

(Aus dem Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Bonn)

Selektion in frühen Generationen des Leins in Hinblick auf das Zuchtziel einer gleichzeitigen Nutzung von Faser und Öl

Von M. SCHEER-TRIEBEL und C. BARTSCH

(Mit 1 Abbildung)

Zusammenfassung

Zwischen den Kreuzungsnachkommenschaften zweier Kreuzungsserien mit Öl-, Kombinations- und Faserleinen von 1983 und 1984 wurden 1986 bis 1989 innerhalb und zwischen den Generationen F_2 bis F_5 Korrelationsrechnungen mit dem Ziel durchgeführt, Selektionskriterien für Faser- und Ölertrag bei Früh- (Teilramschzüchtung) und Spätselektion (Ramschzüchtung) zu ermitteln. Darüber hinaus sollte geprüft werden, inwieweit das Zuchtziel Kombinationslein realisiert werden kann, und ob die dafür erforderliche Reifesynchronisation möglich ist.

Folgende Ergebnisse wurden erzielt:

- Bereits an Einzelpflanzen kann auf Gesamtlänge, technische Stengellänge und Tausendkorngewicht selektiert werden. Dabei ist der Vorteil der Spätselektion so gering, daß eine frühe Selektion vorzuziehen ist.
- Die Höhe des Ölertrages ist hauptsächlich vom Samenertrag, weniger vom Ölgehalt und gar nicht vom Tausendkorngewicht abhängig. Eine Selektion auf Samenertrag ist frühestens ab der F_3 -Generation sinnvoll.
- Im Gegensatz dazu besteht ein enger Zusammenhang zwischen dem Faserertrag und den Einflußgrößen Gesamtlänge, technische Stengellänge und Strohertrag.
- Die Länge der phänologischen Entwicklungsphasen beeinflußt vor allem die Faserertragsbildung. Eine lange vegetative Phase fördert Wuchshöhe und technische Stengellänge und damit indirekt Stroh- und Faserertrag. Eine späte Kapselreife erhöht das Tausendkorngewicht.
- Eine Annäherung der Reifetermine von Stroh und Kapseln ist eher durch frühe Kapselreife als durch späte Strohrefe zu erreichen. Eine Beziehung zwischen dieser Reifesynchronisation und Faser- und Ölertrag besteht nicht.
- Auf Grund der geringen negativen Korrelation zwischen Faser- und Ölertrag ist es nicht unmöglich, die beiden Zuchtziele in einem Genotyp zu vereinigen.

Schlüsselwörter: Lein, Züchtung, Selektionskriterien.

Selection in early generations for the breeding aim “simultaneous use of oil and fibre” in flax

Summary

Two series of crosses between ten varieties of oil seed flax and fibre flax were started in 1983 and 1984. Early selection was done in F₂-bulks, late selection in F₄-bulks. The progenies were grown until the F₅-generation (early selection) and the F₆-generation (late selection). Between the progenies correlation coefficients were calculated within and between the generations F₂ to F₆ to find selection criteria for early and late selection. Further was investigated if it is possible to find genotypes, which combine the yield of the vegetative parts (fibre) and the generative parts (oil) of the plant. Another target is the synchronisation of maturity of fibre and seeds.

Results:

- Best selection criteria for single plants are total length, technical length and 1000 seed weight. There is only a little advantage of late selection compared to early selection.
- The oil yield is dependent on seed yield, less on oil content and least on 1000 grain weight. The first opportunity for direct selection on seed yield is the F₃-generation.
- On the contrary a strong correlation between fibre yield and the components total length, technical length and straw yield was found.
- The length of the phenological periods influences above all the fibre yield building. A long vegetative period increases total length, technical length and indirectly straw and fibre yield. Late capsule maturity increases 1000 seed weight.
- The synchronisation of maturity is rather to achieve by selection for early capsule maturity than for late straw maturity. There is no correlation between the synchronisation of maturity and fibre and oil yield.
- Since the negative correlation between fibre and oil yield is not very close, it is not impossible to combine this two breeding aims into one genotype.

Key-words: flax, breeding, selection criteria.

1. Einleitung und Problemstellung

Überproduktion an Nahrungsmitteln und begrenzte Ressourcen an fossilen Rohstoffen haben dazu geführt, daß der Lein (*Linum usitatissimum* L.), dessen Anbau in Deutschland praktisch Anfang der sechziger Jahre eingestellt worden war, wieder als „nachwachsender Rohstoff“ in die Diskussion gebracht wurde (N. N. 1986). Erfolg und Umfang einer Wiedereinführung des Leinanbaus hängen jedoch wesentlich davon ab, inwieweit es gelingt, Ernte und Aufarbeitung zu vereinfachen und für einen billiger gewonnenen Rohstoff neue Verwendungsbereiche zu erschließen (WURSTER et al. 1988).

Im konventionellen Leinanbau unterscheidet man die Nutzungsrichtungen Faserlein für textile Verwertung und Öllein für den technischen oder Nahrungsmittelmarkt. Da der Markt für die textile Langfaser begrenzt und darüber hinaus die Tauröste risikoreich ist, werden zur Zeit neue Aufschlußverfahren zur Lösung der Faser aus dem Stengel erforscht (WURSTER et al. 1988). Die dabei erzeugte „cottonisierte Faser“ oder „Kurzfasern“ kann im technischen Bereich (Dämmstoffe, Autoindustrie, Geotextilien u. a.) oder im Mischgewebereich

verwendet werden. Die Rentabilität des Anbaus kann durch gleichzeitige Nutzung des Öls gesteigert werden.

Für die Züchtung stellt sich die Frage, ob es möglich ist, vegetativen und generativen Ertrag in einem Genotyp zu vereinigen und welche Selektionskriterien geeignet sind. Sollen in frühen Generationen Einzelpflanzen selektiert werden, ist dies nicht anhand von Ertragsmerkmalen möglich (SCHNELL und UTZ 1976, SNEEP 1977). Nach HEYLAND und HEMKER (1991) sind dagegen bei Lein die Ertragskomponenten Stengellänge, Tausendkorngewicht und Länge der vegetativen Phase wegen ihrer geringen Genotyp-Umwelt-Interaktion auch in frühen Generationen für eine Selektion zu nutzen. Samen- und Ölertrag zeigen eine größere Genotyp-Umwelt-Interaktion als Stroh- und Faserertrag.

Neben der Genotyp-Umwelt-Interaktion ist der Korrelationskoeffizient ein weiteres Maß zur Abschätzung der Eignung von Merkmalen als indirekte Selektionskriterien (FALCONER 1984, WRICKE und WEBER 1986). Untersuchungen zur Ermittlung von Merkmalskorrelationen wurden vor allem an Ölleingenotypen vorgenommen. So fanden JOHNSON (1932) und GREEN und MARSHALL (1981) positive Korrelationen zwischen Tausendkorngewicht und Ölgehalt, die sich im Material von COMSTOCK und GATES (1965) allerdings nicht bestätigten. Bei den vegetativen Merkmalen ist eine enge Korrelation zwischen Faserertrag einerseits und Strohertrag, Gesamtlänge und technischer Stengellänge festzustellen (HEMKER 1989, HEYLAND und HEMKER 1991). Pflanzen mit hohem Wuchs zeigen niedrigere Tausendkorngewichte und Ölgehalte (HOFFMANN 1957, BADWAL et al. 1970, SEEHUBER und DAMBROTH 1983), was auf negative Beziehungen zwischen vegetativen und generativen Ertragsmerkmalen hinweist. Der optimale Zeitpunkt für die Ernte des Strohs zur konventionellen Fasergewinnung liegt deutlich vor der physiologischen, das heißt der Kapselreife, weil mit zunehmender Ernteverzögerung eine zunehmende Lignifizierung und damit eine Minderung der Faserqualität einhergeht (TIVER 1942, HOFFMANN 1961, AHMED et al. 1982, SHARMA 1986). Zur gleichzeitigen Erntbarkeit von Stroh und Kapseln, bei Erhaltung der Faserqualität, muß daher eine Zusammenführung der Abreife von Stroh und Kapseln auf züchterischem Wege erreicht werden (KEIJZER 1989). Entsprechende Untersuchungen von KEIJZER und LUBBERTS (1989) haben gezeigt, daß genetisch bedingte Unterschiede im zeitlichen Abstand zwischen Stroh- und Kapselreife (= Reifensynchronisation) auftreten.

Ziel vorliegender Untersuchung ist es, mit Hilfe von Korrelationsrechnungen innerhalb und zwischen Generationen zu klären, welche Selektionskriterien für Faser- und Ölertrag entscheidend sind, und welche für die Selektion in frühen Generationen genutzt werden können. Weiterhin soll untersucht werden, ob eine Annäherung der unterschiedlichen Reifetermine von Stroh und Kapseln möglich ist.

2. Material und Methoden

In den Jahren 1983 und 1984 sind zwei Kreuzungsserien zwischen Öl-, Kombinations- und Faserleingenotypen am Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Bonn durchgeführt worden. Die daraus resultierenden Nachkommenschaften sind auf dem Versuchsgut Dikopshof in der Köln-Aachener Bucht bis 1989 parallel als Teilramsche mit Einzelpflanzenselektion in F_2 (= Frühselektion) bzw. als Ramsche mit Einzelpflanzenselektion in F_4 (= Spätselektion) angebaut worden.

Folgende Kreuzungseltern wurden verwendet:

Öllein: Redwing, Olgarol, Boerger, Bewento, Kreola, Selektion Alzey, Atalante.

Kombinationslein: Bionda, Liflora, Goldborn.

Faserlein: Resistentia, Regenboag, Cruciata, Hera.

Außer den eingetragenen deutschen Sorten Kreola, Bionda und Liflora, der französischen Sorte Atalante und der holländischen Sorte Hera stammen die Genotypen aus einem Sortiment, welches von der Stichting voor Plantveedeling (SVP) in Wageningen zur Verfügung gestellt wurde. Die Selektion Alzey wurde uns von Dr. SCHNOCK aus Norsingen überlassen.

Die Daten zu den Versuchsbedingungen sind der Tabelle 1 zu entnehmen.

Tabelle 1
Versuchsbedingungen

Selektionsserie	Teilramsch- züchtung mit Frühselektion (FS)		Ramschzüchtung mit Spätselektion (SS)	
	FS1	FS2	SS1	SS2
Kreuzungsjahr	1983	1984	1983	1984
Anzahl Eltern	10	8	8	9
Anzahl Kreuzungskombinationen	18	14	8	9
Anzahl selektierter Einzelpflanzen	132	132	80	216
Termin der Einzelpflanzen- selektion	F ₂	F ₂	F ₄	F ₄
	1985	1986	1987	1988
Saatstärke (kK/m ²)				
F ₂ /F ₄ — Ramsch	500	300	500	300
F ₃ — Teilramsche	95	95		
F ₅ — A-Stämme			95	95
F ₄ — Teilramsche	500	350		
F ₆ — B-Stämme			500	
F ₅ — Teilramsche	1000	1000		

Die Einzelpflanzennachkommenschaften (EPN) wurden per Hand einzelkornweise mit 24 Körnern/EPN gesät, die F₂-Teilramsche (TR) in F₄ bzw. die B-Stämme in F₆ ohne Wiederholung und die F₂-Teilramsche in F₅ mit zwei Wiederholungen als Drillparzellen auf dem Dikopshof angebaut.

Folgende Merkmale wurden untersucht:

Phänologische Merkmale:

Blühbeginn: 10% der Pflanzen blühen (Tag im Jahr).

Strohreife: zwei Drittel der Blätter am technischen Stengel sind abgestorben, Stengel wird gelb (Tag im Jahr).

Kapselreife: alle Kapseln einer Pflanze sind braun und trocken (Tag im Jahr).

Vegetative Phase: Zeitraum von Aufgang bis Blühbeginn (Tage).

Generative Phase: Zeitraum von Blühbeginn bis Kapselreife (Tage).

Vegetationszeit: Zeitraum von Aufgang bis Kapselreife (Tage).

Reifesynchronisation: Zeitraum von Stroh- bis Kapselreife (Tage).

Vegetative Merkmale:

Gesamtlänge, technische Stengellänge, Strohertrag (87% TS).

Zur Fasergehaltsbestimmung wurden zunächst durch eine mechanische Grümentholzung der sogenannte „Rindengehalt“ festgestellt. Da zwischen dem Rindengehalt und dem Fasergehalt, bestimmt nach BREDEMANN (1922), eine in mehreren Jahren in Sortenversuchen ermittelte Korrelation ($r = 0,95$) besteht, wird der Fasergehalt der F₂-Teilramsche in F₄ und F₅ über diese Korrelation indirekt errechnet.

Generative Merkmale:

Kapselgröße, Tausendkorngewicht (TKG), Samenertrag (91 % TS).

Ölgehalt: Nuclear-Magnetic-Resonance-Verfahren (TIWARI et al. 1974).

Die biometrische Auswertung erfolgte mit Hilfe des statistischen Programmsystems SAS auf der Großrechenanlage des Regionalen Hochschulrechenzentrums der Universität Bonn. Es wurden Korrelationen innerhalb und zwischen Generationen gerechnet.

Bei der Bewertung der Korrelationskoeffizienten aus den verschiedenen Teilramsch- bzw. Ramschserien ist miteinzubeziehen, daß es sich nicht um echte Wiederholungen handelt, da sowohl verschiedene Kreuzungseltern verwendet wurden als auch die Auswahl den Einzelpflanzennachkommenschaften nicht orthogonal erfolgte. Ähnliche Ergebnisse aus den beiden gegenübergestellten Serien bestätigen somit die Verallgemeinerungsfähigkeit der Aussagen.

3. Ergebnisse und Diskussion

3.1 Variabilität des Zuchtmaterials

Die genotypisch bedingte Variabilität der ertragsbildenden Merkmale aller von 1987 bis 1989 geprüften F_2 -Teilramsche in F_4 und F_5 ist in Tabelle 2 dargestellt.

Tabelle 2

*Genotypisch bedingte Variabilität ertragsbildender Merkmale bei Lein
(F_2 -Teilramsche in F_4 und F_5 , 1987 bis 1989)*

Merkmale	n	\bar{x}	min.	max.	s %
vegetative Phase (Tage)	764	55,4	39	75	7,30
generative Phase (Tage)	632	55,7	40	80	9,53
Reifesynchronisation (Tage)	632	18,3	5,0	38	23,80
Vegetationszeit (Tage)	632	108,9	90	132	3,45
Gesamtlänge (cm)	764	86,3	55	120	10,07
technische Stengellänge (cm)	618	61,8	29	88	13,88
Strohertrag (dt/ha)	764	64,5	12,7	115,7	18,75
Fasergehalt (%)	674	11,0	2,2	18,4	22,17
Faserertrag (kg/ha)	674	838	86	1588	26,02
TKG (g)	764	6,74	4,72	10,12	12,89
Samenertrag (dt/ha)	764	23,2	7,8	41,4	12,97
Ölgehalt (%)	759	39,3	34,7	42,9	2,6
Ölertrag (kg/ha)	759	918	375	1702	13,95

Bei den vegetativen Merkmalen zeigen Gesamtlänge und technische Stengellänge deutlich geringere Variationskoeffizienten als Stroh- und Faserertrag und der Fasergehalt.

Im generativen Bereich fällt die geringe Streuung beim Merkmal Ölgehalt auf, während Tausendkorngewicht, Samen- und Ölertrag ähnliche Variationskoeffizienten wie die Längenmerkmale aufweisen.

Bei den vegetativen Merkmalen ist die Vegetationszeit von Aufgang bis Kapselreife das Merkmal mit der geringsten Variation, während bei der Reifesynchronisation der höchste Variationskoeffizient erreicht wird, das heißt, es erscheint durchaus möglich, Typen mit kurzem Zeitraum zwischen Stroh- und Kapselreife zu selektieren.

3.2 Korrelationen innerhalb einer Generation

3.2.1 Korrelationen innerhalb von vegetativen und generativen Merkmalen

Korrelationen zwischen einzelnen Ertragskomponenten und den Zuchtzielen — hier Faser- und Ölertrag — innerhalb einer Generation geben Hinweise auf die Eignung dieser Merkmale als indirekte Selektionskriterien (Tab. 3).

Tabelle 3

Korrelationskoeffizienten (r) zwischen vegetativen und generativen Merkmalen und Faser- und Ölertrag bei F_2 -Teilrassen in F_3 von *Lein* ($n = 132$, obere Zeile: 1988, untere Zeile: 1989)

Merkmal	Faserertrag	Ölertrag
Gesamtlänge	0,73**	-0,51**
	0,67**	-0,60**
technische Stengellänge	0,84**	-0,51**
	0,69**	-0,52**
Strohertrag	0,90**	-0,39**
	0,78**	-0,48**
Fasergehalt	0,91**	-0,39**
	0,81**	-0,12
Faserertrag	—	-0,40**
	—	-0,35**
Kapselgröße	-0,13	0,17*
	0,15	-0,05
TKG	-0,39**	0,43**
	-0,19*	0,33**
Samenertrag	-0,34**	0,95**
	-0,35**	0,99**
Ölgehalt	-0,32**	0,54**
	-0,11	0,52**
Ölertrag	-0,40**	—
	-0,35**	—

Signifikanzschranken: * 5%; ** 1%

Alle erfaßten vegetativen Merkmale stehen in enger Beziehung zum Faserertrag. Die höchsten Korrelationskoeffizienten wurden bei Strohertrag und Fasergehalt ermittelt.

Für den Ölertrag hat der Samenertrag die größte Bedeutung. In Übereinstimmung mit GREEN und MARSHALL (1981) ist die Beziehung zwischen Ölgehalt und Ölertrag nicht so eng.

3.2.2 Korrelationen zwischen der Dauer phänologischer Entwicklungsphasen

Die Untersuchung der Dauer der phänologischen Entwicklungsphasen soll Aufschluß über deren Bedeutung für die Ausprägung der vegetativen und generativen Leistungsmerkmale sowie über die Ernteterminierung, insbesondere bei gleichzeitiger Nutzung von Stroh und Samen, geben.

Je länger die vegetative Phase von Aufgang bis Blühbeginn dauert, desto kürzer ist die generative Phase von Blühbeginn bis Kapselreife (Tab. 4). Eine längere generative Phase hat eine Verspätung der Kapselreife und damit eine längere Vegetationszeit zur Folge.

Tabelle 4

Korrelationskoeffizienten (r) zwischen phänologischen Merkmalen bei F_2 -Teilrassen in F_5 von Lein ($n = 132$, obere Zeile = 1988, untere Zeile: 1989)

Merkmal	generative Phase	Strohreife	Kapselreife	Reife-synchronisation
vegetative Phase	-0,77** -0,57**	-0,06 0,12	0,21* 0,16	0,23** —
generative Phase	— —	0,28** 0,24**	0,45** 0,72**	0,12 0,57**
Strohreife	— —	— —	0,34** 0,39**	-0,63** -0,32**
Kapselreife	— —	— —	— —	0,52** 0,75**

Signifikanzschranken: * 5%; ** 1%

Die für die Kombinationsleinzüchtung erforderliche gleichzeitige Abreife von Stroh und Kapseln — Reifesynchronisation — ist eher durch Selektion auf frühe Kapselreife als auf späte Strohreife zu erreichen. Dies erscheint auch insofern realisierbar, da Stroh- und Kapselreife nicht miteinander korreliert sind.

3.2.3 Korrelation zwischen der Dauer phänologischer Entwicklungsphasen und vegetativen sowie generativen Merkmalen

Die Beziehungen zwischen phänologischen Eigenschaften und der Ausprägung vegetativer und generativer Merkmale zeigt Tabelle 5. Betrachtet man

Tabelle 5

Korrelationskoeffizienten (r) zwischen phänologischen Merkmalen und vegetativen und generativen Merkmalen bei F_2 -Teilrassen in F_5 von Lein ($n = 132$, obere Zeile: 1988, untere Zeile 1989)

Merkmal	veg. Phase	gen. Phase	Strohreife	Kapselreife	Reife-synchronisation
Gesamtlänge	0,49** 0,44**	-0,15 -0,20*	-0,10 0,11	0,46** 0,13	0,47** 0,05
technische Stengellänge	0,60** 0,52**	-0,33** -0,25**	-0,18* 0,07	0,33** 0,15	0,44** 0,11
Strohertrag	0,56** 0,49**	-0,22* -0,26**	0,01 0,11	0,45** 0,10	0,36** 0,02
Fasergehalt	0,54** 0,15	-0,39** -0,29**	-0,21* -0,03	0,16 -0,23**	0,32** -0,21*
Faserertrag	0,56** 0,41**	-0,32** -0,33**	-0,12 0,08	0,30** -0,06	0,36** -0,11
Kapselgröße	-0,29** 0,10	0,40** 0,43**	0,14 0,48**	0,22* 0,60**	0,05 0,27**
TKG	-0,49** -0,24**	0,54** 0,67**	0,33** 0,46**	0,14 0,60**	-0,18* 0,29**
Samenertrag	-0,29** -0,28**	0,14 0,33**	0,17 -0,02	-0,19* 0,16	-0,30** 0,18*
Ölgehalt	-0,03 -0,10	0,04 0,22*	0,08 0,22*	0,01 0,18*	-0,06** 0,03
Ölertrag	-0,26** -0,28**	0,14 0,35**	0,17* 0,02	-0,16 0,18*	-0,29** 0,17

Signifikanzschranken: * 5%; ** 1%

zunächst die vegetativen Leistungsmerkmale, so ist festzustellen, daß eine längere vegetative Phase, das heißt ein späterer Blühbeginn, mit einer Zunahme der Gesamtlänge und der technischen Stengellänge einhergeht. Diese positive Beziehung setzt sich über den Strohertrag, den Fasergehalt bis zum Faserertrag fort.

Die Länge der generativen Phase von Blühbeginn bis Kapselreife hat vor allem Einfluß auf die Ausprägung des Tausendkorngewichts. Samenertrag, Ölgehalt und Ölertrag stehen in keinem Zusammenhang mit der Länge der generativen Phase.

Die Ausprägung der Leistungsmerkmale entwickelt sich unabhängig von der Dauer der Vegetationszeit bis zur Strohreife und zur Kapselreife. Es kann somit eine Selektion auf Reifesynchronisation erfolgen, ohne daß die Leistung negativ beeinflußt wird.

3.3 Korrelationen zwischen Generationen

Die Korrelationen zwischen Generationen geben Hinweise auf die Heritabilität von Merkmalen und sollen zeigen, wann eine direkte Selektion auf Leistung lohnend ist und wann eine indirekte Selektion über Ertragskomponenten sinnvoller erscheint.

3.3.1 Frühselektion

Bei der Teilramszüchtung wurden Einzelpflanzen in F_2 selektiert und als Teilramsche in F_3 als Reihe (95 keimfähige Körner/ m^2), in F_4 als Kleinparzelle (350/500 keimfähige Körner/ m^2) und in F_5 als Kleinparzelle (1000 keimfähige Körner/ m^2) mit Wiederholung angebaut. Die Korrelationen implizieren also neben den Veränderungen in der Heterosis und im Homozygotiegrad von Generation zu Generation, den Jahreseffekten und dem Versuchsumfang (Einzelpflanze, Reihe, Parzelle) auch unterschiedliche Saatstärken in den verschiedenen Generationen und deren Einfluß auf die Beziehung zwischen den Leistungsmerkmalen. So ist im dünnen Bestand der F_3 -Reihe die Korrelation zwischen Stroh- und Samenertrag positiv und wird mit zunehmender Saatstärke der Generationen immer negativer (Tab. 6). Dennoch liegen für die Merkmale Gesamtlänge und technische Stengellänge die Korrelationskoeffizienten zwischen der Merkmalsausprägung der F_2 -Einzelpflanzen und der entsprechenden Teilramsche in der F_5 -Generation bereits im mittleren Bereich (Tab. 7). Noch enger ist die Beziehung zwischen Kapselgröße und Tausendkorngewicht der F_2 -Einzelpflanzen und den F_5 -Parzellen. Hier kann bereits mit großer Wahr-

Tabelle 6

Korrelationskoeffizienten (r) zwischen Stroh- und Samenertrag bei Lein in Abhängigkeit von der Saatstärke der Generationen
(F_2 -Teilramsch in F_3 : 95 kK/ m^2 , — in F_4 : 500/350 kK/ m^2 , — in F_5 : 1000 kK/ m^2)

Merkmal		Samenertrag
Strohertrag	F_3 86	0,68**
	87	0,50**
F_4	87	0,27**
	88	-0,20*
F_5	88	-0,33**
	89	-0,49**

Signifikanzschranken: * 5%; ** 1%

scheinlichkeit aus der Leistung der F₂-Einzelpflanze auf die des F₅-Teilramsches geschlossen werden. Es wird damit die hohe Heritabilität dieser Merkmale bestätigt, die HEMKER (1989) ermittelte. Die Heterosis in der F₂ hat offensichtlich die Selektion nicht behindert.

Tabelle 7

Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den Generationen F₂ bis F₅
nach Frühselektion in F₂ bei Lein
(Teilramszüchtung; n = 132; obere Zeile: 1985 bis 1988, untere Zeile: 1986 bis 1989)

Merkmal	F ₂ —F ₅	F ₃ —F ₅	F ₄ —F ₅
vegetative Phase	—	0,70**	0,85**
	—	0,65**	0,83**
generative Phase	—	0,67**	—
	—	—	0,68**
Gesamtlänge	0,42**	0,76**	0,75**
	0,47**	0,64**	0,78**
technische Stengellänge	0,38**	0,68**	0,75**
	0,51**	0,64**	0,80**
Strohertrag	0,01	0,44**	0,55**
	0,07	0,50**	0,76**
Fasergehalt	—	—	0,15
	—	—	0,20*
Faserertrag	—	—	0,55**
	—	—	0,51**
Kapselgröße	0,57**	0,63**	—
	0,67**	—	0,63**
TKG	0,65**	0,95**	0,87**
	0,82**	0,89**	0,91**
Samenertrag	0,25**	0,32**	0,24**
	0,30**	0,23**	0,60**
Ölgehalt	—	—	0,67**
	—	—	0,80**
Ölertrag	—	—	0,27**
	—	—	0,64**

Signifikanzschranken: * 5%; ** 1%

Es wird deutlich, wie wichtig es ist, in frühen Generationen zunächst indirekt auf Ertragskomponenten mit hoher Heritabilität zu selektieren, da sowohl Stroh- als auch Samenertrag der F₂-Pflanzen nichts mit der Leistung in späteren Generationen zu tun haben.

Die Korrelationen zwischen den Merkmalen werden von Generation zu Generation enger. Neben den bisher erwähnten Merkmalen, auf die schon in der F₂-Generation selektiert werden kann, ist zwischen den F₃-Reihen eine Selektion auf Länge der vegetativen und generativen Phase sowie auf Strohertrag lohnend. Als Ursache für die höheren Korrelationskoeffizienten sind sowohl die abnehmenden Dominanzeffekte als auch die kleiner werdende Fehlervarianz anzunehmen.

Faser- und Ölgehaltsbestimmungen wurden erst ab der Selektionsstufe der F₄-Generation durchgeführt. Auf hohen Faserertrag der F₂-Teilramsche in F₅ kann eher über den Stroh- und Faserertrag als über den Fasergehalt der Teilramsche in der F₄-Generation selektiert werden. Zwischen den Fasergehalten der F₄- und F₅-Generation besteht keine Beziehung. Hier wird der genotypische

Einfluß offensichtlich durch die Interaktion Genotyp \times Umwelt (Jahr, Saatstärke) überdeckt (HEMKER 1989).

Auch beim Samen- und Ölertrag wird die Beziehung zwischen der F_4 - und F_5 -Generation stark vom Jahreseffekt beeinflusst, während der Ölgehalt in beiden Untersuchungsjahren hohe Korrelationen zwischen den Generationen aufweist.

Für die Selektion in frühen Generationen können somit die Ergebnisse der Literatur bei Weizen (Utz et al. 1973) auch für Lein bestätigt werden, daß in der F_2 - und F_3 -Generation eine direkte Ertragsselektion nicht lohnend ist.

Eine Selektion auf Faserertrag kann ab der F_2 -Generation indirekt über die Gesamtlänge und die technische Stengellänge erfolgen, wobei das steigende Lagerrisiko mit zunehmender Länge beachtet werden muß. Ab der F_3 -Generation sind zusätzlich die Länge der vegetativen Phase und der Strohertrag miteinzubeziehen. Eine direkte Selektion auf Faserertrag ist erst ab der F_4 -Generation erfolgreich.

Eine Frühselektion auf Ölertrag ist noch schwieriger, da zwar die Kapselgröße und das Tausendkorngewicht in der F_2 -Generation und die Länge der vegetativen Phase in der F_3 -Generation eine enge Beziehung zur Merkmalsausprägung in der F_5 -Generation besitzen, aber diese Merkmale als Ertragskomponenten für den Ölertrag unbedeutend sind. Erst ab der F_4 -Generation ist der Ölertrag indirekt über eine Selektion auf den Ölgehalt und den Samenertrag anzuheben.

3.3.2 Späts Selektion

Bei einer Selektion in der F_4 -Generation kann schon von einem höherem Homozygotiegrad der Einzelpflanze ausgegangen werden. Hier ist nur ein Vergleich der Einzelpflanze aus dem F_4 -Ramsch über den F_5 -A-Stamm (Reihe) bis zum F_6 -B-Stamm (Parzelle) durchgeführt worden (Tab. 8).

Tabelle 8

Korrelationskoeffizienten (r) zwischen den Generationen F_4 bis F_6
nach Späts Selektion in F_4 bei Lein
(Ramschzüchtung; obere Zeile: 1987 bis 1989, $n = 80$; untere Zeile: 1986 bis 1989, $n = 216$)

Merkmal	F_4-F_5	F_4-F_6	F_5-F_6
vegetative Phase	—	—	0,72**
generative Phase	—	—	0,64**
Gesamtlänge	0,85** 0,72**	0,81**	0,88**
technische Stengellänge	0,83** 0,73**	0,77**	0,76**
Strohertrag	-0,03 0,17	-0,11	0,29**
Kapselgröße	— 0,09	0,63**	—
TKG	0,76** 0,33*	0,78**	0,90**
Samenertrag	0,19 0,08	0,45**	0,49**

Signifikanzschranken: * 5%; ** 1%

Der höhere Homozygotiegrad der F_4 -Generation zeigt sich in einer engeren Beziehung zwischen der Gesamtlänge und der technischen Stengellänge der

F₄-Einzelpflanze mit den entsprechenden Längenmerkmalen der F₆-B-Stämme. Beim Strohertrag ist die Beziehung eher schlechter, beim Samenertrag ist ein leichter Vorteil der Spätselektion gegenüber der Frühselektion festzustellen.

Daraus kann geschlossen werden, daß eine direkte Selektion auf vegetative Leistung an Einzelpflanzen, ungeachtet ob die Selektion der Einzelpflanzen in der F₂- oder der F₄-Generation durchgeführt wird, immer erfolgloser bleibt als eine indirekte Selektion durch Auslese auf die Merkmale Gesamtlänge und technische Stengellänge.

Bei der Spätselektion auf generative Leistung begünstigen der zunehmende Homozygotiegrad und die geringere Heterosis in der F₄-Generation die direkte Selektion auf Samenertrag. Dies ist vor allem deshalb wichtig, weil es für den Samenertrag keine indirekten Merkmale für die Frühselektion gibt.

Für die gleichzeitige Selektion auf vegetative und generative Leistung ist dennoch die Frühselektion der Spätselektion vorzuziehen, da der Vorteil bei der Spätselektion so gering ist, daß der Nachteil der zwischenpflanzlichen Konkurrenz im Ramsch, insbesondere zwischen Pflanzen verschiedener Wuchshöhen nicht kompensiert wird.

3.4 Kombination von Faser- und Ölertrag in einem Genotyp

Für die Selektion eines Pflanzentyps zur kombinierten Nutzung von Faser- und Ölertrag kommt den Korrelationen zwischen vegetativen und generativen Merkmalen eine besondere Bedeutung zu.

Alle vegetativen Merkmale sind mit dem Ölertrag und alle generativen Merkmale mit dem Faserertrag negativ korreliert (Tab. 3). Die Höhe der negativen Korrelationen zwischen den direkten Zuchtzielen Faser- und Ölertrag liegt bei beiden Teilramschserien jedoch nur im mittleren Bereich, so daß durchaus Korrelationsbrecher mit gleichzeitig hohem Faser- und Ölertrag gefunden werden können. Da es kein Selektionsmerkmal gibt, das gleichzeitig Faser- und Ölertrag verbessert, muß auf beide Zuchtziele getrennt selektiert werden. Dabei muß immer das jeweils andere Zuchtziel im Auge behalten werden, um nicht durch eine zu scharfe Selektion in die eine Richtung die Möglichkeit eines Zuchtfortschritts in die andere Richtung zu verhindern. Die Selektion auf Kombinationsleistung sollte jeweils am ehesten über hohen Faser- und Ölgehalt erzielt werden, da die Gehalte sich einerseits positiv auf die Ertragshöhe auswirken und andererseits nicht stärker negativ mit dem „konkurrierenden“ Ertrag, das heißt Fasergehalt zu generativem und Ölgehalt zu vegetativem Ertrag korreliert sind.

Erfolgt die Selektion auf Faserertrag über die indirekten Merkmale Gesamtlänge und technische Stengellänge, scheint die Kombinierbarkeit mit dem Ölertrag schwieriger zu sein. Dies zielt auf einen Wuchstyp mit nicht zu hohem Wuchs und reich verzweigter Infloreszenz hin.

Die Selektion auf Ölertrag muß zumindest für das hier verwendete Material über den Samenertrag erfolgen, da zwischen Samen- und Ölertrag die engste Korrelation besteht, wodurch die Ergebnisse von SEEHUBER und DAMBROTH (1983) bestätigt werden. Die geringere Beziehung zwischen Ölgehalt und Ölertrag kann zum Teil auch durch die relativ kleine Varianz in den Ölgehalten im Zuchtmaterial bedingt sein (Tab. 2).

Für die gleichzeitig zu fordernde Reifesynchronisation der Kombinationsleingentotypen ist in beiden Teilramschserien eine, auch von KEIJZER und LUBBERTS (1989) festgestellte, hohe genetische Variabilität gefunden worden (Abb. 1). Die Häufigkeitsverteilung für dieses Merkmal zeigt, daß die Variationsbreite für die zeitliche Differenz zwischen Stroh- und Kapselreife von sieben Tagen im günstigsten bis zu 30 Tagen im ungünstigsten Fall reicht. Bei einigen Teilramschen

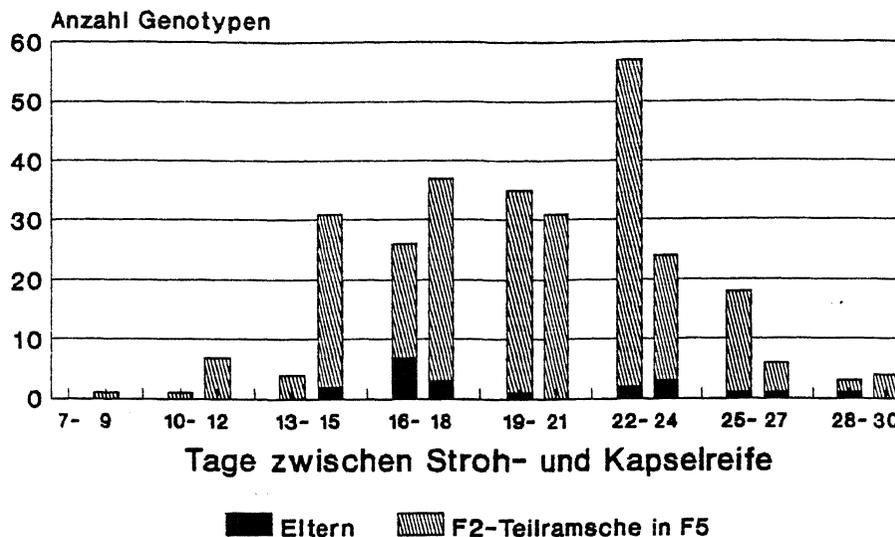


Abb. 1: Häufigkeitsverteilung des Merkmals Reifesynchronisation (= Tage zwischen Stroh- und Kapselreife) von F_2 -Teilramschen in F_5 von Lein sowie deren Eltern (linke Säule: 1988, rechte Säule: 1989)

sind im Vergleich zum besten Elter (13 Tage) Transgressionen in die erwünschte Richtung einer kürzeren Zeitspanne zwischen Stroh- und Kapselreife zu beobachten.

Da das Merkmal Reifesynchronisation darüber hinaus weder mit vegetativen noch mit generativen Merkmalen korreliert ist, erscheint eine gleichzeitige Selektion auf Reifesynchronisation und Leistung möglich. Dabei ist einzuschränken, daß sich die Korrelationen auf unselektiertes Material beziehen, in dem für alle Merkmale noch eine hohe genetische Varianz vorhanden ist. Eine Einengung des Zuchtmaterials in höheren Generationen auf faser- und ölertragreiche Kombinationsleingentypen könnte durchaus zu anderen Beziehungen zwischen Reifesynchronisation und Leistung führen.

Danksagung

Der Deutschen Forschungsgemeinschaft sei für die finanzielle Unterstützung der vorliegenden Arbeit gedankt.

Literatur

- AHMED, M., N. A. JAMIL and M. A. SAEED, 1982: Nitrogen, lignin, wax and ash contents in flax (*Linum usitatissimum*). Pakistan J. Agric. Res. 3, 78—83.
- BADWAL, S. S., K. S. GILL and H. SINGH, 1970: Path coefficient analysis of seed yield in linseed. Ind. J. Gen. Plant Breeding 30, 551—556.
- BREDEMANN, G., 1922: Die Bestimmung des Fasergehaltes in Bastfaserpflanzen bei züchterischen Untersuchungen. Faserforschung und Textiltechnik 2, 239—258.
- COMSTOCK, V. E. and CH. E. GATES, 1965: Effectiveness of selection for seed quality characters in advanced generations of flax. Crop science 5, 335—336.
- FALCONER, D. S., 1984: Einführung in die quantitative Genetik. Ulmer-Verlag, Stuttgart.
- GREEN, A. G. and D. R. MARSHALL, 1981: Variation for oil quantity and quality in linseed (*Linum usitatissimum*). Austr. J. Agric. Res. 32, 599—607.
- HEMKER, R., 1989: Über die Eignung vegetativer und generativer Merkmale als Selektionskriterien für das Zuchtziel einer gleichzeitigen Nutzung von Öl und Faser bei Lein. Dissertation Bonn.
- HEYLAND, K. U. und R. HEMKER, 1991: Über die Eignung vegetativer und generativer Merk-

male als Selektionskriterien für das Zuchtziel einer gleichzeitigen Nutzung von Öl und Faser bei Lein. Die Bodenkultur 42, 45–46.

- HOFFMANN, W., 1957: Flachs- und Hanfanbau. Deutscher Bauernverlag, Berlin.
- HOFFMANN, W., 1961: Lein. In: RÖMER, T. und W. RUDOLF: Handbuch der Pflanzenzüchtung. Paul-Parey-Verlag, Berlin und Hamburg, 2. Auflage, 264–366.
- JOHNSON, I. J., 1932: Correlation studies with strains of flax with particular reference to the quantity and quality of the oil. J. Americ. Soc. Agronomy 45, 537–544.
- KEIJZER, P., 1989: Synchronisation of fibre and grain maturation of flax (*Linum usitatissimum* L.). In: MARSHALL, G.: Breeding and Utilisation, Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, London.
- KEIJZER, P. und J. H. LUBBERTS, 1989: Breedings for synchronisation of fibre and seed maturation. Vorträge für Pflanzenzüchtung, 15–I, 14–15, XII. Eucarpia Congress 27. 2. bis 4. 3. 1989, Göttingen.
- N. N., 1986: Antwort der Bundesregierung auf die große Anfrage „Nachwachsende Rohstoffe“. Drucksache 10/5558, Bonn.
- SEEHUBER, R. und M. DAMBROTH, 1983: Untersuchungen zur genotypischen Variabilität der Ertragskomponenten bei Lein, Mohn und Leindotter. Landbauforschung Völknerode 33, 183–188.
- SHARMA, H. S. S., 1986: Effect of glyphosate treatment on lignification of fibres of some flax cultivars. Ann. app. Biol. Suppl. 108, 7, 114–115.
- SCHNELL, F. W. und H. F. UTZ, 1976: Ertragsprüfungen als Problem der Mehrstufenselektion. Bericht über die 27. Arbeitstagung der Arbeitsgemeinschaft der Saatzuchtleiter in Gumpenstein.
- SNEEP, J., 1977: Selection for yield in early generations of self-fertilizing crops. Euphytica 26, 27–30.
- TIVER, N. S., 1942: Studies of the flax plant. 1. Physiology of growth, stem anatomy and fibre development in fibre flax. Austr. J. of exp. Biol. and Med. Sci. 20, 149–160.
- TIWARI, P. N., P. N. GAMBIR and T. S. RAJAN, 1974: Rapid and non destructive determination of seed oil by pulsed nuclear magnetic resonance technique. J. Am. Oil Chem. Soc. 51, 104–109.
- UTZ, H. F., K. D. ALBER und F. W. SCHNELL, 1973: Selektion in frühen Generationen des Winterweizens. Z. Pflanzenzüchtung 70, 38–50.
- WRICKE, G. and W. E. WEBER, 1986: Quantitative genetics and selection in plant breeding — de Gruyter, Berlin und New York.
- WURSTER, J., D. DAUL, U. DINKEL, R. KESSLER und C. OZBAS, 1988: Abschlußbericht zum Forschungsthema: „Entwicklung eines wirtschaftlichen Verfahrens zum Stengel- und Faseraufschluß sowie zur Stengel- und Faseraufbereitung“. Transferzentrum für nachwachsende Faserrohstoffe, Reutlingen.

(Manuskript eingelangt am 16. Jänner 1992, angenommen am 21. Februar 1992)

Anschrift der Verfasser:

Dr. Monika SCHEER-TRIEBEL und Dipl.-Ing. agr. Corinna BARTSCH, Institut für Pflanzenbau, Lehrstuhl für Speziellen Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Universität Bonn, Katzenburgweg 5, D-W-5300 Bonn 1