

ELŻBIETA DMYTERKO, ARKADIUSZ BRUCHWALD

## Model rozwoju ugałęzienia w koronie dojrzałej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.)

Model of the development of branching in the crown of the mature silver birch (*Betula pendula* Roth.)

### ABSTRACT

Dmyterko E., Bruchwald A. 2008. Model rozwoju ugałęzienia w koronie dojrzałej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). Sylwan 7: 29-38.

Answer for the following questions was obtained basing on the empirical material collected on 48 sample trees: (1) from which of the axillary buds on the main shoot the side shoots will grow out, (2) which of the side shoots have the greatest survival chance, and (3) which of the axillary buds will remain dormant. Obtained results enabled, together with so-far published ones, to elaborate model of the development of branching for silver birch. In that way, another step that leads to the determination of the criteria that could be applied in assessment of the damage to the given tree species was realized.

### KEY WORDS

Main shoot, branching, model, silver birch

### ADDRESSES

Elżbieta Dmyterko – Zakład Urządzania i Monitoringu Lasu; Instytut Badawczy Leśnictwa; ul. Braci Leśnej 3; Sękocin Stary 05-090 Raszyn; e-mail: E.Dmyterko@ibles.waw.pl

Arkadiusz Bruchwald – Zakład Dendrometrii i Nauki o Produkcynności Lasu; Wydział Leśny SGGW; ul. Nowoursynowska 166; 02-766 Warszawa; e-mail: les\_kpl@delta.sggw.waw.pl

### Wstęp

W Zakładzie Urządzania i Monitoringu Lasu Instytutu Badawczego Leśnictwa prowadzone są badania nad budową i rozwojem koron różnych gatunków drzew leśnych, a wśród nich brzozy brodawkowatej. Z zakresu tej problematyki opublikowano dotychczas wyniki badań dotyczące wyróżniania faz rozwojowych korony brzozy [Dmyterko, Bruchwald 2000a] oraz charakterystyki pędu głównego i jego ugałęzienia zarówno młodych [Bruchwald, Dmyterko 2001], jak i dojrzałych drzew [Dmyterko, Bruchwald 2005]. Ukazała się również praca, opisująca reakcję przyrostową omawianego gatunku drzewa na działanie silnie skażonego środowiska w nadleśnictwie Olkusz [Dmyterko, Bruchwald 2000b] oraz publikacja na temat procesu wzrostu wysokości brzozy [Bruchwald 2002]. Wyniki tych badań są etapami programu, którego celem jest opisanie modelu rozwoju ugałęzienia brzozy, zdefiniowanie kryteriów oceny jej uszkodzenia, a następnie opracowanie metod określania uszkodzenia drzewostanów brzozowych [Dmyterko, Bruchwald 2002].

Celem niniejszej pracy jest przedstawienie modelu rozwoju ugałęzienia dojrzałej brzozy brodawkowatej. Wymaga to przede wszystkim uzyskania odpowiedzi na następujące pytania:

- z których pąków pachwinowych pędu głównego wyrosną pędy boczne,
- które z pędów bocznych mają największą szansę przeżycia,
- które z pąków pachwinowych pozostaną w stanie uśpienia.

## Materiał badawczy

Materiał empiryczny zebrano w 24 drzewostanach brzozy brodawkowatej na terenie Nadleśnictwa Srokowo (RDLP Olsztyn). Były to drzewostany lite, większość z nich powstała w sposób naturalny z obsiewu nieużytków sąsiadujących z lasem. Wiek badanych drzewostanów wahał się od 32 do 60 lat. Przeciętna pierśnica wynosiła od 13,8 do 33,6 cm, średnia wysokość od 17,0 do 31,7 m, a stopień zagęszczenia drzew od 0,3 do 0,8. Bonitacja ustalona modelem wzrostu [Bruchwald i in. 2001] wynosiła od 15 do 44 m.

Na ściętych drzewach próbnym, pobranych z każdego drzewostanu (pędy 48 drzew) przeprowadzono pomiary i obserwacje:

- długości ostatnich pięciu rocznych przyrostów wysokości,
- liczby i usytuowania pędów bocznych na każdym pędzie głównym,
- usytuowania pąków pachwinowych,
- liczby i usytuowania śladów po suchych pąkach lub pędach.

W drzewostanach na powierzchniach próbnym zmierzono pierśnice i wysokości brzoź oraz ustalono wiek pewnej liczby drzew. Pomiary przeprowadzono we wrześniu 2001 roku, po zakończeniu wzrostu wydłużeniowego brzozy.

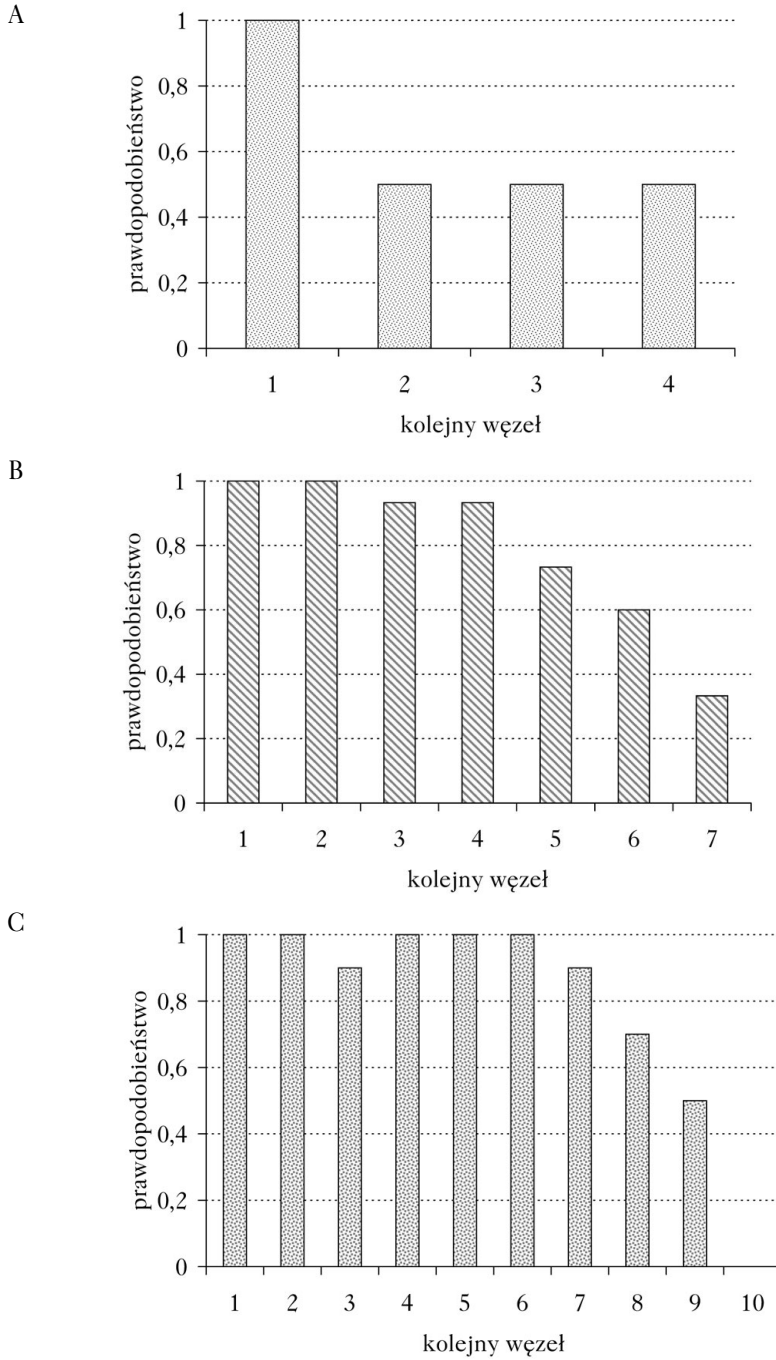
## Wyniki badań

Młoda brzoza brodawkowata posiada właściwość wytwarzania pędów syleptycznych. Wyrastają one w tym samym sezonie wegetacyjnym co pęd główny i usytuowane są w środkowej jego części. W górnych i dolnych węzłach pędu głównego tworzą się pąki pachwinowe. W następnym sezonie wegetacyjnym wyrosną z nich przeważnie pędy typowe, z wyjątkiem 1-3 pąków, położonych u podstawy pędu głównego, które pozostaną w uspieniu [Bruchwald, Dmyterko 2001]. Z wiekiem liczba drzew z wyrastającymi pędami syleptycznymi szybko maleje. Na prawie wszystkich dojrzałych drzewach w węzłach pędu głównego wykształcą się wyłącznie pąki, z których, pomijając najniżej położone, rozwiną się w następnym sezonie wegetacyjnym typowe pędy boczne [Dmyterko, Bruchwald 2005]. Proces ten prześledzono dokładnie, uwzględniając w analizie ostatnie 4 sezony wegetacyjne (1997-2000).

Największe prawdopodobieństwo wyrośnięcia pędu bocznego dotyczy najwyższej położonego węzła, najmniejsze zaś węzła usytuowanego najniżej. Prawdopodobieństwo utworzenia się pędu bocznego powiązane jest z długością pędu głównego, a więc i liczbą jego międzywęźli.

Dla krótkich pędów głównych zbudowanych z 4 międzywęźli (pominięto pierwsze międzywęźle, usychające po upływie sezonu wegetacyjnego) prawdopodobieństwo wykształcenia pędu bocznego w pierwszym węźle wynosi 1 (ryc. 1A). Maleje ono do 0,5 dla pozostałych węzłów. Przyjęto, że pędy dojrzałej brzozy o średniej długości zbudowane są z 7 międzywęźli [Dmyterko Bruchwald 2005]. Wysokie prawdopodobieństwo wyrośnięcia na nich pędu bocznego dotyczy dwóch górnych węzłów, natomiast zmniejsza się do niskiego dla ostatniego węzła (ryc.1B). Prawdopodobieństwo to kształtuje się podobnie dla długich pędów, zbudowanych z 10 międzywęźli (ryc.1C). Dla najwyższej położonych dochodzi do jedności, a dla położonych najniżej maleje do zera.

Powstanie pędu bocznego nie oznacza jeszcze jego dalszego wzrostu. Może on bowiem zostać uszkodzony i uschnąć. Dla pędów głównych, składających się z 4 międzywęźli, otrzymano zerową wartość prawdopodobieństwa uschnięcia lub uszkodzenia pędu bocznego, wyrosłego w pierwszym i drugim węźle (ryc. 2A). W trzecim i czwartym węźle prawdopodobieństwo



Ryc. 1.

Prawdopodobieństwo wyrośnięcia pędu bocznego w poszczególnych węzłach pędu głównego

Probability that the side shoot will grow out in individual nodes of the main shoot

A – pęd główny składający się z 4 międzywęzli; B – pęd główny składający się z 7 międzywęzli; C – pęd główny składający się z 10 międzywęzli

A – main shoot consisting of 4 internodes; B – main shoot consisting of 7 internodes; C – main shoot consisting of 10 internodes

to jest dość duże, bo wynosi 0,5. Nieco inaczej kształtuje się prawdopodobieństwo usychania pędów bocznych na pędzie głównym składającym się z 7 węzłów. Wraz z oddalaniem się od wierzchołka pędu głównego następuje najpierw jego wzrost, a następnie zmniejszenie (ryc. 2B). Maksymalna wartość prawdopodobieństwa dotyczy szóstego węzła. Zwiększenie prawdopodobieństwa usychania pędów bocznych wraz z oddalaniem się węzłów od wierzchołka pędu obserwuje się również na pędach głównych, składających się z 10 międzywęzli (ryc. 2C). Dla górnych węzłów prawdopodobieństwo to jest bardzo małe lub wynosi zero i wzrasta do 0,5 dla 8 i 9 węzła.

Ustalono prawdopodobieństwo pozostania pąka pachwinowego w uśpieniu. Wzrasta ono generalnie wraz z oddalaniem się węzła od wierzchołka pędu. Dla pędów głównych składających się z czterech międzywęzli otrzymano zerową wartość prawdopodobieństwa pozostania pąka w stanie uśpienia dla pierwszego węzła (ryc. 3A). Utrzymuje się ono na poziomie 0,5 dla pozostałych węzłów. Pędy składające się z siedmiu międzywęzli, mają zerowe lub bardzo niskie prawdopodobieństwo pozostania pąka w uśpieniu dla czterech górnych węzłów (ryc. 3B). Wyrazny wzrost prawdopodobieństwa następuje dla węzłów znajdujących się u podstawy pędu głównego. Dla najniższego wynosi ono zaś około 0,7. Dla pędów głównych składających się z 10 międzywęzli uzyskano zerowe prawdopodobieństwo pozostania pąka w uśpieniu dla sześciu górnych węzłów (ryc. 3C). Dla węzłów niżej położonych prawdopodobieństwo to wzrasta, by dla położonego przy podstawie pędu osiągnąć wartość 1.

### Model rozwoju ugałęzienia

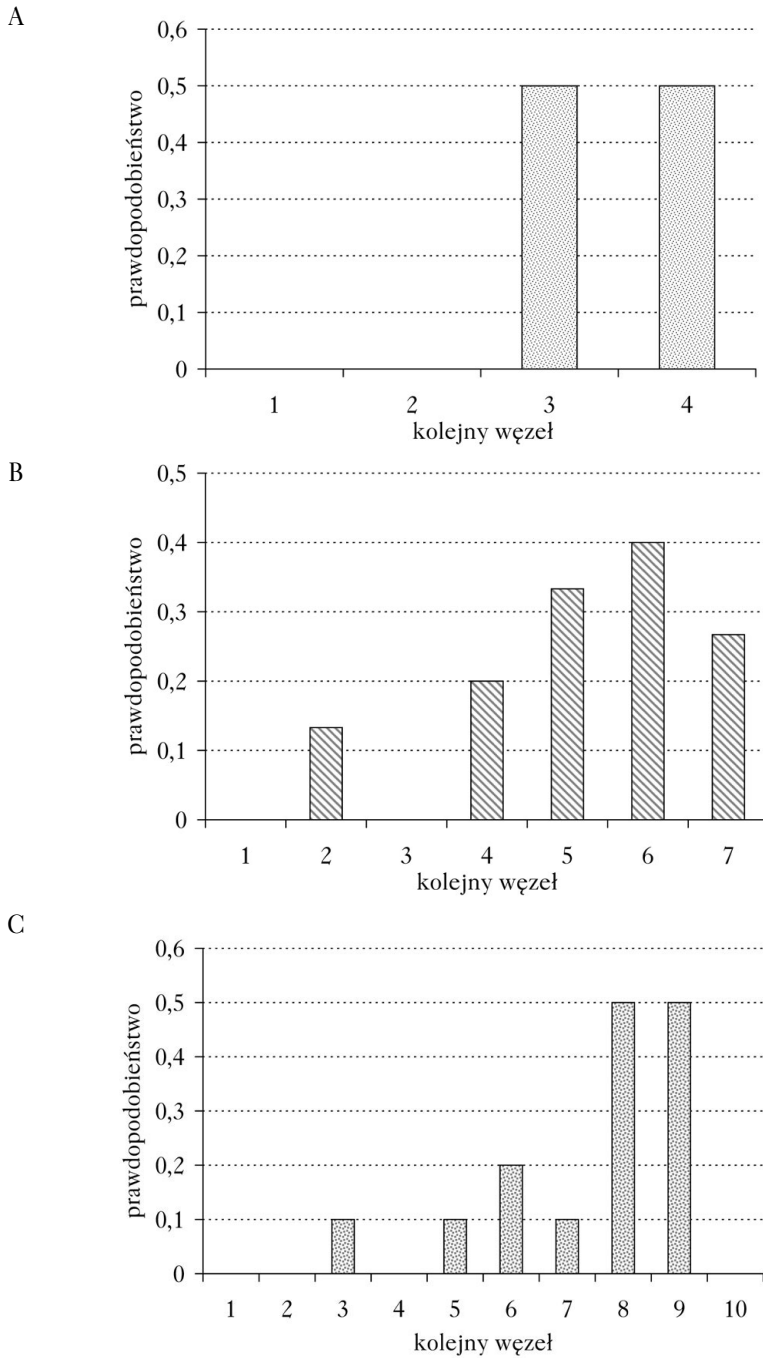
Brzoza charakteryzuje się sympodialnym typem wzrostu [Jentys-Szaferowa 1979, Roloff 2001]. Przedłużenie osi pędu następuje z najwyższego położonego pąka pachwinowego. W okresie dojrzałym z pąka wierzchołkowego wyrasta kwiatostan męski (kotka), który po wypyleniu usycha wraz z pierwszym międzywęzłem (usycha ono również, gdy kotka nie rozwinie się) i po pewnym czasie odpada.

Powstały w sezonie wegetacyjnym pęd główny może mieć różną długość, co związane jest m.in. z wiekiem drzewa. Po kulminacji bieżącego przyrostu wysokości, występującej u brzozy brodawkowatej między 5 a 20 rokiem życia, następuje wolne, jednak systematyczne skracanie pędów. Ich długość zależy zwłaszcza od troficzności i wilgotności siedliska.

Ze spadkiem długości pędu głównego brzozy maleje liczba jego międzywęzli. Średnia długość międzywęzła nie jest jednak stała. Pędy dłuższe mają również średnio dłuższe międzywęzła [Dmyterko, Bruchwald 2005]. Podobne powiązania stwierdzono u dojrzałej olszy czarnej [Dmyterko 2003, 2006].

W węzłach wyrosłego w sezonie wegetacyjnym pędu głównego zawiązują się pąki pachwinowe. U nielicznych dojrzałych brzoź stwierdzono występowanie pędów syleptycznych. Wyrastają one w środkowych węzłach długich pędów głównych.

W drugim sezonie wegetacyjnym występuje najczęściej jedno z dwóch zjawisk: 1) z pąka pachwinowego wyrasta pęd boczny, 2) pąk pachwinowy pozostaje w stanie uśpienia. U zdecydowanej większości drzew, jako śpiące pozostają pąki, wyrosłe w dolnych węzłach pędu głównego. W uśpieniu mogą również pozostać pąki położone w wyższych węzłach. Dla brzozy problem ten można ująć twierdzeniem: prawdopodobieństwo pozostania pąka w stanie uśpienia jest tym większe, im niżej położony jest węzeł, w którym znajduje się pąk. Aktualne jest także twierdzenie, że prawdopodobieństwo wyrosnięcia pędu bocznego jest tym większe, im wyżej usytuowany jest na pędzie głównym węzeł, z którego pęd ten może wyrosnąć. Pąki śpiące brzozy żyją stosunkowo krótko, dlatego nie wytwarza ona na ogół korony wtórnej. Bardzo szybko

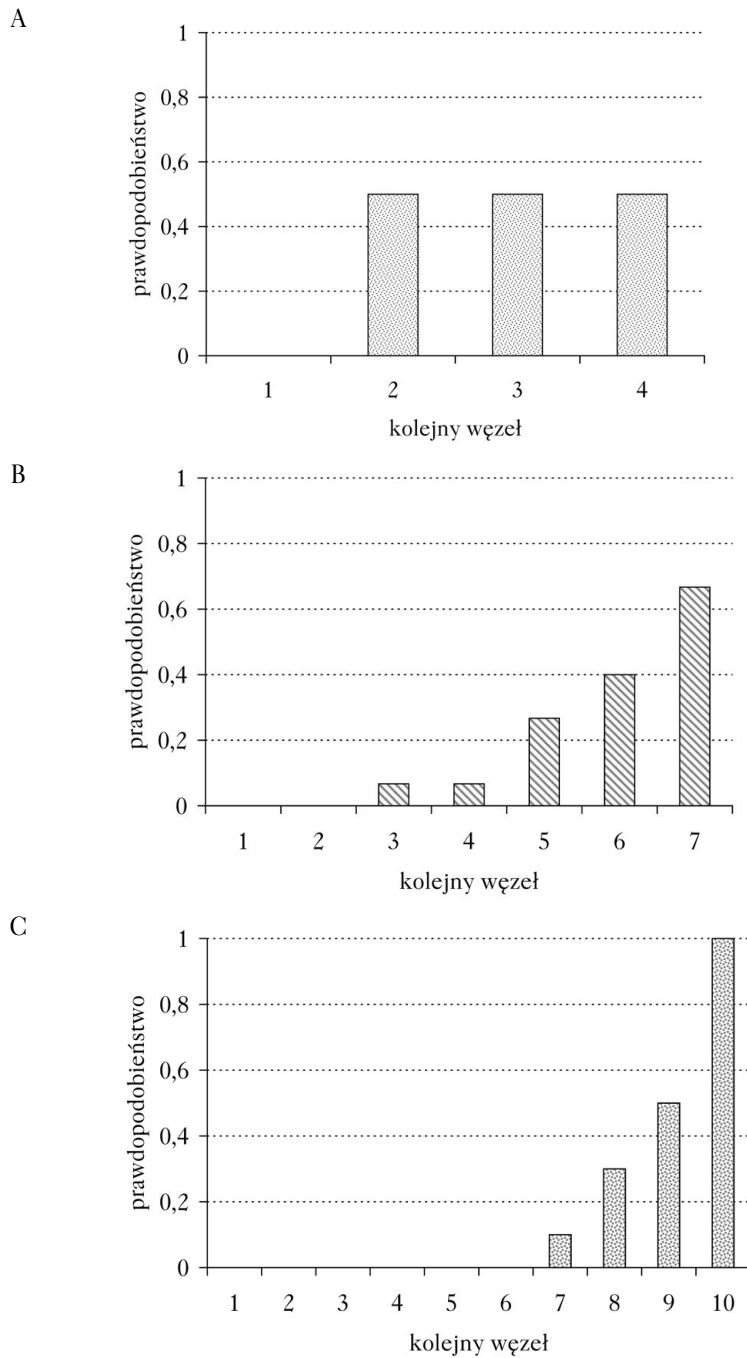


Ryc. 2.

Prawdopodobieństwo uschnięcia pędu bocznego lub pąka w poszczególnych węzłach pędu głównego  
 Probability that the side shoot or the bud will dry off in individual nodes of the main shoot

A – pęd główny składający się z 4 międzywęzli; B – pęd główny składający się z 7 międzywęzli; C – pęd główny składający się z 10 międzywęzli

A – main shoot consisting of 4 internodes; B – main shoot consisting of 7 internodes; C – main shoot consisting of 10 internodes



Ryc. 3.

Prawdopodobieństwo pozostania pąka pachwinowego w stanie uśpienia

Probability that the axillary bud will remain dormant

A – pęd główny składający się z 4 międzywęźli; B – pęd główny składający się z 7 międzywęźli; C – pęd główny składający się z 10 międzywęźli

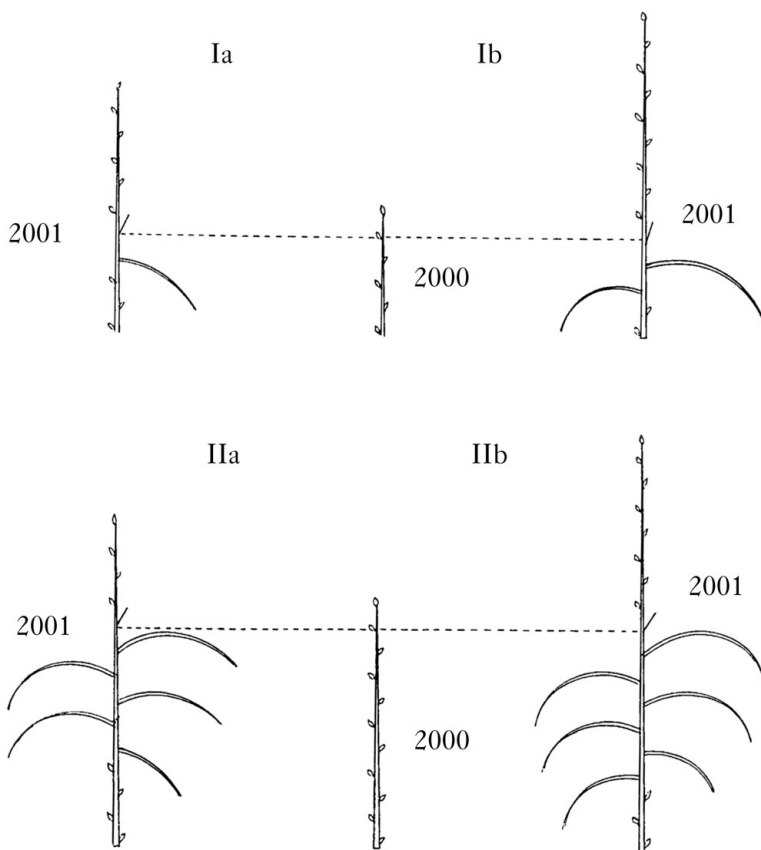
A – main shoot consisting of 4 internodes; B – main shoot consisting of 7 internodes; C – main shoot consisting of 10 internodes

przebiegający proces obumierania pąków, wyrosłych u podstawy pędu głównego, stwierdzono także u młodych brzoź [Bruchwald, Dmyterko 2001].

Pęd boczny prawie zawsze wyrasta w najwyższej położonym węźle, a rzadko proces ten nie zachodzi na pędach krótkich. Pęd boczny nie wyrasta także, gdy pąk zostaje uszkodzony lub uschnie.

Na rocznym pędzie głównym brzozy brodawkowatej znajdują się w zasadzie tylko pąki pachwinowe, o zróżnicowanej liczbie na różnych pędach (ryc. 4). Rozwój ugałęzienia ilustruje przykład pędu głównego wyrosłego w sezonie 2000, na którym znajduje się pąk szczytowy i 5 pąków pachwinowych (ryc. 4-I) oraz pęd z pąkiem szczytowym i 10 pąkami pachwinowymi (ryc. 4-II).

Gdy roczny pęd główny jest krótki, a więc posiada mało pąków pachwinowych, wówczas w kolejnym sezonie wegetacyjnym może wyrosnąć pęd o różnej długości. Prześladowano dwa przypadki:



Ryc. 4.

Model ugałęzienia rocznego i dwuletniego pędu dojrzałej brzozy brodawkowatej: I – roczny pęd z 5 pąkami (2000 r.) i dwie możliwości jego rozwoju w roku następnym; II – roczny pęd z 10 pąkami (2000 r.) i dwie możliwości jego rozwoju w roku następnym

Model of the branching of the one- and two-year shoot of the mature silver fir: I – one-year shoot with 5 buds (2000 r.) and two possibilities of its development in the following year; II – one-year shoot with 10 buds (2000 r.) and two possibilities of its development in the following year

- 1) z pąków pachwinowych – poza pierwszym, z którego następuje przedłużenie osi pędu głównego i poza położonym najniżej, pozostającym w uspieniu – wyrastają pędy boczne. Ich liczba jest niewielka, a nowo wyrosnięty pęd główny jest krótki (sezon 2001) i posiada niewiele pąków pachwinowych (ryc. 4-Ia),
- 2) z pąków pachwinowych – poza pierwszym i położonym najniżej – wyrastają pędy boczne. Ich liczba jest mała, a nowo powstały pęd główny dość długi i ma także dość dużo pąków pachwinowych (ryc. 4-Ib).

Gdy roczny pęd główny jest długi, a więc posiada dużo pąków pachwinowych, wówczas w kolejnym sezonie wegetacyjnym może wyrosnąć zarówno długi, jak i krótki pęd główny. Opisano dwa skrajne przypadki:

- 1) z pąków pachwinowych – poza pierwszym, z którego następuje przedłużenie osi pędu głównego i poza położonymi najniżej, pozostającymi w uspieniu – wyrastają pędy boczne. Ich liczba jest dość duża, a nowo wyrosnięty pęd główny jest krótki i posiada mało pąków pachwinowych (ryc. 4-IIa),
- 2) z pąków pachwinowych – poza pierwszym i położonymi najniżej – wyrastają pędy boczne. Ich liczba jest dość duża, a nowo wyrosnięty pęd główny jest długi, z dużą ilością pąków pachwinowych, jednak bez pędów syleptycznych (ryc. 4-IIb).

Na starszych pędach głównych zachodzi proces wzrostu pędów bocznych oraz proces ich usychania. Drugi z procesów powiązany jest z czasem i usytuowaniem pędów. Z upływem lat wzrasta prawdopodobieństwo uschnięcia pędu bocznego. Jest ono również tym większe, im niżej pęd boczny położony jest na pędzie głównym. Pędy boczne, znajdujące się w najniższych węzłach, usychają więc w pierwszej kolejności, a jako ostatni uschnie pęd boczny, wyrosły z pierwszego węzła. Prawdopodobieństwo jego śmierci będzie zatem stosunkowo małe, jednak wzrastające z upływem lat.

Drzewo do budowy korony wykorzystuje tylko nieliczne pędy boczne. Na pędzie głównym z wielu pędów bocznych często pozostaje jeden, wyrosły w górnym węzle, który niekiedy również usycha. Z upływem lat zachodzi bowiem proces oczyszczania się pnia z gałęzi, a także proces oczyszczania się gałęzi niższych rzędów z gałęzi rzędów wyższych.

Dwa procesy decydują zatem o życiu rośliny: wyrastanie nowych pędów i usychanie już istniejących. Gdy pierwszy proces przeważa nad drugim, wówczas roślina ma dużą szansę dalszego, wieloletniego wzrostu. Dominacja drugiego procesu powoduje obniżenie vitalności rośliny, a następnie jej śmierć.

## Wnioski

- ✦ Dla poszczególnych węzłów pędu głównego stwierdzono zróżnicowane prawdopodobieństwo wyrosnięcia pędu bocznego. Największe dotyczy najwyższego położonego węzła, najmniejsze zaś węzła położonego najniżej. Prawdopodobieństwo to powiązane jest z długością pędu głównego, a więc i liczbą jego międzywęzli. Dla pędów głównych o średniej lub większej liczbie międzywęzli prawdopodobieństwo to dla górnych węzłów jest bliskie lub równe jedności, natomiast dla węzłów dolnych bliskie zeru.
- ✦ Od liczby międzywęzli pędu głównego zależy prawdopodobieństwo uschnięcia lub uszkodzenia pędu bocznego. Największa jego wartość dotyczy pędów w dolnych węzłach, jednak nie najniżej położonego.
- ✦ Prawdopodobieństwo pozostania pąka pachwinowego w uspieniu wzrasta wraz z oddalaniem się węzła od wierzchołka pędu, a jego największa wartość dotyczy najniżej położonego węzła.



✦ Uzyskane wyniki badań pozwoliły na opracowanie modelu rozwoju ugałęzienia dojrzałej brzozy brodawkowatej. Jego szczegółowy opis dotyczy rocznego i dwuletniego pędu głównego. Zrealizowany został więc kolejny etap programu badań, którego celem jest opracowanie kryteriów i metod oceny uszkodzenia charakteryzowanego gatunku drzewa.

## Literatura

- Bruchwald A. 2002. Wzrost wysokości brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). Sylwan 6: 5-11.
- Bruchwald A., Dmyterko E. 2001. Rozwój ugałęzienia w koronie młodej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). Sylwan 12: 19-27.
- Bruchwald A., Rymer-Dudzińska T., Dudek A., Michalak K., Wróblewski L., Zasada M., Tomusiak R. 2001. Model wzrostu dla drzewostanów brzozowych. Zakład Dendrometrii i Produkcyjności Lasu SGGW, Warszawa (maszynopis).
- Dmyterko E. 2003. Charakterystyka pędu głównego dojrzałej olszy czarnej (*Alnus glutinosa* L. Gaertn.). Sylwan 8: 11-18.
- Dmyterko E. 2006. Cechy korony jako podstawa metody określania uszkodzenia drzewostanów olszy czarnej [*Alnus glutinosa* (L.) Gaertn.]. Rozprawy i monografie. Inst. Bad. Leś., 5, Warszawa.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2000a. Rozwój korony brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). Sylwan 1: 11-17.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2000b. Reakcja przyrostowa brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.) rosnącej na terenie Nadleśnictwa Olkusz. Sylwan 6: 15-25.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2002. Metody określania uszkodzenia drzewostanów liściastych. W: Siwecki R. [red.]. Reakcje biologiczne drzew na zanieczyszczenia przemysłowe. IV Krajowe Symp. Kórnik – Poznań, 29.05.-1.06. 2001, Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań: 475-484.
- Dmyterko E., Bruchwald A. 2005. Charakterystyka pędu głównego dojrzałej brzozy brodawkowatej (*Betula pendula* Roth.). Sylwan 8: 3-19.
- Jentys-Szaferowa J. 1979. Morfologia, systematyka i zmienność. W: Białobok S. [red.]. Brzozy *Betula* L. Nasze drzewa leśne T. 7, Polska Akademia Nauk – Instytut Dendrologii. PWN, Warszawa – Poznań.
- Roloff A. 2001. Baumkronen. Verständnis und praktische Bedeutung eines komplexen Naturphänomens. Verlag Eugen Ulmer GmbH & Co, Stuttgart.

## SUMMARY

### Model of the development of branching in the crown of the mature silver birch (*Betula pendula* Roth.)

The study objective was to elaborate the model of the development of branching for silver birch. Answers for the following questions were necessary: (1) from which of the axillary buds on the main shoot the side shoots will grow out, (2) which of the side shoots have the greatest survival chance, and (3) which of the axillary buds will remain dormant.

The research was carried out on empirical material collected in 24 silver birch stands located in Srokowo Forest District (Olsztyn Directorate) in northern Poland. The stands consisted only of birch and majority of them was of natural origin from seeding of the wastelands adjoining the forest. Age of the stands ranged from 32 to 60 years, average dbh – from 13,8 to 33,6 cm, average height – from 17,0 to 31,7 m and the stocking coefficient varied from 0,3 to 0,8. Detailed measurements and observations were carried out on 48 cut sample trees.

The greatest probability of the side shoot growth concerns the highest located nod, in turn the smallest – the lowest of nodes. The probability of the side shoot formation is related to the length of the main shoot and hence to the number of its internodes. This feature also affects the probability of the drying-off or damage to the side shoot. For shoots consisting of 7 internodes, the greatest probability concerns the sixth nod, and for the shoots of larger number of internodes (10) – the eighth and ninth ones. The probability of the fact that axillary bud will stay dormant was determined as well. It is greater with the longer distance from the top.

Obtained results enabled to work out model of the development of branching for silver birch. Its detailed description considers one- and two-year main shoot. Another step that leads to the determination of the criteria and method of the assessment of the damage to the given tree species was realized.