

## Variabilität des Glucosinolatgehaltes bei verschiedenen Raps-Zuchtstämmen

S. PLEINES und R. MARQUARD, Institut für Pflanzenbau und Pflanzenzüchtung der Justus-Liebig-Universität Gießen, Ludwigstraße 23, D6300 Gießen, BR-Deutschland

### Einleitung

Das als Nebenprodukt bei der Ölgewinnung anfallende Rapsschrot zeichnet sich durch hohen Proteingehalt und ein ernährungsphysiologisch günstiges Aminosäuremuster aus (ARNHOLDT u. MARQUARD, 1978).

Sein Einsatz in der Fütterung wird indes vornehmlich durch die Anwesenheit von Glucosinolaten bzw. den daraus entstehenden toxischen Spaltprodukten begrenzt (VAN ETTEN et al., 1969; JOSEFSSON, 1972a, BRAK u. HENKEL, 1978).

Obwohl zwischen der absoluten Höhe des GSL-Gehaltes und den negativen Auswirkungen in Fütterungsversuchen nicht immer eine direkte Beziehung nachweisbar ist (MARQUARD, 1981), ist eine genetische Verminderung des GSL\*-Gehaltes in jedem Falle anzustreben.

Seit der Entdeckung der GSL-armen Sorte "Bronowski", Ende der 60er Jahre (JOSEFSSON u. APELQUIST, 1968; DOWNEY et al., 1969; KRZYMANSKI, 1970; LEIN, 1980) wurden weltweit Untersuchungen zur Variabilität des GSL-Gehaltes durchgeführt, von denen einige Ergebnisse in Tabelle 1 zusammengestellt sind.

### Tab. 1:

\* GSL = Glucosinolat

Tab. 1: Phänotypische Variabilität des Merkmals Gesamtglucosinolatgehalt im Samen von Brassica napus nach Untersuchung verschiedener Autoren

| Nr. | Anzahl der Sorten    | Variabilität in $\mu\text{mol/g}$ entfettetes Mehl | x                 | s            | Autor                             | Bestimmungsmethode        |
|-----|----------------------|--|-------------------|--------------|-----------------------------------|---------------------------|
| 1   | 4 So<br>13 Wi        | 49 - 65<br>82 - 104                                | 58<br>92          | 7,8<br>7,9   | TRZEBNY (1967)                    | Aglu 3                    |
| 2   | 10 So<br>15 Wi       | 4 - 131<br>91 - 184                                | 71<br>140         | 53,8<br>26,7 | JOSEFSSON u.<br>APPELQVIST (1968) | Aglu 3                    |
| 3   | 35 Wi                | 114 - 206  | 163               | 24,5         | JOSEFSSON u.<br>JÖNSSON (1969)    | Aglu 2                    |
| 4   | 3 So.<br>12 Wi<br>27 | 138 - 198<br>132 - 179<br>81 - 206                 | 166<br>156<br>142 |              | JOSEFSSON (1972b)                 | Glu 2<br>Aglu 2<br>Aglu 1 |
| 5   | 6                    | 110 - 119  | 114               | 3,6          | KJURUCZ u. PEREDI<br>(1974)       | Aglu 3                    |
| 6   | 10                   | 16 - 137   | 104               | 33,6         | MARQUARD (1974)                   | Glu 3                     |
| 7   | 11                   | 8 - 158  | 101               | 61,4         | McGREGOR u.<br>DOWNEY (1975)      | Aglu 1                    |
| 8   | 25 So<br>63 Wi       | 6 - 127<br>14 - 142                                | 60<br>93          | 43,3<br>30,6 | CRAIG u. DRAPER<br>(1979)         | Glu 1<br>mod.             |
| 9   | 17                   | 10 - 162   | 62                | 54,9         | SCHUSTER (1979)                   | Glu 3                     |
| 10  | 18 <sup>r</sup>      | 66 - 196   | 133               | 41,7         | GLAND (1980,1982)                 | GSL                       |
| 11  | 22                   | 16 - 214   | 121               | 76,9         | GLAND et al. (1981)               | GSL                       |

X = mittlerer GSL-Gehalt des untersuchten Materials; s = Standardabweichung  
So = Sommerformen; Wi = Winterformen; r = resynthetisierte Rapsformen;

| Glu = Bestimmung der Glucose  | Aglu = Bestimmung der Aglucone  |
|---|---|
| 1 nach Van Etten et al. (1974)<br>2 " Lein u. Schön (1969)<br>3 " Lein (1972) | 1 nach Youngs u. Wetter (1967)<br>2 " Appelqvist u. Josefsson (1967)<br>3 " Wetter (1957) |
| GSL = Bestimmung der intakten GSLe nach THIES (1978)                          |   |

Die Gehaltsangaben der Originalliteratur wurden - falls erforderlich - auf  $\mu\text{mol/g}$  entfettetes Mehl umgerechnet, um eine bessere Vergleichbarkeit zu erzielen.

Die Gesamtvariabilität umfaßt - eine uneingeschränkte Vergleichbarkeit der Bestimmungsmethoden vorausgesetzt - demnach Formen zwischen 4-214  $\mu\text{mol}$  Gesamtglucosinolat. Es fällt auf, daß bei der Mehrzahl der untersuchten Sommerformen der GSL-Gehalt durchschnittlich niedriger liegt als bei den Winterformen (Nr. 1, 2 und 8 in Tab. 1). Aufgrund unterschiedlicher Standort- und Jahreseinflüsse sowie aus Gründen eines unterschiedlichen Sortimentumfanges, ist hierüber jedoch keine allgemein gültige Aussage zu treffen. Daß darüber hinaus auch Ausnahmen existieren, zeigen die von JOSEFSSON (1972b) untersuchten "formae annua", die im Mittel höhere GSL-Gehalte aufweisen als alle anderen Formen der Tabelle 1.

#### Material und Methoden

Aus dem Zuchtprogramm des Institutes wurden ca. 150 Stämme gaschromatographisch nach den von THIES (1978) beschriebenen Methode untersucht, wobei jedoch in Abwandlung des dort beschriebenen Analysenganges eine manuelle Probeneingabe erfolgte. Bei weiteren ca. 1000 Proben wurde der von THIES (1982) beschriebene Palladium-Test durchgeführt.

Da aus der Literatur hervorgeht, daß die Variabilität des GSL-Gehaltes auch sehr wesentlich durch die Methodik beeinflußt werden kann, wurde die Reproduzierbarkeit der verwendeten Methode mittels 10 parallel durchgeführten Bestimmungen an der Sorte "Diamant" geprüft, wobei sich folgende relative Variabilitätskoeffizienten ( $Vr\%$ ) ergaben:

|            |   |      |                    |   |      |
|------------|---|------|--------------------|---|------|
| Gesamt-GSL | = | 1,97 | Glucobrassicinapin | = | 1,78 |
| Progoitrin | = | 2,40 | Gluconapoleiferin  | = | 3,82 |
| Gluconapin | = | 1,82 |                    |   |      |

#### Abb. 1:

#### Ergebnisse

An Abb.1 sind die Variabilität des Gesamt-GSL-Gehaltes und die prozentualen Anteile der Einzelglucosinolate dargestellt. Das Mittel des Gesamtglucosinolates der 30 aufgeführten Winterformen liegt bei 59,9  $\mu\text{mol/g}$  entfettetes Mehl mit einer Streubreite zwischen 15,0 und 204  $\mu\text{mol}$ . Bei den prozentualen Anteilen der Einzelglucosinolate besteht in der Regel die Reihenfolge Progoitrin ( $\bar{X} = 62,7\%$ ), Gluconapin ( $\bar{X} = 26,9\%$ ), Glucobrassicinapin ( $\bar{X} = 7,9\%$ ), Gluconapoleiferin ( $\bar{X} = 2,5\%$ ). Eine eindeutige Abweichung von der genannten Reihenfolge weist der Stamm CM 62 auf, bei dem Gluconapin mit 42,6% als Hauptkomponente auftritt und Glucobrassicinapin mit 22,2% im Vergleich zum Mittelwert deutlich erhöht ist. Eine ähnliche Verschiebung in den Anteilen zeigt der Stamm CM 40, jedoch bleibt Progoitrin mit 48,4% die Hauptkomponente. Gleichgerichtete Abweichungen von den Mittelwerten sind bei den Stämmen 4964 und C24 durch deutlich er-

höhe Gluconapinanteile feststellbar. Eine weitere Ausnahme stellt der Stamm 5933 dar, bei dem der Glucobrassicinapinanteil mit 28,3% deutlich erhöht ist und somit über dem Gluconapinanteil liegt.

#### Abb. 2:

In Abbildung 2 ist die mit dem Palladium-Test ermittelte Häufigkeitsverteilung bezüglich des Gesamt-GSL-Gehaltes in zwei verschiedenen Zuchtgärten dargestellt. Bei ähnlich hohen Variationsbreiten im Gesamt-GSL-Gehalt läßt die Häufigkeitsverteilung der Gehaltsklassen die unterschiedlichen Zuchtrichtungen deutlich erkennen. Die Selektion auf niedrigen GSL-Gehalt im Material des Zuchtgarten A führten zu einer zweigipfligen in den Bereich des niedrigen GSL-Gehaltes verschobenen Verteilung mit dem Häufigkeitsmaximum kleiner als 20  $\mu\text{mol}$ . Im Material des Zuchtgartens B weist die angenäherte Normalverteilung darauf hin, daß das Merkmal GSL-Gehalt nicht züchterisch bearbeitet wurde.

#### Zusammenfassende Diskussion

Die beträchtliche Variabilität des GSL-Gehaltes schließt keine Formen mit vollständig glucosinolfreiem Samen ein, wie weltweite Sortimentsüberprüfungen sowie Kreuzungsprogramme mit dem Ziel der Verminderung des GSL-Gehaltes gezeigt haben. Nach dem Gesetz der homologen Reihen sind jedoch Brassica napus-Formen mit extrem niedrigen GSL-Gehalten zu erwarten, da im Brassica campestris-Genom Formen mit 5  $\mu\text{mol}$  Gesamtglucosinolat gefunden wurden (NAMAI et al., 1972, 1975), und das Variabilitätsspektrum bei B. deracca nahezu GSL-freie Formen aufweist (GLAND et al., 1981). Solange diese Formen jedoch noch nicht aufgefundenen sind, sollte bei der Züchtung von glucosinolatarmen Rapssorten das GSL-Muster zusätzlich berücksichtigt werden.

Die Entstehung des rapstypischen GSL-Muster sowie Abweichungen davon lassen sich mit hoher Wahrscheinlichkeit durch unterschiedliche Aktivitäten der an der GSL-Biosynthese beteiligten kettenverlängernden Enzyme sowie Hydroxylierungssysteme erklären (GLAND et al., 1981), wobei die genetisch fixierte Aktivität dieser Enzymsysteme für eine arten- und sortentypische Verteilung der Einzelglucosinolate in den reifen Samen sorgt. Da nach Untersuchungen von KONDRA u. STEFANSSON, 1970) die Gensysteme, welche die Einzelglucosinolatsynthese in Rapsamen determinieren nicht unabhängig voneinander spalten, sind alle reinerbigen Linien mit einem signifikant abweichenden GSL-Muster von besonderem Wert, da sie auf Kopplungsbrüche zwischen diesen Gen-systemen hinweisen.

Eine deutliche Abweichung von dem rapstypischen GSL-Muster stellt nach unseren Untersuchungen die Form CM 62 (Abb. 1) dar, da sie einen drastisch verringerten Progoitrinanteil aufweist. Dieses Mehl kann qualitativ höher eingeschätzt werden, als es im Gesamt-GSL-Gehalt zum Ausdruck kommt, da die Spaltprodukte des Progoitrins bedeutend stärkere antinutritive Eigenschaften aufweisen als die Isothiocyanate (VAN ETEN et al., 1969).

Abb 1 Variabilität des Gesamt-Glucosinolatgehaltes (geordnet nach Höhe des Gesamt-GSL-Gehaltes) und prozentuale Anteile der Einzelglucosinolate in den Samen verschiedener Raps-Zuchtstämme

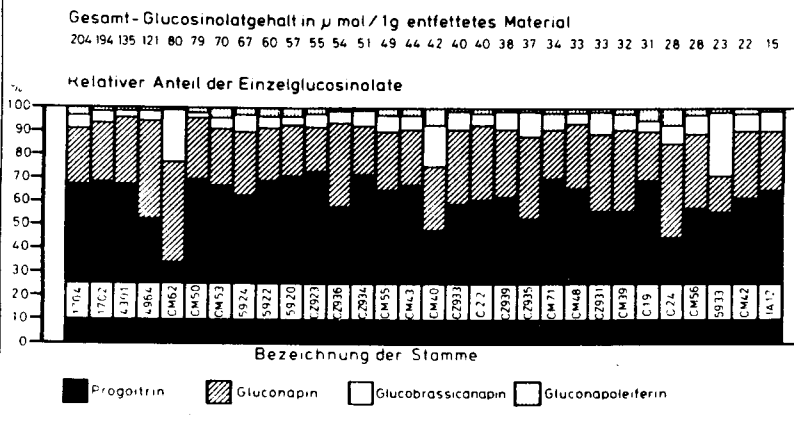
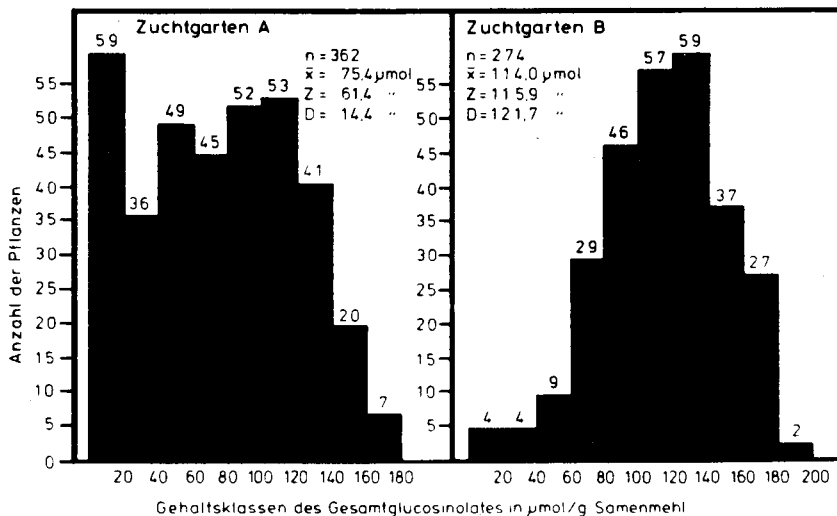


Abb 2 Häufigkeitsverteilung des Gesamtglucosinolates in zwei Wintererbs-Zuchtgärten anhand der Bestimmung mit dem Palladium-Schnelltest<sup>a</sup>



<sup>a</sup> Erläuterungen siehe Text, Z = Zentralwert, D = Dichtemittel

Aus unserer Sicht scheint es deshalb zum gegenwärtigen Zeitpunkt wichtig, solche Formen bei der Qualitätszüchtung von Raps mit zu berücksichtigen, da sie zu einer verbesserten Futterqualität nicht vollständig glucosinolatfreier Rapsextraktionsschrote beitragen können.

#### Literatur

- APPELQVIST, L.-A. u. E. JOSEFSSON (1967): J.Sci.Fd.Agric. 18, 510  
ARNHOLD, B. u. R. MARQUARD (1978): Proc. 5th Int.Rapeseed Conf. Malmö, Schweden 2, 31  
BRAK, B. U. H. HENKEL (1978): Fette,Seifen,Anstrichmittel 80,104  
CRAIG,E.A. u. S.R.DRAPER (1979): J.natn.Inst.agric.Bot. 15,98  
DOWNEY,R.K., B.M.CRAIG u. C.G.YOUNGS (1969):JAOCS 46, 121  
GLAND, A. (1980): In: BUNTING E.S.(ed) Martinus Nijhoff Publ.,The Hague, 1981  
GLAND, A. (1982): Z. Pflanzenzüchtg. 88, 242  
GLAND, A., G. RÖBBELEN u. W. THIES (1981): Z.Pflanzenzüchtg. 87, 96  
JOSEFSSON, E. (1972a): In: APPELQVIST u. OHLSON (eds) Elsevier Publ. Comp., Amsterdam  
JOSEFSSON, E. (1972b): Z. Pflanzenzüchtg. 68, 113  
JOSEFSSON, E. u. L.-A.APPELQVIST (1968): J.Sci.Fd.Agric. 19,564  
JOSEFSSON, E. u. R. JÖNSSON (1969): Z.Pflanzenzüchtg. 62,272  
KONDRA, Z.P. u. B.R. STEFANSSON (1970): Canad.J.Plant Sci. 50, 643  
KRZYMANSKI, J. (1970): Hodowla Rosl. Aklim.Nassienn. 14, 95  
KURUCZ, E. u. PERÉDI (1974): Proc. 4th Int.Rapeseed Conf., Gießen, Germany, 363  
LEIN, K.-A. (1970): Z.Pflanzenzüchtg. 63, 137  
LEIN, K.-A. (1972): Angew. Bot. 46, 263  
LEIN, K.-A. u. W.J. SCHÖN (1969): Angew.Bot. 43,87  
MARQUARD, R. (1974): Proc. 4th Rapeseed Conf., Gießen, Germany, 403  
MARQUARD, R. (1981): Fette.Seifen.Anstrichmittel 83, 129  
MCGREGOR, D.I. u. R.K. DOWNEY (1975): Can.J.Plant Sci 55, 191  
NAMAI,H., T. KAJI u. T. HOSODA (1972): Japan.J.Genet. 47, 319  
NAMAI, H. u. T. HOSODA (1975): Japan.J.Genet. 50, 43  
SCHUSTER, W. (1979): DLG Mitt. 94, 881  
THIES, W. (1978): Proc. 5th Rapeseed Conf., Malmö, Schweden, 136  
THIES, W. (1982): Fette.Seifen.Anstrichmittel 84,338  
TRZEBNY, W. (1967): Pamietnik Pulawski-Prace Iung. 25, 45  
VAN ETTEN, C.H., M.E. DAXENBICHLER, I.A. WOLFF (1969): J.Agr. Food Chem. 17, 483  
VAN ETTEN, C.H., C.E. Mc GREW u. M.E. DAXENBICHLER (1974): J.Agr. Food Chem. 22, 483  
WETTER, L.R. (1957): Can.J.Biochem.Physiol. 35, 293  
YOUNGS, C.G. u. L.R. WETTER (1967): JAOCS 44, 551