

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. تواریث اسید اروسیک در کلزا (*Brassica napus L.*). نهال و بذر ۱۸: ۴۱۶-۴۰۵.

به منظور تعیین تعداد ژن‌های کنترل کننده 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 ۰/۴ تا ۶/۵٪ 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 تواریث اسید اروسیک توسط ژن‌های هسته کنترل شده و اثرات مادری وجود ندارد. میزان اسید اروسیک در بذره‌های نسل  $F_2$  به پنج کلاس  $< 2\%$ ،  $2-16\%$ ،  $16-32\%$ ،  $32-44\%$  و  $> 44\%$  گروه‌بندی شد که دارای نسبت ۱:۴:۶:۴:۱ بود. نسل تلاقی برگشتی با والد فاقد اسید اروسیک از نظر اسید اروسیک به سه کلاس  $< 2\%$ ،  $2-16\%$  و  $16-32\%$  با نسبت‌های ۱:۲:۱ تفکیک شد. از طرف دیگر نسل تلاقی برگشتی با والد دارای بیشترین اسید اروسیک به سه کلاس  $16-32\%$ ،  $32-44\%$  و  $> 44\%$  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 قبلاً توسط محققان دیگر گزارش شده است.

واژه‌های کلیدی: کلزا، اسید اروسیک، تواریث.

براسیکا (*Brassica*) وجود دارد. از نقطه نظر غذایی، مقادیر کم اسید اروسیک مطلوب است (Renarid and McGregor, 1976). از طرف دیگر مقادیر بالای این اسید چرب در روغن‌های

مقدمه

یکی از مهم‌ترین خصوصیات روغن کلزا، وجود اسید اروسیک (Erucic acid) می‌باشد (Gopalan et al., 1974; Ackman et al.,

1977). این اسید چرب عمدتاً در گیاهان جنس

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

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 ( $E^d$  و  $E^c$ ،  $E^b$ ،  $E^a$ ،  $e$ ) 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 نحوه 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 بهاره 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 ۱۳/۱۳٪، ۴/۵۶٪، ۳۳/۷۱٪ و ۴۶/۵٪ 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

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 تقریباً 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* ( $2n = 38$ ) آشکار ساخت که این صفت در کنترل ژن‌های هسته می‌باشد. دوانسی 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* و *B. carinata* (Kirk and Hurlstone, 1983) و (Getinet *et al.*, 1996) تأیید شده است. اما پژوهشگران دیگر نتایج مختلفی را در این مورد گزارش نموده‌اند. کرزیمانسکی و دوانسی (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

روش پیشنهادی لند (Lande, 1981) انجام شد.

در این روش فرمول اساسی به صورت زیر است:

$$n_E = \frac{(\mu_{P2} - \mu_{P1})}{8\sigma_s^2}$$

به طوری که:

$n_E$  = حداقل تعداد عوامل ژنتیکی (ژن‌ها)

$P_2$  و  $P_1$  = والد اول و دوم

$\mu$  = میانگین فنوتیپی

$\sigma_s^2$  = واریانس تفکیک

واریانس تفکیک به وسیله فرمول‌های زیر

برآورد شد:

$$\sigma_s^2 = 2\sigma_{F2}^2 - \sigma_{BC1}^2 + \sigma_{BC2}^2$$

برای محاسبه خطای استاندارد نیز از فرمول

زیر استفاده شد:

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

### 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 کنترل‌کننده

اسید اروسیک و ۴ 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  $Hyola401 \times NPN-01$  و  $GSC3A00 \times NPN-01$  که یکی از والدین فاقد اسید اروسیک و دیگری دارای مقادیر بالای این اسید چرب است، برای ادامه 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. بذره‌های نسل  $F_2$  نیز با خودگشتی نسل  $F_1$  در سال زراعی ۲۰۰۰-۱۹۹۹ به دست آمدند. بذر نسل‌های در حال تفکیک از نظر ترکیبات اسیدهای چرب به وسیله روش تک‌دانه (Single Seed Technique) تجزیه و استخراج روغن از طریق روش تغییر یافته 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  $250^\circ\text{C}$ ، آشکارساز  $280^\circ\text{C}$  و تزریق‌کننده  $260^\circ\text{C}$  بود. برآورد تعداد عوامل مؤثر (ژن‌ها) از روش کلی خصوصیات آماری توزیع و با استفاده از

معنی داری نداشت. بنابراین نسل F<sub>2</sub> در این تلاقی نشان داد که دو ژن با اثرات افزایشی توارث اسید اروسیک را کنترل می کند. در نسل های BC<sub>1</sub> و BC<sub>2</sub> از همیسن تلاقی اسید اروسیک به ترتیب در ۶۴ و ۶۰ تک بذر اندازه گیری شد (شکل ۱-ب و ج) و در سه کلاس با نسبت های ۱:۲:۱ گروه بندی شدند. آزمون کای اسکور در این نسل ها غیر معنی دار بود و نتایج حاصل، فرضیه کنترل دو ژنی با اثرات افزایشی را تأیید نمود. در تلاقی Hyola401 × NPN-01 میزان اسید اروسیک در ۹۶ بذر نسل F<sub>2</sub> و ۴۸ بذر نسل BC<sub>1</sub> به ترتیب در ۵ و ۳ کلاس، مشابه تلاقی قبلی گروه بندی شدند (شکل ۲-الف و ب). آزمون کای اسکور در این نسل ها نیز غیر معنی دار بوده و نشان داد که فرضیه دو مکان ژنی با اثرات افزایشی ژن ها

اسید اروسیک در هر یک از تلاقی ها به طور جداگانه محاسبه گردید. این برآورد در تلاقی Hyola401 × NPN-01 برابر ۱/۲ ژن و در تلاقی GSC3A00 × NPN-01 برابر ۱/۶ ژن بود (جدول ۳). خطای استاندارد برای این برآوردها بالا بود، اما بعد از انجام تبدیل داده ها از طریق تبدیل لگاریتمی  $\text{Log}(X + 10/25)$  این خطا به حداقل رسید و برآورد تعداد ژن ها در هر دو تلاقی برابر ۲/۰۳ ژن با خطای استاندارد ۰/۰۱۰ و ۰/۰۱۴ محاسبه گردید.

در تلاقی Hyola401 × NPN-01 مقدار اسید اروسیک در ۱۲۸ تک بذر نسل F<sub>2</sub> در پنج کلاس با نسبت های ۱:۴:۶:۴:۱ گروه بندی شد (جدول ۴ و شکل ۱-الف) و با استفاده از آزمون کای اسکور مشخص گردید که این نسبت ها با نسبت های مورد انتظار اختلاف

جدول ۱- ترکیب اسیدهای چرب اصلی در والدین

Table 1. Main fatty acids compositions in parents

والدین Parents	Fatty acids (%)						
	16:0 پالمیتیک (Palmitic)	18:0 استئاریک (Stearic)	18:1 اولئیک (Oleic)	18:2 لینولئیک (Linoleic)	18:3 لینولنئیک (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

جدول ۲- مقایسه میانگین‌های میزان اسید اروسیک بین F<sub>1</sub> ها و تلاقی‌های متقابل

Table 2. Mean comparisons between F<sub>1</sub>s and reciprocal crosses for amount of erucic acid

F <sub>1</sub>	22:1	تلاقی‌های متقابل		22:1	اختلاف
		اروسیک اسید	Reciprocal crosses		
♀	♂	Erucic acid	♀	♂	Erucic acid
HYOLA401 × HNS-9802		5.258	HNS-9802 × HYOLA 401		-2.552
HYOLA401 × GSC3A00		0.000	GSC3A00 × HYOLA 401		0.000
HYOLA401 × HNS-9801		21.562	HNS-9801 × HYOLA 401		-1.947
HYOLA401 × NPN-01		24.008	NPN-01 × HYOLA 401		5.822
HYOLA401 × TERI (OE) R-983		1.629	TERI (OE) R-983 × HYOLA 401		-0.082
GSC3A00 × HNS-9802		8.908	HNS-9802 × GSC3A00		0.595
GSC3A00 × HNS-9801		19.130	HNS-9801 × GSC3A00		2.338
GSC3A00 × NPN-01		23.825	NPN-01 × GSC3A00		3.494
GSC3A00 × TERI (OE) R-983		2.033	TERI (OE) R-983 × GSC3A00		-0.717

LSD در سطح احتمال 5% و 1% به ترتیب 3/69 و 5/36.

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

جدول ۳- اندازه نمونه (N)، میانگین (μ) و واریانس داده‌ها (σ<sup>2</sup>) برای اسید اروسیک

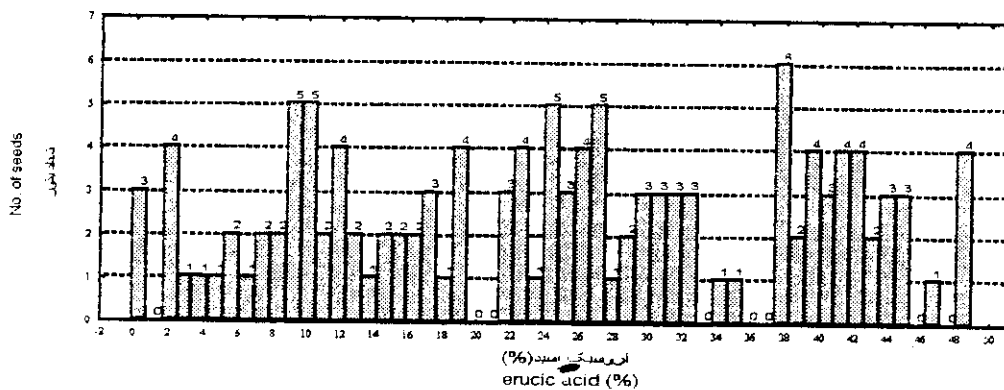
در نسل‌های F<sub>2</sub> و تلاقی‌های برگشتی

Table 3. Sample size (N), mean (μ) and variance (σ<sup>2</sup>) for erucic acid in F<sub>2</sub> and backcrosses

نسل‌ها	HYOLA401 × NPN-01			GSC3A "00" × NPN-01		
	N	μ	σ <sup>2</sup>	N	μ	σ <sup>2</sup>
F <sub>2</sub> (F <sub>1</sub> × F <sub>1</sub> )	128	24.925	190.148	96	21.558	174.908
BC <sub>1</sub> (F <sub>1</sub> × (والد فاقد اسید اروسیک))	64	11.466	81.005	48	12.777	106.980
BC <sub>1</sub> (F <sub>1</sub> × (والد دارای اسید اروسیک بال))	60	35.768	71.602	44	32.716	73.873
		σ <sub>S</sub> <sup>2</sup> = 227.689			σ <sub>S</sub> <sup>2</sup> = 168.963	
		n <sub>F1</sub> = 1.2			n <sub>F2</sub> = 1.6	

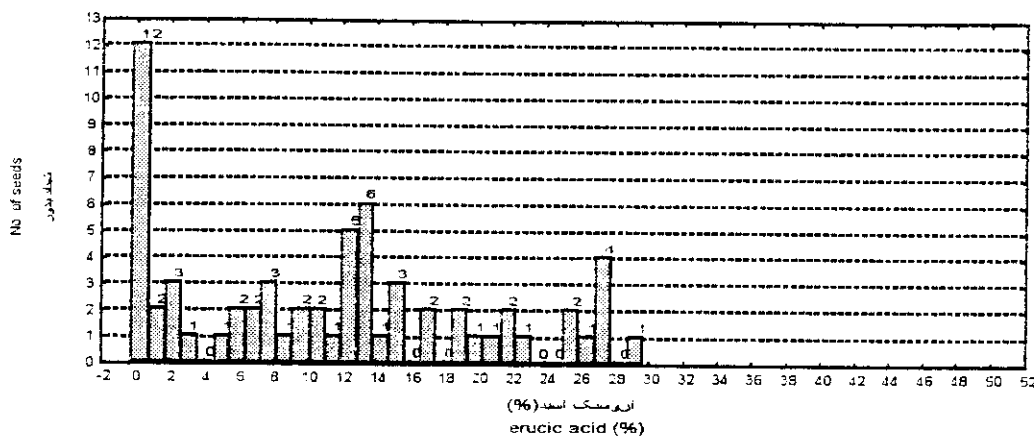
حاصل از داده‌های ادغام شده مشابه نتایج تلاقی (شکل ۲- ج) معنی‌دار شد و نشان داد که فرضیه دو ژنی در این نسل مورد تأیید نیست. نتایج

صحیح است. اما این آزمون در نسل BC<sub>2</sub> (شکل ۲- ج) معنی‌دار شد و نشان داد که فرضیه دو ژنی در این نسل مورد تأیید نیست. نتایج



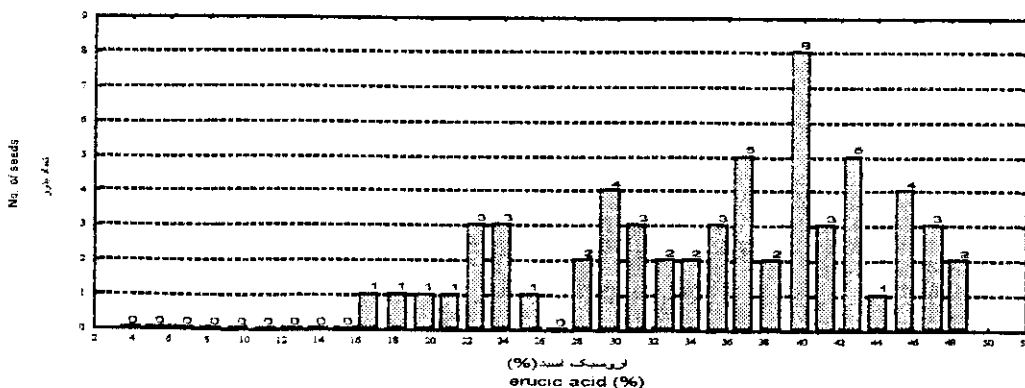
الف: F<sub>2</sub>

A: F<sub>2</sub>



ب: BC<sub>1</sub>

B: BC<sub>1</sub>

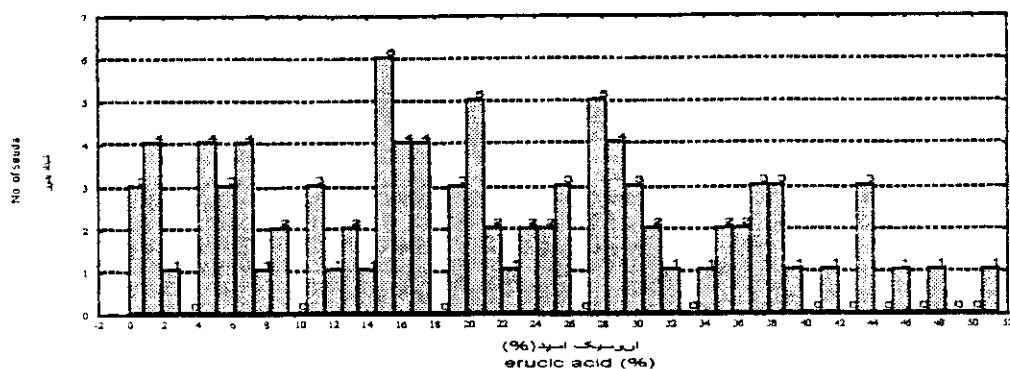


ج: BC<sub>2</sub>

C: BC<sub>2</sub>

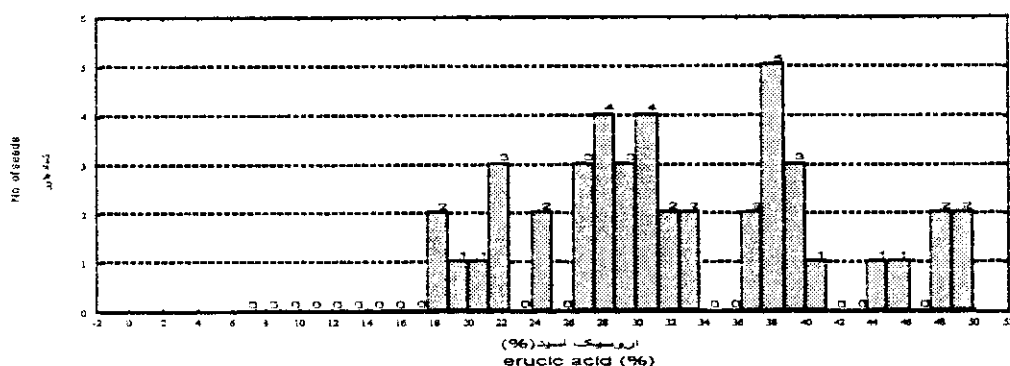
شکل ۱- توزیع فراوانی میزان اسید اروسیک در بذره‌های الف: F<sub>2</sub> ب: BC<sub>1</sub> و ج: BC<sub>2</sub> در تلاقی (HYOLA 401 × NPN-01)

Fig. 1. Frequency distribution of erucic acid content in single seeds of A: F<sub>2</sub>, B: BC<sub>1</sub> and C: BC<sub>2</sub> from HYOLA401 × NPN-01



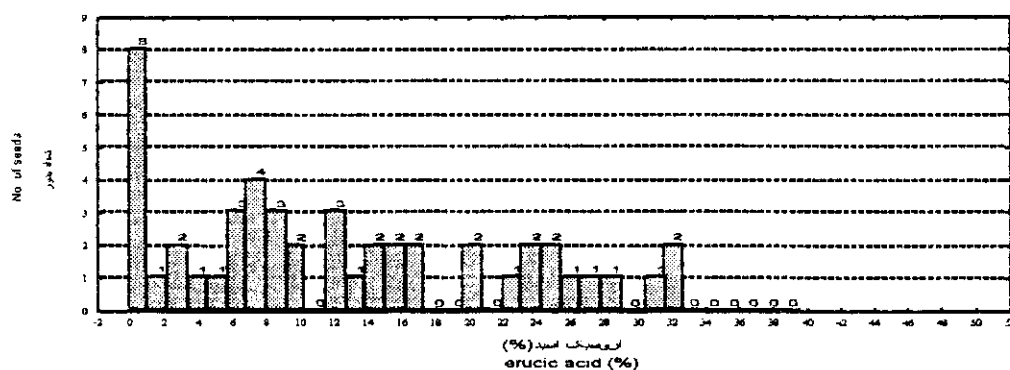
الف: F<sub>2</sub>

A: F<sub>2</sub>



ب: BC<sub>1</sub>

B: BC<sub>1</sub>



ج: BC<sub>2</sub>

C: BC<sub>2</sub>

شکل ۲- توزیع فراوانی میزان اسید اروسیک در بذره‌های الف: F<sub>2</sub> ب: BC<sub>1</sub> و ج: BC<sub>2</sub> در تلاقی (GSC3A00 × NPN-01)

Fig. 2. Frequency distribution of erucic acid content in single seeds of A: F<sub>2</sub>, B: BC<sub>1</sub> and C: BC<sub>2</sub> from GSC3A00 × NPN-01

جدول ۴. آزمون نسبت‌های فنوتیپی در نسل‌های مختلف برای تلاقی‌ها و داده‌های

ادغام شده توسط کای اسکور

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 <sup>2</sup>	سطح احتمال Probability level
	< 2	2-16	16-32	32-44	>44			
	Hyola401 × NPN-01							
F <sub>2</sub>	5	35	47	30	11	1:4:6:4:1	2.677	0.75-0.50
BC <sub>1</sub>	15	32	17	---	---	1:2:1	0.125	0.95-0.90
BC <sub>2</sub>	---	---	20	30	10	1:2:1	3.333	0.25-0.10
GSC3A"00" × NPN-01								
F <sub>2</sub>	7	28	40	17	4	1:4:6:4:1	3.986	0.50-0.25
BC <sub>1</sub>	9	24	15	---	---	1:2:1	1.500	0.50-0.25
BC <sub>2</sub>	---	---	23	15	6	1:2:1	17.591	0.00
Pooled								
F <sub>2</sub>	12	63	87	47	15	1:4:6:4:1	2.79	0.75-0.50
BC <sub>1</sub>	24	56	32	---	---	1:2:1	1.14	0.75-0.50
BC <sub>2</sub>	---	---	43	45	16	1:2:1	15.9	0.00

تفاوت کمی مشاهده شد. بین ارقام مورد بررسی تنوع کمی از نظر اسیدهای چرب پالمیتیک، استریک، لینولیک و لینولینیک وجود داشت. میزان اسید اروسیک در نسل F<sub>1</sub> 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 جزئی هستند. این نتایج توسط هاروی و داوونسی (Harvey and Downey, 1964) و آنسادی (Anad and Downey, 1981) در

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 ۶۷/۵ درصد و در والد دارای اسید اروسیک بالا (NPN-01) ۱۹/۴٪ بود. همبستگی منفی بین میزان اسیدهای چرب اولئیک و اروسیک در کلزا به وسیله آوجا و همکاران (Ahuja et al., 1984)، سیل 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 ایکوسینوئیک



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 ۵ 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 داوونی (Krzymanski and Downey, 1969) اظهار داشتند که حداقل ۵ 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 گونه *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.

*B. napus* و توسط دورل و داوونی (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 ۱:۴:۶:۴:۱ 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 داوونی (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 داوونی (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.

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

جدول ۵- ژنوتیپ و میزان اسید اروسیک مورد انتظار در نسل F<sub>2</sub>

Table 5. Expected genotypes and erucic acid content in F<sub>2</sub> generation

ژنوتیپ Genotype	میانگین اسید اروسیک (%) Mean of erucic acid (%)			فراوانی‌های مورد انتظار در نسل F <sub>2</sub> Expected ratios in F <sub>2</sub>
	Hyola401 × NPN-01	GSC3A00 × NPN-01	Pooled	
e <sub>1</sub> e <sub>1</sub> e <sub>2</sub> e <sub>2</sub>	0.76	1.06	0.93	1
E <sub>1</sub> e <sub>1</sub> e <sub>2</sub> e <sub>2</sub> e <sub>1</sub> e <sub>1</sub> E <sub>2</sub> e <sub>2</sub>	9.58	9.65	9.61	4
E <sub>1</sub> E <sub>1</sub> e <sub>2</sub> e <sub>2</sub> E <sub>1</sub> e <sub>1</sub> E <sub>2</sub> e <sub>2</sub> e <sub>1</sub> e <sub>1</sub> E <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	24.74	23.55	24.1	6
e <sub>1</sub> E <sub>1</sub> E <sub>2</sub> E <sub>2</sub> E <sub>1</sub> E <sub>1</sub> E <sub>2</sub> e <sub>2</sub>	39.24	38.34	38.91	4
E <sub>1</sub> E <sub>1</sub> E <sub>2</sub> E <sub>2</sub>	46.46	49.58	47.29	1

F<sub>2</sub> ratio 1:4:6:4:1.

نسبت‌ها در نسل F<sub>2</sub> ۱:۴:۶:۴:۱

## 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.

- 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 5<sup>th</sup> 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<sub>2</sub> population of *Brassica napus*. Jiangsu Journal of Agriculture Sciences 91(4): 11-15.

- 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 ۱۱۶۴-۶۷۱۴۵، کرمانشاه.  
جی. ان. ساچان- گروه ژنتیک و اصلاح نباتات، دانشگاه کشاورزی و تکنولوژی جی بی پانت، هندوستان.