

American Naturalist 85, 81—96 (1951). — 30b. STEBBINS, G. L.: Cytogenetics and evolution of the grass family. Amer. Journ. Botany 43, 890—905 (1956). — 31. STUBBE, H., und F. v. WETTSTEIN: Über die Bedeutung von Klein- und Großmutationen in der Evolution. Biol. Zbl. 61, 265—297 (1941). — 32. STUBBE, H.: Über einige theoretische und praktische Fragen der Mutationsforschung. Abh. d. Sächs. Akad. d. Wiss. zu Leipzig, Math.-Naturw. Klasse 47, H. 1, XI und 23 S., Berlin 1952. — 33. STUBBE, H.: Einige Ergebnisse der Mutationsforschung an Kulturpflanzen. Sitz. Ber. d. Dt. Akad. d. Wiss. zu Berlin, Klasse f. Med., Jahrg. 1959, Nr. 1, Berlin 1959a. — 34. STUBBE, H.: Mutanten der Kulturtomate *Lycopersicon esculentum* Miller III. Die Kulturpflanze 7, 82—112 (1959b). — 35. STUBBE, H.: Considerations on the gene-

tical and evolutionary aspects of some mutants of *Hordeum*, *Glycine*, *Lycopersicon* and *Antirrhinum*. Cold Spring Harbor Symposia on quantitative Biology 24, 31—40 (1959c). — 36. STUTZ, H. C.: A new macromutation in rye. Proc. Utah Acad. Sci. 34, 59—60 (1957). Ref.: Plant Breeding Abstracts 29, 2562 (1959). — 37. VAVILOV, N. I.: The law of homologous series in variation. Journal of Genetics 12, 47—89 (1922). — 38. VETTEL, F.: Forschungsstelle für Getreidezucht der DAL zu Berlin in Kloster Hadmersleben (Persönliche Mitteilung). — 39. ZIMMERMANN, W.: Die Auseinandersetzung mit den Ideen Darwins. Der „Darwinismus“ als ideengeschichtliches Phänomen. In: HEBERER, G., und F. SCHWANITZ (Herausg.), Hundert Jahre Evolutionsforschung, S. 290—354. Stuttgart 1960.

Aus dem Institut für Kulturpflanzenforschung Gatersleben der Deutschen Akademie der Wissenschaften zu Berlin und dem Institut für Pflanzenzüchtung der Martin-Luther-Universität Halle-Wittenberg in Hohenthurm/Halle

Bastardierungsversuche in der Gattung *Vicia*

I. Über das zytogenetische Verhalten der Bastarde von *V. sativa* L. ssp. *amphicarpa* x ssp. *obovata**

Von DIETER METTIN

Mit 21 Abbildungen

A. Einleitung

Auch für Artbastardierungen innerhalb der Gattung *Vicia* trifft die häufig festgestellte Tatsache zu, daß bei den Papilionaceen Kreuzungen zwischen Vertretern verschiedener Arten oder Gattungen schwieriger gelingen als in anderen Familien. Obwohl bisher in der Gattung *Vicia* eine große Anzahl von Bastardierungsversuchen unternommen worden sind, wurden nur in wenigen Fällen lebensfähige Bastarde erhalten. Wir haben die Ergebnisse von allen uns bekannten Artkreuzungen in Tab. 1 zusammengestellt. Aus dieser Übersicht geht hervor, daß mit Ausnahme der von HIRAYOSHI u. MATSUMURA (1952) bzw. von YAMAMOTO (1955) beschriebenen Bastarde aus den Kreuzungen von *V. sativa* L. x *Karasunoendo* (mögliche japanische Wildart von *V. sativa* mit $2n = 14$ Chromosomen) und *V. sativa* L. x *V. tetrasperma* Moench bisher ausschließlich Kreuzungen zwischen den Unterarten von *V. sativa* L.¹ gelangen. Während aus diesen Kombinationen Bastarde mit \pm hoher Fertilität hervorgingen, waren alle übrigen weiteren Untersuchungen nicht zugänglich, da sie entweder vorzeitig eingingen oder steril waren.

Spontan entstandene Artbastarde sind in der Gattung *Vicia* ebenfalls sehr selten. Lediglich ASCHERSON u. GRAEBNER (1906—1910) sowie PROGENT (1949) haben einige Formen als vermutliche Kreuzungsprodukte von *V. angustifolia* x *lutea*, *silvatica* x *cracca* und *villosa* x *cracca* beschrieben. Die Echtheit dieser

¹ Über die systematische Stellung der Formen *sativa* (bzw. *obovata*), *angustifolia*, *amphicarpa* und *macrocarpa* bestehen unterschiedliche Auffassungen. Sie werden teils als selbständige Arten und teils als Unterarten von *V. sativa* L. angesehen. Weiteres hierzu in den Arbeiten von ASCHERSON u. GRAEBNER (1906—1910), HEGI (1924), SVESHNIKOVA (1927) und MANSFELD (1959). Wir betrachten vorläufig die einzelnen Formen als Unterarten und verwenden für sie folgende Synonyme: *Vicia sativa* L. ssp. *obovata* (Ser.) Gaudin
ssp. *angustifolia* (L.) Gaudin em. Briquet
ssp. *amphicarpa* (L.) Aschers. et Graeb.

* Herrn Professor Dr. Dr. H. STUBBE in Dankbarkeit zum 60. Geburtstag gewidmet.

Bastarde muß jedoch als fraglich angesehen werden, da es bisher nicht gelungen ist, diese Formen auf experimentellem Wege herzustellen (SVESHNIKOVA 1927, SCHELHORN 1940).

Es erschien daher angebracht, die Möglichkeiten der experimentellen Erzeugung von Artbastarden in der Gattung *Vicia* erneut zu prüfen. Analog zu den Arbeiten von SVESHNIKOVA u. BELEKHOVA (1935), SVESHNIKOVA (1940), HIRAYOSHI u. MATSUMURA (1952) und YAMAMOTO (1954, 1955, 1959) stand dabei die Untersuchung zytologischer und genetischer Probleme im Vordergrund. In dieser vorliegenden ersten Arbeit wird speziell das zytogenetische Verhalten der Bastarde aus der Kreuzung *V. sativa* ssp. *amphicarpa* x ssp. *obovata* dargestellt.

B. Material und Methodik

Als Ausgangsmaterial für die allgemeinen Bastardierungsexperimente verwendeten wir neben einer Anzahl von *Vicia*-Arten (sie sind aus Tab. 2 ersichtlich) von *V. sativa* ssp. *obovata* folgende Sorten:

„Steinacher Hellsamige“
(Arbeitsbezeichn. Vic. 1),
„Engelens Weihensteph.“
(Arbeitsbezeichn. Vic. 4),
„Blanchefleur“
(Arbeitsbezeichn. Vic. 7),
„var. *platysperma*“
(Arbeitsbezeichn. Leg. 2).

Die letztgenannte Form geht auf eine spontane Mutation hinsichtlich der Samenform zurück und gehört systematisch zu ssp. *obovata* (METTIN 1960). Mit Ausnahme der Sorte „Blanchefleur“ stammt das ge-

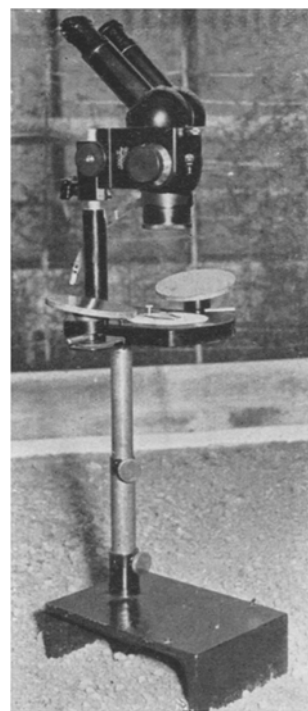


Abb. 1. Präpariermikroskop „Citoplast“ mit verstellbarem Stativ für Kreuzungszwecke

Tabelle 1. In der Literatur mitgeteilte Bastardierungsexperimente in der Gattung *Vicia*.

Kreuzungskombination ¹⁾	Kreuzungsansatz	Bemerkungen über die F ₁	Autor
<i>V. angustifolia brachisomica</i> Sv. × <i>V. angustifolia dolichosomica</i> Sv.	vorhanden	wüchsiger als Eltern, ± steril	SVESHNIKOVA (1940)
<i>V. angustifolia dol.</i> × <i>V. amphicarpa</i>	vorhanden	ohne Angaben	SVESHNIKOVA (1940)
<i>V. angustifolia</i> × <i>V. sativa</i>	kein	—	TUPIKOVA (n. SVESHNIKOVA 1927)
<i>V. angustifolia</i> ² × <i>V. sativa</i>	vorhanden	ohne Angaben	SEKIZUKA et al. (1959)
<i>V. dumetorum</i> × <i>V. sativa</i>	kein	—	SCHELHORN (1940)
<i>V. faba</i> × <i>V. narbonensis</i>	kein	—	TUPIKOVA (n. SVESHNIKOVA 1927)
<i>V. grandiflora</i> × <i>V. sativa</i>	kein	—	SCHELHORN (1940)
<i>V. lutea</i> × <i>V. sativa</i>	kein	—	SCHELHORN (1940)
<i>V. macrocarpa</i> × <i>V. amphicarpa</i>	vorhanden	ohne Angaben	SVESHNIKOVA (1940)
<i>V. macrocarpa</i> × <i>V. angustifolia brach.</i>			
<i>V. macrocarpa</i> × <i>V. angustifolia dol.</i>			
<i>V. macrocarpa</i> × <i>V. sativa</i>			
<i>V. narbonensis</i> var. <i>intermedia</i> × <i>V. narbonensis</i> var. <i>integrifolia</i>	7%	Samen nicht gekeimt	SCHELHORN (1940)
<i>V. narbonensis</i> var. <i>integrifolia</i> × <i>V. narbonensis</i> var. <i>intermedia</i>	20%	chlorotisch, steril	SCHELHORN (1940)
<i>V. narbonensis</i> × <i>V. serratifolia</i>	kein	—	TUPIKOVA (n. SVESHNIKOVA 1927)
<i>V. pannonica</i> rotbl. × <i>V. pannonica</i> weißbl.	sehr gering	Samen nicht gekeimt	SCHELHORN (1940)
<i>V. sativa</i> × <i>V. amphicarpa</i>	vorhanden	Wuchsheterosis, partiell steril	SVESHNIKOVA (1940)
<i>V. sativa</i> × <i>V. angustifolia brach.</i>			
<i>V. sativa</i> × <i>V. angustifolia dol.</i>	14%	Habitus interme- diär, stark steril	YAMAMOTO (1955)
<i>V. sativa</i> × <i>V. angustifolia</i>			
<i>V. sativa</i> × <i>V. angustifolia</i>	vorhanden	ohne Angaben	SHIMANO et al. (1959)
<i>V. sativa</i> × <i>V. amphicarpa</i>	vorhanden	Wuchsheterosis, stark steril	YAMAMOTO (1959)
<i>V. sativa</i> × <i>V. dumetorum</i>	kein	—	SCHELHORN (1940)
<i>V. sativa</i> × <i>V. grandiflora</i>			
<i>V. sativa</i> × <i>V. lutea</i>			
<i>V. sativa</i> × <i>V. macrocarpa</i>	kein	—	TUPIKOVA (n. SVESHNIKOVA 1927)
<i>V. sativa</i> × <i>V. macrocarpa</i>	vorhanden	ohne Angaben	SVESHNIKOVA (1940)
<i>V. sativa</i> × <i>V. pannonica</i>	kein	—	SCHELHORN (1940)
<i>V. sativa</i> × <i>V. sativa</i> (Karasunoendo) ³	gering	hochgradig steril, kein Samenansatz	HIRAYOSHI u. MATSUMURA (1952)
<i>V. sativa</i> × <i>V. sepium</i>	kein	—	SCHELHORN (1940)
<i>V. sativa</i> × <i>V. tetrasperma</i>	5%	Pflanzen mutter- ähnlich, Fertili- tät 50%	YAMAMOTO (1954)
<i>V. sepium</i> × <i>V. sativa</i>	kein	—	SCHELHORN (1940)
<i>V. serratifolia</i> × <i>V. narbonensis</i>	kein	—	TUPIKOVA (n. SVESHNIKOVA 1927)
<i>V. villosa</i> × <i>V. dasycarpa</i>	gering	Pflanzen chloro- tisch, eingegangen	TUPIKOVA (n. SVESHNIKOVA 1927)

¹ Alle Artnamen sind der jeweiligen Originalmitteilung entnommen² Im Original wahrscheinlich fälschlich als *V. sativa* L. var. *normalis* Makino (*Yahazunoendo*) wiedergegeben. Vgl. Artnamen bei SHIMANO et al. (1959)³ *Karasunoendo* (japanische Wildart mit 2n = 14). Nicht zu *V. sativa* L. gehörigTabelle 2. Übersicht über die eigenen Artkreuzungen in der Gattung *Vicia*.

Kombination	Elternherkunft		Anzahl der Krzgn.	Ansatz in		Bemerk.
	♀	♂		Stck.	%	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>obovata</i> × <i>V. lutea</i> u. reziprok	Leg. 2 Vic. 1 Vic. 7	<i>V. lut.</i> „ „	182 40 13	— — —	— — —	30% Fruchtansatz, alle Samen abortiert
<i>V. sativa</i> ssp. <i>obovata</i> × <i>V. amurensis</i>	Vic. 1	<i>V. amur.</i>	29	—	—	<i>V. amurensis</i> 2n = 12 (METTIN 1961)
<i>V. pannonica</i> × <i>V. sativa</i> ssp. <i>angustifolia</i>	<i>V. pan.</i>	<i>V. ang.</i>	29	—	—	teilweise Frucht- ansatz, alle Samen abortiert. <i>V. melanops</i> 2n = 10 (METTIN 1961)
<i>V. sativa</i> ssp. <i>obovata</i> × <i>V. pannonica</i>	Vic. 7	<i>V. pan.</i>	14	—	—	
<i>V. faba</i> × <i>V. melanops</i>	<i>V. fab.</i>	<i>V. mel.</i>	115	—	—	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>angustifolia</i> × <i>V. lutea</i>	<i>V. ang.</i>	<i>V. lut.</i>	20	—	—	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>obovata</i> × ssp. <i>angustifolia</i>	Vic. 4	<i>V. ang.</i>	35	3	9	
	Leg. 2	„	15	—	—	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>angustifolia</i> × ssp. <i>obovata</i>	<i>V. ang.</i>	Vic. 4	25	—	—	
	„	Leg. 2	22	—	—	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>obovata</i> × ssp. <i>amphicarpa</i>	Leg. 2	<i>V. amph.</i>	12	6	50	
	Vic. 7	„	19	12	63	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>amphicarpa</i> × ssp. <i>obovata</i>	<i>V. amph.</i>	Leg. 2	13	12	92	
	„	Vic. 7	11	11	100	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>angustifolia</i> × ssp. <i>amphicarpa</i>	<i>V. ang.</i>	<i>V. amph.</i>	7	—	—	
<i>V. sativa</i> ssp. <i>amphicarpa</i> × ssp. <i>angustifolia</i>	<i>V. amph.</i>	<i>V. ang.</i>	4	3	75	

samte Material aus dem Sortiment des Institutes für Kulturpflanzenforschung in Gatersleben.

Da sich alle Arten im Gewächshaus gut kultivieren ließen, wurden die Kreuzungen ausschließlich an Gewächshauspflanzen durchgeführt. Für die Kreuzungsarbeiten an den relativ kleinblütigen *Vicia*-Arten hat sich die Verwendung einer Vergrößerungseinrichtung als sehr vorteilhaft erwiesen (METTIN 1960). Wir benutzten dazu das Präpariermikroskop „Citoplast“ von der Fa. Zeiss-Jena, zu dem ein in der Höhe verstellbares Stativ entwickelt wurde (Abb. 1).

Die Auswahl der Kreuzungspartner erfolgte entweder nach ihrer engeren systematischen Zusammengehörigkeit oder nach chromosomalen Übereinstimmungen. Grundlage für den Vergleich der Chromosomenmorphologie bildeten neben eigenen die Untersuchungsergebnisse von SVESHNIKOVA (1927).

In Tab. 2 sind die durchgeführten Kreuzungskombinationen zusammengestellt worden. Die drei Unterarten der Spezies *V. sativa* — *obovata*, *angustifolia*, *amphicarpa* — wurden in allen möglichen Richtungen gekreuzt. Dabei waren alle Kombinationen erfolglos, in denen ssp. *angustifolia* als Mutter gedient hatte. Bei den Kreuzun-

SAT-Chromosom (Abb. 2). Die 6 Chromosomen wurden mit abnehmender absoluter Länge numeriert.

Für die Unterart *amphicarpa* wird in der Literatur als Chromosomenzahl sowohl $2n = 10$ als auch $2n = 12$ angegeben (DARLINGTON u. WYLIE 1955). Die von uns verwendete Herkunft hatte $2n = 10$ Chromosomen (Abb. 3). Die von SVESHNIKOVA (1940) mitgeteilten Ergebnisse über die Morphologie der Chromosomen von ssp. *amphicarpa* konnten an unserem Material im wesentlichen bestätigt werden. Die einzelnen Chromosomenabschnitte wurden an 10 übersichtlichen Metaphaseplatten ausgemessen (Methode s. METTIN 1960) und aus den Durchschnittswerten das Karyogramm aufgestellt.



Abb. 2. *V. sativa* L. ssp. *obovata*, Wurzelspitzen-Metaphase, $2n = 12$, Vergr. 1500 \times .



Abb. 3. *V. sativa* L. ssp. *amphicarpa*, Wurzelspitzen-Metaphase, $2n = 10$, Vergr. 1500 \times .

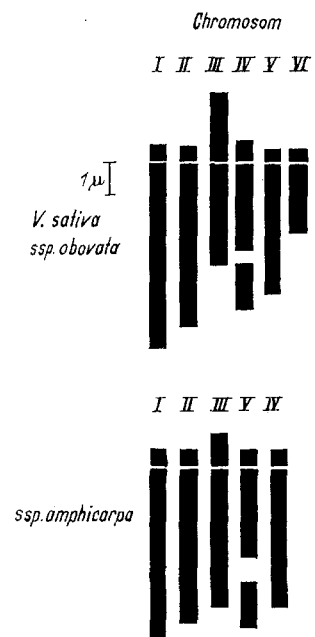


Abb. 4. Die möglichen Homologiebeziehungen der somatischen Chromosomen von ssp. *obovata* und *amphicarpa*.

gen der beiden Unterarten *obovata* und *amphicarpa* traten hinsichtlich des Kreuzungsansatzes klare Reziprokenunterschiede auf.

Sämtliche Bastardpflanzen der verschiedenen Generationen wurden in Töpfen angebaut. Dabei kultivierten wir die einzelnen Generationen je nach Fragestellung entweder im Frühjahr/Sommer unter natürlichen Freilandbedingungen oder im Herbst/Winter bei Zusatzbeleuchtung im Gewächshaus.

Die zytologischen Untersuchungen führten wir sowohl an Wurzelspitzen angekeimter Samen bzw. von Jungpflanzen als auch an Pollenmutterzellen durch. Das gesamte Material wurde in Alkohol:Eisessig (3:1) fixiert und nach dem KES-Verfahren verarbeitet. Als mikroskopische Ausrüstung diente ein Zeiss-Mikroskop Lumipan, für die Mikroaufnahmen das Aufsatzgerät Miflex mit Praktiflex FX.

C. Experimenteller Teil

1. Die somatischen Chromosomen der Kreuzungseltern ssp. *obovata* und ssp. *amphicarpa*

Die diploide Chromosomenzahl von *V. sativa* ssp. *obovata* beträgt $2n = 12$ (DARLINGTON u. WYLIE 1955). Über die Morphologie der Chromosomen ist bereits früher ausführlich berichtet worden (METTIN 1958, 1960). Die 6 Chromosomen des haploiden Satzes sind auf Grund von Längenunterschieden, der Lage des Zentromers sowie dem Vorhandensein von Trabanten zu identifizieren. Während ein Chromosom eine submediale Zentromerinsertion aufweist, haben die übrigen subterminale Spindelansätze. Eines dieser letztgenannten Chromosomen ist ein

Alle 5 Chromosomen des haploiden Satzes von ssp. *amphicarpa* haben subterminal inserierte Zentromere. Die Chromosomen III und V sind von den übrigen klar zu unterscheiden; der kurze Chromosomenarm von III ist etwa doppelt so lang wie bei den übrigen Chromosomen, während V ein SAT-Chromosom ist. Die Chromosomen I, II und IV unterscheiden sich lediglich durch geringe Längendifferenzen der langen Chromosomenarme. Die Identifizierung dieser Chromosomen ist nur durch vergleichende Messung möglich.

Ordnet man, so wie es auch SVESHNIKOVA (1940) getan hat, die Chromosomen der beiden Unterarten *obovata* und *amphicarpa* nach der ungefähren Übereinstimmung in Form und Größe (Abb. 4), so unterscheiden sich die beiden Chromosomensätze hauptsächlich durch das Vorhandensein bzw. Fehlen des kürzesten, subterminal inserierten Chromosoms (VI_{obo}). Während die SAT-Chromosomen, IV_{obo} bzw. V_{amph}, bei den beiden Unterarten im wesentlichen übereinzustimmen scheinen, unterscheiden sich die etwa entsprechenden Chromosomen III_{obo} und III_{amph} in dem Längenverhältnis ihrer Chromosomenarme. Alle übrigen Chromosomen der beiden Unterarten können nicht unterschieden werden.

2. Morphologie und Zytologie der F₁-Bastarde von ssp. *amphicarpa* \times ssp. *obovata*

Diese Kreuzungskombination war unter Verwendung von zwei Herkünften der Unterart *obovata*

durchgeführt worden. Aus technischen Gründen konnte bisher nur das Verhalten der Bastarde aus der Kreuzung *ssp. amphicarpa* × *ssp. obovata* (Herkunft Leg. 2) untersucht werden.

Die als Kreuzungseltern dienenden Herkünfte waren nur in wenigen Merkmalen deutlich zu unterscheiden. Die Pflanzen der *obovata*-Herkunft Leg. 2 waren massiger im Wuchstypus und höher als die der *amphicarpa*-Herkunft. Leg. 2 hatte größere Blüten als *amphicarpa*. Bei *ssp. amphicarpa* waren die Samen klein und kugelig und die Hülsen von dunkelbrauner Farbe, während Leg. 2 größere, linsenartige Samen (MERTIN 1960) und hellbraun gefärbte Hülsen aufwies (Abb. 5).

Die F_1 -Bastarde tendierten im Wuchstypus zum *obovata*-Elter, übertrafen diesen jedoch in der Pflanzenhöhe. Die Blüten entsprachen größenmäßig etwa denen von *obovata*. Die Bastarde entwickelten eine den Eltern entsprechende Anzahl von Blüten, setzten jedoch nur zu einem geringen Prozentsatz Hülsen an. Während etwa die Hälfte aller \pm entwickelten Hülsen taub war, enthielten die übrigen Hülsen mit wenigen Ausnahmen einen ausgebildeten Samen (Abb. 5). Bei den Bastardsamen dominierte die Samengröße des *obovata*-Elters, während sie mit ihrer \pm kugeligen Gestalt mehr dem *amphicarpa*-Elter entsprachen. Bei den Bastardhülsen dominierte die dunkle Färbung von *amphicarpa*.

Die geringe Samenbildung bei den F_1 -Bastarden beruht auf einer hochgradigen Pollensterilität. Nimmt

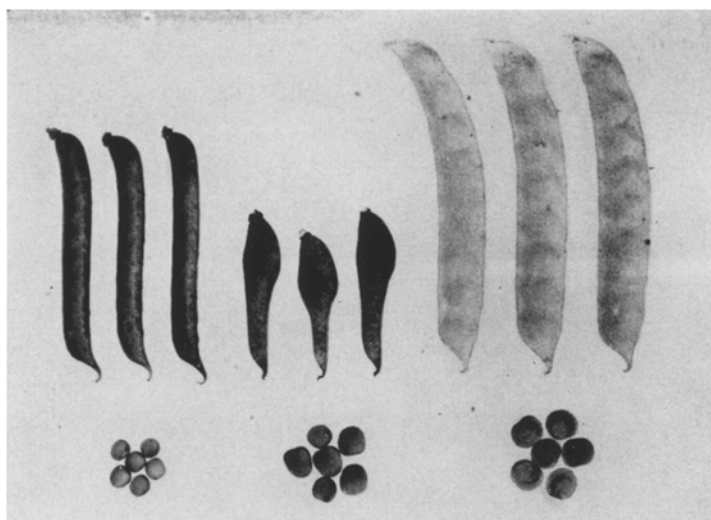


Abb. 5. Hülsen und Samen der Kreuzungseltern *ssp. amphicarpa* (links) und *ssp. obovata* var. *platysperma* (rechts) und des F_1 -Bastards (Mitte), vergrößert.

nen. Aus dem weiteren Ablauf der Meiose kann jedoch geschlossen werden, daß wahrscheinlich partielle Synapsis vorliegt (Abb. 10). Ob es sich dabei um echte Bivalentbildungen handelt, ist nicht zu entscheiden. Im Stadium Diplotän-Diakinese wurden häufig Endverbindungen zwischen zwei oder auch drei Chromosomen beobachtet (Abb. 11). Möglicherweise handelt es sich hierbei um terminalisierte Chiasmata. Ein Chromosom blieb stets univalent (Abb. 12 u. 13). Sehr wahrscheinlich handelt es sich dabei um das Chromosom VI_{obo}. In günstig gelager-

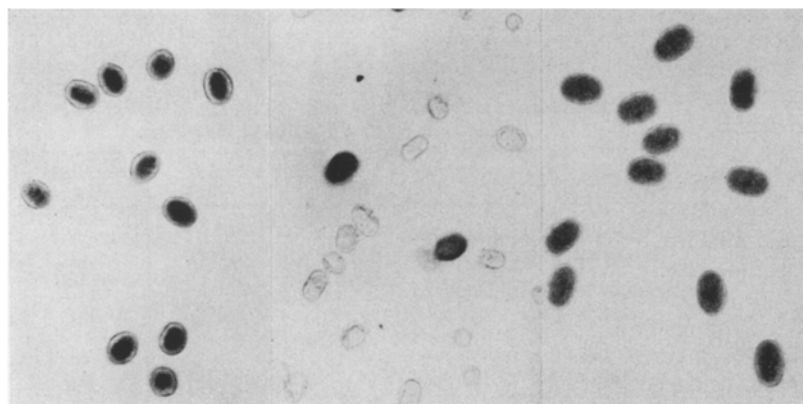


Abb. 6—8. Pollen von *ssp. amphicarpa* (links), des F_1 -Bastards (Mitte) und von *ssp. obovata* (rechts).

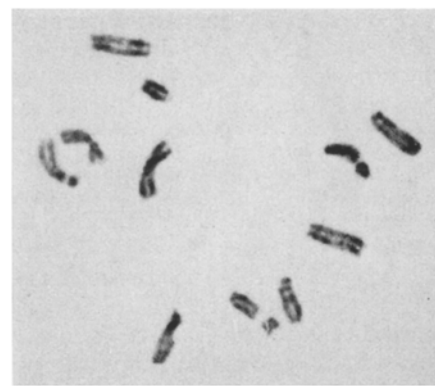


Abb. 9. F_1 -Bastard, Wurzelspitzen-Metaphase, $2n = 11$, Vergr. 1500 \times .

man als ungefähres Maß der Pollenfertilität die Farb-reaktion nach Anfärbung mit Karminessigsäure an, so beträgt sie bei den Bastarden etwa 5—7%. In den Abb. 6—8 sind die Pollenbilder der Kreuzungseltern und des Bastards nach KES-Färbung wiedergegeben.

Alle F_1 -Bastarde hatten die zu erwartende somatische Chromosomenzahl $2n = 11$ (Abb. 9). Abweichungen von dieser Zahl wurden in keinem Falle festgestellt.

Da von den F_1 -Bastardpflanzen so viel wie möglich Saatgut zur Untersuchung der weiteren Bastardgenerationen geerntet werden sollte, konnte nur eine geringe Anzahl von Blütenknospen von den Pflanzen entnommen werden. Es war daher nicht möglich, alle Meiosestadien eingehend zu untersuchen.

Es wurden nur wenige PMZ im Pachytänstadium gefunden, so daß über das Paarungsverhalten der Chromosomen keine Aussagen gemacht werden kön-

ten Metaphase I-Stadien wurden $5_{II} + 1_I$ gefunden (Abb. 14 u. 15). Charakteristisch für den weiteren Verlauf der Meiose bei diesem Bastard ist die 6:5-Verteilung der Chromosomen in der Anaphase I (Abb. 16), d. h., 5 Bivalente werden regelmäßig geteilt, während das univalente Chromosom zufallsgemäß auf einen Pol verteilt wird. Sehr viel seltener traten Verteilungen vom Typus 7:4 auf. In beiden Fällen verläuft die 2. Teilung normal. In der Anaphase II dominiert der Verteilungsmodus 6:6 und 5:5 (Abb. 17). Somit werden im Verlauf der Mikrosporenogenese in überwiegender Anzahl und zu etwa gleichen Teilen 5- und 6-chromosomige Mikrosporen gebildet. Über den Zusammenhang zwischen der Häufigkeit dieser beiden Gonentypen und der hohen Sterilität der F_1 -Bastarde wird in der Diskussion eingegangen.

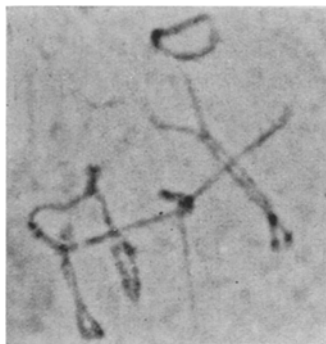


Abb. 10.

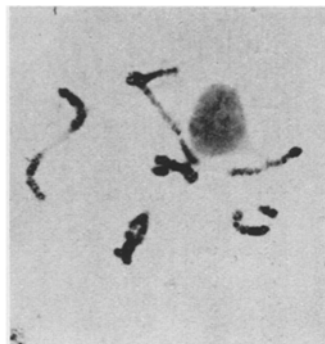


Abb. 11.

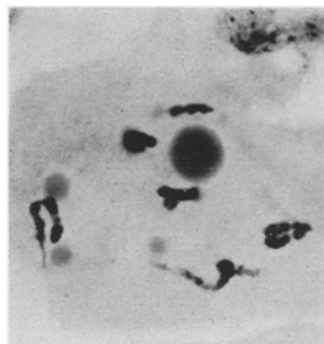


Abb. 12.

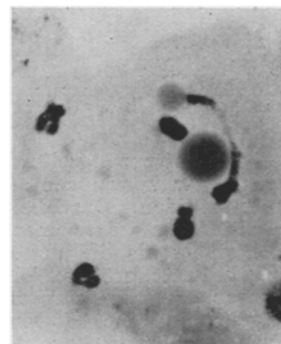


Abb. 13.

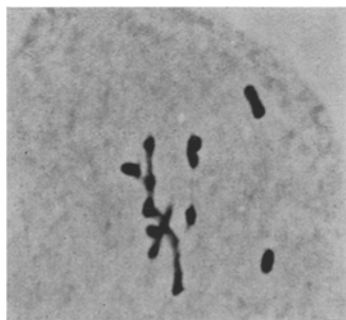


Abb. 14.

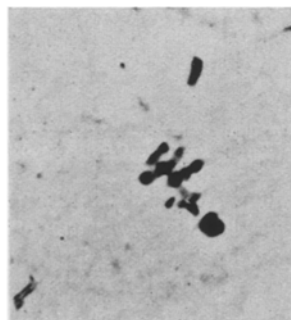


Abb. 15.



Abb. 16.

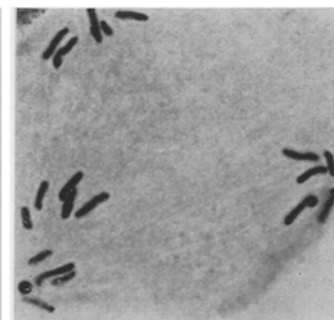


Abb. 17.

Abb. 10—17. Verschiedene Meiose-Stadien des F_1 -Bastards. Abb. 10 Diplotän; Abb. 11, 12, 13 Diakinese-stadien mit 5II + 1I; Abb. 14, 15 Metaphase I; Abb. 16 Anaphase I bei 6:5-Verteilung der Chromosomen; Abb. 17 Anaphase II mit 6:6- u. 5:5-Verteilung. Alle Vergr. 850 \times .

3. Das morphologische und zytologische Verhalten der Bastarde in den weiteren Generationen

Von 7 F_1 -Pflanzen der Kreuzung *ssp. amphicarpa* \times *ssp. obovata* (Herkunft Leg. 2) wurde eine F_2 -Generation von insgesamt 99 Pflanzen angebaut. Von wenigen Ausnahmen abgesehen entwickelten sich alle Pflanzen normal. Die Untersuchung der somatischen Chromosomenzahl dieser Pflanzen ergab, daß etwa 50% der Pflanzen $2n = 10$ und etwa 50% $2n = 11$ Chromosomen hatten. Pflanzen mit $2n = 12$ Chromosomen wurden nur zu einem geringen Prozentsatz gefunden. Zwei Pflanzen dieser Population hatten $2n = 16$ bzw. $2n = 17$ Chromosomen (s. Tab. 3). Das Verhältnis der 10- und 11-chromosomigen Pflanzen bei den verschiedenen F_1 -Nachkommenschaften entsprach etwa dem Gesamtverhältnis. Nach der mikroskopisch erfaßbaren Chromosomenstruktur zu urteilen, hatten die Pflanzen mit $2n = 11$ den gleichen Karyotypus wie die F_1 -Bastarde und die Pflanzen mit $2n = 10$ den des Elters *ssp. amphicarpa*.

Tabelle 3. Die Häufigkeit der somatischen Chromosomenzahltypen in den Nachkommenschaften $2n = 11$ -chromosomiger Pflanzen.

Generation	Individuenzahl	Anzahl der Pflanzen mit $2n =$							
		10	11	12	13	14	15	16	17
F_2	99	52	42	3	—	—	—	1	1
F_3	68	29	36	3	—	—	—	—	—
F_4	23	7	12	4	—	—	—	—	—
$F_2 - F_4$	190	88	90	10	—	—	—	1	1
	in %	46,3	47,4	5,3	—	—	—	0,5	0,5

Der überwiegende Teil der F_2 -Pflanzen mit $2n = 10$ Chromosomen entsprach im Wuchstypus, der Blütengröße, den Fertilitätsverhältnissen sowie den Hülsen- und Samenmerkmalen dem Kreuzungselter mit dieser Chromosomenzahl (*ssp. amphicarpa*). Desgleichen

zeigten die F_2 -Pflanzen mit $2n = 11$ Chromosomen eine weitgehende morphologische Übereinstimmung mit den F_1 -Bastarden, wenn auch das gesteigerte Längenwachstum nicht im gleichen Maße vorhanden war. Die Fertilität dieser Typen war ebenfalls beträchtlich reduziert (Tab. 4).

Tabelle 4. Pollenfertilität und Samenzahl/Hülse bei den beiden häufigsten F_2 -Spaltungstypen.

Spaltungstypus und $2n$ -Zahl	Pollenfertilität	Samenzahl/Hülse
etwa wie <i>amphicarpa</i> , $2n = 10$	95%	4,6
etwa wie F_1 -Bastard, $2n = 11$	6%	0,6
Eltern <i>ssp. amphicarpa</i>	98%	5,0
<i>ssp. obovata</i>	98%	5,7

Bei den beiden F_2 -Spaltungstypen wurden keine Umkombinationen der elterlichen Merkmale beobachtet. Die Pflanzen entsprachen phänotypisch entweder *ssp. amphicarpa* oder dem F_1 -Bastard. Dieses Verhalten kann darin begründet sein, daß entweder die wenigen klar zu unterscheidenden Merkmale zufällig nicht umkombiniert wurden oder daß in der Meiose der F_1 -Bastarde keine Austauschvorgänge stattfinden.

Die wenigen F_2 -Pflanzen mit $2n = 12$ Chromosomen stimmten hinsichtlich Fertilität und Habitus mit dem *obovata*-Elter überein.

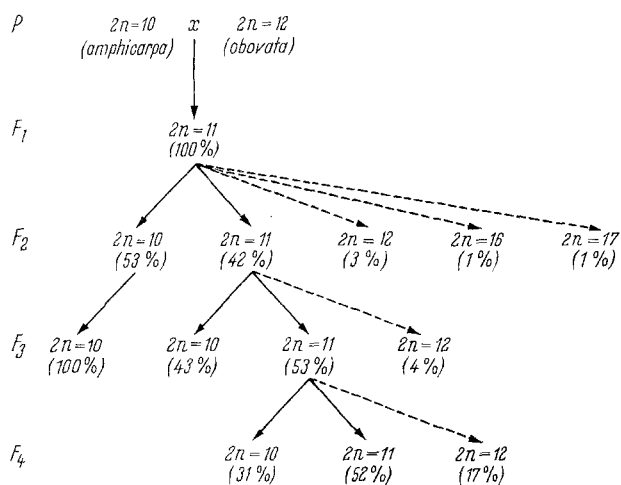
Das überwiegende Auftreten von zwei Pflanzentypen in der F_2 -Generation machte weitere Untersuchungen erforderlich. Um zu klären, ob es sich dabei um ein zufälliges Ergebnis oder um die Wirkung eines bestimmten Mechanismus bei der Chromosomenverteilung handelt, wurde das Verhalten von zwei weiteren Generationen geprüft. Von 20 zufällig aus-

gewählten F_2 -Pflanzen mit $2n = 10$ Chromosomen wurden F_3 -Familien von jeweils 10 Pflanzen angebaut. Hierbei erübrigten sich zytologische Analysen, da sich bei den Untersuchungen des F_2 -Materials eine enge Korrelation zwischen Chromosomenzahl und Fertilität (Kornzahl/Hülse) ergeben hatte. Es wurden 185 F_3 -Pflanzen hinsichtlich Habitus und Fertilität mit ssp. *amphicarpa* verglichen. Die Pflanzen von drei F_3 -Familien waren im Wuchstypus etwas niedriger als *amphicarpa*. Alle übrigen Pflanzen stimmten mit ssp. *amphicarpa* überein. In der Fertilität bestanden zwischen den F_3 -Pflanzen und dem *amphicarpa*-Elter keine Unterschiede. Es kann somit angenommen werden, daß alle Pflanzen $2n = 10$ Chromosomen hatten.

Analog dazu wurden von einer Anzahl von F_2 -Pflanzen mit $2n = 11$ Chromosomen F_3 -Familien untersucht. Da es bei dieser Generation hauptsächlich auf die Bestimmung der somatischen Chromosomenzahlen ankam, kultivierten wir die Pflanzen im Herbst bei Zusatzbeleuchtung im Gewächshaus. Es wurden die Chromosomenzahlen von 68 Pflanzen bestimmt. Wie aus Tab. 3 ersichtlich, traten in diesen Nachkommenschaften der 11-chromosomigen F_2 -Pflanzen abermals im wesentlichen zwei Chromosomenzahltypen auf. Die Häufigkeit von 10- und 11-chromosomigen Pflanzen entsprach wiederum annähernd einem 1:1-Verhältnis. Desgleichen bestätigten sich auch unter den Gewächshausbedingungen die Habitus- und Fertilitätsunterschiede zwischen den beiden Typen. Der Anteil der Pflanzen mit $2n = 12$ Chromosomen war abermals nur gering.

Von den F_3 -Pflanzen mit $2n = 11$ Chromosomen wurde noch eine F_4 -Generation geringeren Umfanges analysiert. In Anbetracht der geringen Individuenzahl (s. Tab. 3) war das Aufspaltungsverhältnis nicht ganz so eindeutig wie in den vorangegangenen Generationen, da der Anteil der Pflanzen mit $2n = 12$ Chromosomen relativ hoch lag. Jedoch ist auch hier das bevorzugte Auftreten von nur zwei Chromosomenzahltypen offensichtlich.

Faßt man die Ergebnisse der F_2 bis F_4 zusammen, so erhält man ein eindeutiges 1:1-Spaltungsverhältnis von 10- und 11-chromosomigen Pflanzen. Im Durchschnitt der einzelnen Generationen traten Pflan-



Schema 1. Die prozentuale Häufigkeit der einzelnen Chromosomenzahltypen in den verschiedenen Generationen, vgl. Tab. 3.

zen mit $2n = 12$ Chromosomen mit einer Häufigkeit von nur 5% auf. Die prozentualen Anteile der verschiedenen Chromosomenzahltypen in den einzelnen Generationen sind aus dem Schema 1 ersichtlich.

4. Die möglichen Ursachen für das abweichende Spaltungsverhalten

Bei der Untersuchung der Meiose der F_1 -Bastarde (vgl. Abschnitt C 2) war gefunden worden, daß im Verlauf der Mikrosporangese vorwiegend und zu etwa gleichen Teilen Gonien mit 5 oder 6 Chromosomen gebildet werden. Unter der Annahme, daß in der Makrosporangese eine gleiche Chromosomenverteilung erfolgt, sollten bei gleicher Befruchtungswahrscheinlichkeit aller Gontypen in der F_2 -Generation 25% Pflanzen mit $2n = 10$, 50% Pflanzen mit $2n = 11$ und 25% Pflanzen mit $2n = 12$ Chromosomen erwartet werden. Dieses 1:2:1-Spaltungsverhältnis wurde jedoch in keiner der untersuchten Generationen beobachtet. Das bevorzugte Auftreten der o. a. zwei Chromosomenzahltypen in den Nachkommenschaften von 11-chromosomigen Pflanzen deutete auf den Ausfall der 6-chromosomigen Gonen sorte bei einem Geschlecht hin.

In weiteren Experimenten wurde geklärt, in welchem Geschlecht die 6-chromosomigen Gonien nicht befruchtungsfähig sind. Da die Anzahl der Samenanlagen in den Hülse von 11-chromosomigen Pflanzen nicht reduziert war, konnte angenommen werden, daß es sich um funktionsuntüchtige Pollen handeln müsse. Eindeutige Ergebnisse konnten nur aus Rückkreuzungsversuchen erhalten werden. F_1 -Bastarde ($2n = 11$) wurden als Pollen- oder als Samenelter mit ssp. *amphicarpa* bzw. ssp. *obovata* oder beiden zurückgekreuzt und von allen R_1 -Pflanzen die Chromosomenzahlen festgestellt. In der folgenden Tab. 5 sind nur die Ergebnisse der Kreuzungen *obovata* bzw. *amphicarpa* $\times F_1$ berücksichtigt worden, da aus der reziproken Kombination zu wenig Material zur Verfügung stand.

Tabelle 5. Ergebnisse der Rückkreuzungen ssp. *amphicarpa* bzw. ssp. *obovata* $\times F_1$.

Rückkreuzungstypus	Anzahl der Krzgn.	Ansatz Stck.	%	unters. R_1 -Pfl.	$2n$ -Zahl der R_1 -Pflanzen
<i>obo.</i> $\times F_1$ (<i>amph.</i> \times <i>obo.</i>) ($2n = 12$) ($2n = 11$)	15	5	33	6	alle Pfl. $2n = 11$
<i>amph.</i> $\times F_1$ (<i>obo.</i> \times <i>amph.</i>) ($2n = 10$) ($2n = 11$)	4	2	50	3	alle Pfl. $2n = 10$

Wie aus Tab. 5 hervorgeht, bestätigen die somatischen Chromosomenzahlen aller R_1 -Pflanzen — $2n = 11$ bei Verwendung von ssp. *obovata* und $2n = 10$ bei Verwendung von ssp. *amphicarpa* als Kreuzungsmutter — die Annahme von der Funktionsuntüchtigkeit des größten Teiles der 6-chromosomigen Pollen der Bastardpflanzen mit $2n = 11$ Chromosomen. Diese Befunde stehen in Übereinstimmung mit den Spaltungsergebnissen in der F_2 - bis F_4 -Generation.

Eine weitere Möglichkeit zur Erklärung des Defizits an 12-chromosomigen Pflanzen bestände in der Annahme, daß zwar auch im männlichen Geschlecht Gonien mit 6 Chromosomen funktionstüchtig sind, aber der größte Teil der 12-chromosomigen Zygoten abortiert wird. Unter dieser Voraussetzung dürften jedoch 10- und 11-chromosomige Pflanzen nicht im 1:1-, sondern müßten im 1:2-Verhältnis auftreten. Das ist nicht der Fall.

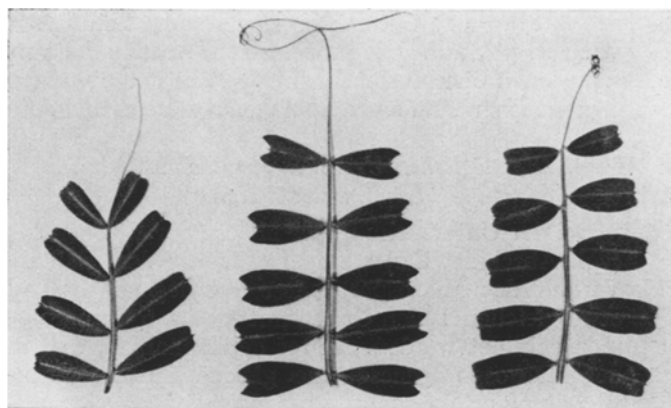


Abb. 18. Je ein Fiederblatt von *ssp. amphicarpa* (links), einer triploiden ($2n = 17$) Bastardpflanze (Mitte) und von *ssp. obovata* (rechts).



Abb. 19. Wurzelspitzen-Metaphase einer Bastardpflanze, $2n = 22$, Vergr. 1500 \times .

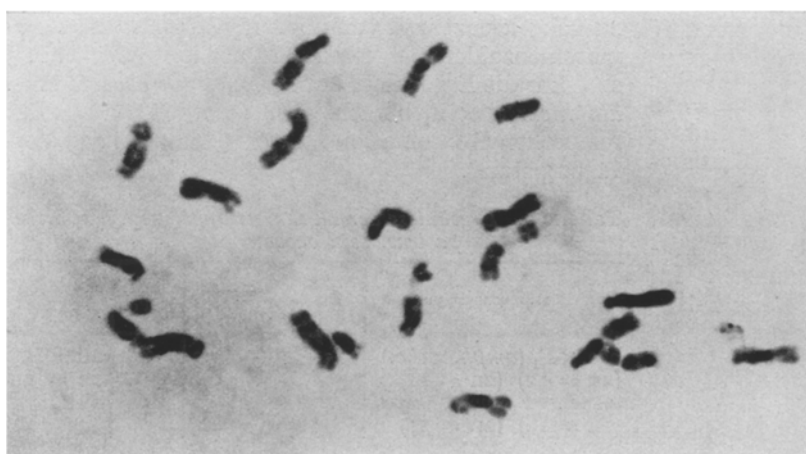


Abb. 20. Wurzelspitzen-Metaphase einer Bastardpflanze, $2n = 20$, Vergr. 1500 \times .

Aus den Ergebnissen kann somit der Schluß gezogen werden, daß das abweichende Spaltungsverhalten in den Nachkommenschaften der Kreuzung *ssp. amphicarpa* \times *ssp. obovata* (Herkunft Leg. 2) durch eine fast vollständige geschlechtsverschiedene Gametenelimination hervorgerufen wird.

5. Das Verhalten der Pflanzen mit erhöhter Chromosomenzahl

In der F_2 -Population der Kreuzung *amphicarpa* \times *obovata* waren neben den Pflanzen mit $2n = 10$, $2n = 11$ und $2n = 12$ Chromosomen in sehr geringer Häufigkeit Pflanzen mit höherer Chromosomenzahl aufgetreten (Tab. 3). Die beiden Pflanzen hatten

$2n = 16$ bzw. $2n = 17$ Chromosomen, waren somit als triploid anzusehen. Sie können nur aus der Vereinigung von reduzierten mit unreduzierten Gameten entstanden sein. Demnach hätten die beiden Pflanzen die Chromosomenkonstitution $6 + (5 + 5)$ bzw. $(6 + 6) + 5$.

Die 16-chromosomige Pflanze war innerhalb einer kleinen Testpopulation bei Herbstaussaat im Gewächshaus gefunden worden. Sie zeigte, mit Ausnahme einer veränderten Fiederblattform sowie vollständiger Sterilität, keine auffallenden Veränderungen im Habitus. Die zweite triploide Pflanze ($2n = 17$) trat in einer normal angebauten F_2 -Population auf. Die Pflanze war im Wuchstypus etwas kräftiger als

die Eltern, in allen übrigen Merkmalen jedoch intermediär ausgebildet. Auch bei dieser Pflanze wurde die veränderte Fiederblattform festgestellt (Abb. 18). Die Fertilität der Pflanze war stark reduziert. Es wurden nur drei lebensfähige Samen ausgebildet. Aus den Samen entwickelten sich zwei Pflanzen mit $2n = 22$ und eine Pflanze mit $2n = 20$ Chromosomen. Entsprechend der Anzahl sowie der Morphologie der zu identifizierenden Chromosomen handelt es sich bei den Pflanzen mit $2n = 22$ sehr wahrscheinlich um spontan entstandene amphidiploide Bastarde zwischen *ssp. amphicarpa* und *ssp. obovata* (Abb. 19). Dagegen ist die Bastardpflanze mit $2n = 20$ mit Sicherheit keine autopolyploide Form von *ssp. amphicarpa*, da in dem Chromosomenbestand das Chromosom VI von *obovata* gefunden wurde (Abb. 20). Während eine der Pflanzen mit $2n = 22$ Chromosomen im Jugendstadium einging, konnten die beiden restlichen Pflanzen bis zur Samenreife beobachtet werden. Die Pflanzen entwickelten sich normal, wobei besonders die $2n = 22$ -chromosomige Form bereits nach wenigen Wochen beide Elternarten in der Wuchshöhe übertraf (Abb. 21). Die gesteigerte Pflanzenhöhe wurde bis zur Samenreife beibehalten. Beide Pflanzen mit der erhöhten Chromosomenzahl zeigten ebenfalls die beschriebenen Anomalien in der Fiederblattform. Die Pollenfertilität betrug nach der Karmin-Essigsäure-Anfärbung etwa 60%, der Samenansatz war geringer.

Weitere Untersuchungen an der Nachkommenschaft der Pflanze mit $2n = 22$ Chromosomen müssen zeigen, ob die Chromosomenzahl konstant bleibt und ob es sich um genomatisch reine allopolyploide Formen handelt.

D. Diskussion

Die häufig beobachtete Erscheinung, daß künstliche Artbastardierungen in der Gattung *Vicia* sehr schwer gelingen, wurde auch bei unseren Versuchen festgestellt. Selbst mit verbesserter Kreuzungstechnik war

es nicht möglich, andere als in der Literatur beschriebene Artbastarde zu erzeugen.

Nach den bisherigen Erfahrungen scheint die Kreuzbarkeit zwischen den einzelnen Unterarten von *V. sativa* L. verschieden zu sein. Bastardierungen zwischen Subspezies mit verschiedenen Chromosomenzahlen, z. B. *obovata* \times *amphicarpa* oder *amphicarpa* \times *angustifolia*, gelingen sehr viel leichter als solche zwischen den beiden Unterarten mit gleicher Chromosomenzahl (*obovata* \times *angustifolia*). Bei Verwendung von ssp. *angustifolia* als Kreuzungsmutter wurde in keiner Kombination Ansatz erzielt (vgl. Tab. 2).

Verlauf der Mikrosporogenese in überwiegender Anzahl und in etwa gleicher Häufigkeit Gonon mit 5 oder 6 Chromosomen gebildet.

Die Diskrepanz zwischen der Häufigkeit dieser beiden Gonontypen und der beobachteten hohen Pollensterilität der F_1 -Bastarde kann durch folgende Annahme erklärt werden. Würden sich die 5 Bivalente in der Metaphase I jeweils so anordnen, daß sich sämtliche zum *amphicarpa*- bzw. *obovata*-Genom gehörenden Chromosomen entweder auf den einen oder den anderen Pol orientieren, wäre eine Komplexverteilung ähnlich dem Verhalten bei *Oenothera* das Ergebnis. Es wäre eine wesentlich höhere Pollenfertilität zu erwarten. Da dieser Verteilungsmodus im vorliegenden Falle als unwahrscheinlich anzusehen ist,



Abb. 21. Je eine Pflanze von ssp. *amphicarpa* ($2n = 10$), des amphidiploiden Bastards ($2n = 22$), eines Bastards mit $2n = 20$ und von ssp. *obovata* ($2n = 12$) nach etwa 7wöchigem Wachstum. Aussaat am 10. 4. 61, Aufnahme am 2. 6. 61.

Die Auswahl der Elternherkünfte hat einen Einfluß auf den Erfolg einer Art- oder Gattungsbastardierung, wie u. a. in den Arbeiten über Gattungsbastarde bei *Triticum*, *Aegilops* und *Secale* gezeigt worden ist (OEHLER 1958). Wir erhielten in der Kreuzung *obovata* \times *angustifolia* bei Verwendung von zwei verschiedenen *obovata*-Sorten in der einen Kombination keinen, in der anderen dagegen etwa 9% Kreuzungsansatz, während YAMAMOTO (1955) für die gleiche Kreuzung einen Ansatz von 14% angibt.

Es hat sich bei Artbastardierungen oft als vorteilhaft erwiesen, den höher-chromosomigen Elter als weiblichen Kreuzungspartner zu verwenden. Bei den Bastardierungen der Unterarten von *V. sativa* L. erwies sich dabei immer der nieder-chromosomige Partner als günstiger. Die unterschiedlichen Ansatzverhältnisse kommen sehr deutlich bei den reziproken Kreuzungen zwischen ssp. *obovata* und ssp. *amphicarpa* zum Ausdruck (s. Tab. 2).

Über die Bastarde von ssp. *amphicarpa* \times ssp. *obovata* haben bereits andere Autoren berichtet (SVESHNIKOVA 1936, YAMAMOTO 1959, 1961). In allen Untersuchungen wurde beobachtet, daß die F_1 -Bastarde wüchsiger als beide Eltern waren. Weiterhin ist allen Bastarden eine hohe Pollensterilität gemeinsam. YAMAMOTO fand eine Pollenfertilität von 6%. Wir konnten bei den Bastardpflanzen mit $2n = 11$ Chromosomen die gleiche Fertilität feststellen. Sowohl in YAMAMOTOS als auch in unseren Versuchen war die Bastardmeiose durch das Vorliegen von 5 bivalentartigen Bindungen und einem Univalent gekennzeichnet, wobei YAMAMOTO (1961) noch in einer gewissen Häufigkeit die Konfiguration $1_{III} + 4_{II}$ beobachtete. Durch die regelmäßige Teilung der Bivalente sowie die zufällige Verteilung des Univalents werden im

muß man annehmen, daß sich die *amphicarpa*- und *obovata*-Chromosomen in den Bivalenten rein zufällig auf die Pole orientieren. Die Verteilungshäufigkeiten bestimmter *amphicarpa-obovata*-Chromosomenkombinationen bei 5 Bivalenten müßten danach den Koeffizienten des Binoms $(a + b)^5$ entsprechen. Somit würden in $1/16$ der Fälle alle 5 Chromosomen des *amphicarpa*-Genoms bzw. 5 Chromosomen des *obovata*-Genoms auf einen Pol verteilt werden. Durch die zufällige Verteilung des univalenten Chromosoms VI von *obovata* würde sich die Anzahl der befruchtungsfähigen männlichen Gonon mit jeweils vollständigem Genom auf $1/32$, d. h. 3% reduzieren. Diese Zahl stimmt etwa mit der beobachteten Pollenfertilität überein.

Bei der Analyse der somatischen Chromosomenzahlen einer F_2 -Population trat nicht die theoretisch zu erwartende Aufspaltung in drei Chromosomentypen auf. Es wurden in überwiegender Häufigkeit, und etwa einem 1:1-Verhältnis entsprechend, Pflanzen mit $2n = 10$ und $2n = 11$ gefunden. Der Anteil der Pflanzen mit $2n = 12$ Chromosomen lag bei 5% (s. Tab. 3). Das gleiche Spaltungsverhalten zeigten die F_2 - und F_3 -Nachkommenschaften 11-chromosomiger Bastardpflanzen. Als Ursache hierfür ist die Funktionsunfähigkeit des größten Teiles der 6-chromosomigen männlichen Gonon anzusehen, wie die Rückkreuzungsergebnisse deutlich machen. YAMAMOTO (1959) hat bei der gleichen Kreuzungskombination, allerdings mit anderen Elternherkünften, ähnliche F_2 -Analysen durchgeführt. Seine Ergebnisse weichen von den hier dargestellten Befunden wesentlich ab. Während unsere Untersuchungen ausschließlich an Kreuzungsmaterial der Richtung ssp. *amphicarpa* \times ssp. *obovata* vorgenommen wurden, analysierte YAMAMOTO F_2 -Material aus beiden Kreuzungsrichtungen. Er fand folgende Spaltungsverhältnisse, wobei hier die in geringer Häufigkeit aufgetretenen abweichenden Typen (Pflanzen mit erhöhter Ploidiestufe,

Kümmerformen) nicht berücksichtigt worden sind (YAMAMOTO 1959, Tab. 10):

weiblicher Kreuzungspartner	F ₂ -Pflanzen mit		
	2n = 10	2n = 11	2n = 12
ssp. <i>amphicarpa</i> (strain 9)	9	40	7
ssp. <i>obovata</i> (strain 4)	7	29	11

Diese Spaltungszahlen stimmen weder mit einem 1:2:1-Verhältnis überein, noch bestehen eindeutige Reziprokenunterschiede. In einer weiteren Kreuzung vom Typus ssp. *amphicarpa* × ssp. *obovata* (strain 2), also einer anderen *obovata*-Herkunft, erhielt YAMAMOTO dagegen die unserem Spaltungsverhältnis etwa vergleichbare Relation 30 (2n = 10): 16 (2n = 11): 1 (2n = 12). Vergleicht man diese Ergebnisse mit den von uns mitgeteilten, so wird eine Abhängigkeit des F₂-Spaltungstypus von den verwendeten Elternherkünften deutlich. Die annähernd gleichen Spaltungsverhältnisse in den reziproken F₂-Populationen in dem Versuch YAMAMOTOS können für eine genetische Grundlage der Gametenelimination sprechen. Weitere Untersuchungen müssen klären, ob die von uns beobachtete geschlechtsverschiedene Gametenelimination auf genetischen oder plasmatischen Faktoren beruht.

Das Auftreten von Pflanzen mit erhöhter Ploidiestufe in den Kreuzungsnachkommenschaften läßt einige Aussagen über die Häufigkeit der Bildung von unreduzierten Gameten zu, da die Pflanzen mit triploider Chromosomenzahl auf die Vereinigung reduzierter mit unreduzierten Gameten zurückgehen müssen. In unserem Material waren unter 190 untersuchten Individuen (Tab. 3) zwei triploid, d. h., von den beteiligten 380 Gameten waren 2 unreduziert, was einer Häufigkeit von etwa 0,5% entspricht. YAMAMOTO (1959) fand unter 159 Individuen 1 Pflanze mit triploidem Chromosomensatz, d. h. annähernd 0,3%. Diese Werte entsprechen in der Größenordnung der Häufigkeit von unreduzierten Gameten im Durchschnitt aller Valenzkreuzungsergebnisse bei *Primula malacoides*, liegen aber bedeutend unter den Werten bei *Cheiranthus*-Kreuzungen (SKIEBE 1956, 1958). Es kann angenommen werden, daß die in dieser Häufigkeit auftretenden unreduzierten Gameten für die Formenbildung in der Gattung *Vicia* von Bedeutung sind.

Die Entstehung eines spontanen amphidiploiden Bastards mit je zwei Genomen von ssp. *amphicarpa* und ssp. *obovata* ist in der Literatur noch nicht mitgeteilt worden.¹ Bisher haben nur SHIMANO et al. (1960) einen amphidiploiden Bastard aus der Kreuzung ssp. *obovata* × ssp. *angustifolia* beschrieben. Es bleibt abzuwarten, ob derartige Formen ein brauchbares Ausgangsmaterial für die Futterpflanzenzüchtung ergeben.

Zusammenfassung

1. Es wird eine Übersicht über fremde und eigene Artbastardierungsversuche in der Gattung *Vicia* gegeben. In eigenen Untersuchungen waren bisher nur die Kreuzungen zwischen den Unterarten *obovata*, *an-*

gustifolia und *amphicarpa* von *V. sativa* L. erfolgreich. In der vorliegenden Arbeit wird das morphologische und zytogenetische Verhalten von Bastarden der Kreuzung *V. sativa* ssp. *amphicarpa* (2n = 10) × ssp. *obovata* (2n = 12) dargestellt.

2. Die Fertilität der F₁-Bastarde (2n = 11) ist stark reduziert. Nur 50% der entwickelten Hülsen enthalten je einen Samen. Untersuchungen der Bastardmeiose ergaben, daß in Metaphase I hauptsächlich 5_{II} + 1_I vorliegen. Durch zufallsgemäße Verteilung des Univalents kommt es in der Mikrosporogenese vorwiegend zur Bildung von 5- und 6-chromosomigen Gonon. Das Verhältnis beider Gonontypen beträgt 1:1.

3. In der F₂-Generation wurden in überwiegender Anzahl und zu etwa gleichen Teilen Pflanzen mit 2n = 10 und 2n = 11 Chromosomen gefunden. Während die 10-chromosomigen Pflanzen in Habitus und Fertilität ssp. *amphicarpa* entsprachen, glichen die Pflanzen mit 2n = 11 Chromosomen in diesen Merkmalen den F₁-Bastarden. Pflanzen mit 2n = 12 Chromosomen traten mit einer Häufigkeit von nur 5% auf.

4. Die Nachkommenschaften von 11-chromosomigen F₂- und F₃-Pflanzen spalteten abermals im Verhältnis 1:1 in 10- und 11-chromosomige Pflanzen. Alle Nachkommen von 10-chromosomigen F₂-Pflanzen hatten einheitlich 2n = 10 Chromosomen (Schema 1).

5. Das abweichende Spaltungsverhalten in den Nachkommenschaften der Bastardpflanzen mit 2n = 11 Chromosomen beruht auf der Funktionsuntüchtigkeit des überwiegenden Teiles der 6-chromosomigen männlichen Gonon, wie in Rückkreuzungsversuchen vom Typus ssp. *obovata* bzw. *amphicarpa* × F₁ festgestellt werden konnte. Ob diese geschlechtsverschiedene Gametenelimination auf genetischen oder plasmatischen Ursachen beruht, muß in weiteren Untersuchungen verfolgt werden.

6. In den Kreuzungsnachkommenschaften traten neben den 10-, 11- und 12-chromosomigen Pflanzen in sehr geringer Häufigkeit triploide Individuen (2n = 16, 2n = 17) auf. Sie müssen aus der Vereinigung reduzierter mit unreduzierten Gameten entstanden sein. In der Nachkommenschaft der 17-chromosomigen Pflanze wurde eine Form mit 2n = 22 Chromosomen gefunden. Das Verhalten dieses spontan entstandenen amphidiploiden Bastards zwischen ssp. *amphicarpa* und *obovata* wird beschrieben.

Summary

1. A summary of species hybridization in the genus *Vicia* is given (table 1). In own experiments only crosses between the subspecies *obovata*, *angustifolia* and *amphicarpa* of *Vicia sativa* L. were successful. This paper is dealing with the morphological and cytogenetical behaviour of hybrids from *V. sativa* ssp. *amphicarpa* (2n = 10) × ssp. *obovata* (2n = 12).

2. Pollen fertility and seed-setting of the F₁-hybrid (2n = 11) is very low. The meiosis of the hybrid is characterized by the formation of 5_{II} + 1_I in metaphase I. While the bivalents are separated normally, the univalent is distributed to one pole at random. This chromosome distribution results in the formation of an equal number of male gametes with 5 or 6 chromosomes.

¹ Anmerk. bei der Korrektur: Nach brieflicher Mitteilung hat YAMAMOTO inzwischen den gleichen amphidiploiden Bastard durch Colchizinierung von F₁-Pflanzen erhalten.

3. In the F_2 -generation a strong deviation of the theoretically expected ratio of somatic chromosome numbers (i. e. 25% with $2n = 10$, 50% with $2n = 11$, 25% with $2n = 12$) was found. We chiefly observed about 50% plants with $2n = 10$ and $2n = 11$ respectively. The frequency of plants with $2n = 12$ was about 5% only. In regard to habit and fertility the plants with $2n = 10$ chromosomes resembled ssp. *amphicarpa*, those with $2n = 11$ the F_1 -hybrids.

4. While the progenies of the F_2 -plants with $2n = 10$ remained uniform in regard to chromosome number, the progenies of F_2 - and F_3 -plants with $2n = 11$ again showed the segregation ratio of 50% plants with $2n = 10$ and $2n = 11$ respectively (table 3).

5. The abnormal segregation behaviour of $2n = 11$ hybrid plants is due to the elimination of a high percentage of male gametes with $n = 6$ chromosomes, as could be shown by back-crossing both parents with the F_1 -hybrid as male parent. Whether the sex-dependent elimination of one type of gametes is due to genetic or plasmatic influences must be studied in further experiments.

6. In the hybrid progenies some triploid plants ($2n = 16$, $2n = 17$) were found. The plants were highly sterile. Raising the small progeny of the $2n = 17$ plant we got one plant with $2n = 22$ chromosomes. The behaviour of this spontaneous amphidiploid hybrid from ssp. *amphicarpa* \times ssp. *obovata* is described.

Literatur

1. ASCHERSON, P., und P. GRAEBNER: Synopsis der mitteleuropäischen Flora. Bd. IV, Teil 2. Engelmann, Leipzig (1906—1910). — 2. DARLINGTON, C. D., and A. P. WYLIE: Chromosome atlas of flowering plants. Allen & Unwin, London (1955). — 3. HEGI, F.: Illustrierte Flora von Mitteleuropa. Bd. IV, Teil 3. Lehmanns Verlag, München (1924). — 4. HIRAYOSHI, I., and M. MATSUMURA: Cytogenetical studies on forage plants. I. Chromosome behaviour and fertility in the F_1 of common vetch and Japanese wild vetch. Jap. Journ. Breed. 1, 219—222 (1952). — 5. MANSFELD, R.: Vorläufiges Verzeichnis landwirtschaftlicher oder gärtnerisch kultivierter Pflanzenarten. Die Kulturpflanze, Beiheft 2. Berlin: Akademie-Verlag 1959. — 6. METTIN, D.: Zur Morphologie der Chromosomen von *Vicia sativa* L. Die Kulturpflanze VI, 116—122 (1958). — 7. METTIN, D.: Über das Wesen des angeblichen Linsen-Wicken-Bastards. Biol. Zbl. 79, 701—718 (1960). — 8. METTIN, D.: Die Chromosomenzahlen einiger bisher nicht untersuchter *Vicia*-Arten. Die Kulturpflanze IX, 37—44 (1961). — 9. OEHLER, E.: Art- und Gattungskreuzung. Handb. d. Pflanzenz. Herausg. H. KAPPERT und W. RUDOLF Bd. I, 563—611. Berlin: P. Parey, 2. Aufl. 1958. — 10. PROGENT, A.: An annual forage crop that should be developed in the Southwest. The Cerdagne Vetch. Bull. Techn. Inform. Service agric., Paris 44, 639—640 (1949). — 11. SCHELHORN, M.: Über eigene und fremde Versuche zur Art- und Gattungsbastardierung bei *Vicia*, *Lens*, *Pisum* und *Lathyrus*. Forschungsdienst 9, 70—78 (1940). — 12. SEKIZUKA, S., T. YOSHIYAMA und K. MORIYA: On the characteristics of the new strains from the interspecific hybrid of *Yahazuendo* (*V. sativa* L. var. *normalis* Makino) and common vetch (*V. sativa* L.). Jap. Journ. Breed. 9, 64 (1959). — 13. SHIMANO, I., K. WATANABE and T. YAMADA: Studies on the interspecific hybridization of common vetch, *Vicia sativa* L. and *Yahazuendo*, *Vicia angustifolia* L. var. *segetalis* V. Comparison of several characters between the C_1 and C_2 generation of the induced amphidiploid. Jap. Journ. Breed. 9, 64 (1959). — 14. SHIMANO, I., K. WATANABE and T. YAMADA: Studies on the interspecific hybridization of common vetch, *Vicia sativa* L. and *Yahazuendo*, *V. angustifolia* L. var. *segetalis*. III. On the artificially induced amphidiploid with special reference to its characteristics in the second generation. Bull. Nat. Inst. Agric. Sci., Ser. G, 19, 163—182 (1960). Ref. Biol. Abstr. 1961; Nr. 36, 9509. — 15. SKIEBE, K.: Artbastardierung und Polyploidie in der Gattung *Cheiranthus* L. Der Züchter 26, 353—363 (1956). — 16. SKIEBE, K.: Die Bedeutung von unreduzierten Gameten für die Polyploidiezüchtung bei der Fliederprimel (*Primula malacoides* Franchet). Der Züchter 28, 353—359 (1958). — 17. SVESHNIKOVA, I. N.: Karyological studies on *Vicia*. Bull. appl. Bot. 17, 37—72 (1927). — 18. SVESHNIKOVA, I. N., and J. P. BELEKHOVA: Translocations in an interspecific hybrid. Bull. appl. Bot. Ser. II, 9, 63—70 (1935). — 19. SVESHNIKOVA, I. N.: Translocations in hybrids as an indicator of "karyotype evolution". Biol. Zhurn. 5, 303 bis 326 (1936). — 20. SVESHNIKOVA, I. N.: Cytogenetical analysis of heterosis in hybrids of *Vicia*. J. Hered. 31, 349—360 (1940). — 21. YAMAMOTO, K.: On the F_1 of *Vicia sativa* L. and *V. tetrasperma* Moench. Jap. Journ. Breed. 4, 21—24 (1954). — 22. YAMAMOTO, K.: On the F_1 of *Vicia sativa* \times *Vicia angustifolia*. Jap. Journ. Breed. 5, 115—118 (1955). — 23. YAMAMOTO, K.: Morphological characteristics of the hybrid between a Morocco strain ($2n = 10$) of *Vicia sativa* and common vetch ($2n = 12$). Techn. Bull. Agric., Kagawa University 11, 28—37 (1959). — 24. YAMAMOTO, K.: On the cytological studies of the hybrid, *Vicia sativa* Morocco strain $2n = 10$ and common vetch $2n = 12$. Techn. Bull. Fac. Agric., Kagawa University 13, 15—25 (1961).

Aus dem Max-Planck-Institut für Züchtungsforschung, Erwin-Baur-Institut, Köln-Vogelsang

Methoden zum Solaninnachweis und zur Solaninbestimmung in Kartoffelzuchtmaterial *

Von P. SCHWARZE

Mit 5 Abbildungen

Die Heranziehung von Wildkartoffeln zur Resistenzzüchtung bringt es mit sich, daß neben erwünschten auch unerwünschte Merkmale, z. B. hoher Solaningehalt¹, aus den Wildarten in das Zuchtmaterial übertragen werden. Da das Solanin, sobald es eine

bestimmte Konzentration überschreitet, den Knollen einen bitteren und kratzigen Geschmack verleiht und sie darüber hinaus giftig macht, ist es erforderlich, Zuchtstämme mit höherem Solaningehalt zu eliminieren. Die einfachste Methode der Erkennung solaninreicher Knollen ist die Geschmacksprobe; diese ist jedoch nicht anwendbar, wenn im Zuchtmaterial extrem solaninreiche Knollen vorkommen. Solche Knollen schmecken brennend scharf; das darin enthaltene Solanin ätzt die Zunge und setzt die Empfindlichkeit der Geschmacksnerven zeit-

* Herrn Prof. Dr. Dr. H. STUBBE zum 60. Geburtstag.

¹ Unter Solaninen werden in dieser Arbeit alle Glykoalkaloide der Kartoffelarten verstanden, also Solanin im engeren Sinn und die erst in den letzten Jahren aufgefundenen Glykoalkaloide Demissin, Chaconin und Leptin.