

## بررسی ویژگی های جوانه زنی بذر ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) و رابطه آن با ترکیب اسیدهای چرب

پرویز رضوانی مقدم<sup>۱\*</sup> و سید محمد سیدی<sup>۲</sup>

۱- گروه زراعت، دانشکده کشاورزی، دانشگاه فردوسی مشهد.

۲- گروه تولیدات گیاهی، دانشکده کشاورزی و منابع طبیعی، دانشگاه تربت حیدریه.

### چکیده

میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب از مهم ترین عوامل در ارزیابی و توصیف دانه های روغنی به شمار می روند. از سوی دیگر، جوانه زنی بذر و استقرار گیاهچه ها تحت تاثیر ذخایر موجود در بذر قرار دارند. از این رو، به منظور بررسی ویژگی های جوانه زنی بذر ارقام کنجد (*Sesamum indicum* L.) و رابطه آن با ترکیب اسیدهای چرب در ساختار روغن، مطالعاتی در شرایط آزمایشگاه و گلخانه به صورت طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار و چهار تکرار در دانشگاه فردوسی مشهد انجام شد. در این مطالعات ارقام کنجد (شامل داراب ۲، داراب ۱۴، دشتستان ۲، دشتستان ۵، اسفراین، IS، JL-13، کلات، کاشمر، مشهد، اولتان، سیستان، TS-3، ورامین ۲۸۲۲ و یلو وایت) به عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. این ارقام از پژوهشکده گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و نیز موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر در کرج تهیه شدند. طبق نتایج، کمترین متوسط زمان جوانه زنی<sup>۱</sup> (MGT) و متوسط زمان سبز شدن<sup>۲</sup> (MET) در ارقام دشتستان ۲، دشتستان ۵ و IS به دست آمد. در مقابل، بیشترین MGT و MET در ارقام یلو وایت و مشهد مشاهده شد. اگر چه بین ارقام تفاوت معنی داری از نظر غلظت نیتروژن دانه و درصد روغن مشاهده نشد، اما از نظر غلظت فسفر بین ارقام تفاوت معنی داری وجود داشت؛ به طوری که بیشترین و کمترین غلظت فسفر دانه به ترتیب در ارقام دشتستان ۲ و یلو وایت مشاهده شد. به جز اسید اولئیک، لینولئیک و لینولنیک، سایر اسیدهای چرب ارتباط معنی داری با MET نداشتند. بین اسید اولئیک با MET همبستگی منفی ( $R^2 = 0.73^{**}$ ) و بین اسید لینولنیک با MET همبستگی مثبت و معنی داری ( $R^2 = 0.93^{**}$ ) مشاهده شد. از این رو به نظر می رسد که بنیه بذر کنجد به شدت وابسته به ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع تشکیل دهنده روغن باشد.

**کلمات کلیدی:** آزمون پیری تسریع شده، اسید چرب، متوسط زمان سبز شدن.

### مقدمه

سطح زیر کشت و میزان تولید این گیاه در کشور به ترتیب ۴۰۰۰۰ هکتار و ۲۸۰۰۰ تن برآورد شده است (FAO, 2013). ارقام و اکوتیپ های بسیار متنوعی از کنجد با درصد روغن و ترکیب اسیدهای چرب متفاوت وجود دارند که به دامنه نسبتاً وسیعی

کنجد (*Sesamum indicum* L.) از مهم ترین و قدیمی ترین گیاهان روغنی دنیا بوده (Chung et al., 1995; Carvalho et al., 2012) که در مناطق خشک و نیمه خشک ایران مورد کشت و کار قرار می گیرد (Sepaskhah and Andam, 2001). در سال ۲۰۱۳،

1- Mean germination time

2- Mean emergence time

\*نویسنده مسئول: پرویز رضوانی مقدم، نشانی: مشهد، دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی، گروه زراعت و اصلاح نباتات

E-mail: rezvani@ferdowsi.um.ac.ir

تاریخ دریافت: ۱۳۹۵/۰۱/۱۹

تاریخ تصویب: ۱۳۹۵/۰۵/۲۶

های روغنی، لیپیدهای ذخیره شده در بذر به منظور تأمین انرژی جهت انجام واکنش‌های سلولی و تشکیل ساختارهای جدید استفاده می‌شوند (Mostafa and Rahma 1987; Wanasundara *et al.*, 1999). بنابراین، با توجه به میزان نسبتاً بالای روغن دانه کنجد (Rostami *et al.*, 2014)، به نظر می‌رسد بذر در هر یک از ارقام این گیاه به طور مستقیم و یا غیر مستقیم وابسته به کیفیت روغن و نیز ترکیب اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده ساختار روغن در این گیاه باشد. از این رو، یافتن ارتباط بین میزان روغن و ترکیب اسیدهای چرب تشکیل‌دهنده ساختار روغن با بذر ارقام کنجد می‌بایست مورد توجه قرار گیرد. این آزمایش با هدف مقایسه ارقام کنجد از نظر بذر، درصد روغن، ترکیب اسیدهای چرب روغن و برخی عناصر معدنی شامل نیتروژن و فسفر و نیز بررسی ارتباط بین اسیدهای چرب با بذر انجام شد.

## مواد و روش‌ها

### طراحی آزمایش

جهت اجرای آزمایش، مطالعاتی در سال‌های ۱۳۹۳ و ۱۳۹۴ در شرایط آزمایشگاه و گلخانه تحقیقاتی دانشگاه فردوسی مشهد و در قالب طرح کاملاً تصادفی با ۱۵ تیمار و چهار تکرار انجام شد. ارقام کنجد شامل داراب ۲، داراب ۱۴، دشتستان ۲، دشتستان ۵، اسفراین، IS، JL-13، کلات، کاشمر، مشهد، اولتان، سیستان، TS-3، ورامین ۲۸۲۲ و یلو وایت به عنوان تیمارهای آزمایش در نظر گرفته شدند. این ارقام از پژوهشکده گیاهی دانشگاه فردوسی مشهد و موسسه تحقیقات اصلاح و تهیه نهال و بذر کرج تهیه شدند. پارامترهای اندازه‌گیری شامل موارد زیر بودند:

سازگار شده‌اند (Asghar and Majeed, 2013). بسته به شرایط منطقه مورد کشت و به ویژه نوع رقم کشت شده، میزان روغن کنجد بین ۴۱ تا ۶۳ درصد گزارش شده است (Uzun *et al.*, 2008). بیشترین میزان اسیدهای چرب در روغن کنجد نیز شامل اسید اولئیک و لینولئیک می‌باشد (Uzun *et al.*, 2007; Nzikou *et al.*, 2009). لازمه تولید بالا در گیاهان روغنی، تولید بذرهای با کیفیت و دستیابی به تراکم مطلوب از طریق استقرار موفق آمیز گیاهچه‌های نرمال در بستر خاک می‌باشد (Bishnoi *et al.*, 2007). با این وجود، یکی از مشکلات کنجد به ویژه در مناطق خشک و نیمه خشک با رطوبت پایین خاک، سبز شدن و استقرار ضعیف گیاهچه‌ها در بستر خاک بوده (Grichar *et al.*, 2001) که می‌تواند در نهایت منجر به کاهش عملکرد اقتصادی شود. در نتیجه، بسته به شرایط اقلیمی منطقه و یا امکانات مورد نظر، رقم یا ارقامی از این گیاه می‌بایست جهت کاشت انتخاب شوند که دارای جوانه‌زنی و به ویژه بذر بالاتری باشند. لازمه این امر، تعیین کیفیت فیزیولوژیکی بذر بر اساس آزمون‌های بذر در ارقام کنجد و نیز بررسی عوامل موثر بر بذر این بذرهای می‌باشد. علاوه بر تولید بذرهای با کیفیت، میزان روغن و نیز ترکیب اسیدهای چرب از مهم‌ترین عوامل در ارزیابی و توصیف دانه‌های روغنی هستند (Were *et al.*, 2006)؛ به طوری که روغن‌های گیاهی با درصد بالای اسیدهای چرب غیر اشباع حساسیت بیشتری به اکسید شدن دارند (Mohdaly *et al.*, 2011). از سوی دیگر، جوانه‌زنی و استقرار بذرهای گیاهان زراعی تحت تأثیر میزان ذخایر غذایی در بذر (شامل کربوهیدرات، پروتئین و روغن) می‌باشد (Soltani *et al.*, 2006; Nonogaki, 2008) در طی جوانه‌زنی دانه-

حسب گرم در صد گرم بذر) به ترتیب با روش های کجگلدال (AOAC, 2000) و مورفی و ریلی (Murphy and Riley, 1962) اندازه گیری شد.

### تعیین پارامترهای فیزیولوژیک بذر ارقام کنجد

به منظور تعیین اندازه بذر در این آزمایش، وزن هزار دانه هر یک از ارقام تعیین شد. جهت تعیین درصد جوانه زنی استاندارد و متوسط زمان جوانه زنی<sup>۲</sup> (MGT)، بذرهای هر رقم به مدت ۱۴ روز در ژرمیناتور (با دمای ۲۵ درجه سانتی گراد) قرار گرفتند. جهت تعیین MGT از رابطه زیر استفاده شد (Demir *et al.*, 2008; Khajeh-Hosseini *et al.*, 2009)

$$MGT = \frac{\sum n.T}{\sum n} \quad (\text{ا رابطه})$$

که در آن: n تعداد بذرهای جدید جوانه زده در روز T و T تعداد روزها از آغاز جوانه زنی بود. ظهور دو میلی متری نوک ریشه چه به عنوان معیار جوانه زنی در نظر گرفته شد. در پایان دوره ۱۴ روزه، وزن خشک گیاهچه ها در هر یک از ارقام محاسبه شد (Thant *et al.*, 2010). جهت محاسبه وزن خشک، نمونه ها به مدت ۴۸ ساعت در آونی با دمای ۷۰ درجه سانتی گراد قرار گرفتند. جهت تعیین درصد سبز شدن و متوسط زمان سبز شدن<sup>۳</sup> (MET)، تعداد ۲۵ بذر در گلدان های پلاستیکی (با حجم ۱/۸ کیلوگرم و پر شده با خاک دارای ۴۰ درصد رس و ۶۰ درصد شن) کاشته و به مدت ۲۱ روز در شرایط گلخانه ای (رطوبت نسبی: ۷۰ درصد و دمای روز/شب: ۲۵/۱۷ درجه سانتی گراد) قرار گرفتند. آبیاری گلدان های مورد نظر در طی دوره ذکر شده با آب مقطر انجام

### تعیین درصد روغن، پروتئین و اسیدهای چرب

پس از تهیه ارقام، ابتدا درصد روغن (توسط دستگاه سوکسله) و پروتئین خام (درصد نیتروژن × ۶/۲۵) هر رقم اندازه گیری شد. از این رو، ۵۰ گرم بذر از هر یک از تیمارهای آزمایش پس از آسیاب کردن، به نسبت یک به چهار با هگزان مخلوط و به مدت ۴۸ ساعت روی دستگاه شیکر (۱۶۰ دور در دقیقه) قرار داده شد (Farhoosh *et al.*, 2009). پس از جداسازی حلال از محلول حاصل، ۱۵ قطره از روغن هر یک از نمونه ها را در یک لوله آزمایش ریخته و به آن هفت سی سی پتاس متانولی دو مولار اضافه گردید.

سپس لوله آزمایش در بن ماری در دمای ۵۵-۵۰ درجه سانتی گراد قرار داده شد. پس از تکان دادن محلول، محتویات آن به یک لوله کوچک تر منتقل و در همان دمای بن ماری به مدت سه دقیقه قرار گرفت. پس از برداشتن فاز روئی از محلول و عبور از سولفات پتاسیم جهت رطوبت گیری و صاف کردن آن، هر یک از نمونه ها به دستگاه گاز کروماتوگرافی جرمی تزریق شدند. با مقایسه پیک نمونه ها با پیک استاندارد و بر اساس RRT<sup>۱</sup> پیک ها، نوع اسیدهای چرب شناسایی و مقادیر هر یک از آن ها از محاسبه سطح زیر منحنی پیک های حاصله تعیین شد (Lutterodt *et al.*, 2010; Piras *et al.*, 2013).

### تعیین درصد فسفر و نیتروژن

درصد نیتروژن (دستگاه Kjeldahl-PECO، مدل 55 psu) و فسفر (دستگاه Spectrophotometer-JENWAY، مدل ۴۵۱۰) در بذر هر یک از ارقام (بر

2- Mean germination time

3- Mean emergence time

1- Relative retention time

معنی دار بود (جدول ۱). در بین ارقام مورد مطالعه، دشتستان ۲، دشتستان ۵ و IS به ترتیب دارای کمترین میزان MGT و MET بودند. با این وجود، بیشترین میزان این صفات در ارقام یلو وایت و مشهد مشاهده گردید (جدول ۲). از سوی دیگر، بیشترین وزن خشک گیاهچه و درصد سبز شدن در رقم دشتستان ۲ و دشتستان ۵ و کمترین میزان این شاخصها در رقم یلو وایت ثبت شد (جدول ۲). به دنبال آزمون تسریع پیری، بین ارقام تفاوت معنی داری از نظر درصد جوانه زنی مشاهده نشد (جدول ۱). با این وجود مشابه آزمون جوانه زنی کمترین میزان MGT در ارقام دشتستان ۲، دشتستان ۵ و IS و بیشترین مقدار این شاخص در ارقام یلو وایت و مشهد تعیین شد (جدول ۲). در نتیجه آزمون تسریع پیری، بیشترین وزن خشک گیاهچه نیز به ترتیب در ارقام دشتستان ۲، دشتستان ۵ و IS به دست آمد (جدول ۲). آزمون درصد جوانه زنی معمولاً نمی‌تواند بنیه بذر را در شرایط مزرعه به طور کاملاً دقیقی پیش‌بینی کند (Noli *et al.*, 2008)، بلکه از نظر پیش‌بینی وضعیت واقعی بنیه بذر و سبز شدن، شاخص MGT و به ویژه MET از اهمیت بیشتری برخوردار می‌باشند (Khajeh-Hosseini *et al.*, 2009). همبستگی بالای بین MGT با MET (شکل A: ۱)، بین وزن خشک گیاهچه با MET (شکل B: ۱) و بین درصد سبز شدن با MET (شکل C: ۱) می‌تواند نشان دهنده اهمیت آزمون MET در برآورد بنیه بذر و استقرار موفقیت‌آمیز گیاهچه‌ها باشد. مشابه این نتایج، دمیر و همکاران (Demir *et al.*, 2008) نیز ارتباط مثبت بین MGT با MET و نیز ارتباط منفی بین MET با وزن خشک گیاهچه‌های فلفل (*Capsicum annum L.*) را مشاهده نمودند. ارقام کنجد از نظر وزن هزار دانه تفاوت معنی داری داشتند.

گرفت. در طول این دوره، بذره‌های سبز شده در هر روز شمارش و در نهایت MET بر اساس رابطه ۲ محاسبه شد (Demir *et al.*, 2008; Khajeh-Hosseini *et al.*, 2009):

$$\text{MET} = \frac{\sum n.T}{\sum n} \quad (\text{رابطه ۲})$$

که در آن: n تعداد گیاهچه‌های جدید سبز شده در روز T و T تعداد روزها از آغاز سبز شدن بود. مشاهده اولین اندام‌های سبز گیاهچه در سطح خاک به عنوان معیار جوانه‌زنی در نظر گرفته شد. بنیه بذر بر اساس آزمون تسریع پیری که توسط تانت و همکاران (Thant *et al.*, 2010) در گیاه کنجد پیشنهاد شده بود، تعیین شد. برای این منظور از یک آون (دمای ۴۲-۴۳ درجه سانتی‌گراد) و دسیکاتور (جهت ایجاد رطوبت نسبی ۱۰۰ درصدی) استفاده شد. ابتدا در کف دسیکاتور تا زیر صفحه مشبک آب ریخته و سپس بذرها را روی صفحه مشبک قرار داده و بعد از بستن درب آن به مدت ۱۲۰ ساعت در آون نگهداری شد. در پایان این مرحله آزمون جوانه‌زنی استاندارد، MGT و وزن خشک گیاهچه مجدداً و بر طبق اصولی که ذکر گردید، اندازه‌گیری و تعیین شد.

### تجزیه و تحلیل آماری

تجزیه و تحلیل آماری داده‌های حاصل از آزمایش با استفاده از نرم‌افزار SAS 9.3 انجام گرفت (SAS, 2011). مقایسه میانگین داده‌ها بر اساس آزمون حداقل اختلاف معنی‌دار (LSD) و در سطح احتمال پنج درصد انجام شد.

### نتایج و بحث

بر اساس نتایج حاصله از آزمون جوانه‌زنی استاندارد، تفاوت بین ارقام از نظر MGT، وزن خشک گیاهچه، درصد سبز شدن و MET از نظر آماری

ذخیره ای در بذر، سرعت جوانه‌زنی و رشد گیاهچه-های حاصله موثر باشد (Liao and Yan, 1999; Hojjat, 2011). در این راستا، ارتباط معنی‌دار بین اندازه بذر با بنیه گیاهچه در ارقام پنبه (*Gossypium hirsutum*) توسط سیندر و همکاران (Snider *et al.*, 2014) گزارش شده است. طبق نتایج این آزمایش نیز بین وزن هزار دانه با MET رابطه منفی و معنی‌داری مشاهده گردید (شکل A: ۲) که می‌تواند نشان دهنده اهمیت اندازه بذر کنجد در بهبود بنیه بذر آن باشد. با وجود نقش شناخته شده میزان ذخایر پروتئین و روغن بر فعالیت‌های جوانه‌زنی و آغاز رشد گیاهچه (Seyyedi *et al.*, 2015)، در آزمایش حاضر عدم تفاوت معنی‌دار بین ارقام از نظر درصد روغن و غلظت نیتروژن (جدول ۱ و ۳) و نیز عدم ارتباط معنی‌دار بین غلظت نیتروژن با MET (شکل B: ۲) ممکن است به دلیل سطح بالای درصد روغن و نیتروژن در تمامی ارقام مورد مطالعه باشد.

رقم دشتستان ۲ و مشهد به ترتیب دارای بیشترین و کمترین وزن هزار دانه بودند (جدول ۲). همچنین با وجود عدم تفاوت معنی‌دار بین ارقام کنجد از نظر درصد نیتروژن و روغن دانه (جدول ۱ و ۳)، تفاوت بین ارقام از نظر غلظت فسفر دانه معنی‌دار بود (جدول ۱)؛ به طوری که رقم دشتستان ۲ دارای بیشترین و مشهد و یلو وایت دارای کمترین مقدار فسفر در دانه بودند (جدول ۲). علاوه بر شرایط حاکم بر بستر خاک، قدرت جوانه‌زنی و سبز شدن گیاهچه‌ها اساساً وابسته به میزان و کیفیت مواد ذخیره‌ای در دانه می‌باشد (Peltonen-Sainio *et al.*, 2006; Fallahi *et al.*, 2013).

در واقع، میزان مواد ذخیره شده در بذر از طریق تأثیر بر رشد گیاهچه، سبز شدن و تشکیل گیاهچه‌های نرمال در بستر خاک را تحت تأثیر قرار می‌دهد (Elamrani *et al.*, 1992). از سوی دیگر، وزن هزار دانه یا اندازه بذر، می‌تواند مستقیماً بر میزان مواد

جدول ۱- تجزیه واریانس مربوط به برخی جنبه‌های فیزیولوژیک بذر در ارقام مختلف کنجد

Table 1- Analysis of variance of some physiological aspects of seed in different sesame cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	شرایط آزمایشگاهی Laboratory condition			شرایط گلخانه Greenhouse condition		آزمون تسریع پیری Accelerated aging test			وزن هزار دانه 1000 seed weight	نیتروژن N	فسفر P
		متوسط زمان جوانه زنی Germination	وزن خشک گیاهچه Seedling dry weight	متوسط زمان سبز شدن Emergence	متوسط زمان سبز شدن MET	متوسط زمان جوانه زنی Germination	وزن گیاهچه Seedling weight	میتو MGT				
تیمار Treatment	14	5.52 ns	0.88 **	3.08 **	103.92 ns	1.25 **	22.86 ns	0.68 *	1.93 **	0.065 **	0.005 ns	0.012 **
خطا Error	15	5.16	0.049	0.06	73.69	0.41	56.18	0.33	0.05	0.007	0.041	0.001

\*\*\*، \* و ns به ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی‌دار می‌باشند

\*\*\*, \* and ns are significant at the 0.01 and 0.05 levels of probability and no significant, respectively.

جدول ۲- مقایسه میانگین مربوط به برخی جنبه‌های فیزیولوژیک بذر در ارقام مختلف کنجد

Table 2- Mean comparison of some physiological aspects of seed in different sesame cultivars

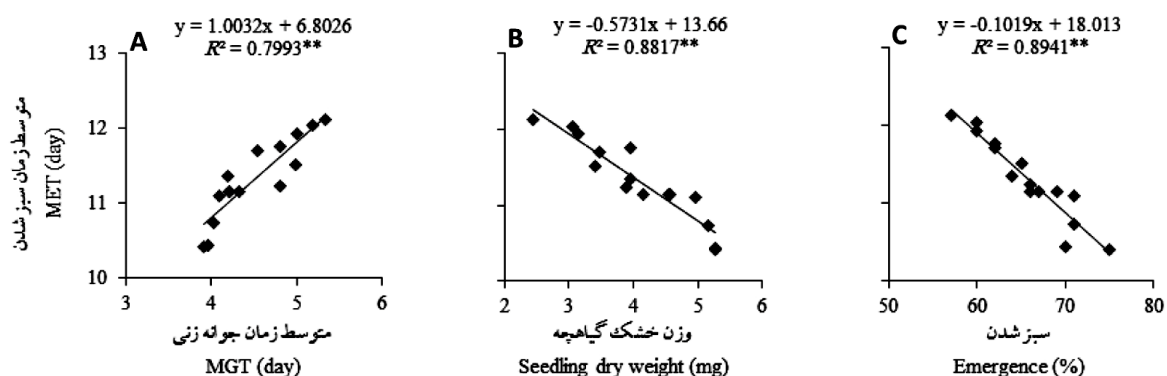
ارقام کنجد Sesame cultivars	شرایط آزمایشگاهی Laboratory condition			شرایط گلخانه Greenhouse condition		آزمون تسریع پیری Accelerated aging test			وزن هزار دانه 1000 seed weight (g)	نیتروژن N (g 100 g <sup>-1</sup> )	فسفر P (g 100 g <sup>-1</sup> )
	متوسط زمان جوانه زنی Germination (%)	متوسط زمان جوانه زنی MGT (day)	وزن گیاهچه Seedling weight (mg)	متوسط زمان سبز شدن Emergence (%)	متوسط زمان سبز شدن MET (day)	متوسط زمان جوانه زنی Germination (%)	متوسط زمان جوانه زنی MGT (day)	وزن گیاهچه Seedling weight (mg)			
داراب ۲ Darab 2	100.00	4.33	4.54	69.00	11.15	85.00	4.92	3.66	3.10	3.50	0.45
داراب - ۱۴ Darab 14	99.00	4.80	3.95	62.00	11.77	84.00	5.39	3.13	3.16	3.39	0.37
دشتستان - ۲ Dashtestan 2	100.00	3.91	5.27	75.00	10.42	88.00	4.36	4.20	3.47	3.45	0.51
دشتستان - ۵ Dashtestan 5	98.00	3.96	5.27	70.00	10.44	82.00	4.61	4.19	3.34	3.43	0.48
اسفراين Esfaaraen	97.00	4.80	3.89	66.00	11.24	87.00	5.02	3.10	3.15	3.50	0.42
IS	100.00	4.03	5.15	71.00	10.74	84.00	4.64	4.11	3.33	3.50	0.49
JL-13	100.00	4.08	3.40	65.00	11.52	84.00	5.20	2.69	3.28	3.44	0.39
کلات Kalat	98.00	4.09	4.97	71.00	11.11	86.00	4.69	3.88	3.06	3.44	0.49
کاشمر Kashmar	100.00	4.19	3.95	64.00	11.36	84.00	5.25	3.19	3.11	3.45	0.39
مشهد Mashhad	98.00	5.19	3.05	60.00	12.04	84.00	5.64	2.41	3.00	3.52	0.35
اولتان Oltan	99.00	4.20	4.14	66.00	11.15	83.00	4.90	3.33	3.10	3.47	0.45
سیستان Sistan	97.00	4.21	4.56	67.00	11.15	86.00	4.89	3.62	3.20	3.43	0.46
TS-3	98.00	5.01	3.14	60.00	11.94	84.00	5.54	2.48	3.09	3.46	0.36
ورامین ۲۸۲۲ Varamin 2822	97.00	4.54	3.48	62.00	11.71	79.00	5.40	2.76	3.09	3.49	0.38
یلو وایت Yellow White	99.00	5.34	2.43	57.00	12.12	80.00	5.72	1.98	3.09	3.45	0.35
LSD (P = 0.05)	3.234	0.314	0.349	15.226	0.802	10.675	0.813	0.311	0.121	0.290	0.049

اولیه گیاهچه بوده و می‌تواند در استقرار موفقیت آمیز گیاهچه‌ها نقش موثری داشته باشد (Modi, 2002; Peltonen-Sainio *et al.*, 2006; Sawan *et al.*, 2011). در این ارتباط، اهمیت ویژه این عنصر در بهبود بنیه بذر گیاهانی مانند سویا (Bishnoi *et al.*, 2007)، پنبه

فسفر در انتقال انرژی در سطح سلول نقش ویژه‌ای داشته و یکی از مهمترین اجزاء در ساختار فسفولیپیدها و پروتئین‌های بذر می‌باشد (Nicanuzia *et al.*, 2004). غلظت فسفر بذر، از مهمترین عوامل در بهبود فرآیند جوانه‌زنی و رشد

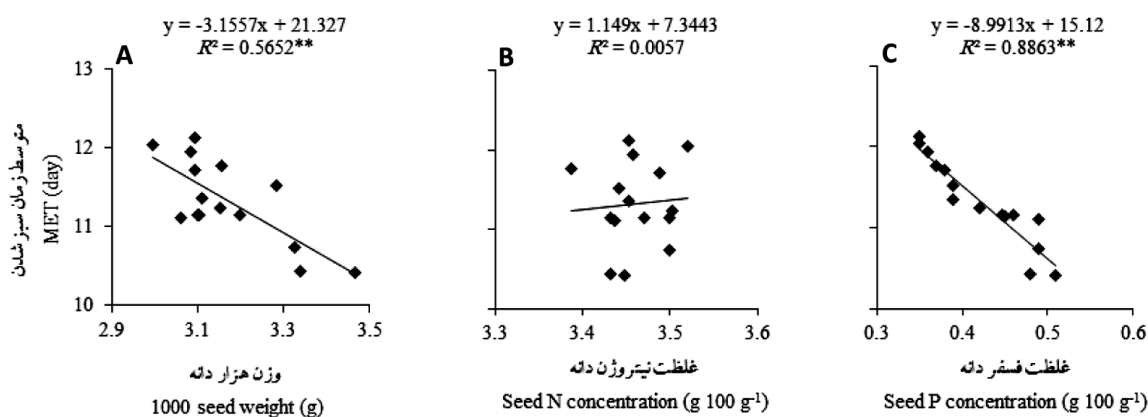
میزان فسفر بذر در افزایش بنیه بذر ارقام کنجد باشد. بین ارقام کنجد از نظر درصد روغن تفاوت معنی داری مشاهده نشد. با این وجود، نتایج نشان داد که بین ارقام کنجد از نظر تمامی اسیدهای چرب اشباع غیر اشباع تفاوت معنی داری وجود داشت (جدول ۳).

(Sawan *et al.*, 2011) و لویا (Pacheco *et al.*, 2012) گزارش شده است. افزایش غلظت فسفر در بذر نیز راه کاری شناخته شده جهت افزایش وزن خشک گیاهچه و عملکرد گیاه در واحد سطح می باشد (Peltonen-Sainio *et al.*, 2006; Seyyedi *et al.*, 2015). رابطه مثبت و معنی دار بین میزان فسفر بذر با MET (شکل C: ۲) می تواند نشان دهنده نقش ویژه



شکل ۱- ارتباط بین متوسط زمان جوانه زنی (MGT) با متوسط زمان سبز شدن (MET) (A)، وزن خشک گیاهچه با MET (B) و درصد سبز شدن با MET (C). \*\* معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

Fig. 1- Relationship between mean germination time (MGT) with mean emergence time (MET) (A), seedling dry weight with MET (B), and emergence percentage with MET (C). The asterisks \*\* indicate statistical differences at  $P \leq 0.01$ .



شکل ۲- ارتباط بین وزن هزار دانه با متوسط زمان سبز شدن (MET) (A)، غلظت نیتروژن دانه با MET (B) و غلظت فسفر دانه با MET (C). \*\* تفاوت معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

Fig. 2- Relationship between 1000 seed weight with mean emergence time (MET) (A), seed N concentration with MET (B), and seed P concentration with MET (C). The asterisks \*\* indicate statistical differences at  $P \leq 0.01$ .

جدول ۳- تجزیه واریانس مربوط به درصد اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در ارقام مختلف کنجد

Table 3- Analysis of variance of saturated and un-saturated fatty acids percentage in different sesame cultivars

منابع تغییر S.O.V	درجه آزادی df	روغن Oil	غلظت اسیدهای چرب اشباع						غلظت اسیدهای چرب غیر اشباع					
			Saturated fatty acids concentration						Un-saturated fatty acids concentration					
			پالمیتیک Palmitic	مارگاریک Margaric	استاریک Stearic	آراچیدیک Arachidic	بهنیک Behenic	لیگنوسریک Lignoceric	پالمیتولیک Palmitoleic	هپتادسنونیک Heptadecenoic	اولئیک Oleic	لینولئیک Linoleic	لینولنیک Linolenic	گاندونیک Gondoic
تیمار Treatment	14	0.89 ns	1.22 **	0.038 **	0.78 **	0.03 **	0.03 **	0.04 **	0.04 **	0.017 **	9.29 **	10.46 **	0.014 *	0.014 *
خطا Error	15	3.75	0.22	0.009	0.04	0.01	0.01	0.005	0.01	0.002	0.12	0.25	0.009	0.009

\*\*، \* و ns به ترتیب معنی دار در سطح احتمال یک درصد، پنج درصد و عدم اختلاف معنی دار می باشند

\*\*، \* and ns are significant at the 0.01 and 0.05 levels of probability and no significant, respectively.

جدول ۴- مقایسه میانگین مربوط به درصد اسیدهای چرب اشباع و غیر اشباع در ارقام مختلف کنجد

Table 4- Mean comparison of saturated and un-saturated fatty acids percentage in different sesame cultivars

ارقام کنجد Sesame cultivars	روغن Oil (g 100 g <sup>-1</sup> )	غلظت اسیدهای چرب اشباع						غلظت اسیدهای چرب غیر اشباع					
		Saturated fatty acids concentration (%)						Un-saturated fatty acids concentration (%)					
		پالمیتیک Palmitic	مارگاریک Margaric	استاریک Stearic	آراچیدیک Arachidic	بهنیک Behenic	لیگنوسریک Lignoceric	پالمیتولیک Palmitoleic	هپتادسنونیک Heptadecenoic	اولئیک Oleic	لینولئیک Linoleic	لینولنیک Linolenic	گاندونیک Gondoic
داراب ۲ Darab 2	59.38	7.51	0.07	7.33	0.94	0.20	0.15	0.15	0.00	42.36	40.59	0.44	0.24
داراب - ۱۴ Darab 14	60.34	8.18	0.26	6.77	0.80	0.49	0.00	0.32	0.14	41.79	40.32	0.51	0.42
دشتستان- ۲ Dashtestan 2	59.76	8.68	0.13	6.57	0.74	0.21	0.17	0.17	0.12	44.78	37.72	0.37	0.34
دشتستان - ۵ Dashtestan 5	60.37	8.94	0.21	6.45	0.70	0.26	0.21	0.20	0.00	44.58	37.67	0.39	0.37
اسفراهن Esfaraen	59.32	7.34	0.21	7.41	0.93	0.21	0.32	0.26	0.00	43.99	38.46	0.48	0.38
IS	60.13	7.06	0.00	6.64	0.71	0.29	0.00	0.00	0.00	44.57	39.98	0.43	0.32
JL-13	60.39	8.08	0.12	6.25	0.67	0.18	0.22	0.14	0.12	43.25	40.15	0.50	0.31
کلات Kalat	60.27	8.45	0.06	6.78	0.76	0.26	0.14	0.19	0.00	43.18	39.45	0.44	0.28
کاشمر Kashmar	60.62	8.89	0.15	6.15	0.64	0.20	0.18	0.27	0.00	42.49	40.29	0.49	0.25
مشهد Mashhad	59.39	8.58	0.18	7.02	0.62	0.23	0.25	0.21	0.14	40.22	41.65	0.57	0.32
اولتان Oltan	59.42	8.29	0.10	7.04	0.70	0.28	0.15	0.18	0.00	42.41	40.09	0.46	0.29
سیستان Sistan	59.94	7.80	0.18	6.36	0.72	0.33	0.00	0.36	0.14	43.27	40.08	0.44	0.31
TS-3	60.67	8.14	0.12	6.75	0.72	0.18	0.15	0.19	0.11	42.75	40.11	0.51	0.26
ورامین ۲۸۲۲ Varamin 2822	60.40	7.87	0.37	6.84	0.78	0.18	0.14	0.11	0.09	42.37	40.52	0.50	0.22
یلو وایت Yellow White	60.19	8.37	0.00	5.76	0.70	0.39	0.00	0.00	0.00	39.33	44.46	0.58	0.40
LSD (P = 0.05)	2.757	0.670	0.142	0.285	0.152	0.139	0.101	0.134	0.055	0.525	0.710	0.134	0.140

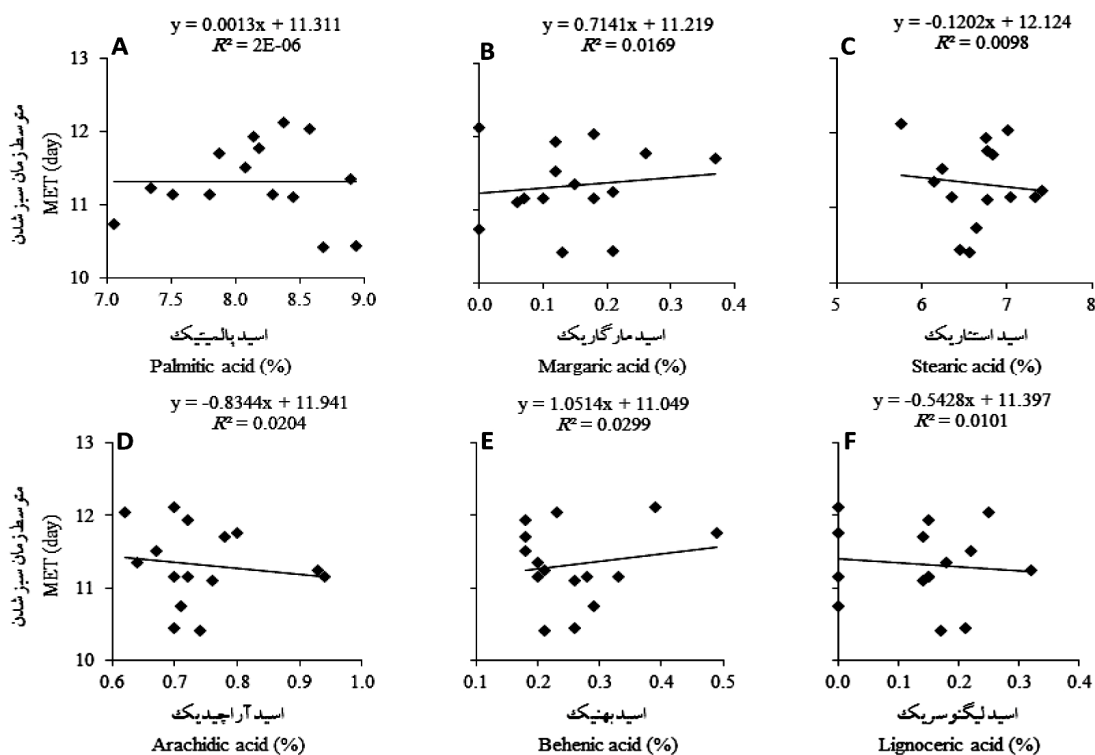
طبق نتایج آزمایش، هیچ کدام از اسیدهای چرب اشباع کنجد ارتباط معنی داری با MET نداشتند (شکل A-F: ۳). همچنین به جز اسید اولئیک، اسید لینولئیک و لینولنیک، ارتباط بین سایر اسیدهای چرب غیر اشباع با MET معنی دار نبود (شکل A-F: ۴).

این اسیدهای چرب، بنیه بذر در ارقام کنجد را می تواند تحت تاثیر قرار دهد. به عبارتی، ارقامی از کنجد با درصد اسید اولئیک بالاتر و به ویژه میزان لینولنیک پایین تر، دارای MET کمتر و در نتیجه بنیه بذر بالاتری

همبستگی های مثبت بین اسید لینولنیک با MET ( $R^2 = 0.93^{**}$ ) و بین اسید لینولئیک با MET ( $R^2 = 0.61^{**}$ ) و نیز همبستگی منفی بین اسید اولئیک با MET ( $R^2 = 0.73^{**}$ ) نشان دهنده آن است که میزان



بودند. همبستگی شدید بین اسید لینولنیک با MET در مقایسه با اسید اولئیک و لینولئیک نیز بیانگر آن است که درصد اسید لینولنیک بیش از سایر اسیدهای چرب غیر اشباع، بر بنیه بذر کنجد تاثیر می گذارد.



شکل ۳- ارتباط بین اسیدهای چرب اشباع در روغن کنجد با متوسط زمان سبز شدن (MET).

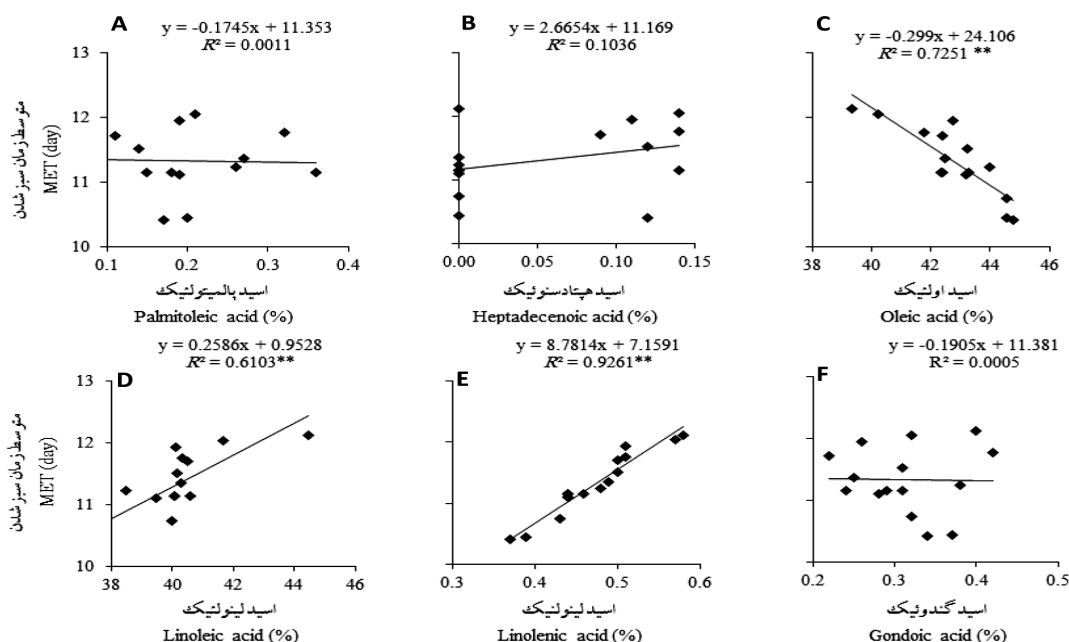
Fig. 3- Relationship between saturated fatty acids in sesame oil with mean emergence time (MET).

A:  $\Delta$ ) و نیز رابطه منفی بین درصد اسید اولئیک با اسید لینولنیک (شکل B:  $\Delta$ )، به نظر می رسد، هرگونه عاملی محیطی که بتواند منجر به افزایش درصد اسید اولئیک شود، بتواند با کاهش میزان اسید لینولنیک و به ویژه لینولنیک منجر به افزایش بنیه بذر در ارقام کنجد شود. مشابه نتایج این آزمایش، گزارش شده است که اصلاح برای ارقامی از آفتاب گردان (*Helianthus annuus* L.) در جهت افزایش میزان اسید اولئیک و کاهش اسید لینولنیک می تواند جوانه زنی بذر را تحت تاثیر قرار دهد (González Belo *et al.*, 2014). طبق نتایج بالسویچ - توییچ و همکاران (Balešević-Tubić *et al.*, 2007)، شدت زوال بذر در

نقش منفی تاثیر میزان اسید لینولنیک و به ویژه اسید لینولنیک بر بنیه بذر گیاهان هنوز به روشنی مشخص نیست. به طور کلی، دانه های روغنی غنی از لیپید، از نظر دوام بنیه بذر دارای حساسیت بیشتری هستند (Balešević-Tubić *et al.*, 2010). از آنجایی که روغن های دارای میزان بالاتر اسید لینولنیک به دلیل سرعت اکسیده شدن بیشتر، دارای پایداری کمتری می باشند (Khajehpour, 2005; Yun and Surh, 2012)، میزان بالاتر اسید لینولنیک ممکن است از طریق تاثیر بر کیفیت روغن، منجر به کاهش بنیه بذر در گیاهان روغنی شود. همچنین به دلیل رابطه منفی بین درصد اسید اولئیک با اسید لینولنیک (شکل

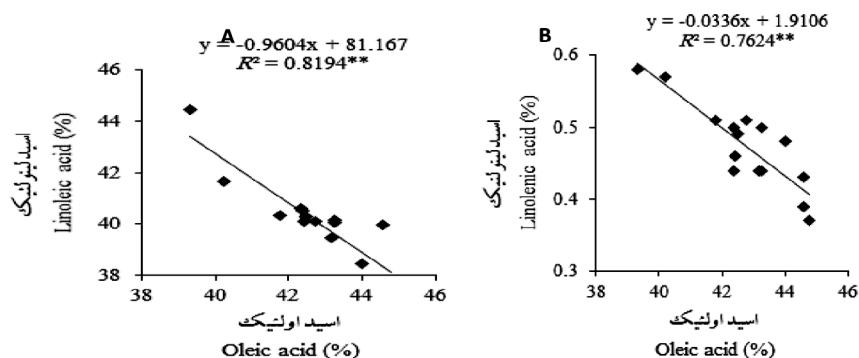
با اسید اولئیک در ارقام کنجد را گزارش کردند. سیدی و همکاران (Seyyedi et al., 2015) نیز با مشاهده نقش منفی افزایش درصد اسید لینولئیک بر بنیه بذر سیاهدانه (*Nigella sativa* L.)، میزان اسید لینولئیک را به عنوان یکی از روش‌های ارزیابی بنیه بذر آن پیشنهاد نمودند.

آفتاب گردان تابعی از درجه اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن می‌باشد. به طوری که افزایش اسید اولئیک (دارای یک پیوند دو گانه) نسبت به لینولئیک (دارای سه پیوند دو گانه) سبب کاهش در سرعت زوال بذر می‌گردد. همچنین ور و همکاران (Were et al., 2006) همبستگی منفی بین درصد اسید لینولئیک



شکل ۴- ارتباط بین اسیدهای چرب غیر اشباع در روغن کنجد با متوسط زمان سبز شدن (MET). \*\* معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

Fig. 4- Relationship between unsaturated fatty acids in sesame oil with mean emergence time (MET). The asterisks \*\* indicate statistical differences at  $P \leq 0.01$ .



شکل ۵- ارتباط بین اسید اولئیک با اسید لینولئیک (A) و اسید اولئیک با اسید لینولئیک (B). \*\* معنی دار در سطح احتمال یک درصد.

Fig. 5- Relationship between oleic acid with linoleic acid (A) and oleic acid with linolenic acid (B). The asterisks \*\* indicate statistical differences at  $P \leq 0.01$ .

افزایش بنیه بذر ارقام کنجد شناسایی شد. با این وجود، عدم ارتباط بین غلظت نیتروژن بذر با MET و نیز همبستگی بالاترین غلظت فسفر بذر با MET ( $R^2 =$

### نتیجه‌گیری

در این آزمایش میزان ذخیره غذایی که در واقع تابعی از وزن هزار دانه می‌باشد، از عوامل مهم در

به دلیل برخورداری از بنیه بالا، جهت کشت در مناطق خشک و نیمه خشک توصیه می‌شوند.

### سپاسگزاری

هزینه‌های مورد نیاز جهت انجام این طرح توسط معاونت پژوهش و فناوری دانشگاه فردوسی مشهد، دانشکده کشاورزی و در قالب طرح تحقیقاتی مصوب با کد ۳۱۰۰۲ مورخ ۹۳/۰۴/۰۱ تأمین شده تأمین شده است که بدین وسیله از حمایت‌های مالی دانشگاه تشکر و سپاس‌گزاری می‌گردد.

( $R^2=0.89^{**}$ ) نسبت به وزن هزار دانه با MET نشان داد که نوع ترکیب عناصر غذایی مانند فسفر نسبت به کل ذخایر بذر از اهمیت بالاتری برخوردار بوده و می‌تواند بنیه بذر و استقرار گیاهچه‌ها را بیشتر تحت تاثیر قرار دهد. همچنین با وجود عدم تفاوت بین ارقام مورد مطالعه از نظر درصد روغن، همبستگی بالایی بین غلظت اسید لینولنیک با MET مشاهده شد ( $R^2=0.93^{**}$ ). از این نوع به نظر می‌رسد که بنیه بذر ارقام کنجد وابسته به ترکیب اسیدهای چرب غیر اشباع موجود در روغن کنجد باشد. طبق نتایج این آزمایش، ارقام دشتستان ۲، دشتستان ۵ و IS

### References

### منابع مورد استفاده

- AOAC. 2000. Official methods of analysis (17th ed.) Gaithersburg, Maryland, USA: Association of Official Analytical Chemists.
- Asghar, A. and M. N. Majeed. 2013. Chemical characterization and fatty acid profile of different sesame varieties in Pakistan. Am. J. Sci. Ind. Res. 4: 540–545.
- Balešević-Tubić, S., M. Tatić, J. Miladinović and M. Pucarević. 2007. Changes of fatty acids content and vigor of sunflower seed during natural aging. Helia 30: 61–68.
- Balešević-Tubić, S., M. Tatić, V. Đorđević, Z. Nikolić and V. Đukić. 2010. Seed viability of oil crops depending on storage conditions. Helia 33: 153–160.
- Bishnoi, U. R., G. Kaur and M. H. Khan. 2007. Calcium, phosphorus, and harvest stages effects soybean seed production and quality. J. Plant Nutr. 30: 2119–2127.
- Carvalho, R. H. R., E. L. Galvão, J. Â. C. Barros, M. M. Conceição and E. M. B. D. Sousa. 2012. Extraction, fatty acid profile and antioxidant activity of sesame extract (*Sesamum indicum* L.). Braz. J. Chem. Eng. 29: 409–420.
- Chung, C. H., Y. J. Yee, D. H. Kim, H. K. Kim and D. S. Chung. 1995. Changes of lipid, protein, RNA and fatty acid composition in developing sesame (*Sesamum indicum* L.) seeds. Plant Sci. 109: 237–243.
- Demir, I., S. Ermis, K. Mavi and S. Matthews. 2008. Mean germination time of pepper seed lots (*Capsicum annum* L.) predicts size and uniformity of seedlings in germination tests and transplant modules. Seed Sci. Technol. 36: 21–30.
- Elamrani, A., P. Raymond and P. Saglio. 1992. Nature and utilization of seed reserves during germination and heterotrophic growth of young sugar beet seedlings. Seed Sci. Res. 2: 1–8.
- FAO. 2013. Available from <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QC> (accessed 11 Sep. 2016, verified 11 Sep. 2016).
- Farhoosh, R., M. H. Haddad Khodaparast and A. Sharif. 2009. Bene hull oil as a highly stable and antioxidative vegetable oil. Eur. J. Lipid Sci. Technol. 111: 1259–1265.
- González Belo, R., J. Tognetti, R. Benech-Arnold and N. G. Izquierdo. 2014. Germination responses to temperature and water potential as affected by seed oil composition in sunflower. Ind. Crops Prod. 62: 537–544.
- Grichar, W. J., D. C. Sestak, K. D. Brewer, B. A. Besler, C. R. Stichler and D. T. Smith. 2001. Sesame (*Sesamum indicum* L.) tolerance and weed control with soil-applied herbicides. Crop Prot. 20: 389–394.
- Hojjat, S. S. 2011. Effects of seed size on germination and seedling growth of some lentil genotypes (*Lens culinaris* Medic.). Int. J. Agric. Crop Sci. 3: 1–5.
- ISTA. 2012. International Rules for Seed Testing. The 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.
- Khajehpour, M. R. 2005.** *Industrial Crops*. (In Persian). Jahade-e-Daneshgahi Isfahan Press, Isfahan, Iran, 564 pp.
- Liao, H. and X. Yan. 1999.** Seed size is closely related to phosphorus use efficiency and photosynthetic phosphorus use efficiency in common bean. *J. Plant Nutr.* 22: 877–888.
- Lutterodt, H., M. Luther, M. Slavin, J. Yin, J. Parry, J. Gao and L. Yu. 2010.** Fatty acid profile, thymoquinone content, oxidative stability, and antioxidant properties of cold-pressed black cumin seed oils. *LWT - Food Sci. Technol.* 43: 1409–1413.
- Modi, A. T. 2002.** Wheat seed quality in response to molybdenum and phosphorus. *J. Plant Nutr.* 25: 2409–2419.
- Mohdaly, A. A. A., I. Smetanska, M. F. Ramadan, M. A. Sarhan and A. Mahmoud. 2011.** Antioxidant potential of sesame (*Sesamum indicum*) cake extract in stabilization of sunflower and soybean oils. *Ind. Crops Prod.* 34: 952–959.
- Mostafa, M. M. and E. H. Rahma. 1987.** Chemical and nutritional changes in soybean during germination. *Food Chem.* 23: 257–275.
- Murphy, J. and J. P. Riley. 1962.** A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. *Anal. Chim. Acta.* 27: 31–36.
- Nicanuzia dos Prazeres, J., C. Veríssima Ferreira and H. Aoyama. 2004.** Acid phosphatase activities during the germination of *Glycine max* seeds. *Plant Physiol. Biochem.* 42: 15–20.
- Noli, E., E. Casarini, G. Urso and S. Conti. 2008.** Suitability of three vigour test procedures to predict field performance of early sown maize seed. *Seed Sci. Technol.* 36: 168–176.
- Nonogaki, H. 2008.** Seed germination and reserve mobilization. In: *encyclopedia of life sciences*. John Wiley & Sons, Ltd: Chichester.
- Nzikou, J. M., L. Matos, G. Bouanga-Kalou, C. B. Ndangui, N. P. G. Pambou-Tobi, A. Kimbonguila, T. Silou, M. Linder and S. Desobry. 2009.** Chemical composition on the seeds and oil of sesame (*Sesamum indicum* L.) grown in Congo-Brazzaville. *Adv. J. Food Sci. Technol.* 1: 6–11.
- Pacheco, R. S., L. F. Brito, R. Stralio, D. V. Pérez and A. P. Araújo. 2012.** Seeds enriched with phosphorus and molybdenum as a strategy for improving grain yield of common bean crop. *Field Crops Res.* 136: 97–106.
- Peltonen-Sainio, P., M. Kontturi and J. Peltonen. 2006.** Phosphorus seed coating enhancement on early growth and yield components in oat. *Agron. J.* 98: 206–211.
- Piras, A., A. Rosa, B. Marongiu, S. Porcedda, D. Falconieri, M. A. Dessi, B. Ozelik and U. Koca. 2013.** Chemical composition and in vitro bioactivity of the volatile and fixed oils of *Nigella sativa* L. extracted by supercritical carbon dioxide. *Ind. Crops Prod.* 46: 317–323.
- Rostami, M., V. Farzaneh, A. Boujmehrani, M. Mohammadi and H. Bakhshabadi. 2014.** Optimizing the extraction process of sesame seed's oil using response surface method on the industrial scale. *Ind. Crops Prod.* 58: 160–165.
- SAS. 2011.** SAS for Windows Version 9.3. SAS Institute Inc., Cary, NC, USA.
- Sawan, Z. M., A. H. Fahmy and S. E. Yousef. 2011.** Effect of potassium, zinc and phosphorus on seed yield, seed viability and seedling vigor of cotton (*Gossypium barbadense* L.). *Arch. Agron. Soil Sci.* 57: 75–90.
- Sepaskhah, A. R. and M. Andam. 2001.** Crop coefficient of sesame in a semi-arid region of I.R. Iran. *Agric. Water Manage.* 49: 51–63.
- Seyyedi, S. M., M. Khajeh-Hosseini, P. Rezvani Moghaddam and H. Shahandeh. 2015.** Effects of phosphorus and seed priming on seed vigor, fatty acids composition and heterotrophic seedling growth of black seed (*Nigella sativa* L.) grown in a calcareous soil. *Ind. Crops Prod.* 74: 939–949.
- Snider, J. L., G. D. Collins, J. Whitaker, K. D. Chapman, P. Horn and T. L. Grey. 2014.** Seed size and oil content are key determinants of seedling vigor in *Gossypium hirsutum*. *J. Cotton Sci.* 18: 1–9.
- Soltani, A., M. Gholipoor and E. Zeinali. 2006.** Seed reserve utilization and seedling growth of wheat as affected by drought and salinity. *Environ. Exp. Bot.* 55: 195–200.
- Thant, K. H., J. Duangpatra and J. Romkaew. 2010.** Appropriate temperature and time for an accelerated aging vigor test in sesame (*Sesamum indicum* L.) Seed. *Kasetsart J. Nat. Sci.* 44: 10–16.
- Uzun, B., Ç. Arslan and Ş. Furat. 2008.** Variation in fatty acid compositions, oil content and oil yield in a germplasm collection of sesame (*Sesamum indicum* L.). *J. Am. Oil Chem. Soc.* 85: 1135–1142.
- Uzun, B., C. Arslan, M. Karhan and C. Toker. 2007.** Fat and fatty acids of white lupin (*Lupinus albus* L.) in comparison to sesame (*Sesamum indicum* L.). *Food Chem.* 102: 45–49.

**Wanasundara, P. K. J. P. D., U. N. Wanasundara and F. Shahidi. 1999.** Changes in flax (*Linum usitatissimum* L.) seed lipids during germination. *J. Am. Oil Chem. Soc.* 76: 41–48.

**Were, B. A., A. O. Onkware, S. Gudu, M. Welander and A. S. Carlsson. 2006.** Seed oil content and fatty acid composition in East African sesame (*Sesamum indicum* L.) accessions evaluated over 3 years. *Field Crops Res.* 97: 254–260.

**Yun, J. M. and J. H. Surh. 2012.** Fatty acid composition as a predictor for the oxidation stability of Korean vegetable oils with or without induced oxidative stress. *Prev. Nutr. Food Sci.* 17: 158–165.