Archive of SID

"نهال و بذر"
جلد ۱۸، شماره ٤، اسفند ۱۳۸۱

توارث اسید اروسیک در کلزا (*Brassica napus* L.)*

Inheritance of Erucic Acid in Rapeseed (*Brassica napus* L.)

سید سعید پورداد و جی. ان. ساچان

دانشگاه کشاورزی و تکنولوژی جی بی پانت، هندوستان

تاریخ دریافت: ۸۰/۹/۱

چکیده

پورداد، س. س.، و ساچان، جی. ان. ۱۳۸۱. توارث اسید اروسیک در کلزا (*Brassica napus* L.). **نهال و بذر** ۱۸: ٤۱٦-٤۰۵.

به منظور تعیین تعداد ژن‌های کنترل‌کننده اسید اروسیک و درک نحوه اثر این ژن‌ها در کلزا (*Brassica napus* L.) دو رقم کلزا فاقد اسید اروسیک با چهار رقم دیگر که دارای سطوح مختلف اسید اروسیک از ٤/۵٪ تا ٤٦/۵٪ بودند، تلاقی داده شدند. میزان اسید اروسیک نتاج حاصل از این تلاقی‌ها F_1 ها و تلاقی‌های متقابل) حدواسط والدین بود. این موضوع نشان داد که توارث اسید اروسیک توسط ژن‌های هسته کنترل شده و اثرات مادری وجود ندارد. میزان اسید اروسیک در بذرهای نسل F_2 به پنج کلاس ۲٪ >، ۱٦٪-۲٪، ۳۲٪-۱٦٪، ٤٤٪-۳۲٪ و ٤٤٪ < گروه‌بندی شد که دارای نسبت ۱:٤:٦:٤:۱ بود. نسل تلاقی برگشتی با والد فاقد اسید اروسیک از نظر اسید اروسیک به سه کلاس ۲٪ >، ۱٦٪-۲٪ و ۳۲٪-۱٦٪ با نسبت‌های ۱:۲:۱ تفکیک شد. از طرف دیگر نسل تلاقی برگشتی با والد دارای بیشترین اسید اروسیک به سه کلاس ۳۲٪-۱٦٪، ٤٤٪-۳۲٪ و ٤٤٪< با نسبت‌های ۱:۲:۱ تفکیک شدند. الگوی تفکیک در نسل‌های F_2 و BC_1، نشان داد که میزان اسید اروسیک در کلزا با دو ژن مستقل کنترل می‌شود که دارای اثرات افزایشی هستند. تجزیه ادغام شده داده‌ها نیز نتایج فوق را تأیید نمود. سهم آلل‌های این دو ژن یکسان نبود و آلل‌های E_1 و E_2 در این بررسی معادل آلل‌های E^a و E^b بود که قبلا توسط محققان دیگر گزارش شده است.

واژه‌های کلیدی: کلزا، اسید اروسیک، توارث.

مقدمه

یکی از مهم‌ترین خصوصیات روغن کلزا، وجود اسید اروسیک (Erucic acid) می‌باشد (Gopalan *et al.*, 1974; Ackman *et al.*, 1977). این اسید چرب عمدتا در گیاهان جنس براسیکا (Brassica) وجود دارد. از نقطه‌نظر غذایی، مقادیر کم اسید اروسیک مطلوب است (Renarid and McGregor, 1976). از طرف دیگر مقادیر بالای این اسید چرب در روغن‌های

* قسمتی از رساله دکتری نگارنده اول که به گروه ژنتیک و اصلاح نباتات دانشگاه جی بی پانت، هندوستان ارائه شده است.

www.SID.ir

Archive of SID

صنعتی مورد توجه می‌باشد. آزمایش‌های تغذیه‌ای بر روی حیوانات نشان داده است که روغن کلزا با اسید اروسیک بالا باعث ایجاد عوارض قلبی، کاهش طول عمر و افزایش کلسترول خون می‌شود (Renarid and McGregor, 1976). یافتن گیاهانی از کلزا که تقریبا عاری از اسید اروسیک هستند این امکان را فراهم کرده است که کیفیت روغن کلزا بهبود یابد. بررسی‌های ژنتیکی مختلف بر روی توارث اسید اروسیک در گونه آمفی دیپلوئید *B. napus* (۲n = ۳۸) آشکار ساخت که این صفت در کنترل ژن‌های هسته می‌باشد. داونی و کرایگ (Downey and Graig, 1964) اعلام نمودند که در کلزا (*B. napus*)، اسید اروسیک به وسیله دو ژن با اثر افزایشی کنترل می‌شود. این نتایج همچنین در *B. juncea* (Kirk and Hurlstone,1983) و *B. carinata* (Getinet *et al.*, 1996) تأیید شده است. اما پژوهشگران دیگر نتایج مختلفی را در این مورد گزارش نموده‌اند. کرزیمانسکی و داونی (Krzymanski and Downey, 1969) پیشنهاد کردند که یک ژن میزان اسید اروسیک را در کلزای پاییزه کنترل می‌کند. کای و همکاران (Qi *et al.*, 1993) نیز دریافتند که یک ژن مسئول توارث اسید اروسیک در کلزا(*B. napus*) می‌باشد. جانسون (Jonsson, 1977 a, b, 1978) گزارش نمود که میزان اسید اروسیک به وسیله یک، یک یا دو و دو مکان ژنی کنترل می‌شود که به ترتیب مسئول ۵ تا ۱۰٪، ۱۰ تا ۳۵٪ و بیش از ۳۵٪ اسید اروسیک هستند. وجود آلل‌های چندگانه در هر مکان ژنی به وسیله تعدادی از محققین گزارش شده است. آناد و دوانسی (Anad and Downey, 1981) گزارش نمودند که حداقل پنج ژن (e، E^a، E^b، E^c و E^d) در جنس براسیکا شناسایی شده‌اند که توارث اسید اروسیک را کنترل می‌کنند که هر کدام به ترتیب مسئول ساخت ۰، ۱۰، ۱۵، ۳۰ و ۳۵ درصد اسید اروسیک هستند.

هدف از این بررسی تعیین نحوهٔ توارث اسید اروسیک در جمعیت‌های در حال تفکیک حاصل از تلاقی‌های بین‌والدین فاقد اسید اروسیک و دارای اسید اروسیک بالا در کلزا (*B. napus*) است.

مواد و روش‌ها

در این بررسی شش ژنوتیپ بهارهٔ کلزا (*B. napus*) شامل دو ژنوتیپ فاقد اسید اروسیک GSC3A00 و Hyola401 همراه با چهار ژنوتیپ HNS-9801، HNS-9802، TERI (OE) R-983 و NPN-01 به ترتیب دارای ٤/٥٦٪، ۱۳/۱۳٪، ۳۳/۷۱٪ و ٤٦/٥٪ اسید اروسیک گزینش شدند. لاین‌های TERI(OE)R983 و Hyola401 زودرس، لاین‌های HNS9802 و NPN01 متوسط و سایر لاین‌ها دیررس بودند. تمامی تلاقی‌های ممکن (شامل تلاقی‌های متقابل) بین دو ژنوتیپ فاقد

www.SID.ir

Archive of SID

اسید اروسیک و ٤ ژنوتیپ دیگر در سال زراعی ۹۹-۱۹۹۸ انجام شد. تفاوت بین میزان اسید اروسیک در نتاج نسل F_1 و تلاقی‌های متقابل به وسیله آزمون t انجام شد و بر اساس این آزمون، تلاقی‌های متقابل حذف شدند و نتاج حاصل از دو تلاقی Hyola401 × NPN-01 و GSC3A00 × NPN-01 که یکی از والدین فاقد اسید اروسیک و دیگری دارای مقادیر بالای این اسید چرب است، برای ادامهٔ بررسی انتخاب گردیدند. به منظور تولید تلاقی برگشتی‌های BC_1 و BC_2 بوته‌های نسل F_1 به ترتیب با والدین فاقد اسید اروسیک و دارای اسید اروسیک بالا تلاقی داده شدند. بذرهای نسل F_2 نیز با خودگشنی نسل F_1 در سال زراعی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ به دست آمدند. بذر نسل‌های در حال تفکیک از نظر ترکیبات اسیدهای چرب به وسیلهٔ روش تک‌دانه (Single Seed Technique) تجزیه و استخراج روغن از طریق روش تغییر یافتهٔ هوگن و بودو (Hougen and Bodo, 1973) انجام شد. میزان ترکیبات اسیدهای چرب به صورت درصدی از کل اسیدهای چرب محاسبه شد. برای تفکیک و اندازه‌گیری اسیدهای چرب از روش گاز کروماتوگرافی و دستگاه HP5890 سری II استفاده شد. درجه حرارت‌های مورد استفاده در گاز کروماتوگرافی شامل ستون موئین ۲۵۰ °C، آشکارساز ۲۸۰ °C و تزریق کننده ۲٦۰ °C بود.

برآورد تعداد عوامل مؤثر (ژن‌ها) از روش کلی خصوصیات آماری توزیع و با استفاده از روش پیشنهادی لند (Lande, 1981) انجام شد. در این روش فرمول اساسی به صورت زیر است:

$$n_E = (\mu_{P2} - \mu_{P1}) / 8\sigma_S^2$$

به طوری که:

n_E = حداقل تعداد عوامل ژنتیکی (ژن‌ها)

P_1 و P_2 = والد اول و دوم

μ = میانگین فنوتیپی

σ_S^2 = واریانس تفکیک

واریانس تفکیک به وسیلهٔ فرمول‌های زیر برآورد شد:

$$\sigma_S^2 = 2\sigma_{F2}^2 - \sigma_{Bc1}^2 + \sigma_{Bc2}^2$$

برای محاسبهٔ خطای استاندارد نیز از فرمول زیر استفاده شد:

$$Var[\sigma_S^2] \cong 8\sigma_{F2}^4 / N_{F2} + 2\sigma_{BC1}^4 / N_{BC1} + 2\sigma_{BC2}^4 / N_{BC2}$$

نتایج و بحث

میزان اسید اروسیک در نسل F_1 و تلاقی‌های متقابل حدواسط والدین مربوطه بود (جدول‌های ۱ و ۲). تفاوت بین اسید اروسیک در نسل F_1 و نتاج حاصل از تلاقی متقابل غیرمعنی‌دار بود، بنابراین نتاج تلاقی متقابل حذف شدند. در بین نسل‌های F_1 نیز تنها نتاج حاصل از تلاقی بین والدین فاقد اسید اروسیک و والدین دارای بیشترین میزان این اسید چرب انتخاب شدند و نسل‌های در حال تفکیک تنها از این دو تلاقی به دست آمدند.

با استفاده از داده‌های به دست آمده از نسل‌های مختلف، تعداد ژن‌های کنترل‌کنندهٔ

www.SID.ir

Archive of SID

اسید اروسیک در هر یک از تلاقی‌ها به طور جداگانه محاسبه گردید. این برآورد در تلاقی Hyola401 × NPN-01 برابر ۱/۲ ژن و در تلاقی GSC3A00 × NPN-01 برابر ۱/٦ ژن بود (جدول ۳). خطای استاندارد برای این برآوردها بالا بود، اما بعد از انجام تبدیل داده‌ها از طریق تبدیل لگاریتمی Log (X + ۱۰/۲۵) این خطا به حداقل رسید و برآورد تعداد ژن‌ها در هر دو تلاقی برابر ۲/۰۳ ژن با خطای استاندارد ۰/۰۱۰ و ۰/۰۱٤ محاسبه گردید.

در تلاقی Hyola401 × NPN-01 مقدار اسید اروسیک در ۱۲۸ تک بذر نسل F_2 در پنج کلاس با نسبت‌های ۱:٤:٦:٤:۱ گروه‌بندی شد (جدول ٤ و شکل ۱ـ الف) و با استفاده از آزمون کای‌اسکور مشخص گردید که این نسبت‌ها با نسبت‌های مورد انتظار اختلاف معنی‌داری نداشت. بنابراین نسل F_2 در این تلاقی نشان داد که دو ژن با اثرات افزایشی توارث اسید اروسیک را کنترل می‌کنند. در نسل‌های BC_1 و BC_2 از همین تلاقی اسید اروسیک به ترتیب در ٦٤ و ٦۰ تک بذر اندازه‌گیری شد (شکل ۱ـ ب و ج) و در سه کلاس با نسبت‌های ۱:۲:۱ گروه‌بندی شدند. آزمون کای‌اسکور در این نسل‌ها غیرمعنی‌دار بود و نتایج حاصل، فرضیه کنترل دو ژنی با اثرات افزایشی را تأیید نمود. در تلاقی GSC3A00 × NPN-01 میزان اسید اروسیک در ۹٦ بذر نسل F_2 و ٤۸ بذر نسل BC_1 به ترتیب در ۵ و ۳ کلاس، مشابه تلاقی قبلی گروه‌بندی شدند (شکل ۲ـ الف و ب). آزمون کای‌اسکور در این نسل‌ها نیز غیرمعنی‌دار بوده و نشان داد که فرضیه دو مکان ژنی با اثرات افزایشی ژن‌ها

جدول ۱ـ ترکیب اسیدهای چرب اصلی در والدین

Table 1. Main fatty acids compositions in parents

والدین Parents	Fatty acids (%) درصد اسیدهای چرب						
	16:0 پالمیتیک (Palmitic)	18:0 استاریک (Stearic)	18:1 اولئیک (Oleic)	18:2 لینولئیک (Linoleic)	18:3 لینولنیک (Linolenic)	20:1 ایکوسنویک (Eicosenoic)	22:1 اروسیک (Erucic)
HNS-9801	4.435	0.901	6.769	16.737	15.936	9.555	33.707
HNS-9802	4.708	1.660	45.422	14.991	7.570	12.601	13.131
GSC3A "00"	5.413	1.232	67.460	17.302	7.964	0.000	0.000
NPN-01	3.993	0.801	19.419	14.211	8.427	8.720	46.529
TERI (OE) R-983	5.323	0.754	58.913	14.824	6.224	9.401	4.557
HYOLA 401	3.799	2.099	73.167	13.332	5.995	1.309	0.000

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ۲ـ مقایسهٔ میانگین‌های میزان اسید اروسیک بین F_1 ها و تلاقی‌های متقابل

Table 2. Mean comparisons between F_1s and reciprocal crosses for amount of erucic acid

F_1 ♀	F_1 ♂	22:1 اروسیک اسید Erucic acid	تلاقی‌های متقابل Reciprocal crosses ♀	♂	22:1 اروسیک اسید Erucic acid	اختلاف Difference
HYOLA401	× HNS-9802	5.258	HNS-9802	× HYOLA 401	7.810	-2.552
HYOLA401	× GSC3A00	0.000	GSC3A00	× HYOLA 401	0.000	0.000
HYOLA401	× HNS-9801	21.562	HNS-9801	× HYOLA 401	23.509	-1.947
HYOLA401	× NPN-01	24.008	NPN-01	× HYOLA 401	18.186	5.822
HYOLA401	× TERI (OE) R-983	1.629	TERI (OE) R-983	× HYOLA 401	1.711	-0.082
GSC3A00	× HNS-9802	8.908	HNS-9802	× GSC3A00	8.313	0.595
GSC3A00	× HNS-9801	19.130	HNS-9801	× GSC3A00	16.792	2.338
GSC3A00	× NPN-01	23.825	NPN-01	× GSC3A00	20.331	3.494
GSC3A00	× TERI (OE) R-983	2.033	TERI (OE) R-983	× GSC3A00	2.750	-0.717

LSD در سطح احتمال ۵٪ و ۱٪ به ترتیب ۳/۶۹ و ۵/۳۶.

LSD at 5% and 1% probability levels are 3.69 and 5.36, respectively.

جدول ۳ـ اندازه نمونه (N)، میانگین (μ) و واریانس داده‌ها (σ^2) برای اسید اروسیک در نسل‌های F_2 و تلاقی‌های برگشتی

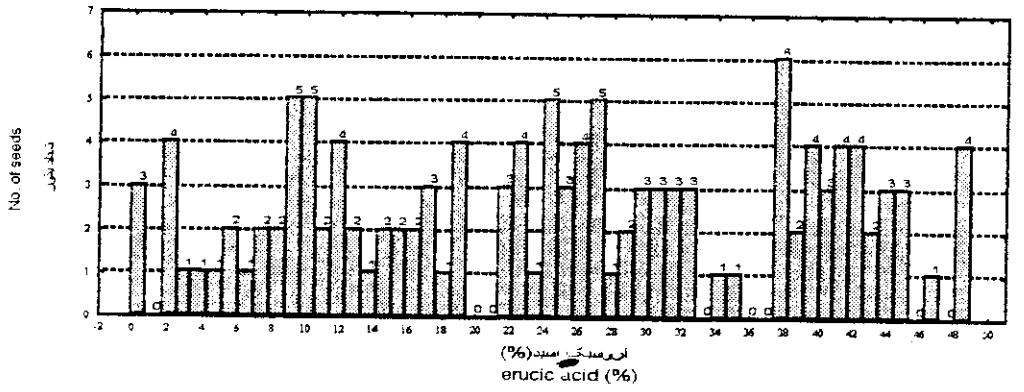
Table 3. Sample size (N), mean (μ) and variance (σ^2) for erucic acid in F_2 and backcrosses

نسل‌ها Generations	HYOLA401 × NPN-01 N	μ	σ^2	GSC3A "00" × NPN-01 N	μ	σ^2
F_2 ($F_1 \times F_1$)	128	24.925	190.148	96	21.558	174.908
BC_1 (F_1 × والد فاقد اسید اروسیک)	64	11.466	81.005	48	12.777	106.980
BC_1 (F_1 × والد دارای اسید اروسیک بال)	60	35.768	71.602	44	32.716	73.873
		σ_S^2 = 227.689			σ_S^2 = 168.963	
		n_{E1} = 1.2			n_{E2} = 1.6	

صحیح است. اما این آزمون در نسل BC_2 (شکل ۲ـ ج) معنی‌دار شد و نشان داد که فرضیهٔ دو ژنی در این نسل مورد تأیید نیست. نتایج حاصل از داده‌های ادغام شده مشابه نتایج تلاقی (GSC3A00 × NPN-01) بود (جدول ٤).

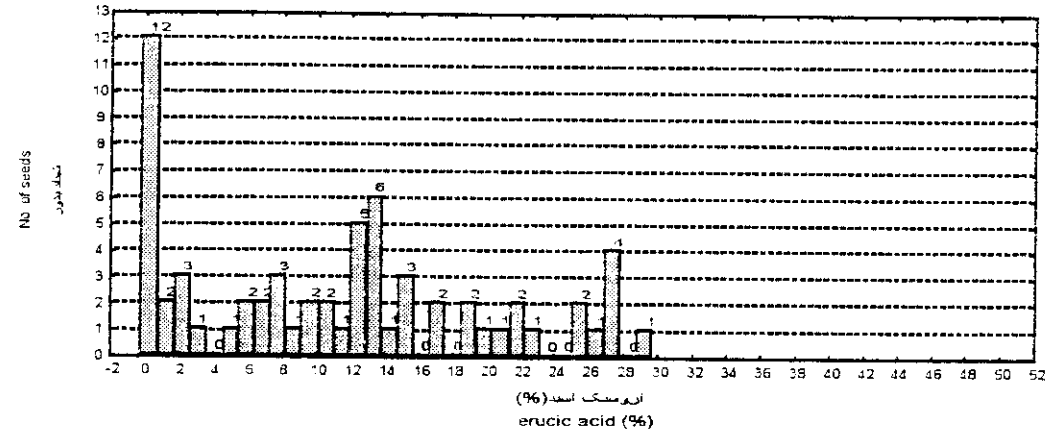
www.SID.ir

Archive of SID



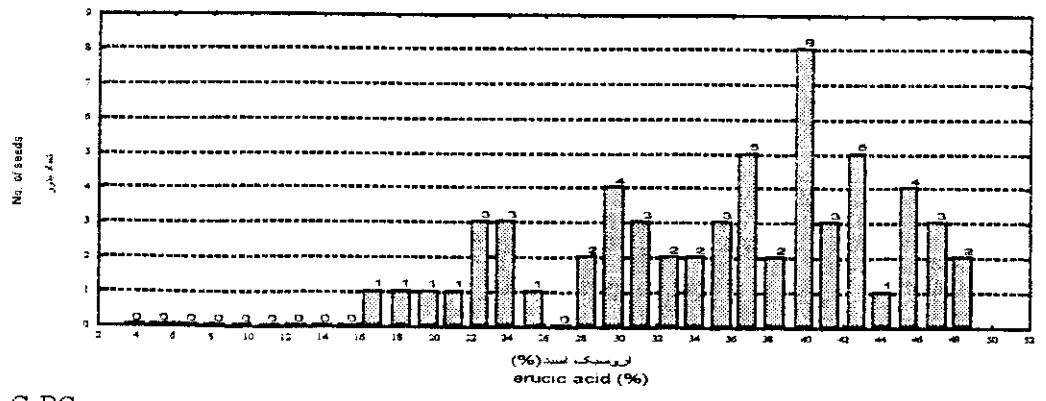
A: F_2

الف: F_2



B: BC_1

ب: BC_1



C: BC_2

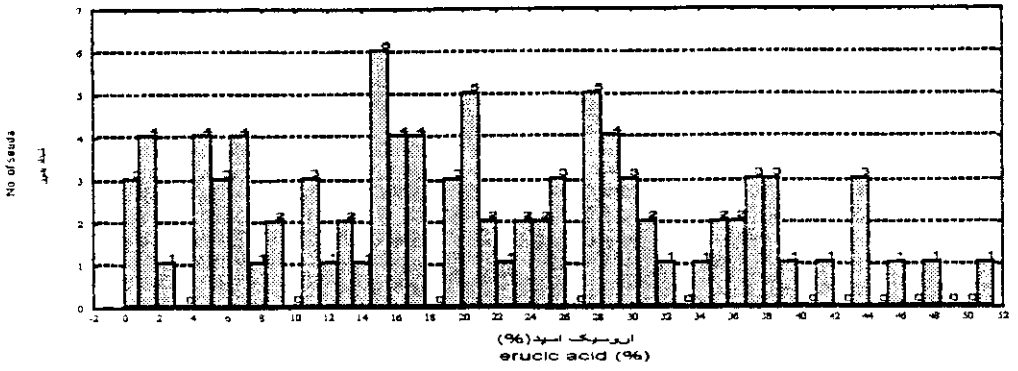
ج: BC_2

شکل ۱ـ توزیع فراوانی میزان اسید اروسیک در بذرهای الف: F_2 ب: BC_1 و ج: BC_2 در تلاقی (HYOLA 401 × NPN-01)

Fig. 1. Frequency distribution of erucic acid content in single seeds of A: F_2, B: BC_1 and C: BC_2 from HYOLA401 × NPN-01

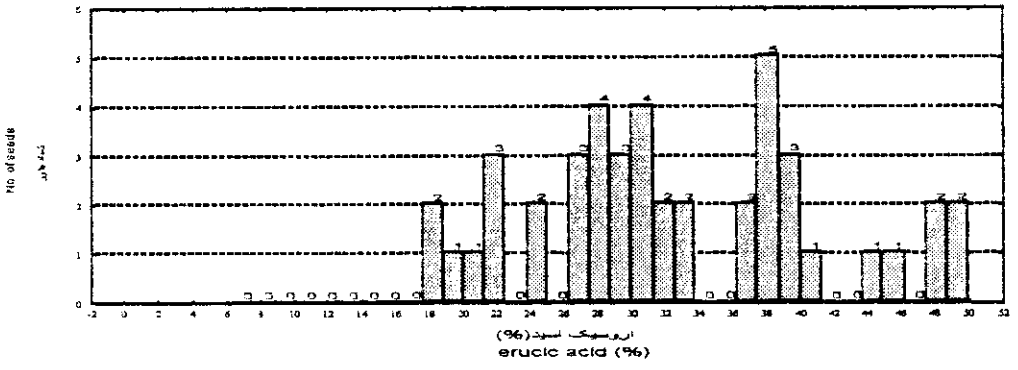
www.SID.ir

Archive of SID



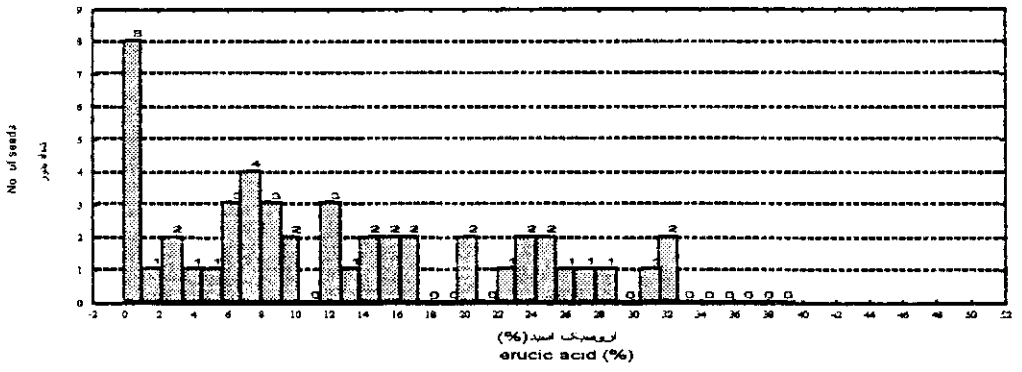
الف: F_2

A: F_2



ب: BC_1

B: BC_1



ج: BC_2

C: BC_2

شکل ۲ـ توزیع فراوانی میزان اسید اروسیک در بذرهای الف: F_2 ب: BC_1 و ج: BC_2 در تلاقی (GSC3A00 ×NPN-01)

Fig. 2. Frequency distribution of erucic acid content in single seeds of A: F_2, B: BC_1 and C: BC_2 from GSC3A00 × NPN-01

www.SID.ir

Archive of SID

جدول ٤ـ آزمون نسبت‌های فنوتیپی در نسل‌های مختلف برای تلاقی‌ها و داده‌های ادغام شده توسط کای‌اسکور

Table 4. Test of phenotypic ratios in different generations for two crosses and pooled data by chisquare

تلاقی‌ها و نسل‌ها Crosses and Generations		تعداد بذرها و درصد اسید اوریک در هر کلاس No. of seeds and erucic acid percent in each class					نسبت‌های مورد انتظار Expected ratios	X^2	سطح احتمال Probability level
		< 2	2-16	16-32	32-44	>44			
Hyola401 × NPN-01									
	F_2	5	35	47	30	11	1:4:6:4:1	2.677	0.75-0.50
	BC_1	15	32	17	---	---	1:2:1	0.125	0.95-0.90
	BC_2	---	---	20	30	10	1:2:1	3.333	0.25-0.10
GSC3A"00" × NPN-01									
	F_2	7	28	40	17	4	1:4:6:4:1	3.986	0.50-0.25
	BC_1	9	24	15	---	---	1:2:1	1.500	0.50-0.25
	BC_2	---	---	23	15	6	1:2:1	17.591	0.00
Pooled									
	F_2	12	63	87	47	15	1:4:6:4:1	2.79	0.75-0.50
	BC_1	24	56	32	---	---	1:2:1	1.14	0.75-0.50
	BC_2	---	---	43	45	16	1:2:1	15.9	0.00

ترکیب اسیدهای چرب در دو والد فاقد اسید اروسیک (Hyola401, GSC3A00) نشان داد که میزان اسید اولئیک در این دو والد به ترتیب ۷۳/۲ و ٦۷/٥ درصد و در والد دارای اسید اروسیک بالا (NPN-01) ۱۹/٤٪ بود. همبستگی منفی بین میزان اسیدهای چرب اولئیک و اروسیک در کلزا به وسیلهٔ آوجا و همکاران (Ahuja *et al.*, 1984)، سیبل و پاولس (Siebel and Pauls, 1989)، جتینت و همکاران (Getinet *et al.*, 1994) و رانی و همکاران (Raney *et al.*, 1995) گزارش شده است. بین این دو والد از نظر اسید ایکوسینویک تفاوت کمی مشاهده شد. بین ارقام مورد بررسی تنوع کمی از نظر اسیدهای چرب پالمیتیک، استئریک، لینولئیک و لینولنیک وجود داشت. میزان اسید اروسیک در نسل F_1 حد واسط والدین بود که این امر نشان داد توارث این اسید چرب توسط ژنوتیپ جنین کنترل می‌شود و ژن‌های مسئول این صفت فاقد اثرات غالبیت و یا دارای اثرات غالبیت جزیی هستند. این نتایج توسط هاروی و داونی (Harvey and Downey, 1964) و آناد و داونی (Anad and Downey, 1981) در

www.SID.ir

Archive of SID

B. napus و توسط دورل و داونی (Dorrell and Downey, 1964) در *B. rapa* و توسط کیرک و هارل استون (Kirk and Hurlstone, 1983) در *B. juncea* و توسط جتینت و همکاران (Jetinet *et al.*, 1996) در *B. carinata* گزارش شده است. نسبت فنوتیپی ۱:٤:٦:٤:۱ در نسل‌های F_2 حاصل از تلاقی والدین فاقد و دارای اسید اروسیک بالا و نیز داده‌های ادغام شده نشان داد که میزان اسید اروسیک در GSC3A00، NPN-01 و Hyola401 با دو مکان ژنی مستقل که هر کدام دارای دو آلل هستند، کنترل می‌شود. این نتایج توسط نسبت‌های فنوتیپی در نسل‌های تلاقی برگشتی و داده‌های ادغام شده به جز نسل BC_2 در تلاقی دوم و داده‌های ادغام شده تأیید شد. عدم این تأیید در نسل BC_2 به علت تفکیک ضعیف کلاس‌های فنوتیپی در توزیع فراوانی به دست آمده بود. نتایج مشابهی توسط هاروی و داونی (Harvey and Downey, 1964)، کیرک و هارل استون (Kirk and Hurlstone, 1983) و جتینت و همکاران (Jetinet *et al.*, 1996) به ترتیب در گونه‌های *B. napus*، *B. juncea* و *B. carinata* گزارش شده است. هاروی و داونی (Harvey and Downey, 1964) مدل دو ژنی با اثرات افزایشی را در توارث اسید اروسیک پیشنهاد کردند و سهم هر آلل را در افزایش اسید اروسیک حدود ۹ تا ۱۰ درصد گزارش نمودند.

ژنوتیپ‌های مورد انتظار در نسل F_2 و میانگین میزان اسید اروسیک در آن‌ها برای دو تلاقی انجام شده و داده‌های ادغام شده در جدول ٥ آورده شده است. ژنوتیپ‌های دارای یک آلل E (E_1 یا E_2) دارای حدود ۹ درصد اسید اروسیک هستند. هنگامی که ژنوتیپ‌ها دارای ۲ و ۳ آلل E باشند میزان اسید اروسیک به ازای هر آلل ۱۵٪ افزایش می‌یابد. با اضافه شدن چهارمین آلل E حدود ۹٪ دیگر به میزان اسید اروسیک اضافه می‌شود. کرزیمانسکی و داونی (Krzymanski and Downey, 1969) اظهار داشتند که حداقل ٥ آلل سطوح مختلف اسید اروسیک را کنترل می‌کنند و این آلل‌ها را با نماد e، E^a، E^b، E^c و E^d نشان دادند. این آلل‌ها به ترتیب مسئول تولید ۰، ۱۰، ۱۵، ۳۰ و ۳۵ درصد اسید اروسیک بودند. نتایج تحقیق حاضر نشان داد که دو آلل E_1 و E_2 در این بررسی معادل دو آلل E^a و E^b است. تلاقی بین گونه‌ای *B. napus* و رقم فاقد اسید اروسیک از گونهٔ *B. campestris* نشان داد که آلل E^a بر روی کروموزوم‌های ژنوم C قرار دارند (Anad and Downey, 1981).

با توجه به نتایج حاصل از این بررسی می‌توان گفت که اصلاح ارقام کلزا برای اسید اروسیک از دو طریق امکان‌پذیر است:

اول- انتقال ژن‌های مسئول اسید اروسیک کم به ارقام پرمحصول از طریق انجام دو رگ‌گیری و تلاقی‌های برگشتی.

www.SID.ir

Archive of SID

دوم- گزینش در جوامع در حال تفکیک با استفاده از تکنیک نصف بذر (Half seed technique).

جدول ٥- ژنوتیپ و میزان اسید اروسیک مورد انتظار در نسل F_2

Table 5. Expected genotypes and erucic acid content in F_2 generation

ژنوتیپ Genotype	میانگین اسید اروسیک (٪) Mean of erucic acid (%)			فراوانی‌های مورد انتظار در نسل F_2 Expected ratios in F_2
	Hyola401 × NPN-01	GSC3A00 × NPN-01	Pooled	
$e_1e_1e_2e_2$	0.76	1.06	0.93	1
$E_1e_1e_2e_2$ $e_1e_1E_2e_2$	9.58	9.65	9.61	4
$E_1E_1e_2e_2$ $E_1e_1E_2e_2$ $e_1e_1E_2E_2$	24.74	23.55	24.1	6
$e_1E_1E_2E_2$ $E_1E_1E_2e_2$	39.24	38.34	38.91	4
$E_1E_1E_2E_2$	46.46	49.58	47.29	1

F_2 ratio 1:4:6:4:1.

نسبت‌ها در نسل F_2 ۱:٤:٦:٤:۱.

References

Ackman, R. G., Eaton, C. A., Sipos, J. C., Loew, F. M., and Hancock, D. 1977. Comparison of fatty acid from high levels of erucic acid of RSO and partially hydrogenated fish oil in non-human primate species in a short term exploratory study. Nur. Dieta, 25: 170-185.

Ahuja, K. L., Labana, K. S., Raheja, R. K., and Badwal, S. S. 1984. Oil content and fatty acids variation in mutants of *Brassica juncea* L. Journal of Oilseeds Research 1: 71-75.

Anad, I. J., and Downey, R. K. 1981. A study of erucic acid alleles in digenomic rapeseed (*Brassica napus*). Canadian Journal of Plant Sciences 61: 199-203.

Dorrell, D. G., and Downey, R. K. 1964. The inheritance of erucic acid in rapeseed (*Brassica campestris*). Canadian Journal of Plant Sciences 44: 499-504.

www.SID.ir

Archive of SID

Downey, R. K., and Craig, B. M. 1964. Genetics control of fatty acid biosynthesis in rapeseed (*Brassica napus* L.) Journal of American Oil Chemistry Society 46: 121-123.

Getinet, A., Rakow, G., Raney, J. P., and Downey, R. K. 1994. Development of zero erucic acid Ethiopian mustard through an interspecific cross with zero erucic acid oriental mustard. Canadian Journal of Plant Sciences 74: 93-95.

Getinet, A., Rakow, G., Raney, J. P., and Downey, R. K. 1996. The inheritance of erucic acid content in Ethiopian mustard. Canadian Journal of Plant Sciences 77: 33-41.

Gopalan, C. D., Krishnamurthi, D., Shenolikar, L. S., and Krishnamachari, K. 1974. Myocardial changes in monkeys fed on mustard oil. Nutr. Metab. 16: 352-365.

Harvey, B. C., and Downey, R. K. 1964. The inheritance of erucic acid content in rapeseed (*Brassica napus*). Canadian Journal of Plant Sciences 44: 104-111.

Hougen, F. W., and Bodo, V. 1973. Extraction and methanolysis of oil from whole or crushed rapeseed for fatty acid analysis. Journal of American Oil Chemistry Society 55: 230-234.

Jonsson, R. 1977 a. Erucic acid heredity in rapeseed (*Brassica napus* L.) and *Brassica campestris*. Hereditas 86: 159-170.

Jonsson, R. 1977 b. Breeding for improved oil and meal quality in rape and turnip rape. Hereditas 87: 205-218.

Jonsson, R. 1978. Erucic acid heredity in rapeseed. Proceedings of the 5th International Rapeseed Conference, Malmo.

Kirk, J. T. O., and Hurlstone, C. J. 1983. Variation and inheritance of erucic acid in *Brassica juncea*. Z. Pflanzenzuchtg. 90: 331-338.

Krzymanski, S., and Downey, R. K. 1969. Inheritance of fatty acids composition in winter forms of rapeseed *Brassica napus*. Canadia Journal of Plant Sciences 49: 313-319.

Lande, R. 1981. The minimum number of genes contributing to quantitative variation between and within populations. Genetics 99: 541-553.

Qi, C. K., Pu, H. M., and Fu, S. Z. 1993. Analysis of correlation and regression among major fatty acid contents in an F_2 population of *Brassica napus*. Jiangsu Journal of Agriculture Sciences 91(4): 11-15.

www.SID.ir

Archive of SID

Raney, J. P., Rakow, G., and Olson, T. 1995. Modification of Brassica seed oil fatty acid composition utilizing interspecific crossing. Proceedings of the 9th International Rapeseed Congress Cambridge, U. K. Vol. 2, Pages 410-412.

Renarid, S., and McGregor, L. 1976. Antihrombogenic effects of erucic acid poor rapeseed oils in the rats. Rev. Fr. Crops Cros. 23: 393-396.

Siebel, J., and Pauls, K. P. 1989. Inheritance patterns of erucic acid content in population of *Brassica napus* microspore-derived spontaneous diploids. Theoretical and Applied Genetics 77: 489-494.

آدرس نگارندگان:

سید سعید پورداد- معاونت مؤسسه تحقیقات کشاورزی دیم، صندوق پستی ۱۱٦٤-٦٧١٤٥، کرمانشاه.

جی. ان. ساچان- گروه ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و تکنولوژی جی بی پانت، هندوستان.

www.SID.ir