

STAND UND PROBLEME DER ZÜCHTUNG ERUCASÄUREARMER
RAPSSORTEN IN DER BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

G. Röbbelen und B. Leitzke

Im Zuge der Entwicklung der Qualitätsrapsszüchtung in aller Welt wurde in der Bundesrepublik Deutschland in 1965/66 mit den ersten Kreuzungen zur Entwicklung von Qualitätsrapssorten begonnen. An dem Programm beteiligten sich neben bzw. in Zusammenarbeit mit den Instituten für Pflanzenzüchtung in Göttingen (Professoren Scheibe und Röbbelen), in Gießen (Professoren v. Boguslawski und Schuster), in Berlin (Professoren Hoffmann und Plarre) und dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung (Dr. Hackbarth), eine Reihe praktischer Pflanzenzuchtbetriebe. Von Prof. Downey, Kanada, wurde dankenswerterweise Saatgut der erucasäurefreien Sommerrapssorte ORO für Kreuzungszwecke zur Verfügung gestellt.

Die komplizierte Aufgabenstellung erforderte von Anbeginn eine klare Ausrichtung in Zielsetzung und Methode. Zu diesem Zweck erfolgte die Konstituierung des sogenannten Göttinger Arbeitskreises. In jährlich mehrfach wiederholten Besprechungen, verbunden mit Demonstrationen in Feld und Labor, wurden die notwendigen Richtlinien erarbeitet. Über eine finanzielle Unterstützung durch die Gesellschaft zur Förderung der privaten deutschen Pflanzenzüchtung, später auch durch die CMA, erfolgte die Einrichtung eines Untersuchungslaboratoriums am Institut für Pflanzenzüchtung in Göttingen. Hiermit war die notwendige Grundlage für die Selektionsarbeit geschaffen. Die praktische Pflanzenzüchtung hat insbesondere Herrn Dr. Thies, Göttingen, und Mitarbeitern für die Verbesserung bekannter und die Entwicklung neuer Untersuchungsverfahren zu danken. Ohne dies wäre die volle Ausschöpfung des entwickelten Neuzuchtmaterials nicht denkbar gewesen (THIES, 1971).

Im Vordergrund stand die Frage nach Zielsetzung und Zucht-Methode bzw. -Verfahren. Als erstes Ziel wurde Erucasäure-Freiheit bzw. -Armut gesetzt, u. a. als Voraussetzung für Entwicklung zusätzlicher Qualitätsmerkmale, wie erhöhten Linolsäuregehalt des Öles (RÖBBELEN & LEITZKE, 1970). Von vornherein wurde Selektion auf 0 % Erucasäuregehalt als Zuchtziel festgesetzt. Dies aus folgenden Gründen:

Tabelle 1:

Erucasäuregehalt in 197 Samen einer Rapssorte - Mittlerer Gehalt 13,9 %

Erucasäure %	Anzahl	%
0-10	149	75,6
10-20	26	13,2
20-30	15	7,6
30-40	3	1,5
40-50	4	2,1

- Sorten mit begrenztem Erucasäuregehalt von etwa 10-12 % sind im Verlauf der Vermehrungsgenerationen in dem gesetzten Gehalt nicht konstant zu halten, da es sich in der Regel um Populationen mit Linien verschiedenen Erucasäuregehaltes, also um spaltendes Material handelt. Je nach Anbaubedingungen werden Linien niedrigeren oder höheren Gehaltes in verschiedenen Jahren unterschiedlichen Anteil am Vermehrungsgut haben können. Damit würde der Gehalt von

Jahr zu Jahr nicht unbeträchtlichen Schwankungen unterliegen können. Die Industrie wird jedoch in der Regel Wert auf möglichst niedrigen und konstanten Gehalt in der Konsumware legen (Tabelle 1).

- Zumindest in den ersten Jahren nach der Umstellung auf Qualitätsrapssorten im praktischen Anbau ist mit Einkreuzung und Vermischung durch Aufwuchs von Ausfallkörnern früher angebauter konventioneller Sorten zu rechnen. Die notwendige Kontrolle der geernteten Vorstufenvermehrungen auf beständig niedrige Erucasäurewerte ist einigermaßen sicher nur bei Sorten möglich, die auf 0 % Erucasäure ausgerichtet sind.

Der verwendete Qualitätsrapselfter ist eine Sommerform. Das Zuchtziel der schnellen Entwicklung einer erucasäurearmen Winterrapssorte mit normalen Erträgen und Ölgehalt erforderte die Wahl einer dementsprechenden Zuchtmethode. Als Grundmodell stand die von Prof. Morice, Frankreich, angewendete Rückkreuzungsmethode zur Diskussion. Sie sieht eine kontinuierliche Rückkreuzung bis zu F⁹ vor, in der theoretischen Annahme, daß bis dahin die entwickelte erucasäurefreie Sorte zu ca. 99 % Winterform und zu ca. 96 % den Charakter der zur Kreuzung verwendeten Winterrapssorte MAJOR darstellen würde (Tabelle 2). U. E. hat diese Methode folgende Nachteile:

Der Zeitbedarf für den gegebenen Fall erschien uns zu hoch (die Entwicklung in Frankreich scheint dies nachträglich zu bestätigen. Zur Aussaat 1973 wurden unter dem Zwang der marktpolitischen Entwicklung ca. 80 % der französischen Winterrapsfläche mittels Saatgut aus 4. Rückkreuzung des von Prof. Morice entwickelten Materials unter dem Namen PRIMOR umgestellt).

Tabelle 2: Entwicklung der französischen erucasäurearmen Rapssorte "Primor" durch Rückkreuzung mit "Major" (nach MORICE)

	4. Rückkreuzung			5. Rückkreuzung			6. Rückkreuzung		
Winter 1970	4. Rückkreuzung			5. Rückkreuzung			6. Rückkreuzung		
Sommer 1971	Vermehrung			Vermehrung			Vermehrung		
Herbst 1971	Basis-Saatgut			Basis-Saatgut			Basis-Saatgut		
Sommer 1972	Zertif. Saatgut			Zertif. Saatgut			Zertif. Saatgut		
Herbst 1972	Konsum-Raps			Konsum-Raps			Konsum-Raps		
Sommer 1973	Konsum-Raps			Zertif. Saatgut			Basis-Saatgut		
Herbst 1973	Konsum-Raps			Konsum-Raps			Zertif. Saatgut		
Sommer 1974	Konsum-Raps			Konsum-Raps			Zertif. Saatgut		
Herbst 1974	Konsum-Raps			Konsum-Raps			Zertif. Saatgut		
Sommer 1975	Konsum-Raps			Konsum-Raps			Zertif. Saatgut		
Eigenschaft-	96,0%	Winterform	98,4%	Winterform	99,2%	Winterform	99,2%	Winterform	
ten der	87,5%	Major	93,7%	Major	96,9%	Major	96,9%	Major	
Sorte	0	%Erucasäure	0	%Erucasäure	0	%Erucasäure	0	%Erucasäure	

Es ist nicht zu erwarten, daß alle Nachkommen jeder Rückkreuzungsgeneration einen gleich guten Gesamtwert haben. Das Fehlen einer Selektionsgeneration auf breiter Grundlage zwischen den verschiedenen Rückkreuzungsgenerationen führt zur Weitervermehrung eines gewissen Anteils von Minusvarianten.

Es ist außerdem zu befürchten, daß die Nachkommen der 6. bzw. 7. Rückkreuzungsgeneration nach Formmerkmalen nicht voll dem verwendeten Winterrapselter entsprechen. Nach den in der Bundesrepublik gültigen Bestimmungen wäre auf jeden Fall vor der Zulassung der neu entwickelten Sorte neben der Wertprüfung auch eine mindestens zweijährige sortenregisterliche Prüfung erforderlich.

Daher wurde im Göttinger Arbeitskreis folgendermaßen verfahren:

Einzelpflanzenselektion auf breiter Grundlage bereits in der F_2 von Einfachkreuzungen, Rückkreuzungen auf relativ besten Nachkommenschaften, Entwicklung der besten Nachkommenschaften aus einfacher Rückkreuzung zu den ersten Sorten. Diese Methode basiert u. a. auf der Erkenntnis, daß bereits in der F_2 bzw. F_4 neben Sommer- und intermediären Formen auch Winterformen herausspalten müssen. Zu deren Auffindung bedarf es allerdings der Anzucht einer großen Serie von Einzelpflanzennachkommenschaften, außerdem aber auch des Auftretens entsprechend harter Winter, die in den kritischen Jahren leider weitgehend fehlten. Wir haben deshalb von Anfang jährlich junge Kreuzungspopulationen und Ramsche erstselektierter Nachkommenschaften parallel in Herbst- und Frühjahrsaussaat ausgebracht. Aus den Parzellen der Sommeraussaat wurden im Spätherbst nicht geschoßte Pflanzen selektiert und über Winter im Gewächshaus zur Samenernte gebracht. Es hat sich erwiesen, daß die Nachkommen solcher Einzelpflanzen bis auf einzelne Ausnahmen echte Wintertypen darstellten.

Tabelle 3: Relative Blühhfähigkeit von Raps bei Frühjahrsaussaat am 20. 4. 1972 und 5. 5. 1973 in Göttingen

Rapsform	Untersuchte Anzahl		Relative Blühhfähigkeit	
	1972	1973	1972	1973
Wintersorten	7	23	12,7	0,9
Sommersorten	3	4	98,9	99,5
Einfachkreuzung	24	63	86,7	84,6
1. Rückkreuzung	65	79	68,6	48,9
2. Rückkreuzung	215	244	63,4	14,5
3. Rückkreuzung	34	385	53,0	5,7
Qualitätssorten (BSA)	4	9	70,1	53,6

Die Tabelle 3 zeigt die relative Blühhfähigkeit bei Sommeraussaat von Sommerraps und Kreuzungsnachkommen von Sommerraps x Winterraps und re-

ziprok sowie verschiedener Rückkreuzungsstufen. Zunächst wird die Erwartung bestätigt, daß mit wiederholter Rückkreuzung die relative Blühhfähigkeit abnimmt bzw. der Anteil an Wintertypen zunimmt. Es wird aber auch im Vergleich der Zahlen von 1972 zu 1973 bestätigt, daß infolge der recurrenten Selektion bereits nach 1. Rückkreuzung, verstärkt nach 2. und 3. Rückkreuzung die relative Blühhfähigkeit stärker abnimmt, d.h. der Anteil der Wintertypen stärker zunimmt, als es der theoretischen Erwartung entspricht.

Es wird mit dieser Darstellung bestätigt, daß also auch im Göttinger Arbeitskreis mit Rückkreuzung gearbeitet wird, und zwar auch über die 3. Rückkreuzung hinaus. Für unerläßlich wird aber die fortlaufende Anwendung recurrenter Selektion gehalten. Mit diesem Verfahren ist ein beträchtlicher Aufwand verbunden, da als Grundlage für die Selektion die Feldbeobachtungen nicht genügen, sondern zusätzlich Vor- und Kontrolltests auf Erucasäuregehalt durchzuführen sind. Die Tabelle 4 zeigt jährlichen Umfang und Kosten-Kalkulation der hierzu durchzuführenden Analysen für eine erucasäurearme Rapssorte.

Tabelle 4: Jährlicher Umfang an Fettsäureanalysen für eine erucasäurearme Rapssorte

Anzahl Fettsäureanalysen	Papierchr.	Gaschr.	Ganze Körner	Halbkörner
Neuzüchtung	<u>13.500</u>	<u>1.150</u>	<u>1.950</u>	<u>12.800</u>
davon anteilig (1/5)	2.700	230	370	2.560
Erhaltungszüchtung	<u>3.024</u>	<u>40</u>	<u>3.064</u>	<u>-</u>
Insgesamt	<u>5.724</u>	<u>270</u>	<u>3.434</u>	<u>2.560</u>
	=====	===	=====	=====
Unkosten in DM				zusätzlich
je Analyse	0,75	3,40		2,50
je Untersuchungsgruppe	4.292, --	918, --		6.400, --
Gesamtunkosten				
DM 11.610, --				
=====				

Einbezogen hierin sind die jährlichen Kosten für die Entwicklung von Neuzuchtstämmen mit 1/5 und die eigentlichen Kosten der Erhaltungszüchtung für die fertig entwickelte Sorte. Der Sinn dieses Kostenaufwandes liegt in der Bereitstellung von Vorstufenmaterial, das die Voraussetzung für einen niedrigeren Erucasäuregehalt bis zur Konsumware schafft. Die relativ niedrigeren Gesamtkosten sind der Entwicklung einer nach Kostenaufwand und Leistungskapazität sehr effektiven Papierchromatographiemethode durch Herrn Dr. Thies zu danken.

Tabelle 5: Analysenumfang im Göttinger Raps-Laboratorium

Jahr	Analysen	Fettsäuren		Glucosinolate	
		Papier- chromat. Erucasäure	Gaschrom. alle Fettsäuren	Papier- Vortest	Exakt- bestimmg.
1971	Anzahl	40.589	2.560		
	DM/Analyse	0,73	22,--	-	-
	DM/insges.	29.629,97	56.320,--		
1972	Anzahl	101.371	13.702	10.585 *	138 *
	DM/Analyse	0,75	12,--	1,--	5,--
	DM/insges.	76.028,25	164.424,--	10.585,--	690,--
1973	Anzahl	76.478	31.059	4.864 *	78 *
	DM/Analyse	0,75	3,40	0,43	24,50
	DM/insges.	57.358,50	105.600,60	2.091,52	1.911,--

* Nicht vergleichbar

Die Tabelle 5 zeigt den Analysenumfang des Göttinger Raps-Laboratoriums für Untersuchung auf Fettsäuren und Glucosinolate in den Jahren 1971 bis 1973. Sie zeigt die zunehmende Breite des entwickelten Neuzuchtmaterials. Der Gesamtaufwand beträgt in den genannten drei Jahren zusammen ca. DM 500.000, --. Hinzu kommen die Kosten für Selektionsarbeiten in Gewächshäusern und Zuchtgärten sowie für die Feldprüfungen in den beteiligten Instituten und Zuchtbetrieben.

Tabelle 6:

Eigenschaften der erucasäurearmen Winterrapssorte LESIRA aus Oro x Rapol x Rapol im Vergleich zu konventionellen Sorten wie Rapol, Diamant u. a.

- Intensivere Jugendentwicklung
- Spätsaat-verträglich
- Geringeres N-Bedürfnis (im Herbst)
- Kältefest bis mind. 15° C
- Früh-blühend und reifend
- Geringere Pflanzenlänge
- Stärkere Verzweigung
- Größere Anzahl Schoten/Pflanze
- Größere Anzahl Körner/Schote
- Geringeres TKG
- Kein unterschiedl. Schädlingsbefall
- Kornerträge 1973 in Schleswig-Holstein
19-27 dz/ha gegenüber ø 19,5 dz/ha
- Industrielle Verarbeitung normal

Die geschilderten Aktivitäten haben die ersten Erfolge gezeitigt. Im August 1973 wurde die erucasäurearme Winterrapsorte LESIRA (unter 2 % Erucasäuregehalt) in der Bundesrepublik zugelassen. Die wesentlichen Eigenschaften sind aus der Tabelle 6 ersichtlich. Für Aussaat 1974 ist die weitgehende Umstellung des Winterrapsanbaus der BRD auf diese Sorte vorgesehen. In 1972/73 hat sich diese Sorte nach positiven Ergebnissen in Versuchen des Bundessortenamtes und in zusätzlichen Landessortenversuchen in den Vorjahren zusätzlich in großflächigem Feldanbau von insgesamt ca. 300 ha bewährt (Vermehrungen und Erzeugermodell). In 1973/74 stehen ca. 1 000 ha zur Vermehrung und weitere ca. 1 000 ha in fünf Erzeugermodellen in Schleswig-Holstein und Niedersachsen an. Diese Flächen dienen der Gewinnung zusätzlicher Erfahrungen zwecks Auswahl angepaßter Anbaumethoden und zwecks Vermeidung möglicher Gefahrenquellen der Qualitätsminderung über Vermischung, Aufwuchs und in der Erfassung des Erntegutes.

In wenigen Jahren wird dem Rapsanbau ein größeres Sortiment erucasäurefreier Sorten zur Auswahl für unterschiedliche Anbaubedingungen zur Verfügung stehen. Zur Ernte 1974 stehen in den offiziellen Prüfungen des Bundessortenamtes 8 erucasäurearme Winterraps- und zusätzlich 4 - 6 Sommerrapsorten an. Zur Aussaat 1974 wird sich die Zahl der Prüfsorten um annähernd das gleiche Ausmaß erhöhen.

Unter diesen Sorten - entwickelt von den bereits genannten Instituten in Gießen, Berlin und Scharnhorst und den im Göttinger Arbeitskreis betreuten privaten Zuchtbetrieben (von Borries - Deutsche Saatveredelung Lippstadt - Dippe Herford - Kleinwanzlebener Saatucht - Norddeutsche Pflanzenzucht) - werden sich mit Sicherheit einige finden, die das Leistungsvermögen bisher gebauter konventioneller Sorten erreichen werden, im Einzelfall möglicherweise übertreffen werden.

Mit der Zulassung der erucasäurearmen und glucosinolatarmen Sommerrapsorte ERGLU im Dezember 1973 ist der erste Erfolg in Richtung "double low"-Qualität zu vermelden. Die Qualitätsmerkmale im Vergleich mit der konventionellen Winterrapsorte DIAMANT und mit der erucasäurearmen Winterrapsorte LESIRA weist im einzelnen die Tabelle 7 aus. Diese Sorte wurde durch die Firma von Borries aus einer Kreuzung ORO x BRONOWSKI, die im Göttinger Institut durchgeführt wurde, entwickelt.

Dieses Ausgangsmaterial diente auch den Winterrapszüchtern zur Einkreuzung in die inzwischen entwickelten erucasäurearmen Sorten bzw. Stämme. Die Entwicklung einer Winterrapsorte mit double low-Qualität gilt als nächstwichtiges Zuchtziel. Möglicherweise werden bereits im kommenden Jahr einige Stämme dieser Zuchtrichtung zur Anmeldung für die Prüfung beim Bundessortenamt kommen.

Die Züchtung auf Erhöhung des Linolsäuregehaltes bei möglichst gleichzeitiger Senkung des Linolensäuregehaltes ist bei alledem nicht in den Hintergrund getreten. Über die Schwierigkeit der Kombination von hohem Ertrag und Winterfestigkeit mit erhöhtem Linolsäuregehalt - der Brechung der Korrelation im Verhältnis von Linol- zu Linolensäuregehalt - der relativ

Tabelle 7: Glucosinolatgehalt im Samen von konventionellen und erucasäurearmen Rapssorten
(Angaben in $\mu\text{mol}/1$ g lufttrockener Samen)

Sorte	22 : 1 %	GN	GBN	PRO	2-4	Σ
Diamant	51	24,72	7,13	52,02	2,49	86,36
Lesira	< 2	16,12	6,15	56,52	4,15	82,94
Erglu	< 2	2,77	0,80	3,97	0,55	8,10

Isothiocyanate: Gluconapin: GN
(IT) Glucobrassicinapin: GPN

Thiooxazolidone: Progoitrin: PRO
(VO) 2-OH-4-Pentenyl-Glucosinolat: 2-4

starken Beeinflussung des Linol- und Linolensäuregehaltes durch Umweltbedingungen braucht in diesem Kreis nicht gesprochen werden. (LÖÖF & APPELQVIST, 1964; SCHUSTER, 1970; LEIN et al., 1970). Trotz mancher bisheriger Enttäuschung wird die Bearbeitung dieser Zuchtziele konsequent fortgesetzt. Die Entwicklung einer genetisch konstanten Mutante (Sommerform) mit einem erweiterten Linol-/Linolensäureverhältnis auf ca. 4:1 durch RAKOW ergab neue Ansatzpunkte in der gewünschten Richtung (RAKOW, 1973). Diese Mutante wurde inzwischen in breitem Umfang in Winterrapsmaterial eingekreuzt, das zuvor auf Erucasäurearmut und erhöhten Linolensäuregehalt vorselektiert war. Die ersten Untersuchungen der Kreuzungsnachkommen lassen den vorsichtigen Schluß zu, daß auf diesem Wege weiterzukommen ist.

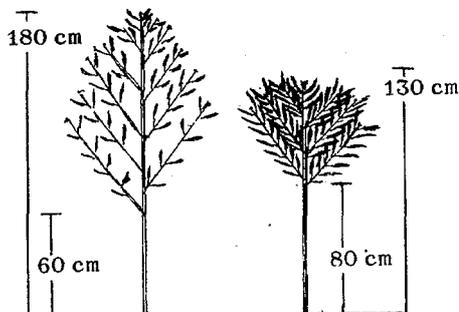
Zur weiteren Selektion liegen Populationen und Einzellinien vor, die alle genetischen Anlagen für die ideale Qualitätsrapssorte der Zukunft beinhalten: Erucasäurearmut - erhöhter Linolensäuregehalt und erweitertes Linol-Linolensäureverhältnis im Öl sowie Glucosinolatarmut im Schrot. Der trotz aller Enttäuschungen Optimist gebliebene Züchter rechnet zuversichtlich mit der endlichen Erreichung auch dieses Zieles. Er ist jedoch vorsichtig genug, hierfür keinen Termin zu nennen.

Zum Abschluß sei folgender Hinweis gestattet. Das zur Lösung der Qualitätsfrage durchgeführte sehr umfangreiche Kreuzungsprogramm mit Sorten aus aller Welt hat zur Ansammlung vielfältiger Gene geführt. Hiermit eröffnet sich die Aussicht nicht nur auf die Lösung des gestellten Qualitätsproblems, sondern auch auf die Fortentwicklung der Rapspflanze auf höheren Ertrag, höheren Ölgehalt, höhere Ertragssicherheit und nicht zuletzt auf Eigenschaften, die den infolge technischer Entwicklung fortzuentwickelnden Anbaumethoden besser gerecht werden (Tabelle 8).

Die entworfene Zeichnung kann und soll botanisch nicht voll gerecht sein. Dem biologisch denkenden Züchter ist auch klar, daß das rechtsseitig vorgeführte Modell nicht in dem Maße perfekt hergestellt werden kann, wie es mit dem technischen Modell über das Reißbrett möglich ist. Es soll nur

Tabelle 8:

Idealtyp einer Winterrapsorte
nach LEITZKE 1973



derzeitiger - Typ - zukünftiger

10	-	Triebe/Pfl.	-	6
60	-	Schoten/Pfl.	-	80
3000	-	Schoten/m ²	-	2400
20	-	Korn/Schote	-	24
5,5	-	TKG	-	6,0
33,0	-	dz/ha	-	34,6

die denkbare grundsätzliche Zielsetzung aufgezeigt werden; Kürzere Stengellänge für Erhöhung der Standfestigkeit zwecks möglicher Erhöhung der N-Düngung und Erleichterung von Schwad- und Standdrusch - Geringere Triebzahl bei höherem Ansatz der Verzweigung zwecks verkürzter gleichmäßigerer Blüte, verbesserter Assimilationsmöglichkeit, gleichmäßigerer Reife und damit verbesserter Voraussetzung zum Mährusch - Kompensation der verringerten Triebzahl durch verbesserten Schotenansatz und Schotenausbildung in Verbindung mit höherer Kornzahl/Schote und höherem TKG - alles in allem Verbesserung der Ertragskapazität und der Ertragsicherheit.

Der bisher erreichte Erfolg ist aus einer beispielhaften Zusammenarbeit zwischen beteiligten Instituten und privaten Zuchtbetrieben entstanden. Weitere Er-

folge werden auch nur auf diesem Wege zu erzielen sein. Wir danken für die Zusammenarbeit in der Vergangenheit, wir wünschen dasselbe für die Zukunft.

Persönlich hat der Berichterstatter den Herren Dr. Andersson und Lööf aus Svalöf, Schweden, und Prof. Morice aus Versailles für den direkten Erfahrungsaustausch zu danken, wie auch Prof. Downey für die im Anfang brieflich erteilten Auskünfte.

LITERATURVERZEICHNIS

1. LEIN, K., G. RAKOW, G. RÖBBELEN & W. THIES (1970): Bericht Internationaler Rapskongress, Paris.
2. LÖÖF, B. und L. A. APPELQVIST (1964): Breeding work in rape, turnip rape and white mustard in connection with research on the composition of the fatty acids in their seeds. Z. Pflanzenzüchtung 52, 113-126.
3. RAKOW, G. (1973): Selektion auf Linol- und Linolensäuregehalt in Rapsamen nach mutagener Behandlung. Z. Pflanzenzüchtung 69, 62-82.

4. RÖBBELEN, G. und B. LEITZKE (1970): Weshalb Rüböl nicht vollwertig und Züchtung auf Ölqualität beim Winterraps notwendig ist. Saatgutwirtschaft-SAFA 22, 544-546 und 588-590.
5. SCHUSTER, W. (1970): Die Züchtung auf eine geeignete Fettsäurezusammensetzung beim Raps. Z. Pflanzenzüchtung 63, 61-81.
6. THIES, W. (1968): Die Biogenese von Linol- und Linolensäure in den Samen höherer Pflanzen, insbesondere Raps und Rüben, als Problem der Pflanzenzüchtung. Angew. Botanik XLII, 140-154.
7. THIES, W. (1971): Schnelle und einfache Analysen der Fettsäurezusammensetzung in einzelnen Raps-Kotyledonen. I. Gaschromatische und papierchromatische Methoden. Z. Pflanzenzüchtung 65, 181-201.