36	67	6	-5	1.8	18.6	10.2

نتایج

در این آزمایش، آغاز گرده‌افشانی‌ها در تاریخ‌های مختلف کشت از ۲۰ تیرماه تا اول مهر و پایان نمو و رسیدگی از ۱۴ مهر تا ۲۳ آذر ماه بوده است. لذا با توجه به دامنه ۵۰ روزه تاریخ کاشت‌ها، بذرهای در حال نمو شرایط دمایی و رطوبتی متفاوتی را سپری کرده‌اند.

اثر تاریخ کاشت بر کیفیت بذر تولید شده در تاریخ‌های مختلف کشت در سطح یک درصد برای درصد جوانه‌زنی استاندارد و میانگین هدایت‌الکتریکی بذر در طی نمو معنی‌دار بود (جدول ۲). در مقایسه میانگین کیفیت نهایی بذر در تاریخ‌های مختلف کشت (جدول ۳)، از لحاظ شاخص درصد جوانه‌زنی استاندارد، تاریخ کشت چهارم دارای بیش‌ترین و تاریخ کشت دوم دارای کم‌ترین درصد گیاهچه عادی بود. از نظر شاخص هدایت‌الکتریکی بذر که شاخصی از پایداری غشاء سلول‌ها و کیفیت بذر است نیز تاریخ کشت چهارم کم‌ترین هدایت‌الکتریکی یا به عبارتی بالاترین پایداری را در غشاء و تاریخ کشت اول بالاترین هدایت الکتریکی یا پایین‌ترین کیفیت را دارا بود. در مجموع این دو شاخص مربوط به کیفیت بذر، به نظر می‌رسد کیفیت بذر در تاریخ کشت چهارم (۲۲ خرداد) از بقیه بهتر بود.

شاخص‌های مربوط به طول دوره رشد براساس روز و درجه روز رشد و همچنین وزن خشک و سرعت و طول دوره پر شدن بذر ذرت در جدول ۳ نشان داده شد. از زمان کاشت تا گلدهی، ۷۹-۶۰ روز سپری شد و برای رسیدن به گلدهی به ۱۲۳۰-۱۰۵۰ درجه روز رشد نیاز بود. سرعت پر شدن دانه از ۳/۷ تا ۹/۲ میلی‌گرم در روز متفاوت بود که علت آن برخورد به دماهای مختلف در دوره پر شدن بذر بود. سرعت پر شدن بذر در تاریخ کشت اول و دوم به‌طور معنی‌داری بالاتر از بقیه بود. طول دوره پر شدن بذر نیز بسته به تاریخ کاشت ۶۹-۲۷ روز بود.

جدول ۲- تجزیه واریانس شاخص‌های کیفیت بذر هیبرید ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 2. Means comparison of seed quality indicators in maize hybrid seed, planted in different dates

منابع تغییر S.O.V	میانگین مربعات Mean squares	
	درصد جوانه‌زنی استاندارد Standard germination%	میانگین هدایت‌الکتریکی بذر طی نمو (میکروزیمنس بر سانتی‌متر مکعب در گرم بذر) Electrical conductivity during seed development (µs/cm³*g seed)
تاریخ کشت Sowing date	0.03*	48.7**
اشتباه آزمایشی Error	0.006	2.11
ضریب تغییرات (درصد) CV (%)	5.4	13.1

جدول ۳- مقایسه میانگین شاخص‌های کیفیت بذر هیبرید ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت

Table 3. Means comparison of standard germination and electrical conductivity in maize hybrid seed, planted in different dates

منابع تغییر S.O.V	درصد جوانه‌زنی استاندارد Standard germination%	میانگین هدایت‌الکتریکی بذر طی نمو (میکروزیمنس بر سانتی‌متر مکعب در گرم بذر) Electrical conductivity during seed development (µs/cm³×g seed)
۲ اردیبهشت **(T_1)**	99.5	15.4
۱۶ اردیبهشت **(T_2)**	99.2	15.1
۳۱ اردیبهشت **(T_3)**	99.5	8.9
۲۲ خرداد **(T_4)**	100	6.9
۸ تیر **(T_5)**	99.6	11.6
LSD (0.05)	0.41	2.64

سرعت کاهش رطوبت بذر در زمان (روز و درجه‌روز رشد) در شکل ۲ نشان داده شده است. با تأخیر در کاشت، هرچه دوره نمو بذر به دمای ملایم‌تری برخورد می‌کند سرعت خروج رطوبت بذر کاهش می‌یابد. این شیب کاهش رطوبت از حدود یک درصد در زمان بالا بودن درجه حرارت به ۰/۷۳ درصد در روز در دمای پایین‌تر کاهش می‌یابد.

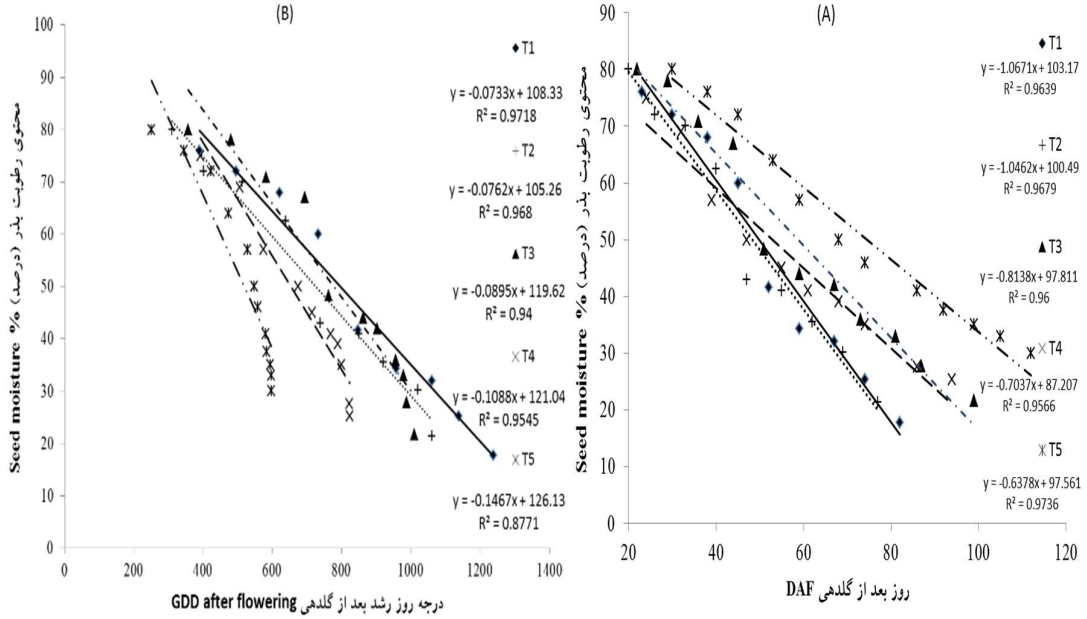
شکل ۲ نمودار افزایش وزن خشک بذر در زمان (روز و درجه‌روز رشد) را نشان می‌دهد. این نمودار از یک تابع دوتکه‌ای پیروی می‌کند. با افزایش روز یا درجه روز رشد پس از گلدهی تا رسیدگی وزنی (حداکثر وزن خشک بذر)، وزن خشک افزایش می‌یابد و پس از آن وزن خشک ثابت می‌شود تا به دنبال آن با تشکیل لایه سیاه ارتباط بین بذر و چوب بلال از نظر تجمع ماده خشک کاملاً قطع می‌شود حداکثر وزن خشک بذر یا رسیدگی وزنی قبل از تشکیل لایه سیاه بین بذر و چوب بلال در ۸۶-۴۷ روز و ۹۰۲-۵۹۷ درجه‌روز رشد بعد از گلدهی حاصل شد. در حالی‌که تعداد روز تا تشکیل لایه سیاه ۱۰۵-۶۲ روز و ۱۰۶۰-۵۹۷ درجه روز رشد از شروع گلدهی بود. هر چه تاریخ کشت به تأخیر افتاد این فاصله زمانی بین رسیدگی وزنی و رسیدگی لایه سیاه بیش‌تر شده و از ۷ روز به ۲۰ روز افزایش یافت.

نتایج کلی مقایسه شاخص جوانه‌زنی استاندارد در زمان (شکل ۳) نشان داد بذرهای خشک شده از حدود ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی قادر به جوانه‌زنی بوده و در ۶۸-۴۷ روز و ۷۴۲-۴۹۰ درجه‌روز رشد پس از گلدهی به حداکثر مقدار خود رسیدند.

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

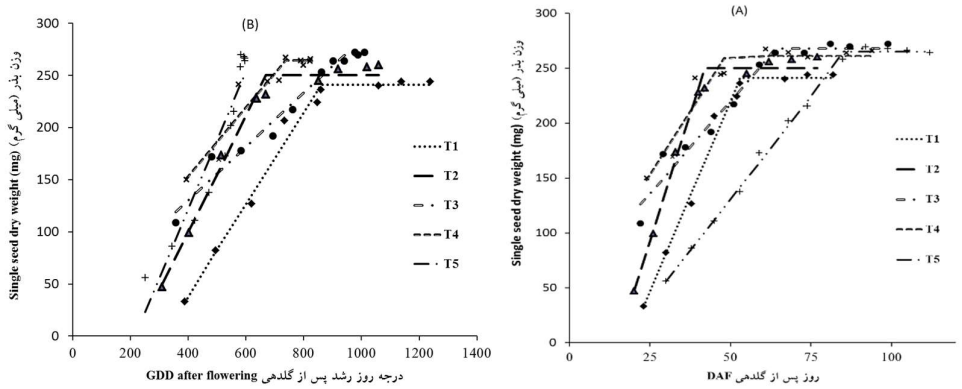
Table 4. Phenology and growth characteristics of maize hybrid seed on the female parental line B73 at different sowing dates

زمان کاشت Sowing Date	روز از کاشت تا گلدهی Day from planting to flowering	درجه روز رشد از کاشت تا گلدهی GDD from planting to flowering	حداکثر وزن خشک بذر (میلی گرم) Maximum dry weight of seed (mg)	روز از گلدهی تا پایان پر شدن بذر Day from flowering to the End of seed filling	درجه روز رشد از گلدهی تا پایان پر شدن بذر GDD from flowering to the End of seed filling	طول دوره پر شدن دانه (روز) Seed Filling Duration (Day)	سرعت پر شدن بذر (میلی‌گرم در روز) Seed Filling Rate (mg/day)
۲ اردیبهشت 22-Apr(T_1)	79	1053	241	59	860	35	7
۱۶ اردیبهشت 06-May(T_2)	78	1139	249	47	668	27	9.2
۳۱ اردیبهشت 21-May(T_3)	79	1232	267	67	900	72	3.7
۲۲ خرداد 12-Jun (T_4)	62	1153	267	61	737	57	4.6
۸ تیر 29-Jun (T_5)	60	1133	264	86	597	69	3.8
LSD (0.05)	3.2	36	8.4	9.3	۱۵۹	6.9	1.1



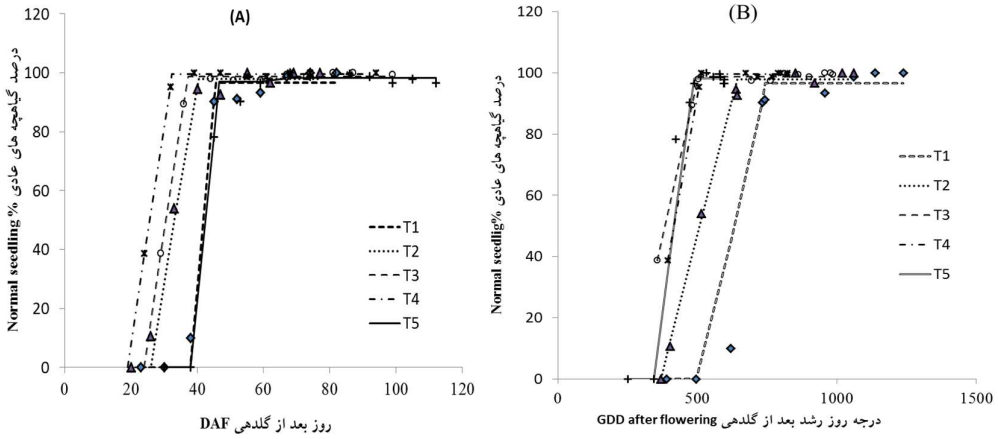
شکل ۱- تغییرات درصد رطوبت بذر در دوره نمو و رسیدگی ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت براساس روز بعد از گلدهی (A) و درجه روز رشد بعد از گلدهی (B)

Figure 1. Changes in seed moisture percent during seed development and maturity of maize, planted at different dates on basis of DAF (A) and GDD after flowering (B)



شکل ۲- تغییرات وزن خشک بذر در دوره نمو و رسیدگی ذرت در تاریخ‌های مختلف کاشت براساس روز بعد از گلدهی (A) و درجه روز رشد بعد از گلدهی (B)

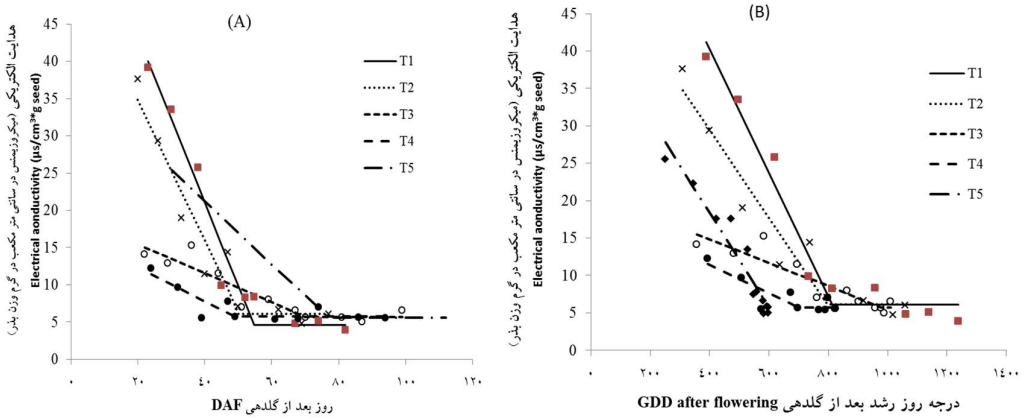
Figure 2. Changes in seed dry weight during maize seed development and maturity, planted at different dates on basis of DAF (A) and GDD after flowering (B)



شکل ۳- تغییرات درصد گیاهچه عادی در آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر ذرت در دوره نمو و رسیدگی در تاریخ-های مختلف کاشت براساس روز بعد از گلدهی (A) و درجه روز رشد بعد از گلدهی (B)

Figure 3. Changes in normal seedling percent in standard germination test during seed development and maturity of maize, planted at different dates on basis of DAF (A) and GDD after flowering (B)

نمودار تغییرات هدایت‌الکتریکی بذرهای خشک شده ذرت در طی نمو به‌عنوان شاخصی از پایداری غشاء و کیفیت بذر در شکل ۴ نشان داده شده است. همان‌طور که ملاحظه می‌شود این نمودارها نیز از یک تابع دو تکه‌ای پیروی می‌کند که در ابتدا با توسعه نمو بذر، با کاهش هدایت‌الکتریکی، پایداری غشاء افزایش یافته است. بعد از رسیدن به حداکثر کیفیت، هدایت‌الکتریکی بذر ثابت شد. این روند مشابه شاخص درصد گیاهچه‌های عادی بود. بذرهایی که در ابتدای نمو به دمای متعادل‌تری برخورد کردند، از کم‌ترین هدایت‌الکتریکی بذر یعنی بیش‌ترین پایداری غشاء برخوردار بودند. حداقل هدایت‌الکتریکی بذر در ۷۷-۵۰ روز و ۹۲۰-۵۹۷ درجه روز رشد بعد از گلدهی و ۱۲-۲ روز قبل از رسیدگی وزنی اتفاق افتاد.



شکل ۴- تغییرات هدایت‌الکتریکی بذر ذرت در دوره نمو و رسیدگی در تاریخ‌های مختلف کاشت براساس روز بعد از گلدهی (A) و درجه روز رشد بعد از گلدهی (B)

Figure 4. Changes in Electrical conductivity during seed development and maturity of maize, planted at different dates on basis of DAF (A) and GDD after flowering (B)

رطوبت بذر در زمان تشکیل لایه سیاه (در نمودار با پیکان نشان داده شده است) که در منابع مختلف به‌عنوان شاخصی از رسیدگی فیزیولوژیک در ذرت هیبرید (Tekrony and Hunter, 1995; Ajayi *et al*., 2005) نام برده شده است و مقدار آن ۳۵-۳۰ درصد گزارش شده بود، در مطالعه حاضر در لاین ذرت نیز ۳۵-۳۲ درصد بود.

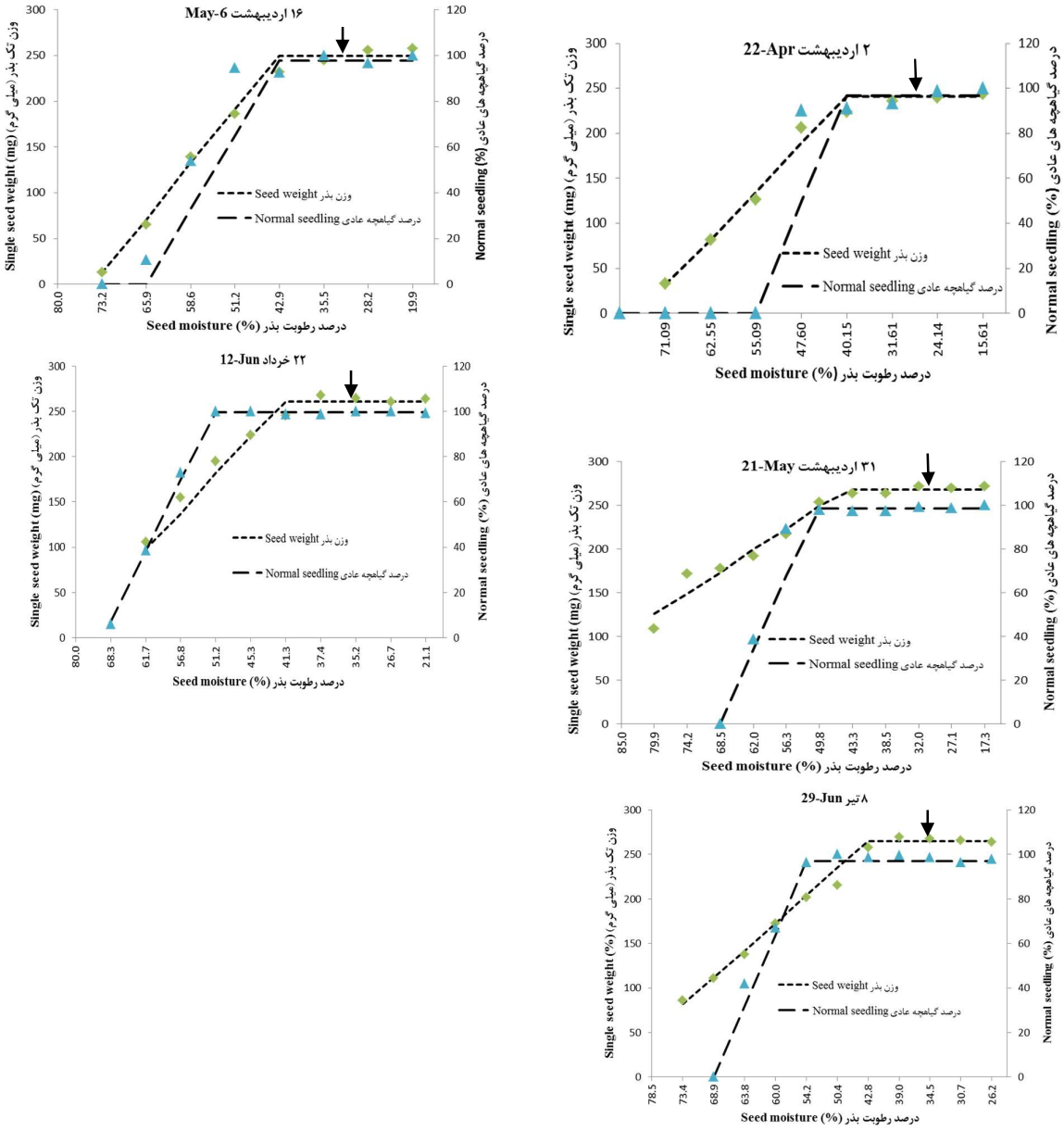
بحث

کیفیت بذر در تاریخ کشت سوم و چهارم وضعیت مطلوب‌تری نسبت به بقیه تاریخ‌های کشت داشت. شروع نمو بذر در این دو تاریخ کشت نیمه دوم مردادماه بود. با توجه به آمار هواشناسی، این دو تاریخ کشت نسبت به بقیه تاریخ کشت‌ها شرایط دمایی مطلوب‌تری را سپری کردند و در معرض تنش دمای بالا و پایین قرار نگرفتند. سرعت پر شدن بذر یکی از عوامل تعیین‌کننده در کیفیت بذر است. آجای و همکاران (Ajayi *et al*., 2005) سرعت پر شدن بذر ذرت را ۸/۹ میلی‌گرم اعلام کرده بودند. ولی در این آزمایش، براساس تاریخ کشت، سرعت پر شدن در تاریخ‌های مختلف کشت اختلاف معنی‌داری با هم داشت. با تأخیر در کشت، سرعت خشک شدن یا خروج رطوبت از بذر نیز که تأثیر زیادی در پایداری غشاء و حفظ ساختارهای سلولی بذر دارد کاهش یافت. کاهش سرعت خشک شدن بذر، حفظ کیفیت بذر را به دنبال دارد. هیکس و همکاران (Hicks *et al*., 2004) نیز اعلام کرده بودند در دمای پایین‌تر سرعت کاهش رطوبت بذر ذرت از یک درصد به نیم درصد کاهش می‌یابد.

مواجه شدن نمو بذر با شرایط مطلوب‌تر دمایی در دوره پر شدن بذر، کیفیت نهایی فیزیولوژیک بالاتری را نتیجه داد. جوانه‌زنی بذر زودتر آغاز شده و با سرعت بیش‌تری به حداکثر درصد جوانه‌زنی استاندارد رسید. زمان وقوع حداکثر کیفیت فیزیولوژیک بذر بسته به دمای زمان پر شدن بذر، ۲۰-۷ روز قبل از رسیدگی وزنی اتفاق افتاد. حداکثر کیفیت بذر از نظر هدایت‌الکتریکی نیز ۱۱-۲ روز بعد از حداکثر کیفیت از نظر درصد گیاهچه‌های عادی حادث گردید. آجای و همکاران (Ajayi *et al*., 2005) نیز حداقل هدایت‌الکتریکی بذر ذرت را در اواسط دوره نمو گزارش کردند. وقوع حداکثر کیفیت بذر یا رسیدگی فیزیولوژیک قبل از رسیدگی وزنی با برخی نتایج محققین (Ajayi *et al*., 2000 ;Ajayi *et al*., 2005 ;Gupta *et al*., 2005 و Tajbakhsh and Ghasemi-Golezani, 2011) مطابقت داشت. اما با برخی گزارش‌های دیگر هم‌خوانی نداشت (Hunter *et al*., 1991;Tekrony and Eskandari, 2012 Hunter, 1995).

بیش‌ترین وزن دانه براساس داده‌های مشاهده‌ای و مدل رگرسیون دوتکه‌ای در تاریخ کشت سوم و چهارم بود. این حداکثر وزن خشک در شرایط دمایی متعادل در زمان پر شدن بذر و سرعت کم‌تر و دوره پر شدن طولانی‌تر نسبت به تاریخ کشت اول و دوم رخ داد. طول دوره پر

شدن بذر در لاین‌های ذرت در شرایط اقلیمی متفاوت با این آزمایش ۳۹-۲۳ روز (Egli, 1981) و ۲۷ روز (Ajayi *et al.*, 2005) و در هیبرید ذرت ۳۸ و ۴۱-۳۲ روز (Egli, 2004) گزارش شده است.



شکل ۵- تغییرات وزن و درصد گیاهچه‌های عادی آزمون جوانه‌زنی استاندارد با تغییر در رطوبت بذر در طی نمو و رسیدگی در تاریخ‌های مختلف کاشت (نوک پیکان‌ها نشان‌دهنده زمان تشکیل لایه سیاه بین بذر و چوب بلال هستند)

Figure 5. Changes in weight and quality (Normal seedling percent) of seeds by change in seed moisture percent during seed development and maturity of maize, planted at different dates (arrows show the seed moisture at time of black layer formation)

تابع دوتکه‌ای همان‌طور که آجای و همکاران (Ajayi *et al.*, 2005)، تاج بخش و قاسمی‌گلعذانی (Tajbakhsh and Ghasemi-Golezani, 2011) و قادری‌فر و همکاران (Ghaderi-far *et al.*, 2010) نیز گزارش کرده بودند توصیف مناسبی از روند افزایش وزن خشک بذر در زمان است. سرعت پر شدن بذر (شیب خط) با تأخیر

دمای دوره پر شدن بذر تغییر یافت. در تاریخ کاشت اول و دوم، جایی که نمو بذر با دمای بالا روبه‌رو می‌شود به علت بالا بودن سرعت پر شدن و کاهش دوره زمانی پر شدن بذر، وزن بذر کاهش یافت. تکرونی و هانتر (Tekrony and Hunter, 1995) گزارش کرده بودند تنش دمای بالا در طی نمو موجب تسریع در پر شدن بذر می‌گردد ولی وزن نهایی بذر کاهش می‌یابد.

به نظر می‌رسد با تأخیر زیاد در کاشت، زمانی که نمو بذر با سرمای انتهای پاییز مواجه می‌شود، مکانیسم دیگری غیر از روز و درجه‌روز رشد و تشکیل لایه سیاه موجب قطع تجمع ماده خشک در بذر در حال نمو می‌شود. چون حداکثر وزن خشک بذر در رطوبت بسیار بالاتری نسبت به تاریخ کشت‌های اول و دوم رخ داد. این مکانسیم می‌تواند کاهش سرعت و در نهایت توقف انتقال مواد از سایر اندام-های گیاه به بذر به‌دلیل سرما و یخبندان باشد. تکرونی و هانتر (Tekrony and Hunter, 1995) نیز گزارش کردند دمای بالا در زمان نمو موجب تسریع در رسیدگی می‌شود و دمای پایین رسیدگی را به تأخیر می‌اندازد. در این تحقیق، تشکیل لایه سیاه بین بذر و چوب بلال در لاین ذرت در رطوبت ۳۵-۳۲ درصد رخ داد که با برخی گزارش‌ها هم‌خوانی داشت (Hicks *et al*., 2004; Sala *et al*., 2006).

در تحلیل رابطه محتوی رطوبت بذر به‌عنوان یک شاخص تعیین‌کننده مراحل نمو و تغییرات کیفی بذر، زمانی که نمو بذر با درجه حرارت بالا برخورد می‌کند (تاریخ کاشت اول و دوم) حداکثر کیفیت بذر (رسیدگی فیزیولوژیک) براساس حداکثر گیاهچه‌های عادی بذر، تقریباً در رطوبت یکسان با رسیدگی وزنی اتفاق می‌افتد اما در شرایط دمایی خنک‌تر رسیدگی فیزیولوژیک در رطوبت ۱۱-۶ درصد کم‌تر از رسیدگی وزنی اتفاق افتاد. این بدان معنی است که در شرایط تنش دمایی بالا، رسیدگی فیزیولوژیک بذر تا پایان تجمع مواد غذایی در بذر در حال نمو به تأخیر می‌افتد که دلایل فیزیولوژیک این پدیده نیاز به بررسی بیش‌تر دارد. حداکثر وزن خشک بذر (رسیدگی وزنی) نیز با رطوبت ۱۰-۶ درصد بالاتر از رطوبت زمان رسیدگی لایه سیاه حاصل شد.

به‌طور کلی نتایج نشان داد در صورت تغییر تاریخ کاشت و شرایط دمایی دوره نمو و رسیدگی، امکان برآورد منطقی مراحل فنولوژیک و نیز کیفیت بذر با استفاده از روز یا درجه‌روز رشد پس از گلدهی وجود ندارد ولی درصد رطوبت بذر شاخص مناسب‌تری برای ارزیابی تغییرات کیفیت فیزیولوزیک بذر می‌باشد. در رطوبت ۳۵-۳۲ درصد لایه سیاه تشکیل می‌شود. اما بذرهای خشک شده از حدود ۲۰ روز بعد از گرده‌افشانی قادر به جوانه‌زنی می-باشند و بسته به درجه حرارت زمان پر شدن بذر، در رطوبت ۵۴-۴۰ درصد به حداکثر درصد گیاهچه‌های عادی می‌رسند. لذا در این دامنه رطوبتی در صورتی که برداشت بلال صورت گیرد و در دمای زیر ۴۰ درجه سانتی‌گراد خشک شود، بذری با حداکثر کیفیت فیزیولوژیک تولید می‌شود. ولی با توجه به اینکه ذخیره غذایی بذر در رطوبت بالاتر از ۴۳ درصد به حداکثر نرسیده است بهتر است حداکثر رطوبت قابل برداشت، همان دامنه رطوبتی ۴۳-۴۰ درصد در نظر گرفته شود که هم کیفیت فیزیولوژیک و هم ذخیره غذایی بذر برای قابلیت انبارمانی در حداکثر خود قرار داشته باشد. بعد از این مرحله با توجه به تبدیل ذخیره نشاسته به قند و کاهش ذخایر غذایی بذر بسته به شرایط محیطی، امکان کاهش کیفیت بذر وجود دارد. بنابراین با در نظر گرفتن امکانات تکنولوژیک، هر چه قدر بذر امکان برداشت بلال ذرت در رطوبت بالاتری فراهم گردد و نیز با تأخیر متعادل در کاشت، نمو بذر در دمای ملایم‌تری سپری گردد، شرایط مناسب‌تری را برای ارتقاء و یا حفظ حداکثر کیفیت فیزیولوژیک بذر فراهم خواهد گردید.

سپاس‌گزاری

بدین وسیله 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 می نمایم.

منابع

Ajayi, S.A. and Fakorede, M.A.B. 2000. Physiological maturity effects on seed quality, seedling vigor and mature plant characteristics of maize in a tropical environment. Seed Science and Technology, 28: 310–319. **(Journal)**

Ajayi, S.A., Rühl, G. and Greef, J.M. 2005. Physiological basis of quality development in relation to compositional changes in maize seed. Seed Science and Technology, 33: 605-621. **(Journal)**

Choukan, R. 2004. Maize Seed production. Agricultural Research, Education and Extension Organization Press. First edition. 103 pages. (In Persian)**(Book)**

Egli, D.B. 1981. Species differences in seed growth characteristics. Field Crop Research, 4: 1-12. **(Journal)**

Egli, D.B. 1998. Seed biology and yield of grain crops. CAB international, Wallingford, UK. 184 pp. **(Book)**

Egli, D.B. 2004. Seed-fill duration and yield of grain crops. Advances in Agronomy, 83: 243-279. **(Journal)**

Ellis, R.H. and Pieta-Filho, B. 1992. The development of seed quality in spring and winter cultivars of barley and wheat. Seed Science Research, 2: 9-15. **(Journal)**

Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. 1987. The development of desiccation-tolerance and maximum seed quality during maturation in six grain legumes. Annals of Botany, 59: 23-29. **(Journal)**

Eskandarri, H. 2012. Seed quality variation of crop plant during seed development and maturation. International Journal of Agronomy and Plant Production, 3: 557-560. **(Journal)**

Ferreira, V.D.F., Oliveira, J.A., Ferreira, T.F., Reis, L.V., de Andrade, V. and Neto, J.C. 2013. Quality of maize seeds harvested and husked at high moisture levels. Journal of Seed Science, 35: 276-277. **(Journal)**

Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour, H.R. 2011. Changes in seed quality during seed development and maturation in medicinal Pumpkin (*Cucurbita pepo* subsp. *Pepo***.** Convar. *Pepo* var. *styriaca Greb*). Journal of Herbs, Spices &and Medicinal Plants, 17: 249-257. (In Persian) **(Journal)**

Gupta, M.L., George, D.L. and Parwata, I.G.M.A. 2005. Effect of harvest and drying on super sweet corn seed quality. Seed Science and Technology, 33: 167-176. **(Journal)**

Hicks, D.R. 2004. The corn crop-frost and maturity. University of Minnesota. Retrieved Sep 10, 2014. From http://blog-crop-news.extension.umn.edu/2004/09/the-corn-crop-frost-and-maturity.html

Huang, H. and Song, S. 2013. Change in desiccation tolerance of maize embryos during development and germination at different water potential PEG-6000 in relation to oxidative process. Plant Physiology and Biochemistry, 68: 61-70. **(Journal)**

Hunter, J.L., Tekrony, D.M., Miles, D.F. and Egli, D.B. 1991. Corn seed maturity indicators and their relationship to uptake of carbon-14 assimilate. Crop Science. 31: 1309-1313. **(Journal)**

ISTA. 2007. ISTA handbook on moisture determination. Basserdorf, Switzerland. **(Handbook)**

ISTA. 2012. International rules for seed testing. Basserdorf, Switzerland. **(Handbook)**

ISTA. 2013. ISTA Handbook on Seedling Evaluation. 3rd Edition. Basserdorf, Switzerland. **(Handbook)**

Khatun, A., Kabir, G. and Bhuiyan, M.A.H. 2009. Effect of harvesting stages on the seed quality of lentil (*Lens culinaris* L.) during storage. Bangladesh Journal of Agricultural. Research, 34: 565-576. **(Journal)**

López-Castañeda, C., Richards, R.A. and Farquhar, G.D. 1996. Seed and seedling characteristics contributing to variation in early vigor among temperate cereals. Crop Science, 36: 1257-1266. **(Journal)**

Mahesha. C.R., Channaveeraswami, A.S., Kurdikeri, M.B., Shekhargouda, M. and Merwade, M.N. 2001. Seed maturation studies in sunflower genotypes. Seed Research, 29: 95-97. **(Journal)**

Rezvani, E., Rahmani, M., Rezazadeh, J. and Soltani, R. 2012. Technical guideline for maize seed control and certification. Journal of Seed and Plant Registration and Certification, 1: 38-45 (In Persian)**(Journal)**

Sala, R.G., Andrade, F.H. and Westgate, M.E. 2007. Maize kernel moisture at physiological maturity as affected by the source/sink relationship during grain filling. Field Crops Research, 101: 19-25. **(Journal)**

Spears, J.F., Tekrony, D.M. and Egli, D.B. 1996. Temperature during seed filling and soybean seed germination and vigour. Seed Science and Technology, 25: 233–244. **(Journal)**

Soltani, A. 2007. Application of SAS in Statistical Analysis. MJD Press, Second Edition, Iran, 182p. (In Persian)**(Book)**

Tajbakhsh, Z. and Ghasemi-Golezani, K. 2011. Seed viability changes in different stages of development and maturity. Proceeding of second Congress of seed science and technology. 26-27 October, Mashhad, Iran. pp: 914-919. (In Persian)**(Conference)**

Tekrony, D.M. 2003. Precision is an essential component in seed vigor testing. Seed Science and Technology, 31: 435-447. **(Journal)**

Tekrony, D.M. and Hunter, J.L. 1995. Effect of seed maturation and genotype on seed vigor in maize. Crop Science, 35: 35-48. **(Journal)**

Viera, R.D., Tekrony, D.M. and Egli, D.B. 1992. Effect of drought stress on soybean seed germination and vigor. Journal of Seed Technology, 15: 12-21. **(Journal)**

Evaluation of various indicators related to physiological maturity, harvest time and highest seed quality determination in hybrid maize (*Zea mays* L.)

Enayat Rezvani[1], Farshid Ghaderifar*[2], Aidin Hamidi[3], Elyas Soltani[4]

Received: December 30, 2015 Accepted: May 2, 2016

Abstract

In order to study the seed quality indicators of hybrid maize seed at development and maturity stages and planning harvest time, an experiment was conducted in a complete randomized design, with three replications and five sowing dates (T1 = 22 April, T2 = 6 May, T3 = 21 May, T4 = 12 June and T5 = 29 June) in Karaj, Iran. Phenology and morphology related traits were evaluated during plant and seed growth. After pollination, Sampling from ears was done in weekly scale from female rows (B73 Inbred line). The harvested seeds were dried in open air condition, and then laboratory tests were done. Depends on the sowing date and temperature, seed filling rate (SFR) and periods (SFD) were significantly different. Physiological maturity or maximum normal seeding occurred around 47-68 days after flowering (DAF), when the seed moisture varied in a range of 40-54 % and mass maturity (maximum seed weight) occurred at 47-86 DAF, when the seed moisture ranges about 40-43%. But black layer in seed formed when the seed moisture was about 32-35%. So, maximum seed quality occurred earlier to mass maturity. While the black layer formation happened as the final stage of development. The more the delay in sowing dates, the higher the seed moisture for occurring mass and physiological maturity. Depends on the sowing date and appropriate drying, harvesting the seed at higher level of moisture was possible. It is more likely that seed moisture prepare a more suitable indicator for detecting the changes trend in mass and physiological maturity, in compared with DAF and GDD.

Key words: Black Layer; Development; Germination; Maize; Mass Maturity; Physiological Maturity

How to cite this article

Rezvani, E., Ghaderifar, F., Hamidi, A. and Soltani, E. 2017. Evaluation of various indicators related to physiological maturity, harvest time and highest seed quality determination in hybrid maize (*Zea mays* L.). Iranian Journal of Seed Science and Research, 4(2): 83-95. (In Persian)**(Journal)**

DOI: 10.22124/jms.2017.2499

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- Ph.D. student of Agronomy, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

2- Associate Professor, Gorgan University of Agricultural Science and Natural Resources, Gorgan, Iran

3- Research Associate Professor, Agricultural Research, Education and Extension Organization (AREO), Seed and Plant Certification and Registration Institute (SPCRI), Karaj, Iran

4- Assistant Professor, Department of Agronomy and Plant Breeding, Aburaihan Campus, University of Tehran, Pakdasht, Iran

*Corresponding Author: farshidghaderifar@yahoo.com