

Experimentelle Bearbeitung der Schotenlänge bei *Arabis hirsuta*-Komplex

Irena Novotná

Botanisches Institut der Tschechoslowakischen Akademie der Wissenschaften,
Průhonice bei Praha

Abstract — Die Autorin bewertet die Schotenlänge bei dem Komplex *Arabis hirsuta* (L.) Scop. auf Grund der Verpflanzungs- und Vererbungsexperimente. Parallel wurden Pflanzen im Terrain analysiert. Auffallend kurze Schoten sind im Zusammenhang mit der Sterilität der F₁-Generation in den experimentellen und auch in den natürlichen Bedingungen auf den Lokalitäten. Handelt es sich um intraspezifische Bastarde, können kürzere Schoten als Folge der minderen Fertilität vorkommen. Mittels dieses Merkmals kann man interspezifische Bastarde von den Ausgangsindividuen (elterlichen Pflanzen) unterscheiden. Andererseits ist die Kurzschotigkeit ein unverkennbares Zeichen des gemeinsamen Vorkommens mindestens zweier Taxa auf derselben Lokalität. Bei einzelnen Pflanzen der früher beschriebenen (nomenklatorischen) Taxa variiert aber die Schotenlänge so, dass man sie nach diesem Merkmal kaum einreihen kann. Auch die Beziehungen in den natürlichen Populationen verwischen wahrscheinlich die Grenzen zwischen einzelnen Taxa. Man will hiermit nicht sagen, dass einzelne Taxa in diesem Merkmal genetisch nicht differenziert sind, als Unterscheidungsmerkmal jedoch ist die Schotenlänge nicht von grosser Bedeutung.

Einleitung

Die Merkmale der Reproduktionsorgane, ebenso wie die der Früchte und der Samen, werden für viel weniger variabel gehalten als Merkmale der vegetativen Organe. Aus den Studien der Beschreibungen der einzelnen Taxa des *Arabis hirsuta*-Komplexes ist hervorgegangen, dass bei manchen Autoren die Schotenlänge Aufmerksamkeit erweckte. Die vorliegende Arbeit soll eine kritische Bewertung dieses Merkmals auf Grund der experimentellen Ergebnisse bringen.

Methodik und Material

In den ersten Jahren der Forschung habe ich die Schotenlänge an Proben, welche Populationen von natürlichen Standorten repräsentierten, untersucht. Die ersten Messungen wurden an zwei Taxa: *Arabis sessilifolia* var. *cordata* in zwei experimentellen Varianten (A, B) (Lokalität: Srbsko bei Karlštejn, Mittel-Böhmen) und *A. sagittata* in zwei Proben, welche von zwei Lokalitäten stammten (Velká Hora bei Karlštejn, Mittel-Böhmen; Koniár bei Plešivec, Süd-Slowakei) durchgeführt. Die statistischen Masszahlen wurden aus Stichproben, welche 100 und 180, bei der Variante A auch 300 Messungen umfassten, errechnet. Für ausreichend wurde die Teilmenge $n = 180$ gehalten und da später Auswertungen an Einzelpflanzen (in den Tabellen mit Brüchen bezeichnet) durchgeführt wurden, konnte diese Zahl nicht einmal überschritten werden. Die berechneten statistischen Masszahlen wurden absteigend in Tabellen angeordnet. Mittelwerte und Varianzen wurden dann verglichen. Die vorhandenen Differenzen beider dieser Masszahlen wurden geprüft, ob die Unterschiede nicht nur zufällig aufgetreten sind. Die Ergebnisse der Tests (t-Test, F-Test) sind in Tabellen übersichtlich gemacht worden. Das Symbol + (plus) wurde dort angewandt, wo die Differenz die 5% Überschreitungswahrscheinlichkeit überragt. Dagegen bedeutet — (minus) einen Unterschied, welcher die 5% Überschreitungswahrscheinlichkeit nicht erreicht. Dabei ist in den Tabellen oben das Symbol für das Varianz-Verhältnis, unten die Mittelwert-Differenz.

Bezeichnung und Herkunft des Materials:

Bezeichnung des Ausgangsindividuums	Taxon	Lokalität
A, C, D	<i>A. sessilifolia</i>	Sadská, Mittel-Böhmen
F, J	<i>A. sessilifolia</i>	Kersko bei Velenka, Mittel-Böhmen
L, M	<i>A. planisiliqua</i>	Kersko bei Velenka, Mittel-Böhmen
R	<i>A. sagittata</i>	Velká Hora bei Karlštejn, Mittel-Böhmen
U	<i>A. sagittata</i>	Koniar bei Plešivec, Süd-Slowakei
V	<i>A. sessilifolia</i> var. <i>cordata</i>	Srbsko bei Karlštejn, Mittel-Böhmen

Kombinationskreuzungen:

♀ × ♂	Bastard	♀ × ♂	Bastard
F × C	2X	L × A	13X
U × A	4X	M × J	14X
R × C	6X	V × L	15X
D × L	9X		

Die Einzelpflanzen sind in den Tabellen ausser Buchstaben mit Brüchen bezeichnet.

Ergebnisse und Diskussion

Im Jahre 1959 wurden die ersten Proben bearbeitet. Die Ergebnisse sind in den folgenden Tabellen (Tab. 1., Tab. 2.) wiedergegeben.

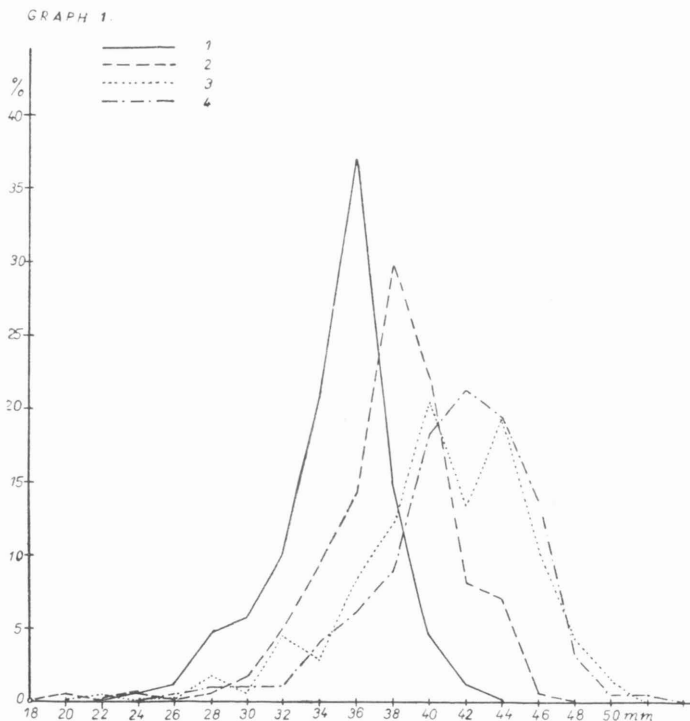
Tab. 1. Schotenlänge (1959).

Probebezeichnung	$\bar{x} \pm 3 \cdot s_x$	n
1 <i>A. * cordata</i> (Srbsko) Variante A	34,35 ± 3 · 0,23 mm	178
2 <i>A. sagittata</i> (Velká Hora)	37,43 ± 3 · 0,27 mm	181
3 <i>A. sagittata</i> (Koniar)	40,25 ± 3 · 0,34 mm	181
4 <i>A. * cordata</i> (Srbsko) Variante B	40,86 ± 3 · 0,31 mm	180

Tab. 2. Ergebnisse des t-Testes (1959)

Differenz zwischen	Differenz	Freiheitsgrade	t-Wert	Überschreitungswahrscheinlichkeit	
				P = 5%	P = 1%
1 : 2	3,08	357	8,70		+
2 : 3	2,82	360	6,83		+
3 : 4	0,61	359	1,31	—	

Gesicherte Differenz wurde nicht nur zwischen nomenklatorischen Taxa (1 : 2), sondern auch zwischen zwei Populationen desselben Taxons von zwei verschiedenen Lokalitäten (2 : 3), festgestellt. Signifikante Differenz wurde auch zwischen zwei Versuchsvarianten derselben Ausgangsprobe, wo bei Pflanzen einer Gruppe die erstwachsenden Stengel entfernt (Variante B) und



Graph 1. — Graphische Darstellung der Variabilität der Schotenlänge bei vier Proben (1959): 1 . . . *Arabis sessilifolia* var. *cordata* — Srbsko (Variante A); 2 . . . *A. sagittata* — Velká Hora; 3 . . . *A. sagittata* — Koniar; 4 . . . *A. sessilifolia* var. *cordata* — Srbsko (Variante B). — Die Messungen wurden an mehreren Pflanzen durchgeführt. Abszisse = Schotenlänge in mm; Ordinate = Klassenhäufigkeiten in %.

bei Pflanzen der zweiten Gruppe alle Stengel belassen wurden (Variante A), festgestellt. Dieser mechanische Eingriff hat eine Entwicklungs- und Reifeverspätung (cca um 14 Tage) herbeigeführt und verursachte auch die Änderung des Schwankungsbereiches und des Mittelwertes. Weiter wurden Pflanzen desselben Taxons (*A. sagittata*) von zwei geographisch isolierten Lokalitäten verglichen (siehe Graph 1.). Die Ergebnisse weisen darauf hin, dass der Charakter der Variabilität dieses Merkmals durch Umweltfaktoren im weitesten Sinne des Wortes beträchtlich beeinflusst wird.

Die Schotenlänge bei *Arabis hirsuta* (L.) SCOP. charakterisiert z. B. THELLUNG (in HEGI 1919 IV/1 : 403—404) nur sehr allgemein durch die Abgrenzung 1,5 cm bis 5 cm. Die erhaltenen Werte überschritten die von THELLUNG angegebene Obergrenze nicht, sanken aber auch nicht zur Untergrenze. Die untere Grenze des Bereiches blieb so lange ungeklärt, bis im umfangreichen Versuchsmaterial im Jahre 1960 Pflanzen mit auffallend kurzen Schoten gefunden wurden.

Auf Grund eigener Erfahrungen und Kenntnis einer ähnlichen Charakteristik hybrider Pflanzen aus der Familie der *Brassicaceae* hielt ich die kurzschotigen Pflanzen für Bastarde. Diese Ansicht unterstützt noch zwei Feststellungen: 1. Pflanzen mit ausdrücklich kurzen Schoten erschienen im Material von der Lokalität Kersko; dieses hat sich bei der experimentellen Kultivierung nicht nur als sehr variabel, sondern sogar als uneinheitlich erwiesen. Bei der Analyse der natürlichen Population identifizierte ich später zwei Taxa: *Arabis sessilifolia* und *A. planisiliqua* auf ein- und derselben Lokalität. Die Bastardierung konnte also vorausgesetzt werden. 2. Auf der Lokalität Kersko isolierte ich in Zelophantüten einzeln einige auf Grund einer unterschiedlichen morphologischen Charakteristik ausgewählte Pflanzen, um selbstbefruchtetes Material zu gewinnen. Eine von diesen Pflanzen hatte auch bedeutend kurze Schoten. In beiden Fällen bekam ich von den kurzschotigen Pflanzen keine Samen, woraus ersichtlich war, dass es sich um vollkommene Sterilität handelt.

Diese Teilergebnisse führten mich dazu, dass ich beim Studium der Beschreibungen der Taxa den Angaben über die Länge der Schoten besondere Aufmerksamkeit widmete. Es zeigte sich, dass die Botaniker dieses Merkmal seit langem schätzten. Extreme Unterschiede führten sie sogar zur Benennung neuer Taxa (siehe KLÁŠTERSKÝ et NOVOTNÁ 1962). — In anderen Fällen werden in den Beschreibungen auch Ziffern angegeben, die aber den Charakter der Variabilität oft nicht erschöpfen. Die Variabilität wird nur durch zwei, gewöhnlich aus einer kleiner Teilmenge gewonnene Grenzzahlen angegeben.

Aus obigem ergibt sich die Erklärung, doch handelte es sich darum, experimentelle Beweise vorzulegen. Im wesentlichen sollten zwei Fragen beantwortet werden: 1. Hat die Schotenlänge einen diagnostischen Wert? 2. Sind die kurzschotigen Pflanzen wirklich Bastarde?

Im Zusammenhang damit war auch die Frage der Kreuzbarkeit der Taxa innerhalb des Komplexes berührt. Darüber wird aber in einer anderen Arbeit berichtet werden. An dieser Stelle sei nur folgendes gesagt: Der Wert dieses Merkmals wurde bei der biologischen Analyse der P Generation und F₁ Gene-

Tab. 3. Schotenlänge bei der P-Generation (1961).

Bezeichnung		$\bar{x} \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	n	x^2
des Materials	des Individuums			
<i>A. sagittata</i> - VELKÁ HORA	R 4/1	46,66 ± 3 · 0,32 mm	186	18,98
<i>A. planisiliqua</i> - KERSKO	M 5/1	43,86 ± 3 · 0,32 mm	180	18,95
<i>A. sagittata</i> - VELKÁ HORA	R 2/3	43,21 ± 3 · 0,33 mm	167	17,86
<i>A. sagittata</i> - KONIAR	U 1/2	38,49 ± 3 · 0,36 mm	159	20,96
<i>A. sagittata</i> - KONIAR	U 2/3	37,62 ± 3 · 0,33 mm	178	19,34
<i>A. planisiliqua</i> - KERSKO	L 1/2	35,61 ± 3 · 0,39 mm	189	28,54
<i>A. cordata</i> - SRBSKO	V 3/3	35,20 ± 3 · 0,35 mm	180	21,81
<i>A. cordata</i> - SRBSKO	V 4/3	35,13 ± 3 · 0,31 mm	175	17,36
<i>A. cordata</i> - SRBSKO	V 5/4	35,00 ± 3 · 0,27 mm	164	12,24
<i>A. planisiliqua</i> - KERSKO	L 3/7	34,32 ± 3 · 0,41 mm	179	29,54
<i>A. sessilifolia</i> - SADSKÁ	C 3/4	33,37 ± 3 · 0,20 mm	171	6,60
<i>A. sessilifolia</i> - KERSKO	F 5/2	33,06 ± 3 · 0,28 mm	172	43,32
<i>A. sessilifolia</i> - SADSKÁ	D 1/1	30,44 ± 3 · 0,29 mm	147	12,67
<i>A. sessilifolia</i> - SADSKÁ	A 2/1	28,44 ± 3 · 0,24 mm	160	8,86
<i>A. sessilifolia</i> - SADSKÁ	A 1/4	28,28 ± 3 · 0,20 mm	171	6,58
<i>A. sessilifolia</i> - SADSKÁ	D 3/3	28,07 ± 3 · 0,22 mm	185	8,60

ration erprobt, und zwar an 16 Individuen verschiedener Taxa und an 13 Bastarden (Tab. 3, Tab. 5) aus den Kombinationskreuzungen (im Jahre 1961). Wie sich die Bastardierung in der Merkmalsvariabilität widerspiegelt, geht aus dem Vergleich der einzelnen Nachkommenschaften hervor.

Tab. 4. Statistische Sicherheit der Differenzen der Schotenlänge bei der P-Generation (dargestellt durch + und -)

	R 4/1	M 5/1	R 2/3	U 1/2	U 2/3	L 1/2	V 3/3	V 4/3	V 5/4	L 3/7	C 3/4	F 5/2	D 1/1	A 2/1	A 1/4	D 3/3
R 4/1	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
M 5/1	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
R 2/3	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
U 1/2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
U 2/3	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
L 1/2	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V 3/3	+	+	+	+	+	+	+	+	+
V 4/3	+	+	+	+	+	+	+	+
V 5/4	+	+	+	+	+	+	+
L 3/7	+	+	+	+	+	+
C 3/4	+	+	+	+	+
F 5/2	+	+	+	+
D 1/1	+	+	+
A 2/1	+	+
A 1/4	+
D 3/3

P—G e n e r a t i o n. Überblickt man die Reihe der Mittelwerte, die bei den einzelnen Pflanzen festgestellt wurden (Tab. 3), dann sieht man, dass die Schotenlänge mehr oder weniger kontinuierlich schwankt. Die Diferenzen wurden mit t-Test und F-Test geprüft (Tab. 4).

Nach beiden Testen findet man einen zufälligen Unterschied zwischen

1. zwei Pflanzen derselben Nachkommenschaft von a) *A. sagittata* (U 1/2 : U 2/3, b) *A. * cordata* (V 3/3 : V 4/3) oder
2. zwischen zwei Individuen aus zwei Nachkommenschaften *A. sessilifolia* — Lok. S a d s k á (A 2/1 : D 3/3), ausserdem aber auch
3. zwischen zwei Individuen, von welchen eines *A. planisiliqua* und das zweite *A. sagittata* representiert (M 5/1 : R 2/3).

Betrachtet man die Fälle, deren Vergleich durch den zufälligen Unterschied der Mittelwerte und den signifikanten Unterschied der Variabilität gekennzeichnet ist, sieht man, dass es sich wieder um

1. zwei Pflanzen derselben Nachkommenschaft von *A. * cordata* (V 3/3 : V 5/4, oder V 4/3 : V 5/4), weiter *A. sessilifolia* — S a d s k á (A 2/1 : A 1/4),
2. um zwei Individuen zweier Nachkommenschaften von *A. sessilifolia* — S a d s k á (A 1/4 : D 3/3),
3. um zwei Individuen *A. sessilifolia* von zwei Lokalitäten (S a d s k á, K e r s k o) (C 3/4 : F 5/2),
4. um zwei Individuen zweier Taxa: *A. planisiliqua* und *A. * cordata* (L 1/2 : V 3/3, V 4/3, V 5/4, oder L 3/7 : V 3/3, V 4/3, V 5/4) handelt.

Oft zeigten sich die Ergebnisse in der umgekehrten Richtung, signifikanter Unterschied der Mittelwerte und zufälliger Unterschied der Variabilität:

1. zwischen zwei Individuen derselben Nachkommenschaft *A. sagittata* — V e l k á H o r a (R 4/1 : R 2/3), oder *A. planisiliqua* (L 1/2 : L 3/7), oder *A. sessilifolia* — S a d s k á (A 2/1 : A 1/4),
2. zwischen zwei Individuen aus zwei Nachkommenschaften *A. sessilifolia* — S a d s k á (A 1/4 : D 3/3, C 3/4 : A 1/4),
3. zwischen zwei Individuen aus Nachkommenschaften von zwei Lokalitäten *A. sagittata* (V e l k á H o r a, K o n i a r) (R 2/3 : U 1/2, U 2/3; R 4/1 : U 1/2, U 2/3), oder *A. sessilifolia* (K e r s k o, S a d s k á) (F 5/2 : D 1/1),
4. zwischen zwei Pflanzen zweier Taxa: a) *A. sagittata* — K o n i a r und *A. * cordata* (U 1/2 : V 3/3, V 4/3; b) *A. sagittata* — V e l. H o r a und *A. * cordata* (R 2/3 : V 3/3, V 4/3); c) *A. planisiliqua* und *A. sagittata* — K o n i a r (M 5/1 : U 1/2, U 2/3); d) *A. planisiliqua* und *A. sagittata* — V e l. H o r a (M 5/1 : R 4/1); e) *A. planisiliqua* und *A. * cordata* (M 5/1 : V 3/3, V 4/3); f) *A. * cordata* und *A. sessilifolia* — K e r s k o (V 5/4 : F 5/2); g) *A. * cordata* und *A. sessilifolia* — S a d s k á (V 5/4 : D 1/1).

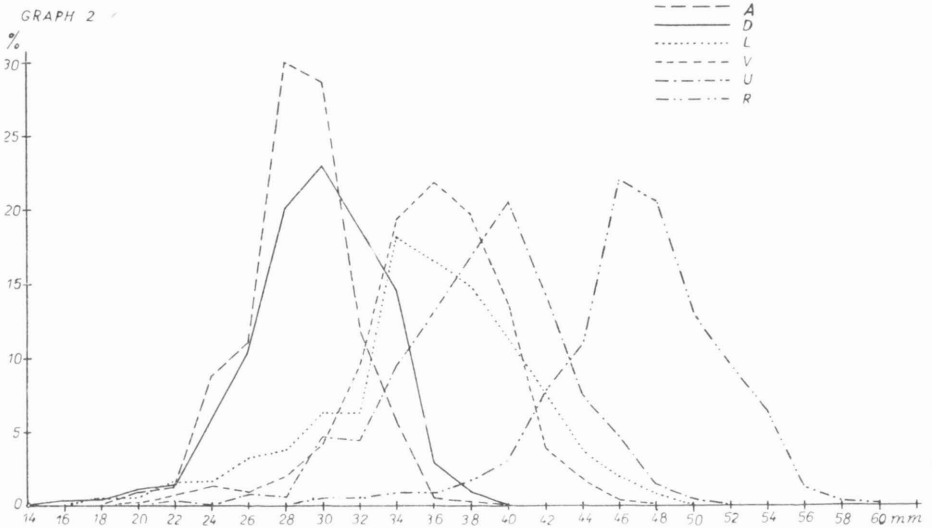
An häufigsten kamen die nach beiden Testen signifikanten Differenzen vor:

1. zwischen zwei Pflanzen aus Nachkommenschaften von zwei Lokalitäten *A. sessilifolia* (K e r s k o, S a d s k á) (F 5/2 : A 2/1, A 1/4, D 3/3),
2. zwischen zwei Pflanzen zweier Nachkommenschaften *A. planisiliqua* (M 5/1 : L 1/2, L 3/7), oder *A. sessilifolia* — S a d s k á (C 3/4 : D 1/1, A 2/1, D 3/3; D 1/1 : A 2/1, A 1/4, D 3/3). In allen übrigen Fällen wurden Pflanzen verschiedener Taxa verglichen. Daraus geht hervor, dass man bei den studierten Taxa allen vier möglichen Ergebnis-Varianten der Teste begegnen kann und dass es

schwierig wäre, Pflanzen nach der Schotenlänge zu bestimmen und einzureihen. Man kann nach der bestimmten Anreihung dieser wenigen Zahlen verschiedene genotypische Anlage (Bestimmung) der einzelnen Taxa annehmen. Dieses kommt mehr zur Geltung, wenn man das gewogene arithmetische Mittel errechnet:

<i>A. sagittata</i> (Lokalität: Koniar, Velká Hora)	41,59 mm
<i>A. sessilifolia</i> var. <i>cordata</i> (Lok.: Srbsko)	35,08 mm
<i>A. planisiliqua</i> (Lok.: Kersko)	34,97 mm
<i>A. sessilifolia</i> (Sadská)	29,80 mm

Aus der graphischen Darstellung der Variabilität geht diese Tendenz auch hervor (Graph 2). Jeder Linienzug entstand durch Verbindung der durchschnittlichen Klassenhäufigkeiten von zwei (bzw. drei) Pflanzen einzelner Proben (d. h. einzelner Nachkommenschaften nach der Selbstung). Die Polygonzüge schneiden sich und man könnte nur mit einem bestimmten Wahrscheinlichkeitsgrad *Arabis sessilifolia* — S a d s k á (mit A bezeichnet) von *A. sagittata* — V e l k á H o r a (mit R bezeichnet) abteilen. Doch bilden andere Proben dieser und weiterer Taxa von anderen Lokalitäten (D, L, V), zwischen ihnen einen Übergang. Wollte man dies aufklären, müsste man die Schotenlängenvariabilität in Bezug auf die Differenzierung der Taxa studieren. Vergleicht man das Material von verschiedenen, geographisch entfernten, isolierten Lokalitäten, wie z. B. *A. sagittata* — V e l . H o r a und *A. sagittata* — K o n i a r, muss man sogar die Differenzierung der Taxa im Genotyp annehmen. Hier kann man den Zusammenhang unserer Vergleichstabelle und der graphischen Darstellung der Variabilität vorführen: insgesamt unterscheiden sich



Graph 2. — Graphische Darstellung der Variabilität der Schotenlänge von Pflanzen verschiedener Taxa, bzw. von zwei Lokalitäten: A, D . . . *A. sessilifolia* — S a d s k á; L . . . *A. planisiliqua* — Kersko; V . . . *A. sessilifolia* var. *cordata* — S r b s k o; U . . . *A. sagittata* — K o n i a r; R . . . *A. sagittata* — V e l k á H o r a. Jeder resultierende Polygonzug ist aus zwei (bzw. drei) einzelnen Pflanzen konstruiert worden. — Abszisse = Schotenlänge in mm; Ordinate = Klassenhäufigkeiten in %.

die erwähnten Proben nicht in den Variabilitätsverhältnissen, sondern in den Mittelwerten.

F_1 - Generation. Durch ähnliche Unterschiede und Übereinstimmungen zeichneten sich Bastarde verschiedener Kombinationen aus (Tab. 5, Tab. 6).

Zufälliger Unterschied wurde nach beiden Testen nur einmal zwischen zwei Individuen der F_1 Generation (9X 1/1 : 9X 3/1) festgestellt. Dieses Ergebnis bekamen wir auch bei Individuen derselben Kombination (*A. planisiliqua* und *A. sessilifolia*) (9X 3/1 : 14X 2/2, 13X 3/1; 13X 1/1 : 14X 2/2).

2. war es ein Vergleich von verschiedenen Kombinationen: a) Kombination *sessilifolia-planisiliqua* mit Kombination *sessilifolia-sagittata* (9X 3/1 : 4X 4/7, 6X 3/6; 14X 2/2 : 4X 4/7; 13X 1/1 : 4X 4/7; 13X 2/3 : 6X 3/6); b) Kombination *cordata-planisiliqua* mit Komb. *sagittata-sessilifolia* (15X 2/5 : 6X 4/1; 15X 2/6 : 6X 4/1).

Wenn man die Fälle, welche sich mit signifikanter Mittelwert-Differenz und mit nicht signifikant unterschiedlichem Verhältnis in der Variabilität auszeichnen, aussucht, kommt man zu einem ähnlichen Schluss, dass es sich einmal um zwei Pflanzen ein- und derselben F_1 Generation (13X 2/3 : 13X 1/1), ander-mal um dieselbe Kombination a) *planisiliqua-sessilifolia* (9X 1/1 : 13X 2/3; 9X 3/1 : 13X 2/3; 13X 2/3 : 14X 2/2), b) *sagittata-sessilifolia* (6X 4/1 : 4X 1/4; 6X 3/6 : 4X 4/7) handelt.

Endlich ist es auch der Vergleich von verschiedenen Kombinationen: a) Kombination *sagittata-sessilifolia* mit Komb. *planisiliqua-sessilifolia* (4X 4/7 : 13X 2/3; 6X 3/6 : 14X 2/2, 13X 1/1), b) Komb. *sagittata-sessilifolia* mit Komb. *cordata-planisiliqua* (4X 1/4 : 15X 2/6).

Häufiger waren signifikante Differenzen der Mittelwerte in Verbindung mit zufällig unterschiedlichen Verhältnissen der Variabilität:

Tab. 5. Schotenlänge bei der F_1 -Generation (1961)

Bezeichnung		$\bar{x} \pm 3 \cdot s_{\bar{x}}$	n	s ²
der Kombination	des Individuums			
(F × C)	2X 2/3	28,37 ± 3 · 0,19 mm	180	6,26
(V × L)	15X 1/2	15,63 ± 3 · 0,23 mm	165	8,61
(V _s × L)	15X 2/5	14,21 ± 3 · 0,25 mm	208	12,82
(R × C)	6X 4/1	13,51 ± 3 · 0,26 mm	168	11,78
(U × A)	4X 1/4	13,20 ± 3 · 0,21 mm	166	7,07
(V × L)	15X 2/6	13,19 ± 3 · 0,24 mm	186	10,54
(D × L)	9X 1/1	11,87 ± 3 · 0,21 mm	157	6,81
(D × L)	9X 3/1	11,41 ± 3 · 0,19 mm	207	7,44
(L × A)	13X 2/3	11,33 ± 3 · 0,24 mm	181	10,46
(M × J)	14X 2/2	11,23 ± 3 · 0,17 mm	195	5,82
(L × A)	13X 1/1	11,18 ± 3 · 0,21 mm	150	6,76
(U × A)	4X 4/7	10,92 ± 3 · 0,20 mm	173	7,12
(R × C)	6X 3/6	10,85 ± 3 · 0,22 mm	195	9,56

1. zwischen zwei Individuen derselben F_1 Generation a) *cordata-planisiliqua* (15X 1/2 : 15X 2/6; 15X 2/5 : 15X 2/6), oder b) *sagittata-sessilifolia* (6X 4/1 : 6X 3/6; 4X 1/4 : 4X 4/7),

2. zwischen zwei Individuen derselben Kombination *planisiliqua-sessilifolia* (9X 1/1 : 14X 2/2, 13X 1/1),

Tab. 6. Statistische Sicherheit der Differenzen der Schotenlänge bei der F₁-Generation (dargestellt durch + und -).

	2X 2/3	15X 1/2	15X 2/5	6X 4/1	4X 1/4	15X 2/6	9X 1/1	9X 3/1	13X 2/3	14X 2/2	13X 1/1	4X 4/7	6X 3/6
2X 2/3	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15X 1/2	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
15X 2/5	.	.	.	+	+	+	+	+	+	+	+	+	+
6X 4/1	+	+	+	+	+	+	+	+	+
4X 1/4	+	+	+	+	+	+	+	+
15X 2/6	+	+	+	+	+	+	+
9X 1/1	+	+	+	+	+	+
9X 3/1	+	+	+	+	+
13X 2/3	+	+	+	+
14X 2/2	+	+	+
13X 1/1	+	+
4X 4/7	+
6X 3/6

3. zwischen zwei Individuen verschiedener Kombinationen: a) Komb. *sessilifolia-sessilifolia* mit Komb. *sagittata-sessilifolia* (2X 2/3 : 4X 1/4, 4X 4/7); b) Komb. *sessilifolia-sessilifolia* mit Komb. *planisiliqua-sessilifolia* (2X 2/3 : 9X 1/1, 9X 3/1, 14X 2/2, 13X 1/1); c) Komb. *cordata-planisiliqua* mit Komb. *planisiliqua-sessilifolia* (15X 1/2 : 9X 1/1, 9X 3/1; 15X 1/2 : 13X 2/3, 13X 1/1; 15X 2/5 : 13X 2/3; 15X 2/6 : 13X 2/3); d) Komb. *cordata-planisiliqua* mit Komb. *sagittata-sessilifolia* (15X 1/2 : 6X 3/6, 4X 1/4, 4X 4/7; 15X 2/6 : 6X 3/6); e) Komb. *sagittata-sessilifolia* mit Komb. *planisiliqua-sessilifolia* (6X 4/1 : 13X 2/3; 4X 1/4 : 9X 3/1, 14X 2/2, 13X 1/1; 4X 4/7 : 9X 1/1).

Nach beiden Testen erschienen signifikante Unterschiede beinahe im gleichen Umfang. Dieses Ergebnis wurde beim Vergleich

1. von zwei Individuen innerhalb der F_1 Generation (Komb. *cordata-planisiliqua* 15X 1/2 : 15X 2/5),

2. von zwei Individuen derselben Kombination *sagittata-sessilifolia* (6X 4/1 : 4X 4/7; 4X 1/4 : 6X 3/6) festgestellt.

3. Am häufigsten findet man dieses Resultat beim Vergleich zweier Pflanzen aus verschiedenen Kombinationen, was alle übrigen Fälle sind.

Ähnlich wie bei der P-Generation kann man im Bereich der F_1 Generation die gegenseitigen Beziehungen verfolgen. Einmal sind die Beziehungen enger, handelt es sich um analoge Kombinationen (13X, 14X, 9X), oder stammt eine der elterlichen Pflanzen aus derselben Probe (z. B. bei 9X und 6X, bei 13X und 6X usw.), bzw. haben die verglichenen F_1 Generationen eine elterliche Pflanze gemeinsam (z. B. 9X und 4X, 13X und 4X, 13X und 15X), ein andermal loser, wenn die Ausgangspflanzen genetisch entfernter sind. Freie Kombinierbarkeit innerhalb der Populationen bringt Abänderungen herbei, welche sich stufenweise anhäufen und die Variabilität komplizieren. Trotzdem können bloss Differenzen, welche im Laufe der Entwicklung fixiert wurden, eine neue taxonomische Einheit zum Vorschein bringen. — Eine Vorstellung über die Unterschiedlichkeit der Bereiche der P-Generation und der F_1 Generation kann man sich aus der Häufigkeit der einzelnen Ergebnisvarianten beider Teste machen.

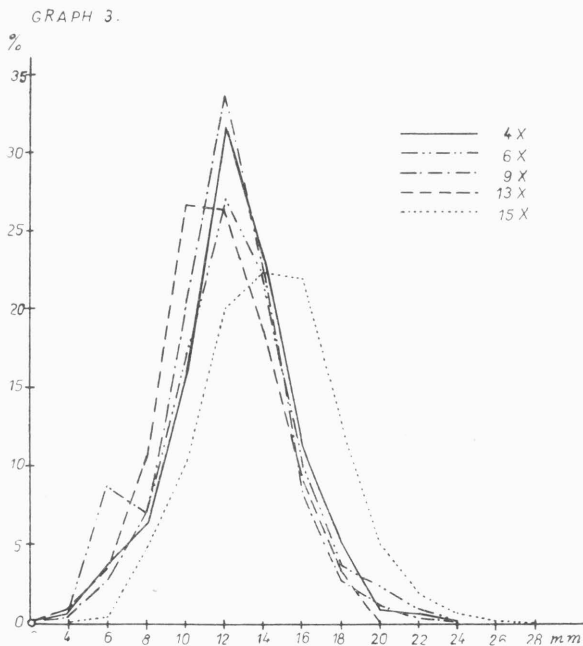
Symbol des	F-Testes t-Testes	— —	+ —	— +	+ +
P-Generation		3,34%	9,16%	19,16%	68,33%
F_1 Generation ¹⁾		14,10%	12,82%	35,89%	37,18%

1) Ausser interspezifischen Kombinationen wurde eine intraspezifische Kombination einbezogen.

Eine andere Stellung nehmen intraspezifische Bastarde ein. Es handelte sich um Probenkombinationen desselben Taxons *A. sessilifolia* von zwei Lokalitäten (S a d s k á, K e r s k o), z. B. 2X (F × C) 2/3 (Tab. 5). Der Mittelwert dieses Bastards schwimmt in den Mittelwerten der Proben *A. sessilifolia* von der Lokalität S a d s k á A 2/1, A 1/4, D 3/3 (Tab. 3). Diese Tatsache illustriert das oben erwähnte Beispiel: ♀ × ♂ . . . Bastard . . . 33,06 mm × 33,37 mm . . . 28,37 mm. Dieselbe Kombination war (B × E) . . . 1X, die Schotenlänge ähnelte in derselben Weise den Proben der P-Generation. Die geringere Länge überschreitet nicht die Variabilitätsgrenzen des Taxons *A. sessilifolia*, sondern sie entspricht der etwas beschränkten Fertilität nach der Kreuzung. Man kann annehmen, dass sich die Entwicklung der Embryonen und der Fruchtwuchs in Folge der Meiosisunregelmässigkeiten desto früher einstellt, je genotypisch entfernter die gekreuzten Taxa sind.

Die Variabilität ist der Erwartung nach bei den Individuen der F_1 Generation insgesamt kleiner als bei der P-Generation. Dies ist aus der mindern Streuung und noch anschaulicher bei dem graphischen Vergleich (Graph 3, Graph 2) ersichtlich. Alle interspezifischen Bastarde ähneln einander in dem Masse, dass man einzelne Kombinationen von einander nach der Schottenlänge nicht unterscheiden kann. Darin liegt eben die Eindeutigkeit und Brauchbarkeit dieses Merkmals für die Populationsanalysen und für die Taxonomie.

Innerhalb der P—Generation weisen die Proben *A. sessilifolia* eine kleinere Variabilität auf und übertragen diese Eigenschaft als elterliche Komponente auf die Nachkommenschaft. Natürlich ist auch hier keine Eindeutigkeit vorhanden, dies gilt in dem Sinne, dass andere Taxa einen minderen Wert der



Graph 3. — Graphische Darstellung der Variabilität der Schotenlänge von verschiedenen interspezifischen Bastarden. 4X (U × A); 6X (R × C); 9X (D × L); 13X (L × A); 15X (V × L). Jeder resultierende Polygonzug ist aus zwei (bzw. drei) einzelnen Pflanzen konstruiert worden. — Abszisse = Schotenlänge in mm; Ordinate = Klassenhäufigkeiten in %.

Streuung der Schotenlänge nicht aufweisen. Unterschiede findet man auch zwischen einzelnen Pflanzen.

Zusammenfassung

Die Schotenlänge kann sich bedeutend durch Umweltfaktoren ändern. Die Ergebnisse von neunzehn Kreuzungen bestätigen, dass auffallend kurze Schoten für Bastarde charakteristisch sind. Solche Pflanzen wurden im Terrain gleichwie in Herbarien gefunden. Die Schotenlänge wurde zwar schon früher beachtet, aber die Sterilität (bzw. niedrigere Fertilität), die mit der Kurzschotigkeit in gerader Verbindung steht, ist dem Augenmerk entgangen. Kurze Schoten sind die Folge der Unfruchtbarkeit interspezifischer Kreuzungen. Intraspezifische Bastarde können als Folge der etwas niedrigeren Fruchtbarkeit, im Vergleich mit den Elternpflanzen, kürzere Schoten haben (*A. sessilifolia* von zwei Lokalitäten). Diese bringen auch Samen hervor. Zwischen den einzelnen analysierten Taxa existiert kein Abstand, trotzdem sind ohne Zweifel auch in der Schotenlänge einzelne Taxa genetisch differenziert. Die Mittelwerte der P—Generation bilden eine Reihe, welche mehr oder weniger kontinuierlich von den höchsten Werten bei *A. sagittata* über *A. planisiliqua* und *A. *cordata* zu den niedersten bei *A. sessilifolia* übergeht. Bei einzelnen Pflanzen der in der Literatur beschriebenen Taxa variiert

aber die Schotenlänge so, dass man sie nach diesem Merkmal kaum einreihen kann. Dagegen sind die auffallend kurzen Schoten ein zuverlässiges Merkmal von wahrem diagnostischen Wert für die Identifizierung der Bastarde in den Populationen und für ihre Unterscheidung von den Ausgangsindividuen, den elterlichen Pflanzen. Ausserdem ist die Kurzschotigkeit ein unverkennbares Zeichen des gemeinsamen Vorkommens von genetisch entfernten Taxa auf derselben Lokalität.

Literatur

- BUCHNER H. etc. (1957): Untersuchungen über die Variabilität der Rädertiere. — Biol. Zentrabl. Leipzig, 76 : 289—315.
- ČELAKOVSKÝ L. (1877): Prodomus květeny české. — 3. díl : 446.
- (1897): Analytická květena Čech, Moravy a Rak. Slezska. — 3. díl : 310—312.
- DE CANDOLLE A. P. (1824): Prodomus systematis naturalis regni vegetabilis. — I : 143 (Parisii).
- DOSTÁL J. (1950): Květena ČSR. — Praha.
- (1954): Klíč k úplné květeně ČSR. — Praha.
- (1957): Botanická nomenklatura. — Praha.
- GAUDIN J. (1929): Flora helvetica. — 4 : 313—318 (Turici).
- GRISEBACH A. (1843): Spicilegium florum rumelicarum et bithynicarum. — 1 : 249 (Brunsrigae).
- GÜNTHARDT A. (1912): Beitrag zu einer blütenbiologischen Monographie der Gattung *Arabis*. — Bibl. Bot., Stuttgart, 77 : I—38.
- HAYEK A. (1927): Prodomus florum peninsulae Balcanicae. — 1 : 405.
- HESLOP-HARRISON J. (1953): New concepts in floweringplant taxonomy. — London.
- HOPKINS M. (1937): *Arabis* in eastern and central North America. — *Rhodora* 39 : 106—148.
- HRUBÝ K. (1950): Variabilita a korelace v biologii. — Rozpr. II. tř. Č. Ak. 60 (17) : 1—100. — Praha.
- (1961): Genetika. — Nakl. ČSAV, Praha.
- HRUBÝ K. et KONVIČKA O., (1954): Polní pokusy — jejich zakládání a hodnocení. — Olomouc.
- JORDAN A. (1861): Diagnoses d'espèces nouvelles ou méconnues. — Ann. Soc. Linn. de Lyon. Année 1860. S. N. VII. : 476—493.
- KLÁŠTERSKÝ I. (1961): Experimentální taxonomie. — *Preslia* 33 : 405—417.
- et NOVOTNÁ I. (1962): Komplex *Arabis hirsuta*. — *Preslia* 34 : 387—393.
- MACEK J. et POKORNÝ V. (1954): Zakládání a hodnocení biologických pokusů. — Skripta. Stát. pedagog. nakl. — Praha.
- NOVÁK F. A. (1950) in DOSTÁL: Květena ČSR. — p. 302—303. — Praha.
- OTTO E. (1958): Biometrie. — Berlin.
- REICHENBACH H. G. L. (1837—1838): Deutschlands Flora als Beleg für die Flora Germanica excursoria. — Leipzig.
- ROLLINS R. C. (1941): Monographic study of *Arabis* in Western North America. — *Rhodora* 43 : 289—325.
- ROSEN F. (1910): Über Bastarde zwischen elementaren Spezies der *Erophila verna*. — Ber. deutsch. Bot. Gesellschaft, 28 : 243—420.
- (1911): Die Entstehung der elementaren Arten von *Erophila verna*. — Beitr. zur Biologie d. Pflanzen, 10 : 379—420.
- ROTHMALER W. (1955): Allgemeine Taxonomie und Chorologie der Pflanzen. II. ed. — Jena.
- SCOPOLI J. A. (1772): *Flora carniolica*, ed. 2. : 2—30. Vindobona.
- STEBBINS G. L. (1950): Variation and Evolution in Plants. New York.
- TAUSCH J. F. (1836): Botanische Beobachtungen. — in *Flora* 19 : 407.
- THELLUNG A. (1919) in HEGI: Illustrierte Flora von Mittel-Europa 4/1 : 403—404. — München.
- TURESSON G. (1929): Zur Natur und Begrenzung der Arteinheiten. — *Hereditas* 12 : 323—334.
- WAHLENBERG G. (1831): *Flora Suecica*. — 1 : 432—433. — Upsaliae.
- WALLROTH K. F. H. (1822): *Schedulae criticae de plantis Florae Halensis selectis*, 1 : 359. — Halae.
- WEBER E. (1956): Grundriss der biologischen Statistik. — Jena.
- ZIMMERMANN K. F. (1959): Kompendium der Variationsstatistik. — Berlin.