

Art dagegen eine Vergrößerung der Nadellänge. 4jährige Nadeln waren gewöhnlich länger als 2jährige.

Die erhaltenen Bastarde werden für Nachkommenschaftsprüfungen ausgepflanzt und die Kreuzungsversuche sollen erweitert werden.

#### Literature Cited

1. ALLEN, G. S.: Factors affecting the viability and germination behaviour of coniferous seed. *For. Chron.* **34**, 266–298 (1958). — 2. BEISSNER, L.: Handbuch der Nadelholzkunde. Berlin: Verlag Parey 1891. 576 pp. — 3. BUCHHOLZ, J. T.: Volumetric studies of seeds, endosperms, and embryos in *Pinus ponderosa* during embryonic differentiation. *Bot. Gaz.* **108**, 232–244 (1946). — 4. BURLEY, J.: Variation in seed characteristics of Sitka spruce. *Advancing Frontiers of Plant Sciences* (New Delhi) **10**, 11–24 (1964). — 5. CHIASSON, L. P.: 1960 Report on tree breeding research; St. Francis Xavier University, Antigonish, N.S. *Proc. 7th Meeting Comm. For. Tree Breed. Canada. Part II.* pp. C1–4 (1960). — 6. CHIASSON, L. P.: Report on tree breeding — 1962. *Proc. 8th Meeting Comm. For. Tree Breed. Canada. Part II.* pp. C1–2 (1962). — 7. CHING, T. M.: Seed production from individual cones of grand fir (*Abies grandis* Lindl.). *Jour. For.* **58**, 959–961 (1960). — 8. DALLIMORE, W., and A. B. JACKSON: *Handbook of Coniferae*. London: Arnold & Co. 1948. 3rd Ed. 682 pp. — 9. FLOUS, F.: Classification et évolution d'un groupe d'Abiétinées. *Trav. Lab. For. Toulouse, Tome I, Vol. II, Article XVII* (1936). 283 pp. — 10. FLOUS, F.: Transmission des caractères chez les hybrides de sapins. *C. R. Acad. Sci., Paris*, **204**, 802–804 (1937). — 11. HAYASHI, Y.: The natural distribution of important trees, indigenous to Japan. *Conifers Report I. Gov't. For. Expt. Sta. Bull.* **48** (1951). 11 maps. — 12. HUSAO, Y., and H. KENICHI: On the interspecific hybrid *Abies myriana* × *Abies homolepis* (L.). In Japanese. *Rep. Sapporo Br. For. Expt. Sta.* **69**, 63–80 (1951). — 13. KLAEHN, F. U.: Field trip guide for 9th Northeastern Forest Tree Improvement Conference. *State Univ. Coll. For., Syracuse Univ.* pp. 42–44 (1961). — 14. KLAEHN, F. U., and J. A. WINIESKI: Interspecific hybridization in the genus *Abies*. *Silvae*

*Genetica* **11**, 130–142 (1962). — 15. KOSSENAKIS, G.: Hē Hellānikē elatē [The Greek *Abies*]. *Dasos* **1**, 25–54 (1947). — 16. LAING, E. V.: The genus *Abies* and recognition of species. *Scot. For.* **10**, 20–25, 36 (1956). — 17. MACGILLIVRAY, H. G.: Report on tree improvement 1958–60. *Proc. 7th Meeting Comm. For. Tree Breed. Canada. Part II.* pp. N1–N12 (1960). — 18. MATTFELD, J.: Die europäischen und mediterranen *Abies*-Arten. *Die Pflanzen-Areale* **1**(2), 22–29 (1926). — 19. MATTFELD, J.: Über hybridogene Sippen der Tannen. *Biblio. Botan.* (Stuttgart) **25** (1930). 84 pp. — 20. MERGEN, F.: Evaluation of spontaneous, chemical, and radiation-induced mutations in *Pinaceae*. *FAO World Consultation on Forest Genetics and Tree Improvement*. Stockholm 1963, Section 1/1. 14 pp. — 21. MERGEN, F., and J. BURLEY: *Abies* karyotype analysis. *Silvae Genetica* **13**, 63–68 (1964). — 22. MERGEN, F., and D. T. LESTER: Microsporogenesis in *Abies*. *Silvae Genetica* **10**, 146–156 (1961a). — 23. MERGEN, F., and D. T. LESTER: Colchicine-induced polyploidy in *Abies*. *For. Sci.* **7**, 314–319 (1961b). — 24. NAGAO, A., and S. ASAKAWA: Light sensitivity in the germination of *Abies* seeds. In Japanese with English summary. *Jour. Jap. For. Soc.* **45**, 375–377 (1963). — 25. REHDER, A.: Bibliography of cultivated trees and shrubs hardy in the cooler temperate regions of the northern hemisphere. *Arnold Arboretum, Massachusetts* 1949. 825 pp. — 26. REHDER, A.: *Manual of cultivated trees and shrubs hardy in North America*. New York: MacMillan Co. 1954. 2nd Ed. 996 pp. — 27. ROHMEDER, E.: *Praktische Anwendungsmöglichkeiten forstgenetischer Forschungsergebnisse*. *Schweiz. Zeits. Forstwesen* **112**, 43–71 (1961). — 28. SARGENT, C. S.: *The silva of North America, Vol. 12 (Coniferae)*. Boston: Houghton and Mifflin and Co. 1898. 139 pp. — 29. SAX, K., and H. J. SAX: Chromosome number and morphology in conifers. *Jour. Arnold Arbor.* **14**, 356–375 (1933). — 30. SCHMUCKER, T.: The tree species of the northern temperate zone and their distribution. *Silvae Orbis* **4** (1942). 157 pp., 250 maps. — 31. TJIO, J. H., and G. OSTERGREN: Spontaneous chromosome fragmentation in *Pinus*. *Proc. 9th Int. Gen. Cong.* 903–904 (1956). — 32. WRIGHT, J. W.: Summary of tree breeding experiments in the Northeast Forest Experiment Station. *U.S.F.S. Northeast For. Expt. Sta. Sta. Paper* **56** (1953). 47 pp.

Aus dem Institut für Pflanzenzüchtung Gülzow-Güstrow, Zweigstelle Kloster Hadmersleben, der Deutschen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften zu Berlin

## Untersuchungen über die Vererbung der Alkaloidarmut und die Variabilität des Restalkaloidgehaltes bei *Lupinus albus* L.

Von W. PORSCHKE

Die Tatsache, daß alle süßen Lupinen nicht völlig alkaloidfrei sind, sondern noch einen Restalkaloidgehalt besitzen, hat wiederholt die Aufmerksamkeit von Züchtung und Züchtungsforschung gefunden (v. SENGBUSCH 1940, SCHWARZE 1947, SCHWARZE u. HACKBARTH 1957, HACKBARTH u. TROLL 1959, MIKOLAJCZYK u. NOWACKI 1961 u. a.). Zwar beweisen jahrzehntelange gute Erfahrungen der Praxis mit süßen Lupinen als Grünfütter, daß der Restalkaloidgehalt keinerlei toxische Wirkungen hervorruft. Doch ist diese Frage bei der Verfütterung von Körnerlupinen noch nicht geklärt. Es liegen Ergebnisse aus Tierversuchen vor, die auf völlige Unschädlichkeit auch hoher Futteranteile süßer Körnerlupinen schließen lassen (COLUMBUS 1935, RICHTER u. SCHILLER 1956), aber auch solche, die eine toxische Wirkung nachweisen (NICHOLSON 1944, TARJAN u. LASZLO 1957). Letztere wiegen schwerer und sprechen dafür, den Alkaloidgehalt so niedrig wie möglich zu

halten bzw. die Züchtung völlig alkaloidfreier Lupinen anzustreben.

Auf Grund der vorstehenden Überlegungen wurden Untersuchungen über die Genetik der Alkaloidarmut und die Variabilität des Restalkaloidgehaltes bei *Lup. albus* durchgeführt. Diese Arbeiten liefen im Rahmen des Lupinen-Zuchtprogrammes in Hadmersleben. Die bisher erzielten Ergebnisse sollen in dieser Arbeit dargelegt werden.

### 1. Material und Methodik

Alle Untersuchungen wurden an Pflanzenmaterial durchgeführt, das unter gleichen Bedingungen im Zuchtgarten Kloster Hadmersleben aufgewachsen ist. Die Auszählung der Spaltungsverhältnisse in den  $F_2$ -Generationen erfolgte im Bestand an grünen Pflanzen mit Hilfe der Tüpfeltest-Methode nach KRAFT (1953). Das Verfahren wurde in vereinfachter Form angewendet, wie bereits von PLARRE u. POR-

SCHE (1961) beschrieben. Die Herstellung des Dragendorff-Reagenz erfolgte nach Angaben von WIEWIOWSKI, BRATEK u. DRZEWIECKA (1958).

Die halbquantitativen Alkaloidbestimmungen wurden an Samen nach der von WIEWIOWSKI, BRATEK u. DRZEWIECKA (1958) ausführlich beschriebenen Testmethode vorgenommen.

Für die Untersuchungen wurden verwendet:

#### 1. Hadmerslebener und Gülzower Zuchtmaterial.

Die Hadmerslebener Stämme entstanden aus den Arbeiten von VETTEL auf der Grundlage ehemaliger süßer Landsberger Zuchtstämme durch Direktauslese, Kombination zwischen diesen Stämmen und Einkreuzung bitterer Formen aus dem Mittelmeergebiet. Nach Angaben von TROLL (1958) und HACKBARTH (1961) wird die Alkaloidarmut im Landsberger und Hadmerslebener Zuchtmaterial durch die Gene *pauper* und *nutricius* bedingt.

Das aus den Arbeiten von KRESS hervorgehende Gülzower Zuchtmaterial entstand aus der Kreuzung alkaloidarmer Pflanzen Herkunft Ungarn  $\times$  alkaloidarme Pflanzen Herkunft Palästina (Gülzow St. 91) und späterer Kreuzung mit Landsberger St. 703 Kurz (Gülzow St. 883). Nach TROLL (1958) besitzt der Gülzower Stamm 91 ein bisher noch nicht näher bezeichnetes eigenes Alkaloidgen.

#### 2. Zuchtsorten aus der Deutschen Bundesrepublik und der VR Polen, die sich im Hadmerslebener Sortiment befinden:

Pflugs Ultra und Blanca, die nach HACKBARTH (1961) das Gen *pauper* enthalten,

Przebedowski Wczesny, die nach MIKOLAJCZYK (1961) das Gen *tertius* enthält und Drobnonasienny Gr. 1 Nowa, über deren Vererbung des Alkaloidgehaltes bisher nichts veröffentlicht wurde.

## 2. Ergebnisse

### 2.1 Genetische Untersuchungen

Durch Auswertung aller durchgeführten Kreuzungen und auf Grund der Abstammung der vorhandenen Stämme sind uns die Alkaloidgene im Hadmerslebener und Gülzower Zuchtmaterial recht gut bekannt. Alle bei uns durchgeführten Analysen bestätigen die Angaben von TROLL (1958), daß in Hadmerslebener Stämmen die Gene *pauper* und

*nutricius* vorhanden sind und in den Gülzower ein bislang noch nicht benanntes neues Gen vorkommt. Als Bezeichnung dieses Gülzower Alkaloidgens wird das Symbol *minutus* (*min*) vorgeschlagen. Da in den Jahren nach dem 2. Weltkrieg an beiden Zuchtstätten keine Ursprungsauslesen aus bitteren Herkünften vorgenommen wurden, ist nicht anzunehmen, daß noch weitere bisher unbekannte Alkaloidgene in unserem Zuchtmaterial vorliegen. Kreuzungen mit ausländischen süßen Formen, die evtl. andere Gene enthalten, wurden erst in den letzten Jahren durchgeführt und können sich noch nicht auf die bisher untersuchten Stämme ausgewirkt haben.

Die Ergebnisse unserer Untersuchungen sollen hier nicht im einzelnen aufgeführt, sondern nur an einigen Beispielen demonstriert werden. In Tab. 1 wird der Alkaloidgehalt der  $F_1$  bei Kreuzungen zwischen Stämmen mit verschiedenen Alkaloidgenen angegeben. In dieses Schema lassen sich alle bisher geprüften Stämme unseres Zuchtmaterials einordnen. Als Novum ist hier eine doppelt rezessive Form aufgeführt, die aus der Kombination *pauper*  $\times$  *nutricius* hervorgegangen ist. In Tab. 2 sind Beispiele für Aufspaltungen in der  $F_2$  bei Kreuzungen mit verschiedenen Alkaloidgenen (bittere  $F_1$ ) aufgeführt. Wie zu ersehen, stimmen die ermittelten Spaltungsverhältnisse sehr gut mit den Erwartungswerten überein und beweisen, daß es sich um 3 unabhängig voneinander wirkende und frei spaltende Gene handelt. Besonders deutlich wird diese Tatsache bei der in der letzten Spalte aufgeführten Kreuzung zwischen dem doppelt rezessiven Hadm. St. 13627/58 und Gülzow. St. 883. Die hierfür errechnete Aufspaltung ergibt nach dem Schema der trifaktoriellen Spaltung ein Verhältnis von 27 bitter : 37 süß. Es ist überraschend, wie gut die ermittelten Zahlen mit den Erwartungswerten übereinstimmen. Der Beweis für die bereits von TROLL (1958) getroffene Feststellung, daß der Gülzower St. 91 einen eigenen Alkaloidfaktor besitzt, ist durch die vorliegenden Kreuzungsergebnisse gebracht. Gleichzeitig ist festzustellen, daß das Gen *minutus* auch in weiterem Gülzower Zuchtmaterial enthalten ist.

Ergebnisse von Kreuzungen mit polnischen Sorten sind in der Tab. 3 angegeben. Aus ihnen läßt sich entnehmen, daß die Sorte Przebedowski Wczesny das Gen *pauper* besitzt. MIKOLAJCZYK (1961) be-

Tabelle 1. Verhalten der  $F_1$  bei Kreuzungen mit Hadmerslebener und Gülzower Zuchtmaterial.

			$\delta$								
			1	2	3	4	5	6	7	8	9
			Kraftquell	Neutra	Hadm. St. 387/51	Nährquell	Hadm. St. 784/50	Hadm. St. 1401/50	Hadm. St. 13627/58	Gülz. St. 91	Gülz. St. 883
			<i>pauper</i>	<i>pauper</i>	<i>pauper</i>	<i>nutricius</i>	<i>nutricius</i>	<i>nutricius</i>	<i>nutricius pauper</i>	<i>minutus</i>	<i>minutus</i>
♀	1	Kraftquell	—	süß	süß	bitter	bitter	bitter	—	bitter	—
	2	Neutra	süß	—	süß	bitter	bitter	bitter	süß	bitter	bitter
	3	Hadm. St. 387/51	süß	süß	—	bitter	bitter	bitter	süß	bitter	bitter
	4	Nährquell	bitter	bitter	bitter	—	—	—	süß	—	—
	5	Hadm. St. 784/50	bitter	bitter	bitter	—	—	süß	—	bitter	—
	6	Hadm. St. 1401/50	bitter	bitter	bitter	—	süß	—	—	bitter	—
	7	Hadm. St. 13627/58	—	süß	süß	süß	—	—	—	bitter	bitter
	8	Gülzow. St. 91	bitter	bitter	bitter	—	bitter	bitter	bitter	—	—
	9	Gülzow. St. 883	—	bitter	bitter	—	—	—	bitter	—	—

zeichnete das Alkaloidgen dieser Sorte (Bialy III entspricht Przebedowski Wczesny) mit dem Symbol *tertius*. Es besteht nunmehr kein Zweifel, daß die beiden Gene *pauper* und *tertius* identisch sind. In Drobnonasienny Gr. 1 Nowa ist ebenfalls *pauper* mit Sicherheit nachzuweisen. Bei Kreuzung mit dem Gülzower St. 883 trat jedoch eine vom normalen 9:7-Verhältnis der bifaktoriellen Spaltung abweichende F<sub>2</sub>-Aufspaltung mit einem Defizit an bitteren Pflanzen auf. Das gefundene Verhältnis von 357 bitteren : 510 süßen Pflanzen entspricht mit großer Wahrscheinlichkeit dem bereits in Tab. 2 aufgeführten trifaktoriellen Spaltungsverhältnis von 27 bitter:37 süß. Es ist daher Grund zu der Annahme, daß es sich bei Drobnonasienny Gr. 1 Nowa um eine doppelt rezessive Form handelt. Leider liegen noch keine weiteren Kreuzungsanalysen vor, die sicheren Auf-

schluß darüber geben könnten. Für das Vorliegen zweier Alkaloidgene spricht auch die Entstehung dieser Sorte. Nach persönlicher Mitteilung von MIKOLAJCZYK ist sie aus einem Korn mit veränderter Fluoreszenz aus Saatgut der polnischen Bialy I entstanden, die das Gen *primus* (MIKOLAJCZYK 1961) besitzt. Es ist danach durchaus möglich, daß es sich um eine Mutante oder natürliche Kreuzung mit *pauper*-Zuchtmaterial handelt, bei der *primus* neben *pauper* erhalten geblieben ist. Zur endgültigen Klärung sind die Ergebnisse weiterer Kreuzungen abzuwarten.

## 2.2 Quantitative Alkaloiduntersuchungen

Untersuchungen mit der bereits vorn genannten Testmethode nach WIEWIOROWSKI u. a. (1958) wurden an Zuchtmaterial und am vorhandenen Sorti-

Tabelle 2. F<sub>2</sub>-Aufspaltung bei Kreuzungen Hadmerslebener und Gülzower Stämme mit verschiedenen Alkaloidgenen (bittere F<sub>1</sub>).

Kreuzung	Anzahl der F <sub>2</sub> -Pflanzen			Spaltungs-Verhältnis	P
	gesamt	bitter	süß		
Hadm. St. 387/51 × Hadm. St. 784/50 ( <i>pauper</i> ) ( <i>nutricius</i> )	436	252	184	9:7	>0,50
Hadm. St. 387/51 × Hadm. St. 1401/50 ( <i>pauper</i> ) ( <i>nutricius</i> )	496	290	206	9:7	>0,30
Hadm. St. 387/51 × Gülzow. St. 91 ( <i>pauper</i> ) ( <i>minusus</i> )	434	239	195	9:7	>0,30
Hadm. St. 387/51 × Gülzow. St. 883 ( <i>pauper</i> ) ( <i>minusus</i> )	246	142	104	9:7	>0,50
Neutra × Hadm. St. 1401/50 ( <i>pauper</i> ) ( <i>nutricius</i> )	264	141	123	9:7	>0,30
Neutra × Gülzow. St. 91 ( <i>pauper</i> ) ( <i>minusus</i> )	392	218	174	9:7	>0,30
Neutra × Gülzow. St. 883 ( <i>pauper</i> ) ( <i>minusus</i> )	339	191	148	9:7	>0,99
Hadm. St. 784/50 × Gülzow. St. 91 ( <i>nutricius</i> ) ( <i>minusus</i> )	249	140	109	9:7	>0,90
Hadm. St. 1401/50 × Gülzow. St. 91 ( <i>nutricius</i> ) ( <i>minusus</i> )	568	326	242	9:7	>0,50
Gülzow. St. 883 × Hadm. St. 13627/58 ( <i>minusus</i> ) ( <i>pauper nutricius</i> )	262	113	149	27:37	>0,70

Tabelle 3. Erbgänge des Restalkaloidgehaltes bei Kreuzungen mit verschiedenen neuen Sorten.

Kreuzung	F <sub>1</sub> -Pflanzen		F <sub>2</sub> -Pflanzen			Spaltungs-Verhältnis	P
	bitter	süß	gesamt	bitter	süß		
Hadm. St. 387/51 × Przebedowski Wczesny ( <i>pauper</i> ) ( <i>tertius</i> )*	—	33	917	—	917	—	—
Przebedowski Wczesny × Neutra ( <i>tertius</i> )* ( <i>pauper</i> )	—	35	918	—	918	—	—
Nährquell × Przebedowski Wczesny ( <i>nutricius</i> ) ( <i>tertius</i> )*	2	—	—	(nicht ausgezählt)		—	—
Przebedowski Wczesny × Gülzow. St. 91 ( <i>tertius</i> )* ( <i>minusus</i> )	24	—	559	324	235	9:7	>0,30
Drobnonasienny Gr. 1 Nowa × Hadm. St. 387/51 ( <i>pauper</i> )	—	38	1830	—	1830	—	—
Blanca × Drobnonasienny Gr. 1 Nowa ( <i>pauper</i> )	—	8	349	—	349	—	—
Drobnonasienny Gr. 1 Nowa × Hadm. St. 13627/58 ( <i>pauper nutricius</i> )	—	15	433	—	433	—	—
Drobnonasienny Gr. 1 Nowa × Gülzow. St. 883 ( <i>minusus</i> )	15	—	867	357	510	27:37	>0,50

\* nach MIKOLAJCZYK (1961)

Tabelle 4. Restalkaloidgehalt im Korn bei *Lup. albus*-Formen mit verschiedenen Alkaloidgenen.

Anbaujahr	Alkaloidgen	Zahl der untersuchten Stämme	davon Alkaloidgehalt in %								
			<0,01	0,01	0,02	0,03	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08
1959	<i>pauper</i>	40	—	—	8	17	14	1	—	—	—
	<i>nutricius</i>	9	—	—	—	2	2	—	2	3	
	<i>pauper nutricius</i>	1	1	—	—	—	—	—	—	—	
	<i>minutus</i>	3	—	—	—	2	1	—	—	—	
1960	<i>pauper</i>	7	—	2	1	4	—	—	—	—	
	<i>nutricius</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	1	
	<i>pauper nutricius</i>	1	1	—	—	—	—	—	—	—	
	<i>minutus</i>	3	—	—	—	1	2	—	—	—	
1961	<i>pauper</i>	19	2	7	5	5	—	—	—	—	
	<i>nutricius</i>	5	—	—	—	1	1	—	—	2	
	<i>pauper nutricius</i>	1	1	—	—	—	—	—	—	—	
1962	<i>pauper</i>	28	—	—	4	5	11	8	—	—	
	<i>nutricius</i>	3	—	—	—	—	2	—	—	1	
	<i>pauper nutricius</i>	1	1	—	—	—	—	—	—	—	
	<i>minutus</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	1	
1963	<i>pauper</i>	35	—	—	5	8	11	11	—	—	
	<i>nutricius</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	1	
	<i>minutus</i>	1	—	—	—	—	—	—	—	1	

Tabelle 5. Mehrjährige Ergebnisse der Alkaloidbestimmungen an Sorten und Stämmen.

Sorte/Stamm	Alkaloidgen	Prozent Restalkaloid im Korn					mittlerer Gehalt ca.
		1959	1960	1961	1962	1963	
Kraftquell	<i>pauper</i>	—	0,02	—	—	0,04	0,03
Pflugs Ultra	<i>pauper</i>	—	0,03	0,02	0,03	0,02	0,03
Przebedowski Wczesny	<i>pauper</i>	0,01	0,01	0,02	0,03	0,03	0,02
Blanca	<i>pauper</i>	0,01	0,01	0,02	—	0,02	0,02
Neutra	<i>pauper</i>	0,04	0,03	0,03	0,04	0,04	0,04
Hadm. St. 387/51	<i>pauper</i>	0,03	0,01	0,01	0,01	0,03	0,02
Hadm. St. 2635/50	<i>pauper</i>	0,04	—	—	0,05	0,05	0,05
Nährquell	<i>nutricius</i>	—	0,07	—	—	0,07	0,07
Hadm. St. 784/50	<i>nutricius</i>	0,07	—	0,08	—	—	0,08
Hadm. St. 28791/59	<i>nutricius</i>	—	—	0,04	0,05	—	0,05
Gülzow. St. 91	<i>minutus</i>	—	0,05	—	—	0,07	0,06
Gülzow. St. 884	<i>minutus</i>	0,04	0,05	—	—	—	0,05
Hadm. St. 13627/58	<i>pauper</i>	—	—	—	—	—	—
Drobnonasienny Gr. 1 Nowa	<i>nutricius</i>	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	—	<0,01
	<i>pauper (primus?)</i>	0,01	0,01	0,03	0,03	0,01	0,02

ment süßer *Lup. albus* vorgenommen. Die Zusammensetzung von Sortiment und Zuchtmaterial war in den einzelnen Jahren verschieden. Die dabei erhaltenen Ergebnisse aus mehreren Jahren sind in der Tab. 4 zusammengefaßt. Die geprüften Stämme sind darin nach ihren Alkaloidgenen gruppiert. Allgemein ist daraus ersichtlich, daß der Restalkaloidgehalt in den einzelnen Jahren nicht gleiche absolute Werte erreicht. Dennoch lassen sich deutliche Relationen zwischen den einzelnen Gruppen feststellen.

Von den einfach-rezessiven Formen ist danach die *pauper*-Gruppe am günstigsten zu beurteilen. Bei einem Alkaloidgehalt zwischen ca. 0,01 und 0,05% entsprechen praktisch alle *pauper*-Stämme noch den Anforderungen, die an eine alkaloidarme Lupine gestellt werden müssen. Demgegenüber fallen alle *nutricius*-Stämme durch besonders hohe Werte zwischen 0,04 und 0,08% auf. Da diese Stämme morphologisch und physiologisch sehr unterschiedliche Formen verschiedenartiger Abstammung sind, muß ihr hoher Gehalt an Restalkaloiden auf der Wirkung des Genes *nutricius* beruhen. Bisher wurde bei uns noch kein *nutricius*-Stamm gefunden, der weniger als 0,04% erreicht.

Über die Stämme mit dem Gen *minutus* lassen sich noch keine völlig ausreichenden Angaben machen,

da noch zu wenige geprüft wurden. Es zeigt sich aber bereits, daß auch dieses Gen einen relativ hohen Gehalt an Restalkaloid bewirkt, der bisher zwischen 0,04 und 0,07% und somit etwas niedriger als bei der *nutricius*-Gruppe lag.

Die doppelt rezessive Form mit *pauper* und *nutricius* zeichnet sich durch einen besonders niedrigen Wert aus. Mit der angewandten Untersuchungsmethode ließ sich gerade noch eine Spur von Restalkaloid erfassen, die quantitativ noch unter 0,01% liegt. Damit erreicht diese Kombination die unterste Grenze in der Variationsbreite des bisher von uns untersuchten Sortimentes.

Eine Anzahl von Sorten und Stämmen wurde mehrjährig geprüft. Die erhaltenen Werte sind in Tab. 5 aufgeführt. Sie zeigen recht deutlich, daß nicht nur zwischen den Gruppen mit verschiedenen Alkaloidgenen erbliche Unterschiede bestehen, die sich in allen Jahren gut ausprägen, sondern auch innerhalb der Gruppen. Am stärksten unterscheiden sich in dieser Hinsicht die Stämme mit dem Gen *pauper*. Blanca liegt in allen Jahren zwischen 0,01 und 0,02%, der Hadm. St. 2635/50 dagegen zwischen 0,04 und 0,05%. Diese Differenzen sind durchaus auch züchterisch wichtig. Beachtlich ist auch der deutliche Unterschied zwischen Nährquell bzw.

Hadm. St. 784/50 und Hadm. St. 28791/59 aus der *nutricius*-Gruppe. Der doppelt rezessive Hadm. St. 13627/58 überschreitet in keinem Jahr 0,01% und unterscheidet sich auch durch seinen konstant niedrigen Alkaloidgehalt von den normalen einfach-rezessiven Formen. Die wahrscheinlich doppelt rezessive polnische Sorte Drobnonasienny Gr. 1 Nowa liegt demgegenüber in gleicher Höhe wie die einfach-rezessiven Formen mit dem Gen *pauper*.

### 3. Besprechung der Ergebnisse

Die verwendete Testmethode hat sich als gut brauchbar für die Untersuchung des Zuchtmaterials erwiesen. Es ist möglich, auf diese Art eine größere Zahl von Proben zu untersuchen, wofür keine komplizierten Arbeitsgänge und Arbeitskräfte mit Spezialkenntnissen notwendig sind. Die halbquantitative Alkaloidbestimmung eignet sich besonders zur Auffindung von extremen Formen und somit für züchterische Zwecke.

Wie unsere Untersuchungen zeigen, besitzt die „süße“ *Lupinus albus* eine relativ große Variabilität in der Höhe des Restalkaloidgehaltes. Es war möglich, aus unserem Zuchtmaterial eine Anzahl von Stämmen unterschiedlicher Abstammung mit einem besonders niedrigen Gehalt an Alkaloiden zu selektieren. Züchterische Möglichkeiten für eine Senkung dieses Gehaltes sind somit gegeben. Es bleibt nun die Frage nach der genetischen Grundlage des Restalkaloidgehaltes zu stellen.

Nach HACKBARTH u. TROLL (1959) ist „in jedem alkaloidarmen Stamm ein sortentypischer Restgehalt an Alkaloiden genetisch verankert“. In einer späteren Veröffentlichung vertritt HACKBARTH (1962) die Ansicht, „daß wahrscheinlich jedes Gen den Alkaloidgehalt auf ein bestimmtes Niveau herabdrückt“. Zwischen beiden Formulierungen besteht ein scheinbarer Widerspruch. Nach unseren Ergebnissen ist dennoch beides zutreffend. Unsere Untersuchungen ergaben einen sehr deutlichen Unterschied zwischen den Stämmen mit den Genen *pauper* einerseits und *nutricius* und *minutus* andererseits. *Pauper* vermindert den Alkaloidgehalt weit stärker als die beiden anderen Faktoren. Entsprechende Feststellungen wurden auch von SCHWARZE u. HACKBARTH (1957) bereits bei *Lup. luteus*, *Lup. angustifolius* und *Lup. albus* gemacht. Sie konnten zeigen, daß neben den quantitativen auch qualitative Unterschiede durch die verschiedenen Alkaloidgene bedingt werden.

Zu gleichlautenden Ergebnissen bei quantitativen Untersuchungen an *Lup. albus* mit den Genen *primus* und *tertius* (entspr. *pauper*) kamen auch MIKOLAJCZYK u. NOWACKI (1961). Sie fanden bei Kreuzungen zwischen Stämmen mit verschiedenen Alkaloidgenen und unterschiedlichem Restalkaloidgehalt in der F<sub>2</sub> und F<sub>3</sub> nur Formen, deren Alkaloidgehalt den Eltern entsprach.

Es kann demnach als sicher gelten, daß die Höhe des Restalkaloidgehaltes in starkem Maße von dem jeweils wirksamen rezessiven Alkaloidgen bestimmt wird. Diese Gene bedingen dabei aber nur eine gewisse Variationsbreite für den Alkaloidgehalt. Innerhalb dieser Variationsbreite wird er anscheinend durch Modifikationsgene oder das gesamte Gen-

milieu quantitativ stark beeinflusst und für jede Genkombination speziell festgelegt. Wie unsere Untersuchungen insbesondere an Stämmen mit dem Gen *pauper* zeigen, ist die dadurch bedingte Variation in der Höhe des Restalkaloidgehaltes relativ groß. Die extrem hoch liegenden Stämme enthalten das 2–3-fache der niedrigsten Varianten. Noch stärkere quantitative Unterschiede stellten SCHWARZE u. HACKBARTH (1957) zwischen *Lup. luteus*-Stämmen mit dem Gen *liber* fest. Bei der Züchtung auf niedrigen Restalkaloidgehalt ist diese starke Variation der Stämme mit gleichem Alkaloidgen zu berücksichtigen. Sie macht es erforderlich, chemische Testmethoden zu verwenden, um günstige Formen selektieren zu können, denn Voraussagen über die genaue Höhe des Restalkaloidgehaltes in Kreuzungsnachkommenschaften sind zumindest vorläufig nicht möglich. Die Züchtarbeit wird aber durch genaue Kenntnis der verwendeten Alkaloidgene erleichtert. Es läßt sich mit Sicherheit annehmen, daß die erstrebten Formen nur in Material mit geeigneten Alkaloidgenen vorkommen. *Pauper* bringt hierfür günstige Voraussetzungen, während die Wahrscheinlichkeit dafür in Zuchtmaterial mit *nutricius* und *minutus* nur sehr gering oder gar nicht vorhanden ist.

Wenn man die bisher bei *Lup. albus* bekannten Alkaloidgene von diesem Gesichtspunkt aus beurteilt, so müssen außer *nutricius* und *minutus* auch *primus* (MIKOLAJCZYK u. NOWACKI 1961) sowie *reductus* (HACKBARTH 1961) als wenig geeignet für die praktische Züchtung angesehen werden. Auch sie bewirken einen relativ hohen Restalkaloidgehalt. Über *suavis*, *mitis* und *exiguus* ist uns in dieser Hinsicht nichts bekannt und somit keine Beurteilung möglich.

Nach unseren derzeitigen Kenntnissen bleiben daher von den bisher bekannten 8 Genen für die Senkung des Alkaloidgehaltes bei *Lup. albus* höchstens noch 4, die für die praktische Züchtarbeit zur Schaffung süßer Weißlupinen empfohlen werden können. Dabei wird allerdings vorausgesetzt, daß sie alle außer dem Gehalt an Alkaloiden keine weiteren Eigenschaften der Pflanze, insbesondere die Ertragsleistung beeinflussen. Aus unseren Erfahrungen ergeben sich bei *Lup. albus* bisher keine sicheren Anhaltspunkte für eine pleiotrope Wirkung der Alkaloidgene. Somit ist ihr züchterischer Wert in erster Linie durch die von ihnen bedingte Variationsbreite des Alkaloidgehaltes bestimmt. In zweiter Linie wäre noch die qualitative Zusammensetzung des Alkaloidkomplexes zu beachten, die nach SCHWARZE u. HACKBARTH (1957) bei verschiedenen Alkaloidgenen unterschiedlich ist.

Die bisherigen Darlegungen gelten für Stämme mit einem rezessiven Gen für Alkaloidarmut. Es gibt aber auch die Möglichkeit, doppelt rezessive Formen zu schaffen. Darauf hat bereits v. SENGBUSCH (1940) hingewiesen. SCHWARZE u. HACKBARTH (1957) untersuchten eine solche Form bei *Lup. luteus* und fanden überraschenderweise keinen Unterschied im quantitativen und qualitativen Alkaloidgehalt gegenüber der einfach-rezessiven Form. Sie erklären das mit der Wirkung von Modifikationsgenen.

Der von uns untersuchte doppelt rezessive Stamm 13627/58 mit den Genen *pauper* und *nutricius* liegt

demgegenüber in allen Jahren eindeutig unter dem Restalkaloidgehalt der *nutricius*- wie auch der *pauper*-Stämme. Offensichtlich haben sich beide Faktoren in ihrer Hemmwirkung auf die Alkaloidsynthese verstärkt oder ergänzt. Qualitative Untersuchungen über die Zusammensetzung der Alkaloide würden sicherlich Aufschluß über die Art der Genwirkung geben. Sie konnten leider noch nicht durchgeführt werden.

Unser Stamm 13 627/58 besitzt eine völlig normale Vitalität. Er brachte in mehreren Jahren gleich hohe Kornerträge wie die besten einfach rezessiven Stämme. Er zeigte auch sonst in keiner Weise eine negative Wirkung der zwei rezessiven Alkaloidgene. Praktische Bedeutung konnte er nicht erlangen, da er zu spät reift.

Dieses Beispiel zeigt, daß es möglich sein muß, die bereits von v. SENGBUSCH (1940) vorgeschlagenen Kombinationen mehrerer Gene für Alkaloidarmut herzustellen und dadurch alkaloidfreie Lupinen zu schaffen. Es läßt sich annehmen, daß nicht jede derartige Kombination in gleicher Weise wirksam wird. Bei der beachtlichen Anzahl von Alkaloidgenen, die bei *Lup. albus* bekannt geworden sind, dürfte es aber sicher möglich sein, noch weitere günstige Kombinationen dieser Art zu finden.

Vielleicht bietet sich dadurch auch ein Weg, die völlige Alkaloidfreiheit bei Lupinen nicht nur zu erreichen, sondern durch Kombination mehrerer rezessiver Gene soweit zu fixieren, daß die lästigen bitteren Pflanzen bei der Erhaltungszucht und Vermehrung von Süßlupinen in Zukunft nicht mehr auftreten. Es wäre sicherlich lohnenswert, diesen weiteren Schritt auf dem Wege zur Kulturpflanze in der Süßlupinenzüchtung zu versuchen.

Dabei würde auch die Möglichkeit geschaffen, ein bestimmtes Alkaloidgen in alle Sorten eines Anbaugesbietes einzulagern und das Entstehen bitterer Pflanzen durch Fremdbefruchtung völlig zu verhindern. Für *Lup. albus* wäre das bisher schon am meisten verbreitete Gen *pauper* dafür zweifellos gut geeignet.

### Zusammenfassung

Es wird über mehrjährige Untersuchungen an Hadmerslebener und Gülzower Zuchtmaterial und Sortiment alkaloidarmer *Lup. albus* zu Fragen der Vererbung der Alkaloidarmut und der Höhe des Restalkaloidgehaltes berichtet:

1. Im Hadmerslebener Zuchtmaterial wurden nur Stämme mit den Genen *pauper* und *nutricius* sowie eine doppelt rezessive Form mit beiden Genen gefunden.

2. Das Zuchtmaterial aus Gülzow enthält ein eigenes rezessives Alkaloidgen, wofür die Bezeichnung *minutus* (*min*) vorgeschlagen wird.

3. Das in polnischen Zuchtstämmen festgestellte Gen *tertius* ist mit *pauper* identisch.

4. Der Restalkaloidgehalt wird durch *pauper* am stärksten (auf 0,01–0,05%), durch *minutus* (0,04 bis 0,07%) und *nutricius* (0,04–0,08%) weniger stark reduziert.

5. Die doppelt rezessive Form mit *pauper* und *nutricius* wies in allen Jahren bisher den niedrigsten (<0,01%) Restalkaloidgehalt des geprüften Sortimentes auf.

6. Neben den eigentlichen Alkaloidgenen beeinflussen noch andere erbliche Faktoren die Höhe des Restalkaloidgehaltes, so daß bedeutende Unterschiede zwischen verschiedenen Stämmen mit dem gleichen Gen auftreten können.

Die Ergebnisse werden diskutiert.

### Literatur

1. COLUMBUS, A.: Fütterung mit Süßlupinen durch vier Generationen. Tierernährung 7, 543 (1935).
2. HACKBARTH, J.: Untersuchungen über die Vererbung der Alkaloidarmut bei der Weißlupine (*Lupinus albus*). Z. Pflanzenzüchtg. 45, 334–344 (1961).
3. HACKBARTH, J.: Die genetischen Grundlagen der Qualitätszüchtung bei Körnerleguminosen. Genetica agraria (Pavia) 15, 357–389 (1962).
4. HACKBARTH, J., u. H. J. TROLL: Lupinen als Körnerleguminosen und Futterpflanzen. In: Handbuch der Pflanzenzüchtung, 2. Aufl., Bd. IV. Berlin und Hamburg 1959.
5. KRAFT, D.: Die Tüpfelmethode in der Pflanzenzüchtung. Pharmazie 8, 170–173 (1953).
6. MIKOLAJCZYK, J.: Inheritance of certain morphological and physiological characters in *Lupinus albus*. Genetica Polonica 2, 19–92 (1961).
7. MIKOLAJCZYK, J., and E. NOWACKI: Inheritance of Alkaloid content in white Lupin (*Lupinus albus* L.). Genetica Polonica 2, 55–64 (1961).
8. NICHOLSON, A.: Sanders Vet. Tox. 216 (1944). Zit. nach TARJAN u. LASZLO (1957).
9. PLARRE, W., und W. PORSCHÉ: Züchtungsarbeiten an *Lupinus polyphyllus* Lindl. zur Nutzung als Futterpflanze. Z. Pflanzenzüchtg. 46, 67–97 (1961).
10. RICHTER, K., u. K. SCHILLER: Untersuchungen zur Ermittlung der gesundheitsschädlichen Grenze des Alkaloidgehaltes von Süßlupinen. Der Züchter 26, 239–241 (1956).
11. SCHWARZE, P.: Ein Serienverfahren zur Bestimmung des Alkaloidgehaltes in Süßlupinen. Der Züchter 17/18, 105–109 (1947).
12. SCHWARZE, P., u. J. HACKBARTH: Untersuchungen über die Alkaloidkomplexe von gelben, blauen und weißen Lupinen. Der Züchter 27, 332–341 (1957).
13. v. SENGBUSCH, R.: Die Züchtung von Süßlupinen mit nichtplatzenden Hülsen. Die Kombination der Eigenschaften „Alkaloidfrei“ und „Nichtplatzten der Hülsen“ und die Bedeutung der doppelt und dreifach rezessiven Formen für die Süßlupinenzüchtung. Der Züchter 12, 149–152 (1940).
14. TARJAN, K., u. K. LASZLO: Untersuchungen über den Nährwert der Lupine. Die Nahrung 1, 249–257 (1957).
15. TROLL, H. J.: Erbgänge des Alkaloidgehaltes und Beobachtungen über Heterosiswirkung bei *Lupinus albus*. Z. Pflanzenzüchtg. 39, 35–46 (1958).
16. WIEWIORSKI, M., M. D. BRATEK u. E. DRZEWIECKA: Nowa mikrometoda oznaczania sumy alkaloidow w nasionach lubinu pastewnego nadajaca sie do oznaczen seryjnych. Rozniki nauk rolniczych 79A — 2, 531–539 (1958).