

(Aus der Bundesanstalt für Pflanzenbau in Wien, Direktor: Prof. Dr. R. Meinx)

Einflüsse auf den Glucosinolatgehalt des Körnerrapses durch die Schwefel- und Stickstoffernährung der Pflanze

Von M. WERTEKER

(Mit 1 Abbildung)

1. Einleitung

Der Glucosinolatgehalt des Körnerrapses stellt sowohl im EG-Bereich, im Rahmen der Interventionsregelungen als auch in Österreich als Voraussetzung für die Inanspruchnahme von Förderungen eine wesentliche Größe dar. Derzeit gilt sowohl im westeuropäischen Ausland, als auch am heimischen Markt ein Grenzwert von höchstens 35 μmol Glucosinolat pro g lufttrockene Saat (OFENHITZER 1991, ANONYM 1990). Aus den Ergebnissen der Sortenversuche der Jahre 1988 und 1990 kann ersehen werden, daß, obwohl der Großteil der untersuchten und zugelassenen Sorten Glucosinolatgehalte im Bereich von 20 bis 35 $\mu\text{mol/g}$ aufwies, es in einigen Fällen doch zu Überschreitungen des genannten Grenzwertes kam. Mit Schwierigkeiten bei der Erreichung eines anerkannten Qualitätsstandards ist jedoch insbesondere nach einer Absenkung des Grenzwertes auf 20 $\mu\text{mol/g}$ zu rechnen. Diese Absenkung war in den EG-Staaten bereits für das Erntejahr 1989 vorgesehen, wurde aber ausgesetzt, da auch im EG-Bereich dieser Grenzwert kaum erreicht werden konnte. Für die Erntejahre 1987 und 1988 werden etwa aus Schleswig-Holstein mittlere Glucosinolatgehalte von Konsumraps von 26 bzw. 21 $\mu\text{mol/g}$ berichtet (SCHNUG 1989). In Anbetracht der bei Vergleichen mit dem westlichen Ausland immer wieder festzustellenden Tendenz zu etwas höheren Glucosinolatwerten in Österreich ist zu erwarten, daß die heimische Landwirtschaft von künftigen Absenkungen des Grenzwertes stärker betroffen sein wird als die der EG-Staaten. Da die höheren Glucosinolatgehalte österreichischen Körnerrapses keineswegs durch ein gegenüber dem Ausland verändertes Sortenspektrum ausreichend erklärt werden können und überdies auch die Berücksichtigung sortenunabhängiger Einflüsse zur Verringerung der Glucosinolatgehalte im Interesse einer sicheren Einhaltung von bestehenden und künftigen Grenzwerten geboten erscheint, wurden die standortbedingten Variationen der Glucosinolatgehalte näher untersucht. Die zwischen den verschiedenen Versuchsstellen der Bundesanstalt für Pflanzenbau zu beobachtenden Unterschiede in den Glucosinolatgehalten von Erntegut der gleichen Sorte wurden hierzu in Beziehung zur Schwefelversorgung und zum Stickstoffhaushalt der Pflanze gesetzt, um prüfen zu können, ob und in welchem Ausmaße den genannten Parametern eine glucosinolaterhöhende Wirkung zugeschrieben werden kann.

2. Material und Methoden

Aus den Sortenversuchen der Jahre 1988 bis 1990 wurden die Sorten Annika, Arabela, Ceres, Cobra und Libravo in die Untersuchung einbezogen. Die Beschränkung auf die genannten Sorten war im Interesse einer orthogonalen Versuchsanordnung notwendig. Zum Vergleich gelangten die Versuchsstandorte Fuchsenbigl (NÖ), Großnondorf (NÖ), Lambach Stadl-Paura (OÖ), Grabenegg (NÖ), Gleisdorf (Stmk.) und Kappel am Krappfeld (Ktn.). Die Anwendung schwefelhaltiger Düngemittel erfolgte – mit einer Ausnahme in Gleisdorf im Jahr 1988 – ausschließlich im Herbst. Eine gegebenenfalls auftretende Speicherung von Sulfat wurde daher durch die im Frühjahr durchgeführten Bodenanalysen erfaßt und konnte auf diesem Wege bei der Interpretation der Ergebnisse berücksichtigt werden.

Für die an den Pflanzen der Ernte 1990 durchgeführten Blattanalysen zur Bestimmung des Stickstoff- und Schwefelgehaltes wurden pro Sorte und Standort zu Beginn der Blüte etwa 50 Blätter in die Probe einbezogen, wobei jeweils von jeder Pflanze das oberste voll entwickelte Blatt genommen wurde (BERGMANN und NEUBERT 1976). Die Blätter wurden unmittelbar nach der Probenahme bei 50° C getrocknet und vermahlen. Die Stickstoffanalysen in Blättern und Samen erfolgten nach der Methode von Kjeldahl. Auf den Rohproteingehalt wurde mit dem Faktor 6,25 umgerechnet. Die Bestimmung des Schwefelgehaltes der Blätter wurde dankenswerter Weise von der Firma Leco auf dem Elementaranalysator LECO SC-132 durchgeführt. Der Glucosinolatgehalt der Rapssaat wurde durch Titration des nach der Myrosinaseaktion freiwerdenden Sulfates acidimetrisch ermittelt (CROFT 1979). Die Bodenproben wurden vor der Frühjahrsdüngung aus 30 und 60 cm Tiefe gezogen. Im Frühjahr 1989 (Ernte 1989) konnten nur die Proben aus Lambach, Gleisdorf und Kappel vor der Düngung erhalten werden. Bei dieser Gelegenheit wurden auch Proben von den Rapsanbauflächen des Jahres 1987 (Ernte 1988) gezogen. Darüber hinaus wurden auch im Sommer 1989 (Ernte 1990) Bodenproben aus 30 cm Tiefe vor der Aussaat und Düngung genommen. Pro Versuchsstelle und Probenahmezeitpunkt wurden 2 bis 6 Proben gezogen. Die Sulfatbestimmungen wurden von der Bundesanstalt für Bodenkunde durchgeführt und erfolgten im Wasserextrakt, wobei das Verhältnis von Bodenmaterial zu Wasser 1:10 betrug.

Korrelationen des Glucosinolatgehaltes der Samen mit dem Rohproteingehalt sowie mit dem Gesamtschwefel und Rohproteingehalt der Blätter wurden anhand der Abweichungen der Einzelwerte von den jeweiligen Sortenmittelwerten berechnet, um den Sorteneinfluß zu minimieren.

3. Ergebnisse

Die Glucosinolatgehalte (Tab. 1) der untersuchten Sorten waren im Erntegut des Jahres 1988 an den Versuchsstellen Kappel und Grabenegg mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit $P < 0,05$ signifikant kleiner als in Großnondorf, der Versuchsstelle mit den nächstniedrigeren Glucosinolatgehalten. Die höchsten Glucosinolatgehalte der Ernte 1988 waren in Lambach feststellbar.

Bei der Ernte des Jahres 1989 liegen die Verhältnisse ähnlich. Die Unterschiede zwischen den Standorten sind jedoch etwas geringer. Außerdem wurden die Streuungen an den einzelnen Standorten durch die extrem niedrigen Werte der Sorte Ceres erhöht, sodaß eine Differenzierung zwischen den Versuchsstellen durch Varianzanalyse nicht möglich war. Durch Berücksichtigung der gemeinsamen Streuung mit Hilfe der Differenz-

methode konnten die gegenüber Fuchsenbigl ($P < 0,02$) und Lambach ($P < 0,05$) deutlich niedrigeren Glucosinolatwerte aus Grabenegg erkannt werden. Die Differenz zwischen Grabenegg und Großnondorf war statistisch nicht mehr signifikant. Aus Kappel, der zweiten Versuchsstation mit niedrigen Glucosinolatgehalten, konnten keine Proben erhalten werden.

Tabelle 1
*Glucosinolatgehalte des geernteten Körnerrapses
in $\mu\text{mol/g}$ Körner, 9 % Wassergehalt*

| Ernte 1988 | FBGL | GNDF | LAMB | GRAB | GLEI | KAPP |
|-------------|------|------|------|------|------|------|
| Arabella | 26,7 | 28,2 | 31,1 | 23,9 | 30,2 | 22,6 |
| Ceres | 28,3 | 25,3 | 29,2 | 20,0 | 24,3 | 20,6 |
| Cobra | 23,8 | 20,8 | 20,8 | 15,5 | 19,8 | 14,9 |
| Libravo | 24,5 | 21,9 | 22,2 | 17,7 | 22,9 | 19,2 |
| Annika | 22,7 | 21,5 | 25,8 | 17,9 | 23,6 | 17,7 |
| Mittelwert | 25,2 | 23,5 | 25,8 | 19,0 | 24,2 | 19,0 |
| Ernte 1989 | FBGL | GNDF | LAMB | GRAB | GLEI | KAPP |
| Arabella | 34,1 | 30,6 | 33,0 | 27,3 | | |
| Ceres | 18,9 | 16,1 | 18,2 | 17,0 | | |
| Cobra | 25,4 | 20,9 | 23,2 | 19,1 | | |
| Libravo | 27,0 | 24,4 | 28,0 | 21,9 | | |
| Annika | 23,9 | | 26,1 | | | |
| Mittelwert | 26,4 | 23,0 | 25,6 | 21,3 | | |
| Ernte 1990 | FBGL | GNDF | LAMB | GRAB | GLEI | KAPP |
| Arabella | 35,7 | 29,7 | 24,6 | | 36,2 | |
| Ceres | 25,3 | 20,7 | 18,7 | | 30,8 | |
| Cobra | 22,7 | 20,4 | 20,6 | | 33,8 | |
| Libravo | 23,2 | 21,8 | 18,1 | | 26,5 | |
| Annika | 23,8 | 21,6 | 23,0 | | 31,0 | |
| Mittelwerte | 26,1 | 22,8 | 21,0 | | 31,7 | |

FBGL = Fuchsenbigl, GNDF = Großnondorf, LAMB = Lambach-Stadt-Paura, GRAB = Grabenegg, GLEI = Gleisdorf, KAPP = Kappel am Krappfeld

Die Ergebnisse der Ernte 1990 waren, obwohl die Versuche aus Grabenegg und Kappel ausfielen, durch einige Auffälligkeiten gekennzeichnet. Besonders erwähnenswert erscheinen die niedrigen Glucosinolatgehalte an der Versuchsstelle Lambach, die in den beiden früheren Versuchsjahren Raps mit hohen Glucosinolatgehalten lieferte. Die Werte aus Lambach waren gegenüber denen aus Gleisdorf, von wo in diesem Jahr der mit Abstand glucosinolatreichste Raps stammte, mit einer Irrtumswahrscheinlichkeit von $P < 0,001$ und gegenüber Fuchsenbigl mit einer solchen von $P < 0,1$ geringer.

Voneinander waren die 3 Versuchsjahrgänge varianzanalytisch nicht unterscheidbar. Dies wurde vor allem durch das individuelle Verhalten einiger Sorten und Versuchsstellen verursacht. Es kann zwar von einem deutlichen Anstieg aller Glucosinolatgehalte bei der Ernte 1989 gegenüber denen der Ernte 1988 gesprochen werden. Dieser Anstieg war auch an den Ergebnissen der nicht in dieser Arbeit behandelten Sorten erkennbar. Durch den Rückgang der Glucosinolatgehalte der Sorte Ceres kommt diese Erscheinung aber in den Mittelwerten aus den einzelnen Versuchsstellen nicht zum Ausdruck. Bei der Ernte 1990 waren in Fuchsenbigl und Großnondorf kaum Veränderungen gegenüber dem Vorjahr zu bemerken. In Gleisdorf kam es zu einer Zunahme gegenüber der Ernte 1988, die in etwa dem zwischen den Ernten 1988 und 1989 an den anderen Versuchsstellen festgestellten Sprung entspricht.

Tabelle 2

Sulfatgehalte des Bodens (in ppm)

| Tiefe | FBGL | GNDF | LAMB | GRAB | GLEI | KAPP |
|------------------|------|------|------|------|------|------|
| Anbaufläche 1988 | | | | | | |
| 30 cm | | | 165 | | 160 | 225 |
| 60 cm | | | | | 165 | 165 |
| Frühjahr 1989 | | | | | | |
| 30 cm | | | 135 | | 155 | 235 |
| 60 cm | | | | | 135 | 190 |
| Sommer 1989 | | | | | | |
| 30 cm | 137 | 125 | 100 | 130 | 110 | 180 |
| Frühjahr 1990 | | | | | | |
| 30 cm | 153 | 131 | 96 | 133 | 161 | 160 |
| 60 cm | 169 | 101 | 85 | 82 | 63 | 116 |

Die Sulfatgehalte des Bodens liegen im Bereich von etwa 100 bis 160 ppm Sulfat (Tab. 2). Auffällig ist, daß mit wenigen Ausnahmen – wie etwa in Fuchsenbigl – der Sulfatgehalt in 60 cm Tiefe geringer ist als in den höher gelegenen Bodenregionen. Überdies scheint auch im Sommer ein niedrigerer Sulfatgehalt als vor der Frühjahrsdüngung vorzuliegen. Ein Zusammenhang zwischen Sulfatgehalten des Bodens und Glucosinolatgehalt des geernteten Rapses ist durch Vergleich der Glucosinolat- bzw. Sulfatwerte der einzelnen Versuchsstellen vor allem wegen der geringen Anzahl an verwendbaren Wertepaaren nicht in Form einer statistisch gesicherten Korrelation nachweisbar, jedoch lagen die Glucosinolatgehalte der Ernte 1990 nach der Größe gereiht in der gleichen Reihenfolge wie die Sulfatgehalte des Bodens in 30 cm Tiefe. Überdies soll auch die deutliche Abnahme der Glucosinolatgehalte an der Versuchsstelle Lambach während der dreijährigen Beobachtungszeit hervorgehoben werden, die von einem gleichzeitigen Absinken der Bodensulfatwerte auf etwa die Hälfte begleitet war. Die Beobachtung des Zusammentreffens hoher Bodensulfatwerte mit niedrigen Glucosinolatgehalten in Kappel ist hingegen nur von bedingter Aussagekraft, da die Bodenproben nicht vor der Vegetationsperiode gezogen wurden, in welcher die einzige zur Untersuchung verfügbare Rapssaat entstand. Der Sul-

fatgehalt in 60 cm Bodentiefe zeigte keine Beziehung zu dem in 30 cm Tiefe und zum Glucosinolatgehalt.

Die zwischen Parallelproben von der gleichen Versuchsstelle festgestellten Differenzen betragen im Durchschnitt etwa 30 ppm. Dies ist bei der Auswertung der Ergebnisse zu berücksichtigen, um Überinterpretationen zu vermeiden.

Obwohl an den Versuchsstellen Fuchsenbigl, Großnondorf und Lambach die durchschnittlichen Blattschwefelwerte (Tab. 3) in der gleichen Reihenfolge liegen wie die Glucosinolatgehalte (Tab. 1), läßt sich aus den vorliegenden Daten keine gesicherte Korrelation des Blattschwefelgehaltes zum Glucosinolatgehalt des Erntegutes berechnen ($r = 0,28$). Dies liegt vor allem an den niedrigen Schwefelwerten der Proben aus Gleisdorf, da von dieser Versuchsstelle zugleich die Rapsmuster mit den höchsten Glucosinolatwerten stammten.

Tabelle 3

Schwefelgehalte der Blätter im Erntejahr 1990 (in % i. TS)

| | FBGL | GNDF | LAMB | GLEI |
|-------------|------|------|------|------|
| Arabella | 0,44 | 0,41 | 0,35 | 0,37 |
| Ceres | 0,37 | 0,40 | 0,33 | 0,36 |
| Libravo | 0,44 | 0,41 | 0,32 | 0,37 |
| Mittelwerte | 0,42 | 0,41 | 0,33 | 0,37 |

Zwischen Blattprotein (Tab. 4) und Glucosinolatgehalt der Rapskörner (Tab. 1) hingegen konnte eine gesicherte Korrelation ($r = 0,86$) gefunden werden (Abb. 1). Auffällig an der dargestellten Korrelation ist insbesondere, daß Punkte, die den Ergebnissen jeweils einer Versuchsstelle entsprechen, zu Gruppen gehäuft auftreten. Die Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt der Körner (Tab. 5) und dem Blattproteingehalt lag ebenso wie die zwischen Körnerproteingehalt und Glucosinolatgehalt im Bereich von $r = 0,5$ ($r = 0,50$ bzw. $r = 0,67$).

Tabelle 4

Blattproteingehalte des geernteten Körnerrapses 1990 in % i. TS

| | FBGL | GNDF | LAMB | GLEI |
|-------------|------|------|------|------|
| Arabella | 28,2 | 25,8 | 21,3 | 29,2 |
| Ceres | 29,9 | 27,3 | 22,4 | 30,5 |
| Libravo | 22,7 | 20,9 | 22,2 | 23,0 |
| Mittelwerte | 26,9 | 24,7 | 22,0 | 27,6 |

Tabelle 5

Rohproteingehalte des geernteten Körnerrapses 1990 in % i. TS

| | FBGL | GNDF | LAMB | GLEI |
|-------------|------|------|------|------|
| Arabella | 22,5 | 19,7 | 21,5 | 23,2 |
| Ceres | 22,2 | 19,8 | 21,5 | 23,1 |
| Libravo | 22,7 | 20,9 | 22,2 | 23,0 |
| Mittelwerte | 22,5 | 20,1 | 21,7 | 23,1 |

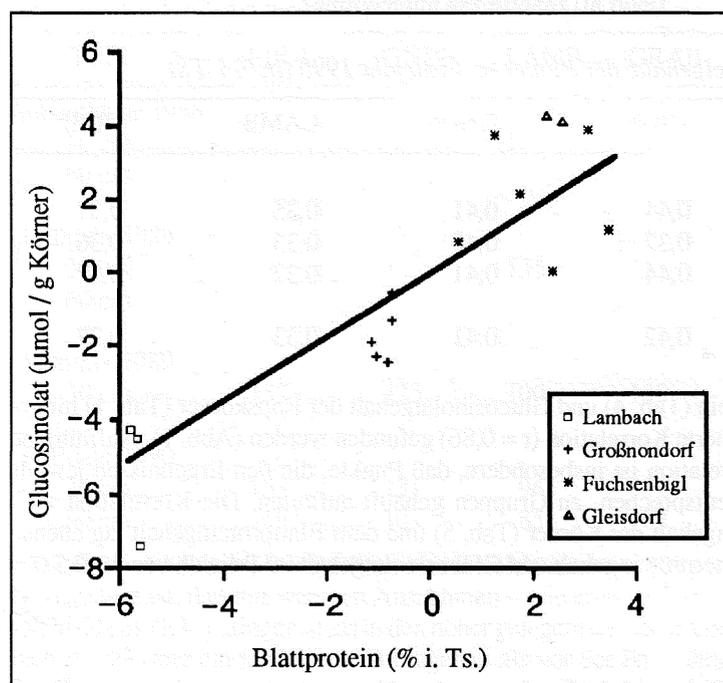


Abb. 1: Korrelation zwischen Blattprotein und Glucosinolat, Abweichungen vom Sortenmittelwert

4. Diskussion

Unter den sortenunabhängigen Einflüssen auf die Höhe des Glucosinolatgehaltes wird der Schwefelernährung der Pflanze die meiste Bedeutung zuerkannt. Als Minimum für eine ausreichende, die Erträge nicht gefährdende Schwefelversorgung wird eine Konzentration von 30 ppm Sulfat im Boden angesehen (THEVENET und TAUREAU 1987, WAPLES und SINCLAIR 1987). Bei dem angegebenen Wert ist jedoch zu berücksichtigen, daß die Bestimmungsmethode, die von wesentlicher Bedeutung für die Höhe des erhaltenen Analysenwertes ist, in den uns zur Verfügung stehenden Unterlagen nicht angegeben wurde.

Ein Vergleich mit den an den Versuchstationen festgestellten Sulfatwerten, die etwa drei- bis fünfmal so hoch sind wie der angegebene Grenzwert, ist daher problematisch, es ist aber doch mit Sicherheit anzunehmen, daß die Bodensulfatgehalte an den untersuchten Standorten zumindestens eine ausreichende Schwefelversorgung gewährleisten. In Gefäßversuchen, bei welchen durch Düngung Sulfatgehalte des Bodens von ca. 30, 70, 100 und 170 ppm eingestellt wurden, konnte auch bei reichlicher Sulfatversorgung eine deutliche Steigerung der Glucosinolatwerte im Erntegut mit Zunahme der Bodensulfatwerte beobachtet werden (MIETKOWSKI und BERINGER 1990). Diese Aussage liefert ein Indiz dafür, daß der Sulfatgehalt der Böden auch bei der Sulfatversorgungslage, die an den in dieser Arbeit untersuchten Standorten erhoben wurde, wesentlich an der Entstehung hoher Glucosinolatgehalte beteiligt ist. Diese Vermutung wird auch durch die Beobachtung erhärtet, daß der Rückgang der Bodensulfatwerte in Lambach von einer gleichsinnigen Veränderung der Glucosinolatgehalte begleitet war. Ebenso spricht die Tatsache, daß die Bodensulfatwerte aus 30 cm Tiefe vor der Frühjahrsdüngung nach der Größe gereiht etwa in der gleichen Reihenfolge liegen wie die durchschnittlichen Glucosinolatgehalte an den einzelnen Versuchsstellen, für einen Einfluß der Bodensulfatkonzentration auf den Glucosinolatgehalt unter den an den Versuchsstandorten herrschenden Bedingungen. Erwähnenswert scheint auch die Tatsache, daß mit wenigen Ausnahmen die Sulfatkonzentration in 60 cm Tiefe geringer ist als in 30 cm, obwohl durch Kapillarwirkung aufsteigendes Grundwasser als wesentliche Sulfatquelle gilt (SCHNUG 1989a). Dies kann als Hinweis gewertet werden, daß die Sulfateintragung hauptsächlich von der Oberfläche her erfolgt. Hier liegt möglicherweise neben einem Sulfateintrag durch Niederschläge auch eine Nachwirkung der im Herbst ausgebrachten, schwefelhaltigen Düngemittel vor. Die höhere Sulfatkonzentration in der oberen Bodenschicht wurde allerdings auch in Grabenegg beobachtet, wo schwefelfreie Dünger zur Anwendung kamen, sodaß die Annahme einer Eintragung durch Niederschläge – zumindest in diesem genannten Falle – eher gerechtfertigt erscheint.

Bei Einbeziehung der Sulfatwerte aus 60 cm Tiefe ist der Zusammenhang zwischen dem Sulfatgehalt des Bodens und dem Glucosinolatgehalt kaum erkennbar. Vor allem der niedrige Sulfatwert aus Gleisdorf verhindert das Zustandekommen einer Korrelation. Die Annahme, daß neben der im Boden befindlichen Sulfatmenge auch noch andere Einflüsse für die Höhe des Glucosinolatgehaltes im Erntegut verantwortlich sind, wird aber nicht nur durch diese eine Beobachtung gestützt. Auch die niedrigen Glucosinolatwerte aus Kappel – einer Versuchsstelle mit durchwegs hohen Bodensulfatwerten – deuten darauf hin, daß nicht unbedingt ein strenger Zusammenhang zwischen den beiden Größen bestehen muß. Ein weiterer Hinweis auf die komplexe Natur der Zusammenhänge ist auch der starke Abfall der Glucosinolatwerte der Sorte Ceres in der Ernte 1989, während bei allen anderen Sorten dieser Ernte ein Anstieg gegenüber 1988 zu bemerken war. Diese Tatsache zeigt, daß unter Umständen sogar sortenspezifische Reaktionen auf Witterungs- und Umweltbedingungen in die Betrachtungen miteinzubeziehen sind. Die Aussagekraft der Bodenanalyse zur Beurteilung der Schwefelversorgung der Pflanze wird allgemein in jüngster Zeit vor allem auch wegen der hohen Mobilität des Sulfations im Boden in Frage gestellt (CRAMER 1990, OFENHITZER 1990). Außerdem ist die Schwefelaufnahme durch die Pflanze nicht nur von der absoluten Höhe des Schwefelangebotes, sondern auch von dessen zeitlichem Verlauf abhängig (SCHNUG 1987). Daher sollte die Pflanzenanalyse zur Erkennung von Schwefelmangel oder Luxuskonsum angewandt werden, zu diesem Zwecke wurde auch bereits ein Bewertungsschema vorgeschlagen (SCHNUG 1988):

| | |
|----------------------|-----------------------------|
| >0,65 % S i.TS | übersorgt |
| 0,55 - 0,65 % S i.TS | gut versorgt |
| 0,45 - 0,55 % S i.TS | schwach bis mittel versorgt |
| 0,35- 0,45 % S i.TS | nicht ausreichend versorgt |
| <0,35 % S i.TS | deutliche Ertragsschäden |

Es werden aber auch niedrigere Werte als Grenzwerte für Ertragseinbußen genannt. So etwa 0,2 % für 00-Sorten und 0,35 % für 0-Sorten (MIETKOWSKI und BERINGER 1990). Aus den vorliegenden Angaben kann erkannt werden, daß die im Rahmen unserer Versuche untersuchten Pflanzen als „nicht ausreichend versorgt“ oder bestenfalls als „schwach bis mittel versorgt“ bewertet werden können. Übersorgung im Sinne des zitierten Bewertungsschemas dürfte auszuschließen sein. Allerdings scheint das genannte Bewertungsschema vor allem am Ertrag orientiert zu sein, wodurch eine eventuelle Auswirkung auf den Glucosinolatgehalt nicht oder nur zweitrangig berücksichtigt wurde.

Die zu erwartende Korrelation zwischen Blattschwefelgehalt und Glucosinolatgehalt wurde durch die niedrigen Schwefelwerte aus Gleisdorf gestört. Auf Grund der durch den Ausfall der Ernten aus Kappel und Grabenegg verminderten Probenanzahl konnten die Werte aus Gleisdorf kaum als Ausreißer beurteilt und ausgeschieden werden. So ist es nicht möglich, die Aussagekraft der Blattschwefelgehalte über die zu erwartenden Glucosinolatgehalte zu bewerten.

Die Zweckmäßigkeit einer Beeinflussung des Glucosinolatgehaltes durch Reduzierung der Schwefelversorgung scheint nach vorliegenden Ergebnissen eher zweifelhaft. Es konnten zwar auch in Bereichen hoher Sulfatkonzentrationen im Boden – wie bereits erwähnt – Einflüsse auf den Glucosinolatgehalt festgestellt werden, jedoch waren die Änderungen der Glucosinolatwerte verglichen mit den sie verursachenden Schwankungen der Sulfatwerte relativ gering (MIETKOWSKI und BERINGER 1990). Eine für die Praxis bedeutendere Abhängigkeit der beiden Parameter tritt nur bei Schwefelmangel auf. Die Schwefelversorgung der Pflanze liegt dabei bereits in einem Bereich, der zu Ertragseinbußen führen kann (MAIDL und LINDINGER 1991).

Über den Einfluß der Stickstoffversorgung auf den Glucosinolatgehalt sind kaum eindeutige Aussagen zu finden. Einerseits wird von einer Steigerung der Glucosinolatwerte bei hoher Stickstoffversorgung berichtet (ASKEW 1989). Eine andere Meinung zu diesem Thema geht von der Annahme aus, daß durch vermehrte Stickstoffdüngung der Ertrag erhöht wird, wodurch das gebildete Glucosinolat auf eine größere Menge an Biomasse verteilt wird, sodaß niedrigere Glucosinolatgehalte zu erwarten sind (CRAMER 1988). Die Ergebnisse dieser Arbeit bestätigen letztgenannte Theorie allerdings nicht. Bereits an den Ernten der Jahre 1988 und 1989 wurden positive Korrelationen zwischen Rohproteingehalt und Glucosinolatgehalt der Rapskörner nach rechnerischer Minimierung der Sorteneinflüsse festgestellt, die aufgrund der hohen Stichprobenanzahl hochsignifikant waren und durch Anwendung exponentieller Regressionsgleichungen noch verbessert werden konnten (WERTEKER 1990). Diese Korrelation konnte im Rahmen dieser Arbeit wieder gefunden werden.

Durch die deutliche positive Korrelation zwischen dem Rohproteingehalt der Blätter und dem Glucosinolatgehalt der Samen scheint ein weiterer Hinweis auf eine mögliche glucosinolaterhöhende Wirkung einer hohen Stickstoffaufnahme gegeben zu sein. Dieser Effekt kann als Folge eines erhöhten Aminosäurestoffwechsels bei höherem Protein- und Enzymgehalt der Pflanze angesehen werden. Voraussetzung dafür ist jedoch das Vorhan-

densein ausreichender Schwefelmengen, sodaß anzunehmen ist, daß sowohl Schwefel- als auch Stickstoffversorgung unter bestimmten Voraussetzungen auf den Glucosinolatgehalt Einfluß nehmen. Das zu Gruppen gehäufte Auftreten von Punkten, die in der Darstellung der Korrelation den Blattprotein- bzw. Glucosinolatwerten jeweils einer Versuchsstelle entsprechen, zeigt überdies deutlich, daß die sortenunabhängigen Variationen von Blattprotein und Glucosinolat von Standortfaktoren und somit von Umweltbedingungen abhängig sind.

Zusammenfassung

Obwohl im Rahmen der von 1988 bis 1990 an sechs Standorten in Österreich durchgeführten Versuche einige deutliche Hinweise auf einen Zusammenhang des Glucosinolatgehaltes mit dem Sulfatgehalt des Bodens gefunden werden konnten, ist es nicht möglich, eine statistisch abgesicherte Beziehung zwischen den genannten Größen zu finden, die eine Voraussage des zu erwartenden Glucosinolatgehaltes aufgrund der Bodenanalyse zuläßt. Die an den Versuchsstandorten festgestellten Bodensulfatkonzentrationen liegen im Bereich von 100 bis 160 ppm und sind, soweit dies am vorliegenden Datenmaterial beurteilt werden kann, wesentlich höher als in der Literatur berichtete Minimalwerte für die ausreichende Schwefelversorgung von Raps bzw. im oberen Bereich der bei Düngungsversuchen eingestellten Sulfatkonzentrationen. Aufgrund von Pflanzenanalysen kann jedoch kein Luxuskonsum an Schwefel festgestellt werden. Durch positive Korrelationen des Glucosinolatgehaltes der Rapssaat mit dem Rohproteingehalt der Blätter und der Körner selbst liegt ein Hinweis auf einen glucosinolaterhöhenden Einfluß reichlicher Stickstoffaufnahme durch die Pflanze vor.

Influences on the Glucosinolate Level of Rapeseed by the Sulphur- and Nitrogen Nutrition of the Plant

Summary

Although an influence of the sulphate contents of the soil on the glucosinolate contents of the seed can be observed with the results of trials performed on 6 locations in Austria in the years 1988 to 1990, no statistical significant correlation between the two parameters was found. The soil sulphate concentrations, measured on the different locations, were in the range of 100 to 160 ppm. This means, that the sulphate concentration was much higher than the minimum values referred in literature and in the upper range of fertilization trials referred. Based on plant analysis no surplus of sulphur could be observed. A positive correlation of the glucosinolate contents of the seed with the raw-protein contents of leaves and seeds indicates an influence of the nitrogen nutrition on the formation of glucosinolates.

Literatur

ANONYM: Sonderrichtlinien für die Förderung des Anbaues von 00-Ölraps, Ölsonnenblumen, Sojabohnen, Körnererbsen und Ackerbohnen gemäß Pkt. 6.1. der „Allgemeinen Rahmenrichtlinien“ für Gewährung von Förderungen aus Bundesmitteln, Bundesministerium für Land- und Forstwirtschaft, Wien 1990.

- ASKEW, M.F.: Anbaufaktoren, die den Glucosinolatgehalt bei Raps beeinflussen. SPORTAK. International Symposium, Berlin, 26. September 1989.
- BERGMANN, W. und P. NEUBERT: Pflanzendiagnose und Pflanzenanalyse. 447 ff, G. Fischer, Jena 1976.
- CRAMER, N.: Beeinflussung des Glucosinolatgehaltes durch produktionstechnische Maßnahmen. Raps 6,48 - 51, 1988.
- CRAMER, N.: Schwefelernährung des Rapses. Erfahrungen aus Schleswig-Holstein. Raps 8,8 - 11, 1990.
- CROFT, G.: The determination of total glucosinolates in rapeseed meal by titration of enzyme-liberated acid and the identification of individual glucosinolates. Journal of the Science of Food and Agriculture 30,417 - 423, 1979.
- MAIDL, S. und W. LINDINGER: Schwefelmangel in Südbayern. Raps 9,14 - 15, 1991.
- MIETKOWSKI, K. und H. BERINGER: Schwefeldüngung von Raps – Einfluß der K_2SO_4 – und KCl-Düngung auf Samenertrag und -qualität zweier Sorten. Kali-Briefe 20,287 - 292, 1990.
- OFENHITZER, D.: Schwefelversorgung in Unterfranken. Raps 8,12 - 14, 1990.
- OFENHITZER, D.: Ertragsstruktur und Glucosinolatgehalt von Körnerraps. Raps 9,18 - 20, 1991.
- SCHNUG, E.: Die Bedeutung der Schwefelversorgung für den Gesamtglucosinolatgehalt von Rapsaat. Raps 5,194 - 196, 1987.
- SCHNUG, E.: Schwefeldüngung zu Körnerraps. Raps 6,12 - 14, 1988.
- SCHNUG, E.: Probleme und Perspektiven des 00-Rapsanbaues. In Form 89,6 - 7, 1989.
- SCHNUG, E.: Schwefelversorgung von Körnerraps. Rückblick auf 1988 und Konsequenzen für 1989. Raps 7,18 - 20, 1989 a.
- THEVENET, G. und J.C. TAUREAU: Sulfur supply of winter wheat. Proc. Int. Symp. Elementar Sulfur in Agriculture, 25 - 27 March 1987, Nice. Zit. in: SCHNUG: Anwendung elementaren Schwefels im Rapsanbau, Raps 5,162 - 163, 1987.
- WAPLES, J. and C. SINCLAIR: The use of THIOVIT on major arable crops in den UK. Proc. Int. Symp. Elementar Sulfur in Agriculture, 25 - 27 March 1987, Nice. Zit. in: SCHNUG: Anwendung elementaren Schwefels im Rapsanbau. Raps 5,162 - 163, 1987.
- WERTEKER, M.: Einflüsse auf den Glucosinolatgehalt von 00-Raps. Jahrbuch 1989 der Bundesanstalt für Pflanzenbau, 179 - 185, im Eigenverlag, Wien 1990.

(Manuskript eingelangt am 2. 4. 1991, angenommen am 15. 5. 1991)

Anschrift des Verfassers:

Dipl.-Ing. Manfred WERTEKER, Bundesanstalt für Pflanzenbau, Alliiertenstraße 1, Postfach 64,
A-1201 Wien