مجله علوم گیاهان زراعی ایران
دوره ۴۴، شماره ۱، ۱۳۹۲ (۸۳-۶۹)

بررسی روند جوانه زنی بذر کلزا (*Brassica napus*) و پیش بینی زوال بذر طی شرایط متفاوت انبارداری

رامین عالیوند[۱]، رضا توکل افشاری[۲*] و فرزاد شریف زاده[۳]
۱، ۲، ۳، دانشجوی کارشناسی ارشد علوم وتکنولوژی بذر، استاد، دانشیار، پردیس کشاورزی و منابع طبیعی دانشگاه تهران
(تاریخ دریافت: ۹۰/۱۱/۷- تاریخ تصویب: ۹۱/۹/۲۹)

چکیده

کلزا پس از سویا و نخل روغنی مقام سوم در تولید روغن جهان را داراست. شرایط نامساعد انبارداری، به خصوص رطوبت نسبی بالای محیط انبار و مهمتر از آن دمای بالا، به شدت بر کیفیت دانه های روغنی کلزا اثر می گذارد. به منظور بررسی اثر دما، محتوی رطوبت بذر و زمان بر روی زوال بذرها کلزا رقم اکاپی و همچنین کمی سازی این اثر و تعیین ضرایب حیات، این بررسی در آزمایشگاه بذر پردیس کشاورزی دانشگاه تهران به صورت فاکتوریل در غالب طرح کاملا تصادفی انجام گرفت. دما در ۵ سطح (۵ ،۱۵،۲۵، ۳۵و ۴۵ درجه سانتی‌گراد) ، محتوی رطوبت بذر در ۴ سطح (۹،۵،۱۳و۱۷ درصد) و شش زمان (یک، دو، سه، چهار،پنج و شش ماه) به عنوان فاکتورهای این آزمایش بودند. بعد از هر بار نمونه گیری در زمان های انبارداری، آزمون جوانه زنی استاندارد در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷ روز بصورت top of paper انجام شد. هدایت الکتریکی نیز در چهار تکرار انجام گرفت. اثر سه گانه دما، محتوی رطوبت و زمان برای همه‌ی شاخص های درصد جوانه زنی کل، سرعت جوانه زنی، متوسط زمان جوانه زنی و شاخص بنیه در سطح یک درصد معنی دار بود.کمترین سطح زوال در دمای ۵ درجه سانتی گراد با محتوی رطوبت ۵ درصد بود که بعد از ۶ ماه جوانه زنی از ۹۸ به ۹۳ درصد کاهش یافت. با گذشت زمان هدایت الکتریکی افزایش یافت و در دماهای بالا این افزایش بیشتر بود. ضرایب حیات نیز بعد از یکسال انبار داری با استفاده از معادله قابلیت حیات بذرمحاسبه گردید. ضرایب K_E (۵/۶۵۳۵۹)،C_W (۲/۴۹۹۷۵)، C_H (۰/۰۴۳۸۷) و C_Q (۰/۰۰۰۰۱۴۳۸) محاسبه شد.

واژه های کلیدی: **کلزا، انبارداری، دما، محتوی رطوبت بذر، ضرایب حیات**

مقدمه

بذر به عنوان واحد بنیادین تکوین حیات گیاه از دیرباز مورد توجه بوده و شناخت آن به نقطه آغاز کشاورزی بر می گردد. موفقیت در مسیر تولید و برداشت به فرآیند های پس از برداشت شامل خشک کردن، انبار داری بذر و نهایتاً بازگشت دوباره بذر به مزرعه بستگی دارد (Black & Bewley, 2005). پیش بینی کیفیت بذر در طی انبارداری به درک رابطه بین سه عامل رطوبت بذر، دمای نگهداری و زمان نگهداری آن بستگی دارد که در واقع بر میزان زنده‌مانی بذر مؤثرند (Yaja et al., 2005). نتیجه زوال بذر نه تنها سبب کاهش قوه نامیه می شود، بلکه موجب کاهش

* نویسنده مسئول: رضا توکل افشاری تلفن: ۰۹۱۵۱۸۲۶۲۰۹ E-mail:tavakul@ut.ac.ir

سرعت جوانه زنی و بنیه بذر و کاهش استقرار گیاه می گردد. مدت زمانی که بذرها می توانند زنده بمانند را طول عمر بذر می گویند (Nash, 1981). در بین عوامل محیطی دما و محتوی رطوبت در بذرهای بدون کمون که دارای تهویه مناسب هستند، اهمیت بیشتری را دارا هستند (Bradford, 2004). زوال بذر که در طی انبارداری اتفاق می افتد باعث کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و در نهایت عملکرد در مزرعه می گردد (Verma et al, 2003). در بذر های زوال یافته به علت اختلال های ایجاد شده در اندامک های سلول مانند میتوکندری و گلی اکسی‌زوم‌ها میزان تولید گونه‌های فعال اکسیژن شامل پراکسیدهیدروژن، رادیکال هیدروکسیل و رادیکال سوپر اکسید افزیش می یابد (Bailly, 2004). آزاد شدن گونه های فعال اکسیژن موجب افزایش پراکسیداسیون چربی ها و پروتئین‌های غشاء شده و با تخریب ساختار غشاء زوال بذر افزایش می یابد (Goal & Sheoran, 2003). شرایط نا مساعد انبارداری منجر به زوال و کاهش کیفیت بذرها طی نگهداری می شود که به شدت تحت تاثیر شرایط محیطی انبارداری قرار می گیرد (Ellis & Hong, 2007). دما، محتوی رطوبت و دوره نگهداری از مهمترین عوامل موثر بر کیفیت بذر طی انبارداری می باشد(Kirshnan et al., 2003). یکی از علایمی که در بیشتر موارد در بذرهای زوال یافته مشاهده می شود، افزایش میزان مواد نشتی از بذر است. درجه زوال بذر با غلظت مواد نشت یافته از بذر همبستگی دارد، خروج مواد نتیجه تخریب غشای سلول ها در بذرهای زوال یافته است. (Bahttacharjee, 1998; Mirdad et al., 2006 & Mukherjee). آزمون هدایت الکتریکی روشی سریع، ارزان و نسبتا دقیق و در عین حال ساده برای نشان دادن قدرت بذر است که برای بذرهای نخود فرنگی، لوبیا، سویا و نخود به طور موفقیت آمیز بررسی شده است (Loeffler, 1988; Viera et al, 2002; Tao, 1978). پیش بینی طول عمر بذر برای تولید کنندگان بذر بسیار حائز اهمیت است و به درک روابط کمی بین زوال بذر، کیفیت اولیه بذر، رطوبت بذر و دمای انبار بستگی دارد (Tang et al., 1999). مدل های ریاضی قابلیت حیات طی نبارداری را می توانند شرح دهند. مدل پروبیت توسط Ellis & Roberts (1980) توانست کاهش قوه نامیه را در بعضی گونه ها با موفقیت شرح دهد. برای پیش بینی طول عمر بذر های ارتدوکس از معادله طول عمر $v = Ki \frac{p}{\sigma}$ که v قوه نامیه بر اساس پروبیت پس از انبارداری، Ki قوه نامیه اولیه توده بذر به پروبیت، p دوره انبارداری به روز و σ انحراف معیار استاندارد توزیع مرگ بذور در واحد زمان استفاده می شود. جزء دیگر این معادله رابطه $K_E - C_W \log_{10} m - C_H t - C_Q t^2 \log 10 \sigma$ = می باشد که σ را می توان از رابطه $\sigma = 10^{(KE - CW \log 10m - CHt - CQt2)}$ محاسبه کرد. C_W, C_H, C_Q و K_E ضرایب ثابت حیات بذر هستند که ضریب C_W اثر نسبی محتوی رطوبت بذر، C_H, C_Q پاسخ بذر به دما طی انبار داری و K_E ضریب پتانسیل طول عمر بذر را نشان می دهند. این ضرایب را با یکسری از آزمایش های انبارداری با دامنه گسترده ای از دما و محتوی رطوبت بذر می توان محاسبه کرد (Ellis & Roberts, 1980). با کمک این رابطه می توان در طراحی و مدیریت بانک ژن و انبارداری در شرایط کنترل شده را بهتر انجام داد (Bradford, 2004; Liu et al., 2008). این ضرایب برای بذر گندم و ذرت محاسبه شدند که ضرایب K_E ,C_H , C_W و C_Q به ترتیب ۸/۴۹۸ ، ۴/۸۳۶، ۰/۰۳۳۲ و ۰/۰۰۰۴۵۴ برای گندم و ۹/۹۹ ، ۵/۹۹۳ ، ۰/۰۳۲۲ و ۰/۰۰۰۴۵۴ برای ذرت می باشد (Ellis & Hong, 2007). هدف از انجام این تحقیق بررسی روند تغییرات فیزیولوژیک بذر کلزا طی شرایط متفاوت انبارداری و همچنین برازش یک مدل رگرسیونی طول عمر برای بذر کلزا است به گونه ای که بتوان بهترین شرایط دمایی و رطوبتی را برای نگهداری بذر آن پیش بینی کرد.

مواد و روش ها

در این آزمایش، از بذر کلزا (*Brassica napus*) رقم اکاپی[1] تولید سال ۱۳۸۹ استفاده شد. بذرها با محتوی رطوبت ۵، ۹، ۱۳ و۱۷ درصد در دماهای ۵ ، ۱۵، ۲۵، ۳۵و ۴۵درجه سانتی گراد به مدت ۶ ماه نگه داری شدند. به فاصله یک ماه یک بار نمونه برداری انجام شد

1. Okapi

(یک، دو، سه چهار، پنج و شش ماه) و آزمون جوانه زنی استاندارد انجام گردید. برای ایجاد رطوبت های مورد نظر از رابطه $W2 = w1\frac{(A-B)}{(100-A)}$ استفاده شد، که B در صد رطوبت اولیه بذر، A درصد رطوبت مورد نظر ،W1 جرم اولیه توده بذر (g)و W2 جرم آب مقطر (g) می باشد(Hampton & TecKrony, 1995). بذرها را درون پاکت های فویل آلومینیم قرار داده و سپس مقدار آب مورد نیاز به آن اضافه، و برای اطمینان از عدم تبادل رطوبت با بیرون درب آنها را بسته و به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند تا بذرها هم رطوبت گردند.

آزمون جوانه زنی استاندارد در ظرف پتری و بر روی کاغذ[1] در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷ روز مطابق با قوانین ایستا (ISTA, 2010) انجام گرفت و شاخص های جوانه زنی شامل درصد جوانه زنی کل، درصد جوانه زنی نرمال (بر اساس تقسیم بندی AOSA[2] (۱۹۸۶) گیاهچه های غیرنرمال (شامل گیاهچه های بدون سیستم ریشه اولیه، با ریشه های ثانویه ضعیف، دارای لکه های نکروزه در بافت و گیاهچه های دارای جوانه انتهایی آسیب دیده یا یک لپه از بین رفته در نظر گرفته شدند) سرعت جوانه زنی، متوسط زمان جوانه زنی، و شاخص بنیه محاسبه گردید.

درصد جوانه زنی کل = $\frac{\text{کل بذور جوانه زده}}{\text{کل بذور موجود در پتری}}$ ×۱۰۰

(رابطه شماره ۱) (ISTA, 1996)

میانگین طول گیاهچه (cm) × جوانه‌زنی استاندارد (٪) = شاخص بنیه (رابطه شماره ۲) (ISTA, 1996)

متوسط زمان جوانه زنی[3] $MGT = \frac{\sum N_i D_i}{N}$

(رابطه شماره ۳) (Ellis & Roberts, 1981)

سرعت جوانه زنی = ۱/متوسط زمان جوانه زنی (رابطه شماره ۴) (Ellis & Roberts, 1981)

برای اندازه گیری هدایت الکتریکی۲۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰ درجه قرار داده شد. سپس ۴ نمونه ۵۰ بذری به دقت وزن گردیده و در لیوانهای پلاستیکی یکبار مصرف حاوی ۲۵۰ میلی لیتر آب دیونیزه به مدت ۲۴ ساعت در ۲۰ درجه قرار داده شدند. میزان EC بر حسب $\mu S\ cm^{-1}g^{-1}$ به وسیله دستگاه اندازه گیری هدایت الکتریکی اندازه گیری شد (Hampton & TecKrony, 1995).

تبدیل زاویه ای داده های درصد جوانه زنی انجام و به دلیل عدم تفاوت معنی دار از داده های اصلی استفاده گردید. محاسبات آماری داده‌های حاصل از این بخش با استفاده از نرم افزار MSTATC و SAS انجام شد و برای رسم نمودارها نرم افزارExcel به کار گرفته شد. میانگین ها از طریق آزمون دانکن در سطح احتمال خطا ۵٪ مقایسه شدند.

برای پیش بینی زوال بذر، در طی یکسال انبارداری با فواصل مختلف زمانی (۳۰، ۶۰، ۹۰، ۱۲۰، ۱۵۰و ۱۸۰ روز) از تیمار ها نمونه گیری و آزمون جوانه زنی استاندارد بصورت top of paper در دمای ۲۰ درجه سانتی گراد به مدت ۷ روز مطابق با قوانین ایستا سال ۲۰۱۰ انجام شد. با استفاده از نتایج بدست آمده برای درصد جوانه زنی نرمال برای هر یک از تیمارها، با استفاده از معادله قابلیت حیات (Ellis & Roberts, 1980)،

ضرایب حیات (K_E و C_W, C_H, C_Q) با استفاده از آنالیز پروبیت توسط نرم افزار SAS محاسبه گردید. در این آزمایش در ابتدا جوانه زنی نرمال در طی زمان در دو حالت به صورت Parallel Line (خطوط موازی) و Separate Line (خطوط با مبدأ متفاوت و موازی) برای هر یک از دماهای نگهداری با استفاده از تجزیه پروبیت توسط نرم افزار SAS محاسبه شد.

سپس مقدار F value از طریق رابطه زیر برای امکان استفاده از ضرایب مدل Parallel Line (حالتی که بین محیط های مختلف فقط مقادیر ثابت افت قوه نامیه متفاوت هستند) از طریق انجام آزمون F مورد بررسی قرار گرفت. (Ellis & Roberts,1981)

$$F = \frac{\frac{Scaled\ \ Deviance\ \ of\ PL - Scaled\ \ Deviance\ \ of\ SL}{df\ PL_df\ SL}}{\frac{Scaled\ \ Deviance\ \ of\ SL}{df\ SL}}$$

1. Top of paper
2. Association of Seed Analyst
3. Mean Germination Time

معنی دار بودن میزان F value بیانگر این است که علاوه بر متغیر بودن میزان شیب برای هریک از معادلات یک مقدار ثابت نیز در معادله تاثیر خواهد شد. در این صورت برازش کردن مدل Parallel Line خطای آزمایشی را نسبت به مدلSeparateLine افزایش می دهد. ولی چنانچه میزان F value معنی دار نباشد نشان می دهد ثابت معادله برای همه محیط ها یکسان باشدو در این صورت برازش کردن مدل Parallel Line خطای آزمایشی را نسبت به مدل SeparateLine افزایش نمی دهد. در این آزمایش خطای آزمایش معنی دار نشد و مدل با Parallel Line برازش گردید. برای تعیین ضرایب منحنی جوانه زنی نرمال در مقابل زمان انبارداری برای همه ی تیمارهای دمایی و رطوبتی رسم گردید و سپس برای تک تک تیمارها آنالیز پروبیت انجام شد. تجزیه پروبیت باعث خطی شدن منحنی جوانه زنـی در زمـــان شد. معکوس شیب منحنی جوانه زنی در مقابل زمان انبارداری به عنوان سیگما (σ) در نظر گرفته می شود. محاسبات آماری داده‌های حاصل از این آزمایش با استفاده از نرم افزارSAS و برای رسم نمودار از نرم افزار اکسل Excel و Sigma Plot 11.0 به کار گرفته شد. برای رسم نمودار رگرسیونی خطی از رگرسیون مستقیم استفاده شد.

نتایج و بحث

شاخص های جوانه زنی

نتایج آنالیز واریانس نشان داد که کلیه اثرات اصلی شامل درجه حرارت انبارداری، محتوی رطوبت بذر و زمان انبارداری معنی دار می باشد (جدول۱). همچنین کلیه اثرات متقابل دو گانه و سه گانه عوامل آزمایشی نیز معنی دار شد (جدول ۱).

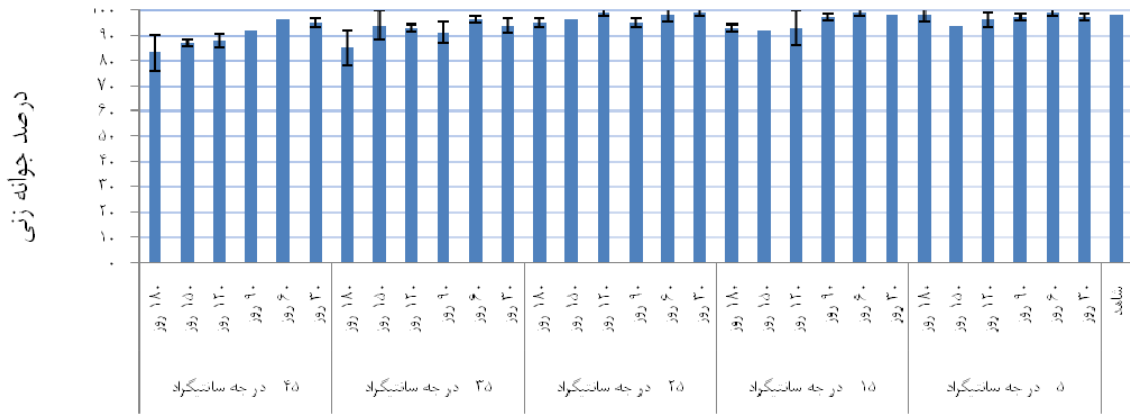
جدول۱- تجزیه واریانس تاثیر دما، محتوی رطوبت و زمان بر خصوصیات جوانه زنی بذر کلزا

منبع تغییرات	درجه آزادی	درصد جوانه زنی	سرعت جوانه زنی	شاخص بنیه	هدایت الکتریکی
دمای نگهداری	۴	۵۶۶۱۵/۱**	۱/۱۳۰**	۱۲۷۲۵۰۷۰/۳**	۵۷۸۹۱/۱**
رطوبت بذر	۳	۴۷۴۷۸/۲**	۰/۸۹۳**	۷۳۵۰۸۶۰/۰**	۴۷۸۵۶/۶**
زمان انبارداری	۵	۴۵۰۸/۴**	۰/۱۳۲**	۱۷۷۹۶۹۱/۳**	۹۶۹۶/۱**
دما*رطوبت	۱۲	۷۱۲۱/۰**	۰/۰۷۳**	۸۱۲۸۳۰/۷**	۹۲۹۳/۵**
دما*زمان	۲۰	۶۲۲/۴**	۰/۰۰۸**	۱۵۳۶۱۹/۰**	۴۸۰/۹**
رطوبت×زمان	۱۵	۲۴۷/۴**	۰/۰۰۳**	۴۳۶۴۶/۶**	۴۴۲/۲**
دما×رطوبت×زمان	۶۰	۶۱۸/۶**	۰/۰۰۹**	۱۶۴۲۲۳/۹**	۴۶۳/۸**
خطا	-	۱۳/۱	۰/۰۰۰۱	۱۵۰۱۹/۵	۱۶/۹
ضریب تغییرات	-	۶/۸	۶/۱۵۵	۱۳/۷	۹/۴

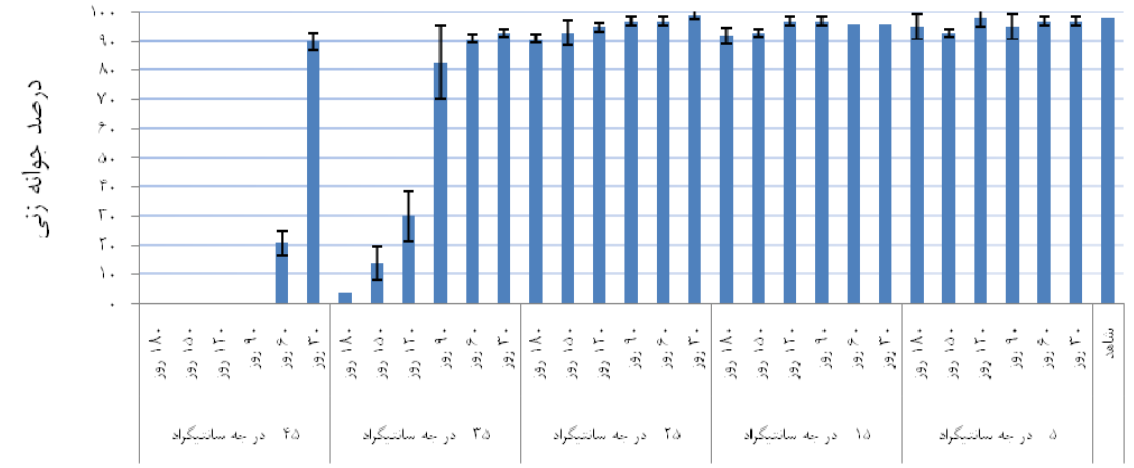
ns ،* و**ترتیب عدم اختلاف معنی دار و معنی دار در سطوح ۵ درصد

درصد جوانه زنی با افزایش رطوبت بذر و درجه حرارت انبارداری کاهش یافت. در محتوی رطوبت بذر ۵٪، افزایش درجه حرارت از ۵ به ۴۵ درجه سانتی گراد فقط سبب کاهش ۱۵٪ جوانه زنی پس از ۱۸۰ روز انبارداری گردید (شکل ۱). لیکن در مدت انبارداری کمتر از ۹۰ روز، کاهش درصد جوانه زنی معنی دار نبود. افزایش محتوی رطوبت بذر به ۹، ۱۳ و ۱۷٪ کاهش چشمگیری در جوانه زنی به همراه داشت (شکل ۲، ۳ و ۴). بذرهای با رطوبت ۱۷٪ نتوانستند در دماهای بالاتر از ۲۵ درجه سانتی گراد قوه نامیه خود را برای مدت ۳۰ روز حفظ کنند. این بذرها تنها در دمای ۵ درجه سانتی گراد قادر به حفظ قوه نامیه خود به مدت ۱۸۰ روز بودند (شکل ۴). با افزایش رطوبت بذر از ۵ به ۹٪، قوه نامیه بذرها در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد فقط به مدت ۳۰ روز امکان پذیر بود (شکل ۲). بذرها با محتوی رطوبت ۱۳٪ توانایی حفظ قوه نامیه خود در دماهای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد را کاملا از دست دادن (شکل ۳). در این محتوی رطوبت بذر حتی در دمای ۲۵ درجه سانتی گراد بذرها قادر به حفظ قوه نامیه خود تنها برای ۶۰ روز بودند. در یک تحقیق که نگهداری بذور گوجه فرنگی در دماهای مختلف ۱۰،۲۰،۳۰،۴۰ و۵۰ درجه سانتی گراد انجام شد، شیب از دست رفتن قوه نامیه بذر در ۱۰ درجه سانتیگراد ناچیز و در۲۰ درجه سانتیگراد شدت بیشتری داشت. در بالاتر از ۲۰ درجه سانتیگراد

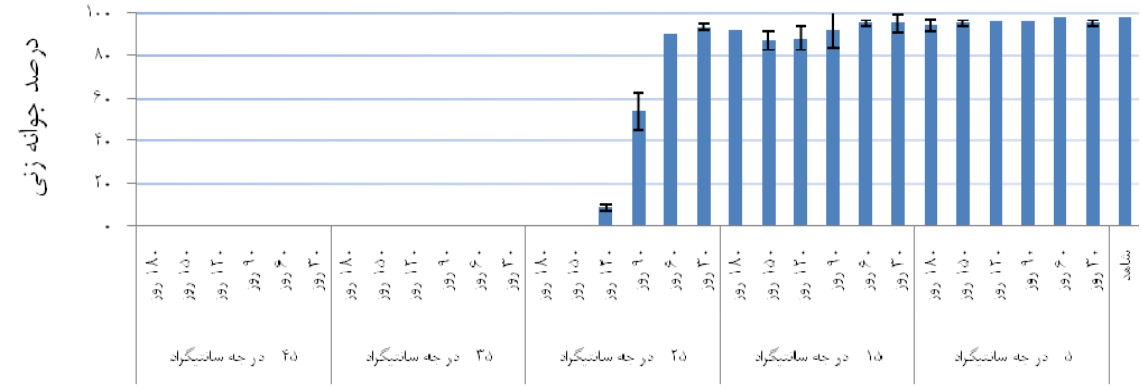
بذرها به شدت زوال پیدا کردند و تنها در طی ۳ـ۲ ماه میزان جوانه زنی به نصف کاهش یافت (Hung et al., 2001).



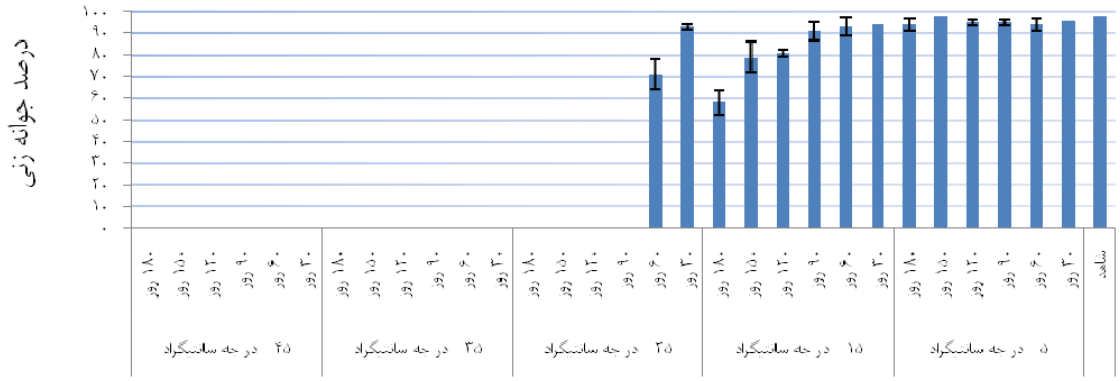
شکل ۱ – مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۵٪ در بذر کلزا



شکل ۲– مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۹٪ در بذر کلزا

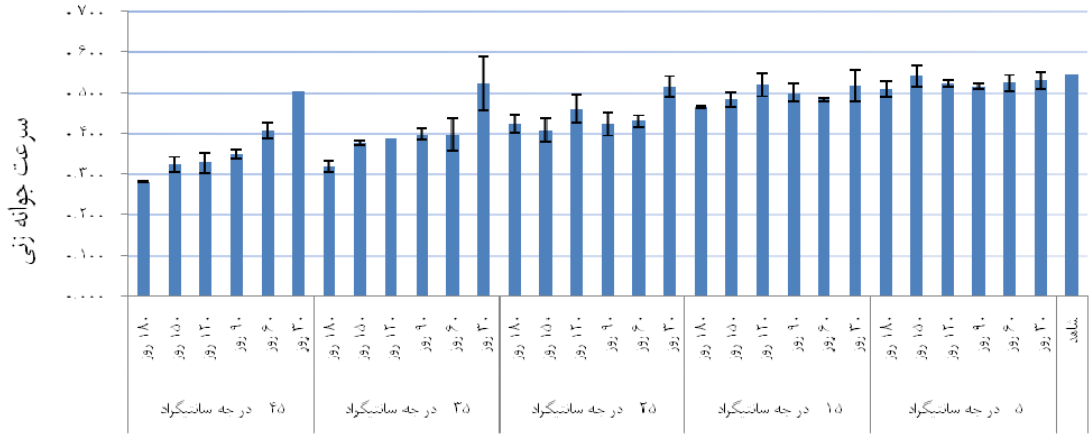


شکل ۳– مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۱۳٪ در بذر کلزا

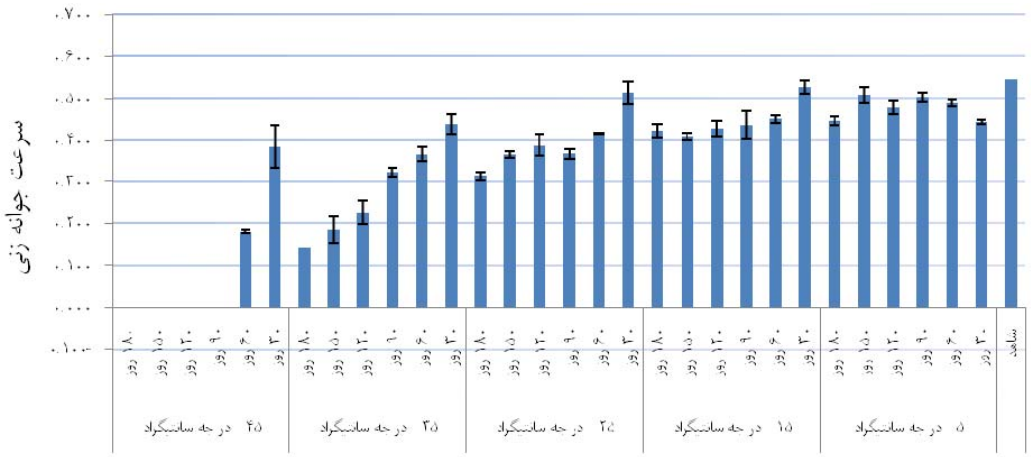


شکل ۴- مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۱۷٪ در بذر کلزا

با افزایش دما و محتوی رطوبت بذر طی زمان سرعت جوانه زنی کاهش یافت(شکل ۵، ۶،۷و ۸). اگرچه بین درصد جوانه زنی در محتوی رطوبت ۵ ٪ تفاوت معنی داری دیده نشد (شکل۱) اما سرعت جوانه زنی تفاوت بین بذور انبار شده را بهتر نشان میدهد، به طوریکه اگرچه تنها از دمای ۵ تا ۴۵ درجه سانتی گراد تنها ۱۰ درصد کاهش درصد جوانه زنی را شاهد هستیم ولی سرعت جوانه زنی به نصف کاهش می یابد که تغییر در کیفیت بذور را طی انبارداری نشان می دهد (شکل۵). کاهش سرعت جوانه زنی در محتوی رطوبت بذر ۹ ٪ نسبت به ۵ ٪ دارای شیب بیشتری است، به طوریکه در دمای ۳۵ درجه سانتی گراد با محتوی رطوبت بذر ۵ ٪ بعد از ۱۸۰ روز انبارداری سرعت جوانه زنی ۴۰ ٪ کاهش یافت. در دمای مشابه ۳۵ درجه سانتی گراد و در محتوی رطوبت بذر ۹ ٪ بعد از ۱۸۰ روز سرعت جوانه زنی ۷۰ ٪ کاهش یافت (شکل۶). سرعت جوانه زنی در ۲۵ درجه سانتی گراد بعد از ۶۰ روز نگهداری در محتوی رطوبت بذر ۱۳ ٪ کاهش ۴۰ درصدی و در محتوی رطوبت بذر ۱۷ ٪ کاهش ۵۵ درصدی را نشان داد (شکل ۶، ۸). شاخص بنیه نیز به خوبی زوال را در دما و محتوی رطوبت بذر طی زمان های متفاوت انبارداری نشان داد. کاهش بنیه بذر با گذشت زمان طی انبارداری با افزایش دمای انبارداری و محتوی رطوبت بذرکاملا مشاهده شد (شکل ۹-۱۲). بعد از ۱۸۰ روز انبارداری در دمای ۱۵ درجه سانتی گراد شاخص بنیه در محتوی رطوبت بذر ۱۳ ٪ کاهش ۴۰ درصدی و برای محتوی رطوبت ۱۷ ٪ کاهش ۷۰ درصدی را به همراه داشت (شکل ۱۱، ۱۲).

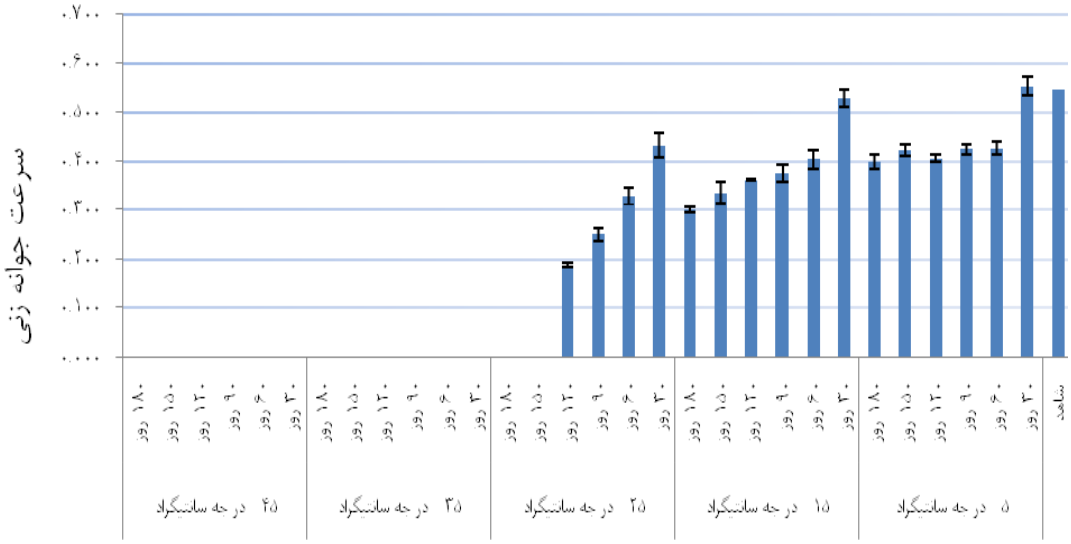


شکل ۵-مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۵ ٪ برای بذر کلزا

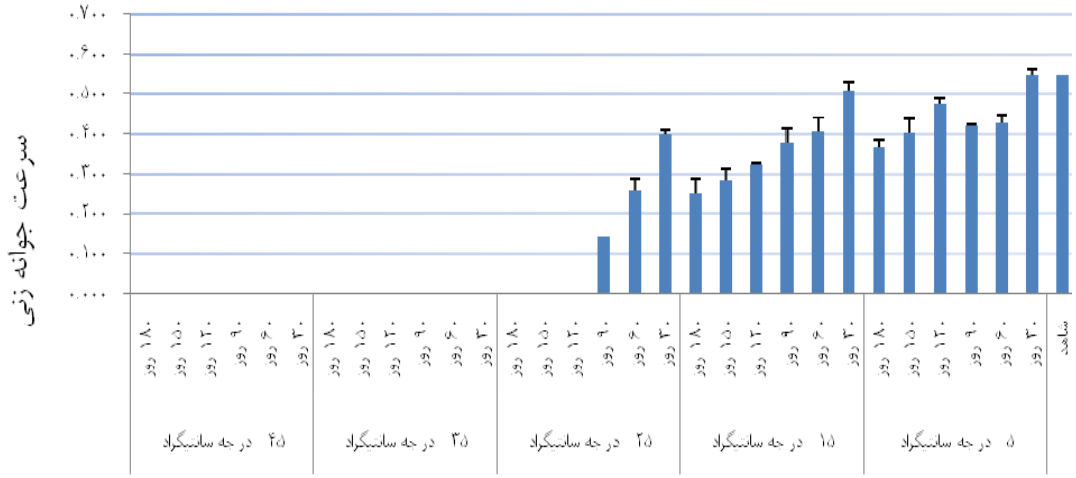


شکل۶- مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۹ ٪ در بذر کلزا

تغییرات کوچک در محتوی رطوبت بذر زمانی که بین ۱۲ تا ۱۶ درصد باشد تاثیر زیادی بر قابلیت انبارداری دارد (Tang et al., 2000). در یک آزمایش بذور ماش را با رطوبت های اولیه ۷، ۹،۱۱و۱۳ درصد و دماهای نگهداری ۱۵ ،۲۰، ۲۵ و ۲۷ سانتی گراد برای یک دوره ۱۸ ماه انبار کردند. با افزایش رطوبت بذر و درجه حرارت، زوال بذر افزایش یافت Pradidwong, (2004). قدرت بذر اولین جزء کیفیت بذر است که کاهش می یابد و به دنبال آن جوانه زنی و قوه نامیه کاهش می یابند (Basra et al., 2003; DeFigueiredo et al., 2003). شرایط انبارداری متفاوت، سبب اختلافات معنی داری در جوانه زنی و سبز شدن گیاهان می شود (Marshal & Lewis, 2004). محتوای رطوبتی بالای بذر سبب افزایش سرعت تنفس می‌شود که خود سبب بالا رفتن دما می‌شود.

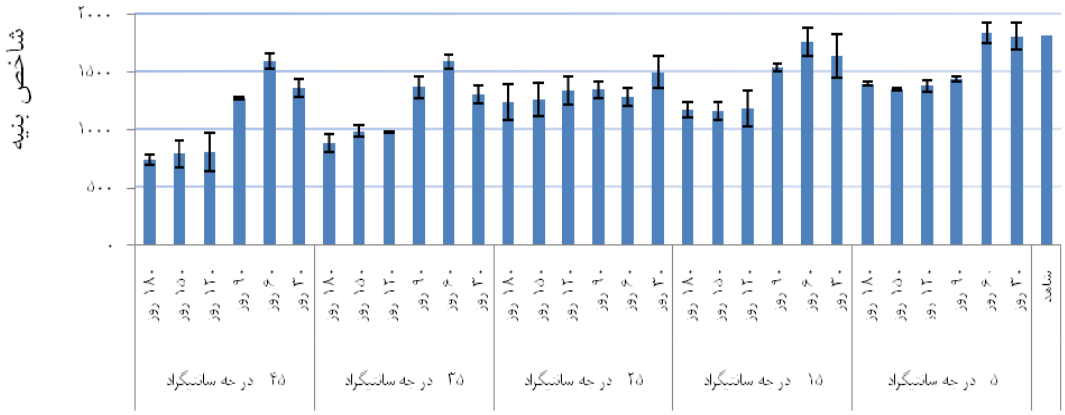


شکل۷- مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۱۳ ٪ در بذر کلزا

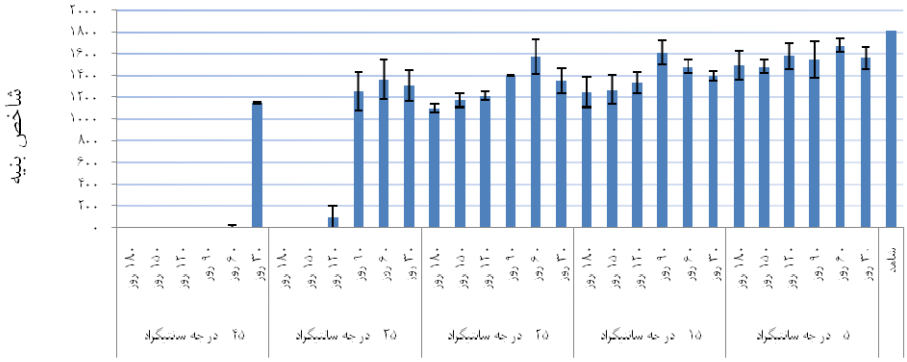


شکل۸- مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۱۷ ٪ در بذر کلزا

مهمترین عاملی که تنفس و تولید گرما را در بذر تحت تأثیر قرار می‌دهد، رطوبت بذر است. به ازای یک درصد کاهش در محتوی رطوبت بذر طول عمر آن دو برابر می‌شود، البته به شرطی که رطوبتهای بذری بین ۱۳ـ۵ درصد باشد (Harrington, 1972).درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی در دمای ۵ درجه سانتی گراد و رطوبت محتوی بذر ۵ درصد بعداز گذشت ۱۸۰ روز از انبارداری تفاوت معنی داری نشان نداد و بهترین شرایط برای نگهداری بذور طی انبارداری می باشد. با افزایش دما و رطوبت بذر کاهش درصد جوانه زنی و سرعت جوانه زنی را به همراه داشت که کاهش بنیه با افزایش محتوی رطوبت بذر شیب بیشتری داشت.درصد جوانه زنی بذور سویا قبل از انبارداری ۹۱ درصد، در ذرت ۸۸/۵ درصد، در آفتابگردان ۸۹ درصد که پس از چهار سال انبارداری، درصد جوانه زنی به طور متوسط در ذرت ۷۲ درصد، سویا ۵۰ درصد و در آفتابگردان ۳۵ درصدکاهش یافت و نشان داد طی انبارداری جوانه زنی کاهش می یابد و این کاهش در بذر های روغنی سویا و آفتابگردان بیشتر است (Simic et al., 2009).



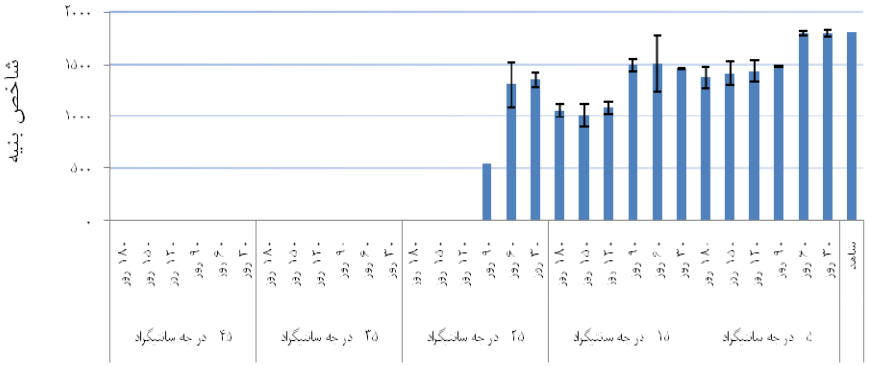
شکل ۹- مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۵٪ در بذر کلزا



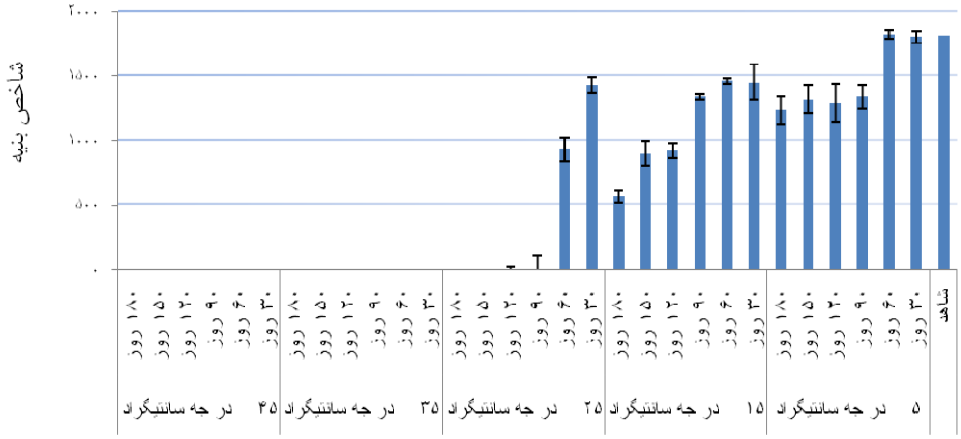
شکل ۱۰-مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۹٪ در بذر کلزا

هدایت الکتریکی

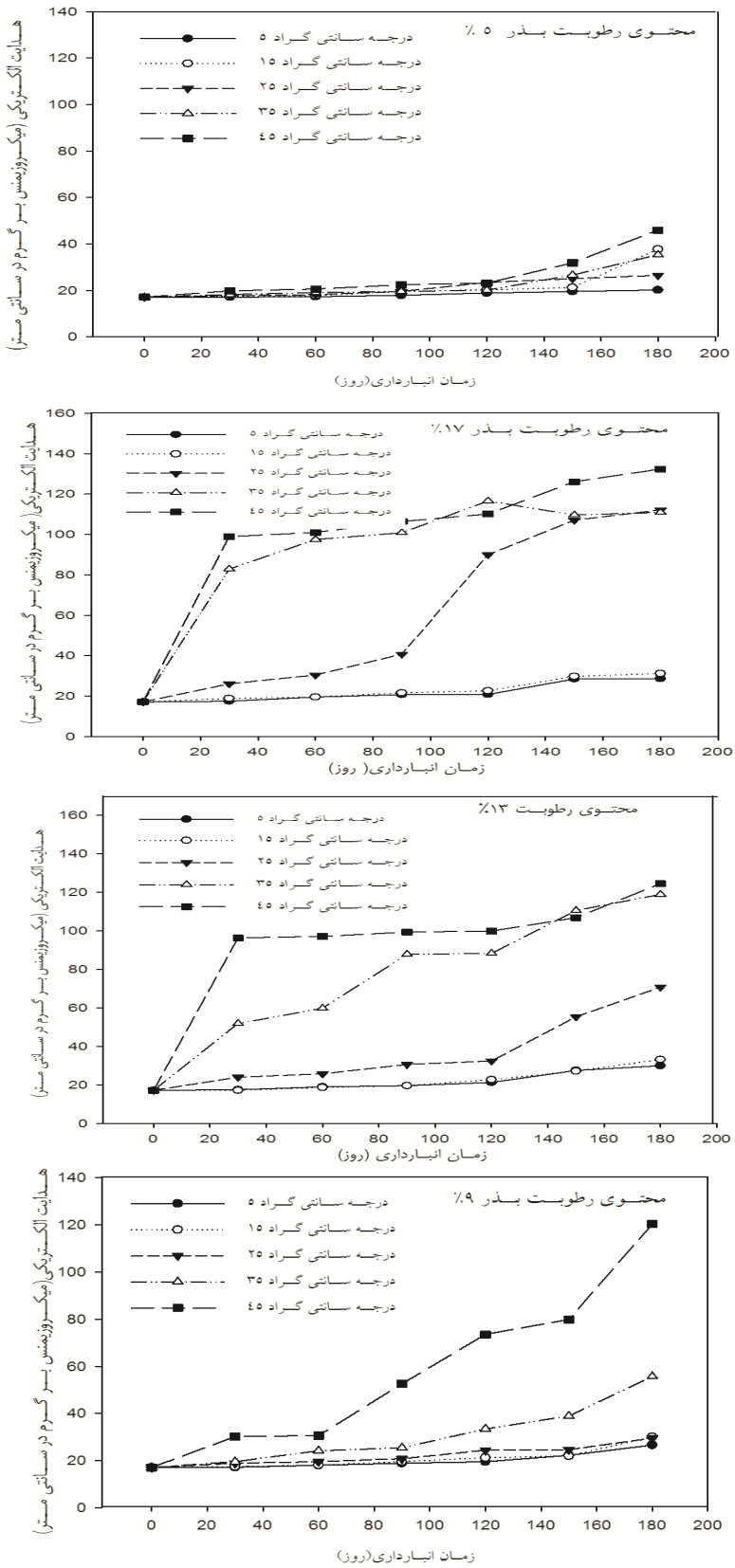
اثر متقابل سه گانه رطوبت بذر در دمای انبارداری در زمان برای هدایت الکتریکی در سطح یک درصد معنی دار بود (جدول۱). هدایت الکتریکی برای تمام تیمارهای دمایی با محتوی رطوبت ۵ ٪ تا ۱۶۰ روز انبارداری تفاوت چندانی نداشتند، لیکن با افزایش زمان انبارداری بیش از ۱۶۰ روز و در دماهای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد هدایت الکتریکی تغییـــرات معنـی داری را نشان داد. در محتوی رطوبتی ۹٪ ، در دماهای ۵، ۱۵ و ۲۵ درجه سانتی گراد نیز تفاوت چندانی دیده نشد، ولی در دمای ۳۵درجه سانتی گراد بعد از ۶۰ روز و در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد بعد از ۲۰ روز افزایش چشمگیری در هدایت الکتریکی دیده شد، به طوریکه در دمای ۴۵ درجه و محتوی رطوبت ۹ ٪ هدایت الکتریکی ۷ برابر افزایش یافت. با افزایش محتوی رطوبت بذر این ختلاف بیشتر دیده می شود (شکل۱۳).



شکل ۱۱-مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۱۳٪ در بذر کلزا



شکل۱۲- مقایسه میانگین اثر متقابل دما در زمان در رطوبت محتوی ۱۷٪ در بذر کلزا



شکل ۱۳- اثر دما و رطوبت بذر بر هدایت الکتریکی بذر کلزا در زمان های متفاوت انبارداری

هدایت الکتریکی برای دماهای ۵ و ۱۵ درجه سانتی گراد برای همه ی سطوح محتوی رطوبت بذر اختلاف چندانی دیده نشد و نشان می دهد که آزمون هدایت الکتریکی برای دماهای پایین انبارداری قابلیت تفکیک بین بذور را ندارد. بذور سویا طی ۱۸ ماه انبارداری در دمای ۱۰، ۱۵، ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد و نمونه گیری های ۳ ماه یکبار نشان داد که هدایت الکتریکی به خوبی روند کاهش کیفی بذر نگهداری شده در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد را نشان نمی دهد در حالیکه که در دمای ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد به خوبی نشان می دهد یکی از علایم زوال، صدمه به غشای سلولی می باشد که افزایش نشت الکترولیت ها را در پی دارد Roberval et al, 2007). اندازه گیری تغییرات هدایت الکتریکی طی ۱۸ ماه انبارداری در دمای ۱۰ درجه سانتی گراد تفاوت معنی داری نشان نداد، در حالی که نگهداری در درجه حرارت ۲۰ و ۲۵ درجه سانتی گراد، تغییرات قابل توجهی در هدایت الکتریکی طی طول دوره انبارداری را سبب شد که نشان دهنده افزایش از دست دادن املاح با گذشت زمان است.

به نظر میرسد آزمون هدایت الکتریکی روش مناسبی برای ارزیابی قدرت بذر در دماهای پایین نگهداری نمی باشد (Roberval et al., 2007; Fessel et al., 2001). در دمای بالا و رطوبت بالا، هدایت الکتریکی قابلیت غربال گری مناسبی را برای بنیه بذرها دارد. نتایج این آزمایش نشان داد که بذرها با رطوبت ۱۳ و ۱۷ درصد در دماهای ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی گراد دارای کاهش شدید درصد جوانه زنی و همچنین افزایش شدید هدایت الکتریکی می باشد که به خوبی نشان می دهد هدایت الکتریکی می تواند شاخص مناسبی برای ارزیابی بنیه بذر در این شرایط باشد(شکل۱۳).

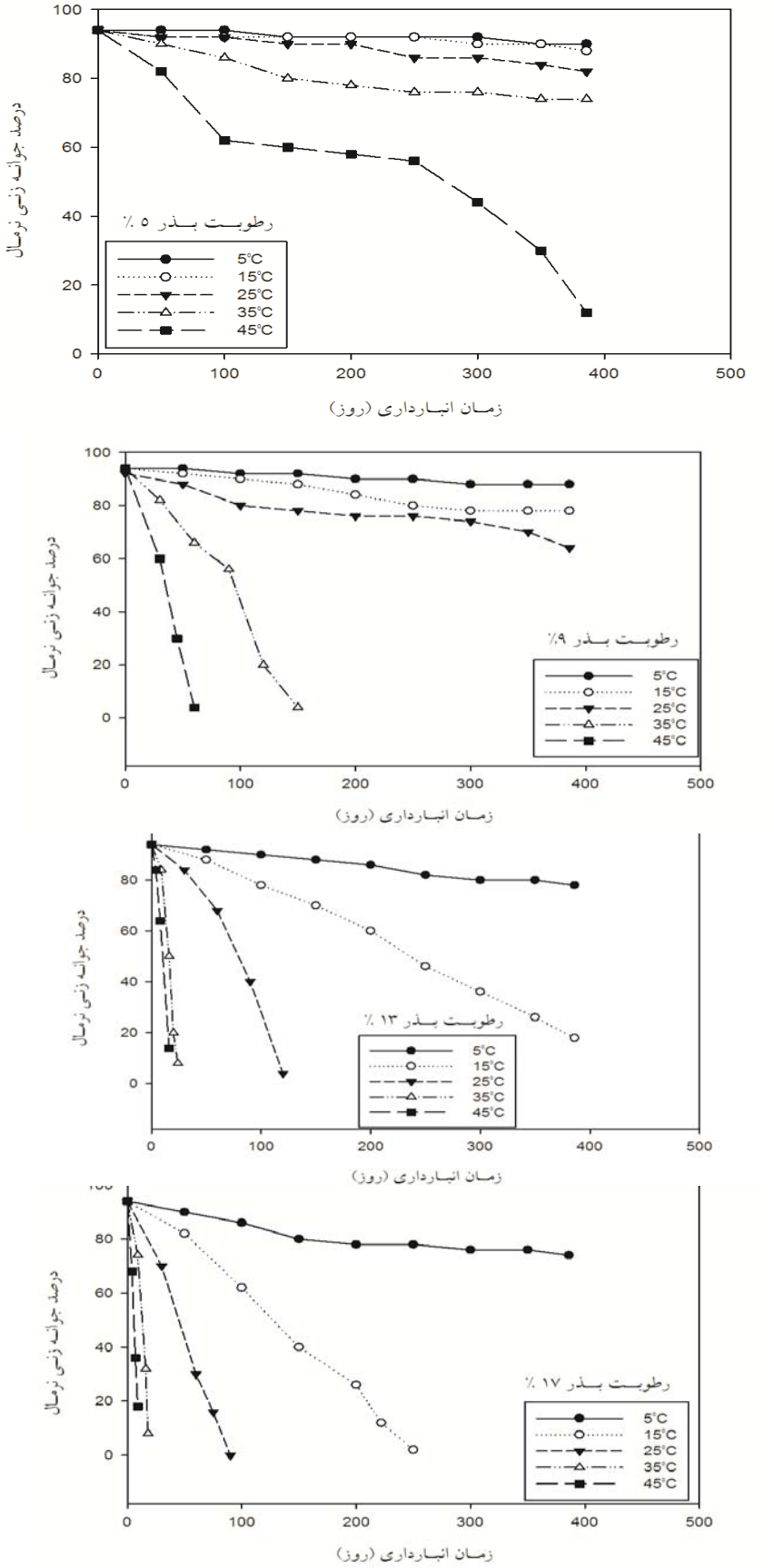
تعیین ضرایب حیات و پیش بینی زوال بذر

معادله حیات بذر می تواند جوانه زنی را طی زمان پیش بینی کند و برازش خوبی بین جوانه زنی پیش بینی شده و جوانه زنی مشاهده شده داشته باشد. منحنی طول عمر بذر به صورت سیگموئیدی است (Bradford, 2004)، به طوری که در ابتدای انبارداری، جوانه زنی تا مدتی بدون تغییر می باشد که بسته به شرایط انبارداری متفاوت می باشد. هر چه دما و محتوی رطوبت بالاتر باشد این دوره کوتاهتر بوده و طولانی تر بـودن این دوره در شرایط مشابه برای توده ی بذری دیگر نشان دهنده کیفیت بالاتر توده بذری نسبت به توده دیگر است و به عنوان یک شاخص در تعیین کیفیت اولیه بذر مورد استفاده قرار می گیرد(Bradford, 2004).با افزایش دما و رطوبت بذر شدت زوال افزایش می یابد،

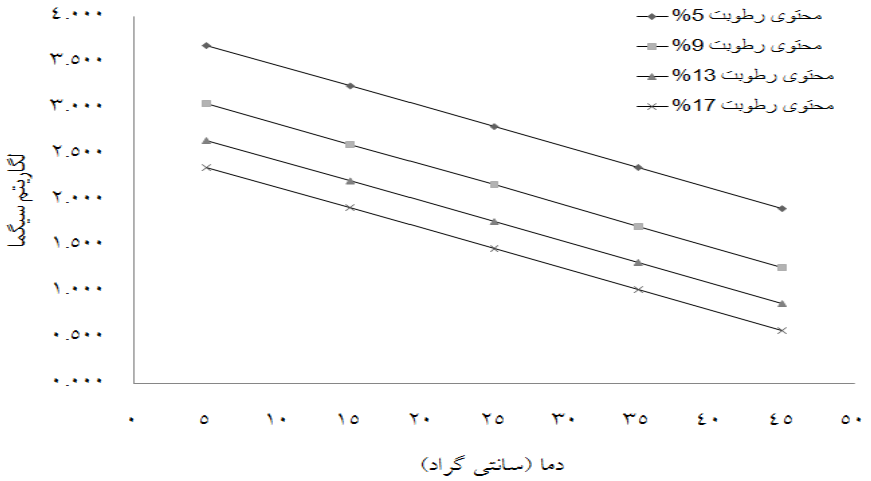
به طوریکه در دمای ۵ درجه سانتی گراد و محتوی رطوبت ۵ ٪ بعد از یکسال انبارداری جوانه زنی به ۹۰ ٪ کاهش یافت. در دمای ۵ درجه سانتی گراد و محتوی رطوبت ۱۷٪ بعد از یکسال جوانه زنی به ۴۰ درصد رسید. در دمای ۴۵ درجه سانتی گراد و رطوبت محتوی ۱۷٪ بعد از ۱۰ روز جوانه زنی به صفر رسید(شکل۱۴). با توجه به برازش داده ها برای مدت طولانی (۴۰۰ روز)، سیگموئیدی بودن نمودارها تا حدودی کاهش می یابد.

رابطه بین لگاریتم سیگما و دما برای رطوبت های مختلف به صورت خطی می باشد و یک روند کاهشی دارد که با افزایش دما مقدار لگاریتم سیگما کاهش می یابد. خطوط مربوط به سطوح رطوبت به صورت تقریبا موازی می باشند که نشان می دهد در هر سطح رطوبتی با افزایش دما مقدار لگاریتم سیگما به صورت خطی کاهش می یابد(شکل۱۵).

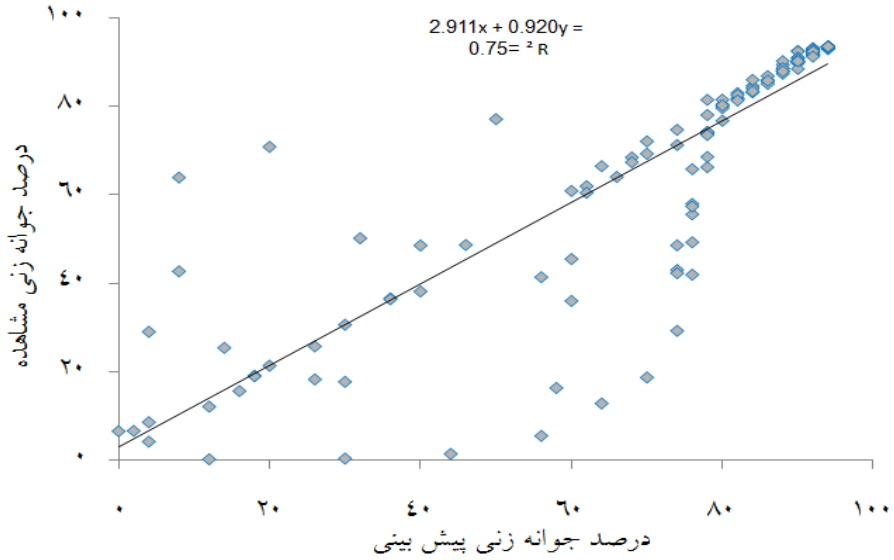
بین لگاریتم سیگما و دما نتایج مشابه ای در بذور پنبه مشاهده شد که نشان داد این رابطه یک رابطه خطی می باشد (Usberti, 2006). یکی از روش های ارزیابی مدل، استفاده از رگرسیون بین مقدار مشاهده شده و مقدار ارزیابی شده می باشد. برابر شدن y=x بین دو متغیر به معنی یکسان بودن مقادیر مشاهده شده و پیش بینی شده می باشد. برای ارزیابی این مدل، بین دادهای پیش بینی شده و مشاهده شده یک رگرسیون گرفته شد که نشان داد با توجه به مدل بدست آمده ۷۵ درصد از داده ها را به طور صحیح براورد نموده است (شکل۱۶). البته تنها با حذف داده های ۳ محیط (دما ۴۵ و محتوی رطوبت ۵٪، دمای ۲۵ و محتوی رطوبت ۹٪، دمای ۵ و محتوی رطوبت ۱۷٪) که با مدل ارایه شده برازش خوبی نداشتند، ۹۰ درصد داده ها توسط معادله بدست آمده به درستی برآورد می شوند(شکل۱۷).



شکل ۱۴- نمایش روند زوال بذر کلزا با ترسیم داده های جوانه زنی نرمال در دماها و زمان های متفاوت انبارداری



شکل۱۵- اثر دما بر لگاریتم سیگما در محتوی رطوبت بذر کلزا ۵، ۹، ۱۳، ۱۷ درصد



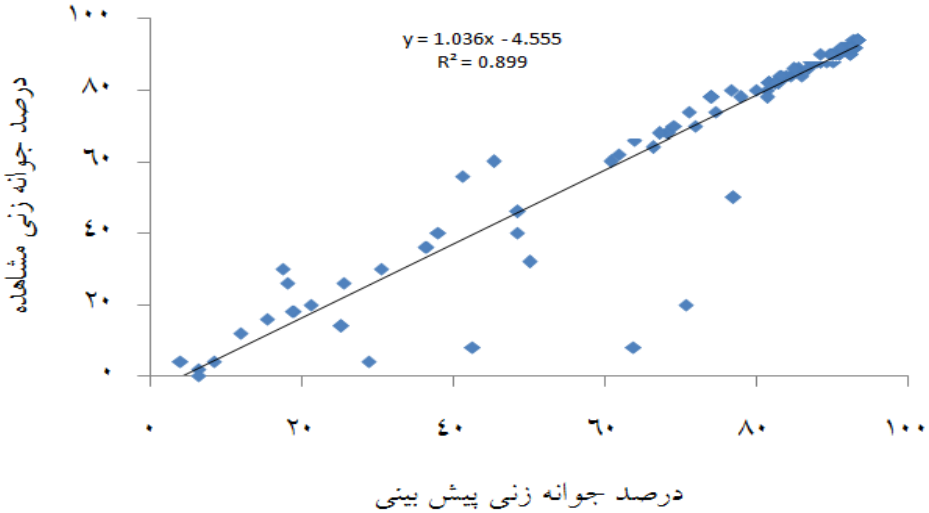
شکل ۱۶- ارزیابی مدل توسط رگرسیون بین درصد جوانه زنی مشاهده شده با پیش بینی شده

ضرایب حیات با استفاده از معادله قابلیت حیات محاسبه شد، K_E، C_W ، C_H و C_Q به ترتیب ۵/۶۵۳۵۹ ، ۲/۴۹۹۷۵ ، ۰/۰۴۳۸۷ و ۰/۰۰۰۰۱۴۳۸ به دست آمد که می بایست در رابطه (۱) جایگذاری گردد.

$$v = Ki - \frac{p}{10^{(K_E - C_W \log_{10} m - C_H t - C_Q t^2)}}$$

که با جا ی گذاری ضرایب رابطه به صورت زیر بدست می آید.

$$v = Ki - \frac{p}{10^{(5.65359 - 2.49975 \log_{10} m - 0.04387 t - 0.00001438 t^2)}}$$



شکل ۱۷- ارزیابی مدل توسط رگرسیون بین درصد جوانه زنی مشاهده شده با پیش بینی شده (با حذف دادهایی که برازش خوبی نداشتند) بذر کلزا

با داشتن قوه نامیه اولیه بذر و دمای نگهداری بذر و محتوی رطوبت بذر بعد از P روز نگهداری ،کیفیت بذر قابل محاسبه می باشد. این معادله برای بذر گونه های جنگلی نیز مورد استفاده قرار گرفت (Dickie et al, 1990; Medeiros et al, 1998; Chaves ;Bonner, 1999 &Usberti, 2004). البته ضرایب محاسبه شده برای هر گونه متفاوت بوده و مختص به همان گونه می باشد(Usberti, 2006). از معادله حیات برای پیش بینی قابلیت حیات (جوانه زنی طی نگهداری) استفاده شده است(Usberti, 2007; Tang et al, 2000). بذرهای تولید شده بعد از فرآوری معمولا مدتی در انبار نگه داری می شوند تا مورد استفاده قرار گیرند و از آنجایی که سبز شدن خوب در مزرعه منوط به کیفیت بذور کاشته شده می باشد، لذا بذور طی نگه داری در انبار می بایست کمترین حد زوال را داشته باشند. از مهمترین عوامل دخیل در انبارداری، دمای نگه داری و محتوی رطوبت بذر می باشد. با استفاده از معادله حیات می توان بهترین شرایط نگه داری را به طوری که کمترین سطح زوال را در پی داشته باشد، اعمال گردد. برای نگهداری طولانی مدت ژرم پلاسم گیاهی در بانک ژن نیز با استفاده از معادله حیات می توان مدت زمان زنده مانی و نتیجتا دوره های کشت دوباره را محاسبه کرد.

REFERENCES

1. Association of Official Seed Analysts. (1986). Rules for seed testing. *Journal of Seed Technology*, 13,1–126.
2. Basra, S.M.A., Ahmad, N., Khan, M.M., Iqbal, N., & Cheema, M. A. (2003). Assessment of cotton seed deterioration during accelerating aging. *Seed Science & Technology*, 31, 531-540.
3. Black, M., & Bewley, J. D. (2009). *Seed Technology and Its Biological Basis*.
4. Bonner, F.T. (1999). Viability equations for forest tree seeds. *Seed Science & Technology*, 27, 981-989.
5. Bradford, K.J. (2002). Application of hydrothermal time to quantifying and modeling seed germination and dormancy. *Weed Science*, 50, 248-260.
6. Bradford, K.J. (2004). Seed Production and Quality. Academy Press, California, USA, 138p.
7. Chaves, M.M.F., & Usberti, R. (2004). Controlled seed deterioration in *Dalbergianigra* and *Dimorphandramollis*, endangered Brazilian forest species. *Seed Science & Technology*, 32, 813-823.
8. De Figueiredo, E., Albuquerque, M.C., & De carvalho, N.M. (2003). Effect of the type of environmental stress on the emergence of sunflower (*Helianthus annus* L.), soybean (*Glycine max* L.) seed with different levels of vigor. *Seed Science & Technology*, 31,465-479.
9. Dikie, J.B., Ellis, R.H., Kraak, H.L., Ryder, K., & Tompsett, P.B. (1990). Temperature and seed storage longevity. *Annals of Botany*, 65, 197-204,

10. Ellis, R.H. & Hong, T.D. (2007). Quantitative response of the longevity of seed of twelve crops to temperature and moisture in hermeric storage. *Seed Science & Technology*, 35,432-444.
11. Ellis, R.H. & Roberts, E.H. (1981). The quantification of aging and survival in orthodox seeds. *Seed Science & Technology*, 9, 373-409.
12. Ellis, R.H. & Roberts, E.H. (1980). Improved equations for the prediction of seed longevity. *Annals of Botany*, 45, 13-30.
13. Hampton, J.G. & TecKrony, D.M. (1995). *Handbook of vigor test methods*. The International Seed Testing Association, Zurich, 117p.
14. Harrington, J.F. (1972). *Seed storage and longevity*., P 145-245. In: T.T. Kozlowski (ed.) Seed biology. Vol. 3. Academic Press, New York.
15. Hung, L.Q., Hong, T.D. & Ellis, R.H. (2001). Constant, fluctuating and effective temperature and seed longevity: a tomato (*Lycopersiconesculentum Mill*.) example. *Annals of Botany*, 88, 465±470.
16. *International rules for seed testing*. (2010). Published by the International Seed Testing Association. Zurich.
17. Kirshnan, P., Nagarajan, S., Dadlani, M. & Moharir, A.V. (2003). Characterization of wheat (*Triticum aestivum*) and soybean (*Glycine max*) seeds under accelerated ageing condition by proton nuclear magnetic spectroscopy. *Seed Science &Technology*, 31,541-550.
18. Liu, K., Eastwood, R. J., Flynn, S., Turner, R.M. & Stuppy, W.H. (2008). *Seed information database*. *http:// www.kew.org/data/sid.*
19. Loeffler, T.M., Tekrony, D.M., & Egli, D.B., (1988). The bulk conductivity test as an indicator of soybean seed quality. *Journal of Seed Technology*, 12, 37-53.
20. Marshal, A., & Lewis, D.N. (2004). Influence of seed storage conditions on seedling emergence, seedling growth and dry matter production of temperate forage grasses. *Seed Science & Technology*, 32,493-501.
21. Medeiros, A.C.S., Probert, R. J., Sader, R., & Smith, R.D. (1998). The moisture relations of seed longevity in *Astroniumurundeuva* (Fr. All.) Engl. *Seed Science and Technology*, 26, 289-298.
22. Nash, M.J. (1981).The conservation and storage of dry cereal grains, In: *Crop Conservation and Storage*. Pergamon press, London.
23. Pradidwong, S, Isarasenee, A, & Pawelzik, E. (2004). Prediction *of mungbean seed longevity and quality using the relationship of seed moisture content and storage temperature*. Deutscher Tropentag, October 5-7, Berlin.
24. Tang, Sh, Dennis, M., & TeKrony, B. (2000). An alternative model to predict corn seed deterioration during Storage. *Crop Science*, 40, 463-470.
25. Tang, S., Tekriny, D.M., Egli, D.B. & Cornelius, P.L. (1999). Survival characteristics of corn seed during storage. II. Rate of seed deterioration. *Crop Science*, 39, 1400-1406.
26. Tang, S., Tekriny, D.M., Egli, D.B., & Cornelius, P.L. (2000). An alternative model to predict corn seed deterioration during storage. *Crop Science*, 40, 463-470.
27. Tao, J.K. (1978). Factors causing variations in the conductivity test for soybean seeds. *Journal of Seed Technology*, 3, 10-18.
28. Usberti, R. (2007). Performance of topical forage grass (*Brachiariabri zantha*) dormant seed under controlled storage. *Seed Science & Technology*, 35, 402-413.
29. Usberti, R., Roberts, E.H., & Ellis, R.H. (2006). *Prediction of cotton seed longevity*. Pesquisa Agropecuária Brasileira, 41, 9, 1435-1441.
30. Roberval, D., & Maristela, P. (2007). Electrical conductivity and deterioration of soybean seeds exposed to different storage conditions. *Revista Brasileira de Sementes*, 29, 97-105.
31. Vieira, R.D., Penariol, A.L., Perecin, D., & Panobianco, M. (2002). Condutividadeelétrica e teor de águainicial das sementes de soja. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 37, 9, 1333-1338.
32. Vieira, R.D., Tekrony, D.M., Egli, D.B., & Rucker, M. (2001). Electrical conductivity of soybean seeds after storage in several environments. *Seed Science and Technology*, 29, 599-608.