

# Heterosiseffekt bei Pappelhybriden

VON GUSTAV VINCENT und MIROSLAV POLNAR\*)

(Eingegangen im Dezember 1968)

Als Heterosis wird nicht nur die größenmäßige Überlegenheit im Habitus eines Hybriden, sondern auch unterschiedliches Verhalten — schnellere Entwicklung, größere Fruchtbarkeit, sowie größere Widerstandsfähigkeit — im Vergleich mit den Eltern dieses Hybriden bezeichnet. Die Heterosis zählt man zu den wichtigsten Faktoren bei der Entwicklung von Organismen. Sie ist fast ebenso wichtig wie die Selektion oder die Bildung von Mutationen. Man weist in diesem Zusammenhang stets auf die Abhängigkeit von Gametendifferenzierung und genetischer Entwicklung der Organismen hin. Hervorgehoben wird dabei die Erleichterung der Kopulation von genotypisch unterschiedlichen Gameten der gleichen oder morphologisch nahe verwandter Arten und als Folge auf die Entstehung von heterozygoten Individuen. Demnach trägt die Heterosis zur Erhaltung der natürlichen Variabilität der Individuen und ihrer Kohärenz im Rahmen der einzelnen Arten bei.

Die Ursache der Heterosis wird — wie aus einschlägiger Literatur hervorgeht — in der Heterozygotie des Hybrids, in der Akkumulation oder Koppelung dominanter Allele sowie in der Änderung des genetischen Gleichgewichts gesucht. Da der Heterosiseffekt bei den Pappelhybriden einen bedeutenden wirtschaftlichen Nutzen verspricht, haben wir planmäßig einige Pappelarten und ihre Hybriden ausgewählt und bei diesen bestimmte Individuen gekreuzt. Wir versuchten dabei, Hybriden mit oppositen Allelen oder mit kumulierten, dominanten Allelen zu erhalten. Resistenz, sowie das Wachstum dieser neu gezüchteten Pappelhybriden sollte statistisch ausgewertet und der durch einzelne Kreuzungen erzielte Heterosiseffekt verfolgt werden.

## 1) Heterozygotie und Superdominanz

SHULL (1948) führt experimentelle Angaben an, nach welchen der Heterosiseffekt bei den Heterozygoten mit oppositen Allelen größer ist, als bei den Individuen, die den Homozygoten nahe stehen. Nach der Superdominanztheorie macht sich die Heterozygotie vor allem bei der vollständigen Ausbildung der Heterosis geltend. Die Superdominanz wird als Überlegenheit der Heterozygoten (Aa) über beide Homozygoten (aa und AA) ausgedrückt.

Der Zusammenhang des Heterosiseffektes mit dem heterozygotischen Zustand wurde eingehend besonders bei unterschiedlichen Mais-Populationen verfolgt. SENTZ, ROBINSON und COMSTOCK (1954) haben z. B. den Heterozygotiegrad nach dem in der Tabelle 1 angeführten Schema geschätzt. Es wurde festgestellt, daß der Heterosiseffekt bei den Hybriden, die durch einen niedrigeren Heterozygotiegrad gekennzeichnet sind, gewöhnlich kleiner ist, als bei den Hybriden mit einem höheren Grad der Heterozygotie.

Die Heterozygotie äußert sich sehr deutlich im schnellen Wachstum vieler Pappelhybriden. Die größten Heterosiseffekte wurden bei manchen Hybriden zwischen Pappeln der Sektion Aigeiros mit Pappeln der Sektion Tacamahaca beobachtet, d. h. bei Hybriden, deren Heterozygotiegrad durch die recht großen morphologischen Unterschiede zwischen Schwarzpappeln und Balsampappeln gegeben ist.

\*) Anschriften der Verfasser: Doz. Dr. GUSTAV VINCENT DrSc., Institut für experimentelle Botanik der Akademie der Wissenschaften, Brno, Poříčí 3-b, Tschechoslowakei. — Ing. MIROSLAV POLNAR, Forschungsinstitut für Forstwirtschaft und Jagdwesen, Station Uherske Hradiště-Kostelany n/M.

Tabelle 1

% der Heterozygotie	Populationen	Charakteristik der einzelnen Generationen
0 %	$P_1$ und $P_2$	Elterliche Inzuchten
100 %	$F_1 = P_1 \times P_2$	Tochtergeneration
50 %	$B_1 = F_1 \times P_1 = [P_1 \times P_2 / \times P_1]$ $B_2 = F_1 \times P_2 = [P_1 \times P_2 / \times P_2]$	Erste Rückkreuzungen
25 %	$B_{11} = B_1 \times P_1 = [P_1 \times P_2 / \times P_1] \times P_1$ $B_{22} = B_2 \times P_2 = [P_1 \times P_2 / \times P_2] \times P_2$	Zweite Rückkreuzungen
75 %	$B_{21} = B_2 \times P_1 = [P_1 \times P_2 / \times P_2] \times P_1$ $B_{12} = B_1 \times P_2 = [P_1 \times P_2 / \times P_1] \times P_2$	Doppelte Rückkreuzungen

Diese z. B. von STOUT, SCHREINER und MCKEE gezüchteten Hybriden wuchsen in der Jugend auffallend schnell, verlangsamten jedoch bald ihr Wachstum und mehrere von ihnen sind noch vor ihrem zwanzigsten Jahre eingegangen.

KOPECKY (1956) hat auf den schnellen, auf einige Jahre begrenzten Wuchs der Balsampappeln in ihrer Jugend und auf das nachhaltende, aber viele Jahre andauernde Wachstum der Schwarzpappeln hingewiesen und behauptet, daß diese Wachstumsunterschiede nicht durch Kreuzung beider Pappelsektionen „vereinigt“ werden könnten.

Die Kreuzung der Schwarz- mit den Balsampappeln wurde jedoch nicht aufgegeben. Man hat *Populus laurifolia* LÉDEBOUR mit *P. nigra* var. *italica* Du Roi gekreuzt und die schnellwachsende Berliner Pappel (*P. X berolinensis* DIPPEL) bekommen. Auch der Hybrid *P. X generosa* HENRY (*P. deltoidea* var. *angulata* HOUTZ, *X P. trichocarpa* TORR. und GRAY) wächst sehr schnell und hat sich daher als Alleebaum auf vielen Standorten gut bewährt.

Dies regte uns zu weiteren Kreuzungen der letztgenannten Pappel mit anderen Pappelarten und Pappelhybriden an. Wir haben die in „Wasserkulturen“ blühenden Zweige von *P. X generosa* (siehe Abb. 1 u. 2) sowohl mit Pollen eines ausgesuchten Individuums von *P. nigra* var. *typica* SCHNEIDER (weiterhin *P. nigra*), als auch mit Pollen von vier Hybriden von *P. euroamericana* (DODE) GUINIER cv. 'serotina' l. *aurea* (weiterhin *P. serotina*) bestäubt. Es wurde dabei vorausgesetzt, daß die Nachkommenschaft aus der ersten Kreuzung einen größeren Anteil von Individuen mit oppositen Allelen besitzt als die Nachkommenschaft der zweiten Kreuzung. Bei dieser Kreuzung ließ sich gleichzeitig der Einfluß ungleicher Herkunft der *P. serotina* auf die Zusammensetzung der Nachkommenschaft verfolgen.

Eine nähere Beschreibung der zur Kreuzung ausgesuchten Bäume ist in der Tabelle 2 enthalten. Die Mutation *aurea* hat gelbgrüne Blätter, die etwas kleiner sind als bei dem Kultivar *serotina*. Man hat durch die Wahl dieser Mutation die Möglichkeit, die Übertragung des Farbtones der Väter auf die Nachkommenschaft zu verfolgen.

Die durch die erwähnten Kreuzungen erhaltenen Samen haben wir getrennt nach den einzelnen Eltern-Paaren in Kästen mit Lauberde ausgesät. Die Hybrid-Sämlinge wurden im kalten Mistbeet unter gleichen Verhältnissen angezogen. Nach Beendigung der Vegetationsperiode im Jahre 1964 und 1965 ist die Zahl der lebenden Sämlinge und ihre Höhe bestimmt worden.

Tabelle 2

Die zur Kreuzung gewählten Bäume und ihr Standort	Alter Jahr	Baumhöhe in m	Brusthöhen Durchmesser in cm	Stammform
<b>Mutterbäume:</b>				
<i>P. generosa</i> , Arboretum der Station des Institutes für Forstwirtschaft und Jagdwesen in Uherské Hradiště. Alluvium der March in der Seehöhe 185 m	18	25,5	39	leicht gebogen
<i>P. grandis</i> , Revier Kunovice Abt. Ob Alluvium der March in der Seehöhe 185 m	40	29,5	51	geradwüchsig
<b>Vaterbäume:</b>				
<i>P. serotina</i> Praha 1 Moldau - Ufer in Prag	30	25	89	leicht gebogen
<i>P. serotina</i> Praha 2 Moldau - Ufer in Prag	35	29	97	geradwüchsig
<i>P. serotina</i> Praha 3 Moldau - Ufer in Prag	40	30	120	
<i>P. serotina</i> Hradec Králové Elbe - Ufer bei H. Králové	35	28	165	gabelig von 3,5 m über dem Boden
<i>P. nigra</i> Stará Boleslav, Alleebaum bei Stará Boleslav	70	30	165	geradwüchsig
Der Gesundheitszustand aller Bäume war im Jahre 1964 gut.				

Die Angaben über die Zahl der Hybrid-Sämlinge der gleichen Elternpaare, die Durchschnittshöhe dieser Sämlinge, die Standardabweichung und der Variationskoeffizient der Höhe sind in Tabelle 3 enthalten. Die Vertretung der gleichen Hybriden in einzelnen Höhenklassen ist in Abb. 3—7 dargestellt.

Von den Hybriden *P. generosa* × *P. nigra* sind im zweiten Jahr 35,4% der im ersten Jahr angezogenen Sämlinge eingegangen. Demgegenüber gingen bei den Hybriden *P. generosa* × *P. serotina* im Jahr 1965 27,1%; 23,3%; 21,1% und 15,1% ein, d. h. im Durchschnitt nur 21,6% der im Jahr 1964 angezogenen Sämlinge. Es scheint somit, daß der höhere Heterozygotiegrad der Hybriden *P. generosa* × *P. nigra* nicht in größerer Widerstandsfähigkeit zur Geltung kam.

Die Sämlinge der vier Kreuzungen *P. generosa* × *P. serotina* haben sich nicht ganz gleich entwickelt. Ihre Durchschnittshöhen wurden im ersten Jahr mit 23,9; 26,9; 33,1 und 30,2 cm und im zweiten Jahr mit 88,4; 105,2; 118,6 und 112,6 cm bestimmt.

Nach dem t-Test (siehe Tab. 4) war der Höhenunterschied zwischen den Hybriden der vier Kreuzungen im ersten Jahr statistisch gesichert oder hoch gesichert. Im zweiten Jahr

Tabelle 3

Hybriden	Anzahl der Hybrid-Sämlinge in Jahre		Durchschnittshöhe der Sämlinge in Jahre		Die Standardabweichung der Sämlingshöhen in Jahre		Der Variationskoeffizient der Sämlingshöhen in Jahre	
	1964	1965	1964	1965	1964	1965	1964	1965
<i>P. generosa</i> Kunovice x <i>P. serotina</i> Praha 1	107	78	23,9	88,4	11,8	26,1	49,3	29,5
<i>P. generosa</i> Kunovice x <i>P. serotina</i> Praha 2	206	158	26,9	105,2	11,8	20,7	43,9	19,7
<i>P. generosa</i> Kunovice x <i>P. serotina</i> Praha 3	171	135	33,1	118,6	14,5	22,5	43,8	19,0
<i>P. generosa</i> Kunovice x <i>P. serotina</i> H. Králové	186	158	30,2	112,6	13,5	23,7	44,7	21,1
	Summe		Durchschnitt					
<i>P. generosa</i> Kunovice x <i>P. serotina</i>	670	529	28,5	106,2	12,9	24,3	45,3	22,9
<i>P. generosa</i> Kunovice x <i>P. nigra</i> St. Boleslav	161	104	30,5	135,0	12,6	30,9	41,3	22,9



Abb. 1—2. — Aufnahmen des Baumes *P. generosa*, der zur Kreuzung mit *P. serotina* und *P. nigra* ausgewählt worden ist. Arboretum Uherské Hradiště-Kostelany n/M. Foto POLNAR.

wurden hoch gesicherte Höhenunterschiede zwischen allen diesen Hybriden festgestellt ( $P = 0,01$ ).

Dies weist darauf hin, daß die Bäume *P. serotina* Praha 1, *P. serotina* Praha 2, *P. serotina* Praha 3 und *P. serotina* Hradec Králové genotypisch unterschiedlich sind, d. h., daß sie nicht zu demselben Klon gehören.

Die Sämlinge *P. generosa* × *P. nigra* waren im ersten Jahr im Durchschnitt 30,5 cm und im zweiten Jahr 135 cm hoch. Diese Werte sind bedeutend größer als die mittleren Werte der Durchschnittshöhen der vier Hybriden *P. generosa* × *P. serotina* (28,5 cm und 106,2 cm).

Auch die Durchschnittshöhe der Sämlinge *P. generosa* × *P. nigra* wurde mit den Durchschnittshöhen von den vier Hybriden *P. generosa* × *P. serotina* verglichen und die festgestellten Unterschiede getestet. Zwischen den ersten Sämlingen einerseits und sowohl den Sämlingen *P. generosa* × *P. serotina* Praha 1, als auch den Sämlingen *P. generosa* × *P. serotina* andererseits haben wir schon im ersten Jahr hoch gesi-

Abb. 3.

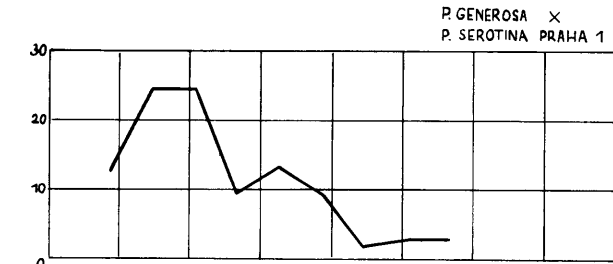


Abb. 4.

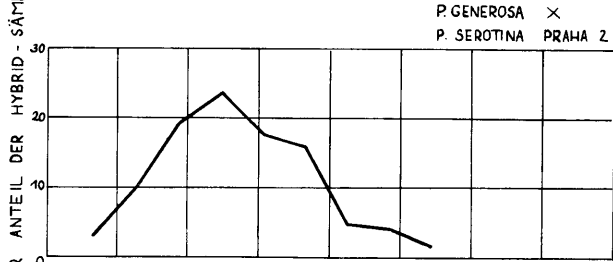


Abb. 5.

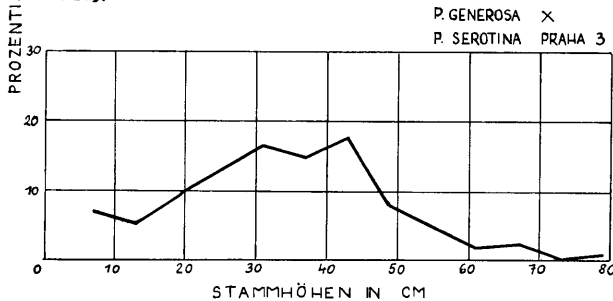


Abb. 6.

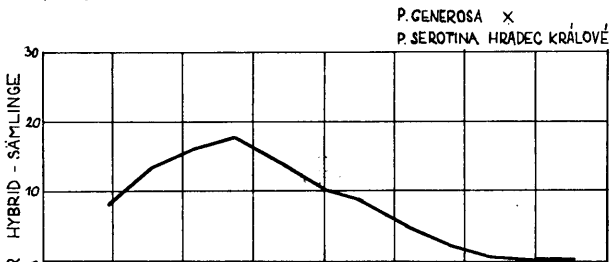


Abb. 7.

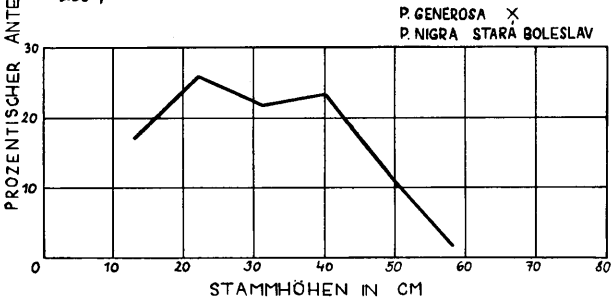


Abb. 3—7. — Vertretung der von gleichen Elternpaaren stammenden Hybrid-Sämlinge in einzelnen Höhenklassen. Sämlinge aus der Kreuzung *P. generosa* mit *P. serotina* (Abb. 3—6) und aus der Kreuzung *P. generosa* mit *P. nigra* (Abb. 7).

cherte Unterschiede gefunden. Demgegenüber waren ähnliche Unterschiede zwischen den Sämlingen *P. generosa* × *P. nigra* und sowohl den Sämlingen *P. generosa* × *P. serotina* Praha 3, als auch den Sämlingen *P. generosa* × *P. serotina* Hradec Králové nicht gesichert.

Tabelle 4

Paare der Hybriden	Anzahl der Sämlinge	Höhenunterschied in cm	t-Test	Anzahl der Sämlinge		t-Test	P
				in Jahre 1964	in Jahre 1965		
<i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 1 <i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 2	313	2,9	2,3	236	16,5	5,2	1,97 2,59
<i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 1 <i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 3	278	9,1	5,4	213	29,9	8,7	1,97 2,60
<i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 1 <i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Hradec Králové	291	6,3	4,0	236	23,9	7,0	1,97 2,59
<i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 1 <i>P. generosa</i> × <i>P. nigra</i>	268	6,6	4,3	182	46,2	10,6	1,97 2,60
<i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 2 <i>P. generosa</i> × <i>P. nigra</i>	367	3,7	3,2	262	29,7	8,5	1,97 2,59
<i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Praha 3 <i>P. generosa</i> × <i>P. nigra</i>	332	2,5	1,7	239	16,3	4,7	1,97 2,59
<i>P. generosa</i> × <i>P. serotina</i> Hradec Králové <i>P. generosa</i> × <i>P. nigra</i>	347	0,3	0,2	262	22,3	6,5	1,97 2,59

Jedoch im zweiten Jahr weisen die Sämlinge *P. generosa* × *P. nigra* hoch gesicherte Wachstumsunterschiede gegenüber allen vier Hybriden *P. generosa* × *P. serotina* auf (siehe Tab. 4). Man kann deshalb annehmen, daß der durch die Heterozygotie gegebene Heterosisseffekt sich bei einigen Hybriden erst im zweiten Jahr durchgesetzt hat.

Die Unterschiede zwischen den Standardabweichungen der Sämlingshöhen bei den fünf erwähnten Hybriden waren im ersten Jahr sehr gering. Jedoch im zweiten Jahr betrug die Standardabweichung der Pflanzhöhen von *P. generosa* × *P. nigra* 30,9 cm und wich deutlich von der Standardabweichung ab, welche bei den Pflanzhöhen von *P. generosa* × *P. serotina* auf 24,3 cm bestimmt wurde (siehe Tab. 3). Die genetisch bedingte Variation bei den Pflanzhöhen der gleichen Hybriden kam im ersten Jahr nicht zum Ausdruck.

Zwischen den Variationskoeffizienten der Hybriden *P. generosa* × *P. nigra* — 41,3% im ersten Jahr; 22,9% im zweiten Jahr — und den mittleren Werten der Variationskoeffizienten bei den Hybriden *P. generosa* × *P. serotina* — 45,4%; 22,4% — wurde kein deutlicher Unterschied festgestellt.

## 2) Kumulation oder Koppelung der dominanten Allelen

Die Koppelung dominanter Allele kommt oft bei Doppelhybriden vor. Wenn wir voraussetzen, daß die gekreuzten Eltern die Konstitution AAbb und aaBB haben und die anderen Unterschiede der Hybriden nicht berücksichtigen, kann die Konstitution der erhaltenen Hybriden mit einem in der Tabelle 5 angeführten Schema veranschaulicht werden. Falls der Ertrag der Elterngeneration als 100% angenommen wird, kann nach JENKINS (1934) der Ertrag der Doppelhybriden in der zweiten Generation auf 120% erhöht werden. Man spricht dann von einer additiven Domi-

Tabelle 5

Charakteristik der Generationen		Konstitutionschema der Individuen und ihre Erträge		
Kombination I	Elterngeneration	AAbb x AAbb, aaBB x aaBB		
	Hybriden F <sub>1</sub>	AaBb x AaBb		
	Doppelte Hybride	Ertrag	100%	100%
		Ertrag	120%	
Kombination II	Elterngeneration	AAbb x aaBB, AAbb x aaBB		
	Hybride F <sub>1</sub>	AaBb x AaBb		
	Doppelte Hybride	Ertrag	120%	120%
		Ertrag	9AB : 3Ab : 3aB : 1ab	120% 100% 100% 80%
	Mittlerer Ertrag der doppelten Hybride	110%		

nanz und setzt dabei weder den oppositen Charakter noch die unterschiedliche Funktion der dominanten Allelen voraus.

Die in der Tabelle 5 angedeutete Kombination I kommt meist bei der Kreuzung verwandter Eltern vor. Die Kombination II scheint für die Kreuzung entfernter Linien charakteristisch zu sein, wobei schon die erste Generation der Hybriden den größten Ertrag hat.

Auf die Zugehörigkeit zur ersten Kombinationsgruppe weist z. B. die Kreuzung *Pinus jeffreyi* GREV. und BALF. und *P. coulteri* D. DON hin, welche von J. W. LIBBY (1958) durchgeführt wurde. Die dabei entstandenen Hybriden wuchsen in der Jugend nicht schneller als die Eltern. Jedoch nach Rückkreuzung dieser Hybriden mit *P. jeffreyi* hat man Doppelhybriden mit luxurierendem Höhenwachstum bekommen.

Zu den wirtschaftlich am meisten geschätzten Pappelkultivaren der Gruppe *Populus × euramericana* (DODE) GUINIER gehören die spontan entstandenen Doppelhybriden 'marilandica', 'grandis' und 'gelrica', die durch hervorragende Massenleistung oder durch ein üppiges Wachstum gekennzeichnet sind. Die Pappeln 'grandis' und 'marilandica' stammen aus der Kreuzung *P. nigra × (P. deltoides MARSHALL × P. nigra)*. Den Kultivar 'gelrica' hat man der Kreuzung [*P. nigra × (P. deltoides × P. nigra)*] × (*P. deltoides × P. nigra*) zugeschrieben.

Wir haben den Kultivar *P. × euroamericana* cv. 'grandis' (weiterhin *P. grandis*) sowohl mit *P. serotina*, als auch mit *P. tacamahaca* MILL. gekreuzt. Durch die erste Kreuzung haben wir versucht, einen Doppelhybrid mit kumulierten dominanten Allelen und durch die zweite Kreuzung einen Doppelhybrid mit oppositen Allelen zu bekommen. Bei der ersten Kreuzung wurden die im Gewächshaus blühenden Zweige, welche von einem ausgewählten Baum von *P. grandis* gewonnen wurden, mit Pollen von zwei Bäumen von *P. serotina* bestäubt. Als „Vater“-Bäume wurden *P. serotina* Praha 1 und *P. serotina* Praha 2 (siehe Tabelle 2) gewählt. Bei der zweiten Kreuzung sind die blühenden Zweige des gleichen Baumes *P. grandis* mit Pollen von einem geradschaftigen und schnellwüchsigen Baume von *P. tacamahaca* bestäubt worden.

Die durch diese Kreuzungen erhaltenen Samen wurden getrennt nach gleichen Elternpaaren in Kästen mit Laub-

Abb. 8.

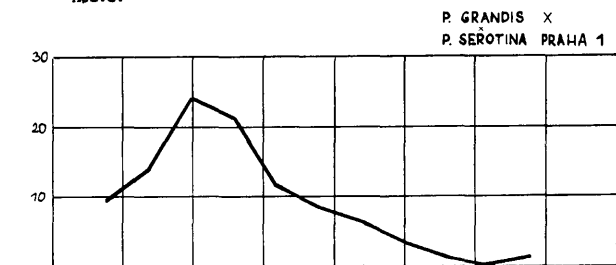


Abb. 9.

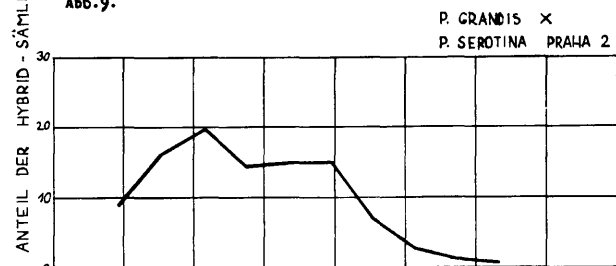


Abb. 10.

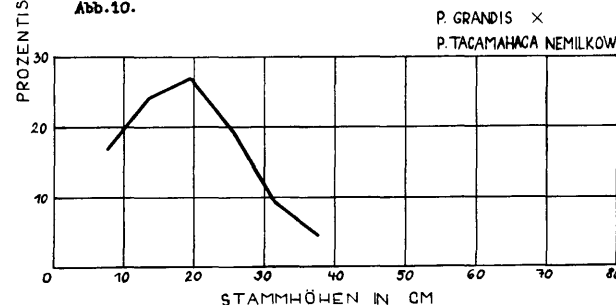


Abb. 8—10. — Vertretung der von gleichen Elternpaaren stammenden Hybrid-Sämlinge in einzelnen Höhenklassen. Sämlinge aus der Kreuzung *P. grandis* mit *P. serotina* (Abb. 8—9) und aus der Kreuzung *P. grandis* mit *P. tacamahaca* (Abb. 10).

erde ausgesät und die Hybrid-Sämlinge rechtzeitig in ein kaltes Mistbeet übertragen und dann dort unter gleichen Verhältnissen gezogen.

Die Angaben über die Zahl dieser Sämlinge gleicher Elternpaare, die Durchschnittshöhe der Sämlinge, die Standardabweichung und den Variationskoeffizient dieser Höhe sind in Tabelle 6 zu finden.

Von den Hybriden *P. grandis × P. serotina* sind im zweiten Jahr ihrer Entwicklung 33,6% und 41,5%, im Durchschnitt 38,9% der im ersten Jahr angezogenen Sämlinge eingegangen. Von den Hybriden *P. grandis × P. tacamahaca* gingen dagegen 52,2% der im ersten Jahr angezogenen Sämlinge ein.

Die Hybriden der zwei Kreuzungen *P. grandis × P. serotina* haben sich in den ersten Jahren annähernd gleich entwickelt. Ihre Durchschnittshöhen wurden mit 25,6 und 27,9 cm im ersten und mit 95,8 und 105,7 cm im zweiten Jahr bestimmt. Sie wuchsen jedoch schneller als die Hybriden *P. grandis × P. tacamahaca*, deren Durchschnittshöhe im ersten Jahr 19,1 cm und im zweiten 79,6 cm betrug. Im ersten und im zweiten Jahr waren statistisch hoch gesicherte Höhenunterschiede zwischen den Hybriden *P. grandis × P. serotina* und den Hybriden *P. grandis × P. tacamahaca* festzustellen ( $P = 0,01$ , siehe Tabelle 7).

Die Standardabweichungen der Pflanzhöhen der Hybriden *P. grandis × P. serotina* Praha 1 und der Hybriden *P. grandis × P. serotina* Praha 2 waren nur wenig unter-

Tabelle 6

Hybriden	Anzahl der Hybrid-Sämlinge im Jahre		Durchschnittshöhe der Sämlinge im Jahre		Standardabweichung der Sämlingshöhen im Jahre		Variationskoeffizient der Sämlingshöhen im Jahre	
	1964	1965	1964	1965	1964	1965	1964	1965
	in cm		in cm		in %		in %	
<i>P. grandis</i> Kunovice × <i>P. serotina</i> Praha 1	95	63	25,6	95,8	11,7	27,9	45,7	29,1
<i>P. grandis</i> Kunovice × <i>P. serotina</i> Praha 2	188	110	27,9	105,7	12,1	27,6	43,3	26,1
<i>P. grandis</i> Kunovice × <i>P. serotina</i>	Summe		26,8	100,8	11,9	27,8	44,5	27,6
<i>P. grandis</i> Kunovice × <i>P. tacamahaca</i> Nemilkow	67	32	19,1	79,6	7,9	19,5	41,3	24,5

Tabelle 7

Paare der Hybriden	Anzahl der Sämlinge	Höhenunterschied in cm	t-Test	Anzahl der Sämlinge	Höhenunterschied in cm	t-Test	P
<i>P. grandis</i> × <i>P. serotina</i> Praha 1	283	2,3	1,5	173	9,7	2,2	1,97 2,60
<i>P. grandis</i> × <i>P. serotina</i> Praha 2							
<i>P. grandis</i> × <i>P. serotina</i> Praha 1	162	6,5	3,9	95	16,3	2,9	1,98 2,62
<i>P. grandis</i> × <i>P. tacamahaca</i>							
<i>P. grandis</i> × <i>P. serotina</i> Praha 2	253	8,8	5,5	140	26,0	5,0	1,98 2,61
<i>P. grandis</i> × <i>P. tacamahaca</i>							



Abb. 11—12. — Aufnahmen des Baumes *P. grandis*, der zur Kreuzung mit *P. serotina* und *P. tacamahaca* ausgewählt worden ist. Revier Kunovice, Abt. 8 b. Foto KRIGNAR

schiedlich. Die mittleren Werte dieser Abweichungen (11,9 und 27,8 cm) sind aber deutlich größer als die Standardabweichungen der Höhen der Sämlinge *P. grandis* × *P. tacamahaca* (7,9 cm und 19,5 cm). Der Unterschied zwischen den mittleren Werten der Variationskoeffizienten der ersten Hybriden (44,5% und 27,6%) und den Variationskoeffizienten der zweiten Hybrid-Sämlinge (41,3% und 24,5%) war klein. Jedoch der Anteil der Sämlinge in einzelnen Höhenklassen unterschied sich bei den Hybriden *P. grandis* × *P. tacamahaca* deutlich vom Anteil der Sämlinge in diesen Höhenklassen bei den Hybriden *P. grandis* × *P. tacamahaca* (siehe Abb. 8—10).

#### Zusammenfassung

Zur Klärung der genetischen Hintergründe für die Heterosis haben wir die Entwicklung einiger Doppelhybriden verglichen, bei welchen der ungleiche Heterosiseffekt durch einen unterschiedlichen Heterozygotiegrad gegeben war. Wir haben auch die Entwicklung jener Doppelhybriden verfolgt, bei denen die Kumulation der dominanten Allele ihrer Eltern vorausgesetzt wird.

Die vorläufigen Ergebnisse unserer Versuche ließen erkennen: (1) daß die Hybriden *P. generosa* × *P. nigra* mit einem hohen Heterozygotiegrad zwar in der Jugend ein schnelleres Durchschnittswachstum aufweisen, daß sie aber weniger widerstandsfähig sind, als die Hybriden *P. generosa* × *P. serotina* mit einem niedrigeren Heterozygotiegrads — (2) daß die Hybriden *P. grandis* × *P. serotina* mit kumulierten Allelen ihrer Eltern nicht nur ein schnelleres Wachstum, sondern auch eine größere Widerstandsfähigkeit versprechen, als Hybriden *P. grandis* × *P. tacamahaca*, deren Heterosis durch Heterozygotie gegeben ist.

Diese Beobachtungen weisen gleichzeitig darauf hin, daß die Anlagen des unterschiedlichen Wachstums der Schwarz- und Balsampappeln in manchen Doppelhybriden leichter „vereinigt“ werden können, als in jenen Hybriden, die durch Kreuzung reiner Arten beider erwähnten Pappel-sektionen entstanden sind.

#### Summary

Title of the paper: *Genetic conditions of heterosis growth in poplar hybrids.*

The results of our studies carried out over 1964—1965 can preliminarily be summarized as follows: —

(1) The somatic heterosis, which is given by heterozygosis and which manifests itself in a rapid growth during the early period of development, is not accompanied, in many a hybrid of the species coming under different poplar sections, by the adaptive heterosis, i. e. by higher resistance of such hybrids. This being evident both in the hybrids cultivated by A. B. STOUT, E. J. SCHREINER, and R. McKEE and in those of *P. × generosa* × *P. nigra* and *P. 'grandis'* × *P. tacamahaca*.

(2) On the other hand, hybrids of the species coming under the same poplar section often show a higher level of resistance and, in addition, not infrequently excel even in sufficiently rapid growth. Our hybrids of *P. 'grandis'* × *P. 'serotina'*, involving an appreciable proportion of individuals with accumulated dominant alleles, showed not only a higher level of resistance but also a higher rate of growth during the first year of development, when compared with those of *P. 'grandis'* × *P. tacamahaca*, although in the latter hybrids a higher proportion of heterozygotic individuals with opposite alleles could be assumed.