

TOMASZ WOJDA, MARZENA NIEMCZYK, JAN KOWALCZYK

Proweniencyjno-rodowa zmienność terminu wiosennego rozwoju pąków brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth)

Provenance-family variation in the time of spring bud development in silver birch (*Betula pendula* Roth)

ABSTRACT

Wojda T., Niemczyk M., Kowalczyk J. 2012. Proweniencyjno-rodowa zmienność terminu wiosennego rozwoju pąków brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth). Sylwan 156 (3): 197-207.

The aim of this study was to assess the variation of bud development time of the Polish and Latvian silver birch provenances and its impact on tree growth in the juvenile phase. The assessment of bud development was carried out in 2008 and 2009 on three experimental plots with ten Polish and three Latvian provenances using a six-point scale. Browsk, Augustów and Latvian provenances are in the group of provenances that develop early buds, while the provenances from Łobez, Młynary and Golub develop late buds. The spring development of silver birch buds shows a clinal variation depending on the longitude. The spring leaf development of the eastern provenances begins earlier than the western ones. The dependence of growth traits on the time of bud development has not been sufficiently proven and requires further research.

KEY WORDS

bud development time, provenance, family, heritability

ADDRESSES

Tomasz Wojda – e-mail: wojdat@ibles.waw.pl

Marzena Niemczyk

Jan Kowalczyk

Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3; 05-090 Raszyn

Wstęp

Brzoza brodawkowata, jeden z ważniejszych gatunków lasotwórczych w Europie, także w Polsce odgrywa coraz większą rolę w gospodarce leśnej. Łącznie z brzozą omszoną jest gatunkiem panującym na 667 tys. ha (7,4%) powierzchni leśnej wszystkich form własności naszego kraju [Leśnictwo 2010]. Jako gatunek pionierski i względnie odporny na hubę korzeni, brzoza jest powszechnie wykorzystywana do zalesiania gruntów porolnych.

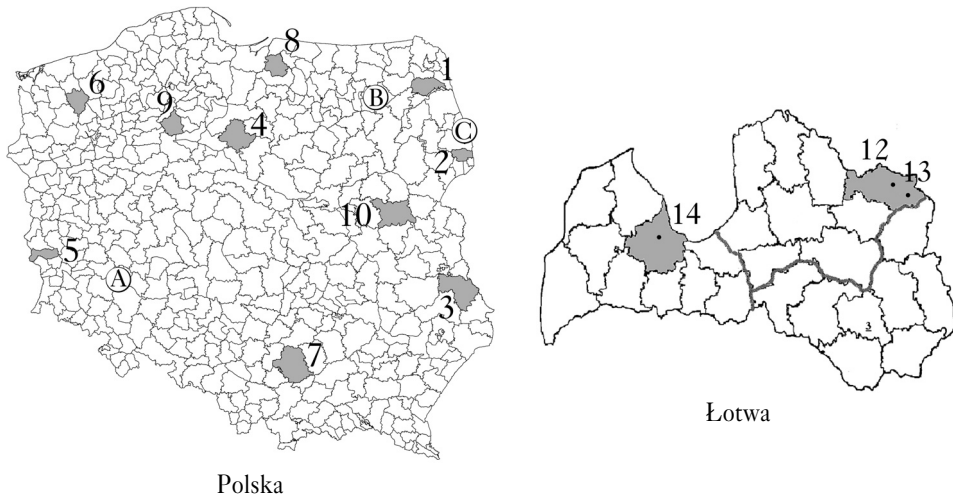
Mimo że jest to gatunek ważny dla gospodarki leśnej, to dotychczas niewiele wiadomo o zmienności proveniencyjnej i rodowej polskich pochodzeń brzozy. Ponieważ brzoza brodawkowata występująca w naszej strefie klimatycznej nie cierpi od przymrozków, a jej rozwijające się pąki wytrzymują temperaturę nawet -4°C [Jaworski 1995], jak dotychczas w Polsce nie analizowano u niej zmienności terminu rozwoju pąków na wiosnę. Tylko nieliczni autorzy stwierdzili uszkodzenia od przymrozków późnych u brzozy pochodzących ze Skandynawii, a posadzonych na terenie Szkocji [Worell i in. 2000] oraz od przymrozków wczesnych na wysokości powyżej 600 m n.p.m. [Kula 2000]. Brzoza brodawkowata należy do gatunków drzew światłolubnych i szybkorosnących, dla których na wielkość przyrostu wysokości znacznie bardziej wpływa ter-

min rozpoczęcia wiosennego rozwoju pąków niż termin zakończenia fazy wzrostu [Rousi, Pusenius 2005]. Niektórzy badacze [Billington, Pelham 1991] twierdzą, iż termin wiosennego rozwoju pąków jest dodatnio skorelowany z żywotnością i tempem wzrostu (dla różnych gatunków drzew). Również Mejnartowicz [1979] podaje, że brzozy wcześniej rozpoczynające wegetację mają lepsze właściwości przyrostowe, zwłaszcza w okresie młodocianym, do dwudziestego roku życia. Jeśli ta hipoteza zostałaby potwierdzona, wówczas termin rozwoju pąków mógłby stać się swoistym testem wczesnym, wykrywającym już na etapie sadzonki te osobniki, które w przyszłości będą intensywniej przyrastały.

Celem pracy była ocena zmienności wiosennego terminu rozwoju pąków wybranych proveniencji polskich i łotewskich brzozy brodawkowatej oraz wpływu tej cechy na przyrost drzew w okresie młodocianym.

Materiał i metody

Ocenę wiosennego terminu rozwoju pąków prowadzono na trzech powierzchniach doświadczalnych, założonych wiosną 2006 roku (Wołów) i 2007 roku (Drygały i Krynki). Doświadczenia zostały założone w układzie poletek jednodrzewowych. Badaniami objęto 10 proveniencji polskich oraz 3 łotewskie (ryc. 1). Proveniencje polskie reprezentowane były przez potomstwo drzew pochodzących z wyłączonych drzewostanów nasiennych brzozy brodawkowatej, należących do wszystkich, poza sudecką i karpacką, krain przyrodniczo-leśnych Polski. W doświadczeniu polskie proveniencje reprezentowane były przez 20 rodów (potomstw z wolnego zapylenia), a każdy ród przez około 50 drzew. Na każdej powierzchni posadzono sadzonki z „miejscowej” populacji (około 60 sztuk), mającej charakter standardu i pochodzącej z terenu nadleśnictwa, w którym zlokalizowano powierzchnię. Proveniencje łotewskie badane są na dwóch powierzchniach w Drygałach i Krynkach. Populacje Mālupe i Liepna reprezentowane są przez 60 drzew, a Kaive – przez 120 drzew.



Ryc. 1.

Lokalizacja powierzchni doświadczalnych (litery) oraz analizowanych proveniencji brzozy brodawkowatej (liczby)

Location of experimental plots (letters) and analysed silver birch proveniences (numbers)

A – Wołów; B – Drygały; C – Krynki; 1 – Augustów; 2 – Browski; 3 – Chelm; 4 – Golub; 5 – Lipinki; 6 – Łobez; 7 – Miechów; 8 – Młynary; 9 – Runowo; 10 – Siedlce; 12 – Mālupe; 13 – Liepna; 14 – Kaive

Ocenę wiosennego terminu rozwoju pąków wykonano w oparciu o sześciostopniową skalę rangową [Wojda 2004], określającą następujące po sobie fazy rozwoju pąków (ryc. 2): 0 – pąki w stanie spoczynku zimowego, 1 – pąki zaczynają pękać i pojawiają się zielone wierzchołki liści, 2 – wierzchołki liści rozchylają się, 3 – widoczne pojedyncze liście, 4 – pomarszczony liść z widocznym ogonkiem, 5 – proporcje długości ogonka do długości blaszki liściowej takie same jak w całkowicie wykształconym liściu (całkowicie wykształcony liść, tylko w mniejszej skali). Na każdej powierzchni badawczej obserwacje rozwoju pąków wykonano jednorazowo wiosną 2008 i 2009 roku, w obydwu latach w tych samych dniach: 8-10 kwietnia w Wołowie, 15-16 kwietnia w Drygąłach oraz 22-23 kwietnia w Krynkach. Oceniano wszystkie drzewa na każdej powierzchni badawczej, przypisując im po jednej ocenie według powyższej skali. Im wyższa wartość średniej oceny fenologicznej, tym wcześniejszy termin rozwoju pąków poszczególnych proveniencji. W latach 2007-2009 zmierzono także wysokość drzew, a zależność między terminem rozwoju pąków a cechami przyrostowymi określono na podstawie współczynnika korelacji rang Spearmana dla wybranych uprzednio rodów wcześniej i późno rozwijających się.

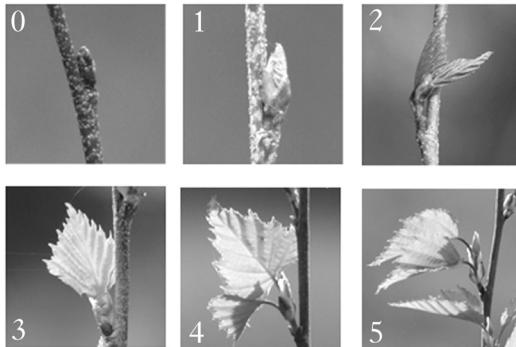
Obliczenia statystyczne wykonano stosując pakiet statystyczny Statistica 8.0 (StatSoft, Inc.). Wykonano test Levene'a na jednorodność wariancji, by móc przystąpić do zasadniczych procedur statystycznych. Analizę wariancji w klasyfikacji dwuczynnikowej przeprowadzono stosując układ zagnieżdżony (hierarchiczny) według modelu:

$$y_{ijk} = \mu + a_i + b(a)_{ij} + e_{ijk}$$

gdzie:

- y_{ijk} – wysokość lub inna cecha zależna,
- μ – średnia ogólna,
- a_i – losowy efekt proveniencji,
- $b(a)_{ij}$ – losowy efekt rodów w proveniencjach,
- e_{ijk} – błąd doświadczenia.

Po stwierdzeniu, na podstawie wyników analizy wariancji, istotności różnic między porównywanymi obiektami, celem ustalenia, które ze średnich różnią się między sobą istotnie, a zatem które wpływają na odrzucenie hipotezy zerowej, dla dziesięciu polskich pochodzeń brzozy brodawkowatej wykonano test *post-hoc* Tukey'a ($\alpha=0,05$) [Stanisz 2001]. Sadzonki reprezentujące populacje łotewskie, z uwagi na kilkakrotnie mniejszą liczebność (dwie były reprezentowane tylko przez 1 ród), porównano przy wykorzystaniu testu Dunnetta (szczegółowe porównanie proveniencji łotewskiej osobno z każdą pozostałą). Z kolei proveniencje miejscowe (sadzonki gospodarcze z terenu nadleśnictw Drygały, Krynki i Wołów) porównano ze wszystkimi proveniencjami razem, stosując kontrasty dla oczekiwanych średnich brzegowych [Stanisz 2001].



Ryc. 2.

Skala oceny wiosennego rozwoju pąków brzozy
Assessment scale of spring bud development
of silver birch

Podziału na proveniencje wczesnie i późno rozwijające pąki dokonano na podstawie wyników testu Tukey'a i otrzymanych grup jednorodnych. Podział na rody wczesnie i późno rozwijające pąki wykonany został z kolei na podstawie metody zaproponowanej przez Sabora [1986]. Do wczesnie rozwijających pąki zaliczono te, których średnia ocena obserwacji fenologicznej była większa od średniej ogólnej przynajmniej o jedno odchylenie standardowe, a do późno rozwijających te, których średnia ocena obserwacji fenologicznej była mniejsza o jedno odchylenie standardowe od średniej ogólnej.

Wartości odziedziczalności indywidualnej (h_i^2), rodowej (h_R^2) i proveniencyjnej (h_F^2) [Giertych 1985; Giertych, Mąka 1994; Otegbeye 1998] terminu wiosennego rozwoju pąków oraz ich błędy obliczono według następujących wzorów:

$$h_i^2 = \frac{4\delta_R^2}{\delta_E^2 + \delta_R^2} \quad \text{z błędem wynoszącym} \quad \sqrt{\frac{16\text{Var}(\sigma_R^2)}{(\sigma_F^2)^2}}$$

$$h_R^2 = \frac{4\delta_R^2}{\frac{\delta_E^2}{n} + \delta_R^2} \quad \text{z błędem wynoszącym} \quad \sqrt{\frac{\text{Var}(\sigma_R^2)}{(\frac{\sigma_E^2}{n} + \sigma_R^2)^2}}$$

$$h_F^2 = \frac{\delta_P^2}{\frac{\delta_E^2}{n \cdot p \cdot b} + \frac{\delta_{PB}^2}{n} + \delta_P^2} \quad \text{z błędem wynoszącym} \quad \sqrt{\frac{\text{Var}(\sigma_P^2)}{(\frac{\sigma_E^2}{n} + \sigma_P^2)^2}}$$

gdzie:

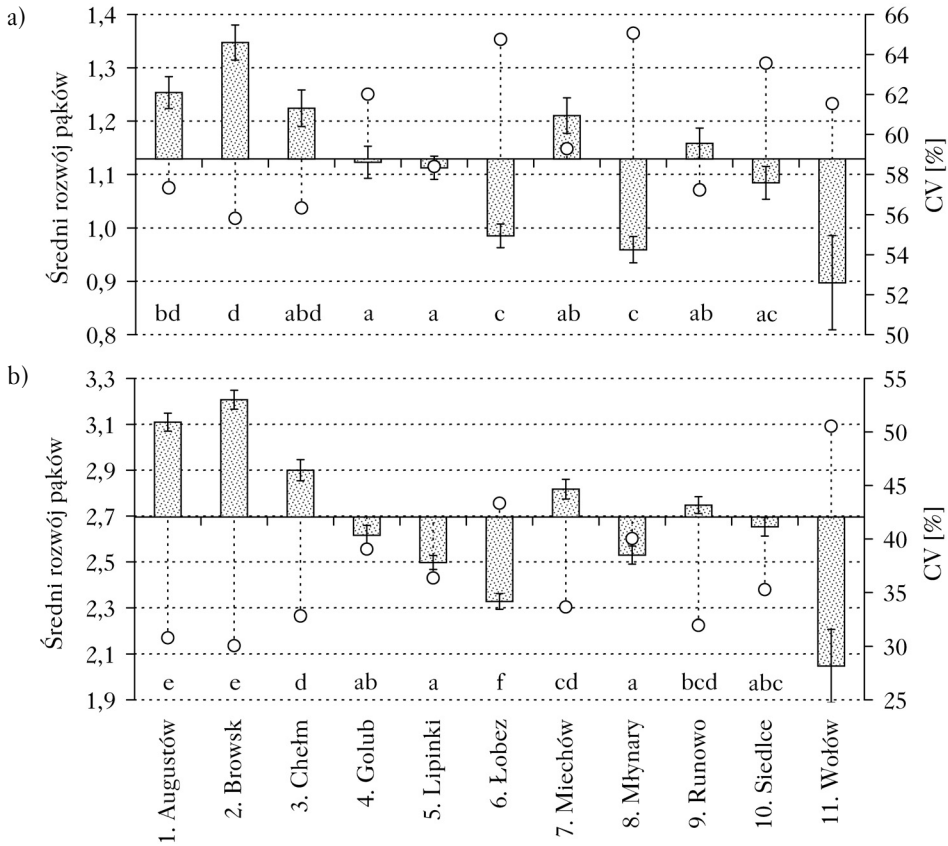
- σ_R^2 – komponent wariancji rodowej,
- σ_F^2 – wariancja fenotypowa,
- σ_P^2 – komponent wariancji proveniencyjnej,
- σ_{PB}^2 – komponent wariancji proveniencja×blok,
- σ_E^2 – komponent wariancji dla błędu,
- n – średnia liczba drzew w rodzie lub proveniencji,
- p – liczba proveniencji,
- b – liczba bloków.

Błędy odziedziczalności obliczono używając przekształconej metody Dickersona [1969].

Wyniki

Stwierdzono istotne zróżnicowanie wiosennego terminu rozwoju pąków na wszystkich powierzchniach badawczych w obu latach obserwacji zarówno pomiędzy proveniencjami, jak i między poszczególnymi rodami wewnątrz proveniencji. Miejscowe proveniencje (standardy) Wołów i Krynki również istotnie różniły się od wszystkich pozostałych.

Średnia wartość oceny fenologicznej w 2008 roku w Wołowie wyniosła 1,13. Do proveniencji, które najwcześniej rozpoczynały wiosenny rozwój pąków, należały Browsk (1,35) i Augustów (1,25). Proveniencje, które najpóźniej rozwinęły liście, to miejscowa proveniencja Wołów (0,90), a także Młynary (0,96) i Łobez (0,98). Średnia wartość oceny w 2009 roku na tej powierzchni wyniosła 2,70. Proveniencjami, które najwcześniej rozpoczęły rozwój pąków, były ponownie Browsk (3,21) i Augustów (3,11). Najpóźniej liście rozwijały się u standardu lokalnego Wołów (2,05) oraz populacji Łobez (2,33), różniąc się istotnie statystycznie od pozostałych proveniencji (ryc. 3).



Ryc. 3.

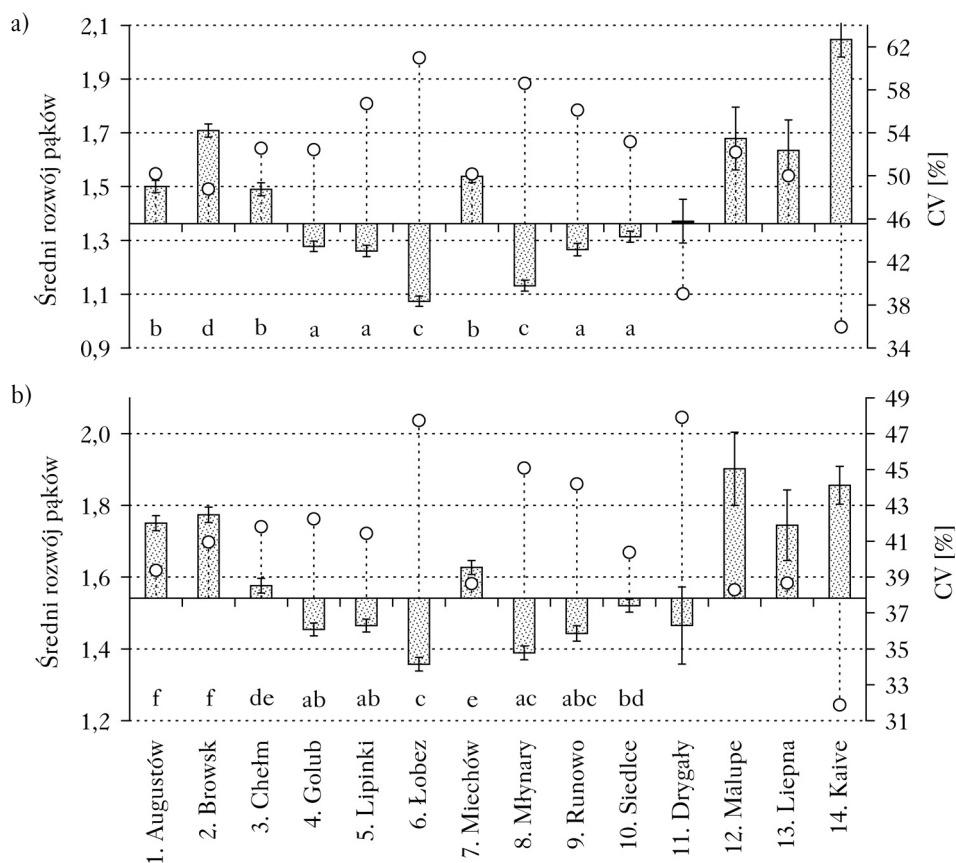
Średni rozwój pąków i jego zmienność (CV) u proveniencji brzożowych badanych na powierzchni w Wołowie w latach 2008 (a) i 2009 (b)

Average bud development and its variability (CV) for silver birch provenances analysed at the Wołów plot in 2008 (a) and 2009 (b)

Te same litery oznaczają grupy jednorodnie według testu Tukey'a na poziomie istotności $\alpha=0,05$
The same letters indicate homogeneous groups in Tukey's test at the $\alpha=0.05$ significance level

Średnia wartość oceny w Drygałach wyniosła w 2008 roku 1,37, a w 2009 – 1,54. Polską proveniencją najwcześniej rozwijającą pąki okazał się Browśk (1,71), który różnił się istotnie od pozostałych. Do wcześniej rozwijających pąki należały także proveniencje łotewskie (przeciętnie 1,85), zwłaszcza Kaive (2,05). Najpóźniejszym terminem rozwoju pąków cechowały się natomiast proveniencje Łobez (1,07) i Młynary (1,13). Wyniki testu Dunnetta wskazały, że jedynie proveniencja Kaive, najszybciej rozwijająca liście na wiosnę, różni się istotnie od wszystkich pozostałych (ryc. 4). W 2009 roku proveniencjami najwcześniej rozwijającymi pąki były Browśk (1,77) i Augustów (1,75), a także proveniencje łotewskie (1,84). Najpóźniej rozwinęły liście proveniencje Łobez (1,36) i Młynary (1,39) (ryc. 4).

W Krynkach średnia wartość oceny wiosennego terminu rozwoju pąków w 2008 roku wyniosła 2,50. Proveniencjami najwcześniej rozwijającymi pąki były Browśk (2,75) i Chełm (2,73) oraz proveniencje łotewskie (2,89). Wśród tych ostatnich najszybciej rozwijała liście proveniencja Kaive (3,00). Do proveniencji najpóźniej rozwijających pąki należały: miejscowa brzoza z Krynek (2,09) oraz z Młynar (2,19). Łotewska Kaive różniła się istotnie od wszystkich



Ryc. 4.

Średni rozwój pąków i jego zmienność (CV) u proveniencji brzożowych badanych na powierzchni w Drygałach w latach 2008 (a) i 2009 (b)

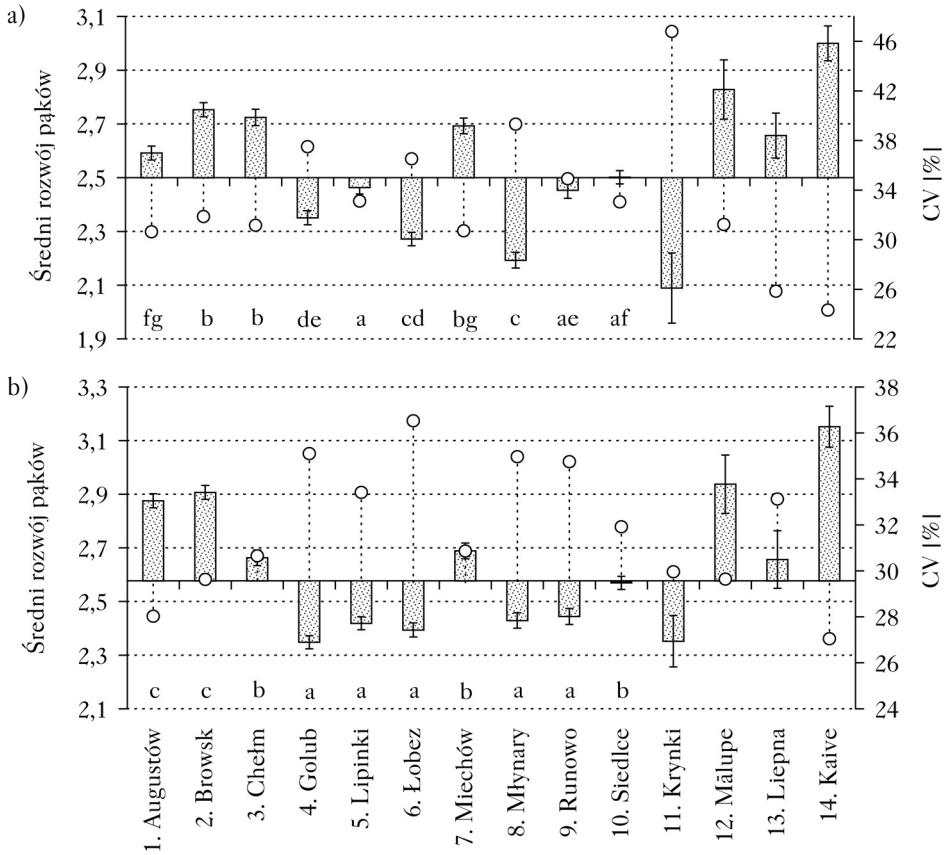
Average bud development and its variability (CV) for silver birch provenances analysed at the Drygały plot in 2008 (a) and 2009 (b)

Oznaczenia jak na rycinie 3; Denotes as in figure 3

polskich proveniencji. Średnia ocena na tej powierzchni w 2009 roku wyniosła 2,58. Proveniencjami najwcześniej rozwijającymi pąki były łotewskie Kaive (3,15) i Málupe (2,94) oraz polskie Browsek (2,91) i Augustów (2,88). Proveniencjami najpóźniej rozwijającymi pąki były: Golub, Lipinki, Łobez, Młynary i Runowo (2,35-2,42), a także potomstwo miejscowej populacji z Krynek (2,35). Łotewska Kaive różniła się istotnie od wszystkich polskich proveniencji (ryc. 5).

Na wszystkich powierzchniach, w każdym roku obserwacji wystąpiła statystycznie istotna korelacja długości geograficznej proveniencji z wiosennym terminem rozwoju pąków (tab. 1). Proveniencje wschodnie rozwijały liście wcześniej. Nie udowodniono natomiast korelacji pomiędzy szerokością geograficzną proveniencji a terminem rozwoju pąków.

Lokalna populacja z Wołowa różniła się istotnie od pozostałych polskich proveniencji, rozwijając liście bardzo późno. Z kolei potomstwo populacji z Drygał nie różniło się od innych polskich proveniencji. Standard lokalny z Krynek wykazał bardzo późny rozwój pąków, który istotnie odbiegał od pozostałych polskich proveniencji.



Ryc. 5.

Średni rozwój pąków i jego zmienność (CV) u proveniencji brzozowych badanych na powierzchni w Krynkach w latach 2008 (a) i 2009 (b)

Average bud development and its variability (CV) for silver birch provenances analysed at the Krynki plot in 2008 (a) and 2009 (b)

Oznaczenia jak na rycinie 3; Denotes as in figure 3

Nie w każdej proveniencji zidentyfikowano rody wczesnie i późno rozwijające pąki (dane nieprezentowane). Nie wystąpiły one w Runowie i Siedlcach oraz w standardach lokalnych Drygały i Krynki, a także w proveniencji Miechów (tylko na powierzchni w Wołowie). Zazwyczaj rody o wczesnym terminie rozwoju pąków występowały w proveniencjach uznanych (na podstawie wyników testu *post-hoc* Tukey'a) za wczesnie rozpoczynające wiosenny rozwój liści (Augustów i Browsk), a rody późno rozwijające pąki w proveniencjach późno rozpoczynających wiosenny rozwój (Łobez, Młynary i Golub). Niektóre rody sklasyfikowane jako wczesnie (ród 2/1, 2/3) lub późno rozwijające liście (ród 4/11, 5/2, 6/18, 6/19) w pierwszym roku obserwacji, potwierdziły ten typ wiosennego rozwoju pąków również w drugim roku badań, także na innej powierzchni doświadczalnej. Tylko w przypadku proveniencji Łobez na powierzchni doświadczalnej w Krynkach w 2008 roku sklasyfikowano obok dwóch rodów późno rozwijających się (6/16, 6/19) jednocześnie ród wczesnie rozwijający pąki (6/7), co świadczy o dużej zmienności wewnątrzproveniencyjnej. Ogółem, spośród 197 rodów brzozy brodawkowatej zidentyfikowano 15 rodów wczesnie oraz 18 późno rozwijających pąki.

Na podstawie średnich cech przyrostowych i obserwacji fenologicznych wybranych rodów wcześniej i późno rozwijających pąki (łącznie na 3 powierzchniach) stwierdzono istnienie statystycznie istotnej korelacji pomiędzy badanymi cechami, lecz tylko w 2009 roku (tab. 2).

Wartości trzech typów odziedziczalności wiosennego terminu rozwoju pąków były wysokie (tab. 3). Odziedziczalność indywidualna zawiera się w granicach od 0,487 do 0,696 (błąd 0,0-0,08), odziedziczalność rodowa – od 0,788 do 0,865 (błąd 0,14-0,26), natomiast odziedziczalność proveniencyjna – w przedziale 0,949-0,987 (błąd 0,02-0,07).

Dyskusja

Wiosenny termin rozwoju pąków różnych proveniencji brzozy brodawkowatej na 3 powierzchniach doświadczalnych przebiegał bardzo podobnie, co oznacza, że populacje uznane za wcześniej bądź późno rozwijające pąki potwierdzały tę cechę na wszystkich powierzchniach. Do bardzo podobnych wniosków doszli także Wuehlisch i in. [1995] obserwując wiosenny rozwój pędów buka. Otrzymane wyniki potwierdzają wcześniejsze badania Wojdy [2004] oraz inne doniesienia naukowe [Rousi, Pusenius 2005; Mejnartowicz 1979; Sokołowska 1965] o istotnym proveniencyjnym i rodowym zróżnicowaniu tej cechy. Maksymalna różnica w wiosennej

Tabela 1.

Zależność terminu rozwoju pąków od położenia geograficznego proveniencji
Dependence of the time of bud development on the geographic location of provenances

	Wołów 2008 (n=10)	Drygały 2008 (n=13)	Krynki 2008 (n=13)	Wołów 2009 (n=10)	Drygały 2009 (n=13)	Krynki 2009 (n=13)
Długość geograficzna [°E]	0,673 p=0,033	0,885 p=0,000	0,868 p=0,000	0,867 p=0,001	0,676 p=0,011	0,827 p=0,002
Szerokość geograficzna [°N]	-0,236 p=0,511	0,275 p=0,363	0,096 p=0,754	-0,164 p=0,651	0,094 p=0,761	-0,077 p=0,802

Tabela 2.

Zależność cech przyrostowych od terminu rozwoju pąków w poszczególnych latach obserwacji
Dependence of the growth traits on the time of bud development in individual years of observation

n=51	Wysokość w 2008	Wysokość w 2009	Przyrost wysokości 2007-2008	Przyrost wysokości 2008-2009
2008	0,052 p=0,823	0,055 p=0,812	-0,200 p=0,384	0,096 p=0,678
2009	0,475 p=0,008	0,598 p=0,000	0,398 p=0,030	0,557 p=0,001

Tabela 3.

Odziedziczalność indywidualna (h_i^2), rodowa (h_R^2) i proveniencyjna (h_F^2) rozwoju pąków oraz jej błędy standardowe na 3 powierzchniach badawczych w 2008 i 2009 roku

Individual (h_i^2), family (h_R^2) and provenance (h_F^2) heritability of bud development and its standard errors on three research plots in 2008 and 2009

	h_i^2	h_R^2	h_F^2
Wołów 2008	0,494 ±0,01	0,788 ±0,26	0,949 ±0,07
Drygały 2008	0,521 ±0,06	0,863 ±0,17	0,987 ±0,02
Krynki 2008	0,600 ±0,06	0,865 ±0,15	0,983 ±0,02
Wołów 2009	0,696 ±0,08	0,861 ±0,14	0,984 ±0,02
Drygały 2009	0,487 ±0,05	0,846 ±0,21	0,982 ±0,03
Krynki 2009	0,564 ±0,00	0,856 ±0,16	0,984 ±0,02

fenologii rozwoju liści zaobserwowana w warunkach fińskich wyniosła aż 15 dni [Rousi, Pusenius 2005].

Najwcześniej wiosenny rozwój pąków następował u proweniencji Augustów oraz Browsk. Proweniencja Augustów wykazywała bardzo wczesny termin rozwoju pąków również we wcześniejszych badaniach na 4-5 letnich wówczas powierzchniach badawczych w centralnej (Kutno) i północnej Polsce (Wichrowo) [Wojda 2004]. Bardzo wczesnie rozwijały liście także proweniencje łotewskie. Pomimo tego, że dwie z nich (Mālupe i Liepna) geograficznie położone są bardzo blisko siebie, to wiosenny rozwój ich pąków przebiegał nieco inaczej. Kaive, trzecia z łotewskich proweniencji, położona w pobliżu Zatoki Ryskiej, charakteryzowała się wyraźnie wcześniejszym rozwojem liści. Z kolei do pochodzeń najpóźniej rozwijających liście zaliczono proweniencje Łobez i Młynary, a także Golub. Zauważono ponadto, iż proweniencje wczesnie rozwijające liście mają niski współczynnik zmienności tej cechy, natomiast u tych, które późno rozwijają pąki, jest on wysoki.

Położenie geograficzne proweniencji odgrywa decydującą rolę w terminie wiosennego rozwoju liści u brzozy brodawkowatej. Stwierdzono statystycznie istotną zależność między długością geograficzną a rozwojem pąków wiosennym. Proweniencje wschodnie rozpoczynają wiosenny rozwój liści wcześniej niż zachodnie. Nie wykryto natomiast zależności między terminem rozwoju liści a szerokością geograficzną. Współczynniki korelacji Spearmana w tym przypadku były nieistotne statystycznie. W badaniach prowadzonych przez Billingtona i Pelhama [1991] odziedziczalność wiosennego rozwoju pąków brzozy omszonej była pozytywnie skorelowana ($r=0,85$) z szerokością geograficzną. Według Linkosalo [1999] na termin rozwoju pąków gatunków drzew leśnych wpływa zarówno szerokość ($r=0,60$), jak i długość geograficzna ($r=0,38$). Zauważył on również wpływ wysokości n.p.m. ($r=0,25$) na ten proces. Amerykańskie populacje brzozy żółtej (*B. alleghaniensis* Britt.) występujące na północy kraju oraz na terenach położonych wyżej również rozpoczynały rozwój liści wcześniej niż populacje południowe i z niższych położeń n.p.m. Wcześniej także kończyły wzrost na wysokość [Sharik 1976].

Zależność pomiędzy terminem rozwoju pąków a wysokością drzew wystąpiła tylko w drugim roku badań (tab. 3). Dlatego na podstawie niniejszych badań nie można stwierdzić, żerody wcześniej rozpoczynające rozwój pąków uzyskują większe przyrosty wysokości niż te, które rozpoczynają rozwój liści późno. Uzyskane rezultaty są zbieżne z wynikami badań Rousiego i Puseniusa [2005], którzy także zaobserwowali zależność pomiędzy terminem rozwoju pąków i przyrostem wysokości, lecz i w tym przypadku zależność ta w kolejnych latach badań nie zawsze była udowodniana. Tak więc nie można jednoznacznie wskazać dobrze przyrastających rodów na podstawie obserwacji terminu wiosennego rozwoju pąków w okresie młodocianym.

Ocena odziedziczalności dała informacje o spodziewanej poprawie cechy u potomstwa w wyniku selekcji. Otrzymane wartości odziedziczalności proweniencyjnej świadczą o dużej zmienności międzyproweniencyjnej oraz możliwości selekcji. Wartości powyżej 0,9 wskazują na możliwość istotnej poprawy danej cechy przez selekcję właściwej proweniencji [Barzdajn 2008]. Również wartości odziedziczalności rodowej, świadczące o dużym zróżnicowaniu cech przyrostowych wewnątrz proweniencji, wskazują, że selekcja rodów może przynieść duży zysk genetyczny. Uzyskane wartości odziedziczalności terminu rozwoju pąków były wysokie, jednakże wartości te różniły się nieco w kolejnych latach na tej samej powierzchni badawczej, a także pomiędzy poszczególnymi powierzchniami. Różnice te można tłumaczyć zmiennością środowiska oraz interakcją genotyp \times środowisko. W badaniach przeprowadzonych przez Billingtona i Pelhama [1991] odziedziczalność szkockich populacji zarówno brzozy brodawkowatej (0,06-0,63), jak i omszonej (0,00-0,65) była dużo niższa.

Wnioski

- ✚ Do proveniencji, które najwcześniej rozwijają pąki, należą: Browsek, Augustów i proveniencje łotewskie, a do późno rozwijających – Łobez, Młynary i Golub.
- ✚ Termin rozwoju pąków brzozy brodawkowatej wykazuje klinalny charakter zmienności w zależności od długości geograficznej. Proveniencje wschodnie rozpoczynają wiosenny rozwój pąków i liści wcześniej niż zachodnie.
- ✚ Otrzymane wysokie wartości odziedziczalności terminu wiosennego rozwoju pąków brzozy brodawkowatej wskazują na jej dużą zmienność między- i wewnątrzproveniencyjną.
- ✚ Zależność cech przyrostowych od terminu rozwoju pąków nie została jednoznacznie udowodniona i wymaga dalszych badań.

Literatura

- Barzdajn W. 2008. Porównanie odziedziczalności proveniencyjnej, rodowej i indywidualnej cech wzrostowych dębu szypułkowego (*Quercus robur* L.) w doświadczeniu rodowo-proveniencyjnym w Nadleśnictwie Milicz. Sylwan 152 (5): 52-59.
- Billington H. J., Pelham J. 1991. Genetic variation in the date of budburst in Scottish birch populations: implications for climate change. Functional Ecology 5: 403-409.
- Chałupka W., Krawiarz K. 1979. Fizjologia wzrostu i rozwoju. W: Białobok S. [red.]. Brzozy. *Betula* L. PWN, Warszawa-Poznań. 123-147.
- Dickerson G. E. 1969. Techniques for research in quantitative animal genetics. Techniques and procedures in animal science research. American Society of Animal Sci., Albany, N.Y. 36-79.
- Giertych M. 1985. Porównanie selekcji rodowej i proveniencyjnej u świerka (*Picea abies* (L.) Karst.) z Beskidu Śląskiego i Żywieckiego. Arboretum Kórnickie 30: 241-255.
- Giertych M., Mąka A. 1994. Ocena indeksowa dziesięcioletnich rodów sosny (*Pinus sylvestris* L.) z kontrolowanych krzyżówek na plantacji nasiennej. Arboretum Kórnickie 33: 87-107.
- Jaworski A. 1995. Charakterystyka hodowlana drzew leśnych. Kraków. Gutenberg.
- Kula E. 2000. Responses of birch buds to frost. Journal of Forest Science 46 (3): 127-132.
- Leśnictwo. 2010. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Linkosalo T. 1999. Regularities and patterns in the spring phenology of some boreal trees. Silvae Fennica 33 (4): 237-245.
- Mejnartowicz L. 1979. Genetyka. W: Białobok S. [red.]. Brzozy *Betula* L. PWN, Warszawa-Poznań. 219-264.
- Otegbeye G. O. 1998. Forestry mating designs and progeny testing: principles, methods and application. W: Mandal A. K., Gibson G. L. [red.]. Forest Genetics and Tree Breeding.
- Rousi M., Pusenius J. 2005. Variations in phenology and growth of European white birch (*Betula pendula*) clones. Tree Physiology 25 (2): 201-210.
- Sabor J. 1986. Czynniki wpływające na przebieg i ocenę pędzenia wiosennego różnych pochodzeń świerka pospolitego (*Picea abies* (L.) Karst.) w rocznym cyklu przyrostowym na powierzchni doświadczalnej IPTNS-IUFRO 1964/68 w Krynicy. Acta Agraria et Silvestria series Silvestris 25: 115-129.
- Sharik T. L. 1976. Phenology of shoot growth among diverse populations of yellow birch (*B. alleghaniensis*) and sweet birch (*B. lenta*). Canadian Journal of Botany 54: 2122-2129.
- Sokołowska J. 1965. Drzewiaste rośliny przewodnie fenologicznych pór roku w Polsce. Rocznik Dendrologiczny 19: 75-93.
- Stanisz A. 2001. Przystępny kurs statystyki w oparciu o program Statistica PL na przykładach z medycyny. Wydanie drugie. StatSoft Polska Sp. z o.o., Kraków.
- Wojda T. 2004. Zmienność wiosennej fenologii polskich i litewskich pochodzeń brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth). Sylwan 148 (8): 52-60.
- Worell R., Cundall E. P., Malcolm D. C., Ennos R. A. 2000. Variation among seed sources of silver birch in Scotland. Forestry 73 (5): 419-435.
- Wuehlisch G., Krusche D., Muhs H. J. 1995. Variation in temperature sum requirement for flushing of beech provenances. Silvae Genetica 44 (5-6): 343-346.

SUMMARY

Provenance-family variation in the time of spring bud development in silver birch (*Betula pendula* Roth)

The aim of this study was to assess the variability of bud development time of the Polish and Latvian silver birch provenances and its impact on tree growth in the juvenile phase. The assessment of bud development was carried out on three experimental plots with ten Polish and three Latvian provenances. The Polish provenances were represented by the progeny of trees from birch seed stands from all except the Sudety and Carpathian Natural-Forest Regions in Poland. The Polish provenances were represented by 20 families (progenies from open pollination) and each family by approximately 50 trees. Seedlings of the 'local' population (approximately 60 seedlings) representing 'the standard' were planted on each plot. They originated from the area of the forest district in the territory of which the experimental plot was localized.

The Latvian provenances were tested on two experimental plots Krynki and Drygały. The Mālupe and Liepna populations were represented by 60 trees and Kaive population by 120 trees. The assessment was performed in 2008 and 2009 using a six-point rank scale, indicating successive stages of bud development: 0 – buds in winter dormancy, 1 – buds begin to burst and green leaf tips appear, 2 – leaf tips open, 3 – single leaves are visible, 4 – wrinkled leaf with a visible stem appear, 5 – the proportion of the stem length to the length of the leaf blade is the same as in the fully developed leaf (fully developed leaf but on a smaller scale). In 2007-2009, height of the trees was measured, and the relationship between the time of bud development and growth traits was based on Spearman's rank correlation coefficient for the pre-selected families of early and late developing buds.

The values of individual, family and provenance heritability of the spring bud development and their errors were calculated. The analysis of variance showed significant differences in the time of bud development on all plots during the two years of observation, both between provenances and between families within provenances. The local Wołów and Krynki provenances (standards) also significantly differed from the remaining ones. A statistically significant correlation was found in each year of the observation between the longitudinal provenance location and the time of bud development on all plots. Eastern provenances developed early leaves.

However, the correlation between the latitude of the provenance location and the time of bud development was not proven. On the basis of the mean incremental traits and phenological observations of the selected families developing early and the late buds, a statistically significant correlation was found between the tested traits, but only during one (of the two) years of research. The values of the three types of heritability of bud development were high. The individual heritability ranged from 0.487 to 0.696 (error of 0.00 - 0.08); the family heritability from 0.788 to 0.865 (error of 0.14 - 0.26), while the provenance heritability ranged from 0.949 to 0.987 (error of 0.02-0.07).