Archive of SID

بررسی تنوع ژنتیکی عملکرد دانه و دیگر ویژگی‌های زراعی در ژنوتیپ‌های بزرک با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی در اصفهان

قدرت الله سعیدی[۱]

چکیده

*بزرک (*Linum usitatissimum L.*) گیاهی است دانه روغنی با سازگاری گسترده، که روغن ژنوتیپ‌های معمولی آن به لحاظ ترکیب خاص اسیدهای چرب مصارف صنعتی دارد. روغن ژنوتیپ‌های جدید حاصل از جهش‌زایی، از نظر ترکیب اسیدهای چرب مانند روغن آفتاب‌گردان بوده و می‌تواند به مصارف خوراکی برسد. این پژوهش به منظور بررسی تنوع ژنتیکی ویژگی‌های زراعی و پتانسیل تولید ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی بزرک در منطقه اصفهان انجام گردید. در این پژوهش، به منظور ارزیابی ژنوتیپ‌ها از طرح آماری ارزیابی مقدماتی آگمنت استفاده شد.*

*نتایج نشان داد که میانگین شمارگیاهچه در متر مربع، در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی به ترتیب ۱۷۸ و ۳۶۷، و دارای ضریب تغییرات ۷۰ و ۱۰ درصد بود. طول دوره رشد ژنوتیپ‌ها نیز متنوع و در دو گروه با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی به ترتیب ۸۹-۱۱۶ و ۸۹-۱۲۸ روز بود. ارتفاع گیاه در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی به ترتیب بین ۵۷ تا ۸۶ و ۴۹ تا ۷۳ سانتی‌متر نوسان داشت. عملکرد دانه نیز تنوع چشم‌گیری نشان داد، به طوری که ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی دارای عملکرد دانه ۴۲۹-۲۶۵۱ کیلوگرم در هکتار و ضریب تغییرات ۳۵ درصد، و ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن صنعتی دارای عملکرد ۷۷۹-۲۳۸۹ کیلوگرم و ضریب تغییرات ۲۵ درصد بودند. در این بررسی عملکرد دانه در گیاه هم‌بستگی زیاد و مثبت با شمار انشعابات پایه‌ای (r= ۰/۷۷**) و شمار کپسول در گیاه (r= ۰/۹۳**)، ولی هم‌بستگی زیاد و منفی با شمارگیاه در واحد سطح (r= -۰/۶۶**) نشان داد. بر پایهٔ نتایج حاصل از تجزیهٔ رگرسیون، شمار کپسول در گیاه، شمار بذر در کپسول و وزن دانه به ترتیب مهم‌ترین اجزای عملکرد دانه در گیاه شناخته شدند (R^2= ۰/۹۶)، ولی شمار کپسول در گیاه به تنهایی بیشترین سهم را در تعیین عملکرد دانه داشت (R^2= ۰/۸۷).*

واژه‌های کلیدی: *بزرک، روغن خوراکی، تنوع ژنتیکی، صفات زراعی، ضرایب هم‌بستگی*

مقدمه

بزرک (*Linum usitatissimum* L.) به ارقامی از این گونه گیاهی اطلاق می‌شود که در مقایسه با نوع الیافی آن که به کتان معروف است، دارای عملکرد و درصد روغن دانه بیشتر بوده و به منظور تولید دانه و استخراج روغن کشت می‌گردد. بزرک

۱. استادیار ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشکده کشاورزی، دانشگاه صنعتی اصفهان

www.SID.ir

Archive of SID

گیاهی است یکساله و با میانگین دوره رشد حدود ۱۰۰ روز، که به عنوان ششمین محصول دانه روغنی در دنیا کشت می‌شود (۸). در ایران کشت این محصول به صورت فرعی و پراکنده در نقاط مختلف کشور انجام می‌گردد (۱). دانه این گیاه دارای ۴۰-۴۵٪ روغن و ۲۳-۳۴٪ پروتئین بوده و افزون بر تولید روغن، کنجاله آن با درصد بالایی از پروتئین (۴۲-۴۶٪) به عنوان یک منبع تأمین‌کنندهٔ پروتئین در جیره غذایی دام‌ها مورد استفاده قرار می‌گیرد(۷). هم‌چنین، به خاطر ارزش غذایی دانه به عنوان یک منبع غنی اسیدهای چرب غیر اشباع ضروری و فیبرهای محلول، به صورت آرد یا دانه‌های خرد شده در تهیه نان، کیک و دیگر فراورده‌های غذایی کاربرد دارد (۷، ۸ و ۱۰). کاه آن نیز به عنوان یک منبع فیبر گیاهی، در صنایع کاغذسازی، و به ویژه در مواردی که تولید کاغذهای محکم و با دوام مانند کاغذ اسکناس مد نظر می‌باشد، قابلیت استفاده دارد (۲۱).

روغن ژنوتیپ‌های معمولی بزرک به خاطر ترکیب خاص اسیدهای چرب و میزان قابل توجه اسید چرب غیر اشباع لینولنیک (۵۲٪)، به عنوان روغن خشک شونده در صنایع رنگ سازی، نقاشی، تولید جوهر چاپگر و ساخت کف‌پوش استفاده می‌شود (۱۳ و ۱۶). ولی روغن آن به خاطر میزان بالای اسید چرب لینولنیک در تولید روغن خوراکی مطلوب نمی‌باشد. لینولنیک یک اسید چرب غیر اشباع با سه پیوند دوگانه است، که حساسیت زیادی به اکسید شدن خودبخودی دارد، و نتیجتاً موجب ترشیدگی، بو و طعم نامطلوب و کاهش دوره انبارداری روغن، و نهایتاً کاهش کیفیت خوراکی روغن می‌گردد (۲۱ و ۲۹).

استفاده از پروژه‌های جهش‌زایی در برنامه‌های به‌نژادی این گیاه به منظور ایجاد ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی، منجر به ایجاد لاین‌های جهش یافته از این گیاه گردیده که روغن دانه آنها از نظر میزان اسید چرب لینولنیک بسیار ناچیز (حدود ۲٪) و دارای حدود ۷۰٪ اسید چرب لینولئیک می‌باشد (۱۲، ۱۳، ۱۴ و ۲۶). روغن شفاف و روشن این ژنوتیپ‌های جدید حاصل از جهش از نظر کیفیت اسیدهای چرب مشابه روغن آفتابگردان بوده و می‌تواند به مصارف خوراکی همچون روغن طباخی و سالادی برسد (۱۰). کاهش میزان اسید چرب لینولنیک روغن در ژنوتیپ‌های جدید تحت کنترل دو ژن مستقل مغلوب حاصل از موتاسیون بوده که موجب توقف فرآیند تبدیل اسید چرب لینولئیک به لینولنیک می‌گردند (۲۴). انتقال و استفاده از این ژن‌ها در پروژه‌های تولید ارقام روغن خوراکی بدون هیچ گونه اثر منفی بر ویژگی‌های زراعی محصول، و بدون هیچ گونه مانعی قابل انجام می‌باشد (۱۵، ۳۰ و ۳۱). ارقام روغن خوراکی این گیاه تحت نام عمومی لینولا[1] در استرالیا و سالین[2] در کانادا تولید و مورد کشت و کار قرار می‌گیرد (۴، ۱۰، ۱۵ و ۲۵).

همانند دیگر محصولات زراعی، صفات زراعی و کیفی این محصول نیز تحت تأثیر شرایط محیطی و ژنوتیپ قرار می‌گیرد (۱۷، ۲۷ و ۲۸). صفات مهم اقتصادی گیاه از جمله عملکرد دانه و ویژگی‌های زراعی دیگر توارث کمی دارند، که با تعداد زیادی ژن کنترل می‌گردند، و بسیار تأثیرپذیر از شرایط محیطی هستند، و نتیجتاً میزان وراثت‌پذیری آنها پایین می‌باشد. اجزای عملکرد دانه معمولاً وراثت‌پذیری بیشتری نسبت به عملکرد دانه دارند. بنابراین، امکان بهبود عملکرد دانه از طریق انتخاب و بهبود جزء یا اجزائی از آن میسر است (۲۰، ۲۲ و ۳۲).

به رغم سازگاری گستردهٔ گیاه بزرک، و حتی سازگاری آن به مناطق گرم و خشک، و سابقه تاریخی کشت آن در ایران (از ۶۰۰۰ سال پیش از میلاد)، این گیاه چندان مورد توجه قرار نگرفته است. شاید یکی از علل آن عدم قابلیت استفاده روغن آن به عنوان روغن خوراکی بوده است. بنابراین، این پژوهش به بررسی تنوع ژنتیکی صفات زراعی و نیز ارزیابی ظرفیت تولید ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی بزرک پرداخت.

مواد و روش‌ها

آزمایش در سال ۱۳۷۸ در مزرعه پژوهشی دانشکده کشاورزی

1. Linola 2. Solin

www.SID.ir

Archive of SID

دانشگاه صنعتی اصفهان واقع در لورک نجف‌آباد (۴۰ کیلومتری جنوب غربی اصفهان) انجام گردید. طبق طبقه‌بندی کوپن، منطقه آزمایش دارای اقلیم خشک، بسیار گرم با تابستان‌های گرم و خشک است (۲). محل آزمایش دارای خاکی با بافت لومی‌رسی، جرم مخصوص ظاهری ۱/۴ گرم بر سانتی‌متر مکعب، pH حدود ۷/۶ با ظرفیت مزرعه ۲۳٪ وزنی می‌باشد. زمین آزمایش در سال قبل به صورت آیش بود و پیش از کاشت عملیات تهیه زمین به نحو مطلوب انجام گرفت، به طوری که یک بستر نسبتاً مناسب برای کاشت بذور به صورت کرتی فراهم شد. به منظور تأمین فسفر و نیتروژن مورد نیاز گیاه، مقدار ۲۰ کیلوگرم فسفر و ۱۸ کیلوگرم نیتروژن در هکتار (به صورت فسفات آمونیوم) پیش از کاشت به زمین داده شد (۱).

در این آزمایش ژنوتیپ‌های مختلف بزرک شامل ۳۹ ژنوتیپ خارجی با کیفیت روغن خوراکی، ۱۱ ژنوتیپ خارجی با کیفیت روغن صنعتی متشکل از هشت لاین حاصل از تلاقی واریته‌های سام، فلاندرز، و باربارا (جدول ۱)، و دو توده بومی مورد ارزیابی قرار گرفت. ژنوتیپ‌های خارجی را لاین‌های نسل پنجم (F۲:۵) حاصل از تلاقی‌های گوناگون شامل می‌شد (جدول ۱).

ژنوتیپ‌ها در چارچوب طرح آماری ارزیابی مقدماتی آگمنت[1] در ۱۰ بلوک ناقص و با یک تکرار کشت گردیدند. در ضمن، به منظور بررسی یک‌نواختی زمین آزمایش، به غیر از ژنوتیپ‌های فوق، سه لاین اصلاحی با کیفیت روغن خوراکی به نام‌های SP۱۰۶۶، SP۱۰۹۱ و CDC۱۷۴۷ به عنوان شاهد در آزمایش استفاده گردید. در هر بلوک پنج ژنوتیپ همراه با سه ژنوتیپ شاهد مورد کشت قرار گرفت. در این آزمایش هر کرت آزمایشی شامل دو خط، و در برخی موارد به علت کمبود بذر یک خط (۶)، به طول چهار متر و با فاصله خطوط ۳۰ سانتی‌متر بود. بذور به طور دستی و در عمق حدود دو سانتی‌متر به صورت خشکه کاری، خطی و شمالی-جنوبی کشت شدند. میزان بذر مورد کشت برای هر ژنوتیپ، با توجه به مقدار حدود ۴۰ کیلوگرم در هکتار و وزن صد دانه هر ژنوتیپ، طوری تعیین گردید که از هر ژنوتیپ تعداد بذر مساوی در هر خط کشت شود. بنابراین، در هر خط به طول چهار متر حدود ۷۲۰ بذر کشت گردید.

کشت در تاریخ پنجم اردیبهشت ماه ۱۳۷۸ انجام گرفت. عملیات داشت شامل آبیاری (با فاصله ۷-۱۰ روز بسته به نیاز گیاه)، مبارزه با علف‌های هرز و کوددهی انجام شد. به منظور تکمیل نیتروژن مورد نیاز گیاه، ۲۳ کیلوگرم در هکتار نیتروژن به صورت کود اوره و سرک در مراحل آغاز انشعابات پایه‌ای گیاه به کار رفت.

در این آزمایش صفات شمار روز تا ۵۰٪ سبز شدن، ۵۰٪ گل‌دهی و رسیدگی کامل گیاه به طور مشاهده‌ای تعیین، و نیز شمار گیاهچه در متر مربع، ارتفاع گیاه، و عملکرد دانه برای هر ژنوتیپ اندازه‌گیری شد. به منظور محاسبه شمار گیاهچه در متر مربع برای هر ژنوتیپ، شمار گیاهچه در دو متر طولی ناحیه وسط هر کرت آزمایشی تعیین، و سپس به شمار گیاهچه در متر مربع تبدیل گردید. برای تعیین شمار روز از کاشت تا رسیدگی، هنگامی که حدود ۷۰٪ کپسول‌ها در هر ژنوتیپ کاملاً قهوه‌ای شده و با تکان دادن گیاهان هر ردیف صدای حرکت دانه‌ها در کپسول‌ها شنیده می‌شد، به عنوان شاخص رسیدگی منظور گردید. ارتفاع گیاه از سطح زمین در چند قسمت کرت آزمایشی به طور تصادفی اندازه‌گیری، و میانگین آن به عنوان ارتفاع گیاه آن ژنوتیپ در نظر گرفته شد. برای تعیین عملکرد دانه، بوته‌های هر کرت آزمایشی به طور دستی برداشت گردید.

به منظور تعیین عملکرد دانه تک گیاه و اجزای عملکرد دانه، هنگام برداشت نهایی، نمونه‌هایی با ۲۵ گیاه از ناحیه وسط هر کرت آزمایشی به طور تصادفی و جداگانه برداشت و مورد استفاده قرار گرفت. عملکرد دانه تک گیاه و شمار انشعابات پایه‌ای، شمار کپسول در گیاه، شمار دانه در کپسول و وزن صد دانه به عنوان اجزای عملکرد دانه، بر پایهٔ میانگین این صفات در نمونه مربوط برای هر ژنوتیپ تعیین شد.

1. Augment design

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۱. شمار لاین ارزیابی شده از هر تلاقی در هر گروه روغن صنعتی و خوراکی

تلاقی	شمار لاین با کیفیت روغن خوراکی	شمار لاین با کیفیت روغن صنعتی
۹۳[b] جی‌سی ۵۰۴ × سام[a]	۵	–
۹۳[b] جی‌سی ۵۵۳ × سام	۷	۲
۹۳ جی‌سی ۵۰۴ × فلاندرز[a]	۶	۳
۹۳ جی‌سی ۵۰۴ × اف ۸۸۰۴۲[a]	۶	۱
۹۳ جی‌سی ۵۰۴ × باربارا[a]	۵	–
۹۳ جی‌سی ۵۵۳ × باربارا	۵	۲
۸۹[b] جی‌سی ۸۹ × سی‌پی‌آی ۸۴۴۹۵[a]	۵	–

a: دارای غلظت اسید چرب لینولنیک زیاد در روغن (حدود ۵۰٪)
b: دارای غلظت اسید چرب لینولنیک کم در روغن (حدود ۲٪)

برای بررسی یک‌نواختی زمین، داده‌های مربوط به صفات و ویژگی‌های زراعی ژنوتیپ‌های شاهد در چارچوب طرح آماری بلوک‌های کامل تصادفی، با استفاده از نرم‌افزار آماری اس.ا.اس.[1] تجزیه واریانس گردید. برای مقایسه میانگین‌ها از آزمون حداقل تفاوت معنی‌دار (LSD) استفاده شد. در ضمن، در مورد صفاتی که تجزیه واریانس تفاوت معنی‌دار میان بلوک‌ها نشان داد، مقادیر صفات ژنوتیپ‌ها برای اثر بلوک تصحیح گردید.

محاسبه ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی میان صفات و انجام تجزیه رگرسیون گام به گام[2]، با بهره‌گیری از نرم‌افزار آماری مینی‌تب[3] انجام گردید.

نتایج و بحث

با توجه به اثر معنی‌دار بلوک بر صفات شمار گیاهچه در متر مربع، شمار روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، و ارتفاع گیاه، در تجزیه واریانس ژنوتیپ‌های شاهد، مقادیر مختلف این صفات برای ژنوتیپ‌های دیگر، به منظور حذف اثر محیطی بلوک‌ها تصحیح گردید. هم‌چنین، بر اساس تجزیه واریانس، اثر ژنوتیپ بر صفات شمار گیاهچه در متر مربع، شمار روز تا ۵۰٪ گل‌دهی، شمار روز تا رسیدگی و ارتفاع گیاه در سطح احتمال یک درصد معنی‌دار، ولی از لحاظ شمار روز تا ۵۰٪ سبزشدن و عملکرد دانه معنی‌دار نبود.

میانگین‌های صفات مربوط به ژنوتیپ‌های شاهد با کیفیت روغن خوراکی در جدول ۲، و فراوانی ژنوتیپ‌های مختلف دیگر برای صفات زراعی در جدول ۳ نشان داده شده است. سه ژنوتیپ شاهد از لحاظ شمار روز تا ۵۰٪ سبز شدن تفاوت معنی‌داری نداشتند، و به طور میانگین شمار روز تا ۵۰٪ سبزشدن در این سه ژنوتیپ برابر ۱۲ روز بود. چنانچه این صفت به عنوان شاخصی از سرعت سبز شدن در شرایط مزرعه و بنیه بذر در نظر گرفته شود، این سه ژنوتیپ سرعت سبز شدن و بنیه بذر یکسان داشته‌اند، ولی ژنوتیپ‌های دیگر دارای شمار روز تا ۵۰٪ سبز شدن بین ۱۱ تا ۲۱ روز و با متوسط ۱۵/۳ روز در گروه با کیفیت روغن خوراکی، و بین ۱۱تا ۱۴ روز در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن صنعتی بوده‌اند. یادآوری می‌شود که همه ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن صنعتی، به استثنای یکی از آنها، دارای شمار روز تا ۵۰٪ سبزشدن ۱۱ روز بودند. با توجه به مقدار حداقل تفاوت معنی‌دار ۶/۴ روز برای مقایسه ژنوتیپ‌های مختلف، تفاوت معنی‌دار میان ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی از لحاظ این صفت وجود داشته است.

1. SAS (Statistical Analysis System) 2. Stepwise regression 3. Minitab

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲. میانگین صفات گوناگون در ژنوتیپ‌های شاهد

ژنوتیپ	شمار روز تا ۵۰% سبز شدن	شمار گیاهچه در متر مربع	شمار روز تا ۵۰% گل‌دهی	شمار روز تا رسیدگی	ارتفاع گیاه (سانتی‌متر)	عملکرد دانه (Kg/ha)
CDC۱۷۴۷	۱۱/۶^{a}	۲۹۰/۰^{a}	۵۶/۶^{b}	۱۰۲/۶^{a}	۶۳/۸^{a}	۱۳۶۵^{a}
SP۱۰۹۱	۱۱/۹^{a}	۲۷۷/۴^{a}	۵۵/۵^{b}	۹۱/۶^{b}	۵۹/۵^{b}	۱۷۷۷^{a}
SP۱۰۶۶	۱۲/۵^{a}	۱۶۶/۱^{b}	۶۰/۱^{a}	۱۰۴/۷^{a}	۶۲/۸^{a}	۱۶۱۷^{a}

در هر ستون، میانگین‌هایی که دارای حداقل یک حرف مشترک هستند، با استفاده از آزمون LSD تفاوت معنی‌دار ندارند ($P<0/01$).

وجود تنوع ژنتیکی برای صفت شمار روز تا ۵۰% سبز شدن، امکان گزینش ژنوتیپ‌هایی را که قدرت سبز شدن سریع‌تری در خاک دارند فراهم می‌نماید، و می‌توان از این ژنوتیپ‌ها در شرایطی که احتمال وجود تنش‌های محیطی در دوره جوانه‌زنی بذر و سبز شدن وجود دارد، استفاده نمود. بذور با بنیه زیاد[1] می‌توانند قدرت سبز شدن سریع‌تر و یک‌نواخت‌تر از بذور با بنیه کم، در شرایط مزرعه، و به ویژه در شرایط نامساعد محیطی مثل تنش‌های رطوبتی، حرارتی و فعالیت‌های میکروارگانیزم‌های خاک داشته باشند (۵، ۳۰ و ۳۱).

سبز شدن، استقرار گیاهچه و وجود شمار گیاه در واحد سطح در حد مطلوب، از فاکتورهای مهم تعیین کننده حداکثر عملکرد دانه در واحد سطح می‌باشند. سه ژنوتیپ شاهد دارای تفاوت معنی‌دار از لحاظ شمار گیاهچه در متر مربع بودند، به گونه‌ای که ژنوتیپ SP۱۰۶۶ به طور معنی‌دار شمار گیاهچه در متر مربع کمتری در مقایسه با دو ژنوتیپ دیگر داشت (جدول ۲). ژنوتیپ‌های دیگر نیز تنوع گسترده‌ای در این مورد داشتند، به طوری که ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی به ترتیب دارای شمار گیاهچه در متر مربع ۱۷-۴۷۱ با میانگین ۱۷۸، و ۳۱۲-۴۲۷ با میانگین ۳۶۷ بودند (جدول ۴).

با توجه به این که حدود ۶۰۰ بذر در متر مربع کشت گردید، حدود هشت ژنوتیپ با کیفیت روغن خوراکی و هشت ژنوتیپ با کیفیت روغن صنعتی دارای بیش از ۵۰% سبز شدن و استقرار گیاهچه در مزرعه بودند. مقدار حداقل تفاوت معنی‌دار ۲۴۲ برای مقایسه شمار گیاهچه در متر مربع ژنوتیپ‌های گوناگون و ضریب تغییرات برابر ۷۰% و ۱۰%، به ترتیب در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی، گویای وجود تنوع ژنتیکی برای میزان سبز شدن و استقرار گیاهچه است، و می‌توان از این تنوع ژنتیکی در برنامه‌های به‌نژادی استفاده نمود.

بخشی از تنوعات مشاهده شده در میزان سبز شدن ژنوتیپ‌ها را در این بررسی می‌توان در اثر رنگ بذر دانست. پژوهش‌های دیگر نشان داده است که رنگ بذر نقش مهمی در بنیه بذر و سبز شدن این گیاه دارد. عموماً بذور زرد رنگ دارای بنیه و میزان سبز شدن کمتری نسبت به بذور قهوه‌ای هستند (۳۰ و ۳۱). در این پژوهش ژنوتیپ‌های روغن صنعتی همگی دارای بذر قهوه‌ای بودند، و لذا یک‌نواختی بیشتری از لحاظ سبز شدن داشتند. در مقابل، ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی دارای رنگ بذر زرد و یا قهوه‌ای بودند، و بنابراین از لحاظ میزان سبز شدن تنوع بیشتری نشان دادند.

طول دوره رشد گیاه، به ویژه در مواردی که زودرسی مطلوب باشد، از اهمیت خاصی برخوردار است. از نظر شمار روز تا رسیدگی، در میان ژنوتیپ‌های شاهد، ژنوتیپ SP۱۰۹۱ با ۹۱/۶ روز زودرس‌ترین ژنوتیپ بود (جدول ۲). در ژنوتیپ‌های دیگر با کیفیت روغن خوراکی نیز طول دوره رشد از ۸۹ روز تا ۱۱۶ روز متغیر بود (جدول ۴). ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن صنعتی دوره رشد ۸۹-۱۲۸ روز داشتند. این تغییرات و مقدار حداقل تفاوت معنی‌دار ۲۲/۲ برای مقایسه طول دوره

1. High vigour

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۳. جدول فراوانی ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و صنعتی (غیر از ژنوتیپ‌های شاهد) برای صفات زراعی

شماره گیاهچه	شمار ژنوتیپ		شمار روز		طول گیاه	شمار ژنوتیپ		عملکرد دانه	شمار ژنوتیپ	
در متر مربع	روغن خوراکی	روغن صنعتی	تا رسیدگی	روغن خوراکی	روغن صنعتی	(cm)	روغن خوراکی	روغن صنعتی	(kg/ha)	روغن خوراکی	روغن صنعتی
>۳۰۰	۱	–	۱۲۸	–	۲	>۸۵	۱	–	>۲۵۰۰	۳	–
۳۵۰-۴۰۰	۳	۴	۱۱۶	۴	–	۸۰-۸۵	۴	–	۲۵۰۰-۲۰۰۰	۱۱	۳
۳۰۰-۳۵۰	۴	۴	۱۱۰-۱۱۵	۵	۲	۷۵-۸۰	۱	–	۲۰۰۰-۱۵۰۰	۱۲	۸
۲۵۰-۳۰۰	۶	۲	۱۰۵-۱۱۰	۹	۱	۷۰-۷۵	۷	۱	۱۵۰۰-۱۰۰۰	۹	۱
۲۰۰-۲۵۰	۲	۲	۱۰۰-۱۰۵	۶	۲	۶۵-۷۰	۱۵	۴	۱۰۰۰-۵۰۰	۳	۱
۱۵۰-۲۰۰	۴	۱	۹۵-۱۰۰	۱۰	–	۶۰-۶۵	۹	۴	<۵۰۰	۱	–
۱۰۰-۱۵۰	۱۱	–	۹۰-۹۵	۱۱	۲	۵۵-۶۰	۳	۴			
<۱۰۰	۸	–	۸۵-۹۰	۴	۴						

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۴. دامنه تغییرات، میانگین و ضریب تغییرات صفات زراعی

صفت	گروه ژنوتیپی	دامنه		میانگین	ضریب تغییرات (CV)	$LSD_{(0/01)}$
		حداقل	حداکثر			
شمار گیاهچه	روغن خوراکی	۱۷	۴۷۱	۱۷۸	۷۰	۲۴۲
در متر مربع	روغن صنعتی	۳۱۲	۴۲۷	۳۶۷	۱۰	
شمار روز تا	روغن خوراکی	۸۹	۱۱۶	۱۰۲	۹	۲۲/۲
رسیدگی	روغن صنعتی	۸۹	۱۲۸	۱۰۰	۱۵	
ارتفاع گیاه	روغن خوراکی	۵۷	۸۶	۶۷	۱۱	۱۱/۷
(سانتی‌متر)	روغن صنعتی	۴۹	۷۳	۶۹	۱۰	
عملکرد دانه	روغن خوراکی	۴۲۹	۲۶۵۱	۱۶۶۲	۳۵	۱۷۱۶
(کیلوگرم‌درهکتار)	روغن صنعتی	۷۷۹	۲۳۸۹	۱۷۴۲	۲۵	

رشد ژنوتیپ‌های مختلف، گویای وجود تفاوت معنی‌دار میان ژنوتیپ‌ها از لحاظ طول دوره رشد است. در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی، ۲۱ ژنوتیپ دوره رشد کمتر از ۱۰۵ روز داشتند. در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن صنعتی، دو توده بومی با ۱۲۸ روز طولانی‌ترین دوره رشد را دارا بودند و بقیه این ژنوتیپ‌ها دارای طول دوره رشد کمتر از ۱۰۶ روز بودند. غیر از دو توده بومی که مورد به‌نژادی قرار نگرفته‌اند، ژنوتیپ‌های دیگر ارقام اصلاح شده، و یا لاین‌های حاصل از تلاقی‌های بین ارقام اصلاح شده کانادایی می‌باشند. قابل توجه است که در این پژوهش سه واریته اصلاح شده از کانادا به نام‌های سام، فلاندرز و باربارا به ترتیب دارای دوره رشد ۸۹، ۹۱ و ۱۰۰ روز بودند، ولی در کانادا دوره رشد ۹۶، ۹۶ و ۱۰۷ روز دارند (۳۰). با توجه به شرایط آب و هوایی در کانادا، که زودرسی یکی از اهداف اصلی پروژه‌های اصلاحی بزرگ است، ژنوتیپ‌های خارجی فراهم شده از آن جا دوره رشد بسیار کمتری نسبت به دو توده بومی ایرانی داشتند. وجود تنوع ژنتیکی برای طول دوره رشد امکان استفاده از ژنوتیپ‌های با طول دوره رشد مناسب را فراهم می‌نماید، به ویژه در موارد یا مناطقی که زودرسی مطلوب باشد، گزینش و تولید ژنوتیپ‌های با دوره رشد کوتاه و زودرس امکان‌پذیر خواهد بود.

ارتفاع گیاه نیز در میان ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی بسیار متنوع بود، به طوری که از ۵۶/۸ تا ۸۵/۸ سانتی‌متر در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن خوراکی و از ۴۹/۲ تا ۷۲/۸ سانتی‌متر در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن صنعتی نوسان داشت (جدول ۴). با توجه به مقدار حداقل تفاوت معنی‌دار (۱۱/۷)، ژنوتیپ‌ها از نظر ارتفاع گیاه دارای تفاوت معنی‌دار بودند. وجود این تنوع ژنتیکی امکان گزینش و تهیه ژنوتیپ‌های مناسب از نظر ارتفاع گیاه به منظور برداشت مکانیکی و نیز پایداری نسبت به خوابیدگی را فراهم می‌نماید. لازم به یادآوری است که در این آزمایش مشکل خوابیدگی در ژنوتیپ‌های خارجی وجود نداشت. ولی در دو توده بومی، به رغم طول نسبتاً کم گیاهان (۶۷، ۵۷ سانتی‌متر) خوابیدگی شدید بود و بوته‌ها یک پوشش سطحی را روی زمین فراهم نمودند. فرم رویش متفاوت این دو توده محلی و شمار انشعابات پایه‌ای خیلی زیاد، و نتیجتاً استحکام کم ساقه‌ها را می‌توان عامل خوابیدگی شدید در این دو توده دانست.

در این پژوهش عملکرد دانه به عنوان مهم‌ترین ویژگی زراعی و اقتصادی گیاه نیز تنوع ژنتیکی گسترده‌ای را دارا بود. به رغم این که سه ژنوتیپ شاهد با کیفیت روغن خوراکی تفاوت معنی‌داری از نظر عملکرد دانه نداشتند، و به طور میانگین دارای

www.SID.ir

Archive of SID

عملکرد حدود ۱۵۸۶ کیلوگرم در هکتار بودند (جدول ۲)، ژنوتیپ‌های دیگر با کیفیت روغن خوراکی دارای عملکرد دانه ۴۲۹-۲۶۵۱ کیلوگرم در هکتار بوده، و حدود ۶۴٪ ژنوتیپ‌ها بین ۱۵۰۰ تا ۲۶۰۰ کیلوگرم در هکتار عملکرد دانه داشتند (جداول ۳ و ۴). عملکرد دانه در ژنوتیپ‌های با کیفیت روغن صنعتی نیز بین ۷۷۹ تا ۲۳۸۹ کیلوگرم در هکتار متغیر بود، و ۱۱ ژنوتیپ از ۱۳ ژنوتیپ ارزیابی شده عملکرد دانه بیش از ۱۵۰۰ کیلوگرم در هکتار داشتند. حداقل عملکرد دانه در گروه با کیفیت روغن صنعتی متعلق به یک توده بومی بود. توده بومی دیگر نیز عملکرد دانه ۱۴۰۴ کیلوگرم در هکتار داشت. عملکرد نسبتاً کم این دو توده را می‌توان به دلیل عدم انجام به‌نژادی و خوابیدگی شدید در آنها دانست. یادآوری می‌نماید که سه ژنوتیپ به کار رفته در این بررسی به نام‌های سام، فلاندرز، و باربارا با کیفیت روغن صنعتی از ارقام اصلاح شده کانادایی می‌باشند، که میانگین عملکرد دانه آنها در کانادا ۱۶۷۲ کیلوگرم در هکتار (۳۰) و در این آزمایش ۱۷۸۲ کیلوگرم در هکتار بوده است.

نتایج تجزیه رگرسیون (جدول ۵) نشان داد که شمار کپسول در گیاه، شمار دانه در کپسول و وزن ۱۰۰ دانه به طور معنی‌دار در تعیین عملکرد دانه گیاه نقش داشته‌اند. در میان این اجزا، شمار کپسول درگیاه بیشترین، و وزن ۱۰۰ دانه کمترین تأثیر را در عملکرد دانه دارا بوده‌اند. با توجه به ضرایب تشخیص در تجزیه رگرسیون، شمار کپسول در گیاه به تنهایی ۸۷٪ و با شمار دانه در کپسول ۹۴٪ و هر سه جزء ۹۶٪ تغییرات در عملکرد دانه گیاه را توجیه نموده‌اند.

ضریب هم‌بستگی بسیار زیاد و معنی‌دار میان شمار کپسول در گیاه و عملکرد دانه گیاه (r=۰/۹۳**)، ضریب هم‌بستگی کم میان عملکرد دانه در گیاه و شمار دانه در کپسول (r=۰/۲۴*)، و عدم وجود هم‌بستگی معنی‌دار میان عملکرد دانه در گیاه و وزن صد دانه (جدول ۶) نیز با نتایج حاصل از تجزیه رگرسیون و نتایج حاصل از پژوهش‌های دیگر، مبنی بر این که شمار کپسول در گیاه مهم‌ترین جزء عملکرد دانه در بزرک است، هم‌خوانی دارد (۳، ۲۲ و ۳۲). پتیل و همکاران (۱۹) نیز در یک بررسی نشان دادند که شمار کپسول در گیاه، شمار دانه در کپسول و وزن هزار دانه آثار مثبت و مستقیمی بر عملکرد دانه در بزرک دارند، ولی شمار کپسول در گیاه مهم‌ترین نقش را در تعیین عملکرد دانه در گیاه داشته است. لیتچ و ساهی (۱۸) نیز در پژوهش خود چنین نتیجه‌گیری نمودند که تفاوت‌های عملکرد دانه در آزمایش آنها بیشتر ناشی از تفاوت تولید کپسول در گیاه بوده، و شمار دانه در کپسول و وزن دانه به طور چشم‌گیر اثر کمتر بر عملکرد دانه داشته‌اند.

در این آزمایش ضرایب هم‌بستگی زیاد و معنی‌دار میان شمار انشعابات پایه‌ای و شمار کپسول در گیاه (r=۰/۷۹**) و میان شمار انشعابات پایه‌ای و عملکرد دانه در گیاه (r=۰/۷۷**)، گویای این نکته است که افزایش شمار انشعاب در گیاه موجب افزایش شمار کپسول و نتیجتاً افزایش عملکرد دانه در گیاه گردیده است. تراکم گیاهی در میزان انشعاب‌دهی گیاه بزرک تأثیر می‌گذارد، به طوری که در تراکم‌های گیاهی کمتر، فضای کافی در اختیار گیاه قرار خواهد گرفت، و این منجر به رشد بهتر گیاه و افزایش شمار انشعابات، و نهایتاً شمار کپسول در گیاه خواهد شد (۱۸).

در این پژوهش عملکرد دانه در گیاه به طور معنی‌دار هم‌بستگی منفی با شمار گیاه در واحد سطح (r=-۰/۶۶**) داشت. این هم‌بستگی نشان می‌دهد که با افزایش تراکم گیاهی عملکرد دانه در گیاه کاهش یافته است. ضرایب هم‌بستگی زیاد و منفی میان تراکم گیاهی و شمار انشعابات پایه‌ای (r=-۰/۷۵**)، و نیز میان تراکم گیاهی و شمار کپسول در گیاه (r=-۰/۷۲**) نشان می‌دهد که در تراکم‌های زیاد، گیاه قدرت انشعاب‌دهی و تولید کپسول کمتر داشته، و این منجر به کاهش عملکرد دانه در گیاه گردیده است (۳). هم‌چنین، نبود هم‌بستگی معنی‌دار میان تراکم گیاهی و وزن صد دانه و شمار دانه در کپسول گویای این نکته است که در ژنوتیپ‌های با تراکم گیاهی زیاد این دو جزء عملکرد دانه قادر به جبران اثر کاهش شمار کپسول در گیاه نگردیده، و تراکم گیاهی بیشتر از طریق تأثیر بر شمار کپسول در عملکرد دانه گیاه تأثیر داشته است.

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۵. نتایج تجزیه رگرسیون گام به گام عملکرد دانه در گیاه روی اجزای عملکرد

ضریب تشخیص	مدل
R^2=۰/۸۷	(۱) $y=-۰/۰۰۷۰۰۶+۰/۰۲۶۳ x_1$
R^2=۰/۹۴	(۲) $y=-۱/۰۸۹۶۸۱+۰/۰۲۶۶۵ x_1+۰/۱۹۸ x_2$
R^2=۰/۹۶	(۳) $y=-۲/۳۷۷۰۱۴+۰/۰۲۶۹۵ x_1+۰/۲۱۱ x_2+۰/۱۵۸ x_3$

x_3 = وزن ۱۰۰ دانه x_2 = شمار دانه در کپسول x_1 = شمار کپسول در گیاه y = عملکرد دانه در گیاه (گرم)

جدول ۶. ضرایب هم‌بستگی فنوتیپی میان صفات زراعی و اجزای عملکرد دانه

صفت	۱	۲	۳	۴	۵	۶	۷	۸	۹	۱۰
۱. شمار گیاهچه در واحد سطح	۱									
۲. شمار روز تا ۵۰٪ گل‌دهی	-۰/۴۶**	۱								
۳. شمار روز تا رسیدگی	-۰/۳۱**	۰/۴۱**	۱							
۴. ارتفاع گیاه	۰/۱۲	۰/۲۴*	۰/۲۳*	۱						
۵. شمار انشعاب اولیه در گیاه	-۰/۷۵**	۰/۴۹**	۰/۴۴**	۰/۱۱	۱					
۶. شمار کپسول در گیاه	-۰/۷۲**	۰/۳۰**	۰/۴۱**	۰/۰۴	۰/۷۹**	۱				
۷. شمار دانه در کپسول	-۰/۰۱	-۰/۰۴	-۰/۲۲*	-۰/۰۵	۰/۱۰	-۰/۰۴	۱			
۸. وزن ۱۰۰ دانه	۰/۱۸	-۰/۱۱	-۰/۰۴	۰/۱۷	-۰/۰۷	-۰/۰۷	-۰/۱۳	۱		
۹. عملکرد دانه در گیاه	-۰/۶۶**	۰/۲۴**	-۰/۳۴**	۰/۰۸	۰/۷۷**	۰/۹۳**	۰/۲۴*	۰/۰۴	۱	
۱۰. عملکرد دانه در واحد سطح	۰/۳۹**	-۰/۳۳**	-۰/۲۲*	۰/۲۰	-۰/۳۶**	-۰/۲۱*	-۰/۱۰	۰/۰۸	-۰/۱۸	۱

در پژوهش‌های دیگر نیز این طور نتیجه‌گیری گردیده است که تفاوت تراکم گیاهی تأثیر بسزایی بر شمار کپسول در گیاه، و اثر ناچیز بر شمار دانه در کپسول و اندازهٔ دانه داشته است (۳). گیاه بزرگ توانایی بسیاری در تولید انشعاب دارد، و در تراکم‌های کم، که فضای بیشتری در اختیار گیاه می‌باشد، می‌تواند انشعاب بیشتری تولید نماید (۱۱). هم‌چنین، در این آزمایش هم‌بستگی چندانی میان عملکرد دانه در واحد سطح و تراکم گیاهی (r=۰/۳۹**) مشاهده نگردید، و میزان تنوع در میان ژنوتیپ‌ها برای عملکرد دانه به مراتب از میزان تنوع شمار گیاهچه در واحد سطح کمتر بود. بنابراین، می‌توان نتیجه گرفت که تفاوت‌های تراکم گیاهی نقش بسیار زیادی در ایجاد تنوعات عملکرد دانه نداشته است، و این به دلیل توانایی تولید انشعاب در گیاه بر اساس فضای موجود اطراف آن می‌باشد (۹ و ۱۱).

توان تولید انشعاب در گیاه بزرگ موجب می‌شود که این گیاه در تراکم‌های متفاوت عملکرد نسبتاً یکسان داشته باشد (۲۳). نتیجه این بررسی با نتایج پژوهش‌های دیگر نویسنده، مبنی بر این که تنوعات ناشی از تراکم بوته نقش بنیادین در ایجاد تنوع عملکرد دانه در این گیاه نداشته است، نیز هم‌خوانی دارد (۳۰). توانایی تولید عملکرد دانه نسبتاً یکسان در تراکم‌های بوته متفاوت در بزرگ از طریق تولید کپسول در گیاه انجام می‌گردد. در شرایطی که علف‌های هرز به خوبی کنترل شوند، گیاه بزرگ توان جبران کنندگی عملکرد دانه خوبی دارد. ولی با توجه به قدرت رقابت کم گیاه با علف‌های هرز، و کاهش قدرت جبران کنندگی آن در شرایط وجود علف‌های هرز زیاد، تراکم بوته زیاد

www.SID.ir

Archive of SID

منجر به کاهش رشد علف‌های هرز، و نهایتاً افزایش تولید کپسول و عملکرد دانه در واحد سطح خواهد شد (۳).

در بررسی حاضر ضرایب هم‌بستگی زیاد میان عملکرد دانه در واحد سطح و اجزای عملکرد حاصل نگردید (جدول ۶). علت را می‌توان وجود روابط مثبت و منفی مستقیم و غیرمستقیم میان اجزای عملکرد دانه در گیاه و هم‌چنین تراکم بوته دانست. هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار عملکرد دانه در واحد سطح و تراکم بوته ($r=0/39^{**}$) دلالت بر این دارد که به منظور افزایش عملکرد در واحد سطح، داشتن تراکم بوته مطلوب باید مورد توجه قرار گیرد. گیاه بزرک به رغم داشتن قدرت جبران عملکرد زیاد از طریق شمار کپسول در گیاه، در تراکم‌های گیاهی زیر حد بحرانی دچار کاهش عملکرد خواهد شد. بنابراین، میزان توانایی و واکنش جبرانی گیاه بستگی به تراکم بوته دارد (۱۸).

به رغم معنی‌دار بودن برخی ضرایب هم‌بستگی میان صفات دیگر، مقادیر آنها چشم‌گیر نبود (جدول ۶)، ولی به طور کلی ضرایب به دست آمده در این پژوهش با پژوهش‌های دیگر (۳، ۲۲ و ۳۲) هم‌خوانی دارد. در این آزمایش هم‌بستگی نسبتاً کم، منفی و معنی‌دار ($r=-0/31^{**}$) میان شمار گیاهچه در واحد سطح و شمار روز تا رسیدگی دیده شد. هم‌بستگی منفی این دو صفت را می‌توان این طور توجیه نمود که بیشتر ژنوتیپ‌های به کار رفته در این پژوهش دارای رنگ بذر زرد و نتیجتاً دارای بنیه بذر و میزان سبز شدن پایین بوده‌اند (۳۰ و ۳۱). بنیه بذر کم موجب ایجاد مشکلات سبز شدن و استقرار گیاهچه و احتمالاً افزایش دوره رشد گیاه می‌گردد. از سویی، تراکم بوته کم نیز موجب استمرار تولید ساقه‌های جانبی و فرعی در گیاه، و نهایتاً افزایش دوره رشد و نایک‌نواختی رسیدگی می‌گردد. در پژوهشی که توسط رائو و سینگ (۲۲) انجام گردید، این ضریب هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار ($r=0/34^{**}$)، ولی در پژوهش دیگر این ضریب منفی ($r=-0/52^{**}$) گزارش گردیده است (۳).

در این بررسی وجود هم‌بستگی مثبت و معنی‌دار میان دوره رشد گیاه و شمار انشعابات اولیه در گیاه ($r=0/44^{**}$) و شمار کپسول در گیاه ($r=0/41^{**}$) گویای این نکته است که با افزایش دوره رشد گیاه، این دو صفت نیز به عنوان اجزای اصلی عملکرد دانه در گیاه گرایش به افزایش داشته‌اند. ولی دوره رسیدگی با عملکرد دانه در گیاه هم‌بستگی منفی و نسبتاً کم ($r=-0/34^{**}$) نشان داد. این هم‌بستگی بیان می‌کند که دیررسی نسبتاً با کاهش عملکرد دانه در گیاه همراه بوده است. این ارتباط می‌تواند ناشی از وجود روابط منفی میان دوره رسیدگی و دیگر اجزای عملکرد، همچون شمار دانه در کپسول و وزن دانه باشد. احتمالاً با توجه به تاریخ کاشت در این آزمایش، دیررسی موجب هم‌زمانی دوره رشد زایشی و پر شدن دانه با هوای گرم، و نتیجتاً باعث کاهش شمار دانه در کپسول، وزن دانه و عملکرد دانه در گیاه گردیده است. در آزمایش‌های دیگر یک هم‌بستگی منفی میان دوره رسیدگی و شمار کپسول در واحد سطح (۳)، و هم‌بستگی مثبت میان دوره رسیدگی و عملکرد دانه در گیاه (۲۲) گزارش گردیده است.

به طور کلی، با توجه به وجود تنوع ژنتیکی زیاد برای صفات زراعی در این پژوهش، می‌توان از طریق گزینش و برنامه‌های به‌نژادی، ارقام مناسب و مطلوب را از لحاظ عملکرد دانه بیشتر و صفات دیگر تهیه نمود. با توجه به متفاوت بودن والدین ژنوتیپ‌های مورد ارزیابی، وجود تنوع ژنتیکی برای صفات در این پژوهش نیز قابل توجیه بوده، و بیشتر این تنوعات را می‌توان ناشی از عوامل ژنتیکی دانست. نتایج این بررسی نشان می‌دهد که این گیاه می‌تواند ظرفیت نسبتاً خوبی برای عملکرد دانه در منطقه داشته باشد. هم‌چنین، نتایج نشان می‌دهد که در برنامه‌های به‌نژادی به منظور افزایش عملکرد دانه، می‌توان از اجزای آن نیز به عنوان شاخص گزینش بهره برد. در این آزمایش شمار کپسول در گیاه، و نهایتاً شمار کپسول در واحد سطح از اجزای اصلی و مهم عملکرد دانه در بزرک تعیین گردید. بنابراین، می‌توان در برنامه‌های به‌نژادی از بهبود این صفت برای بهبود عملکرد دانه در واحد سطح استفاده نمود. در گزارش‌های دیگر نیز چنین آمده است که افزایش شمار کپسول و نهایتاً شمار بذر در واحد سطح، می‌توانند به عنوان شاخص‌های

www.SID.ir

Archive of SID

گزینش به منظور افزایش عملکرد دانه و تولید ارقام با عملکرد زیاد در برنامه‌های به‌نژادی مورد استفاده قرار گیرند (۲۲ و ۳۲).

سپاسگزاری

کلیه هزینه‌ها و امکانات اجرایی این طرح توسط حوزه معاونت پژوهشی دانشگاه صنعتی اصفهان تأمین گردیده، که بدین وسیله صمیمانه تشکر و قدردانی می‌گردد. هم‌چنین از دکتر گردون رولند در دانشگاه ساسکاچوان کانادا نیز به خاطر تأمین بخشی از مواد ژنتیکی مورد استفاده در این پژوهش بسیار تشکر و سپاسگزاری می‌گردد.

منابع مورد استفاده

۱. خواجه پور، م. ر. ۱۳۷۰. *تولید نباتات صنعتی*. انتشارات جهاد دانشگاهی صنعتی اصفهان.

۲. کریمی، م. ۱۳۶۶. *آب و هوای منطقه مرکزی ایران*. انتشارات دانشگاه صنعتی اصفهان.

3. Albrechtsen, R. S. and C. D. Dybing. 1973. Influence of seeding rate upon seed and oil yield and their components in flax. Crop Sci. 13: 277-280.

4. Anderson, R. 1994. Linola might repeat Canol's rags-to-riches story. Prophyta 2: 36-38.

5. AOSA. 1983. Seed Vigour Testing Handbook. Association of Official Seed Analysts, Published by the Association.

6. Atlin, G. N., E. O. Kenadchuk and D. J. Lockwood. 1992. Single-row plots for agronomic evaluation of flax (*Linum usitatissimum* L.) lines. Can. J. Plant Sci. 72: 997-1000.

7. Bhatty, R. S. 1995. Nutrient composition of whole flax seed and flax seed meal. PP. 23-42. *In*: S. C. Cunnane and L. U. Thompson (Eds.), Flax Seed in Human Nutrition. AOCS Press, Champaign, Illinois.

8. Bhatty, R. S. and G. G. Rowland. 1990. Measurement of α-linolenic acid in the development of edible oil flax. J. Am. Oil Chem. Soc. 67: 364-367.

9. Dillman, A. C. and J. C. Brinsmade. 1938. Effect of spacing on the development of the flax plant. Agron. J. 30: 267-273.

10. Flax Council of Canada. 1994. Flax Focus. The Flax Council of Canada, Winnipeg, MB.

11. Forsyth, D. D. and O. A. Vogel. 1945. Effect of seed coat injuries during threshing on emergence of flax seedlings. J. Am. Soc. Agron. 37: 387-393.

12. Green, A. G. 1986. A mutant genotype of flax *(Linum usitatissimum* L.) containing very low levels of linolenic acid in its seed oil. Can. J. Plant Sci. 66: 499-503.

13. Green, A. G. 1986. Genetic control of polyunsaturated fatty acid biosynthesis in flax *(Linum usitatissimum* L.) seed oil. Theor. Appl. Genet. 72: 654-661.

14. Green, A. G. 1986. Genetic conversion of linseed oil from industrial to edible quality. Dis. Plant Breed. Symp. 1986. N. Z. Agron. Soc., Special Pub. No. 5, P. 266-269.

15. Green, A. G. and J. C. P. Dribnenki. 1995. Breeding and development of LINOLA (low linolenic flax). FAO-proc. 3rd Inter. Flax Breeding Research Group, France.

16. Green, A. G. and D. R. Marshall. 1984. Isolation of induced mutants in linseed *(Linum usitatissimum* L.) having reduced linolenic acid content. Euphytica 33: 321-328.

17. Kenaschuk, E. O. and K. Y. Rashid. 1993. AC linola flax. Can. J. Plant Sci. 73: 839-841.

18. Leitch, M. H. and F. Sahi. 1999. The effect of plant spacing on growth and development in linseed. Ann.

www.SID.ir

Archive of SID

Appl. Biol. 135: 529-534.

19. Patil, V. D., P. R. Chopde and V. G. Makne. 1986. Studies on interrelationships between yield and yield components in intervarietal crosses of linseed (*Linum usitatissimum*). Acta-Agronomica-Hungarica 35: 129-132.
20. Poehlman, J. M. and D. A. Sleper. 1995. Breeding Field Crops. Iowa State Univ. Press, Ames, Iowa.
21. Ralph, W. 1992. A major new oilseed. Rur. Res. 157: 4-7.
22. Rao, S. K. and S. P. Singh. 1983. Analysis of yields factors in segregating populations and their implications in selection of flax *(Linum usitatissimum)*. Can. J. Genet. Cytol. 25: 495-501.
23. Robinson, R. G. 1949. The effect of flax stand on yields of flax seed, flax straw and weeds. Agron. J. 41: 483-484
24. Rowland, G. G. 1991. An EMS-induced low linolenic acid mutant in McGregor flax *(Linum usitatissimum* L.). Can. J. Plant Sci. 71: 393-396.
25. Rowland, G. G. 1994. Edible oil flax. New uses for old crop. PBI Bulletin (August 1994), Published by Plant Biotechnol. Inst., Saskatoon, Canada.
26. Rowland, G. G. and R. S. Bhatty. 1990. Ethyl methanesulphonate induced fatty acid mutations in flax. J. Am. Oil Chem. Soc. 67: 213-214.
27. Rowland, G. G. and R. S. Bhatty. 1987. Vimy flax. Can. J. Plant Sci. 67: 245-247
28. Rowland , G. G., E. O. Kenaschuk and R. S. Bhatty. 1990. Somme flax. Can. J. Plant Sci. 70: 545-546.
29. Rowland, G. G., A. McHughen, L. V. Gusta, R. S. Bhatty, S. L. Mackenzie and D. C. Taylor. 1995. The application of chemical mutagenesis and biotechnology to the modification of linseed *(Linum usitatissimum* L.). Euphytica 85: 317-321.
30. Saeidi, G. and G. G. Rowland. 1999. Seed colour and linolenic acid effects on agronomic traits in flax. Can. J. Plant Sci. 79: 521-526.
31. Saeidi, G. and G. G. Rowland. 1999. The effect of temperature, seed colour and linolenic acid concentration on germination and seed vigour in flax. Can. J. Plant Sci. 79: 315-316.
32. Tadesse, N., C. Lay and C. D. Dybing. 1997. Comparative seed yield performance of high-by-high and low-by-high crosses in flax. Plant Breed. 116: 561-566.

www.SID.ir