

MISCHUNGSEFFEKTE ZWISCHEN DH-LINIEN VON WINTERRAPS  
(BRASSICA NAPUS L.)

W. Schweiger

Institut für Öl- und Futterpflanzenzüchtung "Hans Lembke"  
0-2401 Malchow/Poel, DeutschlandEINLEITUNG

Eine der wesentlichsten Aufgaben der derzeitigen Rapszüchtung ist es, die Qualitätsrapse in ihrer Ertragsfähigkeit und Ertragsstabilität weiter zu erhöhen, auch im Hinblick auf ihre Verwendung als nachwachsende Rohstoffe. Nach RÖBBELEN (1988) ist eine entscheidende Verbesserung der Wettbewerbsfähigkeit von Rapsöl durch die Steigerung der Ölerträge je Flächeneinheit möglich. Zur Lösung dieser Aufgaben kommt der Nutzung biotechnologischer Methoden eine zunehmende Bedeutung zu. Breiten Eingang hat bereits die Haploidentechnik gefunden. Mit der Entwicklung hocheffektiver Verfahren zur Haploidenerzeugung über Mikrosporenkultur und zur Doppelung ist es möglich, in züchterisch notwendigem Umfang DH-Linien zu erzeugen.

Von uns in großem Umfang bei Winterraps über Antherenkultur aus einer Vielzahl von Donorotypen erzeugte DH-Linien zeigen nach Prüfung über drei Generationen züchterisch bedeutsame Merkmalskonfigurationen mit extrem positiven Qualitätswerten. Allen Linien gemeinsam ist jedoch ein geringer Kornertrag. Nur wenige erreichen den Ertrag der Standardsorten und keine Linie ist den Sorten überlegen. Damit ist die Verwendung einzelner DH-Linien als Sorte kaum möglich.

Das Hauptanwendungsgebiet der Haploidentechnik liegt in der schnellen Übertragung bzw. Kombination spezifischer Merkmale (DOWNEY, 1987) und damit in der Kombination mit klassischen Züchtungsverfahren. Auf Grund der auch beim Winterraps bereits vorliegenden positiven Ergebnisse der direkten Nutzung von DH-Linien als Sorte (THOMPSON, 1974), sollte diesem Aspekt jedoch breitere Beachtung geschenkt werden.

Die homozygotiebedingte geringere ökologische Anpassungsfähigkeit der Linien vermindert deren Ertragsstabilität. Deshalb bieten sich die homozygoten DH-Linien bevorzugt für die Züchtung synthetischer Sorten an. SCHUSTER (1982) wies z.B. nach Rekombination von nur 2 Linien 10 % Mehrertrag gegenüber dem besseren Elter nach. Die geringe Durchkreuzungsrate wird beim fakultativ allogamen Winterraps höhere Mehrerträge kaum ermöglichen.

Der geringen ökologischen Ertragsstabilität von DH-Linien könnte auch durch die Bildung von Vielliniensorten ohne Rekombination entgegengewirkt und damit möglicherweise eine Alternative zur Bildung von Synthetics geschaffen werden. In unseren Untersuchungen wurde deshalb die Ertragsfähigkeit von Mischungen aus DH-Linien ohne Rekombination untersucht.

MATERIAL UND METHODEN

In den Jahren 1986 bis 1989 wurden insgesamt 55 Mischungen von 66 DH-Linien im Vergleich zu den in die Mischungen einbezogenen Einzellinien auf Kornertrag geprüft. Es wurden Mischungen

aus 4 und 6 DH-Linien unterschiedlicher und gleicher Abstammung gebildet. Die jeweiligen Linien wurden unter Berücksichtigung ihres Tausendkorngewichtes paritätisch gemischt. Für die Mischungen wurden überwiegend ertragsreiche bzw. gut wüchsige Linien verwendet. Entscheidend für die Auswahl der Komponenten jeder Mischung war in den meisten Fällen deren annähernd gleicher Gehalt an qualitätsbestimmenden Inhaltsstoffen und gleicher Entwicklungstyp. Die Leistungsprüfungen wurden mit 4 Wiederholungen bei einer Teilstückgröße von 10 m<sup>2</sup> in Malchow/Poel durchgeführt. Die statistische Auswertung weist die Grenzdifferenzen zum paarweisen Vergleich zwischen den Mischungen, ihren jeweiligen Komponenten und dem Ertragsmittelwert der Komponenten aus.

### ERGEBNISSE

Bei den geprüften Linienmischungen traten bezogen auf den mittleren Ertrag der Mischungspartner unterschiedliche Erträge und damit Mischungseffekte auf. Die Höhe der Mischungseffekte wird nicht durch die Ertragsfähigkeit der Mischungspartner bestimmt. Wie Tabelle 1 am Beispiel von zwei Linienmischungen zeigt, treten bei annähernd gleichen Erträgen der Einzellinien bei Mischung 2 signifikante Mehrerträge von 20 % gegenüber dem Mittel der Mischungspartner auf, während bei Mischung 6 keine Mehrerträge nachgewiesen werden. Daß es sich in Mischung 2 um Mischungseffekte handelt, findet im Mehrertrag der Mischung gegenüber dem Ertrag der besten Einzellinie deutlich Ausdruck. Offenbar bewirken die verschiedenen Genotypen beider Mischungen die unterschiedlichen Mischungseffekte.

Tabelle 1: Unterschiedliche Mischungseffekte bei vergleichbar hohen Erträgen der Mischungspartner (1987)

Linie Nr.	Mischung 2		Linie Nr.	Mischung 6	
	Kornertrag dt/ha	rel.		Kornertrag dt/ha	rel.
175	31,8	88	466	28,9	81
48	35,2	98	254	33,1	93
206	37,8	105	589	39,4	110
582	39,1	109	271	41,3	116
$\bar{x}$ Linien	36,0	100	$\bar{x}$ Linien	35,7	100
Mischung	43,3	120	Mischung	36,1	101
GD ( $\alpha=5\%$ )	7,7		GD ( $\alpha=5\%$ )	7,7	

Hohe Ertragsfähigkeit von DH-Linien ist häufig mit geringer Winterfestigkeit und damit verminderter Ertragssicherheit verbunden. Werden solche Linien in Mischungen einbezogen, kann deren ökologisch bedingter Ausfall durch die übrigen Linien kompensiert werden.

Wie aus Tabelle 2 ersichtlich, wird bei vergleichbar hoher Eigenleistung der DH-Linien in Mischung 4 mit 131 % der durch Auswinterung bedingte Minderertrag der DH-Linie 306 kompen-

siert, in Mischung 1 dagegen nicht. Auch hier übertrifft in Mischung 4 der Ertrag der Mischung den der besten Einzellinie und es wird die Abhängigkeit der Mischungseffekte vom Genotyp der Linien deutlich sichtbar.

Tabelle 2: Unterschiedliche Ertragskompensation von DH-Linien bei ökologisch bedingtem vergleichbar hohen Linienausfall in Mischungen (1987)

Mischung 4			Mischung 1		
Linie Nr.	Kornertrag dt/ha	rel.	Linie Nr.	Kornertrag dt/ha	rel.
306	16,1	52	306	16,6	55
175	31,8	103	42	27,1	90
581	37,6	121	67	37,9	125
67	37,9	122	582	39,1	129
$\bar{x}$ Linien	31,0	100	$\bar{x}$ Linien	30,2	100
Mischung	40,7	131	Mischung	32,3	107
GD( $\alpha=5\%$ )	7,7		GD( $\alpha=5\%$ )	7,7	

Tabelle 3: Ertragskompensation bei Linienausfall in Abhängigkeit von der Eigenleistung der Linien (1986)

Mischung E (hoher Ertrag)			Mischung G (geringer Glucosinolatgehalt)		
Linie Nr.	Kornertrag dt/ha	rel.	Linie Nr.	Kornertrag dt/ha	rel.
13	15,8	52	14	12,8	47
7	19,5	64	7	19,8	72
8	40,7	133	6	36,8	134
28	46,5	152	5	39,8	145
$\bar{x}$ Linien	30,6	100	$\bar{x}$ Linien	27,4	100
Mischung	43,6	142	Mischung	36,7	134
GD( $\alpha=5\%$ )	11,6		GD( $\alpha=5\%$ )	7,8	

In Tabelle 3 werden Mischungen mit unterschiedlicher Ertragsfähigkeit und Qualität verglichen. Mischung E wurde aus den 4 ertragreichsten DH-Linien unabhängig von ihrer Qualität, Mischung G aus glucosinolatarmen unabhängig von ihrem Ertrag gebildet. Wie ersichtlich, zeigen in jeder Mischung 2 Linien starke Mindererträge. In Mischung E winterterten die hochertragreichen Linien 7 und 13 stark aus, in Mischung 6 winterterte die Linie 7 ebenfalls zu 50 % aus und die Mindererträge der Linie 14 entsprechen bei sehr niedrigem Glucosinolatgehalt dem Ertragspotential dieser Linie. Bei beiden Mischungen wird der Minderertrag von 2 Linien ( Linie 14 bei voller Bestandesdichte) durch die übrigen 2 Linien kompensiert und die Erträge der Mischung erreichen nahezu die der besten Linie. Die Mischungs-

effekte bei den glucosinolatarmen DH-Linien vermögen jedoch die Ertragsunterlegenheit gegenüber der Mischung aus ertragreichen Linien nicht auszugleichen.

Um den durch die jeweilige Jahreswitterung und den jahresabhängigen Infektionsdruck pathogener Schaderreger bedingten Ausfall von Linien durch die verbleibenden zu kompensieren, sollten nicht weniger als 4 DH-Linien eine Linienmischung bilden. Es war zu prüfen, ob eine Erhöhung der Mischungskomponenten auf 6 DH-Linien zusätzliche Mischungseffekte bewirkt.

Wie Tabelle 4 zeigt, ist die Häufigkeit deutlich positiver Mischungseffekte bei Mischung von 6 Linien geringer als bei 4 Linien. Es treten bei 12 geprüften Mischungen aus jeweils 6 unterschiedlichen DH-Linien nur in einer Mischung positive Ertragseffekte >10 % auf, bei 12 Mischungen aus jeweils 4 Komponenten dagegen 5 Mischungen mit >10 % Mehrertrag, bei Mischung 15 bis 23 %.

Es war zu prüfen, ob die genetische Divergenz zwischen Linien gleicher Abstammung in Linienmischungen gleichhohe Mischungseffekte wie bei Mischungen von Linien unterschiedlicher Abstammung mit einer theoretisch größeren genetischen Divergenz ermöglicht.

Tabelle 4: Mischungserträge von 4 und 6 DH-Linien unterschiedlicher Abstammung bezogen auf den mittleren Ertrag der Mischungspartner (1988)

4 Mischungspartner				6 Mischungspartner			
Mischg. Nr.	$\bar{x}$ Linien dt/ha	Mischung dt/ha	rel.	Mischg. Nr.	$\bar{x}$ Linien dt/ha	Mischung dt/ha	rel.
13	36,0	33,9	94	25	39,6	40,3	102
14	40,1	38,6	96	26	35,5	40,3	114*
15	34,7	42,6	123*	27	39,9	38,7	97
16	35,7	34,4	96	28	38,9	41,6	107
17	34,5	38,7	112*	29	37,5	40,0	107
18	36,4	40,5	111*	30	33,4	33,6	101
19	39,0	39,9	102	31	36,1	36,7	102
20	38,2	39,4	103	32	36,2	33,9	94
21	34,8	31,6	91	33	39,4	40,9	104
22	39,0	39,5	101	34	38,2	38,7	101
23	33,6	37,1	110	35	38,0	38,4	101
24	37,6	42,5	113*	36	36,8	39,9	108
$\bar{x}$	36,6	38,2	104	x	37,4	38,6	103

\* signif. ( $\alpha=5\%$ )

Wie Tabelle 5 zeigt, erreichen die Mischungseffekte zwischen DH-Linien gleicher Abstammung bei 4 und 6 Mischungspartnern in keinem Fall 10 % gegenüber dem mittleren Ertrag der jeweiligen Einzellinien. Dagegen treten bei Mischungen von DH-Linien unterschiedlicher Abstammung mit hinreichender Häufigkeit deutliche positive Mischungseffekte auf. Nach diesen Ergebnissen kann in Mischungen aus DH-Linien unterschiedlicher Abstammung eine größere genetische Divergenz hinsichtlich Umweltstabilität erwartet werden als in Mischungen von Linien mit gleicher Abstammung.

Bei Wertung aller Kornerträge von 55 geprüften Linienmischun-

gen übertrafen 29 den mittleren Körnertrag der Mischungspartner mit durchschnittlich 104,6 %, davon 8 signifikant ( $\alpha=5\%$ ). Bei Mischungen aus 4 DH-Linien unterschiedlicher Abstammung war die Ertragsüberlegenheit mit durchschnittlich 107,3 % am deutlichsten. 8 der 55 geprüften Mischungen übertrafen im Körnertrag den der besten DH-Linie in der jeweiligen Mischung.

Tabelle 5: Relativertrag von Mischungen bezogen auf den mittleren Ertrag der Mischungspartner bei Mischungen aus 4 und 6 DH-Linien gleicher und unterschiedlicher Abstammung (1988)

Gleiche Abstammung		Unterschiedliche Abstammung	
4 Linien (Mischg. 1-6)	6 Linien (Mischg. 7-12)	4 Linien (Mischg. 13-18)	6 Linien (Mischg. 25-30)
102	92	94	102
100	106	96	114*
95	105	123*	97
107	106	96	107
108	107	112	107
106	102	111	101
$\bar{x}$ 103	$\bar{x}$ 103	$\bar{x}$ 106	$\bar{x}$ 104

\* signif. ( $\alpha=5\%$ )

#### DISKUSSION

Die vorliegenden Ergebnisse und weitere Prüfungen von DH-Linien lassen die Instabilität der Ertragsicherheit homozygoter Linien beim fakultativ allogamen Raps erkennen. Dieser Instabilität kann durch die Mischung von DH-Linien ohne Rekombination entgegengewirkt werden. Damit eröffnet sich die Möglichkeit, ertragsreiche DH-Linien direkt für den Sortenanbau zu verwenden, sofern durch die Auswahl der Mischungspartner die Homogenität als noch ausreichend gesichert wird. Die Mischungen müßten jährlich für den Endverbraucher neu hergestellt werden. Die getrennte Vermehrung der Mischungspartner wäre problemlos möglich.

In Linienmischungen bei Raps ist die Möglichkeit gegeben, den durch die jeweilige Jahreswitterung und das phytopathologische Milieu bedingten Linienausfall durch die in der Mischung verbliebenen Linien zu kompensieren. Dies erfolgt in der Regel durch stärkere Verzweigung infolge der Standortvorteile. Darüber hinaus treten aber auch bei geschlossenen Mischungbeständen aus geeigneten Linien sogenannte Mischungseffekte auf, die sich in den nachgewiesenen Mehrerträgen manifestieren. Für die Eignung der Linien, Mischungseffekte zu bewirken, wird der Begriff "general mixture ability" (gma) vorgeschlagen.

LEON (1985) wies selbst bei Mischung heterogener Sorten solche Mischungseffekte und eine signifikant höhere Ökovalenz in seinen Mischungen gegenüber den Reinbeständen der Sorten nach. Letztlich deuten diese Ergebnisse eine Steigerung der Ertragsicherheit bei heterogenen Beständen an. Ähnliche Interpretationen lassen vorliegende Ergebnisse zu, auch wenn der Nachweis unterschiedlicher Ökovalenz in Mischungen und Reinbeständen wegen der einbürtigen Versuchsanlage nicht geführt wurde.

Weitere Untersuchungen könnten über die Nutzung von Mischungseffekten zwischen Linien und Sorten ohne Rekombination einen Weg zur Ertragssteigerung bei Raps eröffnen. LEON (1985) weist mit seiner Schätzggleichung auf die Möglichkeit zur Zusammenstellung von Mischungen mit höheren Erträgen als die beste Komponente im Reinbestand hin.

#### ZUSAMMENFASSUNG

Die Homozygotie von DH-Linien begrenzt deren ökologische Valenz und damit den Anbau von Einzellinien zur Sortennutzung. In den Jahren 1986 bis 1989 wurde deshalb der Kronertrag von insgesamt 55 Mischungen von DH-Linien im Vergleich zum mittleren Einzelertrag der Mischungspartner geprüft. Gemischt wurden jeweils 4 bzw. 6 in Qualität und Entwicklungstyp gleiche Linien bei unterschiedlicher und gleicher Abstammung. Es wurden positive Mischungseffekte nachgewiesen, für die der Begriff "general mixture ability" (gma) vorgeschlagen wird. Bezogen auf den mittleren Ertrag der Mischungspartner betrug der relative Ertrag im Mittel der Mischung bei 4 Partnern unterschiedlicher Abstammung 107,3 und gleicher Abstammung 102,4 bei 6 Partnern 103,3 bzw. 101,6. Der größte Mischungsertrag betrug 143,4 %. 8 Mischungen übertrafen den Ertrag ihrer besten Linienkomponente. Bei genügender genetischer Divergenz der DH-Linien können Linienmischungen zu ertragreichen Sorten mit hoher ökologischer Anpassungsfähigkeit führen.

#### LITERATUR

- DOWNEY, K.L. 1987: Developements in Brassica oilseed breeding-genetics and biotechnology. Proc. 7.Int. Rapeseed Congress, Poznan, 1899-1902.
- LEON, J. 1985: Beiträge zur Erfassung der phänotypischen Stabilität unter besonderer Berücksichtigung unterschiedlicher Heterogenitäts- und Heterozygotiegrade sowie einer zusammenfassenden Beurteilung von Ertragshöhe und Ertragssicherheit. Dissertation Univ. Kiel, 168 S.
- RÖBBELEN, G. 1988: Alternative Verwendung pflanzlicher Öle. Raps(6), Sonderausgabe, S. 124-127
- SCHUSTER, W. 1982:Über die Nutzung von Heterosiseffekten durch synthetische Sorten von Brassica napus und Sinapis alba. Vorträge für Pflanzenzüchtung 1, 137-156
- THOMPSON, K.F. 1974: Homozygous diploid lines from naturally occuring haploids. Proc. 4. Int. Rapeseed Congress, Gießen, 119-125