

Aus dem Landesinstitut für Agrobotanik in Tápiószéle

Über die Züchtung kalkunempfindlicher Lupinen*

Von BELA KOCH

Mit 4 Abbildungen

A. Einleitung

Die Züchtung kalkunempfindlicher Lupinen wurde in Müncheberg schon in den Jahren 1934–1939 begonnen. Über die Erfolgsaussichten berichtete für *Lupinus luteus* SCHANDER (1938, 1939, 1941a und 1941b). Grundsätzlich ergeben sich folgende Entwicklungsmöglichkeiten:

a) Mit Hilfe von Wurzelsekreten gelingt der Pflanze eine äußere Regulation der Wurzelzonen.

b) Als Folge selektiver Permeabilität der Wurzelmembranen kann der Stoffwechsel reguliert werden.

Die Schädigung des Lupinenwachstums auf Kalkböden ist bekannt. Wir befaßten uns daher zunächst mit dem Stoffwechsel von gesunden und chlorotischen Pflanzen. In besonderem Maße analysierten wir den organischen Säurestoffwechsel in Lupinen.

Organische Säuren sind in der Pflanzenwelt allgemein verbreitet. Die einbasischen Säuren (Ameisen-, Essig-, Propion-, Milch-, Buttersäure usw.) sind zunächst Endprodukte des bakteriellen Stoffwechsels, kommen aber auch in Pilzen vor. In den höher entwickelten Pflanzen befinden sich vornehmlich Di- und Trikarbonsäuren (Oxal-, Äpfel-, Wein-, Zitronen- und Bernsteinsäure). Über die Verbreitung der organischen Säuren in der Pflanzenwelt berichtet BUCH (1953) in zusammenfassender Weise.

Die organischen Säuren nehmen als erste Produkte der Fotosynthese eine grundlegende Funktion im Stoffwechsel der Pflanzen ein (THIMANN und BONNER, 1950; BURRIS, 1953). Sie lassen aber auch einige andere physiologische Besonderheiten des Stoffwechsels erkennen. Es besteht eine Korrelation zwischen der geographischen Verbreitung der organischen Säuren und der Temperatur. Pflanzen, die zum Zitronensäureumsatztyp gehören (z. B. Zitrusarten) sind im Mittelmeergebiet heimisch. Überwiegend Weinsäure enthaltende Gewächse (z. B. Rebenarten) gedeihen in der gemäßigten Zone bei einer jährlichen Durchschnittstemperatur von $+9^{\circ}\text{C}$. Die äpfelsäurehaltigen Pflanzen bringen dagegen auch weiter im Norden noch Früchte und begnügen sich mit einer jährlichen Durchschnittstemperatur von $+5^{\circ}\text{C}$ (PAECH, 1950; KOCH, unveröff.).

Die organischen Säuren beeinflussen auch die Kalktoleranz der Pflanzen. Kalkverträgliche Arten erzeugen beim Anbau auf alkalischen Böden nach LUNDEGARDH (1960) anstelle von Zitronensäure zur Neutralisierung der Kationen Äpfelsäure. In kalkempfindlichen Pflanzen dagegen steigt der Anteil der Zitronensäure bis auf 10% der Trockensubstanz an. Zwar bindet auch die Zitronensäure den für die Pflanze überflüssigen Kalk ab, doch ist anzunehmen, daß die Bildung von Zitronensäure bei den kalkunverträglichen Pflanzen außerordentlich schnell verläuft. So entsteht nach LUNDEGARDH unter diesen Voraussetzungen schon eine Erkrankung durch Zitronensäure, die sogenannte „Kalciose“.

B. Versuchsmaterial und Methoden

Zu den Versuchen wurden zwei Lupinenarten: *Lupinus luteus* L. und *Lupinus varius* L. herangezogen. Zur Aussaat wurde ein sandiger Boden gewählt, welcher einen pH-Wert teilweise von 6,5 und an anderen Stellen auch von 8,0 zeigte. Der Kalkgehalt schwankte dementsprechend auch zwischen 0 und 3,78% (solche Bodentypen sind im Donau-Theiß-Zwischenstromland häufig). Im Entwicklungsstadium knapp vor der Blüte, wurden auf Grund der auftretenden Chlorose vier Typen aus dem Lupinenbestand selektiert:

1. Hellgelb (vollkommener Chlorophyllmangel)
2. Gelb (Chlorophyllmangel)
3. Hellgrün (partieller Chlorophyllmangel)
4. Grün (normaler Chlorophyllgehalt)

An diesen Pflanzen wurden die Säuregehaltsfeststellungen aus dem Preßsaft der Blätter durchgeführt. Mit Hilfe einer Tropfpipette wurde nach LINSKENS vom Preßsaft 0,01 ml ohne jede Reinigung an Schleicher-Schüll 2043 b Papier überführt. Als Lösungsmittel verbrauchten wir die organische Phase von Butanol, Ameisensäure und Wasser im Verhältnis von 4:1:5. Die Laufzeit betrug bei den aufsteigenden Chromatogrammen 12 Stunden bei einer Temperatur von 25°C . Die Chromatogramme wurden bei 20°C im säurefreien Raum getrocknet. Die im Preßsaft vorkommenden Karotinoide störten die Entwicklung nicht. Sie sonderten sich am oberen Rand des Papiers ab. Zur Entwicklung der Säuren wurde ein bromphenolblauer Indikator verwendet (Lösung von 40 mg Bromphenolblau in 95 ml Alkohol und 5 ml Wasser, dann mit Hilfe von 0,1 n NaOH auf 5 pH eingestellt). Die organischen Säuren kamen nach Entwicklung an blauvioletterm Grund in gelben Flecken zum Vorschein.

Da die Säurekonzentration zwischen den Arten, aber auch innerhalb derselben veränderlich ist, ist die Laufgeschwindigkeit der einzelnen Säuren verschieden. Ihre Rf.-Werte sind nicht in jedem Fall bestimmbar. Um die Qualität der organischen Säuren (in diesem Fall der Äpfelsäure und der Zitronensäure) auch ohne Rf.-Werte exakt feststellen zu können, wurde nach Auftropfen des Preßsaftes (JORDAN u. a., 1957) noch Äpfel- bzw. Zitronensäure von je 1% Konzentration zugeführt. Bei gleichen Säuren vergrößerten sich die Flecken, bei verschiedenen Säuren entstanden mehrere Flecken.

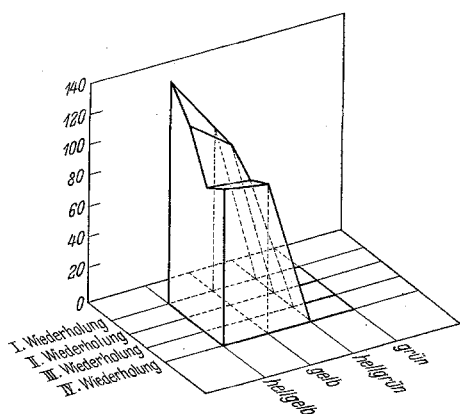
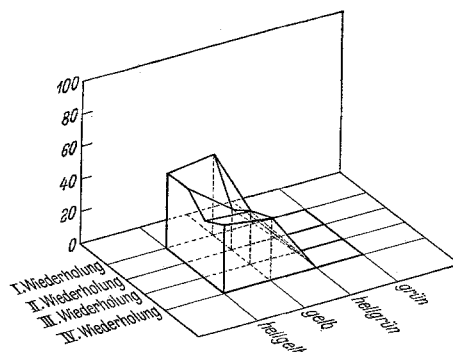
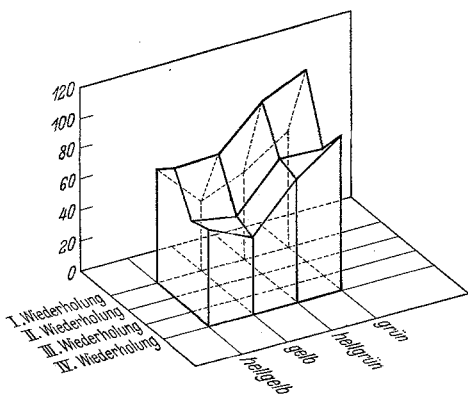
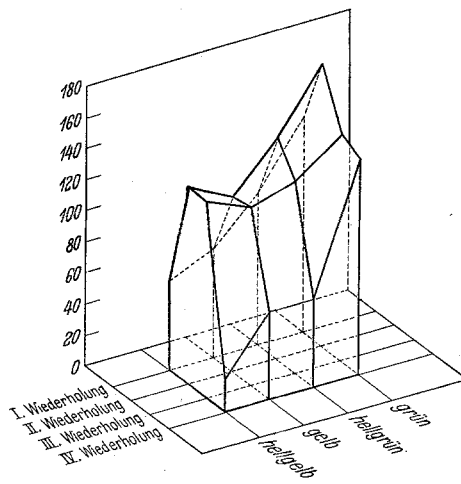
Diese Methode gab die Möglichkeit zu der Feststellung, daß der Preßsaft der zwei untersuchten Lupinenarten (*Lupinus luteus* und *Lupinus varius* L.) auf saurem Boden mit 6,5 pH-Wert nur Äpfelsäure, auf kalkhaltigem Boden dagegen mit höherem pH-Wert als 7,0 Äpfel- und Zitronensäure enthielt.

Die Quantität der Säuren wurde planimetrisch durch Anwendung einer empirischen Kennlinie ausgerechnet.

C. Untersuchungsergebnisse

Die Chromatogrammuntersuchungen lassen den Schluß zu, daß bei den untersuchten Lupinenarten

* Herrn Prof. Dr. OBERDORF zum 65. Geburtstag gewidmet.

Abb. 1. Von der Chlorose abhängiger Zitronensäuregehalt (in µg gerechnet) in *Lupinus luteus* L.Abb. 2. Von der Chlorose abhängiger Zitronensäuregehalt (in µg gerechnet) in *Lupinus varius* L.Abb. 3. Von der Chlorose abhängiger Äpfelsäuregehalt (in µg gerechnet) in *Lupinus luteus* L.Abb. 4. Von der Chlorose abhängiger Äpfelsäuregehalt (in µg gerechnet) in *Lupinus varius* L.

(*Lupinus luteus* und *Lupinus varius*) Zitronensäure nur in den ersten Phasen der Chlorose entwickelt wird. Gesunde Pflanzen enthalten nur Äpfelsäure (Abb. 1 bis 4).

Tabelle 1. Säuregehalt der Blätter von *Lupinus luteus* L.

Blätter	Äpfelsäure in 0,01 µg	Zitronensäure ml Preßsaft µg
Hellgelb (vollkommene Chlorose)	67	100
Gelb (partielle Chlorose)	59	95
Hellgrün	82	—
Grün	43	—

Säuregehalt der Blätter von *Lupinus varius* L.

Hellgelb	79	51
Gelb	88	40
Hellgrün	106	—
Grün	151	—

Aus diesen Werten ist zu entnehmen, daß bei einem Kalkgehalt des Bodens von über 1% die Pflanzen chlorotisch werden. Dann bildet sich neben der Äpfelsäure auch Zitronensäure. Beim Vergleich der beiden Lupinenarten läßt sich feststellen, daß die Äpfelsäureproduktion bei *Lupinus varius* höher als bei *Lupinus luteus* ist. Dies bedeutet, daß *Lupinus varius* höhere CaCO_3 -Gaben vertragen kann. Dafür gibt es auch empirische Beweise, wie die Versuche von KOCH (unveröff.) über die Kalktoleranz von *Lupinus varius* ergeben.

Züchterisch sollte es daher möglich sein, durch Selektion von Stämmen des Äpfelsäure-Stoffwechseltyps kalktolerante Eliten zu erhalten. Durch die

einfache Methode können entsprechende Einzelpflanzen aus einer Population selektiert werden. Unter Anwendung der Methoden der Transgressionszüchtung kann nach Kreuzung von Partnern mit mittlerem Äpfelsäuregehalt erwartet werden, daß verbesserte Formen zu finden sind.

D. Zusammenfassung

Auf kalkhaltigem Boden angebaute Lupinen (*Lupinus luteus* L. und *Lupinus varius* L.) wurden bezüglich ihres organischen Säureumsatzes untersucht. Es konnte festgestellt werden, daß sich im chlorotischen Stadium bei beiden Pflanzenarten neben der Äpfelsäure auch Zitronensäure gebildet hatte.

In den normal grünen Pflanzen war nur Äpfelsäure nachzuweisen. Dieser physiologische Zusammenhang kann bei der Züchtung kalkunempfindlicher Lupinen angewendet werden, wenn Einzelpflanzen mit einem höheren Äpfelsäureumsatz selektiert werden.

Literatur

1. BUCH, M. L.: A bibliography of organic acids in higher plants. Agricultural Handbook No. 164. United States Department of Agriculture, Washington 1953.
2. BURRIS, R. H.: Organic acids in plant metabolism. Annual Review of Plant Physiology 4, 91–114 (1953).
3. JORDAN, CHR., F. KROTE und R. VON SENGBUSCH: Die papierchromatographische Bestimmung der einzelnen Säure- und Zuckerarten als Grundlage für die Auslese auf Wohlgeschmack bei Obst, Beerenobst und Gemüse. Der Züchter 27, 69–76 (1957).
4. KOCH, B.: Züchtung einer kalkverträglichen Lupine (ungarisch). Agrobotanika, Tápiószéle, II, 59–70 (1960).
5. KOCH, B.: Die Wirkung der Kalkböden auf die Chlorose der Lupinen (Unveröffentlicht).
6. LINSKENS, H. F.: Papierchromatographie in der Botanik. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1959.
7. LUNDEGARDH, H.: Pflanzenphysiologie. Fischer Verlag, Jena 1960.
8. PAECH, K.: Biochemie und Physiologie der sekundären Pflanzenstoffe. Springer, Berlin-Göttingen-Heidelberg 1950.
9. SCHANDER, H.: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jugendchlorose von *Lupinus luteus* von Außenfaktoren während ausschließlicher Ernährung durch die Keimblätter in Wasserkultur. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Berlin, 11, (32–50) (1938).
10. SCHANDER, H.: Untersuchungen über die Abhängigkeit der Jugendchlorose von *Lupinus luteus* von Außenfaktoren in Sandkultur. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Berlin, 12, (71–84) (1939).
11. SCHANDER, H.: Untersuchungen über die Verlagerung des Reaktionsoptimums während der Entwicklung bei *Lupinus luteus*. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Berlin, 20, (129–151) (1941a).
12. SCHANDER, H.: Untersuchung über die Entstehung der „wurzelnahen Zone“ bei Jungpflanzen von *Lupinus luteus*. Bodenkunde und Pflanzenernährung, Berlin, 20, (346 bis 380) (1941b).
13. THIMANN, K. V., and W. D. BONNER: Annual Review of Plant Physiology 1, 75–108 (1950).