

ارزیابی قابلیت جوانه‌زنی اولیه به عنوان روشی جدید و سریع برای سنجش کیفیت توده‌های بذر کلزا (*Brassica napuse L.*)

عبدالجلیل یانغی^۱، محمد خواجه حسینی^{۲*}، محمد کافی^۳

۱- دانشجوی دکتری دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده کشاورزی

۲- دانشیار دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده کشاورزی

۳- استاد دانشگاه فردوسی مشهد - دانشکده کشاورزی

(تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۶/۱۶ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹۵/۱۲/۰۷)

چکیده

به منظور ارزیابی میزان جوانه‌زنی توده‌های بذر در مراحل اولیه شروع آزمون جوانه‌زنی، به عنوان یک روش سریع برای ارزیابی بینه بذرهای، نمونه بذر از بیست توده بذر کلزا، از چهار رقم مختلف (اکاپی، هایولا ۴۰۱، اپرا و لیکورد) که در سالهای ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ تولید شده بودند، تهیه شد. آزمون جوانه‌زنی استاندارد بذر در آزمایشگاه تحقیقات بذر و آزمون توانایی ظاهر شدن گیاهچه این توده‌های بذر در خاک در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. نتایج نشان داد که درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه عادی و متوسط زمان جوانه‌زنی توده‌های بذر به ترتیب با ضریب همبستگی (r) ۰/۸۴، ۰/۸۹ و ۰/۸۲ با ظاهر شدن بذر در خاک همبستگی داشتند. تعداد بذرهای جوانه‌زده در مراحل ابتدایی جوانه‌زنی، بطور معنی‌داری با ویژگی‌های جوانه‌زنی و هم‌منطور ظاهر شدن گیاهچه بذرهای همبستگی داشت، به طوری که درصد جوانه‌زنی توده‌های بذر در روز دوم و سوم، با متوسط زمان جوانه‌زنی به ترتیب با ضریب همبستگی (r) ۰/۹۷ و ۰/۹۲، با درصد گیاهچه عادی ۰/۸۸ و ۰/۸۱ و با درصد ظاهر شدن گیاهچه در خاک به ترتیب ۰/۸۳ و ۰/۸۳ همبستگی داشتند. بنابراین می‌توان نتیجه گرفت که درصد بذرهای جوانه زده در مراحل ابتدایی شروع جوانه‌زنی، می‌تواند به عنوان شاخصی برای ارزیابی بینه بذر مورد استفاده قرار گیرد.

کلمات کلیدی: آزمون بینه، بذرهای فرسوده، جوانه‌زنی استاندارد، ظاهر شدن گیاهچه.

Germination ability of seeds at the early stage of germination as a new and rapid method to assess the quality of oilseed rape (*Brassica napus L.*) seed lots

Abdoljalil Yanegh¹, Mohamad Khajeh-Hosseini^{2*}, Mohamad Kafi³

1- PhD Student of Ferdowsi University of Mashhad- Faculty of agriculture

2- Associate Professor of Ferdowsi University of Mashhad- Faculty of Agriculture

3- Professor of Ferdowsi University of Mashhad- Faculty of Agriculture

(Received: Sep. 09, 2016 – Accepted: Feb. 23, 2017)

Abstract

In order to evaluate of seed lots germination in early stages of germination test beginning as a rapid method to evaluate the seed vigour, seed samples from twenty seed lots of oilseed rape, from four varieties (Okapy, Hyola 401, Opera and Licord) produced in 1386 to 1390 was provided. Standard germination test carried out in Seed Research Laboratory and soil emergence of seed lots examined in the Research Greenhouse of the Ferdowsi University of Mashhad, Iran. The results showed that the percentages of final germination and normal seedlings and mean germination time had a high correlation ($r = 0.84, 0.89$ and 0.82 , respectively) with the soil emergence of the lots. Germinated percentages in the early days of the test had significant correlation with characteristics of germination and soil emergence of the seedlots. So that, the percentages of germinated seeds on days two and three, correlated with mean germination time ($r = 0.97$ and 0.92) and with normal seedlings ($r = 0.88$ and 0.81) and with soil emergence ($r = 0.83$ and 0.83) respectively. Therefore, the percentages of germinated seeds in the early stages of germination can be used as an alternative and rapid method to assess the final germination, normal seedlings, mean germination time hence seed vigour of oilseed rape.

Keywords: Vigour test, Deteriorated seeds, Standard germination, Emergence.

* Email: Agr844@gmail.com

(Carmody, 2001). نگرانی اصلی اکثر کشاورزان این است که فرسودگی برخی از توده‌های بذر که منجر به از دست دادن بینه بذرها می‌شود، ممکن است تا قبل از کشت بذر مشخص نشود (Buckley et al., 1998).

اهمیت شناسایی بذرهایی که بینه پایین و در نتیجه ظاهر شدن ضعیفی دارند، منجر به معرفی آزمون‌های بینه بذر شده است. بذرهایی که جوانه‌زنی قابل قبول و مشابهی در آزمون جوانه‌زنی استاندارد در آزمایشگاه دارند ممکن است تفاوت قابل توجهی در ظاهر شدن در مزرعه داشته باشند. یک آزمون بینه واحد برای همه بذرها وجود ندارد و گستره وسیعی از روش‌های مختلف برای مشخص کردن بینه‌بذر استفاده می‌شود. برای بررسی بینه بذر گیاهان دارای بذر ریز مانند کلم، کاهو، پیاز و کلزا آزمون فرسودگی کنترل شده (Controlled Deterioration test) استفاده می‌شود (Powell and Matthews, 1984). امروزه این آزمون به صورت یکی از موفق‌ترین آزمون‌های بینه‌بذر و گیاهچه در طیف گسترده‌ای از گیاهان درآمده و نتایج آن همبستگی خوبی با ظهور گیاهچه در مزرعه نشان داده است (Hampton and Tekrony, 1995). با این حال، این روش آزمون بینه بذر روشی حساس و زمان‌بر است. بدست آوردن درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه عادی که در انتهای آزمون جوانه‌زنی محاسبه می‌شود و همچنین شمارش روزانه تعداد بذرهایی جوانه‌زده، برای محاسبه متوسط زمان جوانه‌زنی به منظور ارزیابی بینه بذر و پیش‌بینی ظاهر شدن گیاهچه در مزرعه، زمان‌بر است.

فرآیند جوانه‌زنی دارای سه مرحله است که شامل الف) جذب سریع آب (فاز I)، ب) فاز تاخیری، که فرآیندهای متابولیکی در این مرحله آغاز می‌شود (فاز II)، ج) خروج ریشه چه از بذر (فاز III)، می‌باشد (Nonogaki et al., 2010). از نظر فیزیولوژیکی، بذرهایی پیر یا توده‌های بذر با بینه پایین نیاز به صرف زمان طولانی‌تری برای بازسازی فعالیت‌های متابولیکی قبل از خروج ریشه چه (فاز تاخیری) نسبت به بذرهایی جوانتر و با بینه بالاتر دارند (Khajeh-Hosseini et al., 2010). بنابراین سرعت جوانه‌زنی در مراحل ابتدایی شروع

مقدمه

کلزا (*Brassica napuse* L.) به عنوان یکی از مهمترین دانه‌های روغنی، ۱۳ درصد از تولید جهانی دانه‌های روغنی، که در حدود ۴۷۷/۵ میلیون تن می‌باشد، را به خود اختصاص داده است (FAO, 2013). توانایی کلزا برای جوانه‌زنی و رشد در دماهای پایین، آن را به عنوان یکی از محدود گیاهان روغنی که بتوان در اکثر مناطق دنیا، بخصوص در مناطق کشاورزی معتدل، کشت کرد، مناسب ساخته است (Nasehzade, 2007). طبق آمار ارائه شده توسط فائو، سطح زیر کشت آن در ایران از ۴۸ هزار هکتار در سال ۲۰۰۳ به ۱۶۵ هزار هکتار در سال ۲۰۱۱ رسیده و عملکرد آن نیز از ۱۶۰۰ به ۲۱۰۰ کیلوگرم در هکتار افزایش یافته است و بدین ترتیب تولید سالانه آن در ایران از ۷۶۵۰ تن در سال ۲۰۰۳ به ۳۴۵۰۰۰ تن در سال ۲۰۱۱ رسیده است (FAO, 2013). با این حال، آمار ارائه شده توسط وزارت جهاد کشاورزی نشان می‌دهد که در سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ سطح زیر کشت کلزا در ایران ۸۱۷۸۲ هکتار با میانگین عملکرد ۱۹۴۱/۷ کیلوگرم در هکتار (زراعت آبی) و ۱۵۰۷ کیلوگرم (زراعت دیم) بوده و میزان تولید کل آن ۱۴۵۹۷۹ تن بوده است (Ministry of Agriculture Jihad, 2015).

استقرار کم و زیاد گیاه هر دو منجر به افزایش هزینه اقتصادی تولید محصول می‌شود. هر دو عامل بذر کاشته شده و شرایط محیطی که بذر در آن کشت شده بر استقرار گیاه موثر هستند (Yanegh, 2010). استقرار محصول، تراکم گیاه را تعیین می‌کند که برای عملکرد بهینه محصول ضروری است. بدون استقرار مناسب، رسیدن به پتانسیل عملکرد گیاه امکان‌پذیر نمی‌باشد، مهم نیست دیگر برنامه‌های مدیریتی محصول چقدر خوب باشد (Adebisi, 2009). در صورت عدم استفاده کشاورزان از بذرهایی مناسب و با کیفیت و با بینه بالا، سرمایه‌گذاری در سایر نهادها از جمله کود و آبیاری مقرون به صرفه نخواهد بود (Desai, 2004). استقرار موفق محصول شامل جوانه‌زنی سریع و ظاهر شدن گیاهچه با بینه بالا می‌باشد

پنج سطح پیری طبیعی بوده و در سال‌های ۱۳۸۶ تا ۱۳۹۰ تولید شده بودند، تهیه شد. بذرها ارقام اکاپی و هایولا ۴۰۱ از شرکت سهامی توسعه کشت دانه‌های روغنی شعبه نیشابور و بذرها ارقام اپرا و لیکورد از بخش تحقیقات دانه‌های روغنی موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر واقع در کرج بدست آمد. پس از تهیه بذرها و تا شروع آزمایش‌ها، توده‌های بذر درون پاکت‌های آلومینیومی و در دمای ۴ درجه سانتی‌گراد، در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه فردوسی مشهد، نگهداری شدند.

تعیین وزن هزار دانه و محتوی رطوبتی بذرها وزن هزار دانه بذرها با استفاده از یک نمونه بذر ۸۰۰ تایی (هشت تکرار ۱۰۰ تایی) از هر توده بذر تعیین شد. هر تکرار جداگانه وزن و انحراف معیار و درصد ضریب تغییرات (CV%) بین تکرارهای هر توده بذر تعیین شد. اگر درصد ضریب تغییرات بین تکرارهای هر توده بذر کمتر از سه بود، حاصلضرب میانگین وزن تکرارهای هر توده بذر در ۱۰، به عنوان وزن هزار دانه آن توده بذر تعیین شد (ISTA, 2011).

درصد رطوبت اولیه بذرها با استفاده از دو تکرار پنج گرمی از هر توده بذر تعیین شد، سپس بذرها به مدت ۱۷ ساعت در دمای ۱۰۳ °C در درون آون قرار داده شدند و درصد رطوبت بذرها محاسبه شد (ISTA, 2011).

آزمون جوانه‌زنی

آزمون جوانه‌زنی بر روی توده‌های بذر بر طبق قوانین استاندارد انجمن بین‌المللی آزمون بذر (ISTA) انجام شد (ISTA, 2011). آزمایش به روش روی کاغذ (TP)، و در آزمایشگاه تحقیقات بذر دانشگاه فردوسی مشهد، به شرح زیر انجام شد: چهار تکرار ۲۵ تایی بذر از هر توده بذری در داخل پتری ۹ سانتی‌متری بر روی کاغذ صافی واتمن قرار داده شد و ۱/۵ سانتی‌متر مکعب آب مقطر به هر پتری اضافه شد. پتری‌ها در داخل سینی و سینی داخل یک پلاستیک قرار داده شد تا تبخیر آب از درون پتری‌ها در مدت آزمایش به حداقل برسد، سپس نمونه‌ها در دمای

جوانه‌زنی می‌تواند نشان دهنده بنیه بذرها باشد. جوانه‌زنی کند و آهسته از ویژگی‌های توده‌های بذر با بنیه پایین می‌باشد. توده‌های بذری که بنیه بالا دارند، سرعت جوانه‌زنی آنها در مراحل ابتدایی شروع جوانه‌زنی بالاست، به طوری که، به سرعت جوانه‌زده و از جوانه‌زنی نهایی بالایی نیز برخوردار هستند و در مقابل توده‌های بذری که سرعت جوانه‌زنی پایینی در مراحل ابتدایی شروع جوانه‌زنی دارند، متوسط زمان جوانه‌زنی بالایی داشته و در نهایت نیز گیاهچه‌های ضعیف و غیر یکنواخت تولید می‌کنند (Matthews and Khajeh-Hosseini, 2006). در آزمایشاتی که بر روی توده‌های بذر ذرت (Matthews and Khajeh-Hosseini, 2007)، پیاز (Ellis, 1991 Wheeler and) و بذرها پیر شده گندم (Guy and Black, 1998) انجام شده، مشاهده کردند، بذرهایی که در ابتدا جوانه می‌زنند، زودتر نیز شروع به رشد کرده و در نتیجه گیاهچه‌های بزرگتری تولید می‌کنند.

این موضوع می‌تواند پایه و اساس نوعی آزمون بنیه توده‌های بذر باشد و بتواند جایگزین آزمون بنیه فرسودگی کنترل شده در توده‌های بذر گیاه کلزا باشد. همانطور که، سرعت جوانه‌زنی در مراحل اولیه شروع جوانه‌زنی در بذرها گیاه ذرت به عنوان یک روش جایگزین آزمون بنیه سرما پیشنهاد شده است. ارزیابی بنیه بذر گیاه ذرت بر اساس میزان جوانه‌زنی بذرها در مراحل ابتدایی تست جوانه‌زنی، زمان بسیار کمتری (۳-۲ روز در دمای ۲۰ درجه سانتی‌گراد) در مقایسه با ارزیابی بنیه بذرها از طریق آزمون بنیه سرما (۱۰-۷ روز) نیاز دارد (Matthews et al., 2012).

هدف از انجام این تحقیق ارزیابی توانایی جوانه‌زنی بذرها در مراحل اولیه شروع جوانه‌زنی، به عنوان یک آزمون سریع و مطمئن، برای ارزیابی بنیه بذرها کلزا بود.

مواد و روش‌ها

نمونه‌های بذر

بیست توده بذر کلزا، از چهار رقم مختلف (اکاپی، هایولا ۴۰۱، اپرا و لیکورد) که هر کدام از این ارقام دارای

ثابت ۲۰ درجه سانتی گراد و در تاریکی درون انکوباتور قرار داده شدند. جوانه‌زنی روزانه و به مدت ۷ روز شمارش شد. بذرهایی با طول ریشه‌چه ۲ میلی‌متر به عنوان بذر جوانه‌زده محسوب شدند. درصد جوانه‌زنی نهایی در روز آخر ثبت شد. متوسط زمان جوانه‌زنی (MGT) بذرها با استفاده از رابطه ۱ زیر محاسبه شد (ISTA, 2011).

$$MGT = \frac{\sum fx}{\sum x}$$

رابطه ۱

که در آن f تعداد روزها از شروع جوانه‌زنی و x تعداد بذره‌های جوانه‌زده در هر روز است.

جدول ۱- رقم، سال و محل تولید، محل نگهداری، وزن هزاردانه (گرم) و رطوبت اولیه بذر (درصد)

بیست توده مختلف بذر کلزای استفاده شده در این آزمایش

Table 1- Cultivar, year and place of production, saving place, one thousand seed weight (g) and seed moisture content (percent) of twenty different seed lots of oilseed rape

رقم Cultivar	سال تولید Production year	توده بذر Seed lot	محل تولید Production place	محل نگهداری Keeping place	وزن هزار دانه (گرم) 1000 seed weight (g)	رطوبت بذر (درصد) Seed moisture (%)
اکابی Ocapy	90	1	خراسان Khorasan	نیشابور Neyshaboor	3.7	4.75
	89	2	خراسان Khorasan	نیشابور Neyshaboor	3.9	4.78
	88	3	خراسان Khorasan	نیشابور Neyshaboor	3.7	4.72
	87	4	خراسان Khorasan	نیشابور Neyshaboor	3.8	4.85
	86	5	خراسان Khorasan	نیشابور Neyshaboor	3.7	4.6
هایولا ۴۰۱ Hayola 401	90	6	بوشهر Boshehr	نیشابور Neyshaboor	4.4	5.52
	89	7	بوشهر Boshehr	نیشابور Neyshaboor	4.5	5.88
	88	8	بوشهر Boshehr	نیشابور Neyshaboor	4.9	5.01
	87	9	بوشهر Boshehr	نیشابور Neyshaboor	4.1	5.32
	86	10	بوشهر Boshehr	نیشابور Neyshaboor	3.9	4.7
لیکورد Licord	90	11	مرکزی Markazy	کرج Karaj	4.48	5.12
	89	12	مرکزی Markazy	کرج Karaj	4.63	4.96
	88	13	مرکزی Markazy	کرج Karaj	4.63	3.75
	87	14	مرکزی Markazy	کرج Karaj	4.4	5.09
	86	15	مرکزی Markazy	کرج Karaj	4.49	5.07
اپرا Opera	90	16	کرمانشاه Kermanshah	کرج Karaj	4.21	5.54
	89	17	کرمانشاه Kermanshah	کرج Karaj	4.11	5.7
	88	18	کرمانشاه Kermanshah	کرج Karaj	3.75	6.5
	87	19	کرمانشاه Kermanshah	کرج Karaj	5.1	6.42
	86	20	کرمانشاه Kermanshah	کرج Karaj	5.6	6.4
میانگین Average					4.3	5.23

برای تجزیه واریانس داده‌ها و مقایسه میانگین‌ها به روش حداقل تفاوت معنی دار (LSD) از نرم‌افزار آماری MSTAT-C و برای رسم نمودارهای روابط همبستگی از نرم‌افزار Excel استفاده شد.

نتایج و بحث

نتایج تجزیه واریانس برای ارقام مختلف کلزا نشان داد که اثر رقم و تیمارهای پیری و همچنین اثر متقابل بین دو عامل در تمامی صفات اندازه‌گیری شده معنی دار بود (جدول ۲).

درصد گیاهچه‌های عادی نیز در روز پایان آزمایش تعیین شدند. گیاهچه‌هایی با لپه‌ها، ریشه‌چه و ساقه‌چه سالم به عنوان گیاهچه عادی در نظر گرفته شد.

ظاهر شدن گیاهچه روی خاک

برای این منظور، چهار تکرار ۲۵ تایی بذر از هر توده بذری، در درون سینی‌های کشت، در عمق یک سانتی-متری خاک، در گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد، کشت گردید و به سینی‌ها به مقدار لازم آب داده شد. تعداد گیاهچه‌های ظاهر شده به صورت روزانه و به مدت ۱۴ روز شمارش گردید. درصد ظاهر شدن نهایی گیاهچه در روز پایان آزمایش تعیین گردید.

جدول ۲- تجزیه واریانس ویژگی‌های جوانه زنی و ظاهر شدن ارقام مختلف کلزا تحت تیمارهای پیری طبیعی.

Table 2- Analysis of variance germination and emergence characteristics of different cultivars of canola under natural ageing treatments

منابع تغییرات SOV	درجه آزادی Df	MS			میانگین مربعات		
		جوانه‌زنی (%)			گیاهچه عادی (%)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز)	ظاهر شدن گیاهچه (%)
		روز دوم Second day	روز سوم Third day	نهایی Final			
رقم Cultivar (C)	3	2827.5**	3051.9**	1486.1**	1525.5**	2.9045**	2299.9**
پیری Ageing (A)	4	12050**	7111.7**	3787.2**	5255.2**	8.8323**	3944.7**
اثرات متقابل C*A	12	1039.5**	1407.4**	1054.4**	468.5**	0.7691**	607.8**
خطا Error	60	13.6	10.7	20.6	34.3	0.0349	42.9
ضریب تغییرات CV		6.04	4.46	5.56	10.27	8.03	9.49

** Significant at 1% probability level.

** معنی دار در سطح احتمال ۱ درصد

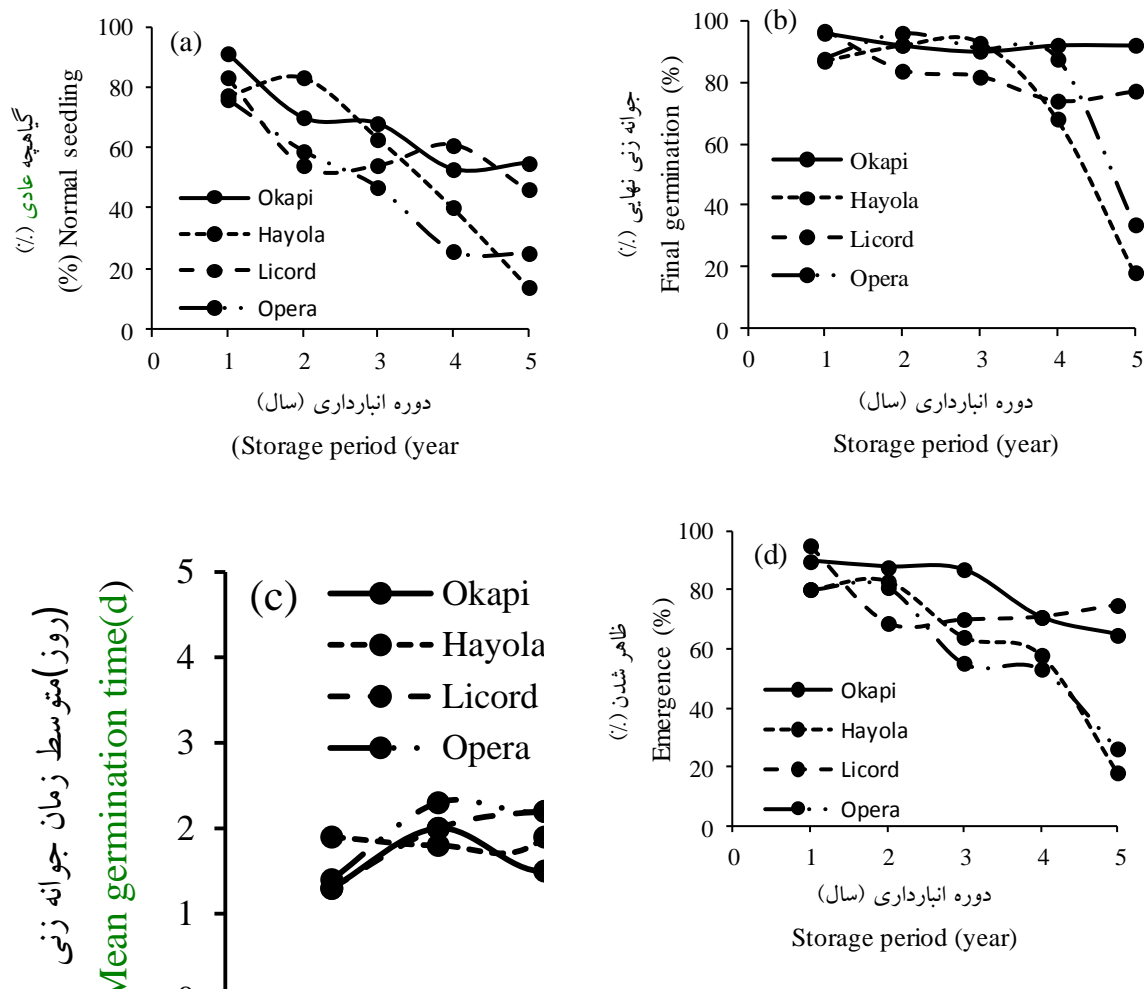
اولیه رقم اکاپی ۹۶ درصد بود و پس از پنج سال انبارداری جوانه زنی آن تنها ۴ درصد کاهش یافت. جوانه زنی رقم لیکورد پس از یک سال انبارداری ۹۷ درصد بود و پس از پنج سال انبارداری حدود ۲۰ درصد از بذور جوانه زنی خود را از دست دادند. حساسیت دو رقم هایولا ۴۰۱ و اپرا به انبارداری بسیار بالا بود، بطوریکه پس از پنج سال انبارداری ظرفیت جوانه زنی این دو رقم به ترتیب ۷۹ و

وزن هزار دانه بذرها در بین توده‌های مختلف بین ۳/۷ تا ۵/۶ گرم و محتوای رطوبتی بذرها بین ۳/۷۵ تا ۶/۵ درصد متغیر بود. میانگین وزن هزار دانه و درصد رطوبت تمام توده‌های بذر به ترتیب ۴/۳ گرم و ۵/۲۳ درصد بود (جدول ۱).

توانایی حفظ بنیه بذر پس از انبارداری در شرایط کنترل نشده، در ارقام مختلف یکسان نبود. جوانه زنی

درصد ظاهر شدن رقم اکاپی یک سال پس از انبارداری ۹۰ درصد بود و پس از سه سال انبارداری این شاخص تغییر چندانی نکرد ولی پس از پنج سال انبارداری توانایی ظاهر شدن این رقم حدود ۲۸ درصد کاهش یافت. در رقم لیکورد یک سال پس از انبارداری درصد ظاهر شدن حدود ۲۷ درصد کاهش یافت ولی بین سال‌های دوم تا پنجم تغییر چندانی در توانایی ظاهر شدن بذرها مشاهده نشد. درصد ظاهر شدن ارقام هایولا ۴۰ و اپرا کاهش بیشتری نشان دادند، بطوریکه، درصد ظاهر شدن این ارقام پس از پنج سال انبارداری به ترتیب ۷۷ و ۶۷ درصد کاهش یافت (شکل ۱).

۶۱ درصد کاهش یافت. بیشترین میزان کاهش در توانایی تولید گیاهچه عادی پس از پنج سال انبارداری نیز در ارقام هایولا ۴۰ و اپرا به ترتیب با ۶۷ و ۸۳ درصد مشاهده شد و کمترین مقدار کاهش نیز با ۴۴ و ۳۹ درصد به ترتیب در ارقام لیکورد و اکاپی مشاهده گردید. متوسط زمان جوانه زنی توده های بذر ارقام مختلف در نتیجه پیری طبیعی بذرها افزایش یافت که بدین معنی است که سرعت جوانه زنی کاهش یافته است. رقم اکاپی کمترین افزایش متوسط زمان جوانه زنی را داشت و از ۱/۳ به ۲/۶ روز پس از پنج سال انبارداری رسید و بیشترین مقدار افزایش در رقم هایولا ۴۰ مشاهده شد و از ۱/۹ به ۴/۳ روز افزایش یافت.



شکل ۱- تغییرات ویژگی‌های جوانه زنی (a, b, c) و ظاهر شدن گیاهچه (d) ارقام مختلف کلزا در طی دوره های مختلف انبارداری.

Figure 1- Germination characteristics (a, b, c) and emergence (d) changes over time of oilseed rape storage.

(جدول ۳). تمامی بذرهای جوانه زده قادر نبودند گیاهچه‌های عادی تولید کنند و توانایی تولید گیاهچه عادی بطور معنی‌داری متأثر از سن بذرها بود و با افزایش سن بذرها تعداد گیاهچه‌های عادی تولید شده بطور نسبی کاهش یافت. در بین توده‌های بذر، توده شماره ۱ (رقم اکاپی، تولید سال ۱۳۹۰) دارای بیشترین درصد گیاهچه عادی (۹۱ درصد) و توده شماره ۱۰ (رقم هایولا ۴۰۱، تولید سال ۱۳۸۶) کمترین درصد گیاهچه عادی (۱۴ درصد) را داشتند. متوسط زمان جوانه‌زنی توده‌های بذر نیز متأثر از پیری بذرها بود و با افزایش سن توده‌های بذر، متوسط زمان جوانه‌زنی بذرها بطور نسبی افزایش یافت و این روند برای تمام ارقام مشابه بود (جدول ۳).

درصد ظاهرشدن توده‌های مختلف بذر بسیار متفاوت بود و بین ۱۸ تا ۹۵ درصد متغیر بود. توده شماره ۱۰ کمترین (۱۸ درصد) و توده شماره ۱۱ بیشترین (۹۵ درصد) درصد ظاهرشدن را داشتند. با افزایش سن توده‌های بذر درصد ظاهرشدن توده بذرها کاهش یافت و این کاهش معنی‌دار بود. میانگین ظاهرشدن گیاهچه تمامی توده‌های بذر ۶۹ درصد بود (جدول ۳).

در تمامی ارقام اختلاف معنی‌دار زیادی بین بذرهای قدیم و جدید از نظر درصد جوانه‌زنی در روز دوم و سوم پس از شروع آزمایش مشاهده شد. حتی رقم اکاپی که در تمامی سال‌های تولید دارای درصد جوانه‌زنی نهایی بالایی بود (بالای ۹۰ درصد)، اختلاف زیادی در درصد جوانه‌زنی بذرهای قدیم و جدید در روز دوم آزمایش از خود نشان دادند. بطوریکه، بذر تولید شده در سال ۹۰ (بذر جدید)، در روز دوم آزمایش، ۹۵ درصد جوانه زدند ولی بذرهای تولید شده در سال ۸۶ در روز دوم آزمایش فقط ۵۵ درصد جوانه زدند. در ارقام دیگر نیز تقریباً همین روند مشاهده شد و اختلاف بین بذرهای قدیم و جدید از نظر درصد جوانه‌زنی در روز دوم معنی‌دار بود (جدول ۳). با افزایش سن بذرها اختلاف درصد جوانه‌زنی نهایی و جوانه‌زنی در روز دوم توده‌های بذر نیز بسیار افزایش یافت. در روز دوم آزمایش فقط ۳۵ درصد از تیمارها دارای درصد جوانه‌زنی بالای ۸۰ درصد بودند که نشان‌دهنده این است که تعداد کمی از

مهمترین عواملی که بر بنیه بذر تاثیر می‌گذارند ساختار ژنتیکی بذر، شرایط محیطی در طی پر شدن بذر روی گیاه مادری و شرایط انبارداری بذر می‌باشند (Bennett, 2001). اصلاح گیاهان به منظور افزایش عملکرد، افزایش مقاومت به بیماری‌ها و... به طور ناخواسته سبب افزایش بنیه بذرها شده است. بسیاری از ویژگی‌های مربوط به بنیه بذر به صورت پلی‌ژنی به ارث می‌رسند و در نتیجه به شدت تحت تاثیر شرایط محیطی قرار می‌گیرند (Labuschangne et al., 2002). حاصلخیزی و رطوبت خاک، درجه حرارت و رطوبت نسبی هوا در طی تشکیل بذر و پر شدن دانه روی گیاه مادری و بلوغ بذر، از مهمترین عوامل موثر روی بنیه بذر هستند (Sun et al., 2007). رطوبت نسبی پایین، بارش کم و درجه حرارت مطلوب در طی رسیدگی بذر روی گیاه مادری منجر به تولید بذرهایی با بنیه بالا می‌شود (Bennett, 2001). بنیه و حیات بذرها در شرایط انبارداری غیر کنترل شده بدلیل پراکسیداسیون لیپید و دیگر فرآیندهای بیوشیمیایی که درون بذر رخ می‌دهند به سرعت از دست می‌روند (McDonald, 1999). رطوبت اولیه بذرها و شرایط انبارداری (رطوبت و درجه حرارت) نوع و شدت تغییرات بیوشیمیایی که در طی انبارداری رخ می‌دهند را تعیین می‌کنند (Kibinza et al., 2006). رطوبت اولیه بذر و محل تولید ارقام مورد استفاده در این آزمایش با هم متفاوت بودند. رطوبت بذر ارقام هایولا ۴۰۱ و اپرا نسبت به دو رقم اکاپی و لیکورد بالاتر بودند. محل تولید رقم هایولا ۴۰۱ در بوشهر بوده که از درجه حرارت و رطوبت نسبی بالایی در مرحله تولید بذر برخوردار هستند (جدول ۱). به همین دلیل حساسیت ارقام هایولا ۴۰۱ و اپرا به انبارداری بیشتر بوده و در طی انبارداری به شدت از بنیه بذر آنها کاسته شده است. با افزایش سن بذرها درصد جوانه‌زنی نهایی بذرها به طور نسبی کاهش یافت. این کاهش در رقم اکاپی معنی‌دار نبود و همگی بالای ۹۰ درصد جوانه‌زنی داشتند، ولی در ارقام دیگر معنی‌دار بود و بذرهای پیرتر درصد جوانه‌زنی نهایی کمتری نسبت به بذرهای جدید داشتند

آزمایش نیز بیانگر این موضوع می‌باشد، به طوری که، درصد جوانه‌زنی توده‌های بذر از حدود ۶۰ درصد در روز دوم به ۸۱/۵ درصد در روز پایان آزمایش رسیده است (جدول ۳). بررسی رابطه بین ویژگی‌های جوانه‌زنی و ظاهر شدن گیاهچه در سطح خاک توده‌های مختلف بذر نشان داد که همبستگی معنی‌داری بین درصد جوانه‌زنی نهایی، درصد گیاهچه عادی و متوسط زمان جوانه‌زنی توده‌های بذر در آزمایشگاه با ظاهر شدن گیاهچه در خاک وجود داشت. به طوری که توده‌های بذری که جوانه‌زنی کمتر و آهسته‌تر (متوسط زمان جوانه‌زنی بالا) و گیاهچه عادی کمتری داشتند، ظاهر شدن ضعیف‌تری در مزرعه نشان دادند، و برعکس بذرهایی که درصد و سرعت جوانه‌زنی و گیاهچه عادی بیشتری داشتند، ظاهر شدن گیاهچه بیشتری نیز در خاک نشان دادند (شکل ۲). کیفیت بذره‌ای کشت شده می‌تواند بر جوانه‌زنی، استقرار گیاهچه و عملکرد محصولات تاثیر بگذارد. بذره‌ای با کیفیت پایین به استقرار ضعیف گیاهچه منجر می‌شود و در نتیجه بیشتر در معرض حمله پاتوژن‌ها و حشرات قرار می‌گیرند (Grassbough and Bennett, 1998). بذرهایی با بینه بالا قادرند شرایط محیطی متغیر را در زمان جوانه‌زنی و ظاهر شدن تحمل کنند و مزرعه یکنواختی را نیز از نظر گیاهچه‌های ظاهر شده تشکیل دهند، در حالی که بذره‌ای با بینه پایین قادر نیستند در شرایط مزرعه جوانه بزنند یا گیاهچه عادی تولید کنند و مزرعه غیریکنواختی را بوجود می‌آورند. رابرت و اوسبی-بونسو (Roberts and Osei-Bonsu, 1988) نشانه‌های بینه کمتر را بصورت جوانه‌زنی آهسته‌تر، افزایش گیاهچه‌های غیرعادی از لحاظ فیزیولوژیک و ظاهر شدن کمتر در خاک عنوان کردند. تکرونسکی و اگلی (Tekrony and Egli, 1991) نیز ظاهر شدن غیر یکنواختی و کند و استقرار ضعیف گیاهچه را نشانه‌هایی از پایین بودن بینه بذر اعلام کردند.

همبستگی بین تعداد بذره‌ای جوانه زده در مراحل اولیه آزمون جوانه‌زنی (جوانه‌زنی دو و سه روز پس از شروع آزمایش) و جوانه‌زنی نهایی با درصد گیاهچه عادی و

بذرها قادر به تکمیل فرایندهای جوانه‌زنی در روزهای ابتدایی بوده‌اند. در روز سوم نیز همین روند مشاهده گردید و با افزایش سن بذرها جوانه‌زنی بذرها کاهش معنی‌دار داشت. اختلاف بین جوانه‌زنی نهایی بذرها و تعداد بذره‌ای جوانه زده در روز سوم نسبت به روز دوم کاهش یافت. این امر نشان‌دهنده آن است که بذرهایی که نیاز به زمان بیشتری برای خروج ریشه‌چه دارند نیز به مرور جوانه‌زنی خود را کامل کرده‌اند (جدول ۳). بذرهایی که نیاز به زمان بیشتری برای جوانه‌زنی دارند و با تاخیر جوانه می‌زنند به عنوان بذرهایی با بینه ضعیف شناخته می‌شوند و بذرهایی که در مراحل اولیه شروع جوانه‌زنی بتوانند به سرعت جوانه بزنند، در طول آزمایش به خوبی رشد کرده و تعداد گیاهچه عادی بیشتری نیز تولید می‌کنند و بنابراین نشان‌دهنده این است که از بینه بالاتری برخوردار بوده‌اند. خانی‌نژاد و خواجه حسینی (Khaninejad and Khaje-hosseini, 2009) مشاهده کردند که متوسط زمان جوانه‌زنی بذره‌ای کوشیا (*Kochia scoparia* L.) همبستگی منفی معنی‌داری با درصد جوانه‌زنی و گیاهچه عادی داشت، بطوری که، با افزایش سرعت جوانه‌زنی، درصد جوانه‌زنی نهایی و گیاهچه عادی افزایش یافت.

مقایسه میزان جوانه‌زنی توده‌های مختلف بذر هر کدام از ارقام در روزهای دوم و سوم و در روز نهایی نشان می‌دهد که اختلاف درصد جوانه‌زنی توده‌های پیرتر و جدیدتر به مرور و تا پایان آزمایش کاهش یافته است. به عبارت دیگر، توده‌های مختلف بذر هر کدام از ارقام، در روزهای اول جوانه‌زنی دارای اختلاف بیشتری در درصد جوانه‌زنی بوده‌اند ولی این اختلاف به مرور تا پایان آزمایش با افزایش جوانه‌زنی در توده‌های پیرتر و ضعیف‌تر جبران شده است، به طوری که، در روز پایان آزمایش ۷۵ درصد توده‌های بذر درصد جوانه‌زنی بالای ۸۰ درصد داشتند، که تاییدکننده این موضوع می‌باشد که توده‌های بذر پیرتر با تکمیل فرایندهای جوانه‌زنی که در مرحله فاز تاخیری رخ می‌دهد، اختلاف جوانه‌زنی بین توده‌های بذر پیر و جدید را تا روز پایان آزمایش کاهش داده‌اند. بررسی روند میانگین درصد جوانه‌زنی توده‌های بذر در طی

درصد جوانه‌زنی در روز دوم و سوم و همینطور روز نهایی با متوسط جوانه‌زنی و درصد گیاهچه عادی نشان داد که درصد جوانه‌زنی در روزهای اول آزمایش از همبستگی بالاتری نسبت به جوانه‌زنی نهایی برخوردار بودند، بطوریکه ضریب همبستگی (r) درصد جوانه‌زنی توده‌های بذر در روز دوم و سوم با متوسط زمان جوانه‌زنی به ترتیب ۰/۹۷ و ۰/۹۲ بود، در حالی که ضریب همبستگی (r) برای جوانه‌زنی نهایی ۰/۷۹ بود. همینطور، ضریب همبستگی با گیاهچه عادی برای تعداد بذرهای جوانه زده در روز دوم ۰/۸۸ و برای روز سوم ۰/۸۱ و برای روز نهایی ۰/۷۲ بود، که نشان می‌دهد درصد جوانه‌زنی بذر در روزهای ابتدایی شروع جوانه‌زنی قادر است با احتمال بالاتری نسبت به جوانه‌زنی نهایی، تعداد گیاهچه‌های عادی و متوسط زمان جوانه‌زنی را پیش‌بینی کند (شکل ۳ و ۴).

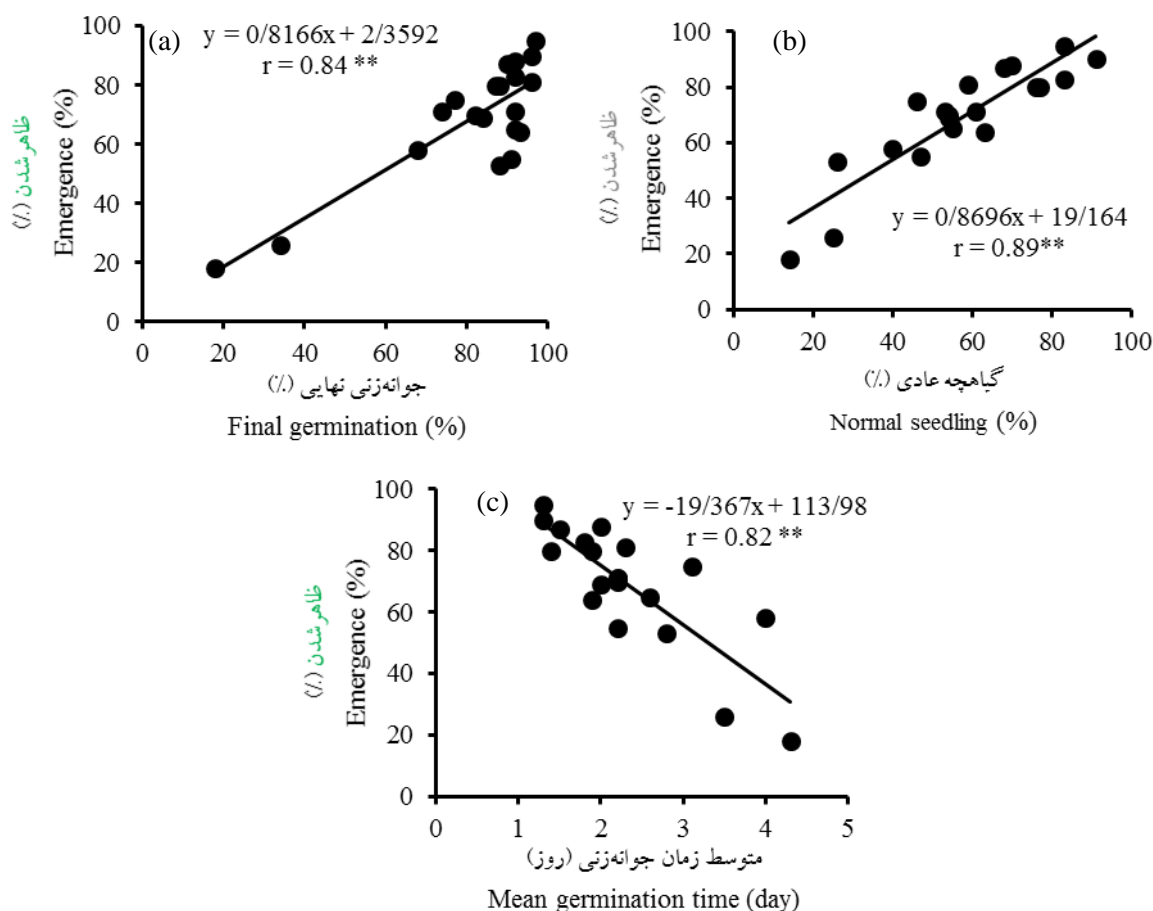
متوسط زمان جوانه‌زنی توده‌های بذر معنی‌دار بود. توده‌های بذری که دارای بذرهایی با جوانه‌زنی سریع بوده و در مراحل اولیه شروع جوانه‌زنی، جوانه زدند، متوسط زمان جوانه‌زنی کمتری داشتند و توده‌های بذری که جوانه‌زنی آهسته داشته و با تاخیر جوانه زدند، متوسط زمان جوانه‌زنی بالایی داشتند (شکل ۳). جوانه‌زنی کند و آهسته از ویژگی‌های توده‌های بذری است که در نهایت درصد گیاهچه‌های نرمال کمتری نیز تولید می‌کنند و در این آزمایش نیز توده‌های بذری که در روزهای اول آزمایش تعداد بذرهای جوانه زده کمتری داشتند (بذرهای پیرتر) نسبت به توده‌های بذری که درصد جوانه‌زنی بالاتر در روزهای اول جوانه‌زنی داشتند (بذرهای جوانتر)، در روز آخر آزمایش تعداد گیاهچه‌های غیر عادی بیشتری را تولید کردند (شکل ۳ و ۴، جدول ۳). مقایسه میزان همبستگی

جدول ۳- درصد جوانه‌زنی در روز دوم و سوم پس از شروع آزمایش جوانه‌زنی، جوانه‌زنی نهایی (درصد)، گیاهچه عادی (درصد)، متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) و درصد ظاهر شدن گیاهچه ۲۰ توده مختلف بذر کلزا.

Table 3- Germination percentage in two and three days after beginning of germination test, final germination and normal seedling percentage, mean germination time and emergence percentage of twenty different seed lots of oilseed rape

توده بذر Seed lot	جوانه‌زنی (%) Germination (%)			گیاهچه عادی (%) Normal seedling (%)	متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) Mean germination time (day)	ظاهر شدن گیاهچه (%) Emergence (%)
	روز دوم Second day	روز سوم Third day	نهایی Final			
	1	95	95			
2	84	89	92	70	2	88
3	86	87	90	68	1.5	87
4	65	87	92	53	2.2	71
5	55	85	92	55	2.6	65
6	78	85	87	77	1.9	80
7	82	90	92	83	1.8	83
8	83	91	93	63	1.9	64
9	2	26	68	40	4	58
10	0	2	18	14	4.3	18
11	95	97	97	83	1.3	95
12	61	81	84	54	2	69
13	62	73	82	54	2.2	70
14	61	69	74	61	2.2	71
15	29	59	77	46	3.1	75
16	86	88	88	76	1.4	80
17	75	90	96	59	2.3	81
18	70	88	91	47	2.2	55
19	40	66	88	26	2.8	53
20	6	21	34	25	3.5	26
میانگین Average	60.75	73.45	81.55	57.25	2.3	69
*LSD	5.21	4.63	6.41	8.28	0.26	9.26

*LSD P<0/05



شکل ۲- همبستگی بین درصد جوانه‌زنی نهایی (a)، درصد گیاهچه عادی (b) و متوسط زمان جوانه‌زنی (روز) (c) توده‌های مختلف بذر کلزا در آزمایشگاه با ظاهر شدن گیاهچه در سطح خاک. (**: معنی‌دار در سطح ۰/۰۱).

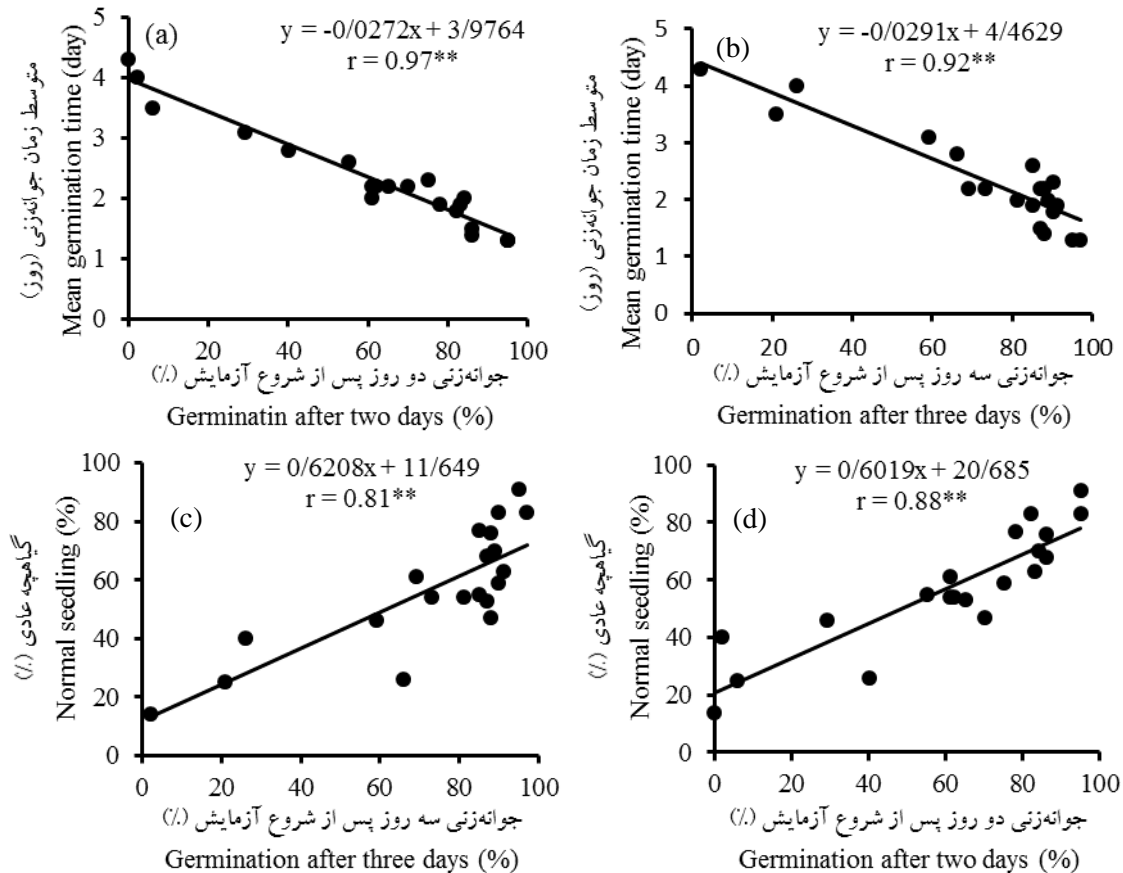
Figure 2- The relationship between final germination (a) and normal seedling percentage (b) and mean germination time (day) (c) of 20 oilseed rape seed lots in the lab with emergence in the field. (**: Significant at the 1% level).

می‌شود (Hampton, 2003). بازسازی آسیب‌هایی که در ساختار DNA در طی انبارداری و ذخیره‌سازی ایجاد شده یکی از اولین وقایعی است که در مرحله فاز تاخیری جوانه‌زنی، علاوه بر ترمیم غشا و فعالیت‌های میتوکندری، رخ می‌دهد (Bewley *et al.*, 2013). تخریب سیستم بازسازی ساختار DNA که در نتیجه پیری در بذرهای ذرت (Vasquez-Ramos and Sanchez, 2003) و چاودار (Osborne, 1983) اتفاق افتاده، منجر به طولانی شدن دوره فاز تاخیری و در نتیجه تاخیر در جوانه‌زنی شده است. همچنین خواجه حسینی و همکاران (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2010) عنوان کردند که تفاوت در متوسط زمان جوانه‌زنی بذرهای مختلف کلزا،

پیری بذرها در طی انبارداری و ذخیره کردن از زمان برداشت تا کاشت در شرایط غیر کنترل شده، سبب افزایش تعداد بذرهایی می‌شود که با تاخیر جوانه می‌زنند (فاز تاخیر طولانی) یا قادر به جوانه‌زنی نیستند. طول دوره فاز تاخیری تفاوت در بنیه بذرهای مختلف را نشان می‌دهد. فاز تاخیری طولانی از ویژگی‌های بذرهای پیر و ضعیف است که نیاز به انجام فرایندهای متابولیکی بیشتری قبل از خروج ریشه چه از بذر دارند (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2010). پیری بذر فرآیندی است که سبب تخریب ساختار DNA و RNA، افزایش فعالیت آنزیمی، تنفس و نفوذپذیری غشاهای سلولی شده و منجر به کاهش بنیه بذر، جوانه‌زنی و استقرار گیاه

کردند (Matthews and Khajeh-Hosseini, 2007;). در بذره‌های گیاه فلفل نیز تاخیر در جوانه‌زنی بدلیل پیری بذرها سبب افزایش تعداد گیاهچه‌های غیر نرمال شده است (Demir *et al.*, 2008).

ناشی از تفاوت در میزان پیری بذرهاست که نیاز به فرآیندهای بازسازی طولانی‌تری در مرحله جوانه‌زدن دارند. توده‌های بذر ذرت که مرحله فاز تاخیری طولانی داشتند، زمانی که در آزمون جوانه‌زنی مورد استفاده قرار گرفتند، گیاهچه‌های کوچکتر و ضعیفتری در مقایسه با بذرهایی که جوانه‌زنی سریع داشتند، تولید

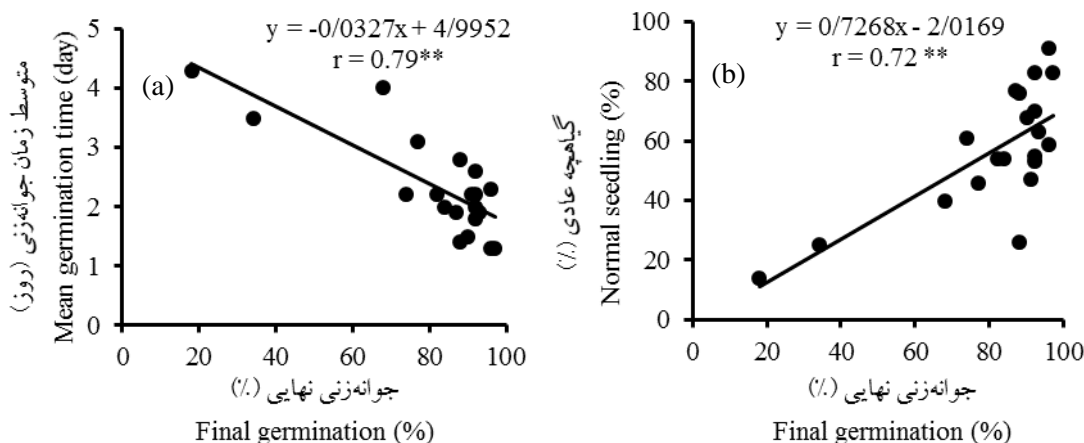


شکل ۳- همبستگی بین میزان جوانه‌زنی ۲۰ توده مختلف بذر کلزا در روزهای دوم و سوم پس از شروع آزمایش جوانه‌زنی با متوسط زمان جوانه‌زنی و درصد گیاهچه عادی. (**: معنی دار در سطح ۰/۰۱).

Figure 3- The correlation between germination percentage of twenty oilseed rape seed lots at two and three days after beginning of germination test with mean germination time and normal seedling percentage. (**: Significant at the 1% level of probability)

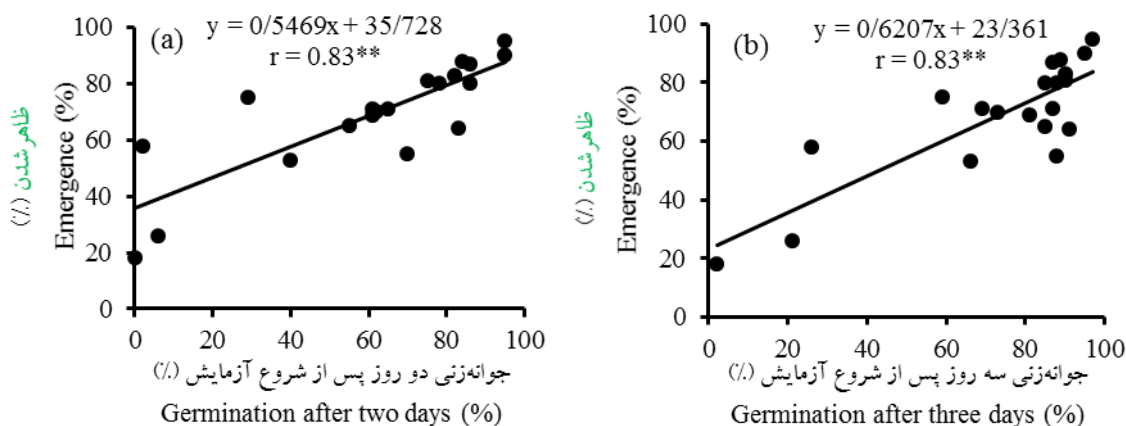
توده‌های بذری که جوانه‌زنی بیشتری در مراحل اولیه شروع جوانه‌زنی داشتند، درصد ظاهر شدن بیشتری نیز در سطح خاک داشتند و به طور کلی، با افزایش تعداد بذره‌های جوانه زده در روزهای دوم و سوم پس از شروع جوانه‌زنی، درصد ظاهر شدن گیاهچه توده‌های بذر در خاک، افزایش یافت (شکل ۵).

ارزیابی توانایی درصد جوانه‌زنی بذرها در مراحل ابتدایی آزمایش جوانه‌زنی (جوانه‌زنی در دو و سه روز پس از شروع آزمایش) در پیش‌بینی درصد ظاهر شدن توده‌های بذر در خاک نشان داد که همبستگی مثبت و معنی‌داری بین درصد جوانه‌زنی توده‌های بذر در مراحل ابتدایی جوانه‌زنی با ظاهر شدن در خاک وجود دارد و



شکل ۴- همبستگی بین درصد جوانه‌زنی نهایی ۲۰ توده مختلف بذر کلزا با درصد گیاهچه عادی (a) و متوسط زمان جوانه‌زنی (ب) (**: معنی دار در سطح ۰/۰۱).

Figure 4- The correlation between final germination percentage of twenty oilseed rape seed lots with normal seedlingpercentage (a) and mean germination time (b). (**: Significant at the 1% level of probability)



شکل ۵- همبستگی بین میزان جوانه‌زنی ۲۰ توده مختلف بذر کلزا در روزهای دوم (a) و سوم (ب) پس از شروع آزمایش جوانه‌زنی با توانایی ظاهر شدن در خاک. (**: معنی دار در سطح ۰/۰۱).

Figure 5- The correlation between germination percentage of twenty oilseed rape seed lots at two (a) and three (b) days after beginning of germination test with the soilemergence. (**: Significant at the 1% level of probability).

(Matthews and Powell, 2011). ماتپوس و خواجه حسینی (Matthews and Khajeh-Hosseini, 2006) سرعت جوانه‌زنی بذر را به عنوان آزمونی که می‌تواند ظاهر شدن نسبی و اندازه گیاهچه ذرت را در خاک پیش‌بینی کند، معرفی کرده‌اند. بذرهایی که سریع جوانه‌زده و سریع سبز شوند به عنوان بذرهای با بنیه بالا

در آزمایشی که بر روی توده‌های بذر ذرت انجام شده مشاهده شده است که توده‌های بذری که جوانه‌زنی سریع‌تر (فاز تاخیری کوتاه‌تر) داشتند، سریع‌تر نیز سبز شده و ظاهر شدن نهایی بیشتری نیز داشتند، در حالی که، توده‌های بذری که جوانه‌زنی کندتر (فاز تاخیری طولانی‌تر) داشتند به کندی سبز شده و ظاهر شدن نهایی پایینی داشتند

نتیجه گیری

نتایج این آزمایش نشان داد که شمارش تعداد بذره‌های جوانه‌زده در مراحل ابتدایی شروع جوانه‌زنی، می‌تواند به عنوان یک روش جایگزین برای ارزیابی جوانه‌زنی نهایی، گیاهچه عادی، متوسط زمان جوانه‌زنی و به‌طور کلی برای ارزیابی بنیه بذر ارقام مورد بررسی کلزا مورد استفاده قرار گیرد.

معرفی شده و این بذرها گیاهچه بزرگتری نیز در خاک تولید کردند. دمیر و همکاران (Demir *et al.*, 2008) گزارش کردند که درصد جوانه‌زنی بذرها پس از دو روز در طی آزمون جوانه‌زنی استاندارد می‌تواند به خوبی بذره‌های با بنیه پایین را در گیاه بنفشه زینتی (*Ornamental viola*) مشخص کند.

Reference

منابع

- Adebisi, M.A. 2009.** Stability analysis of seed germination and field emergence performance of tropical rain-fed sesame genotypes. Report and Opinion, 1-8.
- Bennett, M. 2001.** Seed vigor and vigor tests. P. 165-191. In L.O. Copeland and M.B. McDonald (ed.) Principles of seed science and technology. 4rd ed. Springer Science Business Media, New York
- Bewley, J.D., K. Bradford, H. Hilhorst, and H. Nonogaki, 2013.** Seeds Physiology of Development, Germination and Dormancy. 3rd ed. 392p.
- Buckley, W.T., R.B. Irrine, K.E. Buckley, and R.H. Elliott, 1998.** Canola seed vigour ethanol test. Agron. J. 81: 150-156.
- Carmody, P. 2001.** Profitable canola production in the great southern and lakes district. Agriculture Western Australia. 4411(2): 1-18.
- Demir, I., T. Celikkol, G. Sari Kumis, and C. Eksi, 2011.** Vigor tests to estimate seedling emergence potential and longevity in *Viola* seed lots. Hort. Sci. 46: 402-405.
- Demir, I., S. Ermis, K. Mavi, and S. Matthews, 2008.** Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annuum L.*) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. Seed Sci. Technol. 36: 21-31.
- Desai, B.B. 2004.** Seeds Handbook, Biology, Production, Processing and Storage. Marcel Dekker, Inc., New York, U.S.A.
- Food and Agriculture Organization. 2007.** Data stat year. 2006. FAO. Rome.
- Food and Agriculture Organization. 2013.** Data stat year. 2012. FAO. Rome.
- Grassbough, E.M., and M.A. Bennett, 1998.** Factors affecting vegetable stand establishment. Sci. Agric. 55: 116-120.
- Guy, P.A., and M. Black, 1998.** Germination-related proteins in wheat revealed by differences in seed vigour. Seed Sci. Res. 8: 99-111.
- Hampton, J.G. 2003.** Methods of viability and vigour testing: a critical and apprcial. In: pp. 81-118. Basra, A. S. (ed.), Seed Quality, Basic Mechanisms and Agricultural Implications. CBS Publishers and Distributers, New Delhi, India.
- Hampton, J.G., and D.M. Tekrony, 1995.** Handbook of Vigour Test Methods. 3rd Eds, ISTA, Zurich, Switzerland.
- ISTA. 2011.** International Rules for Seed Testing. International Seed Testing Association, Bassersdorf, Switzerland.
- Khajeh-Hosseini, M., A. Lomholt, and S. Matthews, 2009.** Mean germination time in the laboratory estimates the relative vigour and field performance of commercial seed lots of maize (*Zea mays L.*). Seed Sci. Technol. 37: 446-456.

- Khajeh-Hosseini, M., M. Nasehzadeh, and S. Matthews, 2010.** Rate of physiological germination relates to the percentage of normal seedlings in standard germination tests of naturally aged seed lots of oilseed rape. *Seed Sci. Technol.* 38: 602–611.
- Khani-nejad, S., and M. Khajeh-Hosseini, 2009.** Effects of salinity on germination of four ecotypes of *Kochia scoparia* L. *Journal of Agroecology.* 1(2): 19-28.
- Kibinza S., D. Vinel, D. Come, C. Bailly, and F. Corbineau, 2006.** Sunflower seed deterioration as related to moisture content during ageing, energy metabolism and active oxygen species scavenging. *Physiol. Plant.* 128 (3): 496–506.
- Labuschangne. M.T., T.N. Mamuya, and F.P. Koekemoeri, 2002.** Canonical variate analysis of bread making quality characteristics in irrigated spring wheat (*Triticum aestivum*). *Cereal Res. Comm.* 30 (1/2): 195-201.
- Matthews, S. and M. Khajeh-Hosseini, 2006.** Mean germination time as an indicator of emergence performance in soil of seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Sci. Technol.* 34: 361–369
- Matthews, S., and M. Khajeh-Hosseini, 2007.** Length of the lag period of germination and metabolic repair explain vigour differences in seed lots of maize (*Zea mays*). *Seed Sci. Technol.* 35: 200–212.
- Matthews, S., and A. Powell, 2011.** Towards automated single counts of radicle emergence to predict seed and seedling vigour. *Seed Sci.* 142: 44-48.
- Matthews, S., M.H. Wagner, A. Ratzenboeck, M. Khajeh-Hosseini, E. Casarini, R. El-Khadem, M. El Yakhlifi, and A.A. Powell, 2012.** Evaluation of early counts of radicle emergence during germination as a repeatable and reproducible vigour test for maize. *ISTA Method Validation Reports.* 30- 46.
- McDonald, M.B. 1999.** Seed deterioration: physiology, repair and assessment. *Seed Sci. Technol.* 27: 177– 237.
- Ministry of Agriculture Jihad. 2015.** Agricultural Statistics. Ministry of Agriculture Jihad, Planning and Economic Department, Center for Information and Communication Technology. 1:82-86. (In Persian).
- Naseh-zadeh, M. 2007.** The effect of natural ageing on the germination and seed vigour of oilseed rape (*Brassica napus* L.) seeds used in Iran. M.Sc. thesis. Department of Crop Science. University of Ferdowsi, Mashhad, Iran. (In Persian, with English Abstract).
- Nonogaki, H., G.W. Bassel, and J.D. Bewley, 2010.** Germination-still a mystery. *Plant Sci.* 179: 574–81.
- Osborne, D.J. 1983.** Biochemical control systems operating in the early hours of germination. *Can. J. Bot.* 61: 3568–3577.
- Powell, A.A., and S. Matthews, 1984.** Application of the controlled deterioration vigour test to detect seed lots of Brussels sprouts with low potential for storage under commercial conditions. *Seed Sci. Technol.* 12: 649-657.
- Roberts, E.H., and K. Osei-Bonsu, 1988.** Seed and seedling vigour. p. 879-910. In R. J. Summerfield (ed.) *World Crops: Cool Season Food legumes.* Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, the Netherlands.
- Sun, Q., J. Wang, and B. Sun. 2007.** Advances on seed vigor physiology and genetic mechanisms. *Agric. Sci. China.* 6 (9): 1060-1066.
- Tekrony, D.M., and D.B. Egli, 1991.** Relationship of seed vigour to crop yield: A review. *Crop Sci.* 31: 816-822.
- Vasquez-Ramos, J.M., and M.D.L. Sanchez, 2003.** The cell cycle and seed germination. *Seed Sci. Res.* 13: 113–130.
- Wheeler, T.R., and R.H. Ellis, 1991.** Seed quality, cotyledon elongation at suboptimal temperatures and the yield of onion. *Seed Sci. Res.* 1: 57-67.
- Yanegh, A.J. 2010.** Assessment of seed quality of oilseed rape cultivars sown in Razavi and Northern Khorasan Provinces. M.Sc thesis. Department of Crop Science. University of Ferdowsi, Mashhad, Iran. (In Persian, with English Abstract).