

Aus dem Institut für Kulturpflanzenforschung der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin,
Gatersleben/Krs. Aschersleben

Zum dünnschichtchromatographischen Nachweis von Inhaltsstoffen der Geißraute, *Galega officinalis* L.

Von K. PUFAHL und K. SCHREIBER

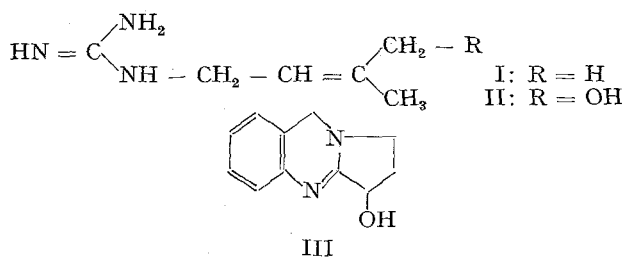
Bereits seit längerer Zeit wird versucht, die Geißraute, *Galega officinalis* L. (*Leguminosae* — *Papilionatae*), als Futterpflanze nutzbar zu machen (v. SENGBUSCH 1942, SCHRÖCK 1941, BECKER 1956, HOREL 1956, TIBERIO 1957). Als Vorzüge der Pflanze seien in diesem Zusammenhang ihre Schnellwüchsigkeit und Anspruchslosigkeit, der hohe Ertrag an Grünmasse, besonders der polyploiden Form (BECKER 1956), und die gute Eiweißwertigkeit (KOLOUŠEK 1953) erwähnt. Dagegen ließ sich eine der Geißraute oft zugeschriebene milchfördernde Wirkung auf Grund exakter Tierversuche nicht bestätigen (LEWIS und CARLSON 1917, KÖHLER 1939, MAYMONE und REGENSBURGER 1956, ZAPPA 1960). Den angeführten Vorteilen der Pflanze steht ihre Giftigkeit gegenüber (BLANCHARD 1888, MOUSSU und DESAINT 1907, MORQUER, RIVALS und ANDRAL 1953, SELECKÝ 1955), und auch der bittere Geschmack wird als Nachteil herausgestellt (MORQUER, RIVALS und ANDRAL 1953).

Inhaltsstoffe und Toxizität

Als Ursache der toxischen Wirkung (und auch des bitteren Geschmacks) von *Galega officinalis* galt bis vor kurzem das Galegin (TANRET 1914 a), ein biogenes Amin der Struktur 3-Methyl-but-2-enyl-guanidin (I) (BARGER und WHITE 1923, SPÄTH und PROKOPP 1924). Tatsächlich besitzt diese Substanz neben ihrer anti-diabetischen Wirkung (REINWEIN 1927, MÜLLER und REINWEIN 1927, SIMONNET und TANRET 1927 a und b) auch ausgesprochen toxische Eigenschaften (TANRET 1914 b, MÜLLER 1925, SELECKÝ 1955). Von einigen Autoren (MÜLLER 1925, MORQUER, RIVALS und ANDRAL 1953, SELECKÝ 1955) wurde lediglich die Möglichkeit angedeutet, daß noch weitere Verbindungen anderen Strukturtyps an der Giftwirkung der Pflanze beteiligt sind. So blieb das Interesse der Züchter bis heute darauf gerichtet, die Selektion nach dem chemischen Merkmal galeginarm bzw. -frei durchzuführen (v. SENGBUSCH 1942, SCHRÖCK 1941, BECKER 1956, HOREL 1956, TIBERIO 1957, BÖHME 1961). Die früher und noch heute empfohlene Verwendung der Geißraute als Heilpflanze gründet sich auf die anti-diabetische Wirksamkeit von Galegin (PARTURIER und HUGONOT 1935, STIRNADEL 1937, PEPLAU und SEEL 1941, ADAMEČ und OPAVA 1959, EINHORN 1962).

Im Verlauf unserer Arbeiten über Inhaltsstoffe der Geißraute isolierten wir zunächst aus Samen ein weiteres, bisher unbekanntes Guanidinderivat (PUFAHL und SCHREIBER 1961) und ermittelten seine Konstitution als 4-Hydroxy-galegin (4-Hydroxy-3-methyl-but-2-enyl-guanidin, II) (PUFAHL 1962, SCHREIBER, PUFAHL und BRÄUNIGER 1963 a und b). Diese Befunde wurden kürzlich von anderer Seite bestätigt (THOAI und DESVAGES 1963). Darüber hinaus konnten wir aus Kraut von *Galega officinalis* außer Guanidinderivaten ein typisches Alkaloid gewinnen und als das bisher noch nicht in der Natur

gefundene rechtsdrehende Peganin ((+)-Vasicin, (+)-3-Hydroxy-1.2.3.9-tetrahydro-pyrrolo[2.1-b]-chinazolin, III) identifizieren (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL 1962, PUFAHL 1962; vgl. auch LINJUČEV und BANKOVSKIJ 1959).



Blätter der Pflanze, die als Untersuchungsobjekt einer Massenauslese für züchterische Zwecke in erster Linie in Frage kommen, enthalten nach unseren Feststellungen etwa je 0,05–0,1% 4-Hydroxy-galegin und (+)-Peganin sowie ca. 0,1–0,25% Galegin, bezogen auf Trockengewicht. So sind vermutlich neben Galegin sowohl 4-Hydroxy-galegin als auch (+)-Peganin an der Giftwirkung der Geißraute beteiligt. Über (+)-Peganin bzw. über die linksdrehende Form des Alkaloids sind einige pharmakologische Arbeiten bekannt (CHOPRA und GHOSH 1925, TUTAEV und MAKAROVA 1938, AMIN und MEHTA 1959, SCHARAPOV 1959, CAMBRIDGE, JANSEN und JERMAN 1962). Ein Vergleich der Literaturbefunde mit den für Galegin erhaltenen Ergebnissen ist jedoch nicht möglich, da jeweils andere Methoden und Testobjekte verwendet wurden und die Untersuchung der in *Galega* vorkommenden rechtsdrehenden Form von Peganin noch aussteht. Eine vergleichende toxikologische Prüfung von Galegin, 4-Hydroxy-galegin und (+)-Peganin ist vorgesehen. Den stark bitteren Geschmack von Galegin konnten wir bestätigen; es wird in dieser Hinsicht jedoch noch vom (+)-Peganin übertroffen (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL 1962, PUFAHL 1962). Schließlich ist zu beachten, daß nach unseren Erfahrungen das Galegin/4-Hydroxy-galegin-Verhältnis in Blättern der Geißraute veränderlich ist. Denkbar wäre eine gegenseitige Umwandlung dieser Guanidine im Laufe der Vegetationsperiode, wie sie z. B. bei *Smirnovia turkestanica*, ebenfalls einer Leguminose, für die dem Galegin nahe verwandten biogenen Aminen Smirnovin und Smirnovinin bekannt ist (RJABININ und ILJINA 1951).

Zur Untersuchung von *Galega*-Extrakten auf ein Vorkommen der genannten Inhaltsstoffe sowie zur Prüfung entsprechender Reinsubstanzen verwenden wir seit einiger Zeit die Dünnschichtchromatographie, mit der sich Galegin, 4-Hydroxy-galegin und (+)-Peganin gut nebeneinander nachweisen lassen. Diese Methode besitzt im Vergleich zur Papierchromatographie, die bereits früher für den Nachweis von Guanidinen bzw. Chinazolinalkaloiden in der Geiß-

raute herangezogen wurde (MAKISUMI 1952, MOURGUE und DOKHAN 1954, KOLOUŠEK, KUTAČEK und BÍLEK 1955, MARKOVIČ und DITTERTOVÁ 1955, NOWACKI, PRZYBYLSKA und HURICH 1960, PUFAHL und SCHREIBER 1961, SCHREIBER, AURICH und PUFAHL 1962, PUFAHL 1962, REUTER 1962, SCHREIBER, PUFAHL und BRÄUNIGER 1963 a, THOAI und DESVAGES 1963), wesentliche Vorteile, wie z. B. schnelle Entwicklung, hohe Nachweisempfindlichkeit, relativ geringer Material- und Arbeitsaufwand (STAHL 1962, RADERATH 1962). Aus diesen Gründen erschien die Dünnschichtchromatographie als Grundlage eines Serienverfahrens zur Massenauslese von *Galega officinalis* besonders gut geeignet. Allgemeine und rein technische Fragen einer Serienbestimmung sind bereits häufig behandelt worden (vgl. z. B. KRAFT 1953, SEEHOFFER 1957), so daß hier nur die für den speziellen Fall der Geißraute interessierenden Probleme erörtert werden sollen.

Durchführung der Dünnschichtchromatographie

Herstellung der Platten

1 kg „Kieselsäuregel (Silicagel) VEB Feinchemie Eisenach“ wird in der Kugelmühle mit 111 g Gips ($\text{CaSO}_4 \cdot 0,5 \text{H}_2\text{O}$) 3 Stunden vermahlen und durch ein Sieb der Maschenweite 0,25 mm gegeben. Vorteilhaft ist die Verwendung der fertigen Mischung „Kieselgel G Merck“. 6 g Adsorbens und 20 ml Wasser werden 30 Sekunden kräftig geschüttelt. Die Suspension wird auf eine saubere Glasplatte ($13 \times 25 \text{ cm}$) gegossen und durch vorsichtiges Neigen der Platte gleichmäßig verteilt (ca. 18 mg Adsorbens/ cm^2). Nach 24 Stunden Trocknen an der Luft wird die Platte durch 30 Minuten Erhitzen auf 110° aktiviert und bis zur Verwendung in einem geeigneten Behälter über Blaugel aufbewahrt.

Auftragen der Proben

Auf der Schicht werden entlang einer Linie in 2 cm Entfernung vom unteren Plattenrand 7 Startpunkte durch feine Einstiche markiert; ihr Abstand vom Seitenrand und untereinander beträgt jeweils 1,5 cm. Zur Begrenzung der Steighöhe wird die Schicht 10 cm oberhalb der Startlinie durch einen Querstrich unterbrochen. Mit einer Blutzuckerpipette (Inhalt $100 \mu\text{l}$) mit nicht zu enger Ausflußöffnung (evtl. abschleifen) bzw. bei Serienuntersuchungen ohne exakte Abmessung werden 5–15 μl Blattpreßsaft, den man mit Hilfe einer geeigneten Zange gewinnt (KRAFT 1953), ohne zusätzliche Trocknung auf einen Startpunkt gegeben (Durchmesser des Flecks max. 1 cm). Nach 2–3 Minuten wird mit Heißluft getrocknet. Hierbei scheidet sich auf den Auftragstellen ein unlöslicher Rückstand in Form schwarzer Blättchen ab, die nach kurzer Zeit durch den Luftstrom fortgeblasen werden. Auf den Startpunkt 4 trägt man eine Vergleichslösung auf, z. B. 5 μl einer Lösung von jeweils 10 mg Galeginsulfat, 4-Hydroxy-galeginhydrochlorid und (+)-Peganin in 5 ml 80%igem Äthanol. Diese Standardsubstanzen lassen sich aus *Galega officinalis* isolieren (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL 1962, SCHREIBER, PUFAHL und BRÄUNIGER 1963 a, THOAI und DESVAGES 1963).

Entwicklung

Die Dünnschichtchromatogramme werden aufsteigend bei Raumtemperatur entwickelt. Als Laufmittel dient eine Mischung von n-Butanol/Aceton/Wasser im Vol.-Verhältnis 4:1:1. Als Chromatographiegefäße werden Glaszylinder von 17 cm Durchmesser und 28 cm Höhe verwendet, die man mit einer Petrischale zudeckt. Sie werden innen mit Filterpapier ausgeschlagen und mit 180 ml Laufmittel beschickt. Vor Entwicklung der Chromatogramme wird zur besseren Kammersättigung mehrmals vorsichtig umgeschwenkt, wobei auf eine gute Durchfeuchtung des Papiers zu achten ist. Jeweils 2 Platten werden gleichzeitig entwickelt; Dauer etwa 2 Stunden für die vorgezeichnete Laufstrecke von 10 cm.

Nachweis

Galegin und 4-Hydroxy-galegin werden mit Sakaguchi-Reagens (SAKAGUCHI 1925 a, b und 1950), (+)-Peganin mit Dragendorff-Reagens nachgewiesen. Diese Reagenzien sind wie folgt zusammengesetzt:

Sakaguchi-Reagens:

Lösung I: 250 mg 8-Hydroxy-chinolin in 250 ml Aceton,

Lösung II: 0,5 ml Brom in 250 ml eiskalter 0,5 n NaOH; in dunkler Flasche bei 4° vier Wochen haltbar.

Dragendorff-Reagens:

Lösung I: 17 g basisches Wismutnitrat und 200 g Weinsäure in 800 ml Wasser,

Lösung II: 160 g Kaliumjodid in 400 ml Wasser.

I und II ergeben nach Mischen und Filtrieren die Stammlösung. Davon werden 50 ml mit einer Lösung von 100 g Weinsäure in 500 ml Wasser gemischt als Reagens verwendet.

Die entwickelten und gut getrockneten Platten werden mit Sakaguchi I und nach 2–3 Minuten Trocknen an der Luft möglichst sparsam mit Sakaguchi II besprüht. Galegin und 4-Hydroxy-galegin erscheinen als rötliche Flecke und können markiert werden. Anschließend wird nach guter Zwischentrocknung mit Dragendorff-Reagens besprüht, wodurch (+)-Peganin als hell- bis dunkelroter Fleck sichtbar wird. Durch Vergleich mit den Flecken der Standardsubstanzen nach Farbintensität und Größe können Abweichungen vom Durchschnittsgehalt grob quantitativ erfaßt werden. Die R_{Standard} -Werte, bezogen auf Galegin = 1,00 (R_F ca. 0,45), sind 0,78 für 4-Hydroxy-galegin und 0,49 für (+)-Peganin.

Ergebnisse und Diskussion

Mit Hilfe der beschriebenen dünnschichtchromatographischen Methode lassen sich die in *Galega officinalis* vorkommenden Guanidine Galegin (I) und 4-Hydroxy-galegin (II) sowie das Chinazolinalkaloid (+)-Peganin (III) durch Untersuchung von etwa $10 \mu\text{l}$ Blattpreßsaft schnell und sicher nachweisen. Die untere Nachweisgrenze für diese Substanzen liegt etwa in der Größenordnung von $0,1 \mu\text{g}$ (im Tüpfeltest mit Reinsubstanzen). Dem Nachweis entziehen sich auf Grund ihres mengenmäßig sehr geringen Vorkommens weitere in der Geißraute enthaltene Guanidine und Chinazoline (SCHREIBER, AURICH und

PUFAHL 1962, PUFAHL 1962, REUTER 1962, THOAI und DESVAGES 1963); jedoch dürften diese sowie auch ein eventuelles Spurenvorkommen von I, II oder III für die toxische Wirkung der Pflanze ohne Bedeutung sein. Nicht auszuschließen ist dagegen die Möglichkeit des Vorhandenseins toxischer Stoffe völlig anderen Strukturtyps.

Trennung und Nachweisempfindlichkeit können durch im Preßsaft enthaltene Begleitstoffe mehr oder weniger beeinträchtigt werden. Diese Störungen machen sich besonders bei papierchromatographischen Untersuchungen bemerkbar. Im Gegensatz hierzu ist die Dünnsschichtchromatographie wesentlich weniger empfindlich. So erfolgt bereits während des Auftragens der Preßsaftprobe eine Abtrennung der Hauptmenge unerwünschter Begleitstoffe, die auf der Schichtoberfläche zurückbleibt und nach Trocknung leicht entfernt werden kann. Weiterhin kann durch Wahl eines geeigneten Laufmittels erreicht werden, daß die restlichen Begleitstoffe nicht im R_F -Bereich der interessierenden Verbindungen auftreten und somit deren Nachweis nicht stören. Bei Abwesenheit solcher Ballaststoffe, also bei Untersuchung von Reinsubstanzen, erreicht man mit dem Entwicklungsgemisch *n*-Butanol/Essigsäure/Wasser (4:1:1) noch bessere Trennungen. Bei der Papierchromatographie hingegen zieht die Gesamtmenge der Begleitstoffe in das Papier ein und wird mitchromatographiert. Die Folge ist ein Verschmieren des ganzen Chromatogramms, wodurch Trennung und Nachweis erschwert bzw. meist sogar unmöglich gemacht werden.

Auf Grund der unterschiedlichen chemischen Struktur von Guanidinen (I und II) und von (+)-Peganin (III) ist ihr gemeinsamer Nachweis mit einem spezifischen Reagens nicht möglich. In der Literatur ist die serienmäßige Bestimmung von Galegin in *Galega officinalis* mit Hilfe von Dragendorff-Reagens (HOREL 1956) bzw. mit Jod-Kaliumjodid-Reagens (v. SENGBUSCH 1942, SCHRÖCK 1941) beschrieben worden. Bei diesen Verfahren hat man jedoch ohne Zweifel das (+)-Peganin erfaßt, da Galegin (und auch 4-Hydroxy-galegin) beiden Reagenzien gegenüber weitaus weniger empfindlich ist (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL 1962, PUFAHL 1962; vgl. auch KLEIN und SCHLÖGL 1930). Beide Guanidine sowie (+)-Peganin lassen sich auf einem Chromatogramm sichtbar machen, wenn man zunächst Sakaguchi-Reagens und dann nach Markierung der Guanidine Dragendorff-Reagens anwendet. Das Nachweisverfahren würde sich vereinfachen, wenn als Ergebnis der toxikologischen Prüfung lediglich eine der beiden basischen Stoffgruppen (Guanidine oder Chinazolinalkaloide) für die unerwünschten Eigenschaften der Geißraute entscheidend verantwortlich wäre, eine Selektionierung also nur nach einem einzigen chemischen Merkmal durchgeführt werden müßte. In diesem Zusammenhang sei daran erinnert, daß *Galega orientalis* Lam. neben Spuren von Guanidinen hauptsächlich Chinazolinalkaloide enthält (SCHREIBER, AURICH und PUFAHL 1962).

Für eine Serienmethode ist neben einer schnellen und leichten Durchführbarkeit die Möglichkeit einer grob quantitativen Aussage zu fordern (SEEHOFFER 1957). Im vorliegenden Fall kann, wie oben beschrieben, durch Vergleich mit den Standardsub-

stanzen eine Schätzung der relativen Gehalte erfolgen. Die Menge der aufzutragenden Bezugssubstanz ist dabei dem jeweiligen Durchschnittsgehalt des Untersuchungsmaterials anzupassen. Damit ist bei Untersuchung einer großen Anzahl von Pflanzen eine Auslese extremer Typen möglich; diese können dann mit entsprechend aufwendigeren und genaueren Verfahren geprüft werden (z. B. REUTER 1962).

Für die wichtige Frage des Arbeitsaufwandes sei darauf hingewiesen, daß mit 2 Laborkräften bei Einsatz von nur 20 Chromatographiegefäßen täglich etwa 700 Proben untersucht werden können.

Eine Bemerkung scheint notwendig hinsichtlich der Verwendung manuell bereiteter Schichten zur Dünnsschichtchromatographie. Der Vorteil eines Standard-Streichgerätes (z. B. nach STAHL, Fa. Desaga, Heidelberg) liegt auf der Hand. Entgegen der von manchen Seiten (vgl. PATAKI und KELEMEN 1963) vertretenen grundsätzlichen Ablehnung manuell bereiteter Adsorptionsschichten sind wir der Meinung, daß die nach obigen Angaben bereiteten Dünnsschichtplatten zumindest für den vorliegenden Zweck durchaus gut brauchbar sind, vor allem, wenn Vergleichssubstanzen mitchromatographiert werden.

Zusammenfassung

In Auswertung eigener Arbeiten und der Literatur wird der gegenwärtige Stand unserer Kenntnis über Beziehungen zwischen Inhaltsstoffen und toxischer Wirkung der Geißraute diskutiert. Es wird der dünnsschichtchromatographische Nachweis von Galegin, 4-Hydroxy-galegin und (+)-Peganin in 5–15 µl Blattpreßsaft von *Galega officinalis* beschrieben und auf die Möglichkeit hingewiesen, diese einfache Methodik als Grundlage für ein Serienverfahren zur Massenauslese von Pflanzenmaterial zu verwenden.

Frau E. STOCK danken wir für ihre Mithilfe bei den dünnsschichtchromatographischen Untersuchungen.

Literatur

- ADAMEČ, J., und J. OPAVA: Übersicht einiger gelöster Forschungsaufgaben der Tschechoslowakischen Akademie der Landwirtschaftswissenschaften auf dem Sektor der pflanzlichen Produktion. Čas. Českoslov. akad. zeměd. 8, 7–50 (1959). — 2. AMIN, A. H., and D. R. MEHTA: A Bronchodilator Alkaloid (Vasicinone) from *Adhatoda vasica* Nees. Nature (London) 184, 1317 (1959). — 3. BARGER, G., and F. D. WHITE: The Constitution of Galegine. Biochem. J. 17, 827–835 (1923). — 4. BECKER, G.: Problematik der Qualitätszüchtung. Dtsch. Akad. Landwirtschaftswiss. Berlin, Ber. u. Vorträge II/1955, 2. Festsitzung u. wiss. Tagung 17./19. 10. 1955 in Berlin, 71–98 (1956). — 5. BLANCHARD, M.: Action vénéneuse de la rue des chèvres (*Galega officinalis* L.) empoisonnement de moutons par cette plante. J. Méd. vét. zootech. 39, 535–537 (1888). — 6. BÖHME, H.: Über den Einfluß von Galeginsulfat auf die Entwicklung einiger Pilze. Pharmazie 16, 209–210 (1961). — 7. CAMBRIDGE, G. W., A. B. A. JANSEN, and D. A. JERMAN: Bronchodilating Action of Vasicinone and Related Compounds. Nature (London) 196, 1217 (1962). — 8. CHOPRA, R. N., and S. GHOSH: Some Observations on the Pharmacological Action and Therapeutic Properties of *Adhatoda vasica* (Basāk). Ind. J. Med. Res. (Calcutta) 13, 205–212 (1925). — 9. EINHORN, J.: Działanie Chloropropamidu i Ziola Rutwicy Lekarskiej (*Galega officinalis* — *Leguminosae*) na Poziom Cukru we Krwi Szczurów. Cz. I i II. Acta Polon. Pharmaceut. 19, 351–361 (1962). — 10. HOREL, J.: Metody zjišťování obsahu galeginu v jeřábíně. Vědecké Práce výzkumného ústavu rostlinné výroby ČSAZV v Praze-Ružyni 2, 135–145 (1956). — 11. KLEIN,

- G., und C. SCHLÖGL: Der mikrochemische Nachweis der Alkaloide in der Pflanze. XVI. Der Nachweis von Galegin. Österr. bot. Z. 79, 340–348 (1930). — 12. KÖHLER, J.: Untersuchungen über die milchtreibende Wirkung von *Galega officinalis*. Diss. Univ. Leipzig 1939. — 13. KOLOUŠEK, J.: Aminokyseliny v jestrabině lékařské. Sborník českoslov. Akad. Zemědělské 26, 221–228 (1953). — 14. KOLOUŠEK, J., M. KUTAČEK und J. BÍLEK: Papírová chromatografie siranu galeginu. Sborník českoslov. Akad. Zemědělské 28, 649–652 (1955). — 15. KRAFT, D.: Die Tüpfelmethode in der Pflanzenzüchtung. Pharmazie 8, 170–173 (1953). — 16. LEWIS, M., and A. J. CARLSON: The Alleged Galactagogue Action of *Galega* and *Nutrolactis*. J. Amer. Med. Assoc. 68, 1570–1572 (1917). — 17. LINJUČEV, V. P., und A. I. BANKOVSKIJ: Chemische Untersuchung der Alkaloide der Geißraute (russ.). Trudy Vsesoyuz. Nauk. — Issledovatel. Inst. Lekarstv. i Aromat. Rast. 1959, Nr. 11, 65–69. — 18. MAKISUMI, S.: Paper chromatography of guanidine compounds (japan.). J. chem. Soc. Japan, Pure chem. Sect. 73, 737–739 (1952). — 19. MARKOVIČ, O., und V. DITTERTOVÁ: Príspevok k izolácii galegínu z rastliny *Galega officinalis*. Chem. Zvesti (Bratislava) 9, 576–579 (1955). — 20. MAYMONE, B., e G. REGENSBURGER: Contributo allo studio dell' azione esercitata dalla Capraggine (*Galega officinalis* L.) sulla produzione del latte nei bovini. Ann. Sperimentaz. agrar. 10, 7–24 (1956). — 21. MORQUER, R., P. RIVALS et L. ANDRAL: Une plante dangereuse pour le bétail: le *Galega officinalis*. Rev. Méd. vét. 103, 327 bis 342; 390–399 (1953). — 22. MOURGUE, M., und R. DOKHAN: Oxydationsprodukte von Arginin in Pflanzen (franz.). C. R. Séances Soc. Biol. Filiales 148, 1434–1437 (1954). — 23. MOUSSU et DESANT: Sur l'empoisonnement de moutons par le *Galega officinalis*. Recueil Méd. vét. 84, 562–569 (1907). — 24. MÜLLER, H.: Physiologische und chemische Studien über die Tanretische Guanidinbase Galegin. Z. Biol. 83, 239–264 (1925). — 25. MÜLLER, H., und H. REINWEIN: Zur Pharmakologie des Galegins. Arch. exptl. Pathol. Pharmacol. 125, 212–228 (1927). — 26. NOWACKI, E., J. PRZYBYLSKA and J. HURICH: Dependence between content of guanidine derivatives and alkaloids in seeds of certain species of leguminous plants. Bull. Acad. polon. Sci., Sér. Sci. biol. 8, 445–448 (1960). — 27. PARTURIER, G., et G. HUGONOT: Le Galéga dans le traitement du diabète. Presse méd. 43, 258–260 (1935). — 28. PATAKI, G., und J. KELEMEN: Einfluß der Schichtbereitungsweise auf die Reproduzierbarkeit der Rf in der Dünnschichtchromatographie. J. Chromatogr. (Amsterdam) 11, 50–54 (1963). — 29. PEPLAU, G., und H. SEEL: Pharmakologische und klinische Untersuchungen deutscher Arzneipflanzen. VIII. *Galega officinalis* L. — Geißraute. Hippokrates 12, 757–761 (1941). — 30. PUFAHL, K.: Beitrag zur Kenntnis der Inhaltsstoffe der Geißraute, *Galega officinalis* L. Diss. Univ. Rostock 1962. — 31. PUFAHL, K., und K. SCHREIBER: Isolierung eines neuen Guanidinderivates aus der Geißraute, *Galega officinalis* L. Experientia (Basel) 17, 302 (1961). — 32. RANDERATH, K.: Dünnschicht-Chromatographie. Weinheim/Bergstraße 1962. — 33. REINWEIN, H.: Beitrag zur Pharmakologie und Therapie der Guanidine. Verh. dtsh. Ges. inn. Med. 39, 219–220 (1927). — 34. REUTER, G.: Zur Analytik der Stickstoffverbindungen in *Galega officinalis* L. unter besonderer Berücksichtigung der Guanidine. Planta med. (Stuttgart) 10, 226–231 (1962). — 35. RJABININ, A. A., und E. M. ILJINA: Über die Umwandlungen von Alkaloiden in der Pflanze *Smirnovia turkestanica* Bge. (russ.). Ber. Akad. Wiss. UdSSR 76, 851–853 (1951). — 36. SAKAGUCHI, S.: a) Über eine neue Farbenreaktion von Protein und Arginin. J. Biochemistry (Tokyo) 5, 25–31 (1925); b) Über die Bindungsweise und quantitative Bestimmung des Arginins im Proteinmolekül. Ibid., 5, 133–142 (1925); Eine neue Methode der colorimetrischen Arginin-Bestimmung. Ibid., 37, 231–236 (1950). — 37. SCHARAPOW, I. M.: Zur Pharmakologie von Peganin (russ.). Pharmacol. u. Toxikol. (Moskau) 22, 69–73 (1959). — 38. SCHREIBER, K., O. AURICH und K. PUFAHL: Isolierung von (+)-Peganin aus der Geißraute, *Galega officinalis* L. Arch. Pharmacol. 295, 271–275 (1962). — 39. SCHREIBER, K., K. PUFAHL und H. BRÄUNIGER: a) Über ein neues Guanidinderivat aus der Geißraute, *Galega officinalis* L. Liebigs Ann. Chem. (im Druck); b) Synthese von 4-Hydroxy-dihydrogalegin und verwandten Guanidinderivaten. Ibid. (im Druck). — 40. SCHRÖCK, O.: Die Züchtung alkaloidarmen Geißklee, *Galega officinalis* L. Züchter 13, 115–117 (1941). — 41. SEEHOFER, F.: Die chemische Selektion einer großen Pflanzenzahl (10⁸). Züchter 27, 244–245 (1957). — 42. SELECKÝ, F.: Farmakologické poznatky o *Galega officinalis*. Farmácia (Bratislava) 24, 198–207 (1955). — 43. V. SENGUSCH, R.: Süßlupine und Öllupine. Die Entstehungsgeschichte einiger neuer Kulturpflanzen. Landwirtschaftl. Jb. 91, 719 bis 762 (1942). — 44. SIMONNET, H., et G. TANRET: a) Sur les propriétés hypoglycémiantes du sulfate de galéagine. C. R. hebdom. Séances Acad. Sci. 184, 1600–1602 (1927); b) Ibid., 185, 1616–1617 (1927). — 45. SPÄTH, E., und S. PROKOPP: Über das Galegin. Ber. dtsh. chem. Ges. 57, 474–480 (1924). — 46. STAHL, E.: Dünnschicht-Chromatographie. Ein Laboratoriumshandbuch. Berlin/Göttingen/Heidelberg 1962. — 47. STIRNADEL, M.: Die Geißraute als Heilpflanze. Hippokrates 8, 742–743 (1937). — 48. TANRET, G.: a) Sur un alcaloïde retiré du *Galega officinalis*. C. R. hebdom. Séances Acad. Sci. 158, 1182–1184 (1914); b) Sur quelques propriétés physiologiques du sulfate de galéagine. Ibid., 159, 108–111 (1914). — 49. THOAI, N. VAN, et G. DESVAGES: Sur la nouvelle guanidine biologique végétale, la 4-hydroxy-galéagine. Bull. Soc. Chim. biol. 45, 413–420 (1963). — 50. TIBERIO, M.: Estrazione, separazione cromatografica e determinazione quantitativa colorimetrica della galéagina. Ann. Sperimentaz. agrar. 11, 1045–1054 (1957). — 51. TUTAEV, G. V., und Z. A. MAKAROVA: Arb. Ukrain. Inst. exptl. Pharmacol. 1938, Nr. 1, 32 (zit. nach SCHARAPOW, I. M., Pharmacol. u. Toxikol. (Moskau) 22, Nr. 1, 69–73 (1959)). — 52. ZAPPA, R.: Azione esercitata sulla produzione del latte dalla *Galega officinalis* L. affienata. Ann. Sperimentaz. agrar. 14, 827–848 (1960).

Institute of Genetics of the Hungarian Academy of Sciences, Budapest

Analysis of Inheritance of the Number of Kernel Rows in Maize

By L. DANIEL

With 6 figures

The primary components of the total grain yield per plant in corn are the number of ears per plant, kernel weight, number of kernel rows and number of kernels per row; consequently the study of the inheritance of kernel-row number has besides the theoretical importance also a practical one.

ANDERSON (1944) emphasized: "Ear row number is a good example for a quantitative character which is easy to record exactly but difficult to analyse". The complicated inheritance may be connected with

the intricate evolution of the ear by mutation (WEATHERWAX, 1935), fasciation (WHITE, 1948), introgression (MANGELSDORF, 1961) and also artificial selection.

EAST described as early as 1910 the segregation of the kernel-row number and he was the first who attempted to explain this phenomenon on the line of Mendelian inheritance, but we have not a clear picture about it as yet. In spite of the slight influence of the environment on the kernel-row number (EMER-