

(Aus dem Agronomischen Institut des Staates São Paulo, Campinas, Brasilien.)

Beitrag zur Cytologie des Genus Coffea.Von **C. A. Krug.**

Die Genetik-Abteilung des Agronomischen Institutes (Staat São Paulo, Brasilien) ist seit 1929 damit beschäftigt, die Variabilität der hier angebauten Kaffeeart (*Coffea arabica* L.) zu untersuchen. Es wurde im vorigen Jahr damit angefangen, eine Reihe von Charakteren dieser Art genetisch zu analysieren, zu welchem Zweck eine große Anzahl Kreuzungen ausgeführt wurden. Man hat die Absicht, nicht nur die Erbllichkeit dieser Eigenschaften zu erörtern, sondern auch durch Bastardierung verschiedene günstige Charaktere zu vereinen, um neue kommerzielle Kaffeetypen zu schaffen; außer dem obengenannten *Coffea arabica* kommen für diese Arbeiten auch noch einige andere Arten in Frage.

Da heutzutage die Cytologie der Genetik und Pflanzenzüchtung in manchen Fällen ein wichtiges Hilfsmittel geworden ist, fing ich im vorigen Jahr damit an, verschiedene Varietäten von *Coffea arabica* und auch drei andere Arten cytologisch auf ihre Chromosomenzahlen zu untersuchen.

In der Literatur findet man über die Cytologie von *Coffea* leider nur sehr wenige Angaben; VON FABER (1912) befaßte sich mit *Coffea arabica* und fand $2n = 16$; PIZA (1929) machte einige Beobachtungen über die somatische Mitose in *Coffea arabica*; Chromosomenzählungen wurden jedoch nicht ausgeführt; er folgerte, daß dieselben klein und sehr zahlreich seien. HOMMEYER (1932) zählte in derselben Art $2n = 22$; letzterer untersuchte auch noch mehrere andere Genera der Rubiaceen (*Sherardia*, *Cruzianella*, *Asperula*, *Gallium* usw.) und leitete von seinen Beobachtungen ab, daß die Grundzahl der Chromosomen des von ihm untersuchten Materials wohl *elf* sei; mehrere tetraploide und auch zwei hexaploide Formen wurden in einigen von den obengenannten Genera gefunden; in *Coffea arabica* wurden scheinbar keine Polyploide angetroffen, soweit aus der vorläufigen Mitteilung des Verfassers zu entnehmen ist. Außer den ebengenannten cytologischen Arbeiten habe ich in der Literatur keine weiteren Anhaltspunkte von Belang finden können.

Im Zusammenhang mit dem Problem der Artkreuzungen in *Coffea* sind jedoch noch SCHWEIZER^s (1932) Beobachtungen von Interesse; in Java wurden vor einigen Jahren verschiedene Bastardierungen zwischen *C. arabica* und *C. Robusta* und auch zwischen *C. arabica* und *C. congensis* ausgeführt; einige dieser Hybriden blühten im Jahre 1932 sehr stark auf der Besoekisch Proefstation, ein Fruchtsatz blieb

jedoch fast ganz aus. Auch CHEVALIER (1929) führt P. J. S. CRAMER^s und auch eigene Beobachtungen über einige Artkreuzungen auf, die für das Gebiet der Cytologie von Interesse sind, und auf die ich weiterhin eingehen werde.

Material und Technik.

Das Material für die hier berichteten Untersuchungen stammt aus der Kollektion des Agronomischen Institutes, aus dem Horto Florestal in Rio Claro und aus einigen benachbarten privaten Kaffee-Anpflanzungen. Chromosomenzählungen wurden in Metaphasen der somatischen Mitose im Wurzelmeristem und auch in Metaphasen der Reifeteilungen ausgeführt. Wurzelspitzen und junge Antheren wurden in Navashins Mischung fixiert; Einbettung in Paraffin; Querschnitte von 6—8 Micron. Färbung: Krystall-Violett; Antheren wurden auch vielfach mit Bellings Acetocarmin behandelt.

Resultate.

Folgende Sorten von *Coffea arabica* L. haben im somatischen Gewebe 44 Chromosomen:

Coffea arabica var. *Nacional*
var. *Bourbon*
var. *laurina* (Abb. 5)
var. *Maragogipe* FERN.
var. *amarella*

Die beiden erstgenannten Sorten von *Coffea arabica* sind diejenigen, die am meisten hier in Brasilien angebaut werden. Die Chromosomen

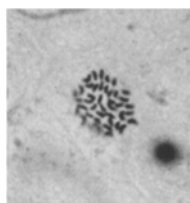


Abb. 1. *C. arabica* var. *laurina*: Metaphase der somatischen Teilung im Wurzelmeristem.



Abb. 2. *C. arabica* var. *Bourbon*: Metaphase der somatischen Teilung im Wurzelmeristem; deutliches Paaren einiger Chromosomen.

sind in den Metaphasen der somatischen Teilung sehr klein und länglich (etwa 1—2 Micron lang), oft auch beinahe rund; sie sind alle mehr oder weniger gleich groß und unterscheiden sich kaum morphologisch voneinander. Wie auf Abb. 2 zu bemerken ist, fand ich in vielen Metaphasen der somatischen Zellteilung ein deutliches Paaren einiger Chromosomen. Es ist von Interesse, festzustellen, daß die „Maragogipe“-Varietät, eine Art Gigas-Form der Spezies *arabica* (im Verhältnis viel größere Blätter, Früchte, Blüten und längere Internodien als

C. arabica typica) dieselbe Chromosomenzahl hat wie die anderen Varietäten, die der *C. arabica typica* näherstehen. Sobald Material zur Verfügung steht, habe ich vor, noch weitere Sorten dieser Spezies zu untersuchen, um so mehr als jetzt schon 22 und 44 Chromosomen Formen bekannt sind und in morphologischer Hinsicht die Variabilität innerhalb der Art sehr groß ist; es ist nicht unmöglich, daß noch Formen mit höheren Chromosomenzahlen existieren.

In drei anderen Arten, *Coffea canephora* PIERRE (Robusta-Kaffee) (Abb. 3), *Coffea Excelsa* A. CHEVALIER (Abb. 4) und *Coffea con-*



Abb. 3. *C. canephora* PIERRE (Robusta-Kaffee): Metaphase der somatischen Teilung im Wurzelmeristem.



Abb. 4. *C. Excelsa* A. CHEVALIER: Metaphase der somatischen Teilung im Wurzelmeristem.

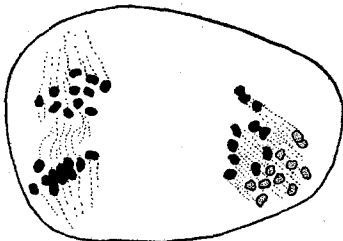


Abb. 5. *C. congensis* FROEHNER: Pollenmutterzelle; Anaphase der zweiten, homotypischen Teilung der Meiosis.

gensis FROEHNER (Abb. 5) wurde jedoch nur $2n = 22$ gefunden. In den beiden erstgenannten Arten ist es möglich, einige Chromosomenpaare morphologisch zu unterscheiden. Die Chromosomen von *Coffea Excelsa* sind bedeutend größer als die der drei anderen Arten.

Diskussion.

Die Resultate meiner Chromosomenzählungen stimmen also nicht mit VON FABERs Beobachtungen überein; an Hand HOMEYERs und meiner Feststellungen ist das Vorkommen von acht (haploiden) Chromosomen in *Coffea arabica* schwer zu erklären. Was HOMEYERs Resultate anbetrifft, so bestätigen meine Beobachtungen seine Anschauung, daß die Grundzahl der Chromosomen wohl auch für *Coffea* $n = 11$ ist. Von Interesse ist es also festzustellen, daß die hier angebauten Sorten dieser Art Tetraploide sind; diploide Pflanzen dieser Spezies habe ich hier bis jetzt noch nicht angetroffen. Es wäre von Wert, zu erkunden, ob HOMEYERs $2n = 22$ Individuen morphologisch von den hier angebauten Tetraploiden abweichen. In den von mir untersuchten tetraploiden Pflanzen verläuft

die Meiosis vollkommen normal (Abb. 6—9), die Chromosomen sind alle bis zur Metaphase der ersten Reduktionsteilung einfach gepaart, es erscheinen keine quadrivalente Gruppen von Chromosomen; es wäre deshalb wohl angebracht, diese Sorten anstatt Tetraploide Doppel-diploide zu nennen (BLAKESLEE).

Die große Variabilität der Nachkommen-schaften einiger Individuen unserer Kaffee-varietäten und auch Beobachtungen über die Blütenbiologie derselben lassen darauf schließen, daß in der Natur neben Selbstbestäubung auch Fremdbestäubung die Regel ist (hauptsächlich

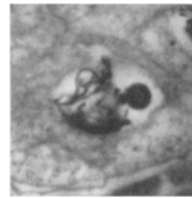


Abb. 6. *C. arabica* var. Nacional: Pollenmutterzelle; prophasisches Spirema kurz nach Synizesis.

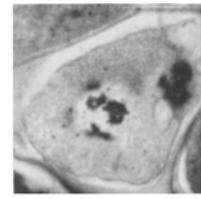


Abb. 7. *C. arabica*, var. amarella: Pollenmutterzelle; Diakinesis; man zählt in jeder Zelle (auf mehrere aufeinanderfolgende Schnitte verteilt) 22 Chromosomenpaare.



Abb. 8. *C. arabica* var. Bourbon: Metaphase der ersten Reduktionsteilung.

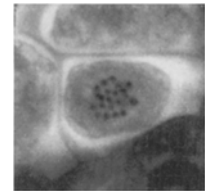


Abb. 9. *C. arabica* var. Nacional: Metaphase der zweiten, homotypischen Teilung der Meiosis.

Insekten), und daß deshalb möglicherweise einige unserer Varietäten Bastarde sind. Ob diese natürliche Bastardierung die Ursache der Entstehung polyploider Rassen gewesen ist, kann vorläufig noch nicht bestätigt werden. Ein loses Paaren mehrerer Chromosomen, das oft in Metaphasen der somatischen Zellteilung beobachtet wurde, ist wohl von keiner weiteren Bedeutung und trägt nicht dazu bei, den Ursprung dieser „Doppeldiploiden“ zu erklären; solch ein loses Paaren ist ja in vielen anderen Pflanzenspezies beobachtet worden (STRASSBURGER, SYKES, KUWADA usw.) und ist besonders auffällig in den Diptera.

Wie vorher gesagt, fand ich für die drei anderen Arten, Robusta-Kaffee (*C. canephora* PIERRE), *C. Excelsa* A. CHEVALIER und *C. congensis* FROEHNER, $n = 11$; es ist also voraus-zusetzen, daß Bastarde zwischen diesen drei Arten und *Coffea arabica* (Doppeldiploid) normalerweise triploide Individuen sind. Es ist hier angebracht, einige Beobachtungen SCHWEIZERs (1933, S. 69) zu wiederholen:

„De kunstmatige Arabica \times Robusta en Arabica \times Congensis hybriden hebben weer buitengewoon zwaar gebloeid, doch de vruchtdracht was praktisch nihil . . . Het bleek nu, dat gedurende 2 à 3 maanden de jonge vruchtbeginsels an de boomen bleven zitten zonder noemenswaard te zwellen. Daarna treedt meestal vrij plotseling een vruchtafval in, die zeer snel verloopt, zoodat na 5 à 6 maanden praktisch geen vruchten meer over zijn. De vruchten, welke dan nog overblijven, komen ook vrijwel allen tot volledige ontwikkeling . . .“

Weiter bestätigt SCHWEIZER, daß die Nachkommen der ursprünglichen Hybriden, die dem echten *arabica*-Typus gleichwertig sind, auch weiter rein *arabica* bleiben; die wenigen Nachkommen von einigen echten Bastarden sind fast durchweg anormale, mißgeformte Individuen. Hieraus dürfte man wohl schließen, daß die Individuen der ursprünglichen Bastardanpflanzung, die den reinen *arabica*-Typus aufweisen, höchstwahrscheinlich keine Bastarde sind, und daß als solche nur die Individuen angesehen werden müssen, die anormale, mißgeformte Nachkommenschaften hervorbringen. Was die Kreuzungen Arabica \times Robusta und Arabica \times Congensis anbelangt, so sind SCHWEIZERs Beobachtungen an Hand der Chromosomenzahlen der Eltern zu erklären, in der Voraussetzung, daß *Coffea arabica* in Java auch doppel-diploid ist; die echten Bastarde sind größtenteils steril, weil sie wohl Triploide (33 Chromosomen) sind, und die wenigen Nachkommen, die diese erzeugen, sind mißgebildet, da sie wahrscheinlich abnorme Chromosomenzahlen besitzen. Ein eingehendes Studium der Reifeteilungen in diesen Individuen und deren Eltern würde genügendes Licht auf dieses Problem werfen.

Wie schon gesagt, führt CHEVALIER (1929, S. 122) P. J. S. CRAMERs letzte Beobachtungen über interspezifische Bastarde in *Coffea* auf; nur eine einzige Bastardpflanze wird erwähnt, die normal Früchte ansetzt, die aus der Kreuzung von Robusta-Kaffee mit *C. arabica* var. *Maragogipe* hervorgegangen sein soll; wahrscheinlich vegetativ propagiert, wird dieser Bastard in Java auf einer 3 ha Anpflanzung beobachtet; er muß der Maragogipe-Varietät sehr ähnlich sein, da er sich durch geringe Produktion und größere Früchte auszeichnet. Andere Bastarde zwischen Robusta-Kaffee und *C. arabica* „ne donnent pas des grands espoirs“, wie sich CRAMER ausdrückt. Weiter erwähnt dieser mehrere Bastarde zwischen *C. congensis* FROEHNER und verschiedenen mit dem Robusta-Kaffee verwandten Arten, die normal fruchten. CHEVALIER selbst (S. 121) beschreibt einen Bastard zwischen *C. congensis* und *C. canephora* (Robusta), der, „contrairement à la plupart des hybrids“ sehr fruchtbar ist. *C. congensis* var.

Chalotii soll nach ZIMMERMANN (1928) ein solcher Bastard sein. Die normale Fertilität dieser interspezifischen Bastarde ist dadurch erklärlich, daß die Eltern die gleiche Chromosomenzahl haben ($2n = 22$) und auch scheinbar keine Inkompatibilität zwischen denselben vorherrscht.

Hier haben wir also wieder ein Beispiel, wie die Cytologie der Genetik und Pflanzenzüchtung ein wichtiges Hilfsmittel sein kann. Bevor die oben erwähnten cytologischen Untersuchungen unternommen wurden, planten wir eine große Anzahl Kreuzungen zwischen *Coffea arabica* und Robusta-Kaffee, auszuführen, um die große Ertragsfähigkeit letzterer mit der guten Qualität einiger *arabica*-Sorten zu vereinen; an Hand der erwähnten Resultate der Chromosomenzählungen jedoch gaben wir diese zum großen Teil auf und machten vor kurzem nur einige wenige Kreuzungen, die hauptsächlich theoretisch von Interesse sind, und die ich bald in einer nächsten Mitteilung näher zu behandeln gedenke.

Zusammenfassung.

Fünf verschiedene Sorten von *Coffea arabica* wurden vom Verfasser cytologisch untersucht; es handelt sich um 44 Chromosomen-Formen. Diese Ergebnisse stimmen nicht mit FABERs Beobachtungen überein, der für *C. arabica* $2n = 16$ fand; wohl aber wird HOMEYERs Anschauung bestätigt, daß die Grundzahl auch für *Coffea* $n = 11$ ist. Drei andere Arten, *Coffea Excelsa* PIERRE, *Coffea canephora* (Robusta-Kaffee) und *Coffea congensis* FROEHNER, haben nur $2n = 22$ Chromosomen. An Hand dieser Chromosomenzahlen wird die Sterilität einiger interspezifischer Bastarde in Java erklärt.

Nachtrag.

Soeben erscheint in „Hereditas“ 19, Heft 1, 2, S. 223—232 (1934): „Beiträge zur Kenntnis der Zytologie der Rubiaceen“ von FOLKE FAGERLIND. Verfasser bestätigt hierin meine Chromosomenzählungen für *Coffea arabica*, 44 im somatischen Gewebe.

Literatur.

- CHEVALIER, A.: Les Caféiers du Globe. Paris 1929.
 FABER, F. C. VON: Morphologisch-physiologische Untersuchungen an Blüten von *Coffea arabica*. Ann. du Jardin Botanique de Buitenzorg, Java 25 (1912).
 HOMEYER, H.: Zur Zytologie der Rubiaceen. (Vorläufige Mitteilung.) Planta 18, 640 (1933).
 PIZA, S. DE TOLEDO: Observações sobre a Caryocinese na raiz do caféiro. Rev. de Agricultura, Piracicaba, S. P. 4, 9 (1929).
 SCHWEIZER, J.: Mededeelingen van het Bezoekisch Proefstation, No. 49, S. 68—70 (1933).
 ZIMMERMANN, A.: Kaffee. Auslandsbücherei 1928.
 Mikrophotographien wurden mit „Zeiß Phoku“ aufgenommen; Abb. 1—5, 8 und 9 mit Abbés Zeichenapparat gezeichnet. — Mikrophotographien $\times 1000$ und Zeichnungen $\times 2400$.