

MACIEJ GIERTYCH

8. GENETYKA

8.1. CYTOGENETYKA

W rodzaju *Carpinus* podstawową liczbą chromosomów jest $n = 8$. Dla wszystkich badanych gatunków (*C. caroliniana*, *C. cordata*, *C. faginea*, *C. viminea*, *C. japonica*, *C. laxiflora*, *C. orientalis*, *C. tschonoskii*, *C. turczaninowii* i *C. betulus*) zaobserwowano diploidalną liczbę chromosomów $2n = 16$ (Jaretsky 1930; Woodworth 1930; Wetzel 1929; Johnsson 1942; Seitz 1951/52; Darlington i Wylie 1955; Mehra i Sareen 1973).

Jedynym wyjątkiem jest grab zwyczajny – *C. betulus*, u którego zaobserwowano również formy tetraploidalne i oktoploidalne o 32 i 64 chromosomach. Formy diploidalne występują na terenach śródziemnomorskich (Jaretsky 1930; Woodworth 1930; Seitz 1951/52; Rohmeder, Schönbach 1959) oraz w Ogrodzie Botanicznym w Kilonii (Wetzel 1929). *Carpinus betulus* var. *carpinizza* również ma diploidalną liczbę chromosomów $2n = 16$ (Johnsson 1942). Natomiast formą oktoploidalną jest *Carpinus betulus* f. *fastigiata* z $n = 32$ (Woodworth 1930; 1931). Seitz (1951/52) pisze, że tetraploidalne formy występują w środkowej Europie, ale nie podaje źródła tej informacji. Powtarzają ją Rohmeder i Schönbach (1959), dodając, że dotyczy to większości zasięgu, nadal jednak nie podając źródła. Tymczasem Johnsson (1942) stwierdza, że na 17 badanych drzew, z 7 stanowisk różnych części Szwecji, wszystkie były oktoploidalne, o $8n = 64$. Oktoploidalne były również dwa drzewa z kilońskiego Ogrodu Botanicznego, które sam badał. Sugeruje on występowanie różnych ras, diploidalnych na południu i oktoploidalnych na północy. Johnsson nie stwierdził żadnych

wtórnych wiązań ani innych nieregularności u badanych przez siebie osobników oktoploidalnych. Chromosomy były krótkie, 3 lub 4 razy dłuższe niż szersze. Wymieniony autor zwraca też uwagę, że tylko *C. betulus* o oktoploidalnej liczbie chromosomów tworzy wysokie drzewa, podczas gdy inne gatunki grabów są małymi drzewami lub krzewami. U *C. viminea* wszystkie chromosomy są metacentryczne lub submetacentryczne, tylko jedna para wydaje się dłuższa od pozostałych (Mehra i Sareen 1973). U *C. cordata* (jedno drzewo w Arnold Arboretum) występują różne, typowe dla mieszańców anomalie mejozy (Woodworth 1930).

8.2. GENETYKA MOLEKULARNA

Badania nad alergenami pyłków różnych gatunków wykazały, że u *Carpinus betulus* występuje podobna sekwencja peptydowa na końcu azotowym, jak u *Corylus avellana*, *Alnus* sp. i *Betula verrucosa*. Sekwencja cDNA, kodując alergen BetvI tego ostatniego gatunku, jest w 55% identyczna z genem kodującym odporność grochu na choroby, co sugeruje, że alergeny te mają znaczenie ochronne przed patogenami (Breitender i in. 1989).

8.3. ZMIENNOŚĆ NATURALNA

Na podstawie badań zmienności naturalnej w przyrodzie nie można odróżnić wpływu czynników środowiskowych od genetycznych. Jednak charakter zmienności może w pewnym stopniu wskazywać na jej źródło.

Białobrzaska (1966) porównywała cechy liści i owoców grabu z różnych zespołów leśnych puszczy Białowieskiej, Boreckiej, Niepołomickiej i lasów karpackich. Okazało się, że zróżnicowanie cech liści uzależnione jest od miejsca wzrostu, a więc przypuszczalnie od czynników klimatycznych i edaficznych, natomiast rozmiary owoców i okryw nasiennych związane są z zespołami roślinnymi, i to niezależnie od regionu, w którym dany zespół występuje.

Na ogół oczekiwana jest większa wymiana genów pomiędzy zespołami roślinnymi w tym samym regionie (tej samej puszczy) niż pomiędzy odrębnymi pochodzeniami (puszczami), toteż przytoczony wyżej wynik

badani biometrycznych wskazuje na większe zróżnicowanie genetyczne cech wegetatywnych niż generatywnych. Ponadto sugeruje on, że genetyczna adaptacja liści w większym stopniu dotyczy klimatu i warunków edaficznych niż zespołów. Związek cech generatywnych z zespołami fitosocjologicznymi sugeruje natomiast jedynie adaptację do warunków ekologicznych.

8.4. PORÓWNANIE PROWENIENCYJNE I RODOWE

Dostępna jest tylko jedna publikacja (Rubner 1938) traktująca o różnicach między populacjami grabu różnego pochodzenia, a oparta jest na jednym niewielkim doświadczeniu, bez powtórzeń, założonym w Tharandcie, w Niemczech, gdzie autor porównywał trzy populacje z dawnych Prus Wschodnich z populacjami bawarskimi i saksońskimi. Obserwacji dokonywano na 12-letnich drzewkach, wysadzonych jako trzylatki wyhodowane częściowo w szkółkach bawarskich (Grafrath), a częściowo w Saksonii (Tharandt). Jedna populacja (Hohnstein) wysadzona była rok później. Nie jest to więc formalne doświadczenie proveniencyjne, a jedynie porównanie posiadanego materiału o różnym pochodzeniu. Ale wyniki są bardzo interesujące (tab. 1). W sposób ewidentny populacje wschodniopruskie górują przeżyciem, wysokością, wielkością po wysadzeniu oraz charakteryzują się prostymi pniami i wysmukłymi koronami. Na wiosnę rozpoczynają one wegetację o 5-10 dni wcześniej niż populacje bawarskie czy saksońskie. Doświadczenie obejmuje trzy populacje wschodniopruskie, a autor podaje jedynie nazwy leśnictw. Dwa z nich, Gertlauken i Leipeningken leżały w okręgu królewieckim, niedaleko miejscowości Labiau (dziś Poleszk). Lokalizacji trzeciego, Papuschinen, nie udało się ustalić. Nazwa ta nie występuje w słownikach nazw miejscowości Warmii i Mazur, a więc prawdopodobnie również dotyczy okręgu królewieckiego. Nie występuje też w starych atlasach niemieckich. Jest to zapewne jedynie nazwa leśniczówki, kto wie czy nie tego samego nadleśnictwa, z którego pochodziły pozostałe dwie populacje. W każdym razie istnieją wszelkie powody, by uważać, że grab z północno-wschodniego pogranicza zasięgu jest jakościowo inny i dużo bardziej interesujący dla leśnictwa, niż pochodzący z terenu Saksonii czy Bawarii.

Nie jest mi wiadome, by kiedykolwiek zakładane były inne powierzchnie porównawcze grabu różnego pochodzenia. Nie wspomina o takowych

Tabela 1

Wyniki porównania dwunastoletnich grabów (*Carpinus betulus* L.) różnego pochodzenia w lesie doświadczalnym Wydziału Leśnego w Tharandt, Niemcy (Rubner 1938)

Nr	Pochodzenie	% przeżycia	Wysokość m	Forma		Pędzenie w 1934 r.
				pnia	korony	
	Prusy Wschodnie					
55	Gertlauken	96	2,6	prosty	smukła	b. wczesne
57	Leipeningken	90	2,7	prosty	smukła	wczesne
79	Papuschinen	77	2,7	dość prosty	smukła	b. wczesne
	Bawaria					
56	Grafrath (Moorenweis)	90	2,2	b. krzywy	b. rozgałęziona	późne
58	Bamberg-O	?	2,8	b. krzywy	od ziemi krzaczasta	późne
60	Neuburg n. Dunajem	75	2,5	krzywy	rozgałęziona	późne
	Saksonia					
59	Tharandt "Spechtshausen"	73	2,3	krzywy	rozgałęziona	b. późne
78	Hohnstein (górska, rok młodsza)	53	1,3	–	–	średnie

bardzo szczegółowa praca przeglądowa Kaleli (1937/38), traktująca o wszystkich europejskich doświadczeniach proveniencyjnych dla wszystkich gatunków. Również „Forestry Abstracts”, publikujące omówienia literatury leśnej od roku 1939, takiej pracy nie odnotowały. Najbliższe temu tematowi jest doświadczenie szkółkarskie założone w byłej Jugosławii, gdzie badano (Slavnic i Siljak 1972) zmienność morfologiczną pierwszego liścia siewek *Carpinus betulus* pochodzących z różnych, niezbyt odległych populacji. Wykazano, że istnieją genetycznie kontrolowane różnice zarówno między populacjami pochodzącymi z warunków cienistych i świetlistych, jak i między populacjami z siedlisk suchych i podmokłych. Nie wykazano natomiast różnic pomiędzy populacjami pochodzącymi z różnych zespołów fitosocjologicznych. Potwierdza to analizę zmienności liści dokonaną przez Białobrzeską (1966).

Inną pracą o podobnym charakterze jest doświadczenie porównujące dwie proveniencje graba, z Puszczy Białowieskiej i ze Szwajcarii – z okolic Berna, z udziałem kilku rodów z wolnego zapylenia w ramach każdej z nich, przeprowadzone w fitotronie w Sztokholmie, w różnych warunkach fotoperiodycznych i termoperiodycznych (Jonsson i in. 1988). Warunki bar-

dzo silnie wpływały na wzrost i inne cechy siewek, ale proveniencje nie różniły się. Rody wewnątrz proveniencji różniły się istotnie pod względem wysokości w doświadczeniu fotoperiodycznym i pod względem dwóch cech fenologicznych w doświadczeniu termoperiodycznym – liczby dni do osiągnięcia 90% wysokości i liczby dni do osiągnięcia stadium przedostatniego (na cztery możliwe) w rozwoju u pąków bocznych. Natomiast, pod względem większości badanych cech, uzyskano istotną interakcję między rodami wewnątrz proveniencji a warunkami środowiska. W odróżnieniu od drzew iglastych i innych gatunków liściastych nie zaobserwowano interakcji między warunkami środowiska a proveniencjami, choć różniło je 7° szerokości geograficznej. Świadczy to o braku przystosowania do określonego fotoperiodu czy termoperiodu, chociaż indywidualna zmienność w tym względzie jest duża. Rody w różnych warunkach uszeregowały się różnie, co utrudnia wyciąganie praktycznych wniosków selekcyjnych.

Niezależnie od braku doświadczeń proveniencyjnych istnieją pewne informacje z praktyki leśnej, oparte na zaobserwowanych konsekwencjach sprowadzania nasion z różnych terenów. Pisze o tym Rubner (1956) charakteryzując różne środkowoeuropejskie populacje grabu. Dla wzbogacenia różnorodności gatunkowej w lasach zaleca on sprowadzanie do Niemiec nasion różnych gatunków, w tym również w ograniczonym zakresie grabu, z terenów położonych na wschód od Wisły. Uważa on, że zachowane tam relikty polodowcowe, w połączeniu ze sprzyjającym wpływem klimatu wschodniej Europy, dały rasy wielu gatunków odznaczające się korzystnymi właściwościami. Rasy te nie przewędrowały do zachodniej Europy, bowiem zatrzymane zostały przez pas suszy rozpościerający się wzdłuż Wisły, ale w zachodniej Europie nadają się do uprawy. Za nim rekomendację tę powtarza Gathy (1960) dla warunków belgijskich. Powtarzają ją również Rohmeder i Schönbach (1959) precyzując, że najlepsze są nasiona grabu z krajów bałtyckich i Polski północno-wschodniej. Jest to przypuszczalnie opinia pochodząca z pracy Rubnera z 1938 r., choć autorzy go nie cytują. Schönbach w latach pięćdziesiątych wykładał w Tharandt, może więc miał świeższe dane z doświadczenia Rubnera, ale nic o tym nie wspomina. Autorzy ci piszą również o bardzo szczególnej lokalnej rasie grabu z miejscowości Laugna w południowych Niemczech (k. Wertingen), która charakteryzuje się bardzo dobrym pokrojem, małą koroną i użytecznym pniem.

8.5. PORÓWNIANIA MIĘDZYGATUNKOWE

Doświadczenia czy obserwacje, w których porównuje się szereg gatunków, mają charakter genetyczny w tym sensie, że dotyczą cech dziedzicznych, nie prowadzą one jednak do wniosków hodowlanych, gdyż łączenie cech z różnych gatunków na ogół się nie udaje.

Grab uchodzi za drzewo najbardziej tolerancyjne na zacienienie (Rohmeder i Schönbach 1959) i rzeczywiście występuje tylko podokapowo. Ma też reputację gatunku odpornego na mrozy i przymrozki (Żabka 1948 i Tompa 1953). Należy do gatunków raczej odpornych na suszę (Hesmer i Gunther 1962; Asthalter 1984). Natomiast za szczególnie odporny na suszę uchodzi *C. orientalis* (Papp 1959).

Carpinus betulus rośnie na glebach wapiennych i zaliczany jest do gatunków tolerancyjnych na wapnowanie (Schonhar 1962). Natomiast źle znosi sól (NaCl), używaną do walki z gołoledzią (Braun i in. 1978). Bardziej odporny jest na NaClO₃ (Fiedler i in. 1967).

Jako drewno grab jest względnie watrzymały na działanie wody z 3.5% NaCl (Krauss i Raczkowski 1985). W porównaniu z bukiem drewno grabowe jest jednak bardziej podatne na zgniliznę powodowaną różnymi grzybami (Rosne i Stiptsov 1986).

Stosowanie herbicydów opartych na estrach fenoksyacetowych, w celu likwidacji jagodzisk i wrzosowisk, jest bardziej szkodliwe dla brzozy i dębu niż dla grabu i buka (Rohrig 1954). Natomiast grab jest bardzo wrażliwy na herbicydy auksynowe używane do likwidacji odrostów pniakowych (Dumitrescu i in. 1973).

Ważnym dziś zagadnieniem jest wrażliwość na zanieczyszczenia przemysłowe. Na podstawie badań w Górach Kruszcowych po stronie czeskiej ustalono, że grab należy do gatunków średnio wrażliwych (Ferdá 1953). Podobne wyniki uzyskano na Słowacji (Jamrich 1984), na ukraińskim Polesiu koło fabryki nawozów azotowych (Pasternak i in. 1988), koło hut miedzi w Turcji (Acatay 1968) czy przy dymiących wysypiskach popiołu w Niemczech (Wentzel i Bruns 1956). Natomiast grab jest bardzo wrażliwy na zanieczyszczenia fluorem (Borsdorf 1960) i oparami HCl (Tonzig 1958).

8.6. MIESZAŃCE NATURALNE

W literaturze dendrologicznej autor znalazł tylko jedną wzmiankę o potencjalnym mieszańcu międzygatunkowym z udziałem *Carpinus betulus*. Dumitriu-Tataranu (1951) opisuje nową odmianę *Carpinus betulus* var. *arnoltae*, znalezionej w Rumunii. Ocenia ją jako przypuszczalnego spontanicznego mieszańca *C. betulus* × *C. orientalis*.

Mieszańców między innymi grabami jest więcej, są to jednak wszystko gatunki diploidalne o liczbie chromosomów $2n = 16$. *Carpinus betulus* ma tę samą liczbę chromosomów tylko na południu Europy, co może tłumaczyć, że tylko tam zdarzają się mieszańce z sympatrycznym diploidalnym gatunkiem *C. orientalis*. Tam gdzie *C. betulus* jest oktoploidalny, mieszaniec z gatunkiem diploidalnym musiałby być heptaploidalny, a takiemu trudniej byłoby się utrzymać. Pyłek *Carpinus betulus* jest samopłodny (Rohmeder i Schönbach 1959). Woodworth (1930) sugeruje, że *C. cordata* Bl. może być mieszańcem międzyrodzajowym *Carpinus* × *Ostrya*, jednak bez udziału *C. betulus*.

8.7. HODOWLA FORM UPRAWNYCH

Graby sadzone są w parkach i jako drzewa uliczne. Szczególnie ceniona jest forma *Carpinus betulus* 'Columnaris', jako drzewo przydatne w zadrzewieniach miejskich. Ma ono gęstą, wąską koronę z centralnym pniem. Kształt kolumnowy jest typowy dla drzewa młodego. Potem korona staje się jajowata, a wreszcie kulista, bardzo regularna, nadająca drzewu piękny wygląd. Listowie zgromadzone jest głównie na końcach gałęzi. W Holandii dokonano wyboru szeregu klonów tej formy o szczególnych właściwościach. Najpospolitszy jest klon F-8, ale stosuje się też dużo mniejszy klon F-28 i klon F-0 o bardzo silnym ugałęzieniu, sadzony ze względu na swoją szczególną odporność na wiatry (Fontaine 1981).

C. betulus 'Fastigiata' to drzewo o mniej zwartej koronie, bez centralnego pnia. Jest to forma stożkowa, z wyraźnym ostrym wierzchołkiem za młodu, natomiast korony starszych egzemplarzy przybierają kształt wazonu (Fontaine 1981).

W ogrodnictwie znanych jest jeszcze kilka innych form grabu, choć autorzy zgodnie podkreślają, że nie posiadają one większego znaczenia jako drzewa ozdobne. Przymuszczalnie większość z nich to formy występujące spontanicznie w przyrodzie, wybrane przez szkółkarzy ze względu na swoje szczególne cechy. Nie są więc one owocem jakiegoś programu hodowlanego, ale rezultatem przypadkowej selekcji.

Bugała (1991) wymienia 5 form *Carpinus betulus*, a mianowicie: *C. betulus* 'Columnaris'; *C. betulus* 'Fastigiata' *C. betulus* 'Incisa' – znana również pod nazwami 'Asplenifolia' i 'Heterophylla' czy też po polsku kędzierzawa – o liściach głęboko klapowanych, z klapami ostrymi, *C. betulus* 'Marmorata' – o liściach z białymi plamkami, szczególnie silnie nakrapianych w pierwszej połowie lata i *C. betulus* 'Quercifolia' – forma strzępolistna, mająca liście o szerokich zaokrąglonych klapach. W koronie są też gałęzie o liściach normalnych. Tę szczególną właściwość potwierdza też Seneta (1976). Jest to zapewne chimera warstwowa.

Rohmeder i Schönbach (1959) opublikowali zdjęcie gałązki *Carpinus betulus* var. *pinnatifida* z liśćmi płytko klapowanymi. Określają ją jako mutanta, wraz z podobnymi formami topoli, klonu, buka, olszy i innych gatunków, traktując je razem jako mutacje paralelne (powodujące klapowanie normalnie całobrzegich liści). Nie jest wiadome, by taką formę uzyskano kiedykolwiek na drodze mutacji indukowanych. Jak dotąd nie ustalono mechanizmu dziedziczenia tej cechy – nie wiadomo czy mutacje te powodowane są przez pojedynczy gen, czy chodzi o ten sam gen lub geny u różnych gatunków. Tak więc określenie „mutacje paralelne” można uznać za nieuzasadnione.

8.8. HODOWLA DLA POTRZEB LEŚNICTWA

Bardzo niewiele jest informacji o hodowli genetycznej grabu dla potrzeb leśnictwa. W lasach polskich grab nie jest wymieniany ani wśród spisu drzewostanów nasiennych, ani wśród drzew doborowych (Kocięcki 1981; Anonim 1990). W Instytucie Dendrologii PAN, gdy zaczynano prace genetyczno-hodowlane na przełomie lat pięćdziesiątych i sześćdziesiątych, wybrano 12 drzew doborowych grabu (2 w byłym OZLP Poznań, 1 w OZLP Toruń i 9 w OZLP Białystok), których dokumentację potem przekazano do Instytutu Badawczego Leśnictwa, gdy przejął on praktyczną

selekcję drzew doborowych (Białobok i in. 1966). Miały one od 16 do 30,5 m wysokości i od 12 do 47 cm pierśnicy. Jak wynika jednak z obecnego spisu IBL, drzewa te nie zostały uznane. Pasternak (1990) wymienia wśród rezerwatów genetycznych Ukrainy powierzchnię 67,8 ha z *Carpinus betulus* w lasach I grupy. Natomiast nie ma rezerwatów grabowych w lasach niższych grup, nie ma grabowych drzewostanów nasiennych, ani drzew doborowych. We Francji, gdzie obowiązuje rejestracja pochodzenia nasion znajdujących się w handlu, swego czasu wyłączono z tego obowiązku *Carpinus betulus* – ponieważ gatunek ten sam rozmnaża się zbyt łatwo (Pourtet 1951).

Grab ma na ogół nieregularny, głęboko podłużnie bruzdowy pień i krzaczastą formę korony, co powoduje, że nie budzi on większego zainteresowanie leśników. Można jednak znaleźć osobniki o prostych i walcowatych pniach. Swego czasu projektowano prace genetyczne nad grabem w Niemczech (Rohmeder i Schönbach 1959). Autorzy ci twierdzą, że już w młodym wieku odróżnić można drzewka krzaczaste od posiadających dobrze wykształcony pień i publikują potwierdzające to spostrzeżenie zdjęcia porównawcze (str. 33). Oceniają oni, że istnieje dobra korelacja między kształtem korony i formą pnia. Publikują też zdjęcie bardzo prostego 30-letniego drzewa (str. 316) o wysokości 13 m i pierśnicy 11 cm, ze wspomnianej wyżej populacji Laugna. Nie podają jednak czy rzeczony drzewo zostało zakwalifikowane jako drzewo doborowe. Autorzy sugerują, że dla grabu byłyby potrzebne niewielkie powierzchnie plantacji nasiennych. Nigdzie jednak w literaturze autor nie znalazł wzmianek o istnieniu grabowych plantacji nasiennych czy choćby o uznaniu drzew doborowych. Wygląda na to, że brak większego zainteresowania ekonomicznego tym gatunkiem spowodował, iż nie trafił on do programów hodowli genetycznej i co najwyżej wspomina się o potencjalnych możliwościach w tym zakresie. Grab stosowany jest w lasach głównie jako gatunek pielęgnacyjny, wzbogacający ściółkę i oczyszczający z gałęzi strzały drzewostanu głównego. Stąd też nie ma większej potrzeby zajmowania się jego genetycznym uszlachetnieniem.

LITERATURA

- Acatay A. 1968. Smoke damage from the copper-smelting works in Mugul. Istanbul Univ., Orm. Fak. Derg. 18A(1): 1-17. [Forest Abstr 1969 30 nr 4104].
- Asthalter K. 1984. Trockenperioden und Waldschaden aus forstgeschichtlicher und standortkundlicher Sicht. Allg. Forstzeitschrift 22: 549-551. [Forest Abstr 1984 45 nr 5874].
- Białobok S., Giertych M., Jakuszczyński T., Przybylski T. 1966. A report on the studies in the field of forest genetics 1964-65. Arbor. Kórnickie 11: 267-271.
- Białobrzeska M. 1966. Zmienność liści i owoców grabu w analogicznych zespołach Puszczy Białowieskiej, Boreckiej i Niepołomickiej oraz w lasach karpackich. Acta Soc. Bot. Poloniae 35: 401-424 i 529-555.
- Borsdorf W. 1960. Beiträge zur Fluorschadendiagnostik I. Fluorschaden-Weiserpflanzen in der Wildflora. Phytopath. Z. 38(3): 309-315. [Forest Abstr 1961 22 nr 4645].
- Braun G., Schonborn A., Weber E. 1978. Untersuchungen zur relativen Resistenz von Gehölzen gegen Auftansalz (Natriumchlorid). Allg. Forst- u. Jagdzeitung 149 (2-3): 21-35. [Forest Abstr 1978 39 nr 3362].
- Breiteneder H., Pettenburger K., Bito A., Valenta R., Kraft D., Rumpold H., Schneider O., Breitenbach M. 1989. The gene coding for the major birch pollen allergen BetvI is highly homologous to a pea disease resistance response gene. EMBO Journal 8(7): 1935-1938. [Forest Abstr 1991 52 nr 5848].
- Bugała W. 1991. Drzewa i krzewy dla terenów zieleni. Wyd. II, PWRiL, Warszawa, 594 s.
- Darlington C. D., Wylie A. P. 1955. Chromosome Atlas of Flowering Plants. Allen & Unwin Ltd. London, 519 s.
- Dumitrescu E., Huluta C., Tudosoiu P., Trantescu G. 1973. Killing stumps by chemical treatment. Studi si Cercetari Inst. de Cercetari, Proiectare si Documentare Silvica I Silvicultura 29: 13-27. [Forest Abstr 1974 35 nr 7674].
- Dumitriu-Tataranu I. 1951. Insemnari dendrologice 1. O statiune cu biota (*Thuja orientalis*) subsponsana. 2 *Carpinus betulus* L. var. *arnotae* n.var. Rev. Padurilor 66 (12): 11-13
- Ferda J. 1953. Odolnost lesnich drevin proti kourovym plynum. Lesn. Prace 32 (10): 458-464 [Forest Abstr 1954 15 nr. 3684].
- Fiedler H. J., Hülse R., Hoffman F. 1967. Zur Empfindlichkeit verschiedener Baumarten gegenüber Anforstan. Arch. Forstw. 16(6/9): 605-608.
- Fontaine F. J. 1981. *Carpinus betulus* 'Columnaris' Een nitstekende straatboom. Groen (5): 205-210. [Hort. Abstr 1982 52 nr 4139].
- Gathy P. 1960. L'expérience internationale sur l'origin des graines d'epicéa. Resultats en Belgique. Stat. Rech. Eaux et For. Groenendaal-Hoeilaart Ser. B. no. 24: 1-29.
- Hesmer H., Gunther K. H. 1962. Effects of the drought year of 1959 in the forests of North Rhine-Westphalia, Forstarchiv 33(6): 113-125. [Forest Abstr 1963 24 nr 642].
- Jamrich V. 1984. Möglichkeiten der Klassifizierung der Widerstandsfähigkeit intoxication mit Hilfe von Okularsymptomen der Beschädigung. Folia Dendrologica 11: 83-107.
- Jaretzky R. 1930. Zur Zytologie der *Fagales*. Planta 10 (ex. Johnsons 1942)

- Johnsson H. 1942. Die Chromosomenzahl von *Carpinus betulus*. Hereditas 28: 228-230.
- Jonsson A., Ekberg I., Eriksson G., Nilsson C. 1988. Thermo- and photo-periodic influence on the variation in juvenile growth in open pollinated *Carpinus betulus* L. families. Hereditas 109(1): 143-148.
- Kalela A. 1937/38. Zur Synthese der experimentellen Untersuchungen über Klimarassen der Holzarten. Communicationes Inst. Forest Fenniae, 26: 1-434.
- Kocięcki S. 1981. Wykaz uznanych drzewostanów nasiennych IBL oraz Uzupełnienie Rady Naukowo Technicznej przy NZLP z 1990 r. (powielone).
- Krauss A., Raczkowski J. 1985. Resistance of various wood species to the action of sea water substitute. Holzforschung-und-Holzverwertung 37(4): 71-75. [Forest Product. Abstr 1985 8 nr 3199].
- Mehra P. N., Sareen T. S. 1973. Cytology of West Himalayan *Betulaceae* and *Salicaceae*. J. Arnold. Arbor. 54(3): 412-418.
- Papp J. 1959. A keleti gyertyan. Erdo 8(6): 238-239. [Forest Abstr 1961 22 nr 2949].
- Pasternak P. S. 1990. Spravochnik lesovoda. Kijów. Wyd. Uroжай, 295 s.
- Pasternak P. S., Mazepa V. G., Pristupa G. K. 1988. Ustojchivost' drevesnykh i kustarnikovykh porod k promyshlennym emissiyam v usloviyakh Ukrainskogo Poles'ya. Lesnoe Chozjaistvo 7: 54-57.
- Pourtet J. 1951. La réglementation des commerce des semences et plantes forestiers. Rev. Forest Franc. (2) 96-102.
- Rohmeder E., Schönbach H. 1959. Genetik und Züchtung der Waldbäume. Paul Parey, Hamburg, 338 s.
- Rohrig E. 1954. Erfolgreiche Versuche mit Wuchsstoffmitteln zur Behämpfung lebender Unkrautdecken in Walde. Forstarchiv 25(1): 5-9. [Forest Abstr 1954 15 nr 3698].
- Rosne V. B., Stiptsov V. 1986. On the resistance to rotting of the beech (*Fagus sylvatica* L.) and the European hornbeam (*Carpinus betulus* L.). Gorskostopanska Nauka 23(6): 56-61. [Forest Prod. Abstr 101 nr 1660].
- Rubner K. 1938. Verbreitung und Rassen der Hainbuche (*Carpinus betulus* L.). Forstwiss. Zbl. 60: 255-264.
- Rubner K. 1956. Zum Baumrassenproblem in Mitteleuropa. Schweiz. Z. Forstw. 107 (4): 217-225.
- Schonhar S. 1962. Lime-induced chlorosis in forest plants. Schriftenreihe der forstlichen Abteilung der Albert-Ludwigs Universität, Freiburg i. Br. 1: 218-222. [Forest Abstr 1965 26 nr 3808].
- Seitz F. W. 1951/52. Chromosomenzahlenverhältnisse bei Holzpflanzen. Z. Forstgen. 1: 22-32.
- Seneta W. 1976. Dendrologia. PWN Warszawa, 559 s.
- Slavnic Z., Siljak S. 1972. Morphological variability of the first leaf in seedlings of hornbeam (*Carpinus betulus* L.). Genetika (Jugoslawia) 4(2): 171-181. [Forest Abstr 1975 36 nr 3769].
- Tompa K. 1953. AZ 1952 majusi fagyok tanulsagai. Erdo 2(2): 171-181. [Forest Abstr 1955 16 nr 586].

- Tonzig S. 1958. Plants as indicators of the presence and intensity of action of some atmospheric contaminants. *Minerva Medica*, Rzym, 1085-1091. [Forest Abstr 1959 20 nr 3293].
- Wentzel K. F., Bruns K. H. 1956. Waldvernichtung durch Haldenbrand. *Forst u. Holzw.* 11(21): 460-463. [Forest Abstr 1957 18 nr 1746].
- Wetzel G. 1929. Chromosomenstudien bei den *Fagales*. *Bot. Archiv.* 25 (ex Johnsson 1942)
- Woodworth R. H. 1930. Cytological studies in the *Betulaceae* IV. *Betula*, *Carpinus*, *Ostrya*, *Ostryopsis*. *Bot. Gaz.* 90: 108-115.
- Woodworth R. H. 1931. Polyploidy in the *Betulaceae*. *Journ. Arnold Arb.* 12: 206. (ex Johnsson 1942).
- Žabka J. 1948. Biologické a pěstitelské poznatky vyplývající z mrazového pošškození lesních dřevin v období 1928-1940, zejména však za zimy 1939-40. *Zpr.VUL ČSR* 2: 181-195. [Forest Abstr 1950 18 nr 676].

GENETICS OF HORNBEAM

Summary

While most *Carpinus* species have diploid ($2n=16$) chromosome numbers, *C. betulus* has many tetra- and octoploid individuals, particularly in the northern part of the species range. There is little documentation of natural genetic variation. It seems to be related to edaphic conditions rather than phytosociological ones. A comparison of populations from the eastern Baltic region near Kaliningrad with those from Germany (Saxony and Bavaria) suggests that the former grow more intensively and have a much straighter stem and more slender crown form. They also flush earlier in the Spring by about 5-10 days. Progeny variation within provenances demonstrates strong interaction with environmental conditions. *C. betulus* pollen is self-fertile. Natural or artificial hybrids are unknown. Only *C. betulus* var. *arnotae* is suspected to be a hybrid between *C. betulus* and *C. orientalis*.

Numerous ornamental forms are in use, some of them obtained by breeding for specific needs of urban planting. In forest tree improvement programs after a few early attempts there has been no follow up due to the low economic importance of the species.