

Untersuchungen über Möglichkeiten zur Frühselektion auf hohen Fettgehalt bei Winterraps

KARL-HEINZ RIEMANN und HELGE KRÜGER

Institut für Pflanzenzüchtung Gülzow-Güstrow der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

On the possibilities of early selection for high fat content in rape

Summary. Studies in breeding methods showed, that it is possible to increase the fat content and productivity of a rape population by continuous single plant selection as well as by inter-variety crosses.

High fat content of single plants, as determined by refractometric method cannot be fully fixed in later generations, because an average sample includes seeds with little fat content, which take part in random mating in the field. Maximum increase of fat content in minimal time is only possible by extending the selection for fat content to single seeds and by preservation of such seeds for further breeding. Analyses of specific gravity indicate a possibility for indirect fat analysis and the use of tested seeds for breeding purposes.

An improvement over the methods published until now, to be used after pre-treatment of the seeds, has been developed and described.

The correlation coefficient obtained between specific gravity and fat content of seeds, determined by refractometric method, was $r = -0.94$.

Cane sugar solutions of different concentrations used after special treatment of the seeds, are well suited for differentiation of seed samples according to fat contents.

Einleitung, Problematik und Literatur

Die Erhöhung des Ölgehaltes ist neben der Verbesserung der agrotechnischen Eigenschaften ein

Hauptzuchtziel in der Winterrapszüchtung. Von RIEMANN (1963 u. 1964) wurden umfangreiche Untersuchungen zur Variabilität und Vererbung des Fettgehaltes sowie zur korrelativen Bindung dieses Merkmals mit anderen Eigenschaften in verschiedenen Rapsorten durchgeführt sowie in diesem Zusammenhang mehrere Zuchtwege zur Steigerung des Ölgehaltes auf Grund der Ergebnisse der Untersuchungen vorgeschlagen und diskutiert. Er kommt zu dem Schluß, daß eine wesentliche Steigerung des Ölgehaltes bei Winterraps nur zu erreichen ist, wenn der Winterraps zuchtmethodisch als Fremdbestäuber behandelt wird.

Unter Berücksichtigung dieser Erkenntnisse wurden umfangreiche zuchtmethodische Arbeiten durchgeführt, die im wesentlichen die in den oben genannten Arbeiten entwickelten theoretischen Überlegungen bestätigen (Tab. 1 u. 2).

Hier zeigte sich, daß sowohl über innersortliche Linienkreuzungen mit nachfolgender Individualauslese als auch über ausschließliche Individualauslese Linien mit höherer Samen-ertragsleistung bei gleichzeitiger Steigerung des Ölgehaltes und einer hohen TKM (Tausendkornmasse) entwickelt werden können.

Durch Individualauslese konnte eine größere Steigerung des Ölgehaltes erreicht werden als durch die Methode der innersortlichen Linienkreuzung.

Tabelle 1. Vergleich von Zuchtmaterial, entwickelt über innersortliche Linienkreuzung (Erntejahr 1965; Sorte 'Ölquell').

Material und zuchtmethodische Behandlung	n	rel. Samen- ertrag	Ölgehalt		TKM	
			%	rel.	g	rel.
Sorte Ölquell nach Erhaltungszuchtschema (Vergleich)		100	45,8	100	5,39	100
1. (♀ hoher Ölgehalt × ♂ hoher Ölgehalt)						
1.1. 2 × innersortliche Linienkreuzung						
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₃ 1. Ertragsprüfung	1	110	46,2	100,9	4,96	92
nachfolgend 2 × Individualauslese F ₃ Nachkommenschaftsprüfung	5	—	47,5	103,7	5,64	105
1.2. 1 × innersortliche Linienkreuzung						
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₂ Nachkommenschaftsprüfung	1	—	46,5	101,5	5,62	104
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₃ 1. Ertragsprüfung	1	110	46,9	102,4	5,70	106
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₄ 2. Ertragsprüfung	15	110	47,0	102,6	5,22	97
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₅ 2. Ertragsprüfung	4	108	46,3	101,1	5,00	93
nachfolgend 2 × Individualauslese F ₃ Nachkommenschaftsprüfung	33	—	48,3	105,5	5,30	98
2. (♀ hoher Ölgehalt × ♂ niedriger Ölgehalt)						
1 × innersortliche Linienkreuzung						
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₃ 1. Ertragsprüfung	4	119	48,4	105,7	4,84	90
nachfolgend 2 × Individualauslese F ₃ Nachkommenschaftsprüfung	3	—	47,6	103,9	5,37	100
nachfolgend 3 × Individualauslese F ₄ Nachkommenschaftsprüfung	1	—	46,2	100,9	5,72	106
3. (♀ niedriger Ölgehalt × ♂ hoher Ölgehalt)						
1 × innersortliche Linienkreuzung						
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₃ 1. Ertragsprüfung	1	109	46,9	102,4	5,17	96
nachfolgend 2 × Individualauslese F ₃ Nachkommenschaftsprüfung	4	—	48,2	105,2	6,05	112
4. (♀ mittlerer Ölgehalt × ♂ hoher Ölgehalt)						
1 × innersortliche Linienkreuzung						
nachfolgend 1 × Individualauslese F ₃ 1. Ertragsprüfung	3	104	46,5	101,5	5,51	102
nachfolgend 2 × Individualauslese F ₃ Nachkommenschaftsprüfung	2	—	48,3	105,5	6,00	111
5. (♀ hoher Ölgehalt × ♂ mittlerer Ölgehalt)						
1 × innersortliche Linienkreuzung						
nachfolgend 2 × Individualauslese F ₃ Nachkommenschaftsprüfung	1	—	49,7	108,5	5,83	108

Tabelle 2. Vergleich von Zuchtmaterial, entwickelt über Individualauslese (Erntejahr 1965).

Material und zuchtmethodische Behandlung		rel. Samen- ertrag	Ölgehalt %	rel.	TKM g	rel.
Sorte Ölquell						
Nach Erhaltungszuchtschema (Vergleich)	—	100	45,8	100	5,39	100
1 × Individualauslese (2. Ertragsprüfung)	1	98	45,9	100,2	4,91	91
2 × Individualauslese (2. Ertragsprüfung)	2	121	46,6	101,7	4,71	87
2 × Individualauslese (2. Nachkommenschaftsprüfung)	2	—	50,7	110,7	5,45	101
3 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	1	112	47,9	104,6	4,87	90
3 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	13	—	47,0	102,6	5,35	99
4 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	3	—	47,8	104,4	5,71	106
Stamm G 1 ohne Selektion (Vergleich)	—	100	44,4	100	5,56	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	4	134	45,7	102,9	5,81	104
1 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	3	—	46,3	104,3	6,16	111
2 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	3	—	46,7	105,2	5,41	97
Stamm G 2 ohne Selektion (Vergleich)	—	100	44,1	100	5,40	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	3	94	45,8	103,9	5,85	108
2 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	2	—	46,7	105,9	5,74	106
Stamm G 4 ohne Selektion (Vergleich)	—	100	45,2	100	6,05	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	5	112	45,6	100,9	5,71	94
1 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	3	—	49,3	109,1	5,87	97
Gr. Lüsewitzer spätsaatverträglicher ohne Selektion (Vergleich)	—	100	42,9	100	5,30	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	2	108	45,7	106,5	5,40	102
Lembkes Malchower ohne Selektion (Vergleich)	—	100	44,2	100	6,12	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	3	108	45,3	102,5	6,50	106
Lembkes Diamant ohne Selektion (Vergleich)	—	100	42,3	100	5,42	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	1	90	46,0	108,7	5,76	106
Grfl. Rechbergscher ohne Selektion (Vergleich)	—	100	46,4	100	4,92	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	2	98	46,6	100,4	4,85	99
2 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	1	—	48,9	105,2	4,98	101
Vestal ohne Selektion (Vergleich)	—	100	46,0	100	6,03	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	6	115	47,2	102,6	5,72	95
Warszawski ohne Selektion (Vergleich)	—	100	45,8	100	5,22	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	1	139	46,9	102,4	5,12	98
Gorczański ohne Selektion (Vergleich)	—	100	44,6	100	5,75	100
1 × Individualauslese (1. Ertragsprüfung)	3	104	47,1	105,6	5,76	100
2 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	3	—	49,3	110,5	6,38	111
Kromericka ohne Selektion (Vergleich)	—	100	42,8	100	5,77	100
2 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	1	—	46,3	108,2	5,58	97
Esterhazy ohne Selektion (Vergleich)	—	100	41,9	100	5,57	100
1 × Individualauslese Nachkommenschaftsprüfung	1	—	46,5	111,0	5,79	104

Zum Vergleich wurden die nach dem Erhaltungszuchtschema (Züchter 33, S. 224) im Ölgehalt verbesserte Population der Sorte 'Ölquell' sowie unbearbeitete Populationen bei den übrigen Sorten herangezogen.

Die durchgeführten zuchtmethodischen Arbeiten ergaben jedoch, daß sich der nach einer Selektion an Einzelpflanzen festgestellte hohe Ölgehalt in späteren Generationen nicht in voller Höhe fixieren läßt. Dieses ist bedingt durch das auf Grund von Fremdbestäubung heterogene Material und durch die Tatsache, daß die an Einzelpflanzen ermittelte Höhe des Ölgehaltes den Mittelwert aller Samen dieser Pflanze repräsentiert. An diesem Mittelwert sind eine mehr oder weniger große Anzahl von Samen mit niedrigem Ölgehalt beteiligt, die in den weiteren Generationen den Ölgehalt der Linie negativ beeinflussen können.

Wesentlich größere Effekte könnten erreicht werden, wenn es gelingt, nur die fettreichsten Samen einer Einzelpflanze bzw. einer Population für die weitere Züchtung zu nutzen, die fettärmeren Samen zu eliminieren und damit von der Panmixie im Bestand auszuschalten. Es muß also eine Methode entwickelt werden, durch die mit ausreichender Genauig-

keit die Höhe des Ölgehaltes der einzelnen Samen bestimmt werden kann und bei der nach dieser Bestimmung die Samen noch für die Aussaat im Zuchtgarten verwendet werden können.

Bei den herkömmlichen gravimetrischen Methoden und auch bei der Refraktometermethode ist eine Mindestsamenmenge für die Untersuchung erforderlich, die dann im Verlauf der Analyse verloren geht. Es wird in jedem Fall anhand der untersuchten Stichprobe auf die Grundgesamtheit geschlossen. Der nicht untersuchte Rest der Samen wird für den weiteren Zuchtweg verwendet unter der Annahme, daß diese Samen in ihrem Ölgehalt dem Mittel der untersuchten Probe entsprechen.

Neben dem in den meisten Fällen relativ hohen Zeitaufwand ergeben sich Fehlermöglichkeiten auf Grund des oft komplizierten Verarbeitungsprozesses. Gleichzeitig stellen die Analysenwerte nur Mittelwerte aller Samen dieser Probe dar und sagen nichts aus über die Variation des Ölgehaltes innerhalb der einzelnen Samen der Untersuchungsprobe. Deshalb sind bei diesen Verfahren in der Regel eine Reihe von Selektionsgenerationen zur maximalen Steigerung des Ölgehaltes erforderlich, ohne überhaupt die Ge-

währ zu bieten, die obere Grenze des Ölgehaltes erreicht zu haben.

Eine wesentliche Beschleunigung des Selektionsverfahrens kann durch ausschließliche Weiterverwendung der fettreichsten Samen erfolgen. Dieser Weg schließt jedoch die Benutzung der allgemein üblichen Verfahren der Ölbestimmung bei den direkten Zucharbeiten aus. Diese Verfahren sollten nur zur Kontrolle eingeschaltet werden.

In der Literatur werden mehrere Möglichkeiten zur Fettbestimmung erörtert, bei denen die untersuchten Samen erhalten bleiben und für Zucharbeiten weiterverwendet werden können, die aber in der beschriebenen Form für Winterraps entweder ungeeignet oder nur bedingt geeignet sind. Diese Methoden basieren auf der Anwendung der physikalischen Möglichkeiten der Wichtebestimmung von Samen in unterschiedlichen Medien und gehen davon aus, daß sowohl das spez. Gewicht des in den Samen einer Art enthaltenen Fettes als auch das spez. Gewicht der sonstigen in den Samen enthaltenen Stoffe (Protein, Kohlenhydrate usw.) jeweils einen annähernd konstanten Wert aufweisen. Auf Grund des prozentualen Anteiles der Reststoffe sowie des Fettes ergeben sich für die Gesamtsamen unterschiedliche spezifische Gewichte je nach Höhe der Fettkomponente.

ŠMUK (1924) und PEJČEV (1957) bestimmten den Ölgehalt bei Sonnenblumen durch Wägung der Samen in Luft und in Sonnenblumenöl.

CLASSEN, EKDAHL u. SEVERSON (1950) ermittelten eine negative Korrelation von $r = -0,81$ zwischen Ölgehalt und Prozentanteil der Schalen bei Saflor und schlagen die Ölgehaltsbestimmung als einfachere Methode zur gleichzeitigen Bestimmung des Schalenanteiles vor. PAWLOWSKI (1961) untersuchte die Beziehung zwischen Samenwichte und Ölgehalt sowie zwischen Samenwichte und Schalenanteil bei Saflor. Er fand eine negative Korrelation von $r = -0,97$ zwischen Samenwichte und Ölgehalt sowie von $r = +0,96$ zwischen Samenwichte und Schalenanteil. ZIMMERMANN (1962) fand eine negative Korrelation von $r = -0,96$ zwischen Samenwichte und Ölgehalt bei Lein. PAWLOWSKI (1963) gibt 3 Möglichkeiten zur Volumenbestimmung bei Samen an, aus denen dann die Wichte der Samen errechnet wird:

1. Verdrängung in Aqua dest.
2. Verdrängung in Quecksilber
3. Ermittlung des spez. Gewichtes in einer sog. Steigungsröhre in einem Gemisch von Kerosin und Brombenzol.

Er fand negative Korrelationskoeffizienten zwischen Ölgehalt und Wichte von

- $r = -0,91$ bei Saflor-Embryonen
- $r = -0,90$ bei Leinsamen
- $r = -0,84$ bei Rapssamen
- $r = -0,90$ bei geschälten Sonnenblumen.

Die Methoden sind im einzelnen genau beschrieben und die sich ergebenden Möglichkeiten werden erörtert.

ERMAKOV und MEGORSKAJA (1965) stellten Spezialgemische nichtpolarer Flüssigkeiten her, die sich im Ölgehalt um 1–2% unterscheiden. Sie verwendeten flüssiges Paraffin, Tetrachlorkohlenstoff, Petroläther oder Flugbenzin sowie Tetrachloräthan und Tetrachloräthylen. Sie weisen auf die Temperaturabhän-

gigkeit der Methoden hin und erörtern die Möglichkeiten der Fraktionierung von ölhaltigen Samen in Gruppen mit verschiedenem Fettgehalt.

Aus den vorliegenden Literaturangaben werden folgende Probleme sichtbar, die einer Anwendung der Wichtebestimmung in der Züchtung zur Ermittlung des Ölgehaltes bei Winterraps hemmend im Wege stehen:

1. Die verwendeten Tauchlösungen dürfen keine keim-schädigenden Stoffe enthalten.
2. Der Korrelationskoeffizient zwischen Ölgehalt und Wichte ist bei Rapssamen niedriger als bei anderen Ölfrüchten. Dieses Ergebnis garantiert keine ausreichende Genauigkeit der Bestimmung und stellt somit den gewünschten Effekt in Frage.

Die Untersuchungsarbeiten in Gülzow waren daher darauf ausgerichtet, eine für Raps brauchbare Methode zu entwickeln, die diese Nachteile weitgehend beseitigt.

Methoden und Ergebnisse

Obwohl von der physikalischen Definition her Unterschiede zwischen Dichte, Wichte und spez. Gewicht vorhanden sind, erfolgt in den nachfolgenden Darstellungen keine exakte Trennung dieser Begriffe. Wir beschränken uns in der Hauptsache auf die Begriffe Wichte und spez. Gewicht. Unter den gegebenen Verhältnissen sind Dichte und Wichte annähernd gleich groß. Gleichfalls wird in unseren Untersuchungen der vorhandene Luftauftrieb vernachlässigt. Für züchterische Zwecke ist diese Vereinfachung der Darstellung möglich, ohne Fehler in den Analysenwerten zu erhalten.

Zur Bestimmung der Wichte wurde eine Einschalenanalysenwaage hergerichtet. Anstelle der Originalwiegeschale wurde eine speziell für die Untersuchungen gefertigte herausnehmbare Wiegeschale, die in einem Einhängerring gelagert war, in die Waage eingehängt. Das Gewicht der herausnehmbaren Wiegeschale einschl. des Einhängerringes muß mindestens das Gewicht der Originalschale haben. Dieses wird durch Ausgleichsgewichte erreicht. Die Schale selbst ist mit einem runden Boden versehen, der außerdem durch kleine Löcher unterbrochen ist, damit im Tauchgefäß die Luft keine Haftmöglichkeiten an der Außen- oder Innenseite der Wiegeschale findet. Unter der Wiegeschale steht ein Tauchgefäß, welches zur Temperaturkontrolle der Tauchflüssigkeit mit einem Thermometer bestückt ist und in welchem bei eingetauchter leerer Wiegeschale die Tauchflüssigkeit bis zu einer festgelegten Markierung reicht, welches mittels Pipette leicht reguliert werden kann. Die Aufhängung des Ringes mit der herausnehmbaren Wiegeschale erfolgte an der Waage an einem dünnen Dederondraht (0,16 mm Ø), um Ungenauigkeiten bei der Wägung der Samen auszuschalten. Eine vorher eingewogene Samenmenge von 1 g wurde dann in der getauchten Wiegeschale gewogen und der Auftrieb festgestellt. In Paralleluntersuchungen wurde die absol. Samenfeuchte festgestellt und bei der Berechnung entsprechend berücksichtigt. Samen an der Luft gewogen – Restgewicht (Samen in Flüssigkeit gewogen) = Auftrieb.

Wägungen von Rapssamen in Gemischen von Azeton und Alkohol als Tauchlösung zeigten keine befriedigenden Ergebnisse. (Diese Chemikalien können die

Keimfähigkeit bei längerer Benetzung stark schädigen.) Auch die Verwendung von Aqua dest. als Tauchlösung brachte keine ausreichenden Ergebnisse, da das Wiegen wegen der Oberflächenspannung des Wassers erhebliche Schwierigkeiten machte. Gleichfalls war die Übereinstimmung mit den refraktometrisch ermittelten Fettgehaltswerten ungenügend. Durch Zusetzen einiger Tropfen eines Spannungsmittels (Fit), wie es auch im Haushalt zum Geschirrspülen Verwendung findet, konnte die Oberflächenspannung des Wassers gemindert werden, ohne daß die Wichte des Wassers meßbar verändert wurde.

Als Hauptursache für die ungenügende Übereinstimmung der Restgewichte mit den refraktometrisch ermittelten Fettgehaltsprozenten wurde der unterschiedliche Luftgehalt in den einzelnen Rapssamen vermutet. Deshalb wurden die Samen 24 Stunden in entspanntem Wasser eingeweicht. Die Ergebnisse ergaben eine wesentlich bessere Korrelation mit den refraktometrisch ermittelten Fettgehaltsprozenten (Abb. 1 u. 2).

Bei Untersuchungen unter dem Präpariermikroskop konnten wir bei eingeweichten Rapsproben noch kleine Luftblasen in den einzelnen Samen feststellen. Auch durch Einweichen bei gleichzeitiger Vakuumbehandlung ließen sich die Luftbläschen aus den Samen nicht restlos entfernen. Bei Samen mit beschädigter Samenschale konnten jedoch nach dem Weichen und Vakuumbehandlung keine Luftbläschen in den Samen festgestellt werden. Künstliche Beschädigung der Samenschale zur Entziehung der letzten Luftblasen kann andere Nachteile zur Folge haben:

1. Minderung der Keimfähigkeit;
2. Auskeimen der Samen beim Einweichen;
3. Trockenmasseverluste beim Einweichen der Samen.

Endgültige Untersuchungsergebnisse zu diesem Problem liegen bisher noch nicht vor.

Nach den bisherigen Beobachtungen kann man in 1 g Samentrockenmasse mit ca. 5–6 mm³ Luft, die durch das Einweichen nicht verdrängt wird, rechnen. Jedoch treten hier zwischen den einzelnen Proben Differenzen auf. Auch bei längerem Einweichen der Samen als 24 Stunden verringern sich diese Unterschiede nicht wesentlich.

Aus einer größeren Anzahl von Untersuchungen (Proben) ermittelten wir einen mittleren Ölgehalt von 48,79% (Refraktometerwerte). Diesem Wert entsprach ein mittleres Restgewicht von 121,57 mg, bezogen auf 100% TM bei +20 °C Tauchlösung (entspanntes Aqua dest.) sowie 24stündigem Einweichen der Samenproben in Wasser. Das Restgewicht von 121,57 mg entspricht einer Wichte von 1,1364 g/cm³ (Dichte des Wassers bei +20 °C = 0,9982). Bei einem Fettgehalt von 48,79% beträgt also die Wichte der Rapssamen 1,1364 g/cm³. Die Dichte des Rapsöles beträgt nach WACHS (1961) bei +20 °C 0,910 bis 0,917, im Mittel 0,9135. Somit beträgt die Wichte der übrigen Stoffe außer Öl bei Rapssamen bei +20° 1,3488 g/cm³. Auf Grund dieser Zahlen wurde für 30% Ölgehalt eine Wichte von 1,2182 g/cm³, für 60% Ölgehalt eine Wichte von 1,0786 g/cm³ errechnet und die Tab. 3 aufgestellt. Auf Grund der Tabelle erübrigt sich eine Wichtebestimmung, und

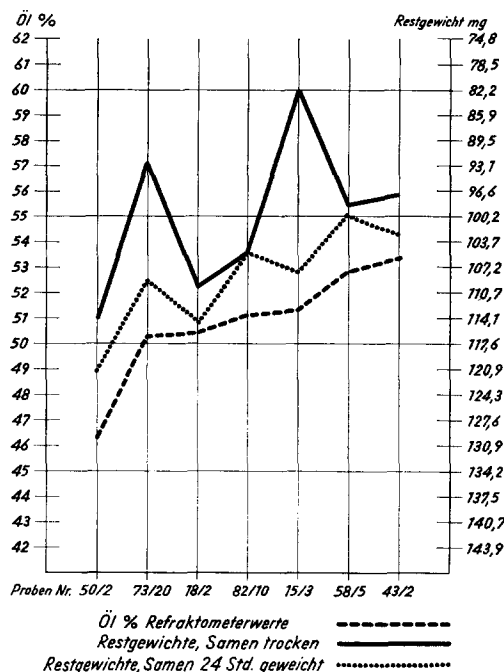


Abb. 1. Der Einfluß der Samenbehandlung bei Raps auf die Höhe des Restgewichtes bei Wichtebestimmungen.

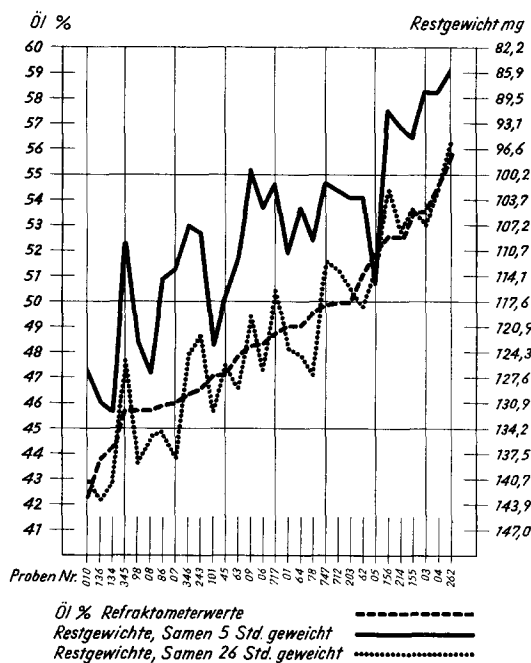


Abb. 2. Der Einfluß der Wasseraufnahmezeit bei Rapsproben auf die Höhe des Restgewichtes bei Wichtebestimmungen.

es ist eine Ölbestimmung unter ausschließlicher Berücksichtigung des „Restgewichtes“ möglich.

Diese Tabelle ist auf 100% TM bezogen. Untersucht man Zuchtmaterial, welches im Feuchtigkeitsgehalt dem geforderten Tabellenwert nicht entspricht, ist dieses bei der Beurteilung der Restgewichte zu berücksichtigen. Für Proben mit einem geringeren Trockenmassegehalt als 100% verringern sich die angegebenen Restgewichte für den entsprechenden Ölgehalt um den prozentualen Anteil der tatsächlichen Feuchtigkeit der Probe. Zur Bestimmung des Fettgehaltes von Serienproben ist es daher erforderlich, daß durch gleichmäßige Lagerung aller Proben diese sich im Feuchtigkeitsgehalt weitgehend angeglichen haben und eine neue Tabelle unter Berücksichtigung

Tabelle 3. *Beziehung des Ölgehaltes der Rapsamen zur Wichte und zum Restgewicht bei 24stündigem Weichen mit Vakuumbehandlung (bezogen auf 100% TM und +20 °C des Tauchwassers).*

Fett %	Wichte der Samen (mg/cm ³)	Restgewicht von 1000 mg Samen	Fett %	Wichte der Samen (mg/cm ³)	Restgewicht von 1000 mg Samen
30	1218,2	180,6	45	1152,9	134,2
,5	1216,0	179,1	,5	1150,7	132,5
31	1213,9	177,7	46	1148,6	130,9
,5	1211,7	176,2	,5	1146,4	129,3
32	1209,5	174,7	47	1144,2	127,6
,5	1207,3	173,2	,5	1142,0	125,9
33	1205,2	171,8	48	1139,9	124,3
,5	1203,0	170,2	,5	1137,7	122,6
34	1200,8	168,7	49	1135,5	120,9
,5	1198,6	167,2	,5	1133,3	119,2
35	1196,5	165,7	50	1131,2	117,6
,5	1194,3	164,2	,5	1129,0	115,9
36	1192,1	162,6	51	1126,8	114,1
,5	1189,9	161,1	,5	1124,6	112,4
37	1187,7	159,5	52	1122,4	110,7
,5	1185,6	158,1	,5	1120,3	109,0
38	1183,4	156,5	53	1118,1	107,2
,5	1181,2	154,9	,5	1115,9	105,5
39	1179,0	153,3	54	1113,7	103,7
,5	1176,9	151,8	,5	1111,6	102,0
40	1174,7	150,2	55	1109,4	100,2
,5	1172,5	148,7	,5	1107,2	98,4
41	1170,3	147,0	56	1105,0	96,6
,5	1168,2	145,5	,5	1102,9	94,9
42	1166,0	143,9	57	1100,7	93,1
,5	1163,8	142,3	,5	1098,5	91,3
43	1161,6	140,7	58	1096,3	89,5
,5	1159,4	139,0	,5	1094,1	87,6
44	1157,3	137,5	59	1092,0	85,9
,5	1155,1	135,8	,5	1089,8	84,1
			60	1087,6	82,2

des tatsächlichen mittleren Feuchtigkeitsgehaltes der Proben aufgestellt wird. Entspricht das Tauchwasser nicht dem geforderten Wert von +20 °C sind weitere Korrekturwerte zum Restgewicht erforderlich.

Sie betragen bei

+15 °C	+0,7 mg	+21 °C	-0,2 mg
+16 °C	+0,6 mg	+22 °C	-0,3 mg
+17 °C	+0,5 mg	+23 °C	-0,5 mg
+18 °C	+0,3 mg	+24 °C	-0,7 mg
+19 °C	+0,2 mg	+25 °C	-0,9 mg.

Diese Korrekturwerte sind Näherungswerte.

Für den Züchter ist es nicht nur wichtig, den Fettgehalt einzelner Pflanzen oder Stämme zu prüfen, sondern gleichermaßen ist die Selektion einer Population hinsichtlich besonders fettreicher Samen bzw. Pflanzen von großer Bedeutung zur Steigerung des Fettgehaltes bei Raps. Mit Hilfe von Medien unterschiedlicher Wichte können aus Populationen, Stämmen, aber auch aus dem Erntegut einzelner Pflanzen Samen mit dem erstrebten Fettgehalt „ausgesiebt“ werden. Besonders geeignet dafür sind nach unseren Untersuchungen Rohrzuckerlösungen verschiedener Konzentration, die vorher angesetzt und mit Hilfe von Areometern auf die notwendige Wichte geeicht werden. Nach vorherigem Einweichen der Samen in entspanntem Wasser gibt man die vorbehandelten Samen unter ständigem Rühren in Glasgefäße mit der geeichten Rohrzuckerlösung. Samen mit geringerer Wichte als die Rohrzuckerlösung schwimmen und können leicht abgefischt werden. Sie werden anschließend gewaschen und können sofort ausgesät werden. Ist eine sofortige Aussaat nicht möglich, müssen die Samen zurückgetrocknet werden. Die kurze Behandlungszeit in Rohrzuckerlösung hat keinen Einfluß auf die Vitalität der Samen.

In Tab. 4 und 5 ist der Einfluß der im Untersuchungsgang zur Wichtebestimmung notwendigen Samenbehandlungen auf die Saatgutqualität dargestellt. Aus den dargestellten Mittelwerten geht hervor, daß bei unbeschädigten Samen die zur Anwendung kommenden Samenbehandlungen keine negativen Auswirkungen auf die Lebensfähigkeit der Samen haben. Lediglich bei beschädigten Samen treten durch die Vorbehandlung größere Veränderungen hinsichtlich der Ausgangsprobe ein, die das Untersuchungsergebnis beeinflussen. Da offensichtlich beschädigte Samen auch in der Keimfähigkeit gemindert sind, ist darauf zu achten, daß nur gesunde Samen zur Bestimmung des Fettgehaltes mittels der Wichtebestimmung verwendet werden.

Diskussion

PAWLOWSKI (1963) ermittelte nach seinem Verfahren der Wichtebestimmung bei Raps einen Kor-

Tabelle 4. *Bestimmung über Trockenmasseverluste beim Weichen.*

Variante	Material	Trockenmasse %	Trockenmasse Verluste, %
1.	Winterraps unbehandelt	93,64	—
2.	Winterraps unbeschädigte und gesunde Körner nach 36stündigem Weichen	92,83	0,81
3.	Winterraps grob zerkleinerte Körner nach 36stündigem Weichen	86,86	6,78
4.	Winterraps unbehandelt	93,74	—
5.	Winterraps Var. 4 nach künstlicher starker Beschädigung der Samenschale und nachfolgendem 24stündigem Weichen	88,52	5,22

Tabelle 5. *Keimfähigkeits- und Auswuchsbestimmung verschieden behandelter Proben gleichen Ausgangsmaterials.*

Variante	Material	Keimfähigkeit %	Auswuchs %	TKM g
1.	Winterraps unbehandelt	84,3	5,17	6,771
2.	Winterraps 24 Stunden geweicht	85,0	6,17	6,625
3.	Winterraps 102 Stunden geweicht	87,0	6,52	6,555
4.	Winterraps 177 Stunden geweicht	83,7	5,90	6,595
5.	Winterraps 69 Stunden in Rohrzuckerlösung geweicht	73,5	8,03	6,525
6.	Winterraps: selektierte Körner mit geringer Wichte (= hoher Fettgehalt) nach 9 Monaten Lagerung	98,3	0,0	6,098
7.	Winterraps wie 6: nach 9 Monaten Lagerung erneut 120 Stunden geweicht	97,7	4,38	6,018

relationskoeffizienten von $r = -0,84$ zwischen dem Fettgehalt der Trockenmasse und der Wichte der Samen. Nach unseren umfangreichen Untersuchungen zur Erarbeitung einer verbesserten Methode der Wichtebestimmung fanden wir nach dem von uns z. Z. als optimal angesehenen Verfahren mit der dargestellten Vorbehandlung der Samen einen Korrelationskoeffizienten von $r = -0,94$ bei 33 untersuchten Proben zwischen dem refraktometrisch ermittelten Fettgehalt und der Wichte der Samen. Dieses Ergebnis zeigt, daß durch das Quellen der Samen beim 24stündigen Einweichen die normalerweise größeren Differenzen im Luftgehalt der Samen wesentlich verringert werden und dadurch das Ergebnis an Genauigkeit erheblich zunimmt. Durch die Methode der Wichtebestimmung bei Raps nach entsprechender Vorbehandlung der Samen ist eine indirekte Fettgehaltsbestimmung mit etwa der gleichen Genauigkeit möglich wie bei anderen chemischen oder physikalischen Methoden. Die wesentlichen Vorteile dieser Methode beruhen jedoch darauf, daß eine Untersuchung jeder Einzelpflanze ohne Rücksicht auf deren Samenertag möglich wird bei gleichzeitiger Verwendung der zur Untersuchung gelangenden Samen in der weiteren Zuchtarbeit. Gleichzeitig können bereits Einzelpflanzen hinsichtlich des Fettgehaltes der Samen fraktioniert werden. Dadurch wird die Möglichkeit zur Ausschaltung weniger fettreicher Samen im weiteren Zuchtweg geschaffen und eine wesentlich effektivere Bestäubungslenkung als nach sonst üblichen Verfahren der Fettbestimmung ermöglicht. Auf diese Weise kann eine Individualauslese bereits in wenigen Generationen zum maximalen Ölgehalt einer Population führen, ohne daß durch die Panmixie mit weniger fettreichen Samen ein Teil des Selektionseffektes in jeder Generation verlorengehen kann. Durch die konsequente Anwendung der Methode der mehrmaligen Individualauslese über eine Selektion der fettreichsten Samen mittels der „Wichteselektion“ kann die Selektionsdauer zum Zuchtziel maximaler Fettgehalt wesentlich abgekürzt werden.

Gegenüber den von anderen Autoren verwendeten Medien zur Fraktionierung der Samen nach dem Fettgehalt weisen die von uns verwendeten Rohrzuckerlösungen den Vorteil auf, daß sie bei vorbehandelten Samen keinerlei Schäden verursachen und auch in ihrer Handhabung absolut ungefährlich für den Menschen sind.

Zusammenfassung

1. Zuchtmethodische Arbeiten ergaben, daß sowohl über fortgesetzte Individualauslese als auch über innersortliche Linienkreuzung eine Erhöhung des

Fettgehaltes von Rapspopulationen bei gleichzeitiger Steigerung der Samenerträge möglich ist.

2. Mit Hilfe der refraktometrischen Fettbestimmung an Einzelpflanzen festgestellte hohe Fettgehalte lassen sich in späteren Generationen nicht voll fixieren, da auch Samen mit geringem Fettgehalt in der Durchschnittsprobe enthalten sind, die im Feldbestand in die Panmixie mit eingehen.

3. Eine maximale Steigerung des Fettgehaltes in kürzester Zeit kann nur erreicht werden, wenn die Selektion auf den Fettgehalt einzelner Samen ausgedehnt werden kann und diese nach der Fettbestimmung für die Züchtung erhalten bleiben.

4. Möglichkeiten zur indirekten Fettbestimmung, nach der eine Verwendung der untersuchten Samen für züchterische Zwecke erfolgen kann, bietet die Wichtebestimmung der Samen.

5. Bisher publizierte Verfahren werden diskutiert und ein verbessertes Verfahren nach Vorbehandlung der Samen wird beschrieben.

6. Der nach dem entwickelten Verfahren errechnete Korrelationskoeffizient von $r = -0,94$ zwischen Wichte der Samen und Fettgehalt nach der Refraktometermethode zeigt die Genauigkeit der Methode.

7. Zur Fraktionierung von Saatgutproben nach dem Fettgehalt erscheinen nach entsprechender Vorbehandlung der Samen Rohrzuckerlösungen unterschiedlicher Konzentration besonders geeignet.

8. Die Vorteile der weiterentwickelten Methode werden diskutiert.

Literatur

1. CLASSEN, C. E., E. G. EKDAHL and G. M. SEVERSON: The estimation of oil percentage in safflower seed and the association of oil percentage with hull and nitrogen percentages, seed size, and degree of spinniness of the plant. *Agron. J.* **42**, 478–482 (1950). — 2. ERMAKOV, A. N., and O. M. MEGORSKAJA: Eine Methode zur Auslese fettreicher Samen (russisch). *Trudy po prikladnoj botanike, genitike: selekcii* **37**, 164–166 (1965). — 3. PAWLOWSKI, S. H.: Estimation of oil in safflower seed. *Nature* **189**, 772–773 (1961). — 4. PAWLOWSKI, S. H.: Method for rapid determination of specific gravity of single seeds and seed samples and the correlation of specific gravity with oil content. *Canad. J. Plant Sci.* **43**, 151–156 (1963). — 5. PEJČEV, St.: Eine Mikromethode zur Bestimmung des Ölgehaltes einzelner Samen der Sonnenblume — *H. annuus* L. *Doklad Bolgarskoj Akademii nauk* **10** (1957). — 6. RIEMANN, K. H.: Untersuchungen zur Variabilität verschiedener Merkmale beim Raps und ihre Auswirkungen auf züchterische Maßnahmen. I. Mitteilung. *Der Züchter* **33**, 217–226 (1963). — 7. RIEMANN, K. H.: Untersuchungen zur Variabilität verschiedener Merkmale beim Raps und ihre Auswirkungen auf züchterische Maßnahmen. II. Mitteilung. *Der Züchter* **34**, 156–167 (1964). — 8. ŠMUK, A. A.: *Naučno-agronomičeský žurnal* Nr. 1 (1924), zit. aus A. N. ERMAKOV und O. M. MEGORSKAJA. — 9. WACHS, W.: *Öle und Fette*. Berlin: A. W. Hayn's Erben 1961. — 10. ZIMMERMANN, D. C.: The relationship between seed density and oil content in flax. *J. Amer. Oil-Chemists' Soc.* **39**, 77–78 (1962).