

einer polyploiden *Mentha piperita* durch Colchicin und Azenaphthen. Dtsch. Heilpfl. 7 (1941). — 125. SCHINZ, H. und C. SEIDEL: Zur Kenntnis des Lavendelöls I. Helv. Chim. Acta 25, 1572 (1942). — 126. SCHLEMMER, F. und R. SPRINGER: Qualitätsbeurteilung von Pfefferminzblättern. Pharm. Zentralhalle 79, 772 (1938). — 127. SCHMID, W.: Zur Wertbestimmung von Anthraglykosiddrogen. Dtsch. Apothekerztg. m. Südd. Apothekerztg. 91, 452 (1951). — 128. SCHRATZ, E.: Probleme der Arzneipflanzenzüchtung. Dtsch. Apothekerztg. 212 (1942). — 129. SCHRATZ, E. und SPANNING: Die Anzahl der Drüsenhaare als Maßstab für den Ölgehalt der Lavendelblüten. Dtsch. Heilpfl. 10, 1 (1944). — 130. SCHRATZ, E.: Die Blühwilligkeit des Lavendels als Auslesemerkmal. Pharmazie 2, 178 (1947). — 131. SCHRATZ, E.: Arzneipflanzenanbau. Hannover 1949. — 132. SCHÜRHOFF, D. N.: Zytologische und genetische Untersuchungen an *Mentha*. Arch. d. Pharmazie 267, 515 (1929). — 133. SCHÜRHOFF, D. N.: Pharmakozytologie und Genetik. Tschirch's Handbuch für Pharmakognosie 2. Aufl., I. Teil, 2. Abtlg. Leipzig 1932. — 134. SCHWANITZ, F.: Zur Genetik der Blütenfärbung bei *Digitalis purpurea*. Der Züchter 27/3, 150 (1957). — 135. SIEVERS, A.: Some Effects of Selection on the Production of Alkaloids in Belladonna. J. Agric. Record I (1914). — 136. SIEVERS, A.: Individual Variation in the Alkaloidcontent of Belladonnaplants. N. States Dep. of Agr. Bur. of Plant Ind. Bull. 306 (1915). — 137. SØBERENSEN, et al.: Meddelesker Norsk. Farm. Selskap (1945), zit. n. HEGNAUER u. FLÜCK (1949). — 138. STAHL, E.: Mikro-Azulenachweismethode für Schafgarbe. Dtsch. Apothekerztg. m. Südd. Apothekerztg. 93, 197 (1953). — 139. STEIGERWALD, E.: Über die Gründe der Qualitätsschwankungen bei verschiedenen Arzneipflanzen. Dtsch. Apothekerztg. 93, 487 (1953). — 140. STEINER, M. und I. HOCHHAUSEN: Parallele Veränderungen von Blattform und Chemismus bei somatischen Mutationen von *Mentha*. Der Züchter 47 (1954). — 141. STEINEGGER, E.: Heteroploidieversuche an Arzneipflanzen. 3. Mittlg. *Lobelia inflata*. Pharma acta Helv. I, 23 (1948). — 142. STEINEGGER, E.: Amphidiploidie in der Gattung *Datura*. 10. Mittlg. Pharma acta Helv. 25, 189 (1950). — 143. STEINEGGER, E.: Pharma acta Helv. 25, 237 (1950). 11. Mittlg. — 144. STEINEGGER, E.: Chromosomenverdopplung. Pharma acta Helv. 27, 251 (1952), 14. Mittlg. — 145. STEINEGGER, E.: Kombinationsversuche mit tetraploidem Material. Pharma acta Helv. 27, 303 (1952), 15. Mittlg. — 146. STEINEGGER, E.: Untersuchungen über die Vererbung des Alkaloidgehaltes. Pharma acta Helv. 27, 311 (1952), 16. Mittlg. — 147. STEINEGGER, E.: Wie läßt sich die Erhöhung des Alkaloidgehaltes durch Polyploidie erklären? Pharma acta Helv. 27, 351 (1952), 17. Mittlg. — 148. STEINEGGER, E.: Blattansatz- u. Ausbildung bei den Amphidiploiden. Pharma acta Helv. 28, 33 (1953), 18. Mittlg. — 149. STEINEGGER,

E.: Die Fruchtbarkeit der Hybriden. Pharma acta Helv. 28, 90 (1953), 19. Mittlg. — 150. STEINEGGER, E.: Der Alkaloidgehalt der Hybriden. Pharma acta Helv. 28, 143 (1953), 20. Mittlg. — 151. STEINEGGER, E.: Lassen sich Gesetzmäßigkeiten im Verhalten der F₁- und F₂-Generation amphidiploider *Datura*-Pflanzen erkennen? Pharma acta Helv. 28, 178 (1953), 21. Mittlg. — 152. STEINEGGER, E.: Über den Einfluß der Tetra- und Diploidie auf den Alkaloidgehalt bei Pflanzungen. Pharma acta Helv. 29, 141 (1954), 22. Mittlg. — 153. STEINEGGER, E. und F. GESSLER: Der Einfluß von Antibiotica auf Wachstum und Wirkstoffgehalt bei *Datura*. Pharma acta Helv. 29, 256 (1954). — 154. STEINEGGER, E.: Kreuzungsabnormitäten bei *Datura*. Pharma acta Helv. 29, 378 (1954), 24. Mittlg. — 155. STEINEGGER, E. und F. GESSLER: Alkaloidbiogenese bei *Datura innoxia*. Pharma acta Helv. 30, 115 u. 279 (1955). — 156. SIMONET, M.: Recherches cytologiques et genetiques chez les Iris. Diss. Paris 1932. — 157. STOLL, A. und W. KREIS: Über die Bedeutung der Reindarstellung von Glykosiden. Schw. med. Wchschr. 70, Nr. 25 (1940). — 158. SUZUKA, O.: Tetraploid *Datura Stramonium*. Ikuskugaku Basski, Japan. J. Breeding (1952). Referat: Plant breeding abstr. 23, 307 (1953). — 159. SWIRLOWSKY, E.: Hybridologische Studien in der Gattung *Digitalis*. J. Gen. 38, 533 (1939). — 160. SZOMOLANYI, Ber. ungar. Pharm. Ges. 18, 294 (1942), zit. n. GESSNER (1953). — 161. TISCHLER: Die Chromosomenzahlen der Gefäßpflanzen Europas. 's-Gravenhage 1950. — 162. TSCHIRCH, A. N.: Sitzungsber. d. Bern. Bot. Ges. Sitzung am 23. 10. 1922 (zit. n. Schimmel & Co. Ber. 1924, Miltitz). — 163. TSCHIRCH, A. N.: Handbuch der Pharmakognosie. 2. Aufl. Leipzig 1932. — 164. VOLLMER, H.: Naunyn-Schmiedebergs Archiv f. exp. Pathol. u. Pharmakol. 176, 207 (1934), zit. n. GESSNER (1953). — 165. WALLACH, A.: Züchtungs- u. Anbauversuche mit Medizinalkraut. Archiv d. Pharm. 279, 393 (1941). — 166. WEBER, O.: Lehrbuch der Pharmakognosie 7. Aufl. Jena 1949. — 167. WEBER, U. und E. WEGENER: Methodenbuch. Bd. XIX Berlin 1953. — 168. WERMANN, H.: Über die pharmakologische Auswertung tetraploiden Materials von *Digitalis purpurea* u. *D. lanata* am Meerschweinchen. Pharmazie 10, 327 (1955). — 169. WEHMER, C.: Die Pflanzenstoffe, I u. II. Jena 1929—31. — 170. WEILING, F.: Pharmako-botanische u. genetische Untersuchungen über die Größe und Verteilung der Labiatendrüsen bei der Gattung *Mentha* und ihre Beeinflussung durch Polyploidisierung. Diss. Bonn 1949. — 171. WEILING, F.: Über die volumetrischen Untersuchungen an den Labiatendrüsen der Pfefferminze. Arch. Pharm. 284/56, H. 4 (1950). — 172. WEILING, F.: Über die polymere Genwirkung bei den Labiatendrüsen der Gattung *Mentha*. Naturwiss. 37 (1955). — 173. WOTHKE, B.: Züchtungsversuche mit Pfefferminze der Sorten Mitcham und Thüringer Art. Diss. Leipzig 1939.

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

Untersuchungen über die Alkaloidkomplexe von gelben, blauen und weißen Lupinen

Von P. SCHWARZE und J. HACKBARTH

Mit 15 Textabbildungen

Gelbe Lupinen enthalten, wie man seit langem weiß, die Alkaloide Lupinidin und Lupinin, weiße und blaue Lupinen die Alkaloide Lupanin und Oxylupanin. Alle Alkaloide sind nicht völlig spezifisch für Lupinen. Lupinidin wurde zuerst im Besenginster aufgefunden und deshalb Spartein genannt. Es hat sich aber auch in anderen Papilionaceen sowie in *Chelidonium majus* und *Aconitum Napellus* feststellen lassen. Lupinin tritt innerhalb der Papilionaceen nur in Lupinen auf, kommt aber außerdem in der Chenopodiacee *Anabasis aphylla* vor. Lupanin und Oxylupanin wurden in einer Reihe

von Lupinenarten und in weiteren Papilionaceen nachgewiesen. Dem Spartein nahe steht das auch in anderen Leguminosen enthaltene, zuerst in *Anagyris foetida* aufgefundene Anagyrin, das in den amerikanischen Lupinenarten *Lupinus laxiflorus*, *L. Macounii*, *L. pusillus* und *L. caudatus* vorkommt. GALINOVSKI (1) führt in einem Überblick über die „Lupinenalkaloide und verwandte Verbindungen“ 11 weitere in anderen Lupinenarten aufgefundene Alkaloide an, deren Konstitution noch unbekannt oder noch unsicher ist. Neun von ihnen gehören der Summenformel nach

dem Typ des Sparteins ($C_{15}H_{26}N_2$) an, eins ist mit Lupinin isomer ($C_{10}H_{19}ON$), und ein weiteres, das Spathulatin aus *Lupinus spathulatus* und *L. sericeus*, besitzt eine für Lupinenalkaloide ungewöhnliche Zusammensetzung ($C_{33}H_{64}O_5N_4$).

In Analogie zu anderen alkaloidführenden Pflanzen ist anzunehmen, daß es sich bei den genannten Alkaloiden um die Hauptalkaloide handelt, daß aber neben diesen noch andere Vertreter in geringer Konzentration, sogenannte Nebenalkaloide, vorkommen, die sich nur bei Anwendung eines leistungsfähigen Trennungsvorganges nachweisen lassen. Ein solches Verfahren ist uns mit der Papierchromatographie, die bereits in anderen Fällen erfolgreich zur Alkaloidtrennung benutzt wurde, in die Hand gegeben. Die Trennung der Alkaloidkomplexe von bitteren gelben, blauen und weißen Lupinen ist eines der Ziele dieser Arbeit; weiterhin sollte untersucht werden, ob die Alkaloidkomplexe der alkaloidarmen Zuchtformen dieser Arten die gleiche Zusammensetzung haben, und schließlich hofften wir, Aufschluß über die Verteilung der Alkaloide in der Pflanze, die Abhängigkeit des Gehaltes vom Entwicklungszustande und die Variabilität der Alkaloidkomplexe zu erhalten.

Die Beantwortung dieser Fragen ist von theoretischem Interesse, da die Lupinenalkaloide in dieser Richtung kaum untersucht sind, sie hat aber auch Bedeutung für die Lupinenzüchtung. Abgesehen vom Lupinidin (Sparteine) spielen die Lupinenalkaloide keine Rolle in der Pharmakologie, infolge ihrer Giftigkeit und ihres bitteren Geschmacks setzen sie aber den Wert der Lupinen als Futterpflanzen stark herab. Die Züchtung alkaloidarmer Sorten hat diesem Übelstand weitgehend abgeholfen. Die zuerst von v. SENGBUSCH und später auch von anderen Züchtern ausgelesenen Süßlupinen sind jedoch nicht alkaloidfrei, sondern nur alkaloidarm, stellen also im Hinblick auf den Alkaloidgehalt extreme und daher seltene Varianten dar. Zwischen normal bitteren und nahezu alkaloidfreien Lupinen gibt es bei den genannten Arten alle Übergänge, und nicht immer sind die alkaloidärmsten die wertvollsten Stämme, da die praktische Bedeutung auch von anderen Faktoren (Ertrag, Resistenz usw.) bestimmt wird. Die Ermittlung des Restalkaloidgehaltes ist zur Bewertung und Kennzeichnung eines Zuchtstammes von Süßlupinen unentbehrlich, wesentlich könnten aber auch Informationen über die Zusammensetzung der Restalkaloidkomplexe sein.

Mit den in dieser Arbeit beschriebenen Untersuchungen wurde 1953 begonnen. 1955 wurde kurz berichtet (SCHWARZE (12)), daß neben den bekannten Hauptalkaloiden in jeder Art noch ein bis mehrere Nebenalkaloide in geringen Konzentrationen vorkommen, und zwar sowohl bei Bitter- als auch bei Süßlupinen. Von einem ausführlichen Bericht wurde damals abgesehen, da die Ergebnisse die Wiederholung der Untersuchungen auf breiterer Basis nahelegten, um Einblick in die genotypische und umweltbedingte Variabilität zu erhalten.

In den Jahren 1955 und 1956 erschienen zwei Arbeiten VAN DER KUY's (7, 8), die sich z. T. mit den gleichen Fragen befassen. Nach VAN DER KUY enthält *Lupinus luteus* außer Lupinin und Spartein auch Lupanin, Oxylupanin und eine noch nicht näher bekannte Base lu 1, in *L. angustifolius* wird das Hauptalkaloid Lupanin von Oxylupanin, Spartein und

Lupinin begleitet, und in *L. albus* kommt neben Lupanin noch Oxylupanin und Spartein vor. Ein weiteres Ergebnis VAN DER KUY's, zu dem auf Grund eigener Untersuchungen Stellung genommen werden kann, ist der Befund, daß bei der gelben Lupine das Lupinin der Samen unmittelbar nach der Keimung verschwindet und erst während der Blüte und Fruchtbildung wieder erscheint.

Bekannt wurden uns kürzlich auch die Untersuchungen von WIEWIORSKY und BRATEK (15, 16). Diese Autoren fanden in gelben Lupinen Lupanin neben Lupinin und Spartein und in blauen und weißen Lupinen außer dem Hauptalkaloid Lupanin die spezifischen, noch nicht näher charakterisierten Alkaloide n_6 bzw. n_4 und n_5 . In *L. albus* wurde außerdem Spartein festgestellt.

Material

Es wurden die folgenden bitteren und alkaloidarmen Sorten und Zuchtstämme der gelben, blauen und weißen Lupinen untersucht:

Gelbe Lupine (*Lupinus luteus*)

- Bittere Deutsche Landsorte I (Sortiment Scharnhorst)
- Bittere Deutsche Landsorte II (bezogen von der Süßlupinen-Zucht- und Verwertungs-Ges. Hamburg)
- Bittere portugiesische Herkunft (Bezugsquelle Fa. Müller/Hamburg)
- Bittere Wildform (Sortiment Scharnhorst)
- Alkaloidarmer Stamm 8 (Gen dulcis) (Sortiment Scharnhorst)
- Alkaloidarmer Stamm 80 (Gen amoenus) (Sortiment Scharnhorst)
- Alkaloidarmer Stamm 102 (Gen liber) (Sortiment Scharnhorst)
- Süßlupinensorte Weiko III (Gen dulcis)
- St. 52/5, süß, nichtplatzend mit Gen liber¹ (Sortiment Müncheberg)
- St. 51/4, süß, wahrscheinlich doppelt rezessiv mit Genen liber u. dulcis.¹ (Sortiment Müncheberg)

Blaue Lupine (*Lupinus angustifolius*)

- Bittere Deutsche Landsorte (Sortiment Scharnhorst)
- Bittere portugiesische Herkunft (Bezugsquelle Fa. Müller/Hamburg)
- Bittere Wildform (Sortiment Scharnhorst)
- Alkaloidarmer Stamm 411 (Gen iucundus) (Sortiment Scharnhorst)
- Alkaloidarmer Stamm 415 (Gen esculentus) (Sortiment Scharnhorst)
- Alkaloidarmer Stamm 2070 (Gen depressus) (Sortiment Scharnhorst)
- Halbbitterer Stamm 7003 (Gen iucundus) (Sortiment Scharnhorst)

Weißer Lupine (*Lupinus albus*)

- Bittere Deutsche Landsorte (Sortiment Scharnhorst)
- Bittere portugiesische Herkunft (Bezugsquelle Fa. Müller/Hamburg)
- Alkaloidarme Zuchtsorte „Pflugs Gela“
- Alkaloidarme Zuchtsorte „Neuland“
- Alkaloidarmer Zuchtstamm Nr. 16
- Alkaloidarmer Zuchtstamm Nr. 17

Die gelben, blauen und weißen alkaloidarmen Lupinen wurden einer qualitativen Voruntersuchung unterworfen, um Verunreinigungen durch bittere, das Ergebnis fälschende Körner auszuschließen.

Methoden

Zerkleinerung

Die lufttrockenen, längere Zeit bei konstanten Bedingungen gelagerten Samen wurden in einer mit dem

¹ Herrn Dr. TROLL, Müncheberg/Mark, Institut für Acker- und Pflanzenbau, Abteilung für Lupinenzüchtung und Sonderkulturen, danken wir vielmals für die Überlassung dieses Materials.

1-mm-Sieb versehenen Condux-Mühle geschrotet, grüne Pflanzenteile unmittelbar nach der Entnahme mit Sand und Natronlauge im Mörser zerrieben.

Herstellung der Alkaloidextrakte

Die Alkaloide wurden teils nach MEYER (10), teils nach SCHWARZE/WOLLNER (13) extrahiert: Im ersten Fall wird das Schrot oder Reibsel mit Natronlauge (15%ig) alkalisiert und erschöpfend mit Äther-Chloroform (v/v 3:1) ausgeschüttelt und dieses erschöpfend mit Salzsäure (1%) extrahiert. Im zweiten Fall wird nur einmal mit einer genau gemessenen Menge Äther-Chloroform extrahiert und einem aliquoten Teil des Extraktes mit einer gemessenen Menge Salzsäure das Alkaloid entzogen; nur ein aliquoter Teil der salzsauren Lösung wird weiter verarbeitet. Da beide Verfahren übereinstimmende Chromatogramme lieferten, wurde meist das vereinfachte Verfahren angewandt. Die Übereinstimmung darf als Beweis dafür gelten, daß die Chromatogramme die natürliche Zusammensetzung des Komplexes wiedergeben. Darauf war zu achten, da die Löslichkeit der Nebenalkaloide, insbesondere die Verteilung der Basen und Hydrochloride zwischen wäßrigen und organischen Phasen, noch nicht untersucht ist.

Die im Hinblick auf eine saubere Abtrennung der Extraktionsmittel (Äther-Chloroform, Salzsäure) gewählte relativ hohe Laugekonzentration ist unschädlich für die Alkaloide. Spartein, Lupinin und Lupanin, die dem gleichen Analysengang unterworfen wurden, bleiben unverändert. Es wurde auf den Chromatogrammen weder eine Alkaloidabnahme noch das Auftreten von Umwandlungsprodukten, die Nebenalkaloide vortäuschen könnten, festgestellt.

Wenn extrem alkaloidarmes Material zu untersuchen war oder nur wenig Substanz zur Verfügung stand, wurde die salzsaure Lösung mit wenig Äther-Chloroform erneut extrahiert und das Alkaloid schließlich in wenig Salzsäure, 0,5 ml und weniger, überführt. Eine Konzentrierung durch Eindampfen wurde vermieden.

Bestimmung des Gesamtalkaloidgehaltes

Der Gesamtalkaloidgehalt wurde ermittelt, um das Material zu charakterisieren und die Menge der aufzutragenden Lösung zu errechnen. Um gute Trennung zu erzielen und vergleichbare Chromatogramme zu erhalten, wurde immer etwa dieselbe Menge Gesamtalkaloid aufgetragen. Die Bestimmung wurde nach SCHWARZE/WOLLNER (s. a. MEYER (10)) durchgeführt. Sie beruht auf der Fällung der Alkaloide aus dem salzsauren Extrakt mit Kiesel-molybdänsäure und der photometrischen Messung des im Niederschlag gebundenen Molybdäns nach Reduktion zu Molybdänblau.

Da über die Fällbarkeit der Nebenalkaloide mit Kiesel-molybdänsäure nichts bekannt ist, wurden die mit der Waschlösung vereinigten Filtrate in der oben angegebenen Weise nach Alkalisierung erneut extrahiert und der Extrakt papierchromatographisch auf evtl. nicht ausgefalltes Alkaloid untersucht. Nur bei gelben Lupinen wurde im Filtrat Alkaloid, und zwar Lupinin, festgestellt. Dieser Befund war nicht überraschend, da bereits frühere Untersuchungen gezeigt hatten, daß Lupinin im Gegensatz zu Spartein und Lupanin nur unvollständig ausgefällt wird (SCHWARZE/WOLLNER). Die Konzentration, bei der Lupinin gerade noch ausfällt, beträgt $1:2 \times 10^3$, während Spartein und Lupanin sich aus noch wesentlich verdünnten Lösungen abscheiden lassen ($1:2 \times 10^6$ bzw. $1:5 \times 10^4$).

Papierchromatographische Trennung

Es wurde nach der von uns modifizierten Rundfiltermethode (Ruttermethode) gearbeitet, deren Durchführung sich im einzelnen folgendermaßen gestaltet: Um den Mittelpunkt eines 29×29 cm Bogens ($\frac{1}{4}$ Bogen Schleicher & Schüll Nr. 2043 b) werden zwei Kreise vom Radius 0,6 und 2,0 cm geschlagen, auf letzterem in gleichem Abstand 8 Punkte markiert und an diesen Stellen die zu untersuchenden Extrakte aufgetragen. Die Fläche des kleinen Kreises wird durch 8 radiär geführte Schnitte so zerlegt, daß 16 gleichgroße Zungen entstehen. Der Bogen wird nun auf den Rand eines etwa 30 cm weiten Exsikkators gelegt, die Zungen werden nach unten durchgeschlagen und durch das entstehende Loch ein Docht, den man durch

Zusammenrollen von Filtrierpapier erhält, gesteckt. Er wird bis zum Boden eines kleinen Becherglases, das dicht unterhalb des Bogens aufgestellt ist und später die mobile Phase aufnimmt, durchgeschoben. Das zum Sättigen bestimmte Lösungsmittel befindet sich in einer Schale auf dem Boden des Exsikkators. Mit Hilfe eines durch Deckel und Docht geführten Trichters wird nach dem Sättigen die mobile Phase in das Becherglas gegeben. Sie steigt im Docht auf und wird durch die Zungen gleichmäßig dem Bogen zugeführt.

Je nach Alkaloidgehalt des Extraktes wurden bei bitteren Lupinen ein- bis zweimal 5 mm^3 , bei alkaloidarmem Material bis zu 37 mal 5 mm^3 aufgetragen. Nach jeder Auftragung wurde rasch getrocknet, um den Startfleck möglichst klein zu halten.

Als Lösungsmittel wurde überwiegend das Partridge-Gemisch, bestehend aus Butanol, Eisessig und Wasser (4:1:5, v/v/v, System I), benutzt, gegen Ende der Untersuchungen außerdem gesättigte Ammonsulfat-Lösung mit Zusatz von Äthylalkohol (25:0,3, v/v, System II). System I wird als nahezu universelles Lösungsmittel für die verschiedensten Stoffe benutzt, System II geht auf RESPONDY und SAUNIE (11) zurück, denen mit 4 mol. Ammonsulfatlösung die Trennung bestimmter Aminosäuren und Alkaloide gelang. WIEWIORSKI und BRATEK (15) benutzten es erstmalig zur Trennung der Lupinenalkaloide und verbesserten seine Trennwirkung durch Zusatz von Äthylalkohol. Andere geprüfte Lösungsmittelsysteme zeigten keine so gute Trennwirkung oder ließen sich schwerer handhaben. Es wurden immer salzsaure Lösungen aufgetragen, da sich die Hydrochloride besser trennen lassen als andere anorganische oder organische „Salze“, z. B. die Acetate, die sich bilden, wenn von den freien Basen ausgegangen wird.

Die Laufzeit beträgt mit dem System I etwa 6 Std., mit dem System II etwa 4 Std.

Durch Besprühen mit Dragendorff-Reagenz wurden die Flecken sichtbar gemacht. In einigen Fällen wurden sie nach LIST (9) mit Phosphormolybdänsäure angefärbt.

In System I wandert Spartein mit einem Rf-Wert um 0,43, Oxylupanin mit einem Wert um 0,53 und Lupanin und Lupinin mit einem Wert um 0,63. Lupanin und Lupinin lassen sich mit diesem System also nicht trennen. In System II bleiben Spartein und Lupinin zusammen und wandern mit dem höchsten Rf-Wert (etwa 0,73), während Oxylupanin und Lupanin langsamer wandern und sich voneinander trennen (Rf-Werte um 0,63 bzw. 0,54).

Die Identifizierung oder, soweit es sich um Nebenalkaloide handelt, die erste Kennzeichnung wurde mit Hilfe von reinem Spartein, Lupinin, Lupanin und Oxylupanin vorgenommen. Spartein wurde von der Fa. Merck bezogen, Lupinin, Lupanin und Oxylupanin stellte uns Herr Prof. GALINOVSKI, wofür wir nochmals bestens danken, zur Verfügung. Später haben wir diese Alkaloide selbst aus gelben und weißen Lupinen hergestellt.

Die Nebenalkaloide wurden lediglich durch ihre Lage auf dem Chromatogramm gekennzeichnet, eine Isolierung und Identifizierung wurde in keinem Fall vorgenommen, beides lag außerhalb des Rahmens dieser Arbeit.

Die Rf-Werte dürfen nur mit Vorsicht zur Charakterisierung benutzt werden, da sie sich auch bei konstanten Versuchsbedingungen nicht gut reproduzieren lassen. Hinzu kommt, daß sich beim Rundchromatogramm in der Faserrichtung und senkrecht zu ihr etwas verschiedene Werte ergeben.

Die Rundfiltermethode wurde gewählt, weil damit eine wesentlich bessere Trennung als mit dem auf- oder absteigenden Verfahren zu erzielen ist.

Ergebnisse

Die Ergebnisse sind in den Übersichten 1 bis 3 enthalten. Sie wurden an Hand zahlreicher Chromatogramme, von denen typische Beispiele in den Abbildungen 1 bis 15 wiedergegeben sind, zusammengestellt. Wenn nicht anders vermerkt, ist das Lösungsmittelsystem I verwendet, in einigen wenigen Fällen auch das System II.

Als Nebenalkaloide werden wie üblich die Komponenten bezeichnet, deren Anteil am Gesamtkomplex geringfügig ist. Bei gelben Lupinen treten in der Regel Lupinin und Spartein als Hauptalkaloide auf, nur bei der untersuchten Wildform ist der Anteil des Sparteins so stark reduziert, daß es wie die anderen bei dieser Art vorkommenden Komponenten mit Ausnahme des Lupinins als Nebenalkaloid bezeichnet werden muß. Bei weißen und blauen Lupinen ist Lupanin das Hauptalkaloid, in den Samen von bitteren Formen der weißen Lupine liegt auch der Anteil des Oxylypanins relativ hoch, so daß hier auch diese Komponente als Hauptalkaloid anzusehen ist. Die Konzentration aller anderen in weißen und blauen Lupinen vorkommenden Alkaloide ist im Vergleich zu Lupanin bzw. Oxylypanin sehr gering, so daß diese Komponenten in die Gruppe der Nebenalkaloide einzuordnen sind.

Übersicht 1. Die Zusammensetzung der analysierten Alkaloidkomplexe von gelben Lupinen.

(N = Nebenalkaloid, GA = Gesamtalkaloid)

- Bittere Deutsche Landsorte I (Abb. 1)
Samen (0,99% GA) : Lupinin, Spartein.
Bittere Deutsche Landsorte II (Abb. 1)
Samen (1,06% GA) : Lupinin, Spartein.
Bittere portugiesische Herkunft (Abb. 2, 3, 5 u. 6)
Samen: Lupinin, Spartein, $N_{RfW} > RfW$ Lupinin,
 $N_{RfW} < RfW$ Spartein.
Junge Pflanzen (ausgesät am 29. 5., untersucht am 23. 6. 56, Standort Gewächshaus)
Wurzel: Lupinin, Spartein, $N_{RfW} > RfW$ Lupinin.
Keimblätter: Wie Wurzel.
Folgeblätter (0,196% GA): Wie Wurzel.
Stengel (0,022% GA): Wie Wurzel.
Alte Pflanzen (ausgesät am 29. 5., untersucht am 26. 9. 56., Freilandtopfpflanzen, Abb. 3 u. 5)
Blätter (0,216% GA): Lupinin, Spartein,
 $N_{RfW} > RfW$ Lupinin, $N_{RfW} < RfW$ Spartein.
Stengel: Wie Blätter.
Wildform (Abb. 1, Abb. 3, Abb. 4, Abb. 5)
Samen (1,71% GA) : Lupinin, $N_{RfW} > RfW$ Spartein,
 $N_{RfW} > RfW$ Lupinin.
Junge Pflanzen (ausgesät am 14. 1., untersucht am 31. 1. und 4. 2. 56, Gewächshauspflanzen)
Keimblätter: Lupinin, $N_{RfW} > RfW$ Lupinin.
Wurzel: Wie Keimblätter.
Sprosse: Lupinin, Spur Spartein,
 $N_{RfW} > RfW$ Lupinin, $N_{RfW} < RfW$ Spartein.
Vollentwickelte Pflanzen (Ausgesät am 29. 5., untersucht am 26. 9. 56, Freiland-Topfpflanzen)

- Blätter (0,168% GA) : Lupinin, $N_{RfW} > RfW$ Lupinin.
Stengel (0,067% GA) : Wie Blätter.
Grüne noch dickfleischige Hülsen (0,108% GA) : Wie bei Blättern und Stengeln.
Alte Blätter: Lupinin,
 $N_{RfW} > RfW$ Lupinin, $N_{RfW} < RfW$ Spartein.
Alkaloidarmer Stamm 8 (Abb. 6)
Samen (0,025% GA) : Lupinin, Spartein.
Alkaloidarmer Stamm 80 (Abb. 6)
Samen (0,010% GA) : Nur Lupinin (sehr wenig!).
Alkaloidarmer Stamm 102 (Abb. 6 u. 8) :
Samen (0,006% GA) : Lupinin, Spartein,
2 Alkaloide $RfW < RfW$ Spartein¹.
Süßlupinensorte Weiko III (Abb. 7)
Anbau 1955 (0,036% GA) : Lupinin, Spartein,
 N_{RfW} Oxylypanin.
Anbau 1956 (0,019% GA) : Wie Anbau 1955.
Süßer Stamm 52/5 (Abb. 9)
Anbau 1955 (0,035% GA) : Lupinin, Spartein, 2 Nebenalkaloide¹ $RfW < RfW$ Spartein.
Anbau 1956 (0,019% GA) : Wie 1955.
Süßer Stamm 51/4 (Abb. 8)
Anbau 1955 (0,039% GA) : Lupinin, Spartein,
 N_{RfW} Oxylypanin.
Anbau 1956 (0,019% GA) : Wie Anbau 1955.

In Übereinstimmung mit älteren Befunden lassen sich bei den bitteren Sorten der gelben Lupine Lupinin und Spartein nachweisen. Lupinin liegt jeweils in der größeren Menge vor, das Verhältnis Lupinin/Spartein beträgt etwa 1,5/1. Hinzu kommt bei der portugiesischen Herkunft eine Komponente, deren Rf-Wert höher als der des Lupinins liegt, sowie eine Komponente mit niedrigem Rf-Wert (< Spartein). Bei dieser Sorte ist ferner, wenn die Trennung mit dem Lösungsmittelsystem II durchgeführt wird, ein Nebenalkaloid mit dem Rf-Wert des Lupanins festzustellen, das wahrscheinlich mit dem Lupanin selbst identisch ist und vermutlich auch bei den anderen bitteren Sorten vorkommt. Die bittere Wildform enthält in den Samen reichlich Lupinin, ferner ein Nebenalkaloid mit hohem Rf-Wert (> Lupinin), dagegen ist Spartein nur in Spuren vorhanden. In den vegetativen Organen junger und älterer Pflanzen dieser Form fehlt Spartein völlig oder ist bei jungen Sprossen gerade noch nachzuweisen, während

¹ Die langsamer wandernde Komponente soll nur mit Vorbehalt als Alkaloid bezeichnet werden. Sie färbt sich schon beim Trocknen des Chromatogrammes violett, beim Besprühen mit Dragendorff-Reagenz geht die Färbung in das für die Alkaloide typische Rotbraun über.

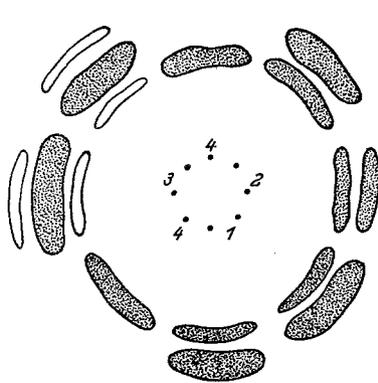


Abb. 1. Alkaloidkomplexe von Samen der gelben Bitterlupinen. — Lösungsmittelsystem I. — 1 Bittere Deutsche Landsorte I (10 u. 20 mm³); 2 Bittere Deutsche Landsorte II (10 u. 20 mm³); 3 Wildform (10 u. 20 mm³); 4 Spartein. — Von innen nach außen: Spartein, Lupinin, unbekanntes Nebenalkaloid bei Wildform.

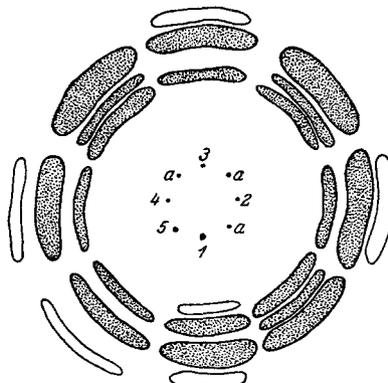


Abb. 2. Alkaloidkomplexe von Samen und verschiedenen vegetativen Organen der bitteren portugiesischen Herkunft (Gelbe Lupine). — Lösungsmittelsystem I. — 1 Samen (10 mm³); 2 Blätter (20 mm³); 3 Keimblätter (20 mm³); 4 Stengel (20 mm³); 5 Wurzel (50 mm³); a Alkaloidgemisch (von innen nach außen: Spartein, Oxylypanin, Lupinin + Lupanin).

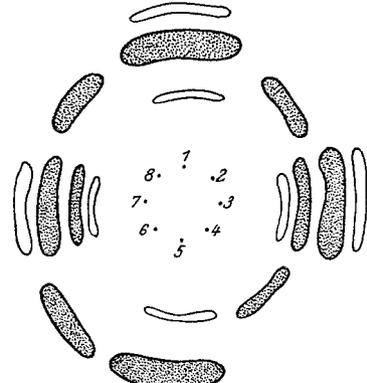


Abb. 3. Alkaloidkomplexe von Blättern der Wildform und der portugiesischen bitteren Herkunft der gelben Lupine. — Lösungsmittelsystem I. — 1 u. 5 Wildform (20 bzw. 15 mm³); 2 Oxylypanin; 3 u. 7 Portugiesische Herkunft (15 bzw. 20 mm³); 4 Spartein; 6 Lupinin; 8 Lupanin.

in den vegetativen Organen der bitteren portugiesischen Herkunft Spartein neben Lupinin in reichlicher Menge anzutreffen ist. Die Wildform ist in den Samen auch frei von Lupanin, wie mit Hilfe des Lösungsmittelsystems II gezeigt werden konnte (Abb. 4). Ob dieses

dulcis tragende Stamm Weiko III führt außer Lupinin und Spartein als Nebenalkaloid Oxylylupanin, das beim Stamm 8 in keinem Fall beobachtet wurde. Der nichtplatzende Stamm mit dem Gen liber (St. 52/5) besitzt den Gesamtalkaloidgehalt von Weiko III, während er in

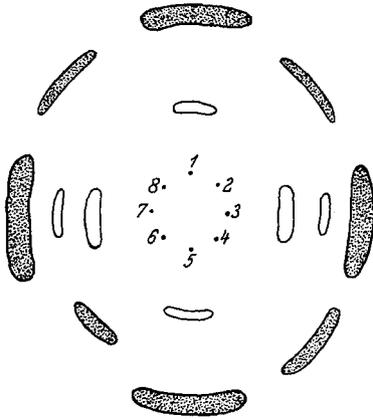


Abb. 4. Alkaloidkomplexe von Blättern der bitteren portugiesischen Herkunft und der Wildform (Gelbe Lupinen). — Lösungsmittelsystem II. — 1 u. 5 Wildform (20 u. 15 mm³); 2 Oxylylupanin; 3 u. 7 Portugiesische Herkunft (15 bzw. 20 mm³); 4 Spartein; 6 Lupanin; 8 Lupinin

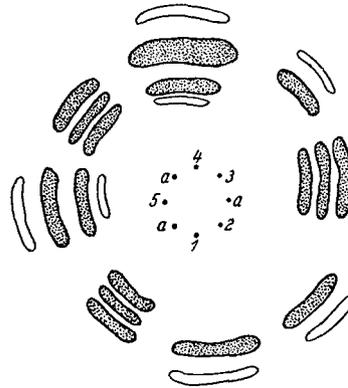


Abb. 5. Alkaloidkomplexe vegetativer Organe der sparteinarmlen Wildform und der bitteren portugiesischen Herkunft (Gelbe Lupinen). — Lösungsmittelsystem I. — 1 Blätter, 2 Stengel, 3 Hülsen der Wildform, je 10 mm³ aufgetragen; 4 Blätter, 5 Stengel der portugiesischen bitteren Herkunft, ebenfalls je 10 mm³ aufgetragen; a Alkaloidgemisch (von innen nach außen: Spartein, Oxylylupanin, Lupinin + Lupanin).

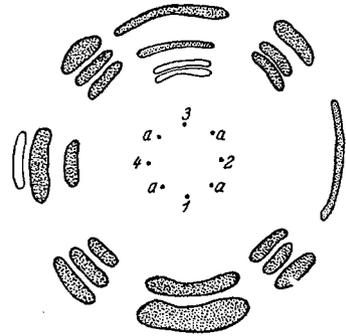


Abb. 6. Alkaloidkomplexe der Stämme 8, 80 und 102 der gelben Süßlupine. — Lösungsmittelsystem I. Samen. — 1 Stamm 8 (30 mm³); 2 Stamm 80 (150 mm³); 3 Stamm 102 (150 mm³); 4 Bittere portugiesische Herkunft (5 mm³)¹; a Alkaloidgemisch (von innen nach außen: Spartein, Oxylylupanin, Lupinin + Lupanin).

¹ Das Originalchromatogramm zeigt ein zweites Nebenalkaloid mit niedrigem Rf-Wert (< Spartein), das auf der Photographie, die der Abbildung zugrunde liegt, nicht sichtbar ist.

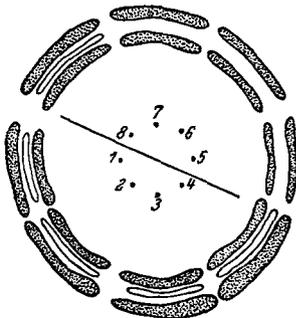


Abb. 7. Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes der gelben Süßlupine Weiko III. — Lösungsmittelsystem I. Samen. — 1—4 Anbau 1955 (20, 40, 50, 60 mm³ aufgetragen); 5—8 Anbau 1956 (gleiche Mengen). — Von innen nach außen: Spartein, Oxylylupanin (bei 7, 6 und 5 kaum erkennbar), Lupinin.

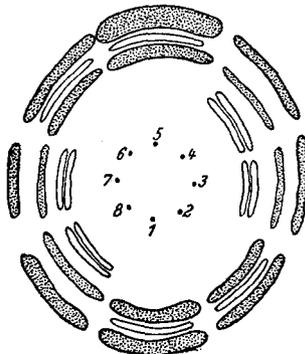


Abb. 8. Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe des süßen Stammes 51/4 und des süßen Stammes 102. Samen. — 1 St. 51/4 Anbau 1955 (50 mm³); 2 St. 51/4 Anbau 1956 (50 mm³); 3 u. 7 St. 102 (145 u. 150 mm³; Körner qual. voruntersucht); 5 St. 51/4 Anbau 1955 (70 mm³); 6 St. 51/4 Anbau 1956 (70 mm³); 4 u. 8 St. 102 (100 u. 185 mm³; Körner nicht qualitativ voruntersucht).



Abb. 9. Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe des doppelt rezessiven Stammes 52/5 und der bitteren portugiesischen Herkunft. Samen. — 1 u. 5 Alkaloidgemisch (1 bzw. 3 mm³; von innen nach außen: Spartein, Oxylylupanin, Lupinin + Lupanin); 4 u. 8 Portugies. Herkunft (4 bzw. 3 mm³); 2 St. 52/5 Anbau 1955 (60 mm³); 3 St. 52/5 Anbau 1956 (60 mm³); 6 St. 52/5 Anbau 1955 (70 mm³); 7 St. 52/5 Anbau 1956 (70 mm³).

Alkaloid in den vegetativen Teilen vorkommt, wurde nicht geprüft. Junge und alte Pflanzen der portugiesischen Herkunft und der Wildform enthalten in allen untersuchten Organen ein Nebenalkaloid mit hohem Rf-Wert (> Lupinin, Lösungsmittelsystem I). In jungen Sprossen der Wildform wurde außerdem ein Alkaloid mit extrem niedrigem Rf-Wert (< Spartein) nachgewiesen.

Im alkaloidarmen Stamm 8 kommen Lupinin und Spartein vor, und zwar etwa im gleichen Verhältnis, wie sich die beiden Alkaloide auch in den Samen der bitteren Sorten, die Wildform ausgenommen, feststellen lassen. Der süße Stamm 80 führt nur Lupinin, während der Stamm 102 wieder Lupinin und Spartein und zusätzlich zwei neue Alkaloide enthält, die beide langsamer als das Spartein wandern. Die drei Gene für Alkaloidarmut, dulcis, amoenus und liber, wirken sich also unterschiedlich auf die Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe dieser Stämme aus. Der das Gen

der Zusammensetzung seines Alkaloidkomplexes dem Stamm 102 ähnelt (Lupinin, Spartein, 2 Nebenalkaloide mit niedrigem Rf-Wert). Im vermutlich doppelt rezessiven Stamm mit den Genen dulcis und liber (St. 51/4) kommen Lupinin und Spartein und in sehr geringer Menge Oxylylupanin vor. Dieser Stamm ähnelt also in der Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes dem Stamm Weiko III. Dasselbe trifft für den Gesamtalkaloidgehalt zu.

Aus Abb. 10 ist zu ersehen, daß die Samen der bitteren blauen Lupinen mindestens 3 bis 4 verschiedene Alkaloide enthalten, ein Hauptalkaloid, auf das die breite intensiv gefärbte Bande zurückzuführen ist, sowie drei Nebenalkaloide bei den bitteren Sorten und der Wildform und zwei Nebenalkaloide bei dem „halb-bitteren“ Zuchtstamm, denen die schwächeren und weniger intensiv gefärbten Banden zuzuschreiben sind. Das Hauptalkaloid ist das seit langem bekannte Lupanin. Die dem Lupanin benachbarte, etwas weiter nach

Übersicht 2. Die Zusammensetzung der analysierten Alkaloidkomplexe von blauen Lupinen.

(N = Nebenalkaloid, GA = Gesamtalkaloid)

- Bittere Deutsche Landsorte (Abb. 10)
Samen (1,385% GA): Lupanin,
 $N_{RfW} > RfW$ Oxylupanin, $N_{RfW} > RfW$ Spartein, $N_{RfW} > RfW$ Lupanin
- Wildform (Abb. 10)
Samen (1,872% GA): Wie bittere Deutsche Landsorte.
- Halbbitterer Stamm Nr. 7003 (Abb. 10)
Samen (0,66% GA): Lupanin, $N_{RfW} < Spartein$,
 $N_{RfW} > RfW$ Lupanin; nur Lupaninfleck mit Lösungsmittelsystem II (Abb. 11).
- Alkaloidarmer Stamm 411 (Abb. 12)
Samen (0,020% GA): Lupanin, $N_{RfW} > Oxylupanin$,
 $N_{RfW} > Spartein$, $N_{RfW} < RfW$ Spartein
- Alkaloidarmer Stamm 415 (Abb. 12)
Samen (0,098% GA): Wie Stamm 411.
- Alkaloidarmer Stamm 2070 (Abb. 12)
Samen (GA nicht bestimmbar, keine Fällung): Lupanin, $N_{RfW} > Oxylupanin$, $N_{RfW} > Spartein$, $N_{RfW} < RfW$ Spartein

loid der bitteren Sorten und der Wildform auf. Zwischen diesen und dem halbbitteren Zuchtstamm bestehen also eindeutige qualitative Unterschiede.

Lupanin ist auch das Hauptalkaloid der Blätter, Stengel und Wurzeln drei Wochen alter Pflanzen. In sehr geringen Mengen ist in allen Organen ein Alkaloid mit dem Rf-Wert des Oxylupanins vorhanden, und in Blättern, Keimblättern, Stengeln und vielleicht auch Wurzeln kommen Spuren eines Alkaloids mit dem Rf-Wert des Sparteins vor. Bei Chromatogrammen mit längeren Laufzeiten trennt sich, wenn auch nicht sehr deutlich, bei Samen sowohl als auch allen vegetativen Organen eine Komponente mit hohem Rf-Wert (> Lupanin) ab.

Die Chromatogramme der alkaloidarmen Stämme 411 und 415 lassen keine Unterschiede erkennen. Es fehlt ihnen das in bitteren Sorten vorkommende Nebenalkaloid mit hohem Rf-Wert (> Lupanin), dafür

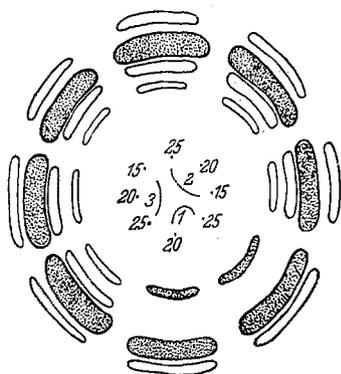


Abb. 10. Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe von bitteren blauen Lupinen. Samen. — Lösungsmittelsystem I. — 1 Halbbitterer Stamm 7003 (20 u. 25 mm²); 2 Bittere Wildform (15, 20 u. 25 mm²); 3 Bittere Deutsche Landsorte (15, 20 u. 25 mm²).

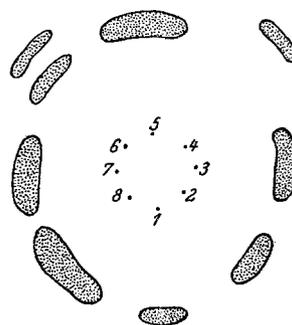


Abb. 11. Der Alkaloidkomplex von Samen des halbbitteren Stammes 7003 der blauen Lupine. — Lösungsmittelsystem II. — 1 Lupanin; 4 Lupinin; 2, 3, 5, 7, 8, St. 7003 (1¹/₂, 3, 5, 7 u. 9 mm²); 6 Lupanin + Lupinin (innen Lupanin).

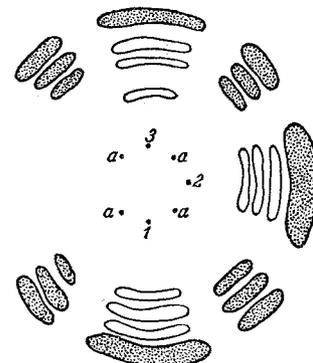


Abb. 12. Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe von süßen blauen Lupinen. Samen. — Lösungsmittelsystem I. — 1 St. 411 (70 mm²); 2 St. 415 (30 mm²); 3 St. 2070 (100 mm²); a Alkaloidgemisch (von innen nach außen: Spartein, Oxylupanin, Lupanin + Lupinin).

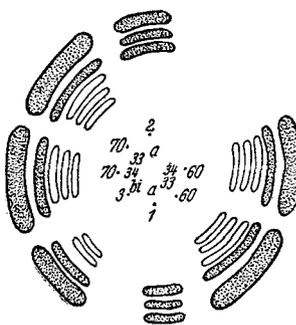


Abb. 13. Alkaloidkomplexe der Samen der bitteren portugiesischen Herkunft und der süßen Stämme 16(33) und 17(34) (Weiße Lupine). — Lösungsmittelsystem I. — 33 St. 16 (60 u. 70 mm²); 34 St. 17 (60 u. 70 mm²); bi portugies. Herkunft (3 mm²); a Alkaloidgemisch (von innen nach außen: Spartein, Oxylupanin, Lupanin + Lupinin).

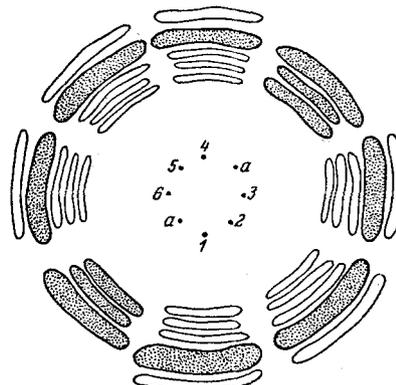


Abb. 14. Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes der bitteren portugiesischen Herkunft der weißen Lupine. Verschiedene Organe 3 Wochen alter Pflanzen. — Lösungsmittelsystem I. — 1 u. 2 Blätter; 3 u. 4 Stengel; 5 u. 6 Wurzel; a Alkaloidgemisch (von innen nach außen: Spartein, Oxylupanin, Lupinin + Lupanin).

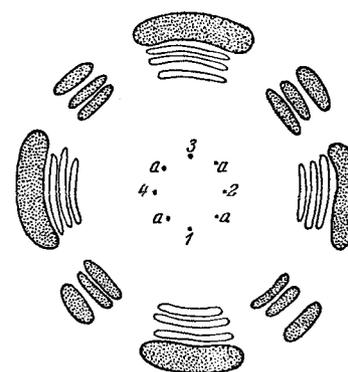


Abb. 15. Alkaloidkomplexe der Samen der weißen Süßlupinen Gela und Neuland. — Lösungsmittelsystem I. — 1 u. 3 Gela (10 u. 20 mm²); 2 u. 4 Neuland (15 u. 30 mm²); a Alkaloidgemisch (von innen nach außen: Spartein, Oxylupanin, Lupanin + Lupinin).

¹ Auf dem Originalchromatogramm ist ein Nebenalkaloid mit dem Rf-Wert des Sparteins gerade noch zu erkennen; auf der Photographie, nach der die Abb. angefertigt wurde, ist es nicht sichtbar.

innen gelegene Zone der bitteren Sorten und der Wildform entspricht dem Rf-Wert nach dem Oxylupanin des Vergleichschromatogrammes, noch weiter nach innen befindet sich wahrscheinlich Spartein. Dem halbbitteren Zuchtstamm fehlen diese beiden Nebenalkaloide, dafür tritt hier ein neues Alkaloid in beträchtlicher Konzentration mit einem noch niedrigeren Rf-Wert als das am langsamsten wandernde Nebenalka-

tritt bei beiden ein langsamer als Spartein wanderndes Nebenalkaloid auf. Ähnlich zusammengesetzt ist auch das Alkaloidgemisch des extrem alkaloidarmen Stammes Nr. 2070, nur wandert das 3. Nebenalkaloid noch langsamer als bei den Stämmen 411 und 415.

Die Samen bitterer Sorten der weißen Lupine enthalten Lupanin, weniger Oxylupanin und ein Nebenalkaloid mit dem Rf-Wert des Sparteins; hinzu-

Übersicht 3. Die Zusammensetzung der analysierten Alkaloidkomplexe von weißen Lupinen.

(N = Nebenalkaloid, GA = Gesamtalkaloid)

- Bittere Deutsche Landsorte
Samen (2,47% GA): Lupanin, Oxylupanin, N_{RfW} Spartein.
- Bittere portugiesische Herkunft (Abb. 13 u. Abb. 14)
Samen (2,70% GA): Lupanin, Oxylupanin, N_{RfW} Spartein (sehr schwach), 2 Nebenalkaloide $RfW < RfW$ Spartein.
- Junge Pflanzen (ausgesät am 29. 5., untersucht am 18. 6. 56, Gewächshauspflanzen),
Blätter (0,160% GA): Lupanin, N_{RfW} Oxylupanin
 N_{RfW} Spartein, $N_{RfW} > RfW$ Lupanin, $N_{RfW} < RfW$ Spartein
- Stengel (0,108% GA): Wie Blätter
Wurzel: Wie Blätter und Stengel.
- Alkaloidarmer Stamm Gela (Abb. 15)
Samen (0,148% GA): Lupanin, N_{RfW} Oxylupanin,
 N_{RfW} Spartein, $N_{RfW} < RfW$ Spartein.
- Alkaloidarmer Stamm Neuland (Abb. 15)
Samen (0,098% GA): Lupanin, N_{RfW} Oxylupanin,
 N_{RfW} Spartein, $N_{RfW} < RfW$ Spartein.
- Alkaloidarmer Stamm 16 (Abb. 13)
Samen (0,024% GA): Lupanin, N_{RfW} Spartein, 3 Nebenalkaloide $RfW < RfW$ Spartein.
- Alkaloidarmer Stamm 17 (Abb. 13)
Samen (0,024% GA): Wie Nr. 16.

kommen bei der portugiesischen Herkunft zwei Alkaloide mit niedrigem Rf-Wert ($<$ Spartein). Diese Alkaloide, vermehrt um ein rascher als Lupanin wanderndes Nebenalkaloid, finden sich auch in den vegetativen Organen der bitteren portugiesischen Herkunft. Bei allen alkaloidarmen Stämmen ist ebenfalls Lupanin das Hauptalkaloid; bei den Sorten „Neuland“ und „Gela“ wird es von Oxylupanin und einem Nebenalkaloid, das mit dem Rf-Wert des Sparteins wandert, und einem weiteren Nebenalkaloid, das hinter dem Spartein zurückbleibt, begleitet. Den Stämmen Nr. 16 und Nr. 17 fehlt Oxylupanin; als Nebenalkaloide sind „Spartein“ (in relativ hoher Konzentration) und außerdem drei langsamer als Spartein wandernde Nebenalkaloide zu erkennen.

Besprechung der Ergebnisse

Jede der untersuchten Lupinenarten enthält in der Regel neben 1 bis 2 Hauptalkaloiden noch 1 bis 4 verschiedene Nebenalkaloide.

In allen bitteren Sorten und Stämmen der gelben Lupine kommt Lupin in als Hauptalkaloid vor. Mit Ausnahme der Wildform wurde in den bitteren Sorten Spartein als 2. Hauptalkaloid festgestellt. Eines der beobachteten Nebenalkaloide wandert rascher als das Lupin in und ein weiteres langsamer als das Spartein.

In der portugiesischen Herkunft und wahrscheinlich auch in den anderen bitteren Sorten tritt außerdem Lupanin auf, während es in der sparteinarmen Wildform nicht nachzuweisen ist.

In blauen Lupinen kommen neben dem Hauptalkaloid Lupanin 4 weitere Alkaloide vor. Zwei von ihnen zeigen die Rf-Werte des Oxylupanins und Sparteins, ein drittes bewegt sich rascher als das Lupanin und ein viertes langsamer als das Spartein.

In weißen Lupinen werden Lupanin und Oxylupanin von drei Alkaloiden begleitet, deren Rf-Werte dem Spartein entsprechen oder größer als der des Lupanins oder kleiner als der des Sparteins sind.

Bei allen drei Lupinenarten werden also ein rascher als das Lupanin bzw. Lupin in und ein langsamer als das Spartein wanderndes Nebenalkaloid angetroffen, die möglicherweise jeweils identisch sind.

Unsere Beobachtungen bestätigen die Befunde von VAN DER KUY, WIEWIOROWSKI und BRATEK, daß in allen drei Lupinenarten außer den Hauptalkaloiden noch Nebenalkaloide vorkommen. Darüber hinaus zeigen sie, daß die quantitative und qualitative Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe auch innerhalb der Arten in Abhängigkeit von der genetischen Konstitution der Sorten und Rassen stark variieren kann, worauf weiter unten noch näher eingegangen wird.

Markante Unterschiede wurden in der Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe der süßen Stämme 8, 80 und 102 festgestellt. Während der Stamm 8 die Komponenten Lupin in und Spartein enthält, und zwar ungefähr im gleichen Verhältnis, wie sie auch in den bitteren gelben Lupinen vorkommen, führt der Stamm 80 einwandfrei nur Lupin in. Für den Stamm 102 ist charakteristisch, daß er neben Lupin in und Spartein zwei neue Alkaloide mit niedrigem Rf-Wert bildet. Die drei bei *Lupinus luteus* bekannten, an verschiedenen Stellen des Genoms lokalisierten Faktoren für niedrigen Alkaloidgehalt, die Gene *dulcis*, *amoenus* und *liber* (HACKBARTH u. v. SENGBUSCH 1934 (6), HACKBARTH 1957 (3)), setzen also in den Stämmen 8, 80 und 102 nicht nur den Alkaloidgehalt verschieden stark herab, sondern wirken sich auch unterschiedlich auf die Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe aus. Das Gen *dulcis* bewirkt eine etwa gleichstarke Reduktion beider Alkaloide, das Gen *amoenus* unterdrückt die Bildung des Sparteins völlig und verursacht außerdem eine starke Reduktion des Lupin ingehaltes, während das Gen *liber* die Bildung von Lupin in und Spartein extrem stark herabsetzt, ohne sie jedoch völlig zu unterdrücken. Das Gen *liber* ist ferner für die Ausbildung zweier noch unbekannter Alkaloide mit niedrigem Rf-Wert verantwortlich, deren Anteile am Gesamtkomplex nicht wesentlich geringer sein dürften als die des Sparteins und Lupin ins.

Das in den Stämmen 8 und Weiko III vorliegende Gen *dulcis* reduziert in beiden Fällen den Alkaloidgehalt gleich stark (von etwa 1,0% auf etwa 0,03%), die Wirkung auf die Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes ist nahezu gleich, nur ermöglicht es im Stamm Weiko III die Bildung einer geringen Menge Oxylupanin, das sich beim Stamm 8 nicht nachweisen ließ. Dies hängt sehr wahrscheinlich mit der Einkreuzung des platzfesten bitteren Stammes 3535A zusammen.

Der Faktor *liber* wirkt sich im Genmilieu des süßen, nichtplatzenden Stammes 52/5, der aus der Nachkommenschaft der Kreuzung von Stamm 102 mit einem bitteren nicht platzenden Stamm ausgelesen wurde, qualitativ ebenso aus wie im Stamm 102. In beiden Fällen sind in den Samen Lupin in, Spartein und zwei langsam wandernde Nebenalkaloide vorhanden, es besteht jedoch ein klarer quantitativer Unterschied, indem das Gen *liber* den Gesamtalkaloidgehalt im Stamm 102 auf 0,006%, im Stamm 52/5 jedoch nur auf 0,019 (1956) und 0,035% (1955) reduziert.

Bei dem vermutlich doppelt rezessiven Stamm mit den Genen *dulcis* und *liber*, hervorgegangen aus Kreuzungen des Stammes 102 mit Weiko II und Weiko III, entsprechen der Gesamtalkaloidgehalt und die qualitative Zusammensetzung der Wirkung des Genes *dulcis* in Weiko III. Dieses Ergebnis ist zunächst überraschend, da man doch vermuten kann, daß zwei Faktoren für Alkaloidarmut oder, biochemisch gesehen, die Hemmung zweier Schritte der zum Alkaloidmole-

kül führenden Reaktionskette die Alkaloidbildung stärker reduziert als ein einziger Faktor bzw. die Hemmung nur eines Reaktionsschrittes. Eine Erklärung können vielleicht die Befunde bei den Stämmen 102 und 52/5 geben, die besagen, daß die Wirkung des Genes *iber* von bestimmten Genen des genetischen Milieus, in dem es sich manifestiert, modifiziert werden kann. Mit dem Vorhandensein solcher Modifikationsgene wurde bereits das abnorme Verhalten des halbbitteren Stammes Nr. 7003 der blauen Lupine zu erklären versucht (HACKBARTH 1954 (2)). Der unerwartet hohe Alkaloidgehalt des bisher einzigen untersuchten doppelt rezessiven Zuchtstammes ist aber kein Beweis dafür, daß es Doppeltrezessive mit besonders niedrigem Alkaloidgehalt nicht gibt. Das Alkaloidbildungsvermögen wird nur dann extrem stark vermindert sein, wenn die Modifikationsgene den Genen *dulcis* und *iber* nicht entgegenwirken. Es müßten also unter den Doppeltrezessiven die Formen ausgelesen werden, welche diese Forderung erfüllen. Die Vermutung, daß durch Vereinigung von zwei, drei oder mehr verschiedenen Genen für Alkaloidarmut völlig alkaloidfreie Lupinen zu erhalten seien, hat zuerst VON SENGBUSCH (14) ausgesprochen.

Für die Vererbung des niedrigen Alkaloidgehaltes der blauen Süßlupinen sind ebenfalls drei Faktoren bekannt, nämlich das Gen *iucundus* für den Stamm 411, das Gen *esculentus* für den Stamm 415 und schließlich das Gen *depressus* für den Stamm 2070/R.St. 14 (HACKBARTH 1957 (4)). Wie bei den gelben Süßlupinen an verschiedenen Stellen des Genoms lokalisiert, reduzieren sie den Alkaloidgehalt sehr unterschiedlich — auf 0,020% bei St. 411, 0,098% bei St. 415 und auf eine mit unserer Methode nicht mehr erfaßbare Menge bei St. 2070 — ohne jedoch die Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes im Vergleich zur untersuchten bitteren Landsorte und Wildform augenfällig zu verändern.

Ein besonderes Verhalten zeigt der „halbbittere“ Stamm 7003, der durch Kreuzung einer bitteren Sorte mit dem Stamm 411 entstanden ist, also das Gen *iucundus* führt. Dieser Stamm ist nur im Jugendstadium alkaloidarm; spätestens nach Abschluß der Blüte des Hauptstieles verstärkt sich sein Alkaloidbildungsvermögen, so daß schließlich normal bittere Samen entstehen können. Bei den genannten süßen Stämmen hingegen ist der Alkaloidgehalt in allen Organen während der gesamten Entwicklungsperiode erniedrigt. HACKBARTH 1954 (2) macht für das eigenartige Verhalten des halbbitteren Stammes ein Modifikationsgen verantwortlich, das die Wirkung des Genes *iucundus* in einem späteren Entwicklungsstadium aufhebt. Dieses oder ein anderes Modifikationsgen könnte auch für die im Vergleich zum St. 411 andersartige Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes, gekennzeichnet durch das Fehlen der Nebenalkaloide Oxylypanin und Spartein und das Auftreten einer Komponente mit niedrigem Rf-Wert, verantwortlich sein.

Sortenunterschiede in der Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe gibt es auch bei den alkaloidarmen Formen der weißen Lupine, z. B. zwischen den Zuchtsorten Gela und Neuland. Für den niedrigen Alkaloidgehalt der Sorte Gela ist das rezessive Gen *pauper* verantwortlich, für die Sorte Neuland steht bisher lediglich fest, daß es sich um ein anderes Gen handelt (HACKBARTH 1957 (5)).

Ob mit den aufgefundenen alle tatsächlich vorkommenden Alkaloide erfaßt sind, ist keineswegs sicher; denn nachweisbar sind nur jene Alkaloide, deren Menge oberhalb der Erfassungsgrenze der Methode liegt. Andererseits ist die Ausgangsmenge auch nach oben begrenzt, da höhere Konzentrationen die Trennwirkung beeinträchtigen. Ob noch weitere Nebenalkaloide vorliegen, wird sich papierchromatographisch nur entscheiden lassen, wenn dem Komplex, vorher die Hauptalkaloide entzogen werden.

Es ist z. B. möglich, daß sich beim süßen Stamm 80 doch noch Spartein nachweisen läßt, wenn man bei der chromatographischen Trennung von mehr Gesamtalkaloid ausgeht, d. h. mehr oder konzentrierteren Extrakt aufträgt. Das würde bedeuten, daß bei diesem Stamm die Sparteinbildung nicht völlig blockiert, sondern nur sehr stark gehemmt ist. Aber auch dann noch wäre er eindeutig von den anderen süßen Stämmen zu unterscheiden. Der extrem niedrige Gehalt der Stämme 80 und 102 und die ziemlich umständliche qualitative Vorprüfung, die zur Gewinnung absolut reinen Materials unumgänglich ist, hinderte uns bisher daran diese Süßlupinen eingehender zu untersuchen. Außerdem ergeben sich Schwierigkeiten bei der Extraktion, weil relativ viel Material verarbeitet werden muß und in den Extrakt Stoffe eingehen, welche die Chromatographie stören.

Der sehr ähnliche chemische Aufbau der verschiedenen Lupinenalkaloide läßt enge biogenetische Beziehungen zwischen ihnen vermuten. Nach den vorliegenden Untersuchungen ist es möglich, daß jede der drei untersuchten Lupinenarten die Alkaloide Spartein, Lupanin, Lupinin und Oxylypanin enthält. Der Artcharakter prägt sich lediglich im quantitativen Verhältnis der Komponenten der Komplexe aus. Er entscheidet bei gelben Lupinen darüber, daß viel Lupinin, in der Regel auch viel Spartein neben sehr wenig Lupanin und zwei weiteren Nebenalkaloiden gebildet wird, daß in blauen Lupinen vorwiegend Lupanin neben wenig Oxylypanin, Spartein und den zwei unbekanntenen Nebenalkaloiden entsteht und in weißen Lupinen Lupanin und Oxylypanin den Gehalt an Spartein und zwei unbekanntenen Nebenalkaloiden weit übertreffen. Welches Alkaloid bevorzugt wird, hängt von der Fermentausrüstung und den sonstigen Reaktionsbedingungen und Eigentümlichkeiten des Stoffwechsels der einzelnen Arten ab.

Zwischen den verschiedenen vegetativen Organen wurden erhebliche Differenzen im Gesamtalkaloid festgestellt, was mit früheren Untersuchungen durchaus übereinstimmt. Nur relativ gering können aber die Unterschiede in der Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe verschiedener Organe sein. Qualitative Unterschiede derart, daß bestimmte Alkaloide nur auf bestimmte Organe beschränkt sind oder auch nur vorwiegend in diesen vorkommen, wurden nicht beobachtet, wenn immer dieselbe Menge Gesamtalkaloid aufgetragen wurde. Diese werden jedoch vorgetäuscht, wenn die Ausgangsmenge nicht konstant ist und bei zu kleinen Mengen Nebenalkaloide unter die Erfassungsgrenze der Methode fallen. Das kann der Fall sein, wenn auf Frisch- oder Trockensubstanz bezogen wird. Daß Unterschiede im Gesamtalkaloid von Samen, Blättern, Stengeln, Wurzeln, Früchten usw. bestehen, ist verständlich und wiederholt festgestellt worden.

Der Komplex ist innerhalb einer Pflanze, auch innerhalb einer Rasse und Sorte also sicherlich weitgehend konstant, es kommen jedoch erhebliche Differenzen zwischen Rassen derselben Art vor. Diese Erkenntnis möchten wir mit als ein Hauptergebnis unserer Untersuchungen ansehen. Ein Beispiel dafür ist die untersuchte Wildform von *Lup. luteus*, die Spartein nur noch in Spuren, also höchstens als Nebenalkaloid enthält. Es ist auf dem Chromatogramm nur festzustellen, wenn die im Hinblick auf die Trennung gerade noch größtmögliche Menge aufgetragen wird. Bei allen anderen untersuchten bitteren Sorten dieser Art ist ohne jeden Zweifel das Spartein als Hauptalkaloid anzusehen, da seine Menge immer mehr als die Hälfte des Lupinins ausmacht, während demgegenüber die als Nebenalkaloide bezeichneten Komponenten mengenmäßig sehr stark zurücktreten.

Die abnorme Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes der Wildform von *Lupinus luteus* findet sich nicht nur in den Samen, sondern auch in allen untersuchten vegetativen Teilen der Pflanzen. Der relativ großen Konstanz der Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes innerhalb einer Pflanze, einer Rasse und einer Sorte steht also eine bemerkenswerte Variabilität zwischen diesen systematischen Einheiten gegenüber. Spartein tritt in der Regel als Hauptalkaloid auf, seine Menge kann jedoch so stark reduziert sein, daß es nur in die Gruppe der Nebenalkaloide eingeordnet werden kann oder sogar sein Fehlen vorgetauscht ist, wenn nicht genügend Alkaloidlösung aufgetragen wurde.

Es finden sich unter unseren Analysen keine Anhaltspunkte dafür, daß die Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes durch die Entwicklungsbedingungen in stärkerem Maß abgewandelt werden kann. Dafür spricht u. a. das folgende eindrucksvolle Beispiel: Die zwei Jahre hintereinander auf dem Feld angebaute Süßlupinensorte Weiko III von *Lup. luteus* enthielt in den Samen im ersten Anbaujahr doppelt soviel Alkaloid wie im zweiten Jahr (0,036% bzw. 0,019%), was auch auf dem Chromatogramm zu erkennen ist (Abb. 7). Im Verhältnis Lupinin/Spartein lassen sich auf dem Chromatogramm mindestens keine auffälligen Unterschiede feststellen. Die für die Alkaloidentstehung günstigen Entwicklungsbedingungen des ersten Anbaujahres fördern also die Bildung von Lupinin und Spartein gleichmäßig. Zum gleichen Ergebnis führte die Untersuchung der ebenfalls in den Jahren 1955 und 1956 angebauten Stämme 51/4 und 52/5 (Abb. 8 u. 9).

Da Spartein und Lupanin engstens miteinander verwandt sind, Lupanin ist das Oxydationsprodukt des Sparteins und enthält lediglich ein O-Atom mehr als das Spartein, wurde die Frage geprüft, ob in der Wildform das Spartein durch Lupanin oder durch das Oxylypanin, das eine OH-Gruppe zusätzlich besitzt, ersetzt ist, doch waren beide Alkaloide nicht nachzuweisen. Es wurde aber gefunden, daß der Reduktion des Sparteingehaltes bei der Wildform eine Zunahme des Lupiningehaltes entspricht. Lupinin ist aus einem einfachen Norlupinanring aufgebaut, während in den Alkaloiden der Sparteingruppe zwei solcher Ringe kondensiert vorkommen. Das abnorme Lupinin/Sparteilverhältnis der Wildform könnte dadurch zustande kommen, daß die Kondensation des Lupinins zu Spar-

tein unterbleibt oder der Doppelring des Sparteins zum einfachen des Lupinins abgebaut wird. Eine sichere Aussage über die physiologischen Beziehungen zwischen beiden Alkaloiden ist auf Grund unserer Untersuchungen jedoch nicht möglich.

Die Befunde über die Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe bei den verschiedenen Lupinenarten lassen auch keine Aussagen über den Ort der Alkaloidsynthese und die biochemischen und physiologischen Beziehungen zwischen den einzelnen Alkaloiden zu. Die Konstanz des Verhältnisses der Komponenten kann u. a. dadurch zustande kommen, daß alle Organe zu ihrer Bildung befähigt sind, aber auch dadurch, daß die verschiedenen Alkaloide an einer bestimmten Stelle entstehen und sich von dieser aus gleichmäßig über die Pflanze verteilen, was gleiche Beweglichkeit der Komponenten voraussetzt. Denkbar ist auch, daß ein Alkaloid oder eine Alkaloidvorstufe an einem bestimmten Ort entsteht, sich gleichmäßig in der Pflanze verteilt und entsprechend den physiologischen Bedingungen am Ablagerungsort, die dann in allen Geweben dieselben sein müßten, in einem bestimmten Verhältnis in die Komponenten umgewandelt wird.

Bei allen unseren Untersuchungen an gelben Lupinen, Samen von bitteren und alkaloidarmen Sorten und Stämmen und an vegetativen Organen von Bitterlupinen, haben wir immer Lupinin als Hauptalkaloid festgestellt, im Gegensatz zu VAN DER KUY (7, 8), nach dessen Beobachtungen Lupinin bald nach der Keimung nicht mehr nachweisbar ist, zur Zeit der Blüte und der Fruchtbildung indessen in großer Menge wieder erscheint. Wie dieser Widerspruch zustande kommt, ob er methodisch bedingt ist oder ob VAN DER KUY einen Stamm mit diesen Eigentümlichkeiten untersucht hat, ist noch ungeklärt. Nach unseren Erfahrungen liegt die letzte Annahme durchaus im Bereich der Möglichkeit. Unsere Untersuchungen bringen jedenfalls keinerlei Belege dafür, daß Lupinin in bemerkenswertem Umfang nach der Keimung seinen Alkaloidcharakter verliert.

Zusammenfassung

Es wird eine Methode zur papierchromatographischen Zerlegung der Alkaloidkomplexe von gelben, blauen und weißen Lupinen beschrieben.

Die mit dieser Methode durchgeführten Untersuchungen zeigen, daß die quantitative und qualitative Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe in Abhängigkeit von der genetischen Konstitution der Rassen und Sorten stark variieren kann.

Jede der untersuchten Lupinenarten enthält außer ein oder zwei Hauptalkaloiden noch ein bis vier verschiedene Nebenalkaloide. Bei der gelben Lupine wurde immer Lupinin, bei den verschiedenen Formen der blauen und weißen Lupinen immer Lupanin als Hauptalkaloid festgestellt. In der Regel tritt bei gelben Lupinen Spartein als 2. Hauptalkaloid auf, lediglich die untersuchte Wildform bildet neben viel Lupinin nur noch Spuren von Spartein. Sparteinfrei oder mindestens extrem sparteinarm im Vergleich zum Lupiningehalt ist auch der alkaloidarme Stamm 80. Bei bitteren Formen der weißen Lupine tritt auch Oxylypanin in relativ großer Menge auf, während es bei den süßen Formen fehlt oder nur als Nebenalkaloid vorkommt.

Auch in der Art und Zahl der Nebenalkaloide sind deutliche Unterschiede festzustellen. Die beiden bitteren Deutschen Landsorten der gelben Lupine führen in den Samen keine Nebenalkaloide, während auf den Chromatogrammen der Wildform und der portugiesischen Herkunft ein bzw. zwei Nebenalkaloide zu erkennen sind. Zwei extrem langsam wandernde Nebenalkaloide finden sich im Stamm 102. Drei Nebenalkaloide kommen in der Regel bei der blauen Lupine vor; dem halbbitteren Zuchtstamm fehlen aber die Nebenalkaloide der bitteren Sorte und der bitteren Wildform, dafür tritt hier ein neues Alkaloid mit niedrigerem Rf-Wert in beträchtlicher Konzentration auf. Bei weißen Lupinen finden sich ebenfalls Unterschiede in der Art und Menge der Nebenalkaloide.

Der alkaloidarme Stamm 8 der gelben Lupine enthält Lupinin und Spartein, und zwar ungefähr im gleichen Verhältnis, in dem beide Alkaloide von den normal bitteren Formen gebildet werden; im Stamm 80 wurde bisher einwandfrei nur Lupinin festgestellt, und der Stamm 102 ist durch das Auftreten zweier Nebenalkaloide mit niedrigem Rf-Wert neben Lupinin und Spartein charakterisiert. Die drei Faktoren für den niedrigen Alkaloidgehalt dieser Stämme, die Gene *dulcis* bzw. *amoenus* und *liber*, reduzieren also nicht nur den Alkaloidgehalt verschieden stark, sondern wirken sich auch unterschiedlich auf die Zusammensetzung der Alkaloidkomplexe aus.

Das Gen *dulcis* entfaltet im Stamm 8 und in der Sorte Weiko III nahezu dieselbe quantitative und qualitative Wirkung, während der Faktor *liber* sich in einem anderen Genmilieu qualitativ wohl ebenso auswirkt wie im Stamm 102, den Alkaloidgehalt aber weniger stark herabsetzt.

Ein vermutlich doppelt rezessiver Stamm mit den Genen *dulcis* und *liber* entspricht im Alkaloidgehalt und in der Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes der Sorte Weiko III mit dem Gen *dulcis*.

Großen Differenzen im Alkaloidgehalt der verschiedenen Organe steht eine bemerkenswerte Konstanz der Zusammensetzung ihrer Alkaloidkomplexe gegenüber. Letztere wird nach unseren Untersuchungen im

Gegensatz zum Alkaloidgehalt auch durch die Außenbedingungen nur wenig modifiziert.

Die Befunde werden unter Berücksichtigung der Leistungsfähigkeit der Methode diskutiert und mit bereits vorliegenden Ergebnissen in Beziehung gebracht.

Literatur

1. GALINOVSKY, F.: Lupinen-Alkaloide und verwandte Verbindungen. Fortschr. Chem. organ. Naturstoffe **8**, 245—277 (1951). — 2. HACKBARTH, J.: Neuere Gesichtspunkte bei der Züchtung der Lupinen auf geringen Alkaloidgehalt. Saatzuchtwirtsch. **6**, 320—322 (1954). — 3. HACKBARTH, J.: Die Gene der Lupinenarten. I. Gelbe Lupinen (*Lup. luteus* L.). Zeitschr. f. Pflanzenzüchtg. **37**, 1—26 (1957). — 4. HACKBARTH, J.: Die Gene der Lupinenarten. II. Schmalblättrige Lupinen (*Lup. angustifolius* L.). Zeitschr. f. Pflanzenzüchtg. **37**, 81—95 (1957). — 5. HACKBARTH, J.: Die Gene der Lupinenarten. III. Weiße Lupinen (*Lup. albus* L.) Zeitschr. f. Pflanzenzüchtg. **37**, 185—91 (1957). — 6. HACKBARTH, J. und R. v. SENGBUSCH: Die Vererbung der Alkaloidfreiheit bei *Lup. luteus* und *Lup. angustifolius*. Der Züchter **6**, 249—55 (1934). — 7. KUY, A. VAN DER: Over de alkaloid-ontogenese by *Lupinus luteus*. Pharmaceutisch Weekblad **90**, 65—71 (1955). — 8. KUY, A. VAN DER: Bijdrage tot de kennis van alkaloidvorming by enkele species van het genus *Lupinus*. Oranjeplein 96: s'Gravenhage 1956. — 9. LIST, H. P.: Versuch zur quantitativen Bestimmung von Alkaloiden in Pherogrammen. Naturwiss. **41**, 454 (1954). — 10. MEYER, K.: Photometrische Alkaloidbestimmung zur Untersuchung von Zuchtmaterial der weißen und blauen Lupine. Ldw. Jb. **91**, 418—440 (1941). — 11. RESPLONDY, A. et CH. SAUNIE: C. R. Ac. Sc. Paris **241**, 65 (1955). Nach WIEWIOWSKI und BRATEK. — 12. SCHWARZE, P.: Stoffproduktion und Pflanzenzüchtung. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung. Herausgeg. von KAPPERT-RUDOLF. Bd. I, 307—365. Berlin: Parey 1955. — 13. SCHWARZE, P.: Ein Serienverfahren zur Bestimmung des Alkaloidgehaltes in Süßlupinen. Der Züchter **17/18**, 105—109 (1947). — 14. SENGBUSCH, R. v.: Die Züchtung von Süßlupinen mit nichtplatzenden Hülsen. Die Kombination der Eigenschaften „Alkaloidfrei“ und „Nichtplatzen der Hülsen“ und die Bedeutung der doppelt und dreifach rezessiven alkaloidfreien Formen für die Süßlupinenzüchtung. Der Züchter **12**, 149—152 (1940). — 15. WIEWIOWSKI, M. und M. D. BRATEK: Die qualitative Zusammensetzung der Lupinenalkaloide im Lichte chromatographischer Untersuchungen. Bisher unveröffentlichtes Manuskript eines Vortrages (1956). — 16. WIEWIOWSKI, M. und M. D. BRATEK: Chromatographic separation and identification of alkaloids present in lupine. Bull. Acad. Polon. Sci. Cl. II, **4**, Nr. 1 (1956).

(Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Groß-Lüsewitz der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin)

Beiträge zur Resistenzzüchtung gegen den Kartoffelnematoden (*Heterodera rostochiensis* WOLLENWEBER)

II. Untersuchungen über die Vererbung der Nematodenresistenz bei den Arten *S. vernei* BITT. et WITTM. und *S. tuberosum* L. subspecies *andigena* (BUK.) HAWKES.

Von DIETRICH ROTHACKER und HELMUT STELTER

Mit 9 Abbildungen

1. Ausgangsmaterial

Den ersten großen Erfolg zur Züchtung nematodenresistenter Kartoffelsorten bildete nach jahrelangem Suchen in dem Weltsortiment der Kultur-, Primitiv- und Wildkartoffelformen das Auffinden hoher Resistenz in der wilden Art *S. ballsii* (ELLENBY 1948, HAWKES 1947b).

Auf Grund des in Südamerika gesammelten Materials beschrieb HAWKES (1944) diese Art als „species nova“. Nachdem BRÜCHER (1954) die von

BITTER und WITTMACK bereits 1914 entdeckte Art *S. vernei* 1950 wieder fand, ergab der Vergleich, daß die neubeschriebene Species *S. ballsii* als Subspecies von *S. vernei* aufzufassen ist (HAWKES 1956b).

Auch die vorübergehende Einordnung der Art *S. vernei* in die Reihe *Commersoniana* war ein Irrtum (BRÜCHER 1954, HAWKES zit. n. GOFFART und ROSS, 1954). Ebenso ist die nach den chromosomenmorphologischen Untersuchungen von GOTTSCHALK und PETERS (1955) erfolgte Eingruppierung in dieselbe