Archive of SID

Iranian Journal of Horticultural Science
Vol 49, No 4, Winter 2019 (993-1002)
DOI: 10.22059/ijhs.2018.231722.1233

علوم باغبانی ایران
دورهٔ ۴۹، شمارهٔ ۴، زمستان ۱۳۹۷ (ص ۱۰۰۲-۹۹۳)

مقایسه عملکرد دانه، کمیت و کیفیت روغن ارقام و توده‌های مختلف کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.)

مریم بدوی[۱]، محمد محمودی سورستانی[۲*]، مریم ذوالفقاری[۳] و علی اشرف جعفری[٤]

۱، ۲ و ۳. دانشجوی سابق کارشناسی ارشد گیاهان دارویی، دانشیار و استادیار، گروه علوم باغبانی، دانشکده کشاورزی، دانشگاه شهید چمران اهواز

٤. استاد، بخش تحقیقات مرتع، مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور، سازمان تحقیقات، آموزش و ترویج کشاورزی، تهران

(تاریخ دریافت: ۱۳۹٦/۲/۱ - تاریخ پذیرش: ۱۳۹٦/۱۰/۱۹)

چکیده

به‌منظور ارزیابی ارقام و توده‌های مختلف کتان روغنی از نظر عملکرد کمی و کیفی، آزمایشی در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی با ۱۲ تیمار و ۳ تکرار در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز انجام گرفت. تیمارهای آزمایش شامل ٦ رقم (آراچ۲، اولای‌اوزون، گلدا، لیرینا، لیویا و یوآندا) و ٦ توده (همدان، کرج، اردبیل۱، اردبیل۲، اردبیل۳ و اردبیل٤) بودند. صفات مورد بررسی شامل ارتفاع گیاه، تعداد شاخه جانبی، سطح برگ، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول، عملکرد دانه، درصد و اجزای روغن بودند. نتایج نشان داد که بین توده‌های و ارقام از لحاظ کلیه صفات مورد بررسی، تفاوت معنی‌داری وجود دارد. توده‌های اردبیل٤ و اردبیل۳ بیشترین تعداد کپسول در گیاه و ارقام گلدا و لیویا کمترین تعداد داشتند. بیشترین و کمترین عملکرد دانه به‌ترتیب در توده‌های اردبیل٤ و رقم لیویا مشاهده شد. توده‌های همدان، اردبیل۳ و اردبیل٤ بیشترین درصد روغن و رقم گلدا کمترین درصد روغن را داشتند. بیشترین و کمترین مقدار آلفا-لینولنیک‌اسید به‌ترتیب در رقم‌های لیرینا و آراچ۲ مشاهده شد. رقم آراچ۲ بیشترین میزان لینولنیک‌اسید، و توده کرج کمترین مقدار داشتند. در نهایت توده‌های اردبیل۳ و اردبیل٤ به‌دلیل عملکرد دانه و درصد روغن بالا و همچنین آلفا-لینولنیک‌اسید کافی، به‌عنوان توده‌های برتر در منطقه معرفی شدند؛ هر چند که تحقیقات بیشتر جهت توصیه کشت آنها ضروری می‌باشد.

واژه‌های کلیدی: آلفا- لینولئیک‌اسید، روغن، کپسول، کتان، سطح برگ، لینولئیک‌اسید.

The comparion on seed and oil yields, oil quantity and quality of Flaxseed (*Linum usitatissimum* L.) cultivars and *accessions*

Maryam Badwi[1], Mohammad Mahmoodi Sourestani[2*], Maryam Zolfaghari[3] and Ali Ashraf Jafari[4]

1, 2, 3. M.Sc. Student of Medicinal Plant, Associate Professor and Assistant Professor, Department of Horticultural Science, Faculty of Agriculture, Shahid Chamran University of Ahvaz, Ahvaz, Iran

4. Professor, Research Institute of Forests and Rangelands, Agricultural Research Education and Extension Organization (AREEO), Tehran, I.R. Iran

(Received: Apr. 21, 2017 - Accepted: Jan. 9, 2018)

ABSTRACT

In order to evaluate quantitative and qualitative yield of some flax cultivars and accessions (*Linum usitatissimum* L.), an experiment was conducted at research farm of Shahid Chamran University of Ahvaz based on randomized complete block design with 12 treatments and 3 replications. Treatments were six cultivars (Golda, Oliozon, RH2, Lirina, Livia and Uanda) and six accessions (Ardebil1, Ardebil2, Ardebil3, Ardebil4, Karaj and Hamedan). The measured traits were plant height, branch number, leaf area, capsul number, seed number per capsul, seed yield, oil content and composition. There were significant differences between cultivars and accessions for all measured traits. Ardebil4 and Ardebil3 had the highest capsul number and the minimum value was recorded in Golda and Livia. The highest and the lowest seed yield were observed in Ardebil4 and Livia, respectively. The highest oil percent was recorded in Hamedan, Ardebil4 and Ardebil3 while the lowest amount was obtained in Golda. Lirina and RH2 had the highest and the lowest amounts of alpha-linolenic acid, respectively. The highest and the lowest amount of linoleic acid were recorded in RH2 and Karaj, respectively.Overall, Ardebil3 and Ardebil4 with higher seed yields, oil percentage and rich source of alpha-linolenic acid may be the best accessions for cultivation in Ahwaz conditions. However, more investigation is needed.

Keywords: Alpha-linolenic acid, capsul, flax, leaf Area, linoleic acid, oil.

* Corresponding author E-mail: m.mahmoodi@scu.ac.ir, F_mahmoodi2000@yahoo.com

www.SID.ir

Archive of SID

مقدمه

کتان (*Linum usitatissimum* L.) متعلق به خانواده کتان (Linaceae) یکی از قدیمی‌ترین گیاهان دارویی روغنی است که سابقه کشت آن در مصر به ۵۰۰۰ سال قبل می‌رسد. میزان روغن ارقام کتان بین ۴۵-۳۰ درصد متفاوت است (Gallardo *et al*., 2014). پتانسیل دارویی روغن کتان به‌علت ترکیباتی مانند امگا۳ (α-linolenic acid)، امگا۶ (Linoleic acid)، اولئیک‌اسید (Oleic acid) و غیره می‌باشد، که از جمله اسیدهای چرب غیراشباع هستند (Halligudi, 2012). علاوه بر این قیمت بالای روغن ماهی، اهمیت استفاده از روغن کتان را به‌عنوان منبعی با پتانسیل دارویی و تغذیه‌ای بالا بیش‌ازپیش کرده است (Soto-Cerda *et al*., 2014). گیاه کتان حاوی موسیلاژهای فیبری است و در معالجه بیماری‌های پوستی و جلوگیری از سرطان روده بزرگ مؤثر است (Halligudi, 2012). کتان گیاهی خودگشن است و کمتر از ۱٪ دگرگشنی دارد (Omidbaigi, 2006). عملکرد دانه، کمیت و کیفیت روغن گیاهان از جمله کتان روغنی تحت تأثیر سه مؤلفه پتانسیل ژنتیکی، شرایط اقلیمی و مدیریت‌های زراعی قرار می‌گیرد. یکی از مهمترین اهداف در برنامه‌های به‌نژادی، معرفی یک یا چند رقم سازگار از لحاظ فیزیولوژیک برای کشت در یک یا چند منطقه است. در این راستا واکنش ارقام در محیط‌های مختلف، بررسی و نتایج جهت به‌کارگیری علمی ارائه می‌شوند (Akbar *et al*., 2003). طبق بررسی منابع انجام شده، تاکنون تحقیقی با این هدف روی گیاه کتان به‌ویژه در شرایط آب و هوایی گرم خوزستان انجام نشده است و اغلب مطالعات صورت‌گرفته با هدف بررسی تنوع ژنتیکی بوده است (Sivaraj *et al*., 2012; Ranjzad *et al*., 2003). در مطالعه‌ای که به‌منظور بررسی صفات مرفولوژیکی انجام شده بود، ۵۶ توده محلی و مناطق مرتفع از ۱۰ ناحیه اتیوپی جمع‌آوری و با یکدیگر مقایسه گردید. نتایج نشان داد که به‌غیر از صفت تعداد دانه در کپسول، سایر صفات مرفولوژیکی تفاوت معنی‌داری با یکدیگر داشتند (Worku *et al*., 2005). در گزارشی دیگر، عملکرد کمی و کیفی تعدادی ژنوتیپ کتان روغنی موجود در ژرم‌پلاسم ارزیابی و مشخص شد بین خصوصیات مرفولوژیکی ارزیابی‌شده اختلاف معنی‌داری وجود داشت (Dubeyd *et al*., 2006). در تحقیق انجام‌شده با هدف بررسی تاریخ کشت کتان در اهواز، مشخص شد اگر گیاه در زمان مناسب کشت گردد، عملکرد دانه و روغن گیاه مشابه گزارش‌های سایر مناطق ایران و جهان می‌باشد (Badwi & Mahmoodi Sourestani, 2015). با توجه مبدأ رویش کتان روغنی که مناطق گرم غرب مدیترانه و هند می‌باشد و شرایط اقلیمی خاص استان خوزستان (تأمین دمای لازم) نسبت به سایر استان‌های کشور، احتمالا در این منطقه این گیاه از شرایط رشد و نموی بهتری برخوردار شود و در نتیجه عملکرد کمی و کیفی بالاتری حاصل گردد. علاوه برآن، کتان در مناطق معتدله، طی ماه‌های اسفند تا فروردین کشت می‌شود و در طول بهار و تابستان رشد کرده و محصول می‌دهد، درحالی‌که در استان خوزستان، این گیاه در فصل پاییز کشت و در اوایل بهار برداشت می‌شود. بنابراین توده‌ها و ارقام مختلف از نظر نحوه پاسخ به شرایط محیطی ممکن است باهم تفاوت‌هایی داشته باشند. به‌دلیل اهمیت دارویی کتان روغنی و همچنین با توجه به پتانسیل بالای کشت کتان در منطقه خوزستان، شناخت تفاوت‌ها و مقایسه توده‌هایی از این گیاه دارویی که در منطقه عملکرد دانه و درصد روغن بالاتری دارد، ضروری به‌نظر می‌رسد. بنابراین پژوهش حاضر با هدف معرفی مناسب‌ترین رقم یا توده برای کشت در منطقه اهواز به انجام رسید.

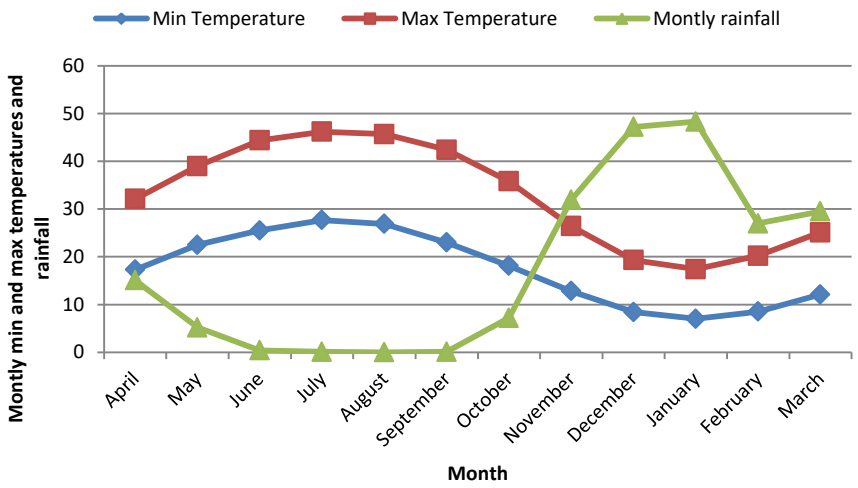
مواد و روش‌ها

این پژوهش در آبان‌ماه سال زراعی ۹۳-۱۳۹۲ در مزرعه تحقیقاتی دانشگاه شهید چمران اهواز با عرض جغرافیایی ۳۱ درجه و ۱۹ دقیقه شمالی، طول جغرافیایی ۴۸ درجه و ۴۰ دقیقه شرقی و با ۲۲/۵ متر ارتفاع از سطح دریا انجام شد. شرایط دمایی و بارندگی منطقه (۵۰ ساله اهواز) بر اساس گزارش سازمان هواشناسی کشور در شکل ۱ و خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش در جدول ۱ نشان داده

www.SID.ir

Archive of SID

شده است. در این پژوهش، ۶ رقم (آر اچ۲، اولای‌اوزون، گلدا، لیرینا، لیویا و یوآندا) و ۶ توده (همدان، کرج، اردبیل۱، اردبیل۲، اردبیل۳ و اردبیل۴) از بانک ژن موسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور تهیه و در قالب طرح بلوک‌های کامل تصادفی و سه تکرار کشت شدند. کرت‌های آزمایشی با ابعاد ۲×۲ متر به‌صورت جوی و پشته‌ای و فواصل کشت ۲۰×۵ سانتی‌متر بودند. به‌منظور تامین نیاز غذایی گیاه، قبل از کاشت ۱۰۰ کیلوگرم در هکتار کود کامل (۲۰-۲۰-۲۰ Flourish NPK) به زمین اضافه گردید. در طول دوره رشد علف‌های هرز به‌صورت دستی کنترل گردید. آبیاری زمین با فواصل ۷ روز انجام شد. سطح برگ در مرحله تمام‌گل با استفاده از دستگاه سطح‌برگ سنج (Leaf Area Meter) (Delta-T Devices, England) و صفات ارتفاع، تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در گیاه، تعداد دانه در کپسول، وزن هزار دانه و عملکرد دانه در مرحله رسیدگی و هنگام برداشت (فروردین) اندازه‌گیری شدند. بدین‌صورت که ۱۰ بوته با رعایت اثر حاشیه‌ای به‌صورت تصادفی انتخاب و صفات تعداد دانه در کپسول، تعداد کپسول در گیاه، وزن هزار دانه محاسبه شدند. برای اندازه‌گیری عملکرد دانه، یک متر مربع انتخاب و کل اندام‌های هوایی گیاه از فاصله ۵ سانتی‌متری از سطح زمین برداشت و پس از جدا کردن دانه‌ها از کپسول، توزین و عملکرد دانه (با رطوبت ۱۲ درصد) بر حسب کیلوگرم در هکتار محاسبه شد (Badwi & Mahmoodi Sourestani, 2015). روغن گیاه به‌روش شیمیایی و با استفاده از دستگاه روغن‌گیری (FOSS SOXTECmodel TM "2050") استخراج و پس از مشتق‌سازی اسید چرب نمونه روغن (Metcalf *et al.*, 1966) جهت تعیین اجزای روغن (نوع اسیدچرب) به دستگاه گاز کروماتوگرافی تزریق گردید. دستگاه گاز کروماتوگرافی (مدل Unicam 4600) ساخت کشور انگلستان مجهز به آشکارساز یونیزاسیون شعله هیدروژن (FID) و ستون موئینه (BPX70) از جنس سیلیکای ذوب‌شده (طول ستون ۳۰ متر، قطر داخلی ۰/۲۲ میلی‌متر و ضخامت فاز ساکن ۰/۲۵ میکرومتر) بود. از گاز هلیوم با درصد خلوص ۹۹/۹۹۹ به‌عنوان گاز حامل استفاده شد. پس از تبدیل اسیدهای چرب به مشتق متیل‌استر، نمونه‌ها به دستگاه تزریق شدند. گاز هلیوم با سرعت جریان ۴ میلی‌لیتر بر دقیقه، برنامه دمای ستون شامل ۱۴۰ درجه به‌مدت ۵ دقیقه، سپس با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه تا زمانی‌که دما به ۱۸۰ درجه رسید، ۹ دقیقه در این دما باقی ماند و سپس با سرعت ۲۰ درجه سانتی‌گراد بر دقیقه به ۲۱۰ درجه افزایش یافت و تا پایان، در همین دما نگه داشته شد. دمای محل تزریق ۲۵۰، دمای آشکارساز ۳۰۰ درجه سانتی‌گراد و مقدار تزریق نمونه ۱/۲ میکرولیتر بود.



شکل ۱. میانگین دمای حداقل، حداکثر و بارندگی ماهیانه
Figure 1. The average of monthly Min. and Max. temperatures and monthly rainfall

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. خصوصیات فیزیکی و شیمیایی خاک محل آزمایش (عمق ۳۰-۰ سانتی‌متر)

Table 1. Physical and chemical characteristics of soil sample of research farm (0-30 cm)

Soil texture	pH	EC ($dS.m^{-1}$)	Organic Carbon (%)	Total N (%)	Absorbable P ($mg.kg^{-1}$)	Absorbable K ($mg.kg^{-1}$)	Cu ($mg.kg^{-1}$)	Fe ($mg.kg^{-1}$)	Mn ($mg.kg^{-1}$)	Zn ($mg.kg^{-1}$)
Sandy-Loamy	7.85	3.75	0.6	0.03	13.7	241	0.9	2.2	3.8	2

برای تجزیه و تحلیل داده‌ها از نرم افزار SAS و برای مقایسه میانگین‌های به‌دست آمده از روش حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد.

نتایج و بحث

ارتفاع، تعداد شاخه جانبی و سطح برگ گیاه

نتایج مقایسه میانگین نشان داد که بیش‌ترین ارتفاع متعلق به رقم اولای‌اوزون با میانگین ۱۰۷/۴ سانتی‌متر بود. پس از آن رقم یوآندا و رقم لیرینا بیش‌ترین ارتفاع را داشتند. کم‌ترین ارتفاع نیز مربوط به توده همدان بود. بیش‌ترین تعداد شاخه جانبی متعلق به توده اردبیل۱ بود و توده‌های کرج و اردبیل۳ در گروه‌های بعدی قرار گرفتند. کم‌ترین تعداد شاخه جانبی نیز مربوط به ارقام اولای‌اوزون و لیرینا بود (جدول ۲). همچنین مقایسه میانگین نشان داد که توده اردبیل۳ بیش‌ترین سطح برگ را داشت. پس از آن، توده‌های اردبیل۱، اردبیل۴ و کرج در یک گروه قرار گرفتند. ارقام اولای‌اوزون، گلدا و لیویا کم‌ترین سطح برگ را داشتند. به‌طور کلی توده‌ها سطح برگ بیش‌تری نسبت به ارقام داشتند (جدول ۲). در این تحقیق، ارقام و توده‌های مختلف در شرایط آب و هوایی یکسان کشت شدند و از نظر صفات مختلف تفاوت‌هایی را نشان دادند که علت آن واکنش ژنوتیپ به شرایط اقلیمی اهواز می‌باشد. رقم اولای‌اوزون بیشترین ارتفاع را نسبت به سایر ارقام و توده ها داشت. یکی از اهداف اصلاحی کتان روغنی، افزایش ارتفاع جهت سهولت برداشت مکانیزه می‌باشد. بنابراین اصلاحگران می‌کوشند با استفاده از تکنیک‌های ژنتیکی و استفاده از ارقامی با ارتفاع بلندتر، این هدف را تأمین کنند. همبستگی منفی معنی‌دار بین ارتفاع و تعداد شاخه جانبی مشاهده گردید، به‌عبارتی با افزایش ارتفاع از تعداد شاخه جانبی کاسته می‌شود (جدول ۳). دامنه تغییرات ارتفاع گیاه در مطالعه‌ای از ۷۲/۵۷ تا ۱۱۶/۱۸ سانتی‌متر گزارش شد که نتایج آزمایش حاضر را تأیید می‌نماید (Al-Doori, 2012).

در تحقیق حاضر، توده‌ها تعداد شاخه جانبی بیشتری نسبت به ارقام اصلاح‌شده داشتند. اگرچه عوامل محیطی تا حدودی بر شاخه‌زایی ژنوتیپ‌ها تأثیر می‌گذارد، ولی این صفت در اصل به‌طور ژنتیکی کنترل می‌شود (Couture *et al*., 2002). در مطالعه‌ای که سه رقم کتان روغنی بررسی شده بود، رقم آمون با میانگین ۵/۵۷ عدد بیشترین و رقم اولاین با ۴/۹۲ عدد کمترین تعداد شاخه جانبی را داشتند. این محققان تفاوت موجود بین ارقام مختلف را به ترکیب ژنتیکی، نحوه پاسخ ژنوتیپ به شرایط محیطی از قبیل آب و هوا و خاک، منشأ و عادت رشدی گیاه مرتبط دانستند. تفاوت در تعداد شاخه جانبی در ارقام مختلف کتان روغنی در تحقیقات مشابه متعددی گزارش شده است (Worku *et al*., 2005; Khan *et al*., 2005; Akbar *et al*., 2003; Golshan *et al*., 2014).

تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزاردانه

همان‌طور که در جدول مقایسه میانگین (جدول ۲) نشان داده شده است، توده‌های اردبیل۴ (۱۰۱/۳) و اردبیل۳ (۹۸/۳) بیشترین و ارقام گلدا و لیویا کمترین تعداد کپسول در گیاه را داشتند. به‌طور کلی ارقام نسبت به توده‌ها تعداد کپسول کمتری داشتند. در بین ارقام، ارقام آر اچ۲، اولای اوزون و یوآندا بیشترین تعداد کپسول را داشتند و همگی در یک گروه قرار گرفتند و در بین توده‌ها، پس از توده‌های اردبیل۴ و ۳، توده اردبیل ۲، اردبیل۱، کرج و همدان به‌ترتیب بیشترین تعداد کپسول را داشتند. تفاوت در تعداد کپسول در ارقام و توده‌های مختلف در مطالعات بسیاری گزارش شده است. به‌عنوان مثال در مطالعه انجام‌شده در ایران، بیشترین مقدار این صفت در توده مشکین‌شهر (۱۰۱/۴ عدد) و کمترین آن در توده

www.SID.ir

Archive of SID

ارومیه (۴۹/۴ عدد) وجود داشت و علت پایین‌بودن عملکرد دانه در توده ارومیه، تعداد کپسول کم در گیاه گزارش شد (Ranjzad *et al*., 2009).

بیشترین تعداد دانه در کپسول (۹/۲) متعلق به توده اردبیل۳ و کمترین آن (۷/۳) مربوط به رقم گلدا بود. توده کرج پس از اردبیل۳ با میانگین ۹ عدد، بیشترین تعداد دانه در کپسول را داشت. سایر ارقام و توده‌ها تفاوت معنی‌داری با یکدیگر نداشتند و همگی در یک گروه قرار گرفتند (جدول ۲). تعداد دانه در کپسول همبستگی مثبت و معنی‌داری با تعداد کپسول و تعداد شاخه جانبی در گیاه داشت. در مطالعه‌ای که بر روی دو رقم کتان روغنی در لهستان صورت گرفت؛ دامنه‌ی تغییرات این صفت از ۷ تا ۹ عدد دانه در کپسول گزارش شد (Zajac *et al*., 2012).

توده اردبیل۲ بالاترین وزن هزاردانه (۶/۷) را داشت و پس از آن توده‌های اردبیل۴ و اردبیل۳ در گروه‌های آماری بعدی قرار گرفتند. در بین ارقام، رقم اولای‌اوزون و آر اچ۲، پس از رقم یوآندا قرار گرفتند. دو رقم لیرینا و لیویا نیز اختلاف معنی‌داری از این نظر نداشتند و در یک گروه قرار گرفتند. کم‌ترین وزن هزاردانه (۴/۵) نیز متعلق به رقم گلدا بود. به‌طورکلی ارقام، وزن هزاردانه کم‌تری نسبت به توده‌ها داشتند (جدول ۲). وزن هزاردانه صفت ژنتیکی است که کمتر تحت تأثیر محیط قرار می‌گیرد در عین حال، این جزء از اجزای عملکرد می‌تواند سبب تغییر عملکرد شود (Sheoran *et al*., 1999). در بررسی تنوع ژنتیکی ۲۴۰۰ توده ارقام مختلف کتان موجود در بانک ژن گیاهی ساسکاتون کانادا، میانگین وزن هزار دانه ۵/۸۷ گرم ثبت گردید (Diederichsen *et al*., 2002). همچنین در مطالعه دیگری، دامنه تغییرات وزن هزاردانه کتان ۴/۷۹ تا ۵/۳۲ گرم بود (Kuskuner & Karababa, 2007).

همبستگی مثبت و معنی‌داری بین سطح برگ و تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول در گیاه و تعداد دانه در کپسول مشاهده شد (جدول ۳). گیاه پس از پیدا کردن قابلیت فتوسنتز، از حالت هتروتروف خارج شده و وارد فاز اتوتروف یا خودساز می‌گردد. آهنگ رشد در این مرحله با میزان سطح فتوسنتزکننده برگ همبستگی مثبت دارد و لذا با افزایش میزان سطح فعال برگ در گیاه، میزان ذخیره مواد غذایی در گیاه افزایش یافته و سرعت رشد بهبود می یابد. می‌توان چنین استنباط کرد که با افزایش فاکتورهای رویشی از قبیل تعداد شاخه‌ی جانبی، وزن خشک بوته و سطح برگ در مرحله‌ی تمام گل، فاکتورهای زایشی مانند تعداد کپسول در گیاه و تعداد دانه در کپسول نیز که از اجزای اصلی عملکرد دانه می‌باشند، افزایش یافته است. توده‌ها با داشتن سطح برگ بالاتر که عامل اصلی فتوسنتز و تأمین اسیمیلات‌ها برای اجزای زایشی مانند کپسول‌ها است، عملکرد دانه بالاتری داشتند. تعیین ارتباط بین سطح برگ از نقطه نظر مشخص‌بودن میزان سرعت رشد گیاه دارای اهمیت زیادی است (Montero *et al*., 2000). بنابراین تعیین سطح برگ و ارتباط آن با دیگر صفات از قبیل شروع گلدهی و تشکیل میوه می‌تواند به‌عنوان شاخصی برای پیش‌بینی وقایعی که در طی فنولوژی گیاه اتفاق می‌افتد، به کار رود (Wilson *et al*., 1999). شاید یکی از دلایل همبستگی مثبت معنی‌دار بین سطح برگ و تعداد کپسول در بوته نیز همین موضوع باشد.

عملکرد دانه

در این تحقیق، بیش‌ترین عملکرد دانه در توده اردبیل۴ (۲۹۲۲/۷ کیلوگرم در هکتار) و اردبیل۳ (۲۸۱۸/۳ کیلوگرم در هکتار) مشاهده شد. بالا بودن عملکرد توده‌ها را می‌توان به بالا بودن وزن هزاردانه و تعداد بالای دانه در کپسول آنها مربوط دانست. کمترین عملکرد دانه (۷۵۲/۳ و ۷۰۳ کیلوگرم در هکتار) به ترتیب متعلق به ارقام گلدا و لیویا بود. رقم لیویا با وجود داشتن تعداد دانه در کپسول تقریبا برابر با توده اردبیل۱، به‌علت پایین‌بودن وزن هزاردانه و تعداد کم کپسول در بوته که از اجزای اصلی عملکرد می‌باشد، از عملکرد دانه پایین‌تری برخوردار بود. در مقایسه کلی ارقام و توده‌ها می‌توان نتیجه گرفت که توده‌های اردبیل۲، اردبیل۳ و اردبیل۴، به‌علت داشتن تعداد شاخه جانبی، تعداد کپسول، تعداد دانه در کپسول و وزن هزار دانه بیشتر؛ عملکرد دانه بالاتری نسبت به سایر ارقام و توده‌ها داشتند. همبستگی مثبت و معنی‌دار بین عملکرد دانه و صفات وزن هزار

www.SID.ir

Archive of SID

دانه و تعداد شاخه‌های جانبی این مطلب را تصدیق می‌نماید (جدول ۳). تعداد ساقه‌ها و شاخه‌های جانبی در بوته، تعداد کپسول‌های موجود بر روی هر گیاه، تعداد بذرهای موجود در هر کپسول و در نهایت وزن هزاردانه، مستقیماً کنترل‌کننده عملکرد گیاه می‌باشند. به‌عبارت دیگر، با افزایش تعداد شاخه جانبی، سطح برگ گیاه افزایش یافته است و افزایش سطح برگ باعث افزایش توان فتوسنتزی و فاکتورهای زایشی مانند تعداد کپسول در گیاه و تعداد دانه در کپسول نیز که از اجزای اصلی عملکرد دانه می‌باشند، شده است. توده‌ها با داشتن سطح برگ بالاتر که عامل اصلی فتوسنتز و تامین اسیمیلات‌ها برای اجزای زایشی مانند کپسول‌ها است، از عملکرد دانه بالاتری برخوردار بودند. از طرف دیگر، کتان دارای سازوکار خودتنظیمی و جبرانی است که روابط اجزای عملکرد با یکدیگر و با عملکرد دانه را کنترل می‌کند و همچنین سبب تطابق بهتر گیاه با امکانات و شرایط محیط رشد می‌شود. به‌عبارت دیگر اجزای عملکرد کتان روابط معکوسی با یکدیگر دارند؛ به‌طوری که افزایش یک جزء موجب کاهش جزء یا اجزای دیگر شده و در نتیجه ثبات عملکرد کتان حفظ می‌شود (Iran-nejad et al., 2007). البته حالت مطلوب آن است که تمام اجزای عملکرد در حد بهینه باشند، در غیر این صورت افزایش یک عامل بدون توجه به عوامل دیگر، کاهش چشمگیر عوامل دیگر و حتی عملکرد دانه را به همراه خواهد داشت.

در یک تحقیق، عملکرد دانه کتان از ۷۷۷ تا ۱۸۳۱ کیلوگرم در هکتار گزارش شده و با کوددهی (فسفر و روی) عملکرد این گیاه را به ۲۶۴۵ کیلوگرم افزایش یافته است (Grant & Baily, 1993). در تحقیقات دیگر، دامنه‌ی تغییرات این صفت را ۹۰۰ تا ۳۰۰۰ کیلوگرم در هکتار گزارش شده است (Komlajeva & Adamovics, 2011; Grauda *et al.*, 2008). علت اختلاف در عملکرد دانه، ژنتیک گیاه و شرایط اقلیمی متفاوت ذکر شده است.

درصد روغن

براساس نتایج مقایسه میانگین، توده‌های همدان، اردبیل۳ (۳۹/۹٪) و اردبیل۴ (۴۰/۲٪) بیش‌ترین میزان روغن را داشتند. توده‌های اردبیل۲، اردبیل۱، کرج و همدان به‌ترتیب بیش‌ترین میزان روغن را پس از توده‌های مذکور داشتند. کم‌ترین مقدار روغن در رقم گلدا (۲۸/۱٪) مشاهده گردید. به‌طور کلی، توده‌ها نسبت به ارقام میزان روغن بیشتری داشتند (جدول۲). در تحقیق حاضر ارقام و توده‌های مورد مطالعه میزان روغن متفاوتی داشتند. شرایط محیطی منطقه، مخصوصا دمای محیط، تأثیر محسوسی روی میزان روغن کتان دارد؛ ولی از آنجایی‌که دمای محیط در زمان برداشت گیاه (فروردین) مشابه دمای محیط در مناطق معتدله (فصل برداشت) بود و همه توده‌ها و ارقام در شرایط اقلیمی و خاکی یکسانی رشدونمو یافتند، بنابراین علت تفاوت در میزان روغن آنها به ژنتیک گیاه ارتباط دارد. در مطالعه حاضر ارتباط منفی و معنی‌داری بین دو صفت بیوشیمیایی درصد روغن و درصد پروتئین (داده‌ها نشان داده نشده است) وجود داشت. از طرفی همبستگی مثبت و معنی‌دار ($r=۰/۸۳^{**}$) درصد روغن و وزن هزاردانه نشان می‌دهد که ارقام و توده‌هایی که وزن هزاردانه بالایی دارند، درصد روغن بیشتری نیز داشتند و یا به‌عبارتی، افزایش درصد روغن دانه باعث افزایش وزن هزار دانه می‌شود. در یک تحقیق، ترکیبات اسید چرب کتان روغنی موجود در بانک ژن پنین‌سولار هند مورد بررسی قرار گرفت و نتایج نشان داد که میزان روغن آنها بین ۲۹/۴ تا ۴۲/۶٪ متغیر است. توده "آی سی ۵۶۴۶۸۷" بیشترین میزان روغن (۴۲/۶٪) و توده "آی سی ۵۶۴۶۵۹۱" کمترین میزان روغن (۲۴/۴٪) را داشت (Sivaraj *et al.*, 2012). نتایج تحقیق دیگری نیز یافته‌های تحقیق حاضر را تأیید می‌نماید (Al-Doori, 2012).

اجزای تشکیل‌دهنده روغن (اسیدهای چرب)

در تمامی ارقام و توده‌ها پنج اسیدچرب غالب (آلفا-لینولنیک، لینولئیک، اولئیک، پالمتیک و استئاریک) و سه اسیدچرب غیرغالب (آراشیدیک، آراشیدونیک و اروسیک) شناسایی شدند. بیشترین مقدار پالمتیک‌اسید متعلق به رقم لیرینا بود. رقم یوآندا و

www.SID.ir

Archive of SID

توده همدان کمترین مقدار این اسیدچرب را داشتند. بیشترین مقدار استئاریک اسید دررقم آر اچ۲ و کمترین مقدارآن در رقم لیویا وجود داشت. پس از رقم آر اچ۲، رقم اولای‌اوزون و توده اردبیل۴ بیشترین مقدار را داشتند. سایر ارقام و توده‌ها تقریباً در وضعیت مشابهی قرار داشتند. ازلحاظ مقدار اولئیک‌اسید، بیشترین مقدار درتوده کرج مشاهده شد. رقم آر اچ۲ نسبت به سایر ارقام و توده‌ها مقدار بسیار کمتری اولئیک‌اسید داشت. ازنظرمقدار اسید چرب امگا۶ (لینولئیک‌اسید)، رقم آراچ۲ تفاوت چشمگیری نسبت به سایر ارقام و توده‌ها نشان داد. کمترین مقدار نیز مربوط به توده کرج بود. رقم لیرینا بیشترین مقدار اسیدچرب آلفا- لینولنیک (امگا۳) را داشت. رقم آراچ۲ با ۳۵/۲۱ درصد کمترین مقدار امگا۳ را داشت که تفاوت زیادی را نسبت به سایر ارقام و توده‌ها نشان داد (جدول ۴).

جدول ۲. نتایج مقایسه میانگین صفات اندازه‌گیری‌شده در ارقام و توده‌های مختلف کتان (*Linum usitatissimum* L.)

Table 2. Mean comparison of measured traits in different cultivars and accessions of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.)

Cultivars and *accessions*	Plant height (cm)	Branch number	Leaf area (cm^2)	Capsul number per plant	Seed number per capsul	Seed 1000 weight (g)	Seed yield ($Kg.ha^{-1}$)	Oil (%)
RH2	79.6^{bcd}	2.0^{f}	880.7^{cd}	56.1^{e}	7.9^{abc}	5.4^{g}	1860^{de}	36.4^{cd}
Oliozon	107.4^{a}	0.9^{g}	372.4^{e}	53.4^{e}	8.0^{abc}	5.8^{e}	1344.3^{f}	32.5^{e}
Golda	79.2^{bcd}	2.1^{f}	286.5^{e}	42.8^{g}	7.3^{c}	4.5^{i}	752.3^{g}	28.1^{f}
Lirina	80.8^{bc}	0.6^{g}	1211.1^{c}	48.3^{f}	9.0^{ab}	5.3^{h}	1179.7^{fg}	34.4^{de}
Livia	68.5^{cd}	2.0^{f}	211.1^{e}	41.2^{g}	8.0^{abc}	5.2^{h}	703.0^{g}	33.3^{e}
Uanda	85.6^{b}	2.0^{f}	917.3^{cd}	54.4^{e}	8.6^{abc}	6.0^{d}	1649.0^{ef}	39.0^{abc}
Hamedan	66.0^{e}	4.4^{cd}	948.7^{cd}	67.8^{d}	8.1^{abc}	6.0^{d}	2387.7^{bc}	40.9^{a}
Karaj	78.8^{bcd}	5.3^{ab}	2062.8^{b}	71.3^{d}	9.0^{ab}	5.6^{f}	2266.7^{cd}	37.2^{bc}
Ardebil1	70.1^{cde}	6.0^{a}	1850.8^{b}	80.3^{c}	8.6^{abc}	6.0^{d}	2390.0^{bc}	38.7^{abc}
Ardebil2	75.1^{bcde}	3.7^{de}	742.4^{d}	90.7^{b}	8.8^{abc}	6.7^{a}	2710.3^{abc}	39.5^{ab}
Ardebil3	72.9^{cde}	4.8^{bc}	3554.2^{a}	98.3^{a}	9.2^{a}	6.2^{c}	2818.3^{ab}	39.9^{a}
Ardebil4	70.2^{cd}	3.0^{e}	1713.5^{b}	101.3^{a}	7.6^{bc}	6.5^{b}	2922.7^{a}	40.2^{a}
LSD 0.05	6.0	0.8	354.8	4.4	1.5	0.1	494.2	2.6

* در هر ستون میانگین‌هایی که حداقل در یک حرف یکسان باشند در سطح احتمال پنج درصد با آزمون LSD اختلاف معنی‌داری ندارند.

* Means in each column, followed by similar letter(s) are not significantly different at 5% probability Level (LSD test).

جدول ۳. همبستگی بین صفات اندازه‌گیری‌شده در ارقام و توده‌های مختلف کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.)

Table 3. Correlation between measured traits in different cultivars and accessions of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.)

Number	Traits	1	2	3	4	5	6	7	8
1	Leaf area	1							
2	Plant height	0.05	1						
3	Branch number	0.62^{**}	-0.53^{**}	1					
4	Capsul number per plant	0.69^{**}	-0.23	0.63^{**}	1				
5	Seed number per capsul	0.32	0.06	0.21	0.15	1			
6	Seed 1000 weigh	0.16	-0.17	0.42^{**}	0.81^{**}	-0.21	1		
7	Seed yield	0.07	-0.27	0.62^{**}	0.89^{**}	0.17	0.80^{**}	1	
8	Oil	0.52^{**}	-0.35	0.54^{**}	0.72^{**}	0.24	0.83^{**}	0.77^{**}	1

*,**: Significant at 5% and 1 % probability level respectively.

* و **: به‌ترتیب معنی‌دار در سطح احتمال ۵ و ۱ درصد.

جدول ۴. میزان اسیدهای چرب در ارقام و توده‌های مختلف کتان روغنی (*Linum usitatissimum* L.)

Table 4. Fatty acids of oil of different cultivars and accessions of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.)

Cultivars and *accessions*	Fatty acids (%)							
	Palmitic	Stearic	Oleoic	Linoleic	α-Linolenic	Arashidic	Arashidonic	Erocic
RH2	7.54	4.99	9.17	42.35	35.21	0.08	0.07	0.11
Oliozon	6.66	4.51	20.55	13.13	54.63	0.09	0.07	0.33
Golda	6.82	3.65	19.10	13.99	56.09	0.06	0.06	0.12
Lirina	8.10	3.78	11.62	16.39	59.73	0.12	0.12	0.12
Livia	6.60	3.32	21.93	14.09	47.90	0.07	0.18	5.88
Uanda	6.44	3.85	21.20	14.43	53.74	0.12	0.10	0.09
Hamedan	6.44	3.72	21.51	13.67	54.21	0.10	0.12	0.21
Karaj	7.06	3.62	23.43	12.06	53.52	0.10	0.07	0.10
Ardebil1	7.18	3.63	21.12	12.35	55.37	0.09	0.08	0.17
Ardebil2	6.69	3.75	19.79	12.69	56.74	0.11	0.10	0.11
Ardebil3	6.87	3.99	22.32	12.61	53.71	0.04	0.13	0.31
Ardebil4	6.81	4.36	19.11	16.15	53.24	0.09	0.14	0.07
Average	6.94	3.94	19.24	16.16	52.84	0.09	0.10	0.63

www.SID.ir

Archive of SID

بیشترین مقدار آرشیدیک‌اسید (*Arachidonic acid*) مربوط به رقم لیرینا (۰/۱۲ درصد) بود، درحالی‌که کمترین مقدار متعلق به توده اردبیل۳ (۰/۰۴ درصد) بود. از لحاظ اسید چرب نامطلوب اروسیک‌اسید (Erucic acid)، بیشترین مقدار در رقم لیویا مشاهده شد که اختلاف چشمگیری با سایر ارقام و توده‌ها داشت (جدول ۴). علت تفاوت در مقدار اسیدهای چرب در بین توده‌ها و ارقام، میزان فعالیت متفاوت آنزیم‌های ساخت یا تجزیه اسیدهای چرب در ژنوتیپ‌های مختلف است. هرچند که تغذیه گیاه با برخی عناصر روی فعالیت آنزیم‌ها تأثیر می‌گذارد ولی در تحقیق حاضر، وضعیت تغذیه‌ای برای همه توده‌ها و ارقام یکسان بود و تفاوت‌های مشاهده‌شده به ژنوتیپ گیاه ارتباط دارد. نکته قابل تأمل در این آزمایش، وجود مقادیر بسیار قابل‌توجه دو اسید چرب ضروری امگا۳ (آلفا- لینولنیک اسید) و امگا۶ (لینولئیک اسید) به‌ترتیب با میانگین ۵۲/۸۴ و ۱۶/۱۶٪ در ارقام و توده‌های مورد بررسی بود که در مقایسه با روغن‌های رایج کشت‌شده در جهان از جمله آفتابگردان (۱/۶٪)، سویا (۷٪)، کلزا (۱۰٪)، ذرت (۰/۳٪) و غیره بالاتر می‌باشد (Ivanova *et al*., 2016). از طرف دیگر، اهمیت دارویی و تغذیه‌ای فوق‌العاده‌ی اسیدهای چرب ضروری برای انسان، متخصصان را به فکر تولید قرص‌های حاوی این ماده ارزشمند واداشته است. روغن دانه کتان غنی‌ترین منبع اسیدهای چرب غیراشباع امگا ۳ در جهان است که بیش از دو برابر موجود در روغن ماهی (در حجم مساوی) می‌باشد (Soto-Cerda *et al*., 2014). در بین ارقام و توده‌های مورد مطالعه، رقم لیرینا با داشتن ۵۹/۷۳٪ امگا۳ و رقم آراچ۲ با ۴۵٪ امگا۶ (حدود ۳ برابر میانگین کل ارقام و توده‌های مورد بررسی)، بهترین ارقام از این لحاظ شناخته شدند. نتایج این آزمایش از نظر مقدار اسیدچرب با نتایج سایر محققین مطابقت دارد (Ranjzad *et al*., 2009; Popa *et al*., 2012). در یک تحقیق، تنوع قابل‌ملاحظه‌ای از نظر مقدار اسیدهای چرب مختلف کتان روغنی {لینولنیک اسید (۴۵/۷۵ تا ۵۶/۵۸٪)، اولئیک اسید (۱۶/۵۳ تا ۲۷/۱۰٪)، لینولئیک اسید (۱۲/۹۶ تا ۱۹/۱۶٪)، استئاریک اسید (۴/۶ تا ۷/۰۶٪) و پالمتیک اسید (۵/۴ تا۶/۹۱٪)} مشاهده شد (Sivaraj *et al*., 2012).

تفاوت‌های مشاهده‌شده در بین توده‌ها و ارقام مورد مطالعه از نظر ترکیب اسیدهای چرب را می‌توان به میزان فعالیت آنزیم‌های دخیل در پیشبرد مسیر بیوشیمیایی به سمت اسیدهای چرب غیراشباع مرتبط با ژنوتیپ گیاه نسبت داد (Galle *et al*., 1993). در ابتدا پیوند یگانه در استئاریک‌اسید تحت تأثیر آنزیم غیراشباع‌ساز دلتا ۹ به دوگانه تبدیل و اولئیک‌اسید را به‌وجود می‌آورد. سپس اولئیک‌اسید نیز تحت تأثیر آنزیم غیراشباع‌ساز دلتا ۱۲ به لینولئیک‌اسید تبدیل و لینولئیک‌اسید تحت تأثیر آنزیم‌های غیراشباع‌ساز دلتا۶ و دلتا ۱۵ به‌ترتیب به گاما- لینولنیک‌اسید و آلفا- لینولنیک‌اسید تبدیل می‌شود (Hosseinpour Azad *et al*., 2012). در تحقیق حاضر، رقم آر اچ۲ حاوی کمترین مقدار اولئیک‌اسید و آلفا- لینولنیک‌اسید و بیشترین مقدار لینولئیک‌اسید بود. به‌نظر می‌رسد که میزان فعالیت آنزیم غیراشباع‌ساز دلتا ۱۲ در این رقم نسبت به سایر ارقام و توده‌ها بیشتر و میزان فعالیت آنزیم غیراشباع‌ساز دلتا ۱۵ کمتر باشد. میزان اسیدهای چرب اولئیک، لینولئیک و آلفا-لینولنیک در سایر ارقام و توده‌ها نسبتا یکسان بود. احتمالاً میزان فعالیت آنزیم‌های دخیل در پیشبرد مسیر بیوشیمیایی اسیدهای چرب مذکور در این توده‌ها و ارقام مشابه باشد. در بین ارقام و توده‌های موردمطالعه، رقم لیرینا دارای بیشترین مقدار آلفا- لینولنیک‌اسید بود. علاوه بر آن، رقم مذکور پس از رقم آر اچ۲ حاوی بیشترین مقدار لینولئیک‌اسید و کمترین مقدار اولئیک‌اسید بود. بنابراین مشابه رقم آر اچ۲ مقدار اولئیک‌اسید بیشتری در مقایسه با سایر ارقام و توده‌ها توسط آنزیم غیراشباع‌ساز دلتا ۱۲ به لینولئیک‌اسید تبدیل شده است و برخلاف رقم آر اچ۲ آنزیم غیراشباع‌ساز دلتا ۱۵ بیشترین فعالیت را داشته است و باعث تبدیل مقدار زیادی از لینولئیک‌اسید به آلفا- لینولنیک‌اسید شده است. در مجموع، ژنوتیپ گیاه در میزان اسیدهای چرب بذر گیاه نقش تعیین‌کننده‌ای دارد. علاوه بر آن، عوامل اقلیمی مخصوصاً دما و شرایط ادافیکی نیز ممکن است در مقدار اسیدهای چرب گیاه

www.SID.ir

Archive of SID

نقش داشته باشد و ارقام و توده‌های موردمطالعه در مناطق معتدله، توازن اسید چرب متفاوتی داشته باشد. نتایج گزارش‌شده در گیاه گل گاوزبان اروپایی (*Borago officinalis*) در ارتباط با اثر ژنوتیپ بر میزان اسیدهای چرب گیاه، مطلب فوق را تأیید می‌نماید (Mahmoodi Sourestani *et al*., 2016).

نتیجه‌گیری

نتایج تحقیق حاضر نشان داد که در بین توده‌ها و ارقام مورد بررسی از نظر صفات اجزای عملکرد و عملکرد دانه اختلاف معنی‌داری وجود دارد و در مجموع توده‌های اردبیل۳ و اردبیل۴ عملکرد دانه، درصد روغن بالا و مقدار اسیدهای چرب غیراشباع بالاتری در شرایط آب‌وهوایی اهواز داشتند و تحقیقات بیشتر در جهت تأیید نتایج سال اول آزمایش و همچنین بررسی تغذیه گیاه با عناصر غذایی مخصوصا عنصر روی بر عملکرد کمی و کیفی توده‌ها و ارقام موردمطالعه توصیه می‌گردد. با توجه به ارتفاع رقم اولای‌اوزن و مناسب‌بودن این رقم برای برداشت مکانیزه، پیشنهاد می‌شود که تیمارهای تغذیه‌ای جهت افزایش عملکرد دانه و روغن این رقم در منطقه انجام و در صورت افزایش صفات مذکور شاید بتوان کشت رقم اولای اوزون را نیز توصیه نمود.

سپاسگزاری

از دانشگاه شهید چمران اهواز به جهت حمایت‌های مالی از طرح و دکتر حمید ایران‌نژاد و مؤسسه تحقیقات جنگل‌ها و مراتع کشور به دلیل تهیه مواد گیاهی، تشکر و قدردانی می‌گردد.

REFERENCES

1. Akbar, M., Mahmood, T., Anwar, M., Ali, M., Shafiq, M. & Salami, J. (2003).Linseed improvement through genetic variability, correlation and path coefficient analysis.*International Journal of Agriculture and Biology*, 5(3), 303-305.
2. Al-Doori, S. A. M. (2012). Influence of sowing dates on growth, yield and quality of some flax genotypes (*Linum usitatissimum* L.). *College of Basic Education Researchers Journal*, 12(1), 733-747.
3. Badwi, M. & Mahmoodi Sourestani, M. (2015). Effect of sowing date on seed yield and physiological indices changes of flax (*Linum usitatisimum* L.). *Journal of Plant Ecophysiology*, 7(21), 251-263. (in Farsi)
4. Couture, S. J., Asbil, W. L., Ditommaso, A. & Watson, A. K. (2002).Comparison of European fibre flax (*Linum usitatissimum* L.) cultivars under eastrn Canadian growing conditions. *Journal of Agronomy and Crop Science*, 188, 350-356.
5. Diederichsen, A., Kusters, D., Kusters, P., Raney, J. P. & Richard, K. W. (2002).Genetic diversity and intraspecific classification in Flax (*Linum usitatissimum* L.). Plant gene resources of Canada, Agriculture and Agri-Food Canada, Saskatoon research center, Canada, 145p.
6. Dubey, S. D., Srivastava, R. L., Mukesh, S. & Chandra, R. (2006). Evaluation and genetical studies of yellow seeded germplasm of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Indian Journal of Plant Genetic Resources*, 19(2), 237-239.
7. Gallardo, M. A., JoséMilisich, H., Drago, S. A. & José González, R. (2014). Effect of cultivars and planting date on yield, oil content, and fatty acid profile of flax varieties (*Linum usitatissimum* L.). *International Journal of Agronomy*, 6, 1-7.
8. Galle, A. M., Joseph, M., Demandre, C., Guerche, P., Dubacq, J. P., Oursel, A., Mazliak, P., Pelletier, G. & Kader, J. C. (1993). Biosynthesis of γ-linolenic acid in developing seeds of borage (*Borago officinalis* L.). *Biochimica Biophysica Acta*, 1158(1), 52-58.
9. Golshan, M., Rahmani, F. & Hasanzadeh, A. (2014). Study of diversity in cultivated Flax *(Linum usitatissimum* L.) based on morphological traits and RAPD molecular marker. *Modern Genetics Journal*, 9(1), 107-116. (in Farsi)
10. Grant, C. A. & Baily, L. D. (1993). Interaction of zinc with banded and broadcast phosphorus fertilizer on the dry matter and sees yield of oilseed flax. *Canadian Journal of Plant Science*, 73, 7-15.
11. Grauda, D., Stramkale, V., Miėelsone, A. & Rashal, I. (2008). Evaluation and utilisation of Latvian flax genetic resources in breeding.*Latvian Journal of Agronomy*, 10, 112-117.
12. Halligudi, N. (2012). Pharmacological properties of flax seeds: A Review. *Journal for Drugs and Medicines*, 4(2), 70-77.
13. Hosseinpour Azad, N., Nematzadeh, Gh. A., Azadbakht, M., Kazemitabar, S. K. & Shokri, E. (2012). Investigation on fatty acids profile in two ecotypes of Iranian *Echium amoenum* Fisch & Mey. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 27(4), 587-595. (in Farsi)

www.SID.ir

Archive of SID

14. Iran-nejad, H., Poshtkohi, M., Piri, P. & Javanmardi, Z. (2007). *Medicinal plants crop: cannabis, Flaxseed and Castor*. (Vol .1), Edi (1). Ayij Publication. 128 p. (in Farsi)
15. Ivanova, S., Marinova, G. & Batchvarov, V. (2016). Comparison of fatty acid composition of various types of edible oils. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 22(5), 849-856.
16. Khan, M. B., Yasir, T. A. & Aman, M. (2005). Growth and yield comparison of different linseed (*Linum usitatissimum* L.) genotypes planted at different row spacing. *International Journal of Agriculture and Biology*, 7(3), 515-517.
17. Komlajeva, L. & Adamovics, A. (2011).The perspective of Latvian flax (*Linum usitatissimum* L.) issue for biofuels.*Agronomy Research Biosystem Engineering Special*, 1, 107-113.
18. Kuskuner, Y. & Karababa, E. (2007).Some physical properties of flaxseed (*Linum usitatissimum* L.). *Journal of Food Engineering*, 78(3), 1067-1073.
19. Mahmoodi Sourestani, M., Derikvandi, M., Chehrazi, M. & Jafari, A. A. (2016). Evaluation of growth, seed yield and oil quantity and quality of some borage *(Borago officinalis* L.) populations and cultivars under Ahvaz weather condition. *Iranian Journal of Medicinal and Aromatic Plants*, 32(4), 598-610. (in Farsi)
20. Metcalf, L. C., Schmirz, A. A. & Pelka, J. R. (1966). Rapid preparation of methyl esters from lipid for gas chromatography.*Analytical Chemistry*, 38, 514-515.
21. Montero, F. J., Juan, J. A., Gusta, A. & Brasa, A. (2000). Nondestructive methods to estimate leaf area in *vitis vinifera* L. *HortScience*, 35, 696-698.
22. Omidbaigi, R. (2006). *Production and Processing of Medicinal Plants*. (Vol. 3) (4th ed.). Behnashr Pubilcation, Mashhad, 397p. (in Farsi)
23. Popa, V., Gruia, A., Icoleta, R. D., Dumbrava, D., Moldovan, C., Bordean, D. & Mateescu, C. (2012).Fatty acids composition and oil characteristics of flax (*Linum usitatissimum* L.) from Romania.*Journal of Agroalimentary Processes and Technologies*, 18(2), 136-140.
24. Ranjzad, M., Khayyami, M. & Asadi, A. (2009). Measuring and investigation of omega 3 and 6 fatty acids in species of *Linum* ssp. *Journal of Medicinal Plants*, 8(32), 25-32. (in Farsi)
25. Sheoran, R. S., Pannu, R. K. & Sharma, H. C. (1999). Influence of sowing time and phosphorus fertilization on yield attributes of fenugreek: (*Trigonella foenum* L.) Genotypes.*Indian Journal of Arecanut Spices and Medicinal Plants*, 1(1), 15-18.
26. Sivaraj, N., Sunil, N., Pandravada, S. R., Kamala, V., Abraham, B., Kumar, V., Rao, B. V. S. K., Prasad, R. B. N. & Varaprasad, K. S. (2012). Variability in flax (*Linum usitatissimum* L.) germplasm collections from peninsular India with special reference to seed traits and fatty acid composition.*Indian Journal of Agricultural Sciences*, 82(2), 102-105.
27. Soto-Cerda, B., Westermeyer, F., Iniguez-Luy, F., Munoz, G., Montenegro, A. & Cloutier, S. (2014). Assessing the agronomic potential of linseed genotypes by multivariate analyses and association mapping of agronomic traits. *Euphytica*, 196, 35-49.
28. Wilson, P. J., Thompson, K. E. N. & Hodgson, J. G. (1999). Specific leaf area and leaf dry matter content as alternative predictors of plant strategies. *New Phytologist*, 143(11), 155-162.
29. Worku, N., Zemede, A. & Haileselassie, Y. (2005). Variation and association analyses on morphological characters of flax (*Linum usitatissimum* L.) in Ethiopia.*Ethiopian Agricultural Research*, 28(2), 129-140.
30. Zajac, T., Oleksy, A., Klimek-Kopyra, A. & Kulig, B. (2012). Biological determinants of plant and crop productivity of flax (*Linum usitatissimum* L.). *Acta Agrobotanica*, 65(4), 3-14.

www.SID.ir