



Introduction and application of the seed longevity model in the research of determining the longevity (storage) of seeds

Omid Ansari^{1*}, Esmail Shirghani², Khodadad Shabani³

¹ Ph.D. Department of Seed Science and Technology, Email: omid0091@yahoo.com

² Ph.D. student, Department of Agriculture, Faculty of Agriculture, Azad University, Shirvan branch, Shirvan, Iran, Email: farid.shirghani@gmail.com

³ Master's student, Department of Agroecology, Email: amin.13661366@yahoo.com

Article Info	ABSTRACT
Article type: Research Full Paper	Different seeds deteriorate after harvesting and during seed storage, and this deterioration of seeds will cause a decrease in seed quality, seedling establishment and eventually decrease in plant yield in the field. To predict
Article history: Received: 2023-2-18 Revised: 2023-2-23 Accepted: 2023-2-28	the longevity of orthodox seeds, the longevity equation $v = Ki - \frac{p}{\sigma}$ is used, and this model can be used to compare the longevity of different cultivars, investigate the effect of different treatments or types of packaging on seed longevity, and also be used in the gene bank, etc. This model is not well known among Iranian researchers. In this study, the seed viability model has been introduced. In order to introduce the seed viability model, the germination data of mountain rye seeds in different storage conditions were used. v is the probit based on the probit after storage, K_i is the initial probit of the seed mass, p is the daily storage period and σ is the standard deviation of the seed death distribution per unit of time. Another component of this equation is the relation $\log_{10}\sigma = K_E - C_W \log_{10}m - C_{HT} - C_{Qt}^2$, where σ can be calculated from the relation $\sigma = 10^{(K_E - C_W \log_{10}m - C_{HT} - C_{Qt}^2)}$. K_E , C_W , C_H and C_Q are constant coefficients of seed longevity, which C_W coefficient shows the relative effect of seed moisture content, C_H and C_Q the response of seeds to temperature during storage, and K_E the potential coefficient of seed lifespan. These coefficients can be calculated with a series of storage experiments with a wide range of temperature and seed moisture content. A larger K_E in comparison between seeds indicates a longer longevity.
Keywords: Storage Seed germination Seed longevity modeling	

Cite this article: Ansari, O., Shirghani, E., Shabani, Kh. (2022). Introduction and application of the seed longevity model in the research of determining the longevity (storage) of seeds. *Journal of Seed Research*, 12 (2), 44-59.



©The author(s)

Publisher: Islamic Azad University, Gorgan branch

Doi: 10.30495/jsr.2023.1980563.1247

معرفی و کاربرد مدل قابلیت حیات بذر در تحقیقات تعیین طول عمر (انبارداری) بذر

امید انصاری^{۱*}، اسماعیل شیرغانی^۲، خداداد شعبانی^۳

^۱دکتری، گروه علوم و تکنولوژی بذر، رایانامه: omid0091@yahoo.com

^۲دانشجوی دکتری، گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه آزاد، واحد شیروان، شیروان، ایران، رایانامه: farid.shirghani@gmail.com

^۳دانشجوی کارشناسی ارشد، گروه آگرواکولوژی، رایانامه: amin.13661366@yahoo.com

اطلاعات مقاله	چکیده
نوع مقاله:	بذرهای مختلف پس از برداشت و در طی انبارداری بذر، زوال یافته و این زوال بذر سبب کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و در نهایت کاهش عملکرد گیاه در مزرعه خواهد شد. برای پیش‌بینی طول عمر بذرهای ارتودوکس از معادله طول عمر $v = Ki - \frac{p}{\sigma}$ استفاده می‌شود که این مدل جهت مقایسه طول عمر در ارقام مختلف، بررسی اثر تیمارهای مختلف یا انواع بسته بندی بر طول عمر بذر و همچنین در بانک ژن و ... کاربرد دارد. این مدل در بین محققان ایرانی به خوبی شناخته شده نیست. از اینرو در این مطالعه به معرفی مدل قابلیت حیات بذر پرداخته شده است. جهت معرفی مدل قابلیت حیات بذر از داده‌های جوانه‌زنی بذر چاودارکوهی در شرایط مختلف انبارداری استفاده شد. v قوه‌نامه بر اساس پروبیت پس از انبارداری، Ki قوه‌نامه اولیه توده بذر به پروبیت، p دوره انبارداری به روز و σ انحراف معیار استاندارد توزیع مرگ بذر در واحد زمان می‌باشد. جزء دیگر این معادله رابطه $\log_{10}\sigma = KE - CW \log_{10}m - CHt - CQt^2$ می‌باشد که σ را می‌توان از رابطه $\sigma = 10^{(KE - CW \log_{10}m - CHt - CQt^2)}$ محاسبه کرد. KE ، CW ، CH و CQ ضرایب ثابت حیات بذر هستند که ضریب CW اثر نسبی محتوی رطوبت بذر، CH و CQ پاسخ بذر به دما طی انبارداری و KE ضریب پتانسیل طول عمر بذر را نشان می‌دهند. این ضرایب را با یک‌سری از آزمایش‌های انبارداری با دامنه گسترده‌ای از دما و محتوی رطوبت بذر می‌توان محاسبه کرد. KE بزرگتر در مقایسه بین بذرهای نشان دهنده طول عمر بیشتر می‌باشد.
تاریخ ارسال: ۱۴۰۱/۱۱/۲۹	
تاریخ بازنگری: ۱۴۰۱/۱۲/۰۴	
تاریخ پذیرش: ۱۴۰۱/۱۲/۰۹	
واژه‌های کلیدی:	
انبارداری	
جوانه‌زنی بذر	
مدل‌سازی طول عمر بذر	

استناد: انصاری، امید؛ شیرغانی، اسماعیل؛ شعبانی، خداداد. (۱۴۰۱). معرفی و کاربرد مدل قابلیت حیات بذر در تحقیقات تعیین طول عمر (انبارداری) بذر. نشریه تحقیقات بذر، ۱۲ (۲)، ۵۹-۴۴.

DOI: 10.30495/jsr.2023.1980563.1247

ناشر: دانشگاه آزاد اسلامی، واحد کرمان

© نویسندگان.



Zadeh, 2012)، افزایش اسیدهای چرب آزاد (Alivand et al., 2013) می‌باشد، در نهایت علائم زوال بذر در تنابلی پایین‌تر آنها در طول جوانه‌زنی مشاهده می‌شود (Ghaderi-Far et al., 2010; Ansari and Sharif-Zadeh, 2012).

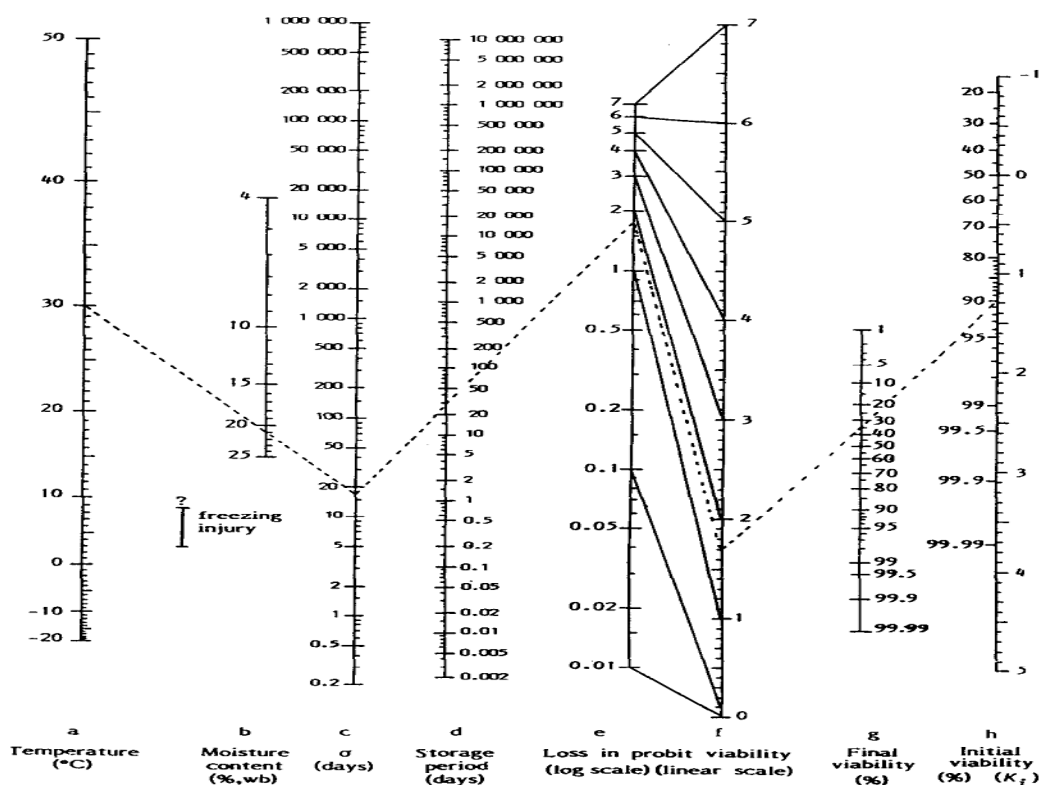
شرایط محیطی نگهداری بذر تعیین‌کننده مدت زمانی است که جوانه‌زنی و قدرت آن حفظ می‌شود. زوال بذر در طی انبارداری بذر سبب کاهش کیفیت بذر، استقرار گیاهچه و در نتیجه کاهش عملکرد گیاه در مزرعه می‌شود (Macdonald, 1999). پیش‌بینی کیفیت بذر در طی انبارداری به درک رابطه بین سه عامل رطوبت بذر، دمای نگهداری و زمان نگهداری آن بستگی دارد که در واقع بر میزان زنده‌مانی بذر مؤثرند (Yeh et al., 2005). دو عامل مهم و تاثیرگذار بر طول عمر بذر رطوبت نسبی بذر و دما می‌باشند (Ansari et al., 2015). گزارش شده است که هر نوع بذر در یک رطوبت نسبی خاص به رطوبت معینی می‌رسد (Ghaderi-Far et al., 2010). بذرها قادرند محتوی رطوبتی خود را در هر رطوبت نسبی تنظیم نمایند که به این خصوصیت ماهیت هیگروسکوپی گفته می‌شود (Ghaderi-Far et al., 2010). دماهای بالا باعث افزایش سرعت رخ دادن برخی از واکنش‌های آنزیمی و متابولیکی خواهد شد، که نتیجه آن تسریع زوال می‌باشد (Lin et al., 2005). Harrington (1972) دو قانون تجربی در مورد انبارداری مطلوب گزارش کرد که این قوانین عبارتند از؛ ۱) هر یک درصد کاهش در رطوبت بذر طول عمر بذر را دو برابر می‌کند و ۲) هر ۵ درجه سانتی‌گراد کاهش دما، طول عمر بذر را دو برابر می‌کند. پیش‌بینی طول عمر بذر برای تولیدکنندگان و بهره‌وران بذر مهم می‌باشد، بنابراین شناخت عوامل اثرگذار بر کیفیت بذر در طی دوره انبارداری بذر می‌تواند برای تولیدکنندگان بذر اهمیت زیادی داشته باشد. بدین منظور، محققان

بذر نقش بسیار مهمی در زندگی روزمره انسان ایفا می‌کند و پایه تولید محصولات زراعی و مهمترین نهاده مورد استفاده در کشاورزی به حساب می‌آید (Ansari et al., 2015). از زمانی که انسان شروع به اهلی کردن گیاهان نمود، نگهداری و انبار نمودن بذر از اهمیت ویژه‌ای برخوردار بوده است. از دیرباز تا کنون کشاورزان، مجبور به انبار کردن بذرهای مورد نیاز خود برای کشت بعدی بوده‌اند. به‌طور کلی بذرهای اغلب گیاهان معمولاً پس از برداشت به مدت چند روز تا چند ماه یا چند سال در انبار نگهداری می‌شوند. توده‌های بذری با بنیه جوانه‌زنی اولیه بیشتر، طول عمر بیشتری در زمان نگهداری نسبت به بذرهای با بنیه جوانه‌زنی اولیه کمتر دارند. بذرهای با بنیه جوانه‌زنی بیشتر توانایی سبز شدن یکنواخت‌تر و سریع‌تر را دارند بنابراین قادر به مبارزه و رقابت بیشتر با علف‌های هرز هستند (Alivand et al., 2013).

یکی از مشکلات عمده در تولید بخش کشاورزی زوال بذر است. از عوامل اصلی مؤثر بر کیفیت بذر می‌توان به؛ شرایط محیطی رشد گیاه، شرایط محیطی رسیدگی محصول و شرایط محیطی نگهداری بذر اشاره کرد. به‌طور کلی، عواملی از قبیل کیفیت اولیه بذر، ژنتیک، ساختار بذر، ترکیبات شیمیایی بذر، رطوبت بذر، رطوبت نسبی، دما و پاتوژن‌ها بر طول مدت انبارداری بذر تأثیر می‌گذارند (Ghaderi-Far et al., 2010; Ansari and Sharif-Zadeh, 2012). از دلایل کاهش کیفیت بذر در طی دوره نگهداری بذر؛ پراکسیداسیون لیپیدها (Alivand et al., 2013)، غیرفعال شدن آنزیم‌ها (Ghaderi-Far et al., 2010; Ansari and Sharif-Zadeh, 2012)، افزایش گونه‌های فعال اکسیژن (Ghaderi-Far et al., 2010; Ansari et al., 2012)، افزایش مواد تراوش یافته از بذر (Ghaderi-Far et al., 2010; Ansari and Sharif-Zadeh, 2012).

گزارش شد که لگاریتم دوره زنده‌مانی بذر در برابر محتوی رطوبتی در هر دما یک روند خطی و منفی دارد (Ellis et al., 1982; Ellis and Roberts, 1980, 1981). سپس برای پیش‌بینی طول عمر بذر از نمودارهایی استفاده شد (Ellis, 1988; Ellis and Roberts, 1980, 1981). نمونه‌ای از نمودارهای ارائه شده جهت پیش‌بینی طول عمر بذر در شکل ۱ ارائه شده است (Ellis, 1988).

به‌دنبال استفاده از مدل‌های ریاضی می‌باشند که بتوانند کیفیت بذر را در طی دوره نگهداری بذر پیش‌بینی کنند. Roberts (۱۹۷۱) نشان داد که زنده‌مانی بذرها در طی دوره انبارداری به صورت سیگموئیدی کاهش می‌یابد و از زمان رسیدن به ۵۰ درصد زنده‌مانی برای اندازه‌گیری طول عمر بذر استفاده کرد. در تحقیقاتی دیگر Roberts (1872؛ 1961) بیان داشت که بین لگاریتم زنده‌مانی بذر و درجه حرارت در یک محتوی رطوبتی، یک روند خطی و منفی وجود دارد. همچنین،



شکل ۱: نمودار پیش‌بینی طول عمر بذر لوبیا چشم بلبلی (From Ellis, 1988).

می‌باشد استفاده شد. $\frac{P}{\sigma}$ تعداد پروبیتی که در طول دوره انبارداری کاهش می‌یابد را نشان می‌دهد. جزء دیگر این معادله رابطه $\log_{10}\sigma = K_E - C_W \log_{10}m - C_{HT} - C_Q t^2$ می‌باشد که σ را می‌توان از رابطه $\sigma = 10^{(K_E - C_W \log_{10}m - C_{HT} - C_Q t^2)}$ محاسبه کرد. C_Q و C_H , C_W , K_E ضرایب ثابت حیات بذر هستند که ضریب C_W اثر نسبی محتوی رطوبت بذر، C_H و C_Q پاسخ بذر به دما

در ادامه برای پیش‌بینی طول عمر بذرها از ارتودوکس از معادله طول عمر $v = K_i - \frac{P}{\sigma}$ که v قوه‌نامه بر اساس پروبیت پس از انبارداری، K_i قوه‌نامه اولیه توده بذر به پروبیت، p دوره انبارداری به روز و σ انحراف معیار استاندارد توزیع مرگ بذر در واحد زمان (عکس شیب یا مدت زمانی که طول می‌کشد تا جوانه‌زنی یک واحد پروبیت افت کند)

مدل‌ها، تحقیقات در این زمینه بسیار اندک می‌باشد که در این رابطه می‌توان به تحقیقات Ghaderi-Far et al (2010)، Alivand et al (2013)، Dehghan and Sharf-Zadeh (2010)، Ansari et al (2015)، Tabatabaei (2014)، Hashemi et al (2018)، Amini et al (2019) و Mehrabi Kooshki et al (2022) اشاره کرد. از این‌رو در مطالعه پیش‌رو به بررسی مدل ارائه شده توسط Ellis and Roberts (1980) جهت پیش‌بینی طول عمر بذر با توجه به شرایط مختلف انبارداری پرداخته می‌شود و امید است که محققان بتوانند از این مطالعات جهت پیش‌بینی طول عمر بذر در شرایط مختلف محیط نگهداری با استفاده از مدل ذکر شده استفاده کنند.

مواد و روش‌ها

در این آزمایش محیط‌های مختلف انبارداری شامل ۳ سطح محتوی رطوبتی بذر ۱۰، ۱۲ و ۱۴ درصد و ۴ سطح دمایی شامل دماهای ۱۵، ۲۵، ۳۵ و ۴۵ درجه سانتی‌گراد برای چاودار کوهی بود.

برای ایجاد رطوبت‌های مورد نظر از رابطه
$$W_2 = w_1 \frac{(A - B)}{(100 - A)}$$
 استفاده شد، که B درصد رطوبت اولیه بذر، A درصد رطوبت مورد نظر، W1 جرم اولیه توده بذر (g) و W2 جرم آب مقطر (g) می‌باشد (Hampton and TecKrony, 1995). برای افزایش رطوبت بذر از روش مستقیم استفاده شد. جهت اعمال رطوبت مستقیم با توجه به رطوبت اولیه بذرهای چاودار کوهی (۸ درصد) و با استفاده از رابطه ذکر شده در بالا به اندازه نیاز به بذرهای آب‌اسپری شده و بذرهای در محیطی بسته به‌خوبی هم زده شدند و جهت یکنواختی در تبادل رطوبت بذرهای به مدت ۲۴ ساعت در دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد قرار گرفتند و بعد از ۲۴ ساعت از توده بذری نمونه‌گیری شد و

طی انبارداری و K_E ضریب پتانسیل طول عمر بذر را نشان می‌دهند. این ضرایب را می‌توان با یک‌سری از آزمایش‌های انبارداری با دامنه گسترده‌ای از دما و محتوی رطوبت بذر محاسبه کرد (Ellis and Roberts; 1980). به‌طورکلی K_E توان انبارداری بذر را نشان می‌دهد یا به‌عبارت دیگر شاخصی برای قدرت انبارداری است و هر چه این شاخص بیشتر باشد طول عمر بذر بیشتر خواهد بود، در این راستا Ansari (2010) در گیاه چاودار کوهی نشان داد که K_E در بذرهای پراپیم شده کمتر از بذرهای شاهد بود. با کمک این معادله می‌توان، طراحی و مدیریت بانک ژن و انبارداری در شرایط کنترل شده را بهتر انجام داد (Bradford, 2004; Liu et al., 2008). توانایی پیش‌بینی زوال بذر برای بنگاه‌های بذر و بانک‌های ژرم پلاسما بسیار ارزشمند است، چرا که می‌توان از تلفات کیفیت بذر پیش‌گیری، و پایه‌های بذری را به شکل منظم تجدید کرد. از آن‌جا که می‌دانیم نوع بذر، قابلیت جوانه‌زنی ابتدایی و محتوی رطوبت اولیه بذر و شرایط دما و رطوبت نسبی محیط انبار به‌شدت بر درجه زوال بذر تاثیر می‌گذارند، از این‌رو امکان شبیه‌سازی زوال بذر به‌وسیله معادلات ریاضی پیشنهاد شده است (Ellis and Roberts; 1980). Demir et al (2022) در مطالعه‌ای بر روی ۱۰ توده بذر پیاز به تخمین ضرایب قابلیت حیات برای این بذر پرداختند که K_i ، p و σ برای توده‌های مختلف به‌ترتیب بین ۰/۶ تا ۱/۴۶ پروبیت، ۱۱/۸ تا ۲۹/۲ روز و ۰/۰۳۸۳ تا ۰/۰۵۳۹ پروبیت در روز متغیر بودند. در مطالعه‌ای دیگر بر روی گیاه عدس (*Lens culinaris*) Whitehouse and Norton (2022) به برآورد قابلیت حیات این بذر پرداختند. اما در کشور ایران، با توجه به نیاز کشور به آگاهی از شرایط محیط نگهداری بذر و تخمین‌های لازم جهت مدیریت شرایط نگهداری به چنین تحقیقات نیاز مبرم بوده اما به‌دلیل عدم آگاهی از این

افت قوه نامیه متفاوت هستند) از طریق انجام آزمون F مورد بررسی قرار گرفت. برنامه‌های قابل اجرا برای نرم افزار SAS در قسمت ضمیمه مقاله قابل مشاهده است (برنامه ۱ و ۲). (Ellis and Roberts; 1980).

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

معنی دار بودن میزان F value بیانگر این است که علاوه بر متغیر بودن میزان شیب برای هر یک از معادلات یک مقدار ثابت نیز در معادله تاثیر خواهد داشت. در این صورت برازش کردن مدل Parallel Line خطای آزمایشی را نسبت به مدل Separate افزایش می‌دهد. ولی چنانچه میزان F value معنی دار نباشد نشان می‌دهد ثابت معادله برای همه محیطها یکسان می‌باشد و در این صورت برازش کردن مدل Parallel Line خطای آزمایشی را نسبت به مدل Separate افزایش نمی‌دهد. برای تعیین ضرایب، ابتدا درصد جوانه‌زنی کل در تمامی محیطها با گذشت زمان جهت به‌دست آوردن شیب‌های کاهش جوانه‌زنی در محیطهای مختلف با برنامه Proc genmod در محیط SAS به اجرا درآمد. سپس با خروجی این برنامه شیب‌های مختلف برای محیط برآورد شد، در ادامه با استفاده از رابطه شیب/۱، میزان سیگما به‌دست آمد و در ادامه log10sig برای هر محیط محاسبه و سپس با استفاده از رطوبت‌های اعمال شده در آزمایش log10m به‌دست آمد، در مرحله بعد باید با استفاده از log10sig، log10m، دما (t) و دما به‌توان ۲ (t²) برای تعیین ضرایب ثابت دمایی و رطوبتی معادله حیات از رگرسیون چند جمله‌ای در محیط SAS استفاده کرد (برنامه ۳). در خروجی این برنامه K_E، C_W، C_H و C_Q به‌دست می‌آید. در مرحله بعد با استفاده از ضرایب به‌دست آمده در خروجی این برنامه log10sig و سیگما را برای هر محیط باید

جهت اطمینان از رسیدن به رطوبت مورد نظر آزمایش تعیین رطوبت به روش آون و در دمای ۱۳۰ درجه سانتی‌گراد و به مدت ۲ ساعت به اجرا درآمد. باید توجه داشت در صورتی که رطوبت بذرها بعد از ۲۴ ساعت به اندازه مورد نظر نرسیده بود باید به اندازه کافی آب اضافه شود تا رطوبت بذر تنظیم گردد. جهت کاهش رطوبت به پایین‌تر از محتوی رطوبتی توده بذر مورد نظر می‌توان از محلول‌های نمکی یا خشک‌کن استفاده کرد.

بذرها برای مدت زمان ۳۶۰ روز در محیطهای مختلف نگهداری قرار گرفتند و با فاصله زمانی نمونه‌ها خارج و تست جوانه‌زنی استاندارد جهت اندازه‌گیری شاخص‌های جوانه‌زنی انجام شد. آزمون جوانه‌زنی استاندارد در پتری دیش‌های ۹ سانتی‌متری و در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد به مدت ۷ روز برای بذر چاودار کوهی انجام شد و درصد جوانه‌زنی کل از رابطه زیر محاسبه شد.

$$100 \times \frac{\text{کل بذور جوانه زده}}{\text{کل بذور موجود در پتری}} = \text{درصد جوانه‌زنی کل}$$

با استفاده از نتایج به‌دست آمده برای درصد جوانه‌زنی برای هر یک از تیمارها، با استفاده از معادله قابلیت حیات (Ellis and Roberts; 1980)، ضرایب حیات (K_E و C_W، C_H، C_Q) و با استفاده از آنالیز پروبیت توسط نرم افزار SAS محاسبه شد. در این آزمایش در ابتدا درصد جوانه‌زنی در طی زمان در دو حالت به‌صورت Parallel Line (خطوط موازی) و Separate Line (خطوط با مبدأ متفاوت و موازی) برای هر یک از دماهای نگهداری با استفاده از تجزیه پروبیت (تجزیه پروبیت باعث خطی شدن منحنی جوانه‌زنی در زمان می‌شود) 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 محیط‌های مختلف فقط مقادیر ثابت

نتایج

در مقایسه دو حالت مدل‌ها 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 (تجزیه پروبیت باعث خطی شدن منحنی جوانه‌زنی در زمان می‌شود) مشخص شد که F محاسبه شده برای این آزمایش ۰/۷ می‌باشد که معنی‌دار نبود. بنابراین برای آزمایش از مدل Parallel Line جهت تجزیه پروبیت استفاده شد. نتایج این مدل برای هر محیط یک شیب به صورت جداگانه ارائه می‌دهد. شیب‌های به دست آمده (قدر مطلق شیب‌ها گزارش شده است) برای هر محیط در جدول ۱ گزارش شده است. در ادامه با استفاده معکوس کردن شیب‌ها برای هر محیط سیگما به دست آمد (جدول ۱). در ادامه با استفاده از سیگمای محاسبه شده $\log_{10} \text{sig}$ محاسبه شد (جدول ۱). $\log_{10} m$ با استفاده از رطوبت‌های مختلف و t^2 با به توان ۲ رساندن درجه حرارت به دست آمد، خلاصه‌ای از نتایج این قسمت در جدول ۱ قابل مشاهده است. در شکل ۲ رابطه‌ی بین لگاریتم سیگما و لگاریتم رطوبت بذر برای هر دما و در شکل ۳، رابطه بین لگاریتم سیگما و دما برای رطوبت‌ها اریه شده است. رابطه بین لگاریتم سیگما و لگاریتم رطوبت بذر خطی بوده و با افزایش رطوبت بذر در همه دماها، لگاریتم سیگما به صورت خطی کاهش می‌یابد (شکل ۲). خطوط مربوط به سطوح رطوبت به صورت تقریباً موازی می‌باشند که نشان می‌دهد در هر سطح رطوبتی با افزایش دما مقدار لگاریتم سیگما به صورت خطی کاهش می‌یابد (شکل ۲).

به صورت جداگانه محاسبه کرد و با استفاده از سیگمای به دست آمده درصد جوانه‌زنی پیش‌بینی شده را برآورد کرد. برای این امر ابتدا باید پروبیت جوانه‌زنی پیش‌بینی شده را با استفاده از سیگمای به دست آمده به دست آورد که از رابطه زیر استفاده می‌شود:

$$(\text{سیگما}/\text{زمان نمونه برداری}) - ۲ =$$

پروبیت جوانه‌زنی پیش‌بینی شده

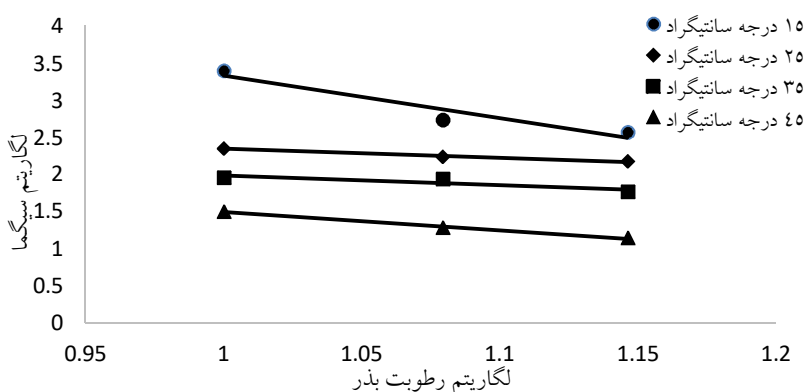
در ادامه باید پروبیت به دست آمده را با استفاده از دستور NORM.DIST در محیط Excel به نسبت جوانه‌زنی و سپس درصد جوانه‌زنی تبدیل کرد. و با استفاده از نتایج مشاهده شده و نتایج پیش‌بینی شده نمودارهای لازم رسم شده و در نهایت برای اعتبار سنجی مدل باید نتایج مشاهده شده را در کنار نتایج پیش‌بینی شده تست کرد، برای این امر باید برنامه proc reg برای به دست آوردن ضرایب a و b مدل خطی رگرسیونی محاسبه شود (برای رسم نمودار رگرسیونی خطی از رگرسیون مستقیم استفاده شد). که در این معادله هر چه a به صفر و b به ۱ نزدیک‌تر باشد بهتر است (برنامه ۴).

منحنی جوانه‌زنی در مقابل زمان انبارداری برای همه‌ی تیمارهای دمایی و رطوبتی رسم شد و سپس برای تک تک تیمارها آنالیز پروبیت انجام شد. تجزیه پروبیت باعث خطی شدن منحنی جوانه‌زنی در زمان شد. معکوس شیب منحنی جوانه‌زنی در مقابل زمان انبارداری به عنوان سیگما (σ) در نظر گرفته شد. محاسبات آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم افزار SAS انجام شد. برام رسم نمودارها از نرم افزار Excel استفاده شد.

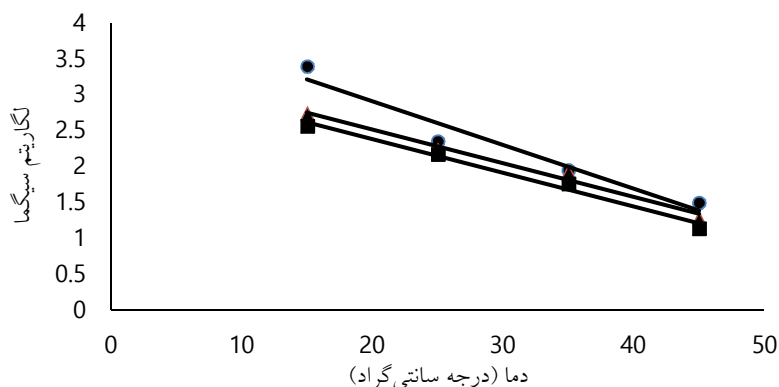
جدول ۱: محاسبه سیگما، $\log_{10}\sigma$ با استفاده از خروجی مدل Parallel Line. m رطوبت بذر و t : درجه حرارت انبارداری.

شیب	sigma	$\log_{10}\sigma$	m	$\log 10m$	t	t^2
۰/۰۰۰۴	۲۵۰۰	۳/۳۹۷۹۴۰۰۰۸۶۷۲۰۴	۱۰	۱	۱۵	۲۲۵
۰/۰۰۱۸	۵۵۵/۵۵۵۵۵۵۵۵۵۵۵۵۵۵۶	۲/۷۴۴۷۲۷۴۹۴۸۹۶۶۹	۱۲	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۱۵	۲۲۵
۰/۰۰۲۷	۳۷۰/۳۷۰۳۷۰۳۷۰۳۷	۲/۵۶۸۶۳۶۲۳۵۸۴۱۰۱	۱۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۳۵۶۷۸۲۴	۱۵	۲۲۵
۰/۰۰۴۴	۲۲۷/۲۲۷۲۲۷۲۲۷۲۲۷	۲/۳۵۶۵۴۷۳۳۵۱۳۸۱	۱۰	۱	۲۵	۶۲۵
۰/۰۰۵۸	۱۷۲/۴۱۳۷۹۳۱۰۳۴۴۸	۲/۲۳۶۵۷۲۰۰۶۴۳۷۰۶	۱۲	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۲۵	۶۲۵
۰/۰۰۶۶	۱۵۱/۵۱۵۱۵۱۵۱۵۱۵۱۵۲	۲/۱۸۰۴۵۶۰۶۴۴۵۸۱۳	۱۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۳۵۶۷۸۲۴	۲۵	۶۲۵
۰/۰۱۱	۹۰/۹۰۹۰۹۰۹۰۹۰۹۰۹	۱/۹۵۸۶۰۷۳۱۴۸۴۱۷۸	۱۰	۱	۳۵	۱۲۲۵
۰/۰۱۱۶	۸۶/۲۰۶۸۹۶۵۵۱۷۲۴۱	۱/۹۳۵۵۴۲۰۱۰۷۷۳۰۸	۱۲	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۳۵	۱۲۲۵
۰/۰۱۷۲	۵۸/۱۳۹۵۳۴۸۸۳۷۲۰۹	۱/۷۶۴۴۷۱۵۵۳۰۹۲۴۵	۱۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۳۵۶۷۸۲۴	۳۵	۱۲۲۵
۰/۰۳۱۶	۳۱/۶۴۵۵۶۹۶۲۰۲۵۳۲	۱/۵۰۰۳۱۲۹۱۷۳۸۱۶	۱۰	۱	۴۵	۲۰۲۵
۰/۰۵۲۱	۱۹/۱۹۳۸۵۷۹۶۵۴۵۱۱	۱/۲۸۳۱۶۲۲۷۶۷۰۰۴۸	۱۲	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۴۵	۲۰۲۵
۰/۰۷۱۹	۱۳/۹۰۸۲۰۵۸۴۱۴۴۶۵	۱/۱۴۳۲۷۱۱۰۹۶۱۷۱۲	۱۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۳۵۶۷۸۲۴	۴۵	۲۰۲۵

در مرحله بعد با توجه به توضیحات ارائه شده در قسمت مواد و روش‌ها به محاسبه ضرایب مدل قابلیت حیات بذر پرداخته شد که نتایج ضرایب K_E ، C_W ، C_H و C_Q را نشان می‌دهد. خروجی برنامه SAS به همراه ضرایب در جدول ۲ قابل مشاهده است.



شکل ۲: رابطه بین لگاریتم سیگما و لگاریتم رطوبت بذر (From Ansari et al., 2015).



شکل ۳: رابطه بین لگاریتم سیگما و دما (From Ansari et al., 2015).

جدول ۲: ضرایب معادله حیات بذر برآورد شده در چاودار کوهی (From Ansari et al., 2015).

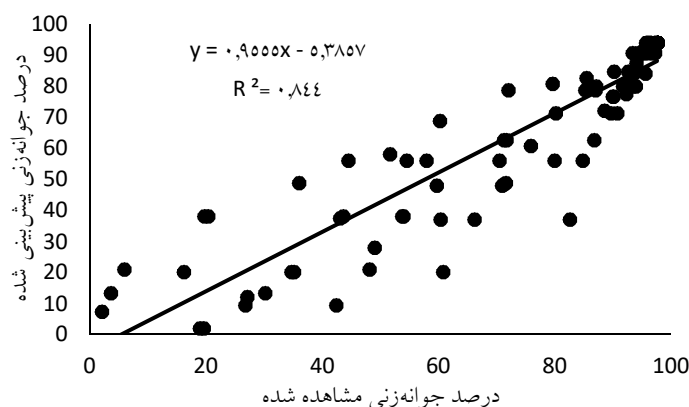
ضرایب		مقدار پیش‌بینی شده
intersept	KE	۶/۶۴۹۴۴
lm	CW	-۲/۶۷۹۲۲
t	CH	-۰/۰۶۱۸۵
t2	CQ	۰/۰۰۰۱۷۱۵۴

در ادامه با توجه به مقادیر پیش‌بینی شده ضرایب مدل به محاسبه $\log_{10}\text{sig}$ و سیگما برای هر محیط پرداخته شد که با توجه به سیگمای پیش‌بینی شده می‌توان پروبیت جوانه‌زنی برای هر محیط و هر زمان نمونه‌گیری را پیش‌بینی کرد. نتایج محاسبه سیگما با استفاده از ضرایب محاسبه شده در جدول ۳ گزارش شده است. در جدول ۳ به‌خوبی قابل مشاهده است که

$\log_{10}\text{sig}$ با افزایش دما کاهش می‌یابد. رابطه بین لگاریتم سیگما و لگاریتم رطوبت بذر خطی می‌باشد که با افزایش رطوبت بذر در همه دماها، لگاریتم سیگما به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. خطوط مربوط به سطوح رطوبت به‌صورت تقریباً موازی می‌باشند که نشان می‌دهد در هر سطح رطوبتی با افزایش دما مقدار لگاریتم سیگما به‌صورت خطی کاهش می‌یابد. با استفاده از سیگمای محاسبه شده پروبیت جوانه‌زنی با استفاده از رابطه زیر محاسبه شد.

(سیگما/زمان نمونه‌برداری) - ۲ = پروبیت جوانه‌زنی

سپس با اجرای دستور NORM.DIST در محیط Excel پروبیت جوانه‌زنی مشاهده شده به نسبت جوانه‌زنی و سپس درصد جوانه‌زنی تبدیل شد که در مراحل بیان شده در جدول ۴ ارایه شده است.



شکل ۴: ارزیابی مدل توسط رگرسیون بین پروبیت مشاهده شده با پیش‌بینی شده (From Ansari et al., 2015).

نمودار ۱:۱ این گزارش در شکل ۱ قابل مشاهده است. در این نمودار $R^2 = 0.84$ بود. a و b محاسبه شده با استفاده رگرسیون خطی در شکل ۴ مشخص است.

سپس برای دقت آزمایش به اجرا درآمده باید نمودار ۱:۱ یا نمودار مربوط به نتایج مشاهده شده و پیش‌بینی شده جهت دقت آزمایش رسم و آنالیز شود.

جدول ۳. محاسبه $\log_{10} \text{sig}$ و سیگما برای هر محیط با استفاده از مقادیر پیش‌بینی شده‌ی ضرایب مدل.

محیط	KE	CW	CH	CQ	$\log_{10} m$	t	t ²	$\log_{10} \text{sigma}$	sigma
۱	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱	۱۵	۲۲۵	۳/۰۸۱۰۶۶۵	۱۲۰۵۲۲۰۴۷۱۹۰۲۵۷
۲	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۱۵	۲۲۵	۲/۸۶۸۹۲۲۵۲۱۹۶۴۲۸	۷۳۹/۴۷۳۳۴۱۴۰۳۶
۳	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۲۵۶۷۸۲۴	۱۵	۲۲۵	۲/۶۸۹۵۵۷۳۴۴۲۵۰۱۵	۴۸۹/۲۷۹۸۶۵۳۹۰۴۵۸
۴	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱	۲۵	۶۲۵	۲/۵۳۱۱۸۲۵	۳۳۹/۷۶۸۰۲۰۵۱۷۶۰۴
۵	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۲۵	۶۲۵	۲/۳۱۹۰۳۸۵۲۱۹۶۴۲۸	۲۰۸/۴۶۷۵۷۸۵۸۴۸۸۸
۶	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۲۵۶۷۸۲۴	۲۵	۶۲۵	۲/۱۳۹۶۷۳۳۴۴۲۵۰۱۵	۱۳۷/۹۲۴۶۳۹۵۲۷۳۲۷
۷	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱	۳۵	۱۲۲۵	۲/۰۱۵۶۰۶۵	۱۰۳/۶۵۸۸۷۷۱۰۷۰۹۴
۸	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۳۵	۱۲۲۵	۱/۸۰۳۴۶۲۵۲۱۹۶۴۲۸	۶۳/۶۰۰۰۷۹۱۷۲۹۶۷۵۹
۹	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۲۵۶۷۸۲۴	۳۵	۱۲۲۵	۱/۶۲۴۰۹۷۳۴۴۲۵۰۱۵	۴۲/۰۸۲۰۹۴۲۰۵۹۰۱۵
۱۰	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱	۴۵	۲۰۲۵	۱/۵۳۴۳۳۸۵	۳۴/۲۲۴۶۰۹۳۷۶۲۹۸۳
۱۱	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۰۷۹۱۸۱۲۴۶۰۴۷۶۲	۴۵	۲۰۲۵	۱/۳۲۲۱۹۴۵۲۱۹۶۴۲۸	۲۰/۹۹۸۸۰۲۱۶۴۵۵۱۸
۱۲	۶/۶۴۹۴۴	۲/۶۷۹۲۲	۰/۰۶۱۸۵	--/۰۰۰۰۱۷۱۵۴	۱/۱۴۶۱۲۸۰۲۵۶۷۸۲۴	۴۵	۲۰۲۵	۱/۱۴۲۸۱۲۹۳۴۴۲۵۰۱۵	۱۳/۸۹۴۰۶۵۵۴۷۷۵۵

جدول ۴: محاسبه درصد جوانه‌زنی پیش‌بینی شده برای محیط ۱ (رطوبت دمای ۱۵ درجه سانتی‌گراد و رطوبت ۱۰ درجه سانتی‌گراد) با استفاده از سیگمای پیش‌بینی شده.

زمان نمونه‌گیری (روز بعد از انبارداری)	درصد جوانه‌زنی نرمال مشاهده شده	درصد کل بذر	محیط	سیگما	پرویت پیش‌بینی شده	نسبت جوانه‌زنی پیش‌بینی شده	درصد جوانه‌زنی پیش‌بینی شده
۰	۹۴	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۲	۰/۹۸	۹۷/۷۲
۶۰	۹۴	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۱/۹۵	۰/۹۷	۹۷/۴۴
۱۲۰	۹۴	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۱/۹	۰/۹۷	۹۷/۱۳
۲۴۰	۹۴	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۱/۸	۰/۹۶	۹۶/۴۱
۲۷۰	۹۴	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۱/۷۸	۰/۹۶	۹۶/۲۱
۳۰۰	۹۴	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۱/۷۵	۰/۹۶	۹۶
۳۳۰	۹۴	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۱/۷۳	۰/۹۵	۹۵/۷۹
۳۶۰	۹۲	۱۰۰	۱	۱۲۰۵/۲۲	۱/۷	۰/۹۵	۹۵/۵۶

بحث

پیش‌بینی طول عمر در انبار به درک روابط کمی بین زوال بذر، کیفیت اولیه بذر، رطوبت بذر و دمای انبار بستگی دارد (Tang et al., 1999; Whitehouse and Norton, 2022; Demir et al., 2022). مدل‌های ریاضی قابلیت حیات طی انبارداری می‌توانند پیش‌بینی توانایی حیات بذر را شرح دهند. در این رابطه Alivand et al (2013) بر روی ۵ گونه بذر گیاه روغنی ضرایب قابلیت حیات بذر از قبیل C_W ، K_E ، C_H و C_Q را تعیین کردند که این ضرایب برای بذر گیاه کلزا به ترتیب برابر با ۶/۶۵، ۲/۴۹، ۰/۰۴۴ و ۰/۰۰۰۰۱۴۴ و بدست آمد. این ضرایب برای بذر گیاه آفتابگردان به ترتیب ۴/۹۹، ۲/۰۳، ۰/۰۴۶ و ۰/۰۰۰۰۵۳، برای بذر گیاه سویا به ترتیب ۵/۷۱، ۲/۲۹، ۰/۰۵۵ و ۰/۰۰۰۰۳۴، برای بذر گیاه کنجد به ترتیب ۶/۰۱، ۳/۳۲، ۰/۰۴۲ و ۰/۰۰۰۰۳۶ و برای بذر گیاه گلرنگ به ترتیب ۵/۱۴، ۲/۵۲، ۰/۰۳۴ و ۰/۰۰۰۰۶۶ به دست آمدند. همچنین Ghaderi-Far et al (2010) بر روی ۳ گونه گیاه دارویی ضرایب قابلیت حیات بذر از قبیل K_E ، C_W و C_H را تعیین کردند که این ضرایب برای بذر گیاه کدو تخم کاغذی به ترتیب برابر با ۳/۴۰۱، ۳/۲۱۴۸ و ۰/۱۳۱، ۰/۰۰۲۶۴ و ۰/۰۰۰۰۶۶۵ و ۰/۰۰۰۰۴۷۸ به ترتیب ۶/۷۴۸۵، ۲/۴۱۹۵، ۰/۰۶۶۵ و ۰/۰۰۰۰۴۷۸

به طور کلی، استانداردهای بانک ژن دارای حداقل استاندارد زنده ماندنی ۸۵ درصدی می‌باشد (FAO, 2014) از اینرو استفاده از معادلات قابلیت حیات Ellis and Roberts (1980) را می‌توان به عنوان یک ابزار مدیریتی مهم جهت پیش‌بینی مدت زمانی که یک گونه خاص در بالای این آستانه زنده ماندن باقی می‌ماند، توصیه کرد. این امر مستلزم استخراج پارامترهای خاص هر گونه می‌باشد که طول عمر ذاتی گونه و پاسخ به تغییر در محتوای رطوبتی بذر و دما را کمی‌سازی می‌کند. تا به امروز این مهم با موفقیت در ۷۰ گونه یا کمی بیشتر اعمال شده است (Whitehouse and Norton, 2022). در این مطالعه آشنایی با کاربرد این مدل مهم قابل درک می‌باشد. به طور کلی، با افزایش رطوبت بذر و افزایش دما لگاریتم سیگا کاهش می‌یابد و این کاهش به صورت خطوط موازی قابل مشاهده می‌باشد که روند کاهش خطی دارد. در این رابطه بین لگاریتم سیگما و دما نتایج مشابه‌ای در بذور پنبه مشاهده شد که نشان داد این رابطه یک رابطه خطی می‌باشد (Usberti, 2006). همچنین در گیاه کلزا، باقلا و عدس نتایج مشابهی به دست آمد (Alivand et al., 2013; Mehrabi Kooshki et al., 2022; Whitehouse and Norton, 2022).

بیشترین میزان منتشر شده با میزان ۱۰/۸۵۸ مربوط به بذر ماش (*Vigna radiate* L.) بود (Ellis et al., 1988).

نتیجه‌گیری نهایی

بذرهای تولیدی بعد از فرآوری برای مدت زمانی در انبار نگهداری خواهند شد تا زمانی که مورد استفاده قرار گیرند و باتوجه به این موضوع که جوانه‌زنی و سبز شدن مطلوب در مزرعه به کیفیت بذرهای مورد استفاده بستگی دارد، لذا زوال بذرهای طی دوره نگهداری در انبار باید با کنترل عوامل دخیل در انبارداری (روطوبت بذر و دمای محیط) به حداقل برسد. همچنین، هدف اصلی بانک‌های ژن حفظ بذر با کیفیت بالا است. این امر مستلزم تولید مجدد و به موقع بذرهای قبل از کاهش قابلیت حیات است. بنابراین، دانستن طول عمر ذاتی یک گونه به مدیران بانک ژن این امکان را خواهد داد که طول عمر بذر را قبل از کاهش اندازه گیری کنند. شرایط ذخیره‌سازی بانک ژن، بر اساس نتیجه آزمایش جوانه‌زنی اولیه، با استفاده از معادلات زنده ماندن الیس و رابرتز قابل اندازه‌گیری می‌باشد. عملی بودن این تحقیق امکان مدیریت مؤثرتر مجموعه‌ها را فراهم می‌کند، یعنی با تنظیم فواصل پایش زیست‌پذیری مناسب، بازسازی‌های به موقع‌تری را انجام می‌دهد. با این حال، استفاده از این مدل آمادگی‌های لازم را برای تحقیقات آینده در بهبود طول عمر بذر با هدف کاهش دفعات بازسازی مهیا می‌کند. بنابراین، نتیجه اینگونه تحقیقات نه تنها در حفظ زنده‌مانی بذر در انبار یا بانک بذر کاربرد دارد، بلکه به‌طور بالقوه در سرتاسر جهان مورد استفاده قرار می‌گیرد و در بلندمدت از نظر مالی و توان عملیاتی سالانه و همچنین کاهش خطر زیان به نفع بهره‌وران خواهد بود. در نهایت می‌توان بیان

برای بذر گیاه شاه‌دانه به ترتیب ۴/۹۷۰۱، ۱/۲۵۲۸، ۱/۲۵۲۸ و ۰/۰۰۰۴۷۸ به‌دست آمدند.

دهقان و شریف‌زاده (۱۳۹۱) ضرایب قابلیت حیات بذر از قبیل C_W ، C_H ، C_Q را برای بذر گیاه چاودار کوهی به‌ترتیب ۵/۹۸، ۲/۶۵، ۰/۰۲۵ و ۰/۰۰۰۰۵۷ بدست آوردند. Usberti et al (2006) این ضرایب را برای بذر گیاه بادام‌زمینی به‌ترتیب ۹/۲۴، ۵/۱۹، ۰/۳۹۶۵ و ۰/۰۰۰۰۴۲۶ به‌دست آوردند. این ضرایب برای بذر گندم و ذرت به ترتیب ۸/۴۹۸، ۴/۸۳۶، ۰/۳۳۲ و ۰/۰۰۰۴۵۴ برای گندم و ۵/۹۹۳، ۰/۳۲۲ و ۰/۰۰۰۴۵۴ برای ذرت می‌باشد (Ellis and Hong, 2007).

گزارش شده است که تفاوت‌های در طول عمر بین گونه‌ای به‌دلیل تنوع در C_W است که بین گونه‌ها عمدتاً به‌دلیل محتوای متفاوت روغن بذر است (Dickie et al., 1990; Ellis et al., 1988; Roberts and Ellis, 1989). کمترین مقدار C_W در نوعی کاج (*Pinus taeda* L.) به میزان ۰/۷۳ (Bonner, 1994) و بیشترین مقدار در سورگوم به میزان ۶/۳۰۵ (Kuo et al., 1990) گزارش شده است.

K_E معیاری برای طول عمر ذاتی بذر است و اگرچه به‌عنوان ثابت گونه در نظر گرفته می‌شود (Ellis and Roberts, 1980)، در مراحل مختلف بلوغ بذر (Hay et al., 1997; Zanakis et al., 1993)، بین اکوتیپ‌ها (Hay et al., 2003) بذرهای جهش یافته (Lyall et al., 2003) و زیرگونه‌های درون یک گونه (Ellis et al., 1992) متفاوت است، که منجر به تفاوت در σ می‌شود (Demir et al., 2009). تنوع در طول عمر (σ) نیز بین تعداد زیادی بذر از همان رقم مشاهده شده است (Whitehouse, 2016; Whitehouse et al., 2015, 2017, 2018; Whitehouse and Norton, 2022) که نشان می‌دهد که محیط قبل و بعد از برداشت می‌تواند بر طول عمر ذاتی تأثیر بگذارد، اگرچه این موضوع هنوز مشخص نشده است.

کرد. در نهایت معادله قابلیت حیات بذر به صورت رابطه زیر گزارش می شود.

$$V = K_i - p/10^{(6.64944 - (2.67922) \log m - 0.06185 t^2)} - (0.00017154) t^2$$

داشت که با استفاده از معادله قابلیت حیات بذر می توان مناسب ترین شرایط نگهداری را جهت بروز کمترین سطح زوال، اعمال کرد. در مثال گزارش شده در این پژوهش نتایج نشان داد که ضرایب معادله قابلیت حیات بذر برای بذر چاودار کوهی دارای نتایج قابل قبولی بود که از آن می توان در پیش بینی و کنترل زوال بذر این گیاه در شرایط مختلف انبارداری استفاده

References

- Alivand, R., Tavakkol Afshari, R. and Sharif-Zadeh, F. 2013. Germination Response and Estimation of Seed Deterioration of *Brassica napus* under various storage conditions. Iranian J. Field Crop Sci. 43: 21-46.
- Amini, S., Assarah, M.H., Dehshiri, A. and Hashemi Fesharaki, S. 2019. Germination Response and Estimation of Seed Deterioration of (*Satureja hortensis*) under Various Storage Conditions. Iranian J. Seed Sci. Tech. 8(1): 133-143.
- Ansari, O. and Sharif-Zadeh, F. 2012. Slow Moisture Content Reduction (SMCR) can improve some seed germination indexes in primed seeds of Mountain Rye (*Secale montanum*) under accelerated aging conditions. J. Seed. Sci. Technol. 3 (2): 68- 76.
- Ansari, O., Sharif-Zadeh, F., Tabatabaei, S.A. and Moradi, A. 2015. Determination of seed viability constants in *Secale montanum guss* under various storage conditions. J. Seed. Sci. Technol. 5(1): 88-95.
- Bonner, F.T. 1994. Predicting seed longevity for 4 forest tree species with orthodox seeds. Seed Sci. Techno. 22: 361-370.
- Bradford, K. J. 2004. Seed production and quality. California, USA, 138p.
- Dehghan, M. and Sharifzadeh, F. 2012. The estimation of viability equation in seeds of perennial rye (*Secale montanum*) under different conditions of temperature and moisture content. Agron. J (Pajouhesh and Sazandegi). 94: 16-22.
- Demir, I., Kenanoglu, B.B., Mavi, K., Celikkol, T., Hay, F.R. and Sariyildiz, Z. 2009. Derivation of constants (KE, CW) for the viability equation for pepper seeds and the subsequent test of its applicability. HortSci. 44: 1679-1682.
- Dickie, J.B., Ellis, R.H., Kraak, H.L., Ryder, K. and Tompsett, P.B. 1990. Temperature and seed storage longevity. Ann. Bot. 65: 197-204.
- Ellis, R.H. 1988. The viability equation, seed viability nomographs, and practical advice on seed storage. Seed Sci. Technol. 16:29-50.
- Ellis, R.H. and Hong, T. D. 2007. Quantitive response of the longevity of seed of twelve crops to temperature and moisture in hermericstorage. Seed Sci. technol. 35:432-444.
- Ellis, R.H. and Roberts, E. H. 1980. Improved equations for the prediction of seed longevity. Ann. Bot. 45: 13-30.
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1980. The influence of temperature and moisture on seed viability period in barley (*Hordeum distichum* L.). Ann. Bot. 45:31-37.
- Ellis, R.H. and Roberts, E.H. 1981. The quantification of ageing and survival in orthodox seeds. Seed Sci. Technol. 9:373-409.
- Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. 1982. An investigation of the influence of constant and alternating temperature on the germination of cassava seed using a two-dimensional temperature gradient plate. Ann. Bot. 49:241-246.
- Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. 1988. A low-moisture-content limit to logarithmic relations between seed moisture content and longevity. Ann. Bot. 61: 405-408.

- Ellis, R.H., Hong, T.D. and Roberts, E.H. 1992. The low moisture content limit to the negative logarithmic relation between seed longevity and moisture content in three species of rice. *Ann. Bot.* 69: 53-58.
- Ghaderi-Far, F., Soltani, A. and Sadeghipour, H. R. 2010. Determination of seed viability constants in medicinal pumpkin (*Cucurbita pepo* L. subsp. *Pepo*. *Convar.* *Pepo* var. *styriaca* Greb), borago (*Borago officinalis* L.) and black cumin (*Nigella sativa* L.). *J. of Plant Production.* 17(3): 53- 66.
- Hampton, J.G. and TecKrony, D.M. 1995. Handbook of vigor test methods. The International Seed Testing Association, Zurich, 117p.
- Harrington, J. F. 1972. Seed storage and longevity, P 145-245. In: T.T. Kozlowski (ed.) *Seed biology.* Vol. 3. Academic Press, New York.
- Hashemi, A., Tavakkol Afshari, R., Tabrizi, L. and Barooti, Sh. 2018. The modeling of *plantago ovata* seed viability under various storage conditions. *Iranian J. Field Crop Sci.* 7(2): 95-104.
- Hay, F.R., Mead, A., Manger, M. and Wilson, F.J. 2003. One-step analysis of seed storage data and the longevity of *Arabidopsis thaliana* seeds. *J. Exp Bot.* 54: 993-1011.
- Hay, F.R., Probert, R.J. and Smith, R.D. 1997. The effect of maturity on the moisture relations of seed longevity in foxglove (*Digitalis purpurea* L.). *Seed Sci. Res.* 7: 341-349.
- Kuo, W.H.J., Shan, M.L. and Tseng, M.T. 1990. Effects of temperature and seed moisture content on the longevity of sorghum seeds. *J. Agri. Assoc. China. New Series.* 149: 41.
- Liu, K., Eastwood, R.J., Flynn, S., Turner, R.M. and Stuppy, W. H. 2008. Seed information database .[http:// www.kew.org/data/sid](http://www.kew.org/data/sid).
- Lyll, T.W., Ellis, R.H., John, P., Hedley, C.L. and Wang, T.L. 2003. Mutant alleles at the rugosus loci in pea affect seed moisture sorption isotherms and the relations between seed longevity and moisture content. *J. Exp Bot.* 54: 445-450.
- MacDonald, M. B. 1999. Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27:177-237.
- Mehrabi Kooshki, M., Moradi, A., Balouchi, H., Behboud R. and Latif Manesh, H. 2022. Germination and viability coefficients of Faba Bean (*Vicia faba*) seed under different storage conditions. *Iranian J. Seed Sci.* 9(1): 1-24.
- Roberts, E.H. 1961. Viability of cereal seed for brief and extended periods. *Ann. Bot.* 25:373-380.
- Roberts, E.H. 1972. Storage environment and the control of viability, p. 14-58. In: E.H. Roberts (ed.). *Viability of seeds.* Chapman and Hall. London.
- Roberts, E.H. and Ellis, R.H. 1989. Water and seed survival. *Ann. Bot.* 63: 39-52.
- Tabatabaei, S.A. 2014. Determination of seed viability constants in sorghum under various storage conditions. *Iranian J. Field Crop Sci.* 45(3): 377-387.
- Tang, S., Tekriny, D. M., Egly, D. B. and Cornelius, P. L. 1999. Survival characteristics of corn seed during storage .II. rate of seed deterioration .*crop sci.* 39(5):1400-1406.
- Usberti, R. 2007. Performance of topical forage grass (*Brachiariabrizantha*) dormant seed under controlled storage. *seed sci. technol.*35:402-413.
- Usberti, R., Roberts, E. H. and Ellis, R. H. 2006. Prediction of cottonseed longevity. *Pesq.agropec. bras., Brasília.* 41(9): 1435-1441.
- Whitehouse K.J. and Norton, S.L. 2022. Estimation of seed viability constants (KE, CW) for lentil (*Lens culinaris*). *Seed. Sci. Technol.* 50(1): 103-115.
- Whitehouse, K.J. 2016. Seed Drying Regime and Subsequent Longevity in Rice (*Oryza sativa* L.) Genebank Accessions, PhD Thesis, University of Reading, Reading, UK.
- Whitehouse, K.J., Hay, F.R. and Ellis, R.H. 2015. Increases in the longevity of desiccation-phase developing rice seeds: Response to high-temperature drying depends on harvest moisture content. *Ann. Bot.* 116: 245-259.
- Whitehouse, K.J., Hay, F.R. and Ellis, R.H. 2017. High-temperature stress during drying improves subsequent rice (*Oryza sativa*L.) seed longevity. *Seed Sci. Res.* 27: 281-291.

- Whitehouse, K.J., Hay, F.R. and Ellis, R.H. 2018. Improvement in rice seed storage longevity from high temperature drying is a consistent positive function of harvest moisture content above a critical value. *Seed Sci. Res.* 28: 332-339.
- Yeh, Y. M., Chiu, K. Y., Chen, C. L. and Sung, J. M. 2005. Partial vacuum extends the Longevity of primed Bitter gourd seeds by enhancing their antioxidative activities during storage. *Scientia Horti.* 107: 385-388.
- Zanakis, G.N., Ellis, R.H. and Summerfield, R.J. 1993. Response of seed longevity to moisture content in three genotypes of soyabean (*Glycine max*). *Exp. Agri.* 29: 449-459.

```

data x;
input time germ n env;
cards;
.....
.....
;
proc genmod;
class env;
model germ/n=env time*env/d=bin link=probit type1;
run;

```

برنامه ۱- برآورد ضرایب مدل Separate Line

```

data x;
input time germ n env;
cards;
.....
.....
;
proc genmod;
class env;
model germ/n=time*env/d=bin link=probit type1;
run;

```

برنامه ۲- برآورد ضرایب مدل Parallel Line

```

data x;
input ls lm t t2;
cards;
.....
.....
;
proc reg;
model ls=lm t t2;
run;

```

برنامه ۳- رگرسیون چند جمله‌ای جهت تعیین ضرایب ثابت دمایی و رطوبتی معادله حیات از

```

data x;
input observe predict;
cards;
.....
.....
;
proc reg;
model observe=predict;
run;

```

برنامه ۴- برنامه proc reg جهت به‌دست آوردن ضرایب a و b در نمودار یک به یک