

MARZENA NIEMCZYK

## Ryzyko masowego występowania pędraków chrabąszczy (*Melolontha* spp.) w strefie ekotonowej drzewostanów dojrzałych na terenie Nadleśnictwa Lubaczów

Risk of the mass occurrence of cockchafer (*Melolontha* spp.) grubs in the ecotone of mature stands in Lubaczów Forest District

### ABSTRACT

Niemczyk M. 2015. Ryzyko masowego występowania pędraków chrabąszczy (*Melolontha* spp.) w strefie ekotonowej drzewostanów dojrzałych na terenie Nadleśnictwa Lubaczów. Sylwan 159 (4): 326-335.

This study evaluated the environmental risk drivers affecting the occurrence of cockchafer grubs in mature stands bordering with open spaces. The following factors were taken into the consideration: the distance from the edge towards the forest interior, the forest site type, species composition, canopy openness and the cover of forest floor with vegetation as well as cutting treatment in some of the investigated stands.

In one of the biggest cockchafer outbreak centers in Poland (Lubaczów Forest District; SE Poland) 6 mature stands were chosen and established 5 transects in each of them. Each transect was 250 m long and consisted of 6 pits (1×0.5×0.5 m) in a regular distance of 50 m with the first pit on an open space bordering with forest. Pits were used to determine the grub infestation of the soil. In the area of 100 m<sup>2</sup> around the pit, the general vegetation cover and tree species composition of a stand were characterized. The forest light environment was defined by hemispherical photography. The distance in transect and the fact that stand was harvested were also taken into consideration. The applied logistic regression model demonstrated that the site fertility is the most important factor that significantly increases the risk of cockchafer grubs occurrence. The other characteristics that also cause that stand is more attractive for the cockchafer grubs are: participation of the broadleaved species in stand composition and the dense vegetation cover. Furthermore, the cockchafer grubs occurrence was more frequent in the forest interior than in an open space or at the forest-meadow ecotone.

### KEY WORDS

*Melolontha* spp., forest-meadow ecotone, mature stand, logistic regression

### ADDRESSES

Marzena Niemczyk – e-mail: M.Niemczyk@ibles.waw.pl

Zakład Hodowli Lasu i Genetyki Drzew Leśnych, Instytut Badawczy Leśnictwa; Sękocin Stary, ul. Braci Leśnej 3, 05-090 Raszyn

### Wstęp

Chrabąszcz majowy (*Melolontha melolontha* L.) i chrabąszcz kasztanowiec (*Melolontha hippocastani* F.) są obecnie jednymi z najgroźniejszych szkodników owadzi w polskich lasach. Ich cykl rozwojowy trwa 4 lata, rzadziej 3 lub 5. W tym czasie owad przechodzi przeobrażenie zupełne, charakteryzujące się zróżnicowaną budową oraz odmiennym trybem życia poszczególnych stadiów rozwojowych.

Owady doskonale żerują w koronach, powodując defoliację aparatu asymilacyjnego i osłabienie drzew [Szujcecki 1995]. Larwy (tzw. pędraki), będące znacznie groźniejszymi dla gospodarki leśnej szkodnikami, uszkadzają korzenie siewek, sadzonek i drzew [Sierpiński 1975; Śliwa 1993].

Do głównych ognisk gradacyjnych chrabąszczowatych w kraju należą nadleśnictwa zlokalizowane w środkowej (RDLP Łódź) i południowo-wschodniej Polsce (RDLP Lublin, Radom, Krosno), chociaż problem masowego występowania tych szkodników dotyczy w mniejszej lub większej skali niemal całego kraju. Obecnie możliwość stosowania chemicznych środków ochrony roślin jest ograniczona, stąd liczebność tych szkodników gwałtownie się zwiększa. W ciągu ostatnich 20 lat powierzchnia masowego występowania chrabąszczy wzrosła o 100% do 35 728 ha w roku 2010 [Leśnictwo 2012]. W związku z tym rośnie liczba badań nad nowymi metodami ograniczania liczebności omawianych szkodników [Jackson, Zimmermann 1996; Reineke i in. 1996; Woreta 1997; Zimmermann 1998; Mierzejewska 1999, 2002; Kowalska 2001]. Podstawą takich badań powinno być dobre rozpoznanie warunków ekologicznych w ekosystemach leśnych, aby bardziej świadomie kontrolować przebieg gradacji *Melolontha*, modyfikować środowisko leśne w kierunku niekorzystnym dla chrabąszczy oraz w miarę możliwości wspierać działania ochronne, wykorzystując organizmy antagonistyczne bądź pasożytnicze względem pędraków (grzyby, bakterie i nicienie).

Celem badań jest opracowanie modelu ryzyka masowego występowania pędraków chrabąszczy *M. melolontha* i *M. hippocastani* w drzewostanach dojrzałych, przy uwzględnieniu czynników ekologicznych i taksacyjnych ekosystemów leśnych.

## Materiał i metody

Doświadczenie przeprowadzono jesienią 2012 roku w południowo-wschodniej Polsce, na terenie Nadleśnictwa Lubaczów (50°09'33"N, 23°07'19"E). Średnia roczna temperatura dla terenu nadleśnictwa wynosi 7,2°C. Roczna suma opadów przekracza 720 mm, a okres wegetacji trwa przeciętnie 205-215 dni. Pod względem troficznym dominują siedliska bardzo żyzne i żyzne: lasów i lasów łęgowych (41,98%, 8350,15 ha) oraz lasów mieszanych (44,43%, 8837,90 ha). Bory mieszane zajmują 13,51%, tj. 2687,89 ha powierzchni nadleśnictwa, natomiast bory stanowią niewielki odsetek powierzchni (0,08%, 15,90 ha).

Powierzchnie badawcze wytypowano w sześciu drzewostanach dojrzałych (100 lat i powyżej) w reprezentatywnych dla nadleśnictwa siedliskowych typach lasu: lesie mieszanym świeżym (LMśw), lesie wyżynnym świeżym (Lwyż) i borze mieszanym świeżym (BMśw) (tab. 1). Dwa spośród wylonionych drzewostanów były zagospodarowane rębnią IVd. Użytkowanie rębne przeprowadzono w okresie 2010/2011, przed masową rójką przypadającą na wiosnę 2011 roku. Przy typowaniu drzewostanów brano pod uwagę bezpośrednie sąsiedztwo wybieranej powierzchni z terenem otwartym – nieużytkiem. W każdym z wytypowanych drzewostanów założono po 5 transektów o długości 250 m. Powierzchnie badawcze na transektach lokalizowane były co 50 m. Kierunek transektów ustalany był jako prostopadły do granicy polno-leśnej, a pierwsza powierzchnia badawcza lokalizowana była zawsze w terenie otwartym, tak aby azymut kolejnych prowadził w głąb lasu. Na każdej powierzchni, oprócz kontroli zapędrczenia gleby (doły 1×0,5×0,5 m), wykonano zdjęcie ażurowości drzewostanu. Wykorzystano do tego celu aparat Nikon D5000 z obiektywem typu „rybie oko” Sigma 4,5 mm F2,8 EX DC, umożliwiającym uzyskanie obrazu sklepienia leśnego o kącie widzenia 180°. Zdjęcia hemisferyczne przeanalizowano z wykorzystaniem programu Gap Light Analyzer [Frazer i in. 1999]. Klasyfikacja fotografii hemisferycznej odbywała się na zasadzie rozdzielania pikseli w obrębie matrycy obrazu na część otwartą (niebo) oraz zajęta przez okap drzewostanu [Frazer i in. 1999]. Następnym krokiem w analizie było obliczenie ażurowości jako stosunku sumarycznej powierzchni luk w pułapie

Tabela 1.

Charakterystyka drzewostanów, w których zbierano materiał badawczy  
 Characteristics of the stands, where material was collected

Leśnictwo Forest range	Wydzie- lenie Com- partemnt	Typ gleby Soil type	Skład gatunkowy (wiek [lata]) Species composition (age [years])	TSL	Zwarcie Canopy closure
Werchrata	35b	BRk, pl	100% <i>Pinus sylvestris</i> (100)	LMśw	przerywane scattered
Polanka	98h	PRbr	60% <i>Pinus sylvestris</i> (85) 20% <i>Fagus sylvatica</i> (65) 10% <i>Fagus sylvatica</i> (85) 10% <i>Carpinus betulus</i> (65) 40% <i>Pinus sylvestris</i> (85) 20% <i>Fagus sylvatica</i> (67) 10% <i>Fagus sylvatica</i> (85)	Lwyż	pełne full
Polanka	112a	BRwy	10% <i>Carpinus betulus</i> (67) 10% <i>Acer pseudoplatanus</i> (67) 10% <i>Fagus sylvatica</i> (40)	Lwyż	pełne full
Polanka	116b	RDbr	80% <i>Pinus sylvestris</i> (124) 10% <i>Picea abies</i> (32) 10% <i>Betula pendula</i> (32)	LMśw	pełne full
Wielki Las	187ad	RDw	100% <i>Pinus sylvestris</i> (105)	BMśw	przerywane scattered
Wielki Las	193a	RDw	100% <i>Pinus sylvestris</i> (105)	BMśw	przerywane scattered

\*Lwyż – upland broadleaved forest; LMśw – fresh mixed broadleaved forest; BMśw – fresh mixed coniferous forest; BRk – Dystric Cambisol, PRbr – Calcaric Cambisol Skeletic, BRwy – Epidystric Cambisol, RDbr – Cambic Brunic Arenosol, RDw – Haplic Brunic Arenosol

drzewostanu do ogólnej powierzchni pułapu [Matusz 1960; Frazer i in. 1999]. Ponadto na kołowej powierzchni 100 m<sup>2</sup>, której centrum wyznaczał dół kontrolny, przeprowadzono obserwacje florystyczne, określano procent pokrycia gleby, a także zliczono drzewa górnej warstwy drzewostanu (powyżej 7 cm).

We wstępnej analizie zgromadzonego materiału statystycznego wykonano tabele frekwencji i test niezależności  $\chi^2$ . Pozwolił on próbnie oszacować trafność doboru zmiennych do modelu i określić powiązania pomiędzy poszczególnymi zmiennymi niezależnymi a zmienną zależną. Najpierw jednak liczbę pędraków w dołach kontrolnych przeskalowano na zmienną dychotomiczną. Z uwagi na fakt, iż była to jednorodna populacja chrabąszczy w stadium larwalnym L<sub>2</sub> (larwa dwuletnia), a wszystkie badania przeprowadzono na siedliskach BMśw i mocniejszych, założono zgodnie z Instrukcją ochrony lasu, że wartość „0” (w nowej skali) przyjmować będą wszystkie liczebności pędraków w dole kontrolnym od 0 do 3, a „1” – liczebności pędraków w dołach kontrolnych równe 4 i więcej (a więc wskazujące na konieczność ograniczania liczebności populacji szkodników, z uwagi na szkody gospodarcze). Do ostatecznej analizy zmiennych zastosowano model klasyfikacyjny z rozkładem dwumianowym i logitową funkcją wiążącą (z uwagi na możliwość ujęcia w analizie wpływu zmiennych o charakterze ilościowym i jakościowym na zmienną objaśnianą o charakterze jakościowym). Budowę modelu oparto o metodę krokową wsteczną, która w pierwszym etapie pozwala na wprowadzenie wszystkich rozpatrywanych zmiennych objaśniających, aby w końcowym kroku wyeliminować te zmienne, które nie poprawiają

jakości oceny parametrów modelu. Zmienne objaśniające użyte w modelu ostatecznym, tzw. optymalnym, wyznaczone zostały na podstawie statystyki Walda i wartości prawdopodobieństwa dla tej statystyki.

Do oceny dopasowania zastosowanego modelu do zmiennych wykorzystano test Hosmera-Lemeshowa. Weryfikuje on hipotezę zerową, która zakłada, że nie ma różnic pomiędzy obserwowanymi i przewidywanymi (przez model) wartościami zmiennej zależnej [Stanisz 2007]. Ponadto wyznaczono zdolność dyskryminacyjną modelu poprzez sporządzenie krzywej ROC i obliczenie współczynnika AUC (czyli liczbowej miary pola powierzchni pod krzywą ROC). Przy ocenie parametrów modelu obliczono iloraz szans (OR), który jest miarą powiązania między zmiennymi.

Kody macierzy eksperymentu zamieszczono w tabeli 2, przy czym zmienne niezależne: wartość azurowości (%) oraz ogólne pokrycie powierzchni gleby (%) potraktowano jako zmienne ciągłe, natomiast typ siedliskowy lasu, użytkowanie rębne (zmienna dwumianowa – tak lub nie) i odległość w transekcji (0, 50, 100, 150, 200, 250 m) zostały przypisane do predyktorów jakościowych.

Logistyczny model regresji określono równaniem:

$$P(Y = 1 | x_1, x_2, \dots, x_k) = \frac{e^{a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i}}{1 + e^{a_0 + \sum_{i=1}^k a_i x_i}}$$

gdzie:

$a_p$  ( $i=0, \dots, k$ ) – współczynnik regresji,

$x_1, x_2, \dots, x_k$  – zmienne niezależne (ilościowe lub jakościowe).

## Wyniki

Na podstawie testu  $\chi^2$  stwierdzono zależność między żerami pędraków a TSL, odległością w transekcji czy obecnością drzew liściastych (tab. 3). Otrzymane wyniki potwierdzają słuszność rozważenia przytoczonych zmiennych w modelowaniu ryzyka masowego występowania pędraków chrabąszczy. Opracowany model regresji wyodrębnił cztery spośród sześciu rozpatrywanych zmiennych niezależnych, które w sposób istotny kształtują zagrożenie od pędraków w drzewo-

**Tabela 2.**

Kody macierzy eksperymentu użyte do modelowania za pomocą funkcji logistycznej  
Codes for the experimental matrix used in the log-modeling

Zmienna Variable	Poziom zmiennej Variable level	Względem In relation to
TSL	Lwyż	BMśw
Forest site type	LMśw	BMśw
	0	250
Odległość w transekcji	50	250
Distance in the transect	100	250
	150	250
	200	250
Obecność drzew liściastych	nie	tak
Presence of broadleaved trees	no	yes
Użytkowanie rębne	nie	tak
Timber harvest	no	yes

Tabela 3.

Frekwencja absolutna (n) i względna (%) zmiennych jakościowych w relacji do zagrożenia żerami pędraków (0 – brak zagrożenia; 1 – zagrożenie stwierdzono)

Absolute (n) and relative (%) frequency of quantitative variables in relation to the risk of mass occurrence of cockchafer grubs (0 – no risk; 1 – risk exists)

Zmienna Variable		0		1		$\chi^2$	p
		n	%	n	%		
TSL Forest site type	Lwyż	23	38	37	62	23,8681	0,00001
	LMśw	46	77	14	23		
	BMśw	24	80	6	20		
Odległość w transekcie Distance in the transect	0	22	88	3	12	12,4788	0,02878
	50	17	68	8	32		
	100	16	64	9	36		
	150	14	56	11	44		
	200	11	44	14	56		
	250	13	52	12	48		
Obecność drzew liściastych Presence of broadleaved trees	nie	55	75	18	25	10,7453	0,00105
	no						
	tak	38	49	39	51		
Użytkowanie rębne Timber harvest	yes					0,0755	0,78355
	nie	55	61	35	39		
	no						
	tak	38	63	22	37		
	yes						

stanach dojrzałych. Były to: typ siedliskowy lasu, ogólne pokrycie gleby, obecność drzew liściastych oraz odległość w transekcie (tab. 4). Nieistotne dla modelu okazały się informacje o przepuszczalności koron drzew i użytkowaniu rębnym. Ostatnia zmienna już na etapie wstępnej analizy nie wykazywała współzależności z prognozowanym zagrożeniem, a więc model tylko potwierdził jej słabą siłę dyskryminacyjną.

Dobroć dopasowania finalnego modelu wyniosła 10,369 ( $p=0,24$ ), co oznacza, że zbudowany model jest dobrze dopasowany do danych. Pozwala on poprawnie przewidywać zagrożenie żerem pędraków powyżej znośności gospodarczej szkód w ponad 68% przypadków oraz w 90% brak takiego zagrożenia. Zdolność dyskryminacyjną opracowanego modelu potwierdza przebieg krzywej ROC i wysoka wartość współczynnika  $AUC=0,8428$  (ryc. 1).

Ocena parametrów modelu wykazała (tab. 5), że na istotne zwiększenie liczby pędraków w glebie największy wpływ ma żyzność siedliska. W najżyźniejszym z badanych typów siedliskowych lasu – lesie wyżynnym – prawdopodobieństwo wystąpienia pędraków w liczebnościach powyżej progu znośności gospodarczej jest istotnie wyższe (pięciokrotnie,  $OR=5,3931$ ) niż na siedlisku BMśw (ryc. 2). Kolejnym istotnym czynnikiem jakościowym w prognozowaniu wzmożonego zapędrczenia gleby jest skład gatunkowy drzewostanu. Prawdopodobieństwo wystąpienia pędraków w drzewostanach z udziałem gatunków liściastych wynosi 0,4148. Z obliczonego ilorazu szans wynika, że obecność drzew gatunków wyłącznie iglastych (prawdopodobieństwo wystąpienia pędraków= $1,756$ ) zmniejsza ryzyko wystąpienia pędraków w liczebnościach powyżej progu znośności gospodarczej o połowę. Istotne znaczenie dla występowania pędraków ma również odległość od ściany lasu. Z prognozowanego ryzyka wynika, iż pędraki znacznie rzadziej zasiedlają otwartą przestrzeń niż wewnątrz drzewostanu, przy czym najbardziej preferowaną odległością jest około 200 m od ściany lasu (ryc. 3). Jediną zmienną ilościową mającą

Tabela 4.

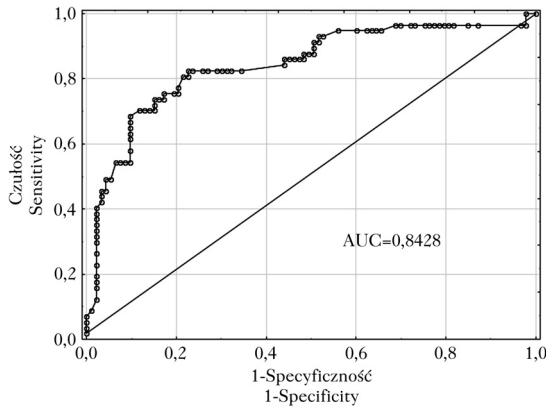
Wyniki modelu budowanego metodą krokową wsteczną z zastosowaniem rozkładu dwumianowego i funkcji wiążącej logit

The results of the model constructed by the method of stepwise regression using the binominal distribution and logit function

Efekt Effect	Stopnie swobody Degrees of freedom	Walda	p	S. pkt	p	War. – Stan
Krok 1 Step 1						
TSL Forest site type	2	26,7221	0,0000			+
Odległość w transekcie Distance in the transect	5	8,5099	0,1303			+
Obecność drzew liściastych Presence of broadleaved trees	1	4,9778	0,0257			+
Użytkowanie rębne Timber harvest	1	1,8807	0,1703			+
Wartość ażurowości [%] Canopy openness	1	0,6063	0,4362			–
Ogólne pokrycie gleby [%] Ground cover	1	10,7716	0,0010			+
Krok 2 Step 2						
TSL Forest site type	2	26,7281	0,0000			+
Odległość w transekcie Distance in the transect	5	11,4597	0,0430			+
Obecność drzew liściastych Presence of broadleaved trees	1	4,4191	0,0355			+
Użytkowanie rębne Timber harvest	1	1,8809	0,1702			–
Ogólne pokrycie gleby [%] Ground cover	1	11,7833	0,0006			+
Wartość ażurowości [%] Canopy openness	1			0,6096	0,4349	0
Krok 3 Step 3						
TSL Forest site type	2	26,5685	0,0000			+
Odległość w transekcie Distance in the transect	5	11,2466	0,0467			+
Obecność drzew liściastych Presence of broadleaved trees	1	5,1243	0,0236			+
Ogólne pokrycie gleby [%] Ground cover	1	11,6570	0,0006			+
Użytkowanie rębne Timber harvest	1			1,9138	0,1665	0
Wartość ażurowości [%] Canopy openness	1			0,6047	0,4368	0

+ włączone do modelu, – usunięte z modelu, 0 – poza modelem

+ included in the model, – removed from the model, 0 – outside the model



**Ryc. 1.**  
Zdolność dyskryminacyjna modelu optymalnego  
Discrimination capacity of the optimal model

**Tabela 5.**

Ocena parametrów modelu optymalnego  
Evaluation of the optimal model parameters

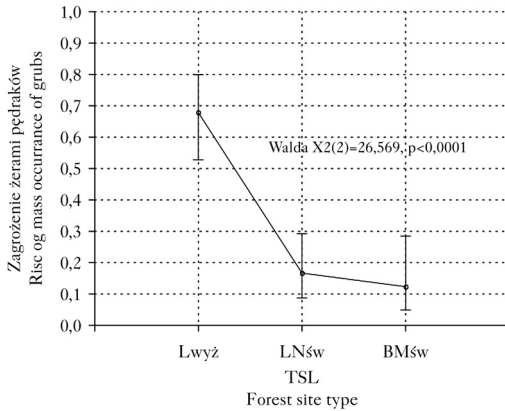
Zmienna Variable		Ocena Score	SE	Walda	-95%	+95%	p	Iloraz szans Odds ratio
Wyraz wolny Intercept		-3,8933	0,9482	16,8580	-5,7519	-2,0348	0,0000	0,0204
TSL	Lwyż	1,6851	0,3306	25,9783	1,0371	2,3331	0,0000	5,3931
Forest site type	LMśw	-0,6733	0,3081	4,7776	-1,2771	-0,0696	0,0288	0,5100
Odległość w transekcie Distance in the transect	0	-1,8685	0,6656	7,8799	-3,1730	-0,5639	0,0050	0,1544
	50	-0,1135	0,4997	0,0516	-1,0929	0,8658	0,8202	0,8927
	100	-0,1745	0,4486	0,1513	-1,0538	0,7048	0,6973	0,8399
	150	0,3517	0,4661	0,5695	-0,5617	1,2652	0,4504	1,4215
	200	1,1256	0,4758	5,5972	0,1931	2,0581	0,0180	3,0820
Obecność drzew liściastych Presence of broadleaved trees	nie	-0,6011	0,2655	5,1243	-1,1216	-0,0807	0,0236	0,5482
Ogólne pokrycie gleby Ground cover		0,0360	0,0105	11,6570	0,0153	0,0566	0,0006	1,0366
Skala Scale		1,0000	0,0000		1,0000	1,0000		2,7183

SE – błąd standardowy; standard error, -95%, +95% – dolna i górna granica 95-procentowego przedziału ufności; lower and upper thresholds of 95% confidence interval

znaczenie dla prognozowania ryzyka występowania pędraków w masowych liczebnościach jest informacja o pokrywie glebowej. Obliczona ocena ryzyka oraz iloraz szans wskazują, że wraz ze wzrostem ogólnego pokrycia gleby roślinnością zwiększa się też ryzyko wystąpienia pędraków w liczebnościach powyżej progu znośności gospodarczej szkód.

## Dyskusja

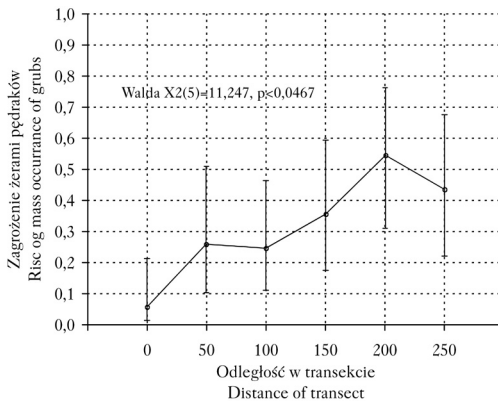
Zróżnicowana atrakcyjność drzewostanu dla chrabąszczy wynika z odrębnych warunków panujących wewnątrz ekosystemu leśnego. Zastosowany w pracy model regresji logistycznej wskazał na istotność wielu cech drzewostanu mogących zwiększyć jego atrakcyjność dla chrabąszczy.



Ryc. 2.

Średnie prawdopodobieństwo (z 95-procentowym przedziałem ufności) wystąpienia pędraków chrabąszczy w masowych liczebnościach w zależności od typu siedliskowego lasu Mean probability (with 95% confidence interval) of mass occurrence of grubs with respect to the forest site type

Lwyż – upland broadleaved forest, LNśw – fresh mixed broadleaved forest, BMśw – fresh mixed coniferous forest



Ryc. 3.

Średnie prawdopodobieństwo (z 95-procentowym przedziałem ufności) wystąpienia pędraków chrabąszczy w masowych liczebnościach w zależności od odległości w transekcje Mean probability (with 95% confidence interval) of mass occurrence of grubs with respect to the distance on the transect

Na pierwszy plan wysunęły się właściwości siedliska, które odzwierciedlają różnice wyglądu roślinności, jej obfitości, składu i struktury drzewostanu. Na podstawie wyników niniejszych badań stwierdzono, że ryzyko wystąpienia pędraków chrabąszczy ( $L_2$ ), jest znacząco większe na żyznym siedlisku lasu wyżynnego niż na siedliskach uboższych. Wyniki te są zgodne z wcześniejszymi doniesieniami Drozdowskiego i in. [2013] o wysokiej randze typu siedliskowego lasu w modelowaniu występowania masowych szkód w uprawach leśnych od pędraków chrabąszczy. W przytaczanej pracy żyzne siedliska lasowe zwiększały niemal 14-krotnie atrakcyjność dla chrabąszczy w porównaniu z siedliskami borowymi.

Liczebność chrabąszczy w drzewostanach dojrzałych kształtowana jest także poprzez obecność lub brak określonych gatunków drzew liściastych, które zwiększają atrakcyjność bazy żerowej dla imagines chrabąszczy. Decydujące w tym zakresie wydaje się miejsce żeru uzupełniającego postaci doskonałych prowadzonego na drzewach liściastych i miejsce złożenia jaj przez samice w sąsiedztwie drzew żywicielskich, ponieważ pędraki chrabąszczy mają ograniczone możliwości przemieszczania się na znaczne odległości. Wyniki uzyskane przez Woretę i Sukovatą [2010] w badaniach nad preferencjami pokarmowymi postaci doskonałych chrabąszczy kasztanowca wykazały, że liście dębu są najlepszym pokarmem dla chrabąszczy, który korzystnie wpływa na długość ich życia, przeżywalność, przyrost masy ciała i płodność. Z obserwacji środowiskowych Sierpińskiego [1975] wynika ponadto, iż chrabąszcze chętnie żerują także na liściach wierzby iwy, brzozy, jarzębiny, grabu, buka, klonu, osiki oraz innych gatunków drzew i krzewów zarówno leśnych, jak i sadowniczych.



Zaskakującą informacją uzyskaną w wyniku badań przeprowadzonych na transektach w strefie ekotonowej jest fakt, iż pędraki chrabąszczy znacznie częściej występują w głębi drzewostanu niż na powierzchni otwartej. Znamienne jest, że wraz z oddalaniem się od granicy polno-leśnej liczba pędraków rośnie aż do 200 m w głąb drzewostanu, a następnie tendencja ta odwraca się, lecz jeszcze w odległości 250 m od ściany lasu ryzyko wystąpienia pędraków w masowych liczebnościach jest znacząco wyższe niż na powierzchni otwartej. Jak podaje Sierpiński [1975], w dużych masywach leśnych najwięcej chrabąszczy znajduje się na obrzeżach, lecz już w odległości 100 m od skraju lasu jest ich bardzo niewiele. Teza ta nie znalazła potwierdzenia w przeprowadzonych badaniach, może ona jedynie wskazywać, że chrabąszcze częściej niż kiedyś zasiedlają zwarte drzewostany, a samice, wybierając lokalizację do składania jaj, kierują się nie tylko bliskością bazy żerowej, ale także stabilnością warunków ekoklimatycznych, które w lesie przejawiają się mniejszymi amplitudami temperatury i wilgotności gleby w stosunku do powierzchni bez okapu drzewostanu.

W modelowanym ryzyku występowania chrabąszczy w zależności od pokrycia gleby przez roślinność runa można zauważyć, że w miejscach o najmniejszym pokryciu gleby występowanie pędraków chrabąszczy jest również najmniejsze. Zbieżne wyniki w tym zakresie otrzymał Švestka [2007], który badał zarówno lokalizację składania jaj przez samice chrabąszczy, jak i szkody wyrządzane przez pędraki w uprawach różniących się formą przygotowania gleby pod odnowienie. Według tego autora największe szkody powodowane są w uprawach zachwaszczonych założonych po wykonaniu orki, a znacząco mniejsze w uprawach na terenach z pełnym przygotowaniem gleby i brakiem warstwy roślinnej. Jednocześnie Švestka [2007] dowiódł, że samice chrabąszczy, wybierając miejsce do złożenia jaj, preferują miejsca ocienione okapem drzewostanu lub (ostatecznie) roślinnością.

W optymalnym modelu prognozowania zagrożenia masowego występowania pędraków chrabąszczy usunięto dwie zmienne o charakterze ekologiczno-gospodarczym – ażurowość oraz użytkowanie rębne, co wskazuje na ich niską użyteczność w prognozowaniu występowania pędraków. Tymczasem z wcześniejszych danych literaturowych wynika, że pędraki występują głównie w drzewostanach prześwietlonych i związanych ze zrębowym sposobem zagospodarowania [Karpiński 1937; Puster 1938; Malinowski 2010]. Karpiński [1937] twierdzi, że zazwyczaj im drzewostan jest bardziej zwarty, tym mniejsze jest w nim zagęszczenie pędraków i tym mniejsze wyrządzają tam one szkody. Jednak w omawianych badaniach pędraki na terenie Nadleśnictwa Lubaczów były znajdowane z podobną częstotliwością w drzewostanach rębnych (zagospodarowanych rębnią IV), jak i w drzewostanach dojrzałych nieużytkowanych rębnie, co tłumaczy niską siłę dyskryminacyjną tego czynnika i w konsekwencji nieuwzględnienie go w modelu finalnym.

## Wnioski

- ✦ Pierwszoplanową rolę w ocenie ryzyka występowania pędraków chrabąszczy w liczebnościach masowych odgrywa żyźność siedliska. Im siedlisko żyźniejsze, tym ryzyko wzmożonego występowania pędraków większe (zależność dotyczy siedlisk świeżych).
- ✦ Udział gatunków liściastych w składzie drzewostanu znacząco podnosi atrakcyjność siedliska dla chrabąszczy.
- ✦ Miejsca o występowaniu zwartej pokrywy roślinnej są dogodnymi lokalizacjami do składania jaj przez samice chrabąszczy, a w konsekwencji stanowią o warunkach rozwoju pędraków, które zwłaszcza w pierwszym stadium larwalnym ograniczają się do żeru prowadzonego na korzeniach roślin zielnych.

- ✚ Ryzyko masowego występowania pędraków chrabąszczy w strefie ekotonowej rośnie w miarę oddalania się od ściany lasu w kierunku wnętrza drzewostanu do około 200 m, ale jeszcze w oddaleniu 250 m od granicy polno-leśnej ryzyko wystąpienia pędraków jest znacząco większe niż na przylegających do drzewostanu powierzchniach otwartych. Wskazuje to, że samice, wybierając lokalizację do składania jaj, kierują się stabilnością warunków ekoklimatycznych, które w lesie przejawiają się mniejszymi amplitudami temperatury i wilgotności gleby w stosunku do powierzchni bez okapu drzewostanu.
- ✚ Niska siła dyskryminacyjna informacji o użytkowaniu rębny i w efekcie usunięcie jej z modelu optymalnego świadczy o tym, że przyrodnicze właściwości siedliska silniej wpływają na atrakcyjność dla chrabąszczy niż prowadzone w lasach postępowanie gospodarcze.

## Literatura

- Drozdowski S., Jankowski P., Byk A. 2013. Model klasyfikacyjny prognozowania występowania masowych szkod w uprawach leśnych od pędraków chrabąszczy (*Melolontha* Fabr.). Sylwan 157 (9): 678-685.
- Frazer G., Canham C. D., Lertzman K. P. 1999. Gap Light Analyzer (GLA), Version 2.0: Imaging software to extract canopy structure and gap light transmission indices from true-colour fisheye photographs, users manual and program documentation. Copyright 1999. Simon Fraser University, Burnaby, British Columbia, and the Institute of Ecosystem Studies. Millbrook, New York.
- Jackson T. A., Zimmermann G. 1996. Is there a role for *Serratia* spp. in the biocontrol of *Melolontha* spp.? Proc. of the meeting Integrated Control of Soil Pests. Freiburg, 23-25 October. IOBC-WPRS Bulletin 19 (2): 47-53.
- Karpiński J. J. 1937. Próby walki z chrabąszczem (*Melolontha* sp.) za pomocą grzyba *Beauveria densa* Pic. Roczniki Nauk Roln. i Leśnych 4 (1).
- Kowalska J. 2001. Próba zastosowania nicieni owadobójczych oraz metody integrowanej w zwalczaniu pędraków chrabąszcza majowego *Melolontha melolontha* L. w uprawie leśnej. Sylwan 145 (2): 89-95.
- Leśnictwo. 2012. Główny Urząd Statystyczny, Warszawa.
- Malinowski H. 2010. Niechemiczne metody ochrony szkótek i upraw leśnych przed owadami uszkadzającymi systemy korzeniowe drzew i krzewów. Instytut Badawczy Leśnictwa, Sękocin Stary.
- Matusz S. 1960. Method of specifying canopy openness. Forest Research Institute Studies 3-65.
- Mierzejewska E. 1999. Z doświadczeń nad biologicznym zwalczaniem pędraków w Lubelskiem. Ochr. Rośl. 11: 35-36.
- Mierzejewska E. 2002. Badania towarzyszące polskim próbom zwalczania pędraków chrabąszcza majowego przy pomocy grzyba *Beauveria bassiana*. Postępy w Ochronie Roślin 42 (1): 209-213.
- Puster. 1938. Pielęgnowanie zapasu w nadleśnictwach opanowanych przez chrabąszcza. Las Polski 3 (18): 97-108.
- Reineke A., Zebitz C. P. W. 1996. Protein and isozyme patterns among isolates of *Beauveria brongniartii* with different virulence to European cockchafer larvae (*Melolontha melolontha* L.). J. Appl. Entomol. 120 (5): 307-315.
- Sierpiński Z. 1975. Ważniejsze owady – szkodniki korzeni drzew i krzewów leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Stanisz A. 2007. Przystępny kurs statystyki z zastosowaniem Statistica PL na przykładach z medycyny. Tom 2. Modele liniowe i nieliniowe. Kraków.
- Szujecki A. 1995. Entomologia leśna. Tom I. Wydawnictwo SGGW, Warszawa. 201-292.
- Śliwa E. 1993. Szkodniki korzeni drzew i krzewów. Oficyna Edytorska „Wydawnictwo Świat”, Warszawa.
- Švestka M. 2007. Ecological conditions influencing the localization of egg-laying by females of the cockchafer (*Melolontha hippocastani* F.). Journal of Forest Science 53: 16-24.
- Woreta D. 1997. Możliwości ograniczania szkód powodowanych przez pędraki chrabąszczowatych (*Melolonthinae*) metodami niechemicznymi. Sylwan 141(5): 29-39.
- Woreta D., Sukovata L. 2010. Wpływ pokarmu na rozwój chrząszczy chrabąszcza kasztanowca (*Melolontha hippocastani* F.) (*Coleoptera, Melolonthidae*). Leśne Prace Badawcze 71 (2): 195-199.
- Zimmermann G. 1998. Der entomopathogene Pilz *Beauveria brongniartii* (Sacc.) Petch und Erfahrungen bei seinem Einsatz zur biologischen Bekämpfung von Feld- und Waldmaikäfer. Nachrichtenbl. Deutsch. Pflanzenschutzd. 50: 249-256.