

Modelowanie rozkładów żerowisk jodłowca kolcozębnego *Pityokteines spinidens* Reitt. na wiatrowałach jodły *Abies alba* Mill.

Rafał Podlaski

Abstrakt. Celem pracy jest wyróżnienie jednorodnych grup rozkładów żerowisk jodłowca kolcozębnego *Pityokteines spinidens* Reitt. oraz ocena przydatności pojedynczego rozkładu gamma i mieszanego modelu, złożonego z dwóch lub trzech rozkładów składowych gamma, do modelowania rzeczywistych rozkładów jodłowca kolcozębnego na wiatrowałach jodły *Abies alba* Mill. Badania przeprowadzono w zbliżonych do naturalnych lasach z udziałem jodły, rosnących w Świętokrzyskim Parku Narodowym, w centralnej Polsce. Łącznie wykorzystano 56 wiatrowałów jodłowych. Analiza skupień pozwoliła na identyfikację sześciu jednorodnych grup rozkładów żerowisk jodłowca kolcozębnego. Badany gatunek zasiedlał różne części wiatrowałów; analizowane rozkłady różniły się znacznie pod względem symetryczności, spłaszczenia, liczby lokalnych maksimów i losowej, lokalnej regularności. Badania potwierdziły przydatność i wszechstronność modelu gamma, pojedynczego oraz mieszanego, złożonego z dwóch lub trzech komponentów; zastosowane modele gamma mogą być wykorzystane do modelowania rozkładów żerowisk jodłowca kolcozębnego na wiatrowałach jodły.

Słowa kluczowe: *Pityokteines spinidens*, *Abies alba*, rozkłady żerowisk, rozkład gamma, modele mieszane

Abstract. Modelling of *Pityokteines spinidens* Reitt. egg galleries distributions on silver fir *Abies alba* Mill. windfalls. The objectives of the study are to identify homogeneous groups of *Pityokteines spinidens* Reitt. egg galleries distributions as well as to assess the usefulness of the single gamma distribution and the mixtures consisting of two or three gamma distributions for modelling the empirical *P. spinidens* distributions on silver fir *Abies alba* Mill. windfalls. The study was conducted in near-natural forests with *A. alba* growing in the Świętokrzyski National Park in central Poland. In total, 56 *A. alba* windfalls were analysed. The hierarchical cluster analysis identified six *P. spinidens* egg galleries distributions clusters having similar structures. The examined species have infested various parts of the windfalls; the analysed distributions varied considerably in terms of symmetry, flattening, numbers of the local maxima and random, local irregularity. The analysis revealed high suitability and versatility of gamma distribution both as single form as well as two- and three-component mixture; used gamma models can be employed for modelling *P. spinidens* egg galleries distributions on *A. alba* windfalls.

Key words: *Pityokteines spinidens*, *Abies alba*, distributions of egg galleries, gamma distribution, mixture models

Wstęp

Jodłowiec kolcozębny *Pityokteines spinidens* Reitt. jest gatunkiem charakteryzującym się przebiegiem rozwoju podobnym do jodłowca krzywozębnego *Pityokteines curvidens* Germ. Zasadla głównie jodłę *Abies alba* Mill. Komorę godową wygryza w bielu. Chodniki macierzyste (od 3. do 8.) mają układ gwiazdzisty, raczej poprzeczny, ich długość na ogół nie przekracza 10 cm (Szujcecki 1995). W Polsce największe szkody jodłowiec kolcozębny wyrządził w Górach Świętokrzyskich, zwłaszcza po gradacjach zwójek jodłowych. Atakuje przede wszystkim drzewa osłabione, wiatrowały, tyłce po złomach (Michalski i Ratajczak 1989). Pomimo lokalnie dużego znaczenia gospodarczego ten gatunek kornika nie był obiektem szczegółowych badań (np. Capecki 1982, Mokrzycki 1996, Wojdan 2007).

W naukach leśnych, w wielu przypadkach istnieje konieczność badania układów przyrodniczych w zakresie praktycznie niemożliwym do zrealizowania z powodu m. in. ograniczeń ochronnych i/lub ekonomicznych. W tej sytuacji należy prowadzić dodatkowe badania symulacyjne na różnego rodzaju modelach. Dokonując symulacji możemy zwiększać liczebności zbiorów danych wykorzystywanych do walidacji modeli oraz uwzględniać różne zakresy badanych czynników. Symulacje rozkładów jodłowca kolcozębnego na wiatrowałach jodły są przydatne np. podczas konstruowania modeli pozwalających na ocenę całkowitej gęstości zasiedlenia wiatrowałów jodłowych przez jodłowca na podstawie zależności między liczbą żerowisk na wybranych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia. Tego typu modele mogą być wykorzystane m. in. do monitoringu liczebności populacji jodłowca w lasach gospodarczych i na terenach objętych różnymi formami ochrony.

Celem pracy jest wyróżnienie jednorodnych grup rozkładów żerowisk jodłowca kolcozębnego oraz ocena przydatności pojedynczego rozkładu gamma i mieszanego modelu, złożonego z dwóch lub trzech rozkładów składowych gamma, do modelowania rzeczywistych rozkładów jodłowca kolcozębnego na wiatrowałach jodły. Analizowano następujące hipotezy badawcze:

1. Jodłowiec kolcozębny zasadla głównie górną część wiatrowałów jodły.
2. Rozkład gamma (pojedynczy i mieszany złożony z dwóch lub trzech rozkładów składowych) jest przydatny do modelowania rzeczywistych rozkładów jodłowca kolcozębnego na wiatrowałach jodły.

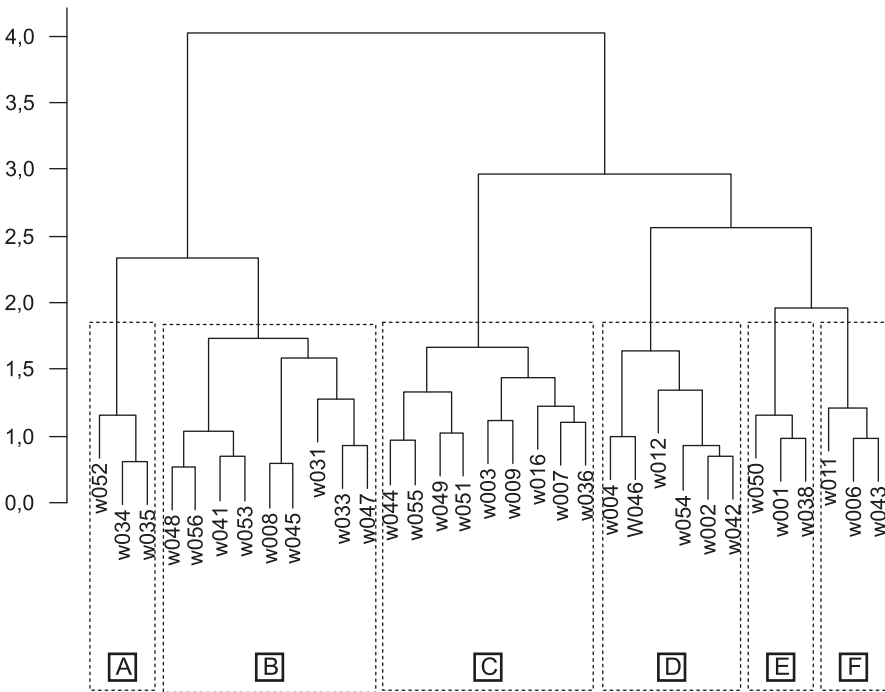
Materiał i metody

Badania przeprowadzono w Świętokrzyskim Parku Narodowym (50°50'–50°53'N i 21°01'–21°05'E), w strefie ochrony ścisłej, w drzewostanach z dominującym udziałem jodły. Wiatrowały jodły (łącznie 56 sztuk) w wieku 70–90 lat wybrano losowo, przy pomocy metody reprezentacyjnej, w ciągu 9 lat. Liczbę żerowisk jodłowca kolcozębnego w 5% sekcjach długości strzały obliczono zdejmując płyty kory z kolejnych sekcji pni. W celu wyodrębnienia jednorodnych grup rozkładów żerowisk jodłowca zastosowano analizę skupień (podobieństwa oceniono stosując miarę Jaccarda, a elementy grupowano przy pomocy metody minimalnej wariancji Warda). Uwzględniono 20 zmiennych, były to liczby żerowisk stwierdzone w 5% sekcjach długości strzały. Do modelowania rzeczywistych rozkładów jodłowca na wiatrowałach jodły zastosowano rozkład gamma, pojedynczy i mieszany złożony z dwóch lub trzech rozkładów składowych (Podlaski 2011a, b). Podczas modelowania rzeczywistych rozkładów jodłowca, parametry odpowiednich rozkładów obliczono przy pomocy metody największej wiarygodności (MLE), wykorzystując do znalezienia ekstremum funkcji wiarygodności algo-

rytm EM, połączony z metodą Newtona (McLachlan i Krishnan 2008, Podlaski i Roesch 2014). Do oceny zgodności dopasowania badanych rozkładów teoretycznych do rozkładów rzeczywistych zastosowano test chi-kwadrat. Wszystkie obliczenia przeprowadzono w środowisku R (m. in. wykorzystano pakiet *mixdist*; Macdonald i Du 2012).

Wyniki i dyskusja

Wyróżniono 6 jednorodnych grup rozkładów żerowisk jodłowca kolcozębnego różniących się między sobą (1) położeniem (rozkłady z największą liczbą jodłowców w dolnej, środkowej i górnej części wiatrowałów), (2) symetrycznością (rozkłady asymetryczne prawo- i lewostronnie), (3) spłaszczeniem (rozkłady spłaszczone i wysmukłe), (4) liczbą lokalnych maksimum (rozkłady jedno-, dwu- i trymodalne), (5) losową, lokalną nieregularnością (różnicami w wielkości zasiedlenia sąsiednich sekcji) (rozkłady regularne, słabo nieregularne i silnie nieregularne) (ryc. 1).

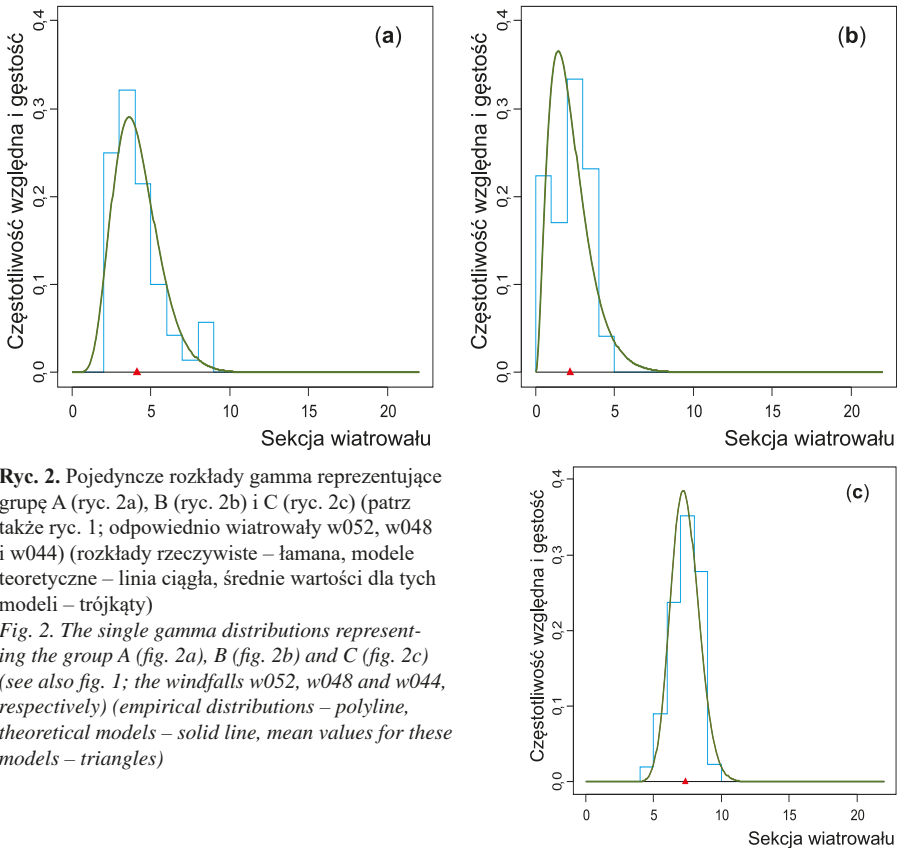


Ryc. 1. Grupowanie rozkładów żerowisk jodłowca kolcozębnego *P. spinidens* na wiatrowałach jodły *A. alba* metodą analizy skupień (miara Jaccarda, aglomeracja metodą minimalnej wariancji Warda) (litera „w” i trzy cyfry to kody wiatrowałów; litery w kwadratach oznaczają jednorodne grupy rozkładów)

Fig. 1. Classification of P. spinidens egg galleries distributions on silver fir A. alba windfalls according to hierarchical cluster analysis (Jaccard's measure and the Ward's minimum variance agglomeration) (a 'w' letter and three digits are codes of windfalls; letters in squares mean homogeneous groups of distributions)

Stosując analizę skupień wyselekcjonowano następujące jednorodne grupy rozkładów zerowisk jodłowca kolcozębnego (ryc. 1, 2, 3, 4):

- grupa A – owady zasiedlają sekcje od 3. do 10. (15-50% długości strzały), są to rozkłady lekko asymetryczne dodatnio, średnio spłaszczone, jednomodalne i regularne;
- grupa B – owady zasiedlają sekcje od 1. do 5. (0-25% długości strzały), są to rozkłady średnio asymetryczne dodatnio, słabo i średnio spłaszczone, jednomodalne i regularne;
- grupa C – owady zasiedlają sekcje od 2. do 13. (10-65% długości strzały), są to rozkłady lekko asymetryczne dodatnio, średnio i silnie spłaszczone, jednomodalne i regularne;
- grupa D – owady zasiedlają sekcje od 1. do 15./20. (0-75/100% długości strzały), są to rozkłady silnie asymetryczne ujemnie lub symetryczne, silnie lub lekko spłaszczone, dwu- i trzymodalne i silnie nieregularne;
- grupa E – owady zasiedlają sekcje od 1. do 20. (0-100% długości strzały), są to rozkłady silnie asymetryczne ujemnie, silnie spłaszczone, trzymodalne i silnie nieregularne;
- grupa F – owady zasiedlają sekcje od 5. do 16. (25-80% długości strzały), są to rozkłady średnio asymetryczne ujemnie, średnio spłaszczone, jednomodalne i słabo nieregularne.



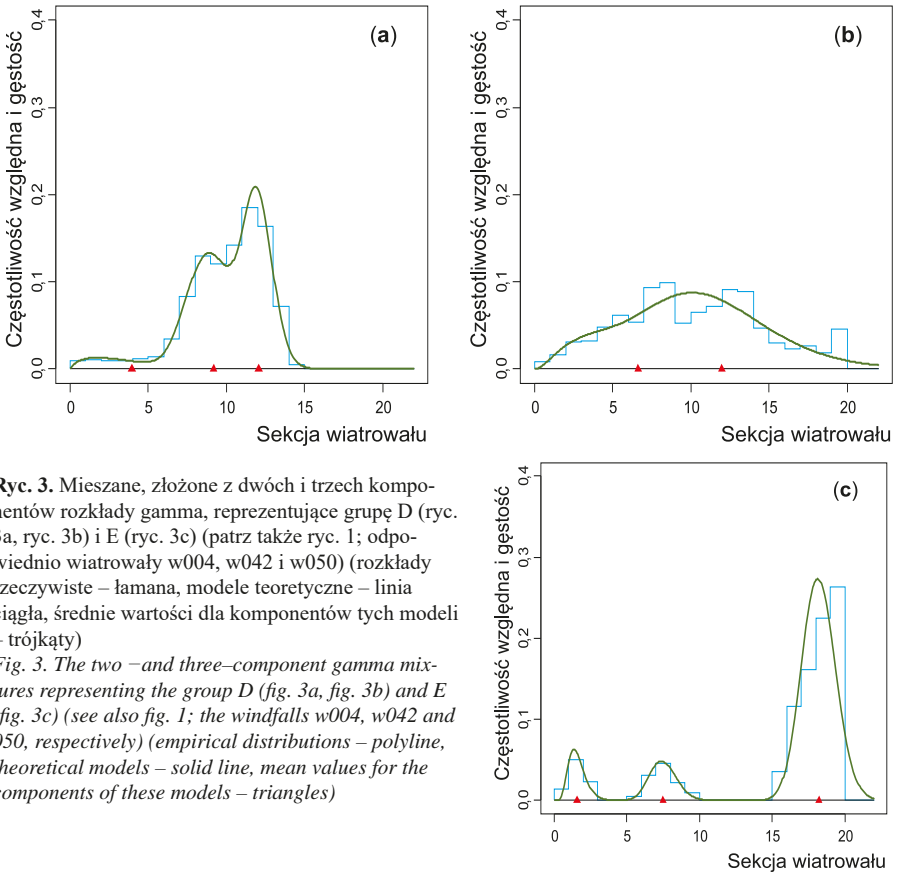
Ryc. 2. Pojedyncze rozkłady gamma reprezentujące grupę A (ryc. 2a), B (ryc. 2b) i C (ryc. 2c) (patrz także ryc. 1; odpowiednio wiatrowały w052, w048 i w044) (rozkłady rzeczywiste – łamana, modele teoretyczne – linia ciągła, średnie wartości dla tych modeli – trójkąty)

Fig. 2. The single gamma distributions representing the group A (fig. 2a), B (fig. 2b) and C (fig. 2c) (see also fig. 1; the windfalls w052, w048 and w044, respectively) (empirical distributions – polyline, theoretical models – solid line, mean values for these models – triangles)

Test zgodności chi-kwadrat wykazał, że rozkład gamma (pojedynczy i mieszany złożony z dwóch lub trzech rozkładów składowych) poprawnie aproksymował empiryczne rozkłady regularne i z różną precyzją wyrównywał empiryczne rozkłady nieregularne.

Przedstawiona praca:

- nie potwierdziła hipotezy o zasiedlaniu przez jodłowca kolcozębnego głównie górnej części wiatrował w jodły oraz
- potwierdziła hipotezę o przydatności rozkładu gamma do modelowania rzeczywistych rozkładów jodłowca kolcozębnego na wiatrowałach jodły.

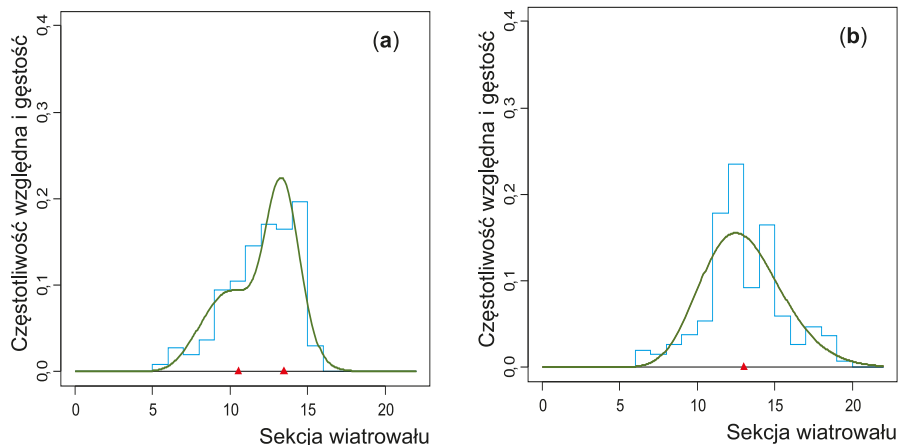


Ryc. 3. Mieszane, złożone z dwóch i trzech komponentów rozkłady gamma, reprezentujące grupę D (ryc. 3a, ryc. 3b) i E (ryc. 3c) (patrz także ryc. 1; odpowiednio wiatrowały w004, w042 i w050) (rozkłady rzeczywiste – lamana, modele teoretyczne – linia ciągła, średnie wartości dla komponentów tych modeli – trójkąty)

Fig. 3. The two – and three – component gamma mixtures representing the group D (fig. 3a, fig. 3b) and E (fig. 3c) (see also fig. 1; the windfalls w004, w042 and 050, respectively) (empirical distributions – polyline, theoretical models – solid line, mean values for the components of these models – triangles)

Dotychczas nie prowadzono badań nad zastosowaniem funkcji gamma do modelowania rozkładów żerowisk korników na pniach drzew. W Europie Centralnej ilościowe analizy populacji korników koncentrowały się na modelach symulujących powstawanie gradacji i oceniających ryzyko zagrożenia drzewostanów (przede wszystkim przez *Ips typographus* L.; np. Grodzki i in. 2003, Fahse i Heurich 2011, Kautz i in. 2011, Kärvelo i in. 2014, Pasztor i in.

2014). Cytowane modele bazowały głównie na zależnościach między różnymi czynnikami siedliskowymi i drzewostanowymi a dynamiką populacji danego gatunku kornika.



Ryc. 4. Rozkłady gamma (mieszany, złożony z dwóch komponentów i pojedynczy; ryc. 4a i ryc. 4b) reprezentujące grupę F (patrz także ryc. 1; odpowiednio wiatrowały w011 i w006) (rozkłady rzeczywiste – łamana, modele teoretyczne – linia ciągła, średnie wartości dla tych modeli – trójkąty)

Fig. 4. The gamma distributions (two-component mixture and single; fig. 4a and fig. 4b) representing the group F (see also fig. 1; the windfalls w011 and 006, respectively) (empirical distributions – polyline, theoretical models – solid line, mean values for these models – triangles)

Wnioski

1. Rozkłady żerowisk jodłowca kolcozębnego na wiatrowałach jodły wykazywały duże zróżnicowanie; badany gatunek zasiedlał różne części wiatrowałów, a analizowane rozkłady różniły się znacznie pod względem symetryczności, spłaszczenia, liczby lokalnych maksimów i losowej, lokalnej regularności.
2. Model gamma (pojedynczy i mieszany złożony z dwóch lub trzech rozkładów składowych) potwierdził swoją uniwersalność, poprawnie aproksymując empiryczne rozkłady regularne i z różną precyzją wyrównując empiryczne rozkłady nieregularne.
3. Prezentowane modele rozkładów mogą być bazą wyjściową podczas konstruowania modeli pozwalających na ocenę całkowitej gęstości zasiedlenia wiatrowałów jodłowych przez jodłowca kolcozębnego na podstawie zależności między liczbą żerowisk na wybranych odcinkach strzały a całkowitą gęstością zasiedlenia.

Literatura

- Capecki Z., 1982: Badania nad szkodnikami wtórnymi jodły i ich zwalczaniu. Pr. IBL. 593:35-42.
 Fahse L., Heurich M., 2011. Simulation and analysis of outbreaks of bark beetle infestations and their management at the stand level. Ecol. Model., 222: 1833-1846.

- Grodzki B. W., Jakus R., Gazda M., 2003. Patterns of bark beetle occurrence in Norway spruce stands of national parks in Tatra Mts. in Poland and Slovakia. *J. Pest Sci.* 76: 78-82.
- Kärvelo S., Van Boeckel T. P., Gilbert M., Grégoire J. C., Schroeder M., 2014. Large-scale risk mapping of an eruptive bark beetle—Importance of forest susceptibility and beetle pressure. *For. Ecol. Manage.* 318: 158-166.
- Kautz M., Dworschak K., Gruppe A., Schopf R., 2011. Quantifying spatio-temporal dispersion of bark beetle infestations in epidemic and non-epidemic conditions. *For. Ecol. Manage.*, 262: 598-608.
- Macdonald P., Du J., 2012. *mixdist: finitemixture distribution models*. R package version 0.5-4. <http://CRAN.R-project.org/package=mixdist>
- McLachlan G. J., Krishnan T., 2008. *The EM algorithm and extensions*. Wiley, Hoboken.
- Michalski J., Ratajczak E., 1989. Korniki (*Coleoptera, Scolytidae*) wraz z towarzyszącą im fauną w Górach Świętokrzyskich. *Fragm. Faun.* 32: 279-318.
- Mokrzycki T., 1996: Występowanie kambiofagów i ksylofagów jodły (*Abies alba Mill.*). W: Skrobacka H. (red.) Porównanie potencjału regulacyjnego szkodników jodły w różnych regionach Polski. Katedra Ochrony Lasu i Ekologii SGGW, Warszawa: 14-20.
- Pasztor F., Matulla C., Rammer W., Lexer M. J., 2014. Drivers of the bark beetle disturbance regime in Alpine forests in Austria. *For. Ecol. Manage.* 318: 349-358.
- Podlaski R., 2011a. Modelowanie rozkładów pierśnic drzew z wykorzystaniem rozkładów mieszanych. I. Rozkłady mieszane: definicja, charakterystyka, estymacja parametrów. *Sylwan*, 155: 244-252.
- Podlaski R., 2011b. Modelowanie rozkładów pierśnic drzew z wykorzystaniem rozkładów mieszanych. II. Aproksymacja rozkładów pierśnic w lasach wielopiętrowych. *Sylwan* 155: 293-300.
- Podlaski R., Roesch F. A., 2014. Modelling diameter distributions of two-cohort forest stands with various proportions of dominant species: a two-component mixture model approach. *Math. Biosci.* 249: 60-74.
- Szujewski A. 1995. *Entomologia leśna*. Tom I i II. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Wojdan D., 2007. Występowanie korników (*Coleoptera: Curculionidae: Scolytinae*) żerujących na jodle (*Abies alba Mill.*) w Świętokrzyskim Parku Narodowym. *Wiad. Entomol.* 26: 79-86.

Rafał Podlaski

Zakład Ochrony Przyrody i Fizjologii Roślin,
Uniwersytet Jana Kochanowskiego;
r_podlaski@pro.onet.pl