

- 269—292 (1935). — 10. GARNER, R. J., HAMMOND, D. H.: Studies in incompatibility of stock and scion. II. The relation between time of budding and stockscion compatibility. Ann. Rep. East Mall. 154—157 (1937). — 11. GLEISBERG, W.: Die Steinobstunterlagen unter besonderer Berücksichtigung der englischen Selektionsarbeit. Züchter 4, 81—91 (1932). — 12. GOLD, H.: Pfirsich-Unterlagen. Geisenh. Mitt. 192, 200 (1930). — 13. GOLD, H.: Die beste Pfirsich-Unterlage. Blu. u. Pflbau 20 (1930). — 14. HATTON, R. G.: Stocks for the stone fruits. J. Pom. 2, Heft 4 (1921). — 15. HATTON, R. G.: Apple rootstocks, their particular suitabilities for different soils, varieties and purposes. Ann. Rep. East Mall. 46—62 (1925). — 16. HATTON, R. G.: The influence of different rootstocks upon vigour and productivity of the variety budded or grafted thereon. J. Pom. Hort. Sci. 6, 1—28 (1927). — 17. HATTON, R. G.; AMOS, J., WITT, A. W., HOBLYN, T. N.: Plum rootstocks, their varieties, propagation and influence upon cultivated varieties worked thereon. J. Pom. Hort. Sci. 7, 63—99 (1928). — 18. HATTON, R. G.: The behaviour of certain pears on various quince rootstocks. J. Pom. Hort. Sci. 7, 216—233 (1928). — 19. HATTON, R. G.: Stock and scion relationship. Masters memorial lectures (1929); J. Roy. Hort. Soc. 55, 169—211 (1930); Ref. Gbwiss. 5, 37 (1931). — 20. HATTON, R. G.: Rootstocks for pears. Ann. Rep. East Mall. 75 (1934). — 21. HATTON, R. G.: Plum rootstock studies: Their effect on the vigour and cropping of the scion variety. J. Pom. 14, 97—136 (1936); Ref. Gbwiss. 11, 44 (1938). — 22. HILKENBÄUMER, F.: Die gegenseitige Beeinflussung von Unterlage und Edelreis bei den Hauptobstarten im Jugendstadium unter Berücksichtigung verschiedener Standortverhältnisse. Kühn-Archiv 58, 261 Seiten, 1942. — 23. HÜLSMANN, B.: Morphologische Beobachtungen an Unterlagenquitten aus Wageningen. Gbwiss. 17, 201—210 (1943). — 24. KEMMER, E.: Die Kernobstunterlagen. 4. Merkblatt des Inst. f. Obstbau der Univ. Berlin, 3. Aufl. 20 S. (1942). — 25. KEMMER, E.: Die Steinobstunterlagen. 7. Merkblatt des Inst. f. Obstbau der Univ. Berlin, 2. Aufl. 16 S. (1942). — 26. KNIGHT, R. C., HOBLYN, T. N.: The effect of size of tree (n) on the relations between various records of roots and stems of apples. Ann. Rep. East Mall. 117 (1933). — 27. MANEY, PLAGGE, PICKET: Stock and scion effect in topworked apple trees. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33, 332—335, (1935). — 28. MAURER, E.: Die Unterlagen der Obstgehölze. P. Parey, Berlin. 379 S. (1939). — 29. MAURER, E., REDECKER, W.: Der Einfluß einiger vegetativ vermehrter Unterlagen auf das Wachstum von 5 Apfelsorten in der Baumschule. Forsch. Dienst 12, 324—337 (1941). — 30. MEYER, K., BRYNER, W.: Versuchsergebnisse mit typisierten Unterlagen zur Heranzucht von Apfelhochbüschen. Schweiz. Ztschr. Obst- u. Weinbau Heft 16, 17 (1938); Ref. Hort. Abstr. 8, Nr. 972 (1938). — 31. OTTO, K. F.: Beobachtung an reinklonigen Pfirsichunterlagen. Blu. u. Pflbau 365, 366 (1935). — 32. PEARL, R. T.: Apple rootstocks I—XVI. J. South Eastern Agr. Coll. Wye, Kent 30, 194—214 (1932). — 33. ROBERTS, R. H.: Further notes on apple rootstocks. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 24, 134—136 (1927). — 34. ROBERTS, R. H.: Factors affecting the variable growth of apple grafts in the nursery row. Wisconsin Agr. Exp. Stat. Res. Bull. 77 (1927). — 35. ROBERTS, R. H.: Some stock and scion observations on apple trees. Wisconsin Agr. Exp. Stat. Res. Bull. 94 (1929). — 36. SCHINDLER, O.: Pfirsichunterlagen. Gartenbauwirtsch. Heft 52 (1934). — 37. SHAW: The Malling clonal stocks in relation to Mc Intosh and Wealthy. Proc. Amer. Soc. Hort. Sci. 33, 346—349 (1935). — 38. SCHMITZ-HÜBSCH, O.: Unterlagen für Pfirsiche. Geisenh. Mitt. 51, 93—95 (1936). — 39. STELLWAG-CARION, F.: Zur zahlenmäßigen Erfassung und schematischen Darstellung des Wurzel- und Schoßbildes. Züchter 9, 184—188 (1937). — 40. SWARBRICK, TH., ROBERTS, R. H.: The relation of scion variety to character of root growth in apple trees. Wisconsin Agr. Exp. Stat. Res. Bull. 78 (1927). — 41. SWARBRICK, TH., ROBERTS, R. H.: Rootstock and scion relationship. Some effects of scion variety upon the rootstock. J. Pom. 8, 210—228 (1930). — 42. TRENKLE, R.: Neuzeitlicher Pfirsichbau. Trowitsch & Sohn (1932). — 43. TUKEY, H. B., BRASE, K. D.: Influence of the scion and of an intermediate stem-piece upon the character and development of roots and young apple trees. New York State Agr. Exp. Stat. Techn. Bull. 218, 50 S. — 44. VYVYAN, M. C.: The effect of scion on root. III. Comparison of stem and root-worked trees. J. Pom. Hort. Sci. 8, 259—282 (1930). — 45. WITT, H. W., GARNER, R. J.: Peach stock trials. Ann. Rep. East Mall. 11, 22—31 (1928—1930).

Aus der Zentralforschungsanstalt für Pflanzenzucht [ERWIN-BAUR-Institut] Müncheberg/Mark).

## Der gegenwärtige Stand der Steinkleezüchtung.

Von OTTO SCHRÖCK.

Mit 5 Textabbildungen.

### A. Einleitung.

Die Steinkleearten (*Melilotus albus*, *Melilotus officinalis*) zeichnen sich durch eine weitgehende Anspruchlosigkeit sowohl an Boden als auch bezüglich des Klimas aus und besitzen eine große Massenwüchsigkeit und einen hohen Eiweißgehalt. Ihrer Verwendung als Futterpflanzen stehen jedoch besonders ihr Gehalt an Cumarin und die Holzigkeit ihrer starken Stengel, verbunden mit einem verhältnismäßig ungünstigen Blattstengelverhältnis, sowie ihr mangelhaftes Nachwuchsvermögen nach dem Schnitt entgegen.

In Deutschland ist der Steinklee bisher noch nicht in größerem Ausmaße angebaut worden, im wesentlichen auch nur als Gründung und Bienenweide. In Kanada und in den nördlichen Staaten der U. S. A. hat der Steinklee infolge Mangels an geeigneten Futterpflanzen dagegen eine große Bedeutung erlangt, zumal das Cumarin als solches nicht giftig ist. Der Steinklee wird wegen des bitteren Geschmacks des Cumarins als Grünfutter zunächst vom Vieh nicht gern angenommen. Da das Cumarin während des Trocknungsprozesses weitgehend verdunstet, wird das

Steinkleehheu dagegen wesentlich besser aufgenommen. Nur Steinkleehheu, das nicht einwandfrei getrocknet ist, führt zu Vergiftungserscheinungen. Wegen seiner großen Anspruchlosigkeit und seiner verhältnismäßig hohen Ertragsfähigkeit wird der Steinklee in Zukunft für die armen und ärmsten Böden als Futterpflanze eine große Bedeutung erlangen, wenn es gelungen ist, die ihm außer seinem Cumarin Gehalt anhaftenden Wildeigenschaften zu beseitigen. Neben dem Cumarin Gehalt sind dies besonders der sperrige Wuchs mit stark verholzenden, dicken Stengeln, der verhältnismäßig geringe Blattanteil, seine schlechte Nachwuchsfreudigkeit und der späte Austrieb im Frühjahr, sowie das leichte Abfallen der reifen Samen und seine starke Mehltauanfälligkeit. Dementsprechend ergeben sich folgende Zuchtziele:

1. Cumarinarmut bzw. Cumarinfreiheit,
2. Buschförmigkeit mit vielen feinen Stengeln und reicher Blattmasse,
3. gute Nachwuchsfreudigkeit und zeitiger Frühlingsaustrieb,

4. Sicherung des Samenertrages und
5. Mehlauresistenz.

Wie im folgenden gezeigt werden wird, berechtigen die bisherigen Erfolge der Züchtungsarbeit zu der Hoffnung, daß der Steinklee ebenso wie die Lupine zu einer wertvollen Futterpflanze durchgezüchtet werden kann.

## B. Die züchterische Bearbeitung des Steinklees.

Das wichtigste Zuchtziel ist, einen cumarinarmen Steinklee zu züchten, da der Gehalt an Cumarin der Hauptgrund dafür ist, daß er bisher als Futterpflanze nicht genutzt wird. Professor ERWIN BAUR hatte ebenso, wie er die Bedeutung einer alkaloidarmen Lupine erkannt hatte, auch die Möglichkeit der Züchtung eines cumarinarmen Steinklees und seinen Wert als Futterpflanze für leichte Böden gesehen. Auf seine Veranlassung wurden von UFER in Müncheberg die Untersuchungen zur Züchtung eines cumarinarmen Steinklees begonnen. Im Gegensatz zu den Arbeiten an Lupinen, die verhältnismäßig schnell zum Ziele führten, war den Arbeiten beim Steinklee lange Zeit kein Erfolg beschieden.

Bevor ich die bisherigen Ergebnisse der Arbeiten bespreche, will ich zusammenfassend noch auf die Cumarinbestimmungsmethoden eingehen.

### I. Die Züchtung auf Cumarinarmut.

#### a) Cumarinbestimmung.

Die Bedeutung der Züchtung eines cumarinarmen Steinklees hatte zunächst OBERMAYER (13) erkannt. Das von ihm entwickelte Verfahren zur Bestimmung des Cumarins ist jedoch wegen seiner Kompliziertheit und langen Dauer für die Prüfung großer Pflanzmengen, wie sie zur Auffindung cumarinarmer Mutanten erforderlich ist, nicht geeignet. Bei der quantitativen Untersuchung bereits ausgelesener Pflanzen dagegen kann es mit Erfolg angewendet werden. Da mit ihm jedoch nur die Bestimmung des Gehaltes an Cumarin möglich ist, während der Steinklee außer Cumarin noch geringe Mengen an Melilotsäure und Cumarsäure enthält, ist die von ROBERTS und LINK (17) veröffentlichte Methode bei der quantitativen Untersuchung von Zuchtstämmen ihr vorzuziehen, da mit ihr sowohl der Gehalt an Cumarin wie auch an Melilot- und Cumarsäure bestimmt werden kann.

Für die Massenauslese cumarinarmer Pflanzen dagegen hat sich die von UFER (28) ausgearbeitete Methode sehr bewährt. Sie beruht auf der Tatsache, daß beim Kochen von Cumarin in konzentrierteren Alkalien sich Orthocumarsäure bildet, deren alkalische Lösung eine helle, gelbgrüne Fluoreszenz zeigt, während alkalische Cumarinlösungen keine Fluoreszenz aufweisen. Diese Methode ist zunächst rein qualitativ und hat sich als Schnellmethode für Serienuntersuchungen als sehr leistungsfähig erwiesen. Die Mehrzahl der in Müncheberg durchgeführten Untersuchungen zur Auffindung cumarinarmer Pflanzen wurden nach diesem Verfahren angestellt.

Eine wesentliche Steigerung der Leistungsfähigkeit der Methode konnte ich auf Grund meiner Untersuchungen über die Lokalisation des Cumarins in der Steinkleepflanze erreichen. Für diese Untersuchungen stand mir ein Fluoreszenzmikroskop der Firma ZEISS-Jena zur Verfügung. Leider sind die Unterlagen

dieser Untersuchungen nebst den angefertigten Mikrophotographien verloren gegangen. Ich will daher hier nur kurz auf ihre Ergebnisse und die Methodik der Untersuchungen eingehen. Querschnitte der einzelnen Organe, wie Wurzeln, Stengel, Blattstiele und Blätter, wurden auf dem Objektträger kurze Zeit durch Ammoniakdampf geführt und sodann trocken unter dem Fluoreszenzmikroskop betrachtet. Die Beobachtung unter dem Fluoreszenzmikroskop muß trocken vorgenommen werden, weil bei der Einlagerung in flüssigen Ammoniak oder in Wasser nach der Behandlung mit Ammoniakdampf grünfluoreszierende Verbindungen von Zucker mit Ammoniak nach kurzer Zeit aus den Zellen austreten und sich über das ganze Präparat und die umgebende Flüssigkeit ausbreiten und die Cumarinfluoreszenz verdecken. Es zeigte sich, daß die Wurzeln kein Cumarin enthalten. Das Cumarin wird daher wahrscheinlich auch nur in den chlorophyllführenden Zellen des Sprosses und der Blätter gebildet, während nach den Untersuchungen von SMIRNOVA und MOSKOW (24), sowie METHES und KRETSCHMER (12) die Lupinenalkaloide in der Wurzel gebildet und in die Organe des Sprosses abgeleitet werden. Gleiche Verhältnisse fand HIELKE (4) auch bei *Nicotiana*, *Datura*, *Atropa* und *Hyoscyamus*, bei denen die Wurzel die Hauptbildungsstelle der Alkaloide ist. Nach PROKOFIEV (15) wird auch der Kautschuk in den Wurzeln gebildet und in die übrigen Organe geleitet.

In den übrigen Organen wurde mit Ausnahme der Samen nur in den chlorophyllführenden Geweben Cumarin gefunden. Auch die chlorophyllfreien Zellen der Epidermis waren cumarinfrei, während die chlorophyllhaltigen Schließzellen der Spaltöffnungen Cumarinfluoreszenz aufwiesen. Bei der Untersuchung von abgezogenen Epidermisstücken leuchten die Schließzellen hell auf, jedoch die umgebenden Zellen ließen keine Fluoreszenz erkennen. Diese Beobachtung wurde wegen ihrer Eindeutigkeit zur serienmäßigen Untersuchung des Zuchtmaterials auf Cumarin gehalt verwendet. Gegenüber dem UFERschen Verfahren besitzt diese Abänderung der Methode bei mindestens gleicher Genauigkeit den wesentlichen Vorteil der größeren Einfachheit, da das zeitraubende Einbringen der Blätter in Reagenzgläser, das Übergießen mit Kalilauge und das einstündige Kochen fortfallen.

Nachdem es mir gelungen war, eine cumarinarme Pflanze aufzufinden [RUDORF und SCHRÖCK (20)], erwies es sich als notwendig, zur Kontrolle der Reinheit des cumarinarmen Stammes möglichst schon am Saatgut die Prüfung durchzuführen zu können. Es zeigte sich, daß infolge des hohen Gehaltes der Samen an Cumarin auch die Untersuchung kleiner Teilstücke eines Samenkornes die Unterscheidung cumarinarmer und cumarinhaltiger Samen erlaubt. So ergab sich die Möglichkeit, die untersuchten Samen noch zur Aussaat bringen zu können. Die Untersuchung erfolgte derart, daß mittels eines Rasiermessers von den Kotyledonen ein kleines Stückchen abgeschnitten wurde, ohne die Plumula oder die Radicula zu verletzen. Weiterhin wurde nach der von UFER (28) vorgeschlagenen Methode verfahren. Es ist nur darauf zu achten, daß die abgeschnittenen Teile der Samenschale nicht in die Kalilauge gelangen. Beim Kochen der Samenschale in Kalilauge gehen nämlich Stoffe in Lösung, deren Fluoreszenz die Cumarinfluoreszenz

weitgehend verdeckt. Die Abschnitte je eines Samens wurden in 1 ccm 10%iger Kalilauge in Reagenzgläsern im Wasserbad eine Stunde gekocht. Die Reagenzgläser waren zu 110 in Drahtkörben aufgestellt. Um die bei der Untersuchung als cumarinreich festgestellten Samen ausscheiden und die cumarinarmen zur Aussaat bringen zu können, wurden die Samen auf Brettern aufbewahrt, die entsprechend der Anordnung der Reagenzgläser in den Drahtkörben 110 Vertiefungen enthielten.

#### b) Die Auslese cumarinarmer Pflanzen.

Die wichtigste und, wie die Erfahrungen gezeigt haben, schwierigste Aufgabe der Steinkleezüchtung war die Auffindung cumarinarmer Pflanzen. Neben dem Cumarin, dem Anhydrid der Cumarinsäure, enthält der Steinklee Melilotsäure und Cumarsäure. Nach den Untersuchungen von ROBERTS und LINK (17) weist *Melilotus albus* folgende Anteile, bezogen auf die Trockensubstanz, auf:

|                      |       |
|----------------------|-------|
| Cumarin . . . .      | 2,08% |
| Melilotsäure . . . . | 0,14% |
| Cumarsäure . . . .   | 0,01% |

Das Cumarin ist zwar nicht giftig, verursacht aber einen bitteren Geschmack der Pflanzen. Nach Berichten aus Nordamerika [QUICK (16), RODERICK und SCHALK (18), SCHOFIELD (22) und SMITH (21)] tritt nach Verfütterung von Steinkleeheu, das während des Trocknens sich stark erhitzt hat, die sog. Steinkleekrankheit (sweet clover disease) auf, bei der durch Erniedrigung des Gehaltes des Blutes an Prothrombin die Koagulationsfähigkeit desselben herabgesetzt ist und tödliche Blutungen auftreten können. Daß tatsächlich das an sich ungiftige Cumarin für die Erkrankung verantwortlich ist, ergaben Fütterungsversuche mit Luzerneheu, das während der Trocknung sich stark erhitzt hatte und dem reines Cumarin zugesetzt war. Durch welche chemischen Veränderungen bzw. in welcher während der Erhitzung entstehenden Verbindung das Cumarin die toxische Wirkung erhält, ist bisher noch nicht geklärt.

Die ersten Versuche zur Auffindung cumarinarmer Pflanzen sind von OBERMAYER (13) in Ungarn angestellt worden. Auf Anregung von Prof. BAUR hat später UFER (27) in Müncheberg verschiedene Steinkleearten auf cumarinarme Pflanzen untersucht, ohne jedoch zu greifbaren Ergebnissen zu gelangen. Die ersten Erfolge konnte KIRK (7) in Kanada nach sehr umfangreichen Untersuchungen mit seinen „Alpha“-Stämmen aufweisen. Es gelang ihm, die Ausgangspflanze dieser Stämme aus der sibirischen Sorte „Arctic“ auszulesen. Neben ihrem niedrigen Cumarin Gehalt zeichnete sie sich durch buschförmigen Wuchs und zahlreiche feine Stengel aus. Auch in der UdSSR. sind in größerem Ausmaße entsprechende Versuche gemacht worden, jedoch ohne daß bisher positive Ergebnisse veröffentlicht worden sind. Die seinerzeit von UFER in Müncheberg eingeleiteten Arbeiten sind von RUDORF und SCHRÖCK fortgeführt worden, die 1941 (20) über die Auffindung einer cumarinarmen Pflanze berichteten. Diese Pflanze, sowie ihre sämtlichen Nachkommen wiesen bei vergleichenden Cumarinbestimmungen nach der von ROBERTS und LINK (17) angegebenen Methode zur Bestimmung von Cumarin, Cumar- und Melilotsäure noch geringere Gehalte auf

als die KIRKschen-Stämme. Leider sind die Unterlagen für diese Untersuchungen wie auch das Samenmaterial während des Krieges verloren gegangen.

Nach der Auffindung der cumarinarmen Pflanze ergab sich zunächst die Frage, ist die Cumarinarmut der aufgefundenen Pflanze erblich und wie wird sie vererbt.

Die laufende Untersuchung der Nachkommenschaften der cumarinarmen Pflanze ergab, daß diese Eigenschaft erblich ist. Es zeigte sich jedoch, daß der Cumarin Gehalt weitgehend modifizierbar ist. Die Nachkommenschaften wiesen selbst unter gleichen Kulturbedingungen eine große Variabilität auf. Beim Vergleich zweier Nachkommenschaften, von denen die eine im Gewächshaus und die andere im Freiland angezogen worden war, wies letztere einen deutlich höheren Cumarin Gehalt auf. Entsprechend den bei der UFERschen Methode je nach dem Cumarin Gehalt auftretenden Fluoreszenzfarben wurde der Cumarin Gehalt in 5 Gruppen bonitiert:

- 0 = rotfluoreszierend = cumarinfrei,
- 1 = rotgelbfluoreszierend = schwach cumarinhaltig,
- 2 = gelbfluoreszierend = cumarinarm,
- 3 = gelbgrünfluoreszierend = cumarinhaltig,
- 4 = grünfluoreszierend = cumarinreich.

Die am 2. 7. 1941 durchgeführten Untersuchungen zeitigten folgendes Ergebnis:

Tabelle 1. Variabilität des Cumarin Gehaltes einer cumarinarmen Nachkommenschaft bei Gewächshaus- und Freilandkultur.

| Gruppe | Anzucht im  |    |             |     |
|--------|-------------|----|-------------|-----|
|        | Gewächshaus | %  | Freiland    | %   |
| 0      | 28 Pflanzen | 35 | 10 Pflanzen | 15  |
| 1      | 21 „        | 27 | 19 „        | 29  |
| 2      | 18 „        | 23 | 24 „        | 37  |
| 3      | 7 „         | 8  | 8 „         | 9,5 |
| 4      | 5 „         | 7  | 6 „         | 9,5 |

Wie aus der Wuchsform der 5 Pflanzen der Gruppe 4 der im Gewächshaus angezogenen Pflanzen zu schließen war, sind sie durch Fremdbestäubung mit normalwüchsigem cumarinreichen Wildsteinklee entstanden. Gleichzeitig durchgeführte Untersuchungen an der Nachkommenschaft einer buschförmigen cumarinreichen Pflanze und an einer Auspflanzung von Alpha-Steinklee, die im Freiland angezogen worden waren, hatten dagegen folgendes Ergebnis:

Tabelle 2. Cumarin Gehalt einer cumarinreichen und einer cumarinarmen buschförmigen Nachkommenschaft.

| Gruppe | Cumarinreiche Pflanzen |    | Alpha-Steinklee   |     |
|--------|------------------------|----|-------------------|-----|
|        | Zahl der Pflanzen      | %  | Zahl der Pflanzen | %   |
| 0      | 0                      | 0  | 1                 | 1,5 |
| 1      | 0                      | 0  | 13                | 18  |
| 2      | 9                      | 13 | 32                | 43  |
| 3      | 14                     | 20 | 23                | 31  |
| 4      | 46                     | 67 | 5                 | 6,5 |

Fassen wir für die Untersuchungen an den im Freiland angezogenen Pflanzen des Müncheberger Stammes, des Alpha-Steinklees und der cumarinreichen Nachkommenschaften, die Ergebnisse der Gruppen 0—2 (cumarinarme Pflanzen) und 3—4 (cumarinreiche Pflanzen) jeweils zusammen, so ergibt sich deutlich, daß die beiden cumarinarmen Stämme einen wesentlich

geringeren Cumarinegehalt als die cumarinreichen Nachkommenschaften haben, und daß der Müncheberger Stamm cumarinärmer als der KIRKSche Alpha-Stamm ist.

Tabelle 3. Anteil cumarinarmer und cumarinreicher Pflanzen in verschiedenen Stämmen.

|                  | Müncheberger Stamm | Alpha-Stamm | Cumaninreicher Stamm |
|------------------|--------------------|-------------|----------------------|
| cumarinarm . . . | 81                 | 62,5        | 19                   |
| cumarinreich :   | 19                 | 37,5        | 81                   |

Auffallend an den Ergebnissen der Cumarinbestimmungen ist die starke Variabilität des Gehaltes innerhalb der Stämme. STEVENSON und CLAYTON (25) hatten bei ihren Untersuchungen entsprechende Beobachtungen gemacht. Die von ihnen untersuchten Samen cumarinarmer Nachkommenschaften variierten zwischen 0,15—0,6% und einem mittleren Gehalt von 0,3%, während die Samen cumarinreicher Nachkommenschaften zwischen 0,4 und 1,4% lagen und einen mittleren Gehalt von 1,0% aufwiesen. Diese Beobachtungen deuten auf eine starke Abhängigkeit des Cumarinegehaltes von äußeren Einflüssen hin, und der Befund, daß das Cumarin nur in chlorophyllführenden Zellen zu finden ist, läßt darauf schließen, daß das Cumarin, ebenso wie die Melilotsäure und Cumarsäure für den Steinklee eigenartige Reservestoffe darstellen, worauf auch die starke Anhäufung in den Samen hindeutet. Untersuchungen an längere Zeit verdunkelten Pflanzen hatten auch ein merkliches Absinken des Cumarinegehaltes ergeben. Die starke Abhängigkeit des Cumarinegehaltes von äußeren Einflüssen ist sehr wahrscheinlich der Grund dafür, daß die Auffindung cumarinarmer Mutanten sehr schwierig ist. Bei den Untersuchungen wurde alljährlich eine größere Anzahl cumarinarmer Pflanzen gefunden, die sich aber immer wieder als nicht erblich erwiesen oder aber infolge stark geschwächter Vitalität vorzeitig eingingen.

### c) Die Züchtung auf Cumarinarmut durch Artkreuzungen.

Bereits UFER (7) hatte festgestellt, daß die Art *Melilotus wolgicus* größere Aussicht für die Auffindung cumarinarmer Pflanzen bietet. Die von ihm zunächst ausgelassenen Stämme hatten sich aber nicht als erblich cumarinarm erwiesen. Da es möglich ist, daß unter den übrigen *Melilotus*-Arten cumarinarme oder cumarinfreie sind und daher als Ausgangsmaterial für die Züchtung eines cumarinarmen Steinklees dienen könnten, untersuchte ich sämtliche mir zugänglichen *Melilotus*-Arten. Dabei fand ich, daß *M. dentatus* und *M. messanensis* kein Cumarin enthalten. Auch BRINK und ROBERTS (1), KUSNEROV (10) und STEVENSON und CLAYTON (25) haben gefunden, daß *M. dentatus* cumarinfrei ist. Da beide Arten wegen ihrer geringen Wüchsigkeit als Futterpflanzen jedoch nicht in Frage kommen, versuchte ich, durch Kreuzung der beiden Arten mit *M. albus* ihre Cumarinfreiheit mit der Wüchsigkeit dieser Art zu kombinieren. Sämtliche Kreuzungsversuche blieben aber ergebnislos, obwohl die Chromosomenzahlen der Arten gleich ( $2n = 16$ ) sind [FREYER (3), TSCHÉCHOW (26)]. Auch Kreuzungsversuche zwischen *Medicago media* ( $2n = 32$ )

und *Melilotus albus* führten nicht zur Samenbildung. Nach der Bestäubung, bei der *Medicago* als Mutter verwendet worden war, begannen sich die Hülsen zunächst zu entwickeln, fielen jedoch nach 10 Tagen sämtlich ab.

Auch tetraploide *Melilotus dentatus*-Pflanzen, die RUDORF (19) durch Colchicinbehandlung erzeugt hatte, zeigten nicht so starke vegetative Entwicklung, daß sie als Ausgangsmaterial für die Züchtung einer neuen Futterpflanze dienen konnten. Es besteht aber die Möglichkeit, daß die Kreuzung der Arten *Melilotus albus* und *M. dentatus* bzw. *M. messanensis* bei Verwendung tetraploider Formen gelingt.

## II. Die Züchtung eines buschförmigen Steinklees mit vielen feinen Stengeln und reicher Blattmasse.

Wegen seines großen Anteils an stark verholzten Stengeln in der Grün- und Trockenmasse besitzt der normalwüchsige Steinklee nicht den gleichen Futterwert wie die Luzerne, deren Stengel nicht so stark verholzen wie die des Steinklees. Eng verbunden mit der Steigerung der Verdaulichkeit des buschförmigen Steinklees ist auch eine Erhöhung seines Futterwertes. Die Vergrößerung der Blattmasse und die Verringerung des Anteils verholzter Stengel führt zu einer Erhöhung des Rohweißgehaltes, wie aus einer von RUDORF (19) wiedergegebenen Übersicht hervorgeht.

Tabelle 4. Eiweißgehalt bei Normalpflanzen von *Melilotus albus* und buschförmigen Pflanzen (19).

| Typ                       | Anzahl der Pflanzen | Rohweißgehalt in % der Trockensubstanz |
|---------------------------|---------------------|--|
| sperriger Normaltyp . . . | 12                  | 19,92                                  |
| Halbuschtyp . . . . .     | 7                   | 15,29                                  |
| Buschtyp . . . . .        | 14                  | 16,59                                  |

Die Auffindung der buschförmigen Pflanzen von KIRK (5), (6), (7) und ELDERS (2) bedeutet daher einen wichtigen Schritt auf dem Wege der Entwicklung des Steinklees zur Kulturpflanze. Die von RUDORF und SCHRÖCK (20) gefundenen Stämme stellen eine weitere wesentliche Verbreiterung der Zuchtgrundlagen dar. Sie zeichnen sich gegenüber den KIRKSchen „Alpha“-Stämmen durch kräftigeren Wuchs, größere und zahlreichere Blätter und damit höheren Blattanteil aus. Das in Müncheberg noch vorhandene Zuchtmaterial weist eine große Mannigfaltigkeit hinsichtlich der Stengelzahl und ihrer Stärke sowie des Gesamtpflanzengewichts und des Blattanteils auf, wie die folgende Tabelle und die Abb. 1—4 zeigen.

Tabelle 5. Unterschiedlicher Anteil an Stengeln und Blättern im Grün- und Trockengewicht.

| Ges. Grün. gewicht | Grüngewicht   |    |               |    | Trockengewicht |      |               |    |               |    |
|--------------------|---------------|----|---------------|----|----------------|------|---------------|----|---------------|----|
|                    | Stengel g : % |    | Blätter g : % |    | gesamt g : %   |      | Stengel g : % |    | Blätter g : % |    |
| 200                | 100           | 50 | 100           | 50 | 75             | 36,5 | 40            | 53 | 35            | 47 |
| 300                | 125           | 42 | 175           | 58 | 125            | 41,6 | 65            | 52 | 60            | 48 |
| 75                 | 50            | 66 | 25            | 34 | 48             | 64,0 | 30            | 63 | 18            | 37 |
| 125                | 75            | 60 | 50            | 40 | 55             | 44,0 | 25            | 45 | 30            | 55 |
| 200                | 115           | 57 | 85            | 43 | 95             | 47,5 | 50            | 52 | 45            | 48 |

Aber auch innerhalb der einzelnen Zuchtnummern bestehen immer noch größere Unterschiede in der

vegetativen Entwicklung. Die gleiche Beobachtung konnte ich bei dem cumarinarmen Stamm sowie dem KIRKSCHEN „Alpha“-Stamm machen. Wie ich bereits bei der Besprechung der Auslese cumarinarmer Pflanzen erwähnte, schwankt der Cumarinegehalt der Einzelpflanzen eines Stammes zwischen bestimmten Grenzen. Es liegt nun die Vermutung nahe, daß eine

ihrer Lebensfähigkeit geschwächt und schwachwüchsiger seien. Die Entscheidung dieser Frage ist natür-

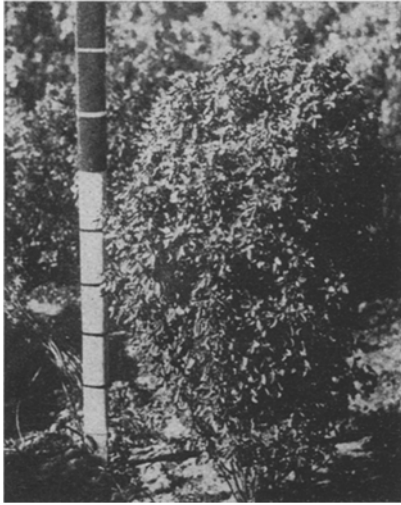


Abb. 1. Starkwüchsige Buschform.



Abb. 3. Starkstenglige Buschform.

Beziehung zwischen dem Cumarinegehalt einer Pflanze und ihrer Wüchsigkeit besteht. Die Beobachtung UFRERS (27), daß die von ihm als cumarinarm ausgelesenen Pflanzen sich entweder als nicht genetisch

lich für die Steinkleezüchtung von grundlegender Bedeutung. Sie kann jedoch nicht durch den Vergleich von normalwüchsigen und cumarinhaltigen Pflanzen mit buschförmigen, cumarinarmen Formen entschie-

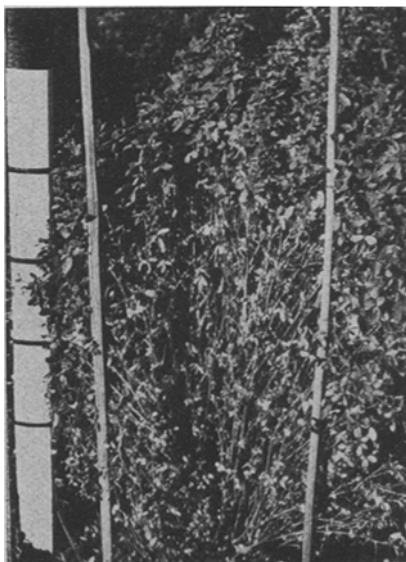


Abb. 2. Feinstenglige Buschform.

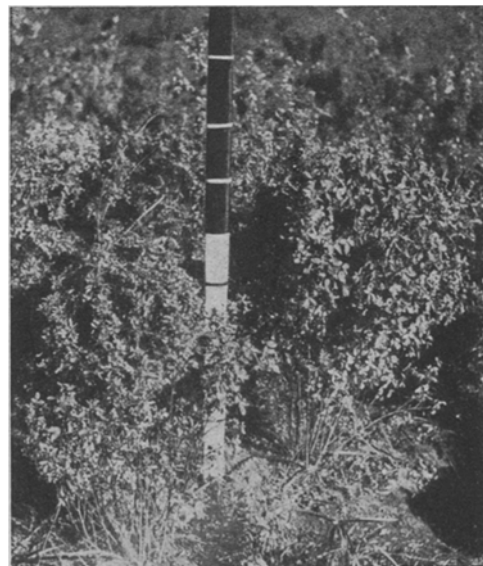


Abb. 4. Pflanzen mit unterschiedlicher Blattgröße. Links kleinblättrige, rechts großblättrige Pflanze.

cumarinarm erwiesen oder früher oder später eingingen, legt diese Vermutung nahe. Auch bei meinen Untersuchungen ging eine große Anzahl als cumarinarm ausgelesener Pflanzen bald ein. ULLRICH (29) hat daher die Vermutung ausgesprochen, daß es sich beim Cumarin um einen lebenswichtigen Stoff für die Steinkleepflanze handelt und daß die Züchtung eines cumarinfreien Steinklees unmöglich sei und daß die cumarinarmen Pflanzen gegenüber cumarinreichen in

den werden, da die buschförmigen Pflanzen naturgemäß eine geringere Wüchsigkeit als normalwüchsiger Steinklee haben. Die oben erwähnten normalwüchsigen  $F_2$ -Nachkommenschaften, die neben cumarinreichen und buschförmigen Pflanzen auch cumarinarme Pflanzen beider Wuchsformen enthielten, ließen keine Vitalitätsunterschiede zwischen cumarinreichen und cumarinarmen Pflanzen gleicher Wuchsform erkennen. Auch die innerhalb der einzelnen Stämme zu

beobachtenden Unterschiede in der Wüchsigkeit standen in keiner Beziehung zu dem Cumaringehalt der einzelnen Pflanzen. So konnten die Pflanzen nach ihrer Wüchsigkeit in 4 Gruppen, sehr schwachwüchsig, schwachwüchsig, wüchsig und stark wüchsig, aufgeteilt werden. Nach ihrem Cumaringehalt verteilen sich die Pflanzen der 4 Gruppen, wie aus der folgenden Tabelle ersichtlich ist, fast einheitlich.

Tabelle 6. Beziehung zwischen Cumaringehalt und Wüchsigkeit.

| Wüchsigkeit             | Zahl der Pflanzen | Cumaringehalt       |   |   |    |   | M    |
|-------------------------|-------------------|---------------------|---|---|----|---|------|
|                         |                   | (Zahl der Pflanzen) |   |   |    |   |      |
|                         |                   | 0                   | 1 | 2 | 3  | 4 |      |
| 1. sehr schwachwüchsig  | 11                | 0                   | 1 | 4 | 4  | 2 | 2,64 |
| 2. schwachwüchsig . . . | 15                | 1                   | 1 | 7 | 2  | 4 | 2,47 |
| 3. wüchsig . . . . .    | 14                | 0                   | 1 | 2 | 4  | 7 | 3,21 |
| 4. stark wüchsig . . .  | 35                | 0                   | 3 | 9 | 16 | 7 | 2,77 |

Untersuchen wir nach KOLLER (9) für die beiden extremen Mittelwerte  $M_2 = 2,47$  und  $M_3 = 3,21$ , deren Differenz  $M_3 - M_2 = 0,47$  ist, ob die beiden Häufigkeitsverteilungen zu derselben Gesamtheit gehören, so stellen wir fest, daß  $\sigma_{Diff} = 4,721$ .  $M_3 - M_2$  ist das 0,15fache davon. Dieser Wert liegt innerhalb des Zufallsbereiches, dessen Grenze durch das 3fache von  $\sigma_{Diff}$  bestimmt wird. Die Häufigkeitsverteilungen der schwachwüchsigen und der wüchsigen Pflanzen gehören daher zu derselben Grundhäufigkeitsverteilung, und die beobachteten Wuchsunterschiede stehen somit in keiner Beziehung zum Cumaringehalt der einzelnen Pflanzen.

### III. Züchtung auf Nachwuchsfreudigkeit nach dem Schnitt und zeitigen Frühjahrsaustrieb.

Während die Luzerne als ausdauernde Pflanze befähigt ist, alljährlich im Frühjahr und nach jedem Schnitt aus dem Wurzelhals neue Sprossen zu entwickeln, treibt der Steinklee als zweijährige Pflanze nur einmal im Frühjahr aus dem Wurzelhals neue Triebe aus und vermag nach dem Schnitt nur aus den untersten Achselknospen der Stengel neue Triebe zu bilden. Infolgedessen hängt die Stärke des Nachwuchses ganz von der Anzahl der beim Schnitt stehen gebliebenen Achselknospen ab. Während beim normalwüchsigen Steinklee, der im allgemeinen nur einen Trieb entwickelt, die Zahl der beim Schnitt an der Pflanze verbleibenden Achselknospen nur gering ist, verbleiben beim buschförmigen Steinklee infolge der vermehrten Zahl der Stengel wesentlich mehr Achselknospen an der Pflanze. Aus diesem Grunde ist der Austrieb der letzteren wesentlich besser als bei den normalwüchsigen Pflanzen. Sowohl beim normalwüchsigen wie auch beim buschförmigen Steinklee ist der Nachwuchs beim zweiten Schnitt jedoch wesentlich geringer als beim ersten Schnitt. Da zunächst die Auslese cumarinarmer und buschförmiger Pflanzen die wichtigsten Aufgaben waren, sind Arbeiten zur Auslese von Pflanzen mit gutem Nachwuchs bisher nur in geringem Ausmaß in Angriff genommen worden. Bei diesen vorbereitenden Versuchen hat sich ergeben, daß der Steinklee einen zweiten Schnitt zu bringen vermag, der aber wesentlich weniger ertragreich als der erste Schnitt ist. Es ergibt sich daher als nächste wichtige Aufgabe der Züchtung, Pflanzen mit besonders kräftigem und schnellem zweiten Schnitt aus-

zulesen, um gegebenenfalls noch einen dritten Schnitt zu erzielen. Am sichersten wird dieses Ziel durch Schaffung eines ausdauernden Steinklees zu erreichen sein. Bisher konnten jedoch solche Formen mit Sicherheit noch nicht aufgefunden werden.

Ein weiterer Nachteil des Steinklees, der auch zur Minderung seiner Ertragsfähigkeit beiträgt, besteht darin, daß er erst verhältnismäßig spät im Frühjahr austreibt. Der Steinklee beginnt gewöhnlich erst auszutreiben, wenn die Luzerne bereits eine Höhe von 10—15 cm erreicht hat. Da aber zwischen dem Austreiben der einzelnen Stämme gewisse zeitliche Unterschiede zu beobachten sind, ist anzunehmen, daß durch die Untersuchung eines größeren Sortiments von Wildformen früher austreibende Pflanzen gefunden werden können.

### IV. Züchtung auf Samenertragsicherheit und Autogamie.

Da der Steinklee reichlich von Bienen befliegen wird, ist der Samenansatz im allgemeinen gut. Eine starke Beeinträchtigung der Samenernte tritt jedoch durch das leichte Abbrechen der Hülsen nach der Samenreife ein. Diese Eigenschaft ist für die Verbreitung des Steinklees als Wildpflanze von großer Bedeutung. Zur Sicherung des Samenertrages ist die Auslese von Pflanzen mit festem Hülsensitz wichtig. In dem bisher bearbeiteten Zuchtmaterial konnten jedoch noch keine Unterschiede in dieser Hinsicht gefunden werden.

Im Gegensatz zum normalwüchsigen Steinklee und dem kanadischen Alpha-Stamm, die sowohl im ersten wie auch im zweiten Jahr blühen und Samen tragen, kommen die in Müncheberg gefundenen buschförmigen Stämme erst im zweiten Jahr zum Blühen. Es ist möglich, daß diese Eigenschaft durch die stärkere vegetative Entwicklung der Stämme bedingt ist und durch das Gen für Buschförmigkeit oder ein eng mit ihm gekoppeltes ausgelöst wird. Treten nämlich in den Stämmen nach spontaner Fremdbestäubung mit normalwüchsigen Steinklee normalwüchsige Pflanzen auf, so gehen diese bereits im ersten Jahr in Blüte. Es konnten jedoch in 7 Stämmen im letzten Jahr bis zu 4 Pflanzen gefunden werden, die bereits im ersten Jahr, wenn auch nur spärlich, blühten. Sonst wiesen die Pflanzen keinen merklichen Unterschied gegenüber ihren nicht blühenden Geschwisterpflanzen auf. Durch Prüfung ihrer Nachkommenschaften muß aber erst untersucht werden, ob ihre Blühfähigkeit bereits im ersten Jahr erblich ist.

Die Züchtung eines autogamen Steinklees ist für die Reinerhaltung der Zuchtstämme von ausschlaggebender Bedeutung, da wegen des starken Bienenbefluges die Gefahr einer Fremdbestäubung durch benachbarte Wildpflanzen sehr groß ist. Die Blüh- und Befruchtungsverhältnisse des Steinklees sind von SCHRÖCK (23) eingehend besprochen worden, so daß hier auf eine genauere Besprechung verzichtet werden kann. Nach den Untersuchungen von KIRK und STEVENSON (8) treten in der Natur bei *M. albus* neben autogamen Pflanzen auch allogame und halb-autogame auf. Diese Unterschiede beruhen allein auf morphologischen Verschiedenheiten im Blütenbau. Sie konnten zeigen, daß Pflanzen mit hohem Samenansatz lange Staubfäden haben. Bei ihnen werden die Antheren nur wenig vom Griffel überragt und die Narbe wird nach Öffnung der Antheren vollkommen vom Polleneingehüllt. Schlechte

Samenträger dagegen haben kurze Staubfäden. Die Griffel ragen weit über die Antheren heraus, und eigener Pollen gelangt nur selten auf die Narben. Da nach ihren Beobachtungen weiterhin nach Selbstbestäubung keinerlei Inzuchtschäden auftreten, stehen der Züchtung eines autogamen Steinklees keine besonderen Schwierigkeiten entgegen.

#### V. Züchtung auf Mehлтаuresistenz.

An Schädlingen treten am Steinklee außer dem Blattrandkäfer (*Sitonia lineata* L. und *S. grisea* Fb.), der im Frühjahr die Blätter des jungen Austriebes befrißt, im wesentlichen nur der echte und der falsche Mehltau (*Peronospora aestivalis* Syd. und *Erysiphe pisi* DC.) ertragsmindernd auf. Der Befall ist aber oft so stark, daß sämtliche Blätter der Pflanzen fallen sind und zum Absterben gebracht werden, wodurch die Höhe und der Wert des Ertrages empfindlich geschädigt werden. Es ist daher unbedingt erforderlich, widerstandsfähige Formen zu züchten. Eine sehr starke Anfälligkeit besitzt der Alpha-Steinklee. Sein Befall kann so stark sein, daß zur Zeit des Schnittes fast sämtliche Blätter abgefallen sind. Die Züchtung eines widerstandsfähigen Steinklees scheint aber auch auf keine besonderen Schwierigkeiten zu stoßen. Sowohl in Wildvorkommen wie auch in den Müncheberger Zuchtstämmen werden inmitten befallener Pflanzen völlig freie gefunden (Abb. 5). Der Anteil derselben in den verschiedenen Stämmen ist recht unterschiedlich. Auch bei ihnen steht die Prüfung der Nachkommenschaften noch aus.

#### C. Genetische Untersuchungen.

Nach dem Auffinden der cumarinarmen und buschförmigen Mutante war es für die Durchführung der weiteren Züchtung erforderlich, den Erbgang dieser beiden Eigenschaften zu untersuchen. RUDOLF und SCHRÖCK (20) hatten neben 280 buschförmigen, cumarinreichen Pflanzen eine buschförmige, cumarinarme Pflanze gefunden, die sich außer durch ihren niedrigen Cumarinegehalt noch durch besonders feine Stengel von den übrigen buschförmigen Pflanzen unterschied. Zur Klärung der genetischen Grundlagen wurde eine buschförmige und cumarinarme  $S_1$ -Pflanze (♀) mit einer normalwüchsigen cumarinreichen Pflanze (♂) gekreuzt. Die 5  $F_1$ -Pflanzen waren sämtlich normalwüchsig und stark cumarinhaltig. Sie wurden zur Vermeidung von Fremdbestäubung im Gewächshaus geselbstet. Die weiteren Untersuchungen erfolgten an 2  $F_2$ -Nachkommenschaften, die im Freiland ausgepflanzt wurden. Die drei anderen Nachkommenschaften konnten wegen zu geringer Pflanzenzahl nicht für die Untersuchungen herangezogen werden. Die Cumarinbestimmungen wurden vor Beginn der Blüte durchgeführt, da nach den Untersuchungen von STEVENSON und CLAYTON (25) zu dieser Zeit der Cumarinegehalt der Blätter am höchsten ist. Zur gleichen Zeit wurden auch die Bestimmungen der Wuchsform vorgenommen. Die Untersuchungen des Cumarinegehaltes führten zu dem in der folgenden Tabelle 7 zusammengestellten Ergebnis:

Für beide Nachkommenschaften ergaben sich bei der Annahme einer monofaktoriellen Spaltung und Dominanz des hohen Cumarinegehaltes P-Werte, die nach den von PÄTAU (14) zusammengestellten  $X^2$ -Tafeln

wesentlich größer als 0,05 sind. Es kann daher kein Zweifel an der monofaktoriellen rezessiven Vererbung der Cumarinarmut bestehen. Dieses Ergebnis steht mit den für die Vererbung der Cumarinarmut der Alpha-Stämme gemachten Beobachtungen im Ein-

Tabelle 7.  $F_2$ -Verteilung cumarinreicher und cumarinarmer Pflanzen.

| Nachkommenschaft | Cumarinreiche Pflanzen |          | Cumarinarmer Pflanzen |          | $X^2$  | P    |
|------------------|------------------------|----------|-----------------------|----------|--------|------|
|                  | gefunden               | erwartet | gefunden              | erwartet |        |      |
| 1                | 901                    | 875,25   | 266                   | 291,75   | 0,3031 | 0,58 |
| 2                | 114                    | 116,25   | 41                    | 38,75    | 0,1742 | 0,68 |

klang. (Da mir die einschlägige Literatur nicht mehr zur Verfügung steht, ist mir die Literaturangabe nicht möglich.) Auch bei den Alpha-Stämmen wird die Cumarinarmut monofaktoriell rezessiv vererbt.

Da die Cumarinarmut der beiden bisher bekannten Stämme, des Alpha-Stammes und des Müncheberger

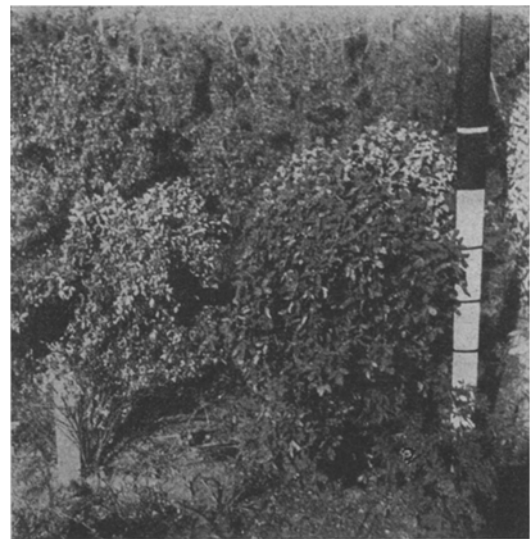


Abb. 5. Mehltaufreie Pflanze inmitten stark befallener Pflanzen.

Stammes, rezessiv bedingt ist, die Stämme aber einen deutlichen Unterschied in ihrem Cumarinegehalt aufweisen, ist es für die weitere Arbeit von großer Wichtigkeit, zu wissen, ob bei beiden Stämmen das gleiche Gen wirksam ist oder ob es sich um multiple Allele bzw. verschiedene Gene handelt. Leider konnten diese Untersuchungen wegen Verlustes des Saatgutes nicht durchgeführt werden. Der Unterschied im Cumarinegehalt der beiden Stämme macht es sehr wahrscheinlich, daß es sich nicht um das gleiche Gen handelt, und es ist möglich, daß beim Steinklee die gleichen Verhältnisse wie bei *Lupinus luteus* vorliegen, wo der unterschiedliche Alkaloidgehalt der Stämme 8,80 und 108 auf den drei verschiedenen Genen *dulcis*, *amoenus* und *liber* beruht. Es ergäbe sich dann die Möglichkeit, durch Schaffung doppelt rezessiver Formen eine weitere Senkung des Cumarinegehaltes zu erreichen. Aus diesem Grunde ist es unbedingt erforderlich, nach weiteren cumarinarmen Mutanten zu suchen, um gegebenenfalls zu weiteren Genen für Cumarinarmut zu gelangen, mit deren Hilfe nach Schaffung mehrfach rezessiver Formen fast cumarinarme Pflanzen erzeugt werden können.

Die Auszählung der Nachkommenschaften 1 und 2 auf normalwüchsige und buschförmige Pflanzen ergab folgende Verteilung:

Tabelle 8. Verteilung der normalwüchsigen und buschförmigen Pflanzen.

| Nachkommenschaft | normalwüchsig |          | buschförmig |          | X <sup>2</sup> | P     |
|------------------|---------------|----------|-------------|----------|----------------|-------|
|                  | gefunden      | erwartet | gefunden    | erwartet |                |       |
| 1                | 956           | 875,25   | 211         | 291,75   | 2,9793         | 0,085 |
| 2                | 115           | 116,25   | 40          | 38,75    | 0,0538         | 0,818 |

Für beide Nachkommenschaften sind die P-Werte > 0,05, so daß kein Zweifel an der Richtigkeit der Annahme bestehen kann, daß auch die Buschförmigkeit durch ein rezessives Gen bedingt ist.

Bei der Beurteilung der Wuchsform war in der Nachkommenschaft eine größere Zahl von Pflanzen aufgefunden worden, deren Blätter eine starke Kräuselung der Lamina aufwiesen. Neben 948 Pflanzen mit normalen Blättern wurden 219 Pflanzen mit gekräuselten Blättern gefunden. Da die beiden Formen annähernd im Verhältnis 3:1 auftraten, lag die Vermutung nahe, daß es sich um eine erbliche Mißbildung der Blätter handelt und daß die Kräuselung monofactoriell rezessiv bedingt ist. Die Prüfung des Befundes ergab einen P-Wert, der > 0,05, so daß auch hier kein Zweifel an der Richtigkeit der Annahme bestehen kann.

Tabelle 9. Verteilung der Pflanzen mit normalen und gekräuselten Blättern.

| Nachkommenschaft | Pflanzen mit normalen Blättern |          | Pflanzen mit gekräuselten Blättern |          | X <sup>2</sup> | P    |
|------------------|--------------------------------|----------|------------------------------------|----------|----------------|------|
|                  | gefunden                       | erwartet | gefunden                           | erwartet |                |      |
| 1                | 948                            | 875,75   | 2109                               | 291,75   | 0,0332         | 0,86 |

Über die Herkunft des Genes für Kräuselung der Blätter, das ich im folgenden mit *calamistratus* (*cal*) bezeichne, ist nichts bekannt. Keine Pflanze der cumarinarmen Nachkommenschaften ließ die Kräuselung der Blätter erkennen. Auch die normalwüchsige

künftig mit *arbustus* (*arb*) benannt werden, da die Stämme in ihrem Wuchs deutlich von den KIRKSchen Alpha-Stämmen abweichen und es sich daher vermutlich nicht um das gleiche Gen handelt. Außerdem erscheint mir die von KIRK (7) und ELDERÉ (2) gewählte Bezeichnung *d* (*dwarf*) nicht richtig zu sein. Die Pflanzen stellen keine Verzweigung gegenüber dem normalwüchsigen Steinklee dar; denn die Buschformen erreichen fast zwei Drittel der Höhe der normalwüchsigen Pflanzen, und der wesentlichste Unterschied der beiden Formen ist die starke Vermehrung und Verfeinerung der Stengel mit zahlreichen Seitenzweigen und kürzeren Internodien gegenüber dem sperrigen Wuchs des Wildsteinklees mit wenigen, aber starken Stengeln und langen Internodien.

Kennzeichnen wir weiterhin das Gen für Cumarinarmut mit *dulcis* (*dul*), so ist die von RUDOLF und SCHRÖCK (20) gefundene cumarinarme Buschform durch folgende Symbole gekennzeichnet:

*arb arb dul dul Cal Cal*,

während der normalwüchsige, cumarinreiche Pollenelter als

*Arb Arb Dul Dul Cal cal*

darzustellen ist, und die F<sub>1</sub>-Pflanzen durch die Formeln

1. *Arb arb Dul dul Cal cal*
2. *Arb arb Dul dul Cal Cal*

charakterisiert sind.

Die Zusammensetzung der F<sub>2</sub> geht aus Tabelle 10 hervor:

Die ermittelten Werte X<sup>2</sup> = 267,40 und P < 10<sup>-10</sup> zeigen einen gesicherten Unterschied zwischen der Annahme einer unabhängigen Spaltung der drei Gene *Arb arb*, *Cal cal* und *Dul dul* und deren beobachtetem Spaltungsverhältnis in der F<sub>2</sub> an.

Diese Abweichung von dem erwarteten Verhältnis 27:9:9:9:3:3:3:1 kann auf Koppelung zwischen den drei Genen oder Störungen der Einzelspaltungen beruhen. Die nach LUDWIG und FREISLEBEN (11) durchgeführten Untersuchungen auf Koppelung zwischen den Genen sind in den Tabellen 11-13 zusammen-

Tabelle 10. Phänotypen der F<sub>2</sub>-Nachkommenschaft 1.

|           | normalwüchsig  |            |                |            | buschförmig    |            |                |            | X <sup>2</sup> | FG | P                 |
|-----------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|------------|----------------|----|-------------------|
|           | cumarinreich   |            | cumarinarm     |            | cumarinreich   |            | cumarinarm     |            |                |    |                   |
|           | normalblättrig | gekräuselt | normalblättrig | gekräuselt | normalblättrig | gekräuselt | normalblättrig | gekräuselt |                |    |                   |
| gefunden: | 626            | 114        | 146            | 70         | 140            | 21         | 36             | 14         | 267,40         | 7  | 10 <sup>-10</sup> |
| erwartet: | 492            | 164        | 164            | 55         | 55             | 55         | 18             | 55         | —              | —  | —                 |

Tabelle 11. Freie Spaltung der Gene *Arb arb* und *Dul dul* und Störung der Spaltung *Arb arb* in F<sub>2</sub>.

|           | <i>Arb Dul</i> | <i>Arb dul</i> | <i>arb Dul</i> | <i>arb dul</i> | n    | X <sup>2</sup> <sub>Arb</sub> | P <sub>Arb</sub> | X <sup>2</sup> <sub>Dul</sub> | P <sub>Dul</sub> | X <sup>2</sup> | P   |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-------------------------------|------------------|-------------------------------|------------------|----------------|-----|
| gefunden: | 740            | 216            | 161            | 73             | 1167 | 29,8                          | 10 <sup>-7</sup> | 3,03                          | 0,08             | 0,1465         | 0,7 |
| erwartet: | 656            | 219            | 279            | 50             |      |                               |                  |                               |                  |                |     |

Elternpflanze hatte normal ausgebildete Blätter. Da auch in keiner der nachfolgenden cumarinarmen Nachkommenschaften die Kräuselung der Blätter aufgetreten ist, kann nur der normalwüchsige Elter das rezessive Gen für die Kräuselung heterozygot enthalten haben.

Das für die Ausbildung der Buschförmigkeit der Müncheberger Stämme verantwortliche Gen soll

gestellt. Es hat sich dabei ergeben, daß die Einzelspaltungen der Gene *Arb arb* und *Cal cal* gestört sind (X<sup>2</sup><sub>Arb</sub> = 29,8, P<sub>Arb</sub> = 100<sup>-7</sup>; X<sup>2</sup><sub>Cal</sub> = 24,19, P<sub>Cal</sub> = 10<sup>-6</sup>). Die Feststellung einer Koppelung zwischen diesen beiden Genen ist an unserem Versuchsmaterial nicht möglich, weil für die Ermittlung sowohl Kopplungs- wie auch Abstoßungsdaten vorliegen müssen. Aber auch zwischen den Genen *Dul dul*,



deren Spaltung keine Störung aufweist ( $X^2_{Dul} = 3,03$ ,  $P = 0,08$ ) und den anderen Paaren besteht keine Koppelung. Wie aus Tabelle 11 ersichtlich ist, errechnet sich für die Spaltung der Gene *Arb arb* und *Dul dul*  $X^2 = 0,1465$  und  $P = 0,7$ , während für die Spaltung *Dul dul* und *Cal cal* (Tabelle 13)  $X^2 = 0,0009$  und  $P = 0,979$ . Beide  $P$ -Werte sind größer als 0,01.

7. Eine starke Herabsetzung des Ertrages an Grünmasse sowie des Futterwertes wird durch den Befall mit Mehltau bewirkt. Das häufige Auftreten unbeeidfallener Pflanzen in der Natur erleichtert die Züchtung widerstandsfähiger Formen.

8. Die genetischen Untersuchungen ergaben, daß die Buschförmigkeit (*arb*), Cumarinarmut (*dul*) und Kräu-

Tabelle 12. Freie Spaltung in den Genen *Arb arb* und *Cal cal* und Störungen der Spaltung *Arb arb* und *Cal cal* in  $F_2$ .

|           | <i>Arb Cal</i> | <i>Arb cal</i> | <i>arb Cal</i> | <i>arb cal</i> | n    | $X^2_{Arb}$ | $P_{Arb}$ | $X^2_{Cal}$ | $P_{Cal}$ |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-------------|-----------|-------------|-----------|
| gefunden: | 772            | 184            | 176            | 35             | 1167 | 29,8        | $10^{-7}$ | 24,19       | $10^{-6}$ |
| erwartet: | 656            | 219            | 219            | 73             |      |             |           |             |           |

Tabelle 13. Freie Spaltung der Gene *Dul dul* und *Cal cal* und Störung der Spaltung *Cal cal* in  $F_2$ .

|           | <i>Dul Cal</i> | <i>Dul cal</i> | <i>dul Cal</i> | <i>dul cal</i> | n    | $X^2_{Dul}$ | $P_{Dul}$ | $X^2_{Cal}$ | $P_{Cal}$ | $Z$   | $P$   |
|-----------|----------------|----------------|----------------|----------------|------|-------------|-----------|-------------|-----------|-------|-------|
| gefunden: | 766            | 135            | 182            | 84             | 1167 | 3,03        | 0,08      | 24,19       | $10^{-6}$ | 0,009 | 0,976 |
| erwartet: | 656            | 219            | 219            | 73             |      |             |           |             |           |       |       |

#### D. Zusammenfassung.

1. Es wird auf die Bedeutung des Steinklees als Futterpflanze für leichtere Böden hingewiesen und eine Zusammenstellung der wichtigsten Zuchtziele gegeben.

2. Das wichtigste Zuchtziel ist die Schaffung eines cumarinarmen Steinklees. Die von KIRK aufgefundenen „Alpha“-Stämme sowie der Müncheberger cumarinarme Stamm, von denen letzterer den geringeren Cumarinegehalt hat, sind die ersten Erfolge der Züchtung durch Auslese.

Die Untersuchung anderer Steinkleearten hatte ergeben, daß *M. dentatus* und *M. messanensis* cumarinfrei sind. Kreuzungen dieser Arten mit *M. albus* hatten jedoch zu keinem Erfolge geführt.

3. Bei der Untersuchung der Lokalisation des Cumarins in der Pflanze wurde gefunden, daß es nur in den chlorophyllführenden Zellen und im Samen nachzuweisen ist. Die Wurzeln dagegen sind cumarinfrei.

Die Beobachtung, daß die chlorophyllhaltigen Schließzellen Cumarin enthalten, während die übrigen Epidermiszellen frei davon sind, wurde zur Entwicklung einer leistungsfähigen Serienmethode für die Auslese cumarinarmer Pflanzen verwendet. Die Untersuchung des Saatgutes auf Cumarinegehalt ist leicht nach der Uferschen Methode durchzuführen, indem nur kleine Abschnitte der Samen untersucht werden. Hierbei ergibt sich der Vorteil, daß die untersuchten Samen noch zur Aussaat verwendet werden können.

4. Zwischen dem Cumarinegehalt der Pflanzen und ihrer Wüchsigkeit konnte keine Beziehung gefunden werden.

5. Das Ziel der Verbesserung der Futterqualität durch Züchtung buschförmiger Pflanzen mit vielen feinen Stengeln und reicher Blattmasse ist durch die Kirkschen „Alpha“-Stämme und die Müncheberger buschförmigen Zuchtstämme erreicht.

6. Wichtige Zuchtziele sind weiterhin Nachwuchsfreudigkeit nach dem Schnitt, zeitiger Frühjahrsausrieb zur Erhöhung und Sicherung des Grünmassenertrages, sowie fester Sitz der reifen Hülsen zur Sicherung des Samenertrages.

selung der Blätter (*cal*) monomer rezessiv vererbt werden. Die  $F_2$ -Aufspaltung in den Kombinationen der drei Genpaare weist starke Störung auf. Zwischen den Genpaaren *Dul dul* und *Cal cal* besteht keine Kopplung. Ob Kopplung zwischen den Genpaaren *Dul dul Arb arb* und *Arb arb Cal cal* besteht, kann an dem vorliegenden Material nicht entschieden werden, da die Einzelspaltungen der Gene starke Störungen aufweisen.

#### Literatur.

- BRINK, R. A. u. W. L. ROBERTS: Science 86, 41—42 (1937). — 2. ELDERS, A. T.: Sci. Agric. 6, 360—365 (1926).
- FREYER, J. R.: Canad J. Res. 3, 3—50 (1930).
- HRELKE, K.: Planta 33, 185 (1942).
- KIRK, L. E.: J. Amer. Soc. Agron 18, 385—392 (1926).
- KIRK, L. E.: Repr. of Univ. of Saskatchewan Agric. Extension Bull. 45 (1929).
- KIRK, L. E.: The Empire Journ. of Expt. Agric. 4, 255—262 (1936).
- KIRK, L. E. u. T. M. STEVENSON: Canad J. Res. 5, 313—323 (1931).
- KOLLER, S.: Graphische Tafeln zur Beurteilung statistischer Zahlen. Verlag Theodor Steinkopf, Dresden u. Leipzig 1943.
- KUZNETSOV, V. A.: Ann. Inst. Expt. Agron 5, Nr. 2—3 (1927).
- LUDWIG, W. u. R. FREISELLEN: Über neuere statistische Methoden zur Auswertung von Kopplungsversuchen, vor allem in der Pflanzenzüchtung. Ztschr. Pflanzenzüchtung 24, 523 bis 537 (1942).
- MOTHES, K. u. D. KRETSCHMER: Über die Alkaloidsynthese in isolierten Lupinenwurzeln. Die Naturwissenschaften 33, 26 (1946).
- OBERMAYER, E.: Quantitative Bestimmung des Cumarins in Melilotus-Arten, z. anal. Chemie 52, 172 (1912).
- PÄTAU, K.: Eine neue Tafel. Ztschr. induct. Abst.- u. Vererbungslehre 80, 558—564 (1942).
- PROKOFIEV, A. A.: Über die Rolle verschiedener Organe der Pflanze bei der Gummibildung. C. R. (Doklady) Acad. Sci. URSS. 52, 85—88 (1946).
- QUICK, A. J.: Amer. Journ. Physiol. 118, 260—271 (1937).
- ROBERTS, W. L. u. K. P. LINK: A precise method for the determination of cumarin, melilotic acid, and cumarin acid in plant tissue. J. of biol. chemistry 119, 269—281 (1937).
- RODERICK, L. M. u. A. F. SCHALK: N. Dak. Agr. Expt. Sta. Bull. 250, 56 (1931).
- RUDORF, W.: Kleeartige Feldfutterpflanzen, in Roemer-Rudorf, Handbuch der Pflanzenzüchtung. Berlin, Bd. III, S. 252—263.
- RUDORF, W. u. O. SCHRÖCK: Über das Auftreten stark abgeänderter Formen bei Steinklee (Melilotus-albus). Züchter 13, 1—4 (1941).
- SMITH, W. K.: J. Agric. Res. 59, 211—216 (1939).
- SCHOFIELD F. W.: J. Amer. Vet. Med. Assoc. 64, 553—574 (1924).
- SCHRÖCK, O.:

Blüh- und Befruchtungsbiologie in Rudorf. Kleeartige Feldfutterpflanzen aus Roemer-Rudorf, Handbuch der Pflanzenzüchtung, Bd. III, S. 254—256. Berlin: Verlag Parey. — 24. SMIRNOVA, M. I.: Die Pfropfung als Methode zur Veränderung des Alkaloidgehaltes der Pflanzen. Dokl. Akad. Nauk XXIV S. 87—90 (1939). — 25. STEVENSON, T. M. u. J. S. CLAYTON: Res. 14, 153—165 (1936) — 26. TSCHÉCHOW, W.: Bull. appl. Bot. II. Ser. 1, S. 119

bis 146 (1932) (russisch mit engl. Zusammenfassung). — 27. UFER, M.: Futterpflanzenzüchtung. Naturwiss. 22, 281—283 (1934). — 28. UFER, M.: Ein züchterisch brauchbares Verfahren zur Auslese cumarinarmer Formen beim Steinklee (*Melilotus*). Züchter 11, 317—321 (1939). — 29. ULLRICH, H.: Forschungsdienst 4. Die Bedeutung physiologischer Methoden für die Pflanzenzüchtung, S. 307 (1937).

(Aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Züchtungsforschung.)

## *Solanum macolae*, eine neue käferfeste Wildkartoffel.

### Weitere Untersuchungen zur Käferresistenz der Tubarien.

Von G. STELZNER und M. TORKA.

Mit 3 Textabbildungen.

In der Resistenzzüchtung hat es sich für die Arbeit bewährt, ein möglichst breites resistentes Ausgangsmaterial für die entsprechenden Kreuzungen zu verwenden. Man sichert sich damit bis zu einem gewissen Grade vor unliebsamen Rückschlägen, die durch Biotypenbildung auftreten und alles mühsam geschaffene widerstandsfähige Zuchtmaterial wertlos machen können.

Für die Züchtung käferfester Kartoffelsorten stehen mehrere resistente Wildarten zur Verfügung, von denen bisher nur zwei praktische Bedeutung erlangt haben: *Solanum demissum* und *Solanum chacoense* (5). Die bei den meisten übrigen widerstandsfähigen Arten vorhandenen Kreuzungsschwierigkeiten lassen sich nach unseren Erfahrungen durch einige kreuzungstechnische Kunstgriffe in fast allen Fällen aufheben (4). Trotzdem bedeutet jede neuentdeckte resistente Kartoffel eine Erweiterung der Kombinationsmöglichkeiten, da es wahrscheinlich ist, daß die Käferfestigkeit nicht bei allen Ausgangsformen die gleiche Ursache hat.

Im Jahre 1940 erhielten wir durch Austausch von Prof. BUKASOV eine Reihe unserem Sortiment fehlender Tubarien, die wir auf ihre Werteeigenschaften untersuchten. Mehrere von diesen Arten erschienen uns für die Prüfung auf ihre Widerstandsfähigkeit gegen den Kartoffelkäfer aussichtsreich zu sein. Über die bisher vorliegenden Ergebnisse soll in dieser Arbeit berichtet werden.

*Solanum cardiophyllum* ist mexikanischer Herkunft und nimmt innerhalb der knollentragenden Solanaceen eine Sonderstellung ein. Die unteren, ungefierten Blätter sind herzförmig, worauf der Name hinweist, das Laub ist insgesamt blaugrün und glänzend. Die Pflanze ist von zierlichem Wuchs und hat kleine, sternförmige Blüten von gelblicher Farbe. Die Chromosomenzahl beträgt nach unseren Untersuchungen  $2n = 24$ . Bei hiesigem Anbau ist der Knollenansatz gering. Der Wert dieser Wildkartoffel beruht auf ihrer Phytophthoresistenz. Die Prüfung gegen den Kartoffelkäfer ergab, daß die Larven sich an den glatten Blättern und Stengeln schlecht halten können und leicht abfallen, wodurch der Fraßschaden im Freiland verhältnismäßig gering bleibt. Bei der Zwangsfütterung im Schalenversuch ist die Larvensterblichkeit nicht höher als bei *Solanum tuberosum*.

*Solanum vittmackii* stammt aus Südamerika. Es besitzt als Wildkartoffel eine hohe Knollenleistung bei guter Lage. Die Blüte ist violett gefärbt, groß und

radförmig. Der Gesamteindruck der Staude ähnelt in vieler Hinsicht unserem *Solanum tuberosum*. Wie letzteres besitzt diese Art  $2n = 48$  Chromosomen. Sie ist gegen *Phytophthora infestans* und *Leptinotarsa decemlineata* anfällig.

Russische Forscher haben bei den Tubarien eine Anzahl neuer Arten aufgestellt, die sich oftmals so wenig von einander unterscheiden, daß sich diese systematische Trennung nicht rechtfertigen läßt. Es wäre richtiger, sie als Subspecies oder als Aufspaltungen anzusehen (7). Dieser Einwand trifft auch für eine Reihe von „Arten“ zu, die ohne Zweifel zu *Solanum chacoense* gehören.

*Solanum parodii* (2) hat den gleichen Habitus wie *Solanum chacoense* Bitt. und zeigt auch sonst dasselbe Verhalten. Die von uns geprüften Pflanzen des *Solanum parodii* waren gegen den Kartoffelkäfer anfällig. Ebenso verhielt sich *Solanum boegeri*. Größere Bedeutung für die Resistenzzüchtung besitzt das ebenfalls *Solanum chacoense*-ähnliche *Solanum catarthrum*. Während die zuerst geprüften Pflanzen nur geringe Käferfestigkeit aufwiesen, gelang es uns, diese bei den Nachkommen durch wiederholte Auslese der widerstandsfähigen Individuen wesentlich zu verstärken. In diesem Fall liegen die Verhältnisse ähnlich wie bei *Solanum chacoense*<sup>1</sup>.

Das 24-chromosomige *Solanum gibberulosum* (1) (Abb. 1) besitzt ebenfalls große Ähnlichkeit mit *Solanum chacoense*. Die Larven des Kartoffelkäfers gedeihen auf seinem Laub weniger gut als auf *Solanum tuberosum*. Trotzdem mußten die von uns geprüften Pflanzen als anfällig bezeichnet werden. Durch planmäßige Selektion ließe sich wahrscheinlich die Widerstandsfähigkeit erhöhen. In Aufbau und Behaarung der Blätter weist *Solanum gibberulosum* verwandte Eigenschaften mit *Solanum macolae* auf.

*Solanum macolae* (1) ragt unter allen geprüften Formen durch eine gute Käferresistenz hervor. Diese Wildkartoffel stammt aus Südamerika und ähnelt in der Gliederung des Blattes *Solanum chacoense* (Abb. 2). Die Art wächst aufrecht und wirkt zierlich. Die Blätter und Stengel sind rau infolge der zahlreich vorhandenen kräftigen, dornigen Härchen, die sich besonders am Blattrande abheben. Daneben sind Stengel und Blätter reichlich mit Drüsenhaaren besetzt. Die Blütenknospen sind violett. Die Innenseite der Blüten-

<sup>1</sup> Eine Veröffentlichung über die Käferresistenz von *Solanum chacoense* ist in Vorbereitung.