

Aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung, Erwin-Baur-Institut, Köln-Vogelsang

## Über den Glykoalkaloidgehalt und die Zusammensetzung des Glykoalkaloidkomplexes in Nachkommen der Artkreuzung *Solanum tuberosum* × *Solanum chacoense*

Von P. SCHWARZE

Mit 10 Abbildungen

Unlängst wurde über Methoden zum Nachweis und zur Bestimmung von Glykoalkaloiden in Kartoffelzuchtmaterial berichtet (SCHWARZE 1962). Mit diesen Methoden wurde mehrere Jahre hindurch eine größere Anzahl von Zuchtstämmen, Nachkommen aus der Artkreuzung *Solanum chacoense* × *Solanum tuberosum*, untersucht. Die vor einer Reihe von Jahren von TORKA (1949) vorgenommene und von BAERECKE weiterbearbeitete Kreuzung war mit dem Ziel durchgeführt worden, das in *Solanum chacoense* enthaltene Gen für Käferresistenz in die Kulturart *Solanum tuberosum* zu übertragen. Durch wiederholte Rückkreuzung mit *Solanum tuberosum* sind Klone entstanden, die dem angestrebten Zuchtziel, Resistenz in Kombination mit wertvollen Kulturmerkmalen, nahekommen. Die überwiegend an Knollen durchgeführten chemischen Untersuchungen wurden durch solche an Blättern ergänzt, um Aufschluß über die Beziehung zwischen den Glykoalkaloidgehalten beider Organe zu erlangen. Diese Beziehung und ihre Variabilität ist deshalb von Interesse, weil die Konzentration an resistenzbewirkendem Glykoalkaloid in den Blättern möglichst hoch liegen soll, andererseits die Knollen kulturfähiger Arten nur geringe Mengen von Solanin und anderen Glykoalkaloiden enthalten dürfen. Nach KUHN und LÖW (1959 und 1961) ist für die Resistenz von *Solanum chacoense* gegen den Kartoffelkäfer das Glykoalkaloid Leptin verantwortlich. Es war zu vermuten, daß die beobachteten Differenzen in der Resistenz der einzelnen Zuchtstämme auf einem unterschiedlichen Leptingehalt beruhen. Um diese Frage experimentell zu prüfen, wurden die Glykoalkaloidkomplexe einer Reihe von Zuchtstämmen unterschiedlichen Resistenzgrades chromatographisch zerlegt. Bei diesen Untersuchungen war auch das Demissin zu berücksichtigen, da zu Beginn der Züchtungsarbeiten auch *Solanum demissum*, dessen Glykoalkaloid ebenfalls Resistenz bewirkt (KUHN und GAUHE 1947), eingekreuzt wurde.

### Material

Alle Pflanzen wurden dem in Köln-Vogelsang angebauten Zuchtmaterial des Institutes entnommen. Sie waren von BAERECKE ausgelesen und nach dem Verhalten im Käferversuch als resistent, schwach resistent und anfällig klassifiziert worden. Näheres über die Durchführung dieser Prüfungen wird von BAERECKE selbst mitgeteilt. Die für die Praxis bedeutungslosen stark anfälligen Stämme wurden als Kontrollen in die Versuche aufgenommen. Analysiert wurden in jedem Fall die auf dem Feld oder im Gewächshaus angezogenen Pflanzen, und zwar lediglich die Fiederblättchen, Blattstiel und Blattspindel wurden entfernt. Im Hinblick auf die große Modifizierbarkeit des

Glykoalkaloidgehaltes war auf die Vergleichbarkeit der entnommenen Proben großer Wert zu legen. Für die Knollenuntersuchungen wurden Knollen mittlerer Größe ausgewählt, da diese eher den für die Pflanze oder den Klon charakteristischen Gehalt erwarten lassen als extrem große oder extrem kleine Knollen.

Die Mehrzahl der Klone enthält nur wenig Glykoalkaloid. Dies ist damit zu erklären, daß auf Grund einer ersten Untersuchung bis auf wenige Ausnahmen alle Klone mit mehr als 0,02% Alkaloid in den Knollen aus dem Zuchtmaterial ausgeschieden wurden. 0,02% Alkaloid sind gerade noch tragbar, Knollen mit einem höheren Gehalt schmecken bitter und sind giftig.

### Methoden

#### Trocknung des Materials und Extraktion der Glykoalkaloide

Die Blätter wurden unmittelbar nach der Ernte in dünner Schicht in einen Trockenschrank von 110° C eingelegt. Nach 10 Minuten — diese Zeit genügt, um störende Enzyme zu inaktivieren — wurden sie in einem Ventilatorrockenschrank bei 60° C zu Ende getrocknet. Bei der Gewinnung der Extrakte für die quantitative Bestimmung und Chromatographie wurde von dieser Trockensubstanz ausgegangen, oder es wurden zur Kontrolle des Trocknungsverfahrens frische Blätter mit wasserfreiem Natriumsulfat getrocknet und in der angegebenen Weise (SCHWARZE 1962) mit Eisessig-Äthylacetat extrahiert. Eine andere Methode zur schonenden Trocknung ist die Gefrier-trocknung des Materials selbst oder wäßriger Extrakte aus Knollen oder Blättern. Mit dieser Methode lassen sich auch aus solaninarmem Material Extrakte gewinnen, die die Glykoalkaloide in der für die Bestimmung und die Chromatographie ausreichenden Konzentration und Reinheit enthalten.

Bei der Glykoalkaloidbestimmung in Knollen wurde immer von frischen Knollen ausgegangen.

#### Bestimmung des Glykoalkaloidgehaltes

Für die quantitative Bestimmung wurden die bereits mitgeteilten Verfahren benutzt (SCHWARZE 1962). Sie beruhen auf der von CLARKE (1958) aufgefundenen Farbreaktion mit Paraformaldehyd-Phosphorsäure und erfassen alle Glykoalkaloide, die, wie Solanin, Chaconin und Leptin, eine Doppelbindung im Ringsystem enthalten. Dieselbe Reaktion liegt den etwa zur gleichen Zeit von PATT und WINKLER (1960) und SCHREIBER und Mitarbeitern (1961) entwickelten Verfahren der Glykoalkaloidbestimmung zugrunde. Erfahrungen bei der Untersuchung eines umfangreichen und heterogenen Zuchtmaterials machten einige Abänderungen notwendig.

Die Farbreaktion tritt bei Knollenuntersuchungen nur dann in maximaler Stärke auf, wenn die Glykoalkaloidfällung eiweißfrei ist. Bei einer Reihe von Zuchtclonen war dies nicht der Fall; diese Stämme waren entweder besonders eiweißreich oder enthielten eine Eiweißkomponente, die sich aus essigsauren Extrakten durch Erhitzen im Wasserbad nicht ausfällen ließ. Um mit Sicherheit eiweißfreie Fällungen zu bekommen, wurden die Extrakte vor dem Erhitzen mit Trichloressigsäure versetzt (auf 7,5 ml Extrakt — die für die Bestimmung benutzte Menge — 0,5 ml 20%ige Trichloressigsäure).

Bei den Blattuntersuchungen hat sich herausgestellt, daß in manchen Fällen das vorgeschlagene Extraktionsmittel, Eisessig-Äthylacetat im Verhältnis 1:1, den Glykoalkaloidkomplex nicht vollständig extrahiert. Die Suche nach einem besseren Extraktionsmittel hat ergeben, daß Wasserzusatz die Wirksamkeit steigert und ein Gemisch aus 5 Teilen Eisessig, 5 Teilen Äthylacetat und 1 Teil Wasser die mit der Paraformaldehyd-Phosphorsäure-Methode erfaßbaren Glykoalkaloide quantitativ in Lösung bringt.

Ein Vergleich der eigentlichen Farbreaktion mit der von SCHREIBER (1961) vorgeschlagenen Durchführungsform ergab, daß letztere etwas empfindlicher ist, also kleinere Glykoalkaloidmengen zu erfassen gestattet. Da bei vielen Zuchtstämmen der Glykoalkaloidgehalt sehr niedrig liegt oder nur wenig Material zur Verfügung steht, ist es zweckmäßiger, nach SCHREIBER den Niederschlag in Äthanol-Phosphorsäure (96%iger Äthanol und 20-volumenprozentige Orthophosphorsäure im Verhältnis 1:1) zu lösen und diese Lösung mit der 10fachen Menge Paraformaldehyd-Reagenz (50 mg Paraformaldehyd in 100 ml Phosphorsäure, spez. Gew. 1,7) zu versetzen.

#### Nachweis und Bestimmung des Demissins

Demissin, in dessen Aglykon die  $\Delta^5$ -Doppelbindung fehlt, gibt mit Paraformaldehyd-Phosphorsäure nur eine sehr schwache Reaktion und kann deshalb mit dieser Methode nicht bestimmt werden. Als einziges in Frage kommenden Glykoalkaloide enthält sein Molekül Xylose. Dieser Zucker läßt sich mit der Orcin-Methode kolorimetrisch bestimmen oder nach chromatographischer Abtrennung aus Glykoalkaloidhydrolysaten mit einer Zuckerreaktion nachweisen.

Zur Xylosebestimmung nach der Orcin-Methode (MEJBAUM 1939) wurde der Glykoalkaloidniederschlag in 3 ml Salzsäure (1%ig) gelöst. Die Lösung wurde mit 3 ml Orcin-Reagenz (konzentrierte Salzsäure mit 1% frisch aus Benzol umkristallisiertem Orcin und 0,1% Ferri-chlorid) 30 Minuten im siedenden Wasserbad erhitzt. Nach dem Abkühlen wurde die Färbung bei 660 m $\mu$  im Photometer gemessen. Xylose (und andere Pentosen) sowie Demissin geben je nach Konzentration eine schwach bis intensiv blaugrüne Färbung.

In einer weiteren Versuchsreihe wurde der Glykoalkaloidkomplex mit norm. Schwefelsäure hydrolysiert. Nach der Hydrolyse wurde die Schwefelsäure mit

Bariumkarbonat gefällt, der Bariumsulfatniederschlag abzentrifugiert und die verbleibende Zuckerlösung dünn-schichtchromatographisch zerlegt (Sorptionmittel: Kieselgel G mit 0,02 mol. Natriumacetat-Lösung statt mit Wasser angesetzt; Laufmittel: Äthylacetat — Isopropanol — Wasser [32,5 — 11,75 — 5,75]; Nachweis mit Anilinphthalat [STAHL 1962, S. 474]).

Zerlegung der Glykoalkaloidkomplexe mittels Dünnschichtchromatographie: Ein Vergleich der beiden in Frage kommenden Methoden, der Papierchromatographie und der Dünnschichtchromatographie, ergab, daß mit letzterer die schärfere Trennung zu erzielen ist, wenn als Sorptionsmittel Kieselgel und als Laufmittel Pyridin — Äthylacetat — Wasser (2 — 5 — 1) verwendet wird. Dieses Lösungsmittelsystem wurde von KUHN und LÖW (1957) für die papierchromatographische Trennung von Glykoalkaloiden angegeben. Die Laufzeit beträgt bei Zimmertemperatur und bei Einhaltung der Standardbedingungen (STAHL 1962, S. 28/29) etwa 1½ Stunden. Nach dem Abtrocknen des Laufmittels lassen sich die Glykoalkaloide durch Einstellen der Platten in Joddampf oder Besprühen mit Antimontrichlorid in gleicher Weise wie auf dem Papier nachweisen (SCHWARZE 1962). Die Anwendung von Joddampf empfiehlt sich dann, wenn die Glykoalkaloide eluiert und weiterbearbeitet werden sollen. Man läßt den Joddampf nur solange einwirken, daß die Flecken soeben sichtbar werden. An der Luft verschwindet die Färbung rasch wieder.

#### Ergebnisse

##### Quantitative Bestimmungen des Glykoalkaloidgehaltes

Die Ergebnisse der Glykoalkaloidbestimmungen sind in den Abbildungen 1 bis 3 wiedergegeben. Sie bringen die genetische Variabilität dieses bioche-

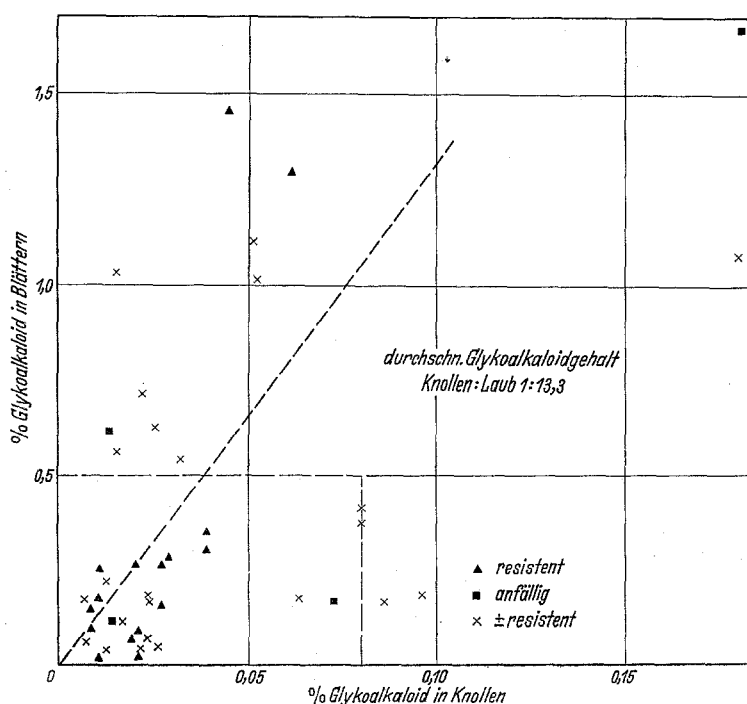


Abb. 1. Beziehung zwischen dem Glykoalkaloidgehalt der Blätter und der Knollen des Feldversuches. % Glykoalkaloid in der Trockensubstanz.

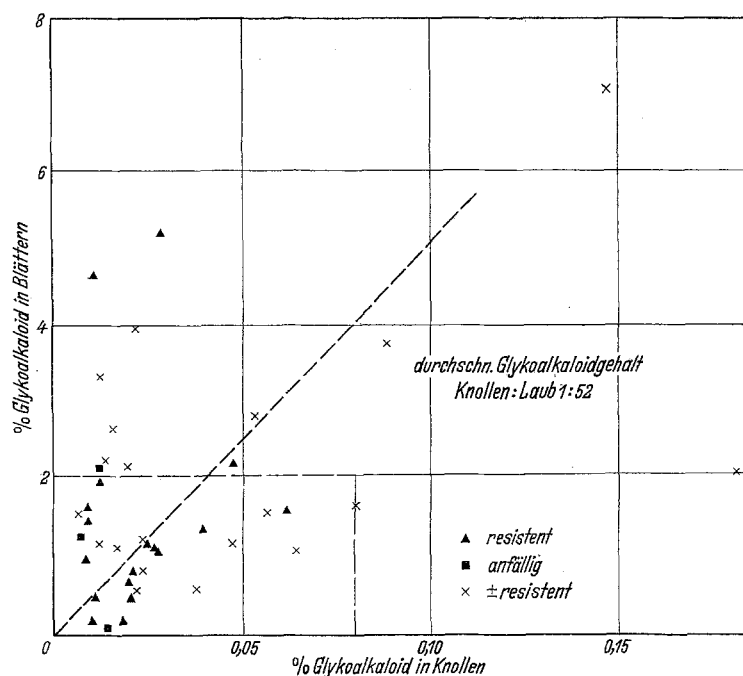


Abb. 2. Beziehung zwischen dem Glykoalkaloidgehalt der Blätter des Gewächshausversuches und der Knollen des Feldversuches. % Glykoalkaloid in der Trockensubstanz.

mischen Merkmals zum Ausdruck, da alle miteinander verglichenen Klone unter den gleichen Bedingungen angebaut wurden. Die auf Trockensubstanz bezogenen Werte liegen bei den Knollen zwischen 0,006 und 0,180%, bei den Blättern des Feldversuches zwischen 0,02 und 1,66% und denen des Gewächshausversuches zwischen 0,05 und 7%.

In Abbildung 1 sind die Glykoalkaloidgehalte von Knollen und Blättern aus dem Feldversuch zueinander in Beziehung gesetzt. Das Verhältnis der durchschnittlichen Gehalte von Knollen und Blättern beträgt 1:13,2, d. h. die Blätter enthalten 13mal mehr Glykoalkaloid als die Knollen. Wenn das Verhältnis für den Einzelfall zuträfe, müßten alle Punkte auf der eingezeichneten Geraden liegen. Dies tun sie aber nur zum kleinen Teil. Die Abbildung zeigt jedoch, daß die Mehrzahl der Klone mit glykoalkaloidarmen Knollen auch glykoalkaloidarme Blätter hat. Zu dieser Gruppe gehören alle Klone innerhalb des markierten Vierecks. Die Klone links der senkrechten gestrichelten Linie liegen unterhalb der kritischen Grenze, sie enthalten weniger als 0,08% Glykoalkaloid in der Trockensubstanz, was einem Gehalt von 0,02% der frischen Knolle entspricht. Die Mehrzahl dieser Klone ist auch glykoalkaloidarm in den Blättern. Die beiden untersuchten Klone mit glykoalkaloidreichen Knollen bilden auch viel Glykoalkaloid in den Blättern.

Alle Klone unterhalb der waagerechten gestrichelten Linie haben in den Blättern weniger, alle Klone oberhalb dieser Linie mehr als 0,5% Glykoalkaloid in der Trocken- oder 0,1% in der Frischsubstanz. Die 0,1%-Grenze ist von Bedeutung für die Käferresistenz, da nach KUHN und LÖW (1957 und 1961) frische Blätter 0,1 bis 0,2% Leptin enthalten müssen, wenn Resistenz vorliegen soll.

In Abbildung 2 ist der Glykoalkaloidgehalt von Gewächshausblättern gegen den von Knollen aus dem Feldversuch aufgetragen. Das Verhältnis des durchschnittlichen Gehaltes von Knollen und Blät-

tern ist 1:52, die Blätter bilden im Gewächshaus also 52mal mehr Glykoalkaloid als die Knollen des Feldversuches. Alle links von der senkrechten gestrichelten Linie gelegenen Klone sind glykoalkaloidarm in den Knollen, alle Klone unterhalb der waagerechten gestrichelten Linie auch glykoalkaloidarm in den Blättern; glykoalkaloidarm bedeutet hier weniger als 2,15% Glykoalkaloid. Da der Gehalt der Gewächshausblätter 4,3mal höher als in den Blättern vom Feld liegt, entspricht der 4,3fache Wert, 2,1%, der 500 mg %-Grenze des vorigen Versuches. Der größte Teil der Klone hat auch hier glykoalkaloidarmes Laub, nur bei einem kleinen Teil der Klone mit glykoalkaloidarmen Knollen liegt in den Blättern der Gehalt relativ hoch. Einer der Klone mit glykoalkaloidreichen Knollen hat im Gewächshaus glykoalkaloidarmes Laub gebildet.

Abbildung 3 veranschaulicht die Beziehung zwischen den Glykoalkaloidgehalten von Blättern des Feld- und des Gewächshausversuches. Das Verhältnis ist 1:4,3, die Gewächshausblätter enthalten im Durchschnitt 4,3 mal mehr Glykoalkaloid als die Blätter aus dem Feldversuch. Im einzelnen verhalten sich die Klone in ihrer Reaktion auf die verschiedenen Bedingungen im Gewächshaus und im Feld sehr unterschiedlich, sehr individuell. Resistenzuntersuchungen und Auslesen auf hohen oder niedrigen Glykoalkaloidgehalt an Gewächshausmaterial sind also mindestens sehr problematisch.

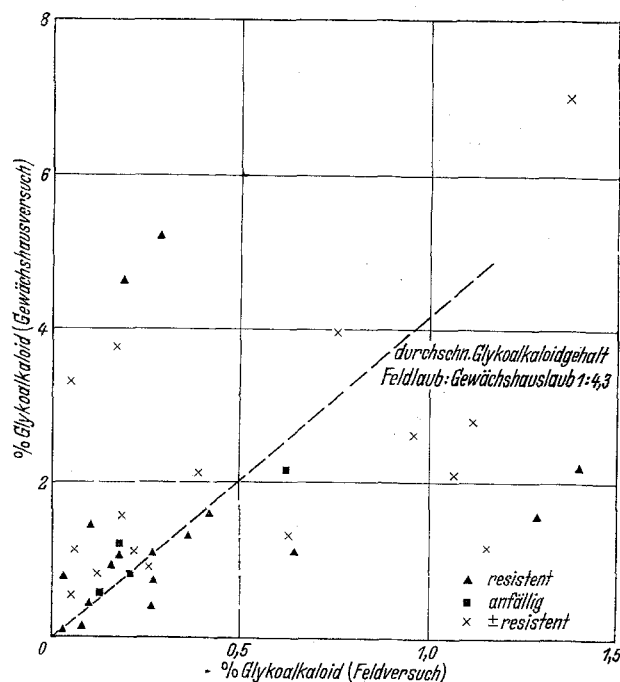


Abb. 3. Beziehung zwischen den Glykoalkaloidgehalten von Blättern des Feldversuches und Gewächshausversuches. % Glykoalkaloid in der Trockensubstanz.

#### Dünnschichtchromatographische Zerlegung der Glykoalkaloidkomplexe

Die quantitativen Bestimmungen erfassen alle Glykoalkaloide, die eine Doppelbindung im Aglykon

enthalten. Sie sagen nichts darüber aus, welche Komponenten im jeweiligen Komplex enthalten sind und in welchem Mischungsverhältnis sie vorliegen. Auskunft darüber geben die im folgenden beschriebenen dünnschichtchromatographischen Untersuchungen.

Sowohl die Wildart *Solanum chacoense* als auch die Kultursorte Grata, die als Beispiel für *Solanum tuberosum* gewählt wurde, enthalten mehrere Glykoalkaloide, die sich chromatographisch differenzieren lassen (Abb. 4). Bei beiden Arten sind Solanin und

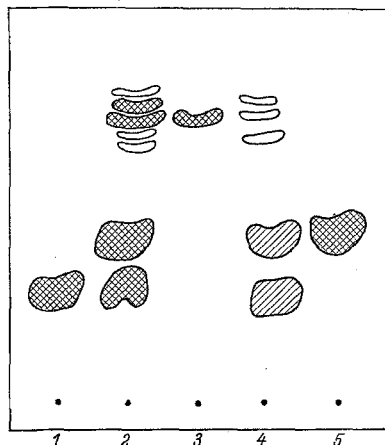


Abb. 4. Chromatogramme von Extrakten aus Blättern der Elternarten *Solanum chacoense* und *Solanum tuberosum* (Sorte Grata).  
1. Solanin; 2. Extrakt aus *Solanum chacoense*; 3. Leptin; 4. Extrakt aus *Solanum tuberosum* (Sorte Grata); 5. Chaconin.

Chaconin die Hauptkomponenten; sie werden bei *Solanum chacoense* von 5, bei *Solanum tuberosum* von 3 Glykoalkaloiden mit höheren Rf-Werten begleitet. Diese zusätzlichen Glykoalkaloide sind bei der Kulturart gerade noch wahrzunehmen, bei der Wildart liegen sie, wie sich aus Größe und Intensität der Flecken schließen läßt, in höherer Konzentration vor. Die am stärksten vertretene Komponente erreicht fast die Konzentration des Solanins und Chaconins und wandert mit demselben Rf-Wert wie das von Fräulein Dr. Löw, Heidelberg, zur Verfügung gestellte Leptinpräparat. Es ist wahrscheinlich, daß diese Komponente mit Leptin identisch ist. Versuche, die anderen Glykoalkaloide mit höheren Rf-Werten zu identifizieren, wurden nicht unternommen, auch wurde nicht der Frage nachgegangen, ob sich bei stärkerer Konzentrierung der Extrakte weitere Komponenten nachweisen lassen.

Bei allen Zuchtklonen, die also Nachkommen der Artkreuzung *Solanum chacoense* × *Solanum tuberosum* darstellen, läßt sich das Gesamtglykoalkaloid ebenfalls in eine Reihe von Komponenten zerlegen (Beispiele in Abb. 5–10). Hauptkomponenten sind wiederum die Glykoalkaloide Solanin und Chaconin; sie fehlen bei keinem der Klone, liegen meist in etwa gleichen Mengen vor, nur in einigen Fällen ist ein Überwiegen des Chaconins festzustellen. Alle Klone enthalten auch schnellerwandernde Glykoalkaloide, deren Rf-Werte dem des Leptins nahe liegen. Bei einem Teil der Klone treten diese Glykoalkaloide als schwache, eben noch erkennbare Flecken in Erscheinung, ihre Konzentration ist im Vergleich zu Solanin und Chaconin sehr gering. Bei anderen Klonen liegen ein oder zwei dieser Glykoalkaloide, nach der Größe und Intensität der Flecken zu urteilen, in relativ hoher Konzentration vor. In einigen Fällen dürfte ihr

Anteil nicht geringer als der des Solanins und Chaconins sein.

Die Variabilität des Gesamtglykoalkaloidgehaltes spiegelt sich in der Größe und Intensität der Flecken wider. Bei sehr niedrigem Gesamtgehalt zeigen die Chromatogramme nur die Flecken des Solanins und Chaconins. Dies kann bedeuten, daß weitere Glykoalkaloide fehlen, es kann aber auch darauf beruhen, daß sie wie die Hauptkomponenten nur stark vermindert sind und durch die angewandte Methode nicht mehr erfaßt werden.

Sucht man nach einer Beziehung zwischen der Beschaffenheit der Chromatogramme — der Anzahl, Lage, Größe und Intensität der Flecken — und dem Resistenzgrad der zugehörigen Klone, so ergibt sich das folgende Bild: Klone, die nach Aussage der Chromatogramme viel Leptin enthalten, sind in allen beobachteten Fällen resistent, während sich Klone, die wenig oder kein Leptin enthalten, im Käfertest als eindeutig resistent, schwach resistent oder nicht resistent erweisen (Beispiele in Abb. 5–10).

Ein resistenter Klon, der nur wenig Gesamtglykoalkaloid und damit auch sehr wenig Leptin enthält, wurde auf Demissin untersucht, desgleichen ein leptinarmer Stamm mit einem hohen Gehalt an Gesamtglykoalkaloid. Bei keinem der Klone war im Hydrolysat des Glykoalkaloidgemisches weder mit der Orcin-Methode noch mit der empfindlicheren Methode der Dünnschichtchromatographie Xylose nachzuweisen. Das Glykoalkaloid Demissin fehlt also oder ist nur in Spuren, die sich dem Nachweis entziehen, zugegen. Für die Resistenz dieser und wahrscheinlich weiterer Klone kann mithin auch Demissin nicht verantwortlich sein.

### Besprechung der Ergebnisse

Die Glykoalkaloidgehalte von Knollen und Blättern sind, wie die mitgeteilten Ergebnisse zeigen, sehr variable Merkmale. Diese Variabilität ist genetisch bedingt, da die miteinander verglichenen Klone während des Wachstums den gleichen äußeren Bedingungen ausgesetzt waren.

Die in den letzten Jahren durchgeführten Glykoalkaloidbestimmungen und Geschmacksprüfungen haben ergeben, daß Knollen mit mehr als 0,02% Glykoalkaloid bitter und kratzig schmecken. Diese Korrelation ist um so deutlicher, je höher der Glykoalkaloidgehalt liegt, in der Nähe des Grenzwertes ist sie weniger ausgeprägt, da vermutlich andere Knollenbestandteile den Geschmack der Glykoalkaloide überdecken können. Die Geschmacksprüfungen haben ferner ergeben, daß es resistente Klone gibt, deren Knollen nicht bitter schmecken. Damit stehen die Ergebnisse der Glykoalkaloidbestimmungen im Einklang, nach denen derartige Knollen weniger als 0,02% Glykoalkaloid enthalten.

Als sehr variables Merkmal hat sich auch das Verhältnis Glykoalkaloidgehalt der Knollen/Glykoalkaloidgehalt der Blätter erwiesen. Der Quotient der Durchschnittswerte für den Feldversuch, auf Trockensubstanz bezogen, beträgt 1:13,3. Bei Annahme einer Blattdrockensubstanz von 20 und einer Knollentrockensubstanz von 25% entspricht einem durchschnittlichen Gehalt von 0,02% in der frischen Knolle ein durchschnittlicher Gehalt von 0,213% in der frischen

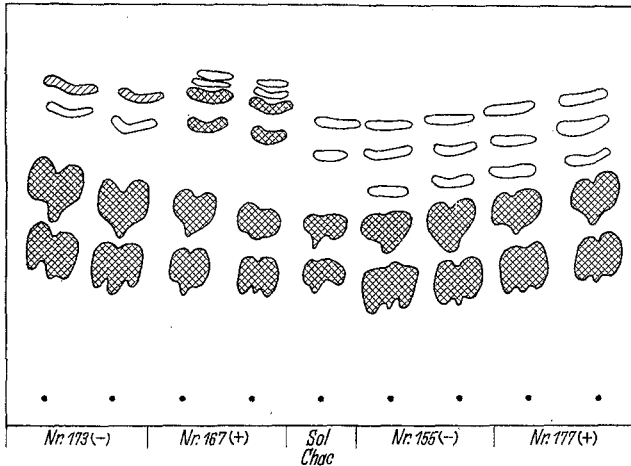


Abb. 5.

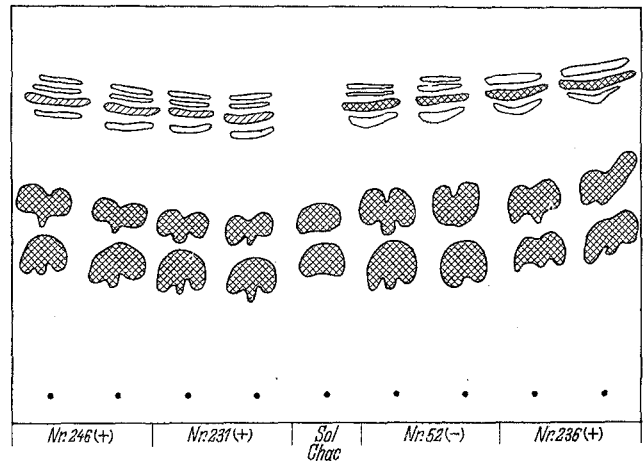


Abb. 6.

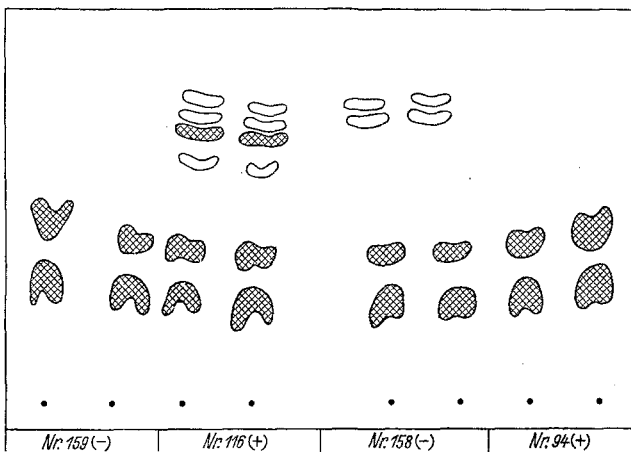


Abb. 7.

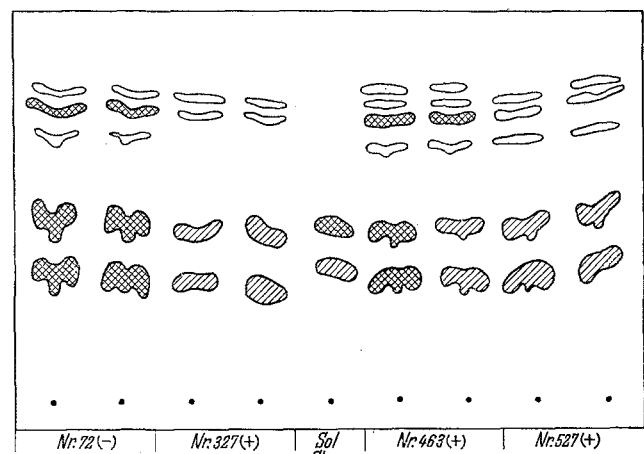


Abb. 8.



Abb. 9.

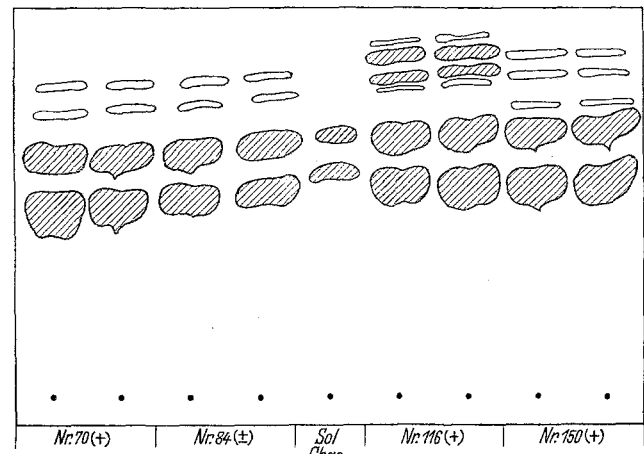


Abb. 10.

Abb. 5–10. Chromatogramme von Extrakten aus Blättern resistenter (+), schwach resistenter (±) und anfälliger (–) Bastarde. Reihenfolge der Glykoalkaloide von unten nach oben: Solanin, Chaconin und Gruppe der schnellwandernden Komponenten. Auf das in Abb. 5 wiedergegebene Chromatogramm wurde als Vergleichssubstanz ein nicht ganz sauberes Solaninpräparat, das noch zwei schnell wandernde Komponenten enthielt, aufgetragen.

Blatt. Mindestens die Hälfte des Gesamtglykoalkaloidgehaltes im Blatt müßte Leptin sein, wenn Resistenz vorliegen soll. In dem analysierten Zuchtmaterial findet sich eine ganze Reihe von Klonen, die im frischen Blatt weniger als 0,1% Glykoalkaloid enthalten, ihr Gehalt an Leptin erreicht also nicht die für die Resistenz erforderliche Mindestmenge. Da sich ein Teil dieser Klone im Käfertest als resistent erwies, darf angenommen werden, daß hier ein anderer Resistenzfaktor wirksam ist. Diese Befunde sollen aber

nur als erste Hinweise auf eine solche Möglichkeit angesehen werden, für den Beweis sind weitere vergleichende Resistenz- und Glykoalkaloidbestimmungen erforderlich. Da auch Demissin sehr wahrscheinlich als Ursache der Resistenz nicht in Frage kommt, dürfte der maßgebliche Stoff, wenn es sich überhaupt um einen solchen handelt, kein Glykoalkaloid sein.

Andererseits ist den chromatographischen Bestimmungen zu entnehmen, daß leptinreiche Klone, auf deren Chromatogrammen also das Leptin als großer

und intensiver Fleck erscheint, im Käfertest immer Resistenz zeigen. In diesen Fällen ist Leptin mit großer Wahrscheinlichkeit der Resistenz bewirkende Faktor; denn nach den Untersuchungen von KUHN und Löw (1961) steht fest, daß Leptin fraßabschreckend wirkt und bei *Solanum chacoense* Ursache der Resistenz dieser Art gegen den Kartoffelkäfer ist. Doch gibt es zweifellos noch andere Stoffe mit fraßabschreckender Wirkung, Stoffe, die das Futter für den Käfer unschmackhaft und ungenießbar machen. SCHREIBER (Diskussionsbemerkung bei STÜRCKOW 1961) konnte eine solche Wirkung z. B. für gewisse Steroidsaponine nachweisen. Daß Stoffe mit derartigen Eigenschaften gerade in Artbastarden zu finden sind, ist nicht verwunderlich, da diese das Vermögen zur Bildung sekundärer Stoffe — qualitativ gesehen — beider Elternarten in sich vereinigen und unter Umständen sogar ganz neue Stoffe bilden können.

Über die Modifizierbarkeit des Merkmals Glykoalkaloidgehalt geben die Untersuchungen keine nähere Auskunft; sie ist zweifellos bedeutend, wie aus den sehr unterschiedlichen Gehalten von Feld- und Gewächshausblättern geschlossen werden muß. Da in diese Modifizierbarkeit auch der Resistenzfaktor Leptingehalt einbezogen ist, sollte sie systematisch untersucht werden. Sie kann bewirken, daß letzterer auf eine unwirksame Konzentration absinkt oder auf eine wirksame Konzentration ansteigt, also resistente Klone anfällig oder anfällige Klone resistent werden.

Ein weiterer komplizierender Faktor ist die Änderung der Glykoalkaloidkonzentration während der Entwicklung. STREET, KENYON und WATSON (nach SCHREIBER 1961) untersuchten die Sorte King Edward und stellten fest, daß der „Solantin“-Gehalt der Blätter in der Zeit zwischen dem 22. 6. und 28. 8. von etwa 33 mg % auf 13 mg % der Frischsubstanz, also um 60% zurückging. Abnahmen dieses und größeren Ausmaßes wurden gelegentlich auch bei der Durchführung der vorliegenden Untersuchungen beobachtet, und es liegen Hinweise darauf vor, daß sich die einzelnen Klone ebenso unterschiedlich und individuell verhalten wie in ihrer Reaktion auf unterschiedliche Außenbedingungen.

### Zusammenfassung

Es wird über Glykoalkaloidbestimmungen sowie über chromatographische Trennungen der Glykoalkaloidkomplexe in *Solanum*-Artbastarden, Nachkommen der Kreuzung *Solanum chacoense* × *Solanum tuberosum*, berichtet. Analysiert wurden Blätter und Knollen eines Feldversuches und Blätter eines Gewächshausversuches.

Für beide Organe wurde eine große genetisch bedingte Variabilität des Glykoalkaloidgehaltes festgestellt.

Das Verhältnis der durchschnittlichen Glykoalkaloidgehalte Knollen/Blätter betrug im Feldversuch 1/13,3, die Blätter enthalten also etwa 13mal mehr Glykoalkaloid als die Knollen. Wurden die durchschnittlichen Gehalte der Knollen des Feldversuches und der Blätter des Gewächshausversuches sowie die Gehalte der Blätter beider Versuche zueinander in Beziehung gesetzt, ergaben sich Quotienten von 1/52 bzw. 1/4,3. Für den Einzelfall berechnet sind die Quotienten sehr unterschiedlich und weichen

zum Teil erheblich vom jeweiligen Mittelwert ab, so daß sich aus dem Gehalt des einen Organes nicht ohne weiteres Schlüsse auf den des anderen ziehen lassen. Die große Variabilität des zuletzt genannten Quotienten besagt, daß die einzelnen Klone sehr unterschiedlich auf wechselnde Außenbedingungen reagieren.

Ein Teil der als glykoalkaloidarm befundenen Klone hatte sich im Käfertest als resistent erwiesen. Bei diesen kann Leptin nicht die Ursache der Resistenz sein, da dessen Konzentration mindestens 0,1 bis 0,2% der Frischsubstanz ausmachen muß, wenn Resistenz gegeben sein soll.

Nach Aussage der Chromatogramme führen alle Zuchtklone wie die Elternarten in den Blättern Solanin und Chaconin als Hauptkomponenten, die Mehrzahl der Klone enthält außerdem schneller wandernde Glykoalkaloide, deren Rf-Werte dem des Leptins nahekommen.

Aus Größe und Intensität der Flecken ist zu schließen, daß das Verhältnis der beiden Hauptkomponenten nur verhältnismäßig geringen, ihre Menge jedoch in Übereinstimmung mit dem Gesamtglykoalkaloidgehalt großen Schwankungen unterworfen ist.

Die schneller wandernden Glykoalkaloide können fehlen, sie können gerade feststellbar sein oder in deutlicher Menge vorliegen. In einigen Fällen erreicht das mit dem Rf-Wert des Leptins wandernde Glykoalkaloid die Konzentration der Hauptkomponenten.

Eine Beziehung zwischen der Beschaffenheit der Chromatogramme und der Resistenz besteht insofern, als Klone mit hohem „Leptin“-Gehalt immer Resistenz zeigen. Bei Klonen mit niedrigem „Leptin“-Gehalt dagegen ist keine Beziehung erkennbar, sie sind entweder resistent oder anfällig.

Einige leptinarme resistente Klone, die auf Demissin untersucht wurden, waren frei von diesem Glykoalkaloid; ihre Resistenz kann also auch nicht durch Demissin bedingt sein.

Nach Angaben der Literatur und vereinzelt eigenen Beobachtungen wird der Glykoalkaloidgehalt des Blattes durch die Umweltbedingungen stark modifiziert und ist darüber hinaus in hohem Maß vom Alter der Pflanze abhängig. Da in diese Modifizierbarkeit auch der Resistenzfaktor „Leptin“-Gehalt einbezogen ist, erscheint eine sorgfältige Untersuchung dieser Zusammenhänge besonders dringlich.

Fräulein Dr. M.-L. BAERECHE danke ich für die Überlassung von Ergebnissen der Resistenzprüfung, Fräulein I. RICKER und Fräulein M. WIERSCH für die Durchführung der Glykoalkaloidbestimmungen.

### Literatur

1. CLARKE, E. G. C.: Identification of solanine. *Nature* (London) 181, 1152—1153 (1958). — 2. KRÖNER, W., und W. VÖLKSEN: Die Kartoffel. Die wichtigsten Eigenschaften der Knolle als Lebensmittel und Rohstoff. Leipzig: J. A. Barth 1950. — 3. KUHN, R., und A. GAUHE: Über die Bedeutung des Demissins für die Resistenz von *Solanum demissum* gegen die Larven des Kartoffelkäfers. *Z. Naturforschung* 2b, 407—409 (1947). — 4. KUHN, R., und I. LÖW: Neue Alkaloidglycoside in den Blättern von *Solanum chacoense*. *Angew. Chem.* 69, 236 (1957). — 5. KUHN, R., und I. LÖW: Über neue Inhaltsstoffe der Blätter von *Solanum chacoense*. In: *Chemie und Biochemie der Solanum-Alkaloide*. Tagungsberichte Nr. 27. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

7–15 (1961). — 6. MEJBAUM, W.: Über die Bestimmung kleiner Pentosemengen, insbesondere in Derivaten der Adenylsäure. *Z. physiol. Chemie* 258, 117–120 (1939). — 7. PATT, P., und W. WINKLER: Zur Darstellung und Bestimmung von Solanin durch Ionenaustausch. *Arch. Pharm.* 293, 846–853 (1960). — 8. SCHREIBER, K., U. HAMMER, E. ITHAL, H. RIPPERGER, W. RUDOLPH und A. WEISSENBORN: Über das Alkaloid-Vorkommen verschiedener *Solanum*-Arten. In: *Chemie und Biochemie der Solanum-Alkaloide*. Tagungsberichte Nr. 27. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin 47–73 (1961). — 9. SCHWARZE, P.: Methoden zum Solaninnachweis und zur Solaninbestimmung in Kartoffelzuchtmaterial. *Züchter* 32, 155–160 (1962). —

10. STAHL, E.: Dünnschicht-Chromatographie. Ein Laboratoriumshandbuch. Berlin-Göttingen-Heidelberg: Springer 1962. — 11. STREET, H. E., A. E. KENYON, and G. M. WATSON: The nature and distribution of various forms of nitrogen in the potato. *Ann. Appl. Biol.* 33, 1–12 (1946). — 12. STÜCKOW, B.: Zum Test mit *Solanum*-Alkaloidglykosiden am Chemorezeptor von *Leptinotarsa decemlineata* Say. In: *Chemie und Biochemie der Solanum-Alkaloide*. Tagungsberichte Nr. 27. Deutsche Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin 17–21 (1961). — 13. TORRA, M.: Die Resistenz von *Solanum chacoense* Bitt. gegen *Leptinotarsa decemlineata* Say. und ihre Bedeutung für die Kartoffelzüchtung *Z. Pflanzenz.* 28, 63–78 (1949).

Aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung (Erwin-Baur-Institut), Köln-Vogelsang

## Nichtfluoreszierendes Welsches Weidelgras\* (*Lolium multiflorum* Lam.)

Von W. NITZSCHE

1929 wies GENTNER darauf hin, daß die beiden Arten *Lolium multiflorum* Lam. und *L. perenne* L. an der Fluoreszenz der Wurzelbahnen ihrer Keimpflanzen leichter als an Saatgutmerkmalen zu unterscheiden sind. Diese Methode wird als sog. „UV-Test“ in der internationalen Samenkontrolle für die Artenreineprüfung verwendet. Die Zweckmäßigkeit des Testes, der die Ausscheidung von Annulolin durch die Wurzeln der Keimpflanzen nachweist (NITZSCHE 1963), ist immer wieder angezweifelt worden, da auch bei *L. perenne* fluoreszierende Keimlinge beobachtet werden. BAEKGAARD (1962) konnte zeigen, daß die Fluoreszenz besonders bei späten Stämmen von Deutschem Weidelgras auftritt. Eine umfassende Darstellung des Problems und eine Zusammenstellung der Literatur ist in neuerer Zeit von NYQUIST (1963) gegeben worden.

In der gleichen Arbeit konnte NYQUIST zeigen, daß es möglich ist, fluoreszierendes Deutsches Weidelgras zu züchten. Nach diesen Untersuchungen beweist das Vorkommen fluoreszierender Pflanzen in einer Zuchtsorte nicht, daß eine mechanische oder genetische Vermischung mit *L. multiflorum* stattgefunden hat. Eine oder wenige fluoreszierende Pflanzen im Zuchtaufbau einer Sorte können in den folgenden Generationen je nach Umfang des Materials einen mehr oder weniger hohen Prozentsatz fluoreszierender Pflanzen in der Sorte bedingen.

Während sich die meisten Untersuchungen zur Fluoreszenzfrage bisher mit fluoreszierenden Typen in *L. perenne* oder der Vererbung der Fluoreszenz in Bastarden zwischen *L. perenne* und *L. multiflorum* befassen, werden nichtfluoreszierende Pflanzen von *L. multiflorum* in der Literatur kaum erwähnt. Die Ursache dafür liegt wahrscheinlich darin, daß in der Samenkontrolle mit dem UV-Test nur versucht wird, kurzlebige Formen in Partien von Deutschem Weidelgras zu erfassen, dagegen wird er nicht zum Erkennen von *L. perenne*-Formen im Welschen Weidelgras angewendet (NITZSCHE 1960).

Die vorliegende Arbeit wurde im Rahmen eines größeren Forschungsvorhabens durchgeführt und

sollte unter anderem zeigen, ob in *L. multiflorum* nichtfluoreszierende Pflanzen vorkommen und ob es möglich ist, nichtfluoreszierende Stämme zu züchten.

### Material und Methode

Als Ausgangsmaterial diente Welsches Weidelgras der Sorte „Niederrheinisches“. Die Fluoreszenz betrug 99,4%.

Die Fluoreszenzprüfungen wurden auf Filterpapier Schleicher & Schüll 2434 durchgeführt. Die Keimtemperatur betrug 30 °C konstant, die Auswertung der Prüfungen erfolgte nach 14 Tagen.

Sämtliche Pflanzen (Elterngeneration und F<sub>1</sub>) wurden in Töpfen im Gewächshaus angezogen. Hier wurden auch die Kreuzungen nach Kastration und Einschluß in Pergamintüten durchgeführt.

### Ergebnisse

Aus dem Ausgangsmaterial wurden 1961 zwei nichtfluoreszierende Keimpflanzen ausgelesen. 1962 wurden sie geselbstet und miteinander gekreuzt. Die beiden Pflanzen hatten den typischen Habitus des Welschen Weidelgrases. Die Blattanlage war gerollt, die Deckspelze begrannt. Ihr äußeres Erscheinungsbild fügte sich in das der Sorte ein.

Aus der Selbstung von Pflanze 1 konnte nur ein Korn geerntet werden, aus dem eine nichtfluoreszierende Pflanze erwuchs. Pflanze 2 brachte keinen Ansatz.

Die Ergebnisse der Kreuzung sind in Tabelle 1 zusammengestellt. Alle Pflanzen der F<sub>1</sub> waren rein nichtfluoreszierend. Sämtliche Pflanzen hatten wieder gerollte Blattanlage und begrannnte Deckspelzen. Auch der Habitus entsprach, wie erwartet, vollständig dem des Welschen Weidelgrases.

Um eine möglichst umfangreiche F<sub>2</sub> heranziehen zu können, wurden die 38 F<sub>1</sub>-Pflanzen in eine pollen-

Tabelle 1. Ergebnisse der Kreuzung zweier nichtfluoreszierender Pflanzen von *Lolium multiflorum*.

Kreuzung	kastriert Blütchen	Ansatz	%	gekeimt	% des Ansatzes
Pfl. 1 × Pfl. 2	51	6	12	5	84
Pfl. 2 × Pfl. 1	66	34	52	33	97

\* Die Arbeit wurde durch Mittel des Bundesministeriums für Ernährung, Landwirtschaft und Forsten gefördert.