

STANISŁAW DROZDOWSKI, PIOTR JANKOWSKI, ADAM BYK

Model klasyfikacyjny prognozowania wystąpienia masowych szkód w uprawach leśnych od pędraków chrabąszczy (*Melolontha* Fabr.)

Classification model for prediction of mass damage in young forest plantations caused by larvae of cockchafer (*Melolontha* Fabr.)

ABSTRACT

Drozdowski S., Jankowski P., Byk A. 2013. Model klasyfikacyjny prognozowania wystąpienia masowych szkód w uprawach leśnych od pędraków chrabąszczy (*Melolontha* Fabr.). Sylwan 157 (9): 678-685.

Study presents a classification model for predicting the occurrence of mass damage in young forest plantations caused by insect pests on roots belonging to *Melolontha* genus. Logistic regression model was built on the basis of 10 taxation features describing 177 young stands. Habitat fertility, occurrence of Scots pine and European beech, and weed infestation of the habitat are the most significant features that influence mass occurrence of cockchafer larvae acting as insect pests on roots in plantations.

KEY WORDS

Melolontha, logistic regression, root pests, young forest plantations

ADDRESSES

Stanisław Drozdowski ⁽¹⁾ – e-mail: stanislaw_drozdowski@sggw.pl

Piotr Jankowski ⁽²⁾ – e-mail: piotr.jankowski@radom.lasy.gov.pl

Adam Byk ⁽³⁾ – e-mail: adam_byk@sggw.pl

⁽¹⁾ Katedra Hodowli Lasu; SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

⁽²⁾ Nadleśnictwo Przysucha; ul. Targowa 87; 26-400 Przysucha

⁽³⁾ Katedra Ochrony Lasu i Ekologii; SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159; 02-776 Warszawa

Wstęp

Od wielu dziesięcioleci chrząszcze z rodzaju chrabąszcz (*Melolontha* Fabr.) były przedmiotem zainteresowania leśników ze względu na wymierne straty, które powodują w gospodarce leśnej. W Palearktyce występuje 58 gatunków chrabąszczy, z których 10 zasiedla Europę, a tylko 3 środkową Europę, w tym również Polskę [Bezdek 2006]. Dwa z nich, chrabąszcz majowy (*Melolontha melolontha* (L.)) i chrabąszcz kasztanowiec (*Melolontha hippocastani* Fabr.), wyrządzają znaczne szkody w naszych lasach. Chrząszcze chrabąszczy prowadzą żer uzupełniający na aparacie asymilacyjnym drzew liściastych, a larwy uszkadzają systemy korzeniowe drzew.

Pierwsze doniesienia o szkodach wyrządzonych przez pędraki chrabąszczy na ziemiach Polski pochodzą z końca XIX wieku [Hołowkiewicz 1884 za Malinowski 2007; Stocki 2011]. Masowy pojaw chrabąszczy na obszarze Europy – w tym również Polski – nastąpił po II wojnie światowej. Splot korzystnych warunków pogodowych oraz powstanie dużych obszarów nieużytków sprawiły, że liczebność populacji chrabąszczy zaczęła gwałtownie wzrastać. Zalesienia gruntów porolnych wykonywane w latach sześćdziesiątych często prowadzone były na obszarach już silnie opianowanych przez chrabąszcze. Wówczas do walki z chrabąszczami użyto insektycydów na

bazie DDT i HCH. Okazały się one tak skuteczne, że paradoksalnie chrabąszcz majowy ze względu na rzadkość znalazł się w „Polskiej Czerwonej Księdze Zwierząt”. Po wprowadzeniu zakazu stosowania węglowodorów chlorowcopochodnych, ze względu na ich totalne oddziaływanie i kumulowanie się w środowisku, liczebność chrabąszczy ponownie wzrosła. Efektem tego był wyraźny wzrost powierzchni leśnych zagrożonych masowym występowaniem chrabąszczy w latach dziewięćdziesiątych ubiegłego wieku. Straty powodowane żerem chrabąszczy odnotowywano również na obszarach leśnych wielu europejskich krajów [Malinowski 1997, 2007; Adomas 1998; Keller, Zimmermann 2005; Svestka 2010; Głowacka, Sierpińska 2012]. W Polsce największy wzrost powierzchni zagrożonych wystąpił w Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Łodzi, Poznaniu, Lublinie, Radomiu i Toruniu. W ostatnim czasie największe zagrożenia polskich lasów ze strony chrabąszczy odnotowano w latach 2003, 2007 i 2011. W obliczu narastającego problemu związanego z licznymi szkodami od pędraków i jednocześnie brakiem możliwości zwalczania szkodników metodami chemicznymi (Dyrektywa Unii Europejskiej nr 91/414/EWG spowodowała wycofanie niemal wszystkich insektycydów stosowanych w walce z chrabąszczami) celem jest poszukiwanie nowych metod w walce ze szkodnikami korzeni. W tej sytuacji szczególnie ważne staje się określenie siedlisk leśnych i gatunków drzew najbardziej preferowanych przez chrabąszcze.

Celem niniejszej pracy było opracowanie modelu klasyfikacyjnego opisującego zależność wystąpienia masowych szkód powodowanych przez pędraki chrabąszczy w uprawach leśnych (zakwalifikowanych do ponownego odnowienia) od wybranych cech taksacyjnych lasu.

Materiał i metody

Badania przeprowadzono na obszarze Regionalnej Dyrekcji Lasów Państwowych w Radomiu. Na podstawie protokołów ze wstępnej oceny udatności upraw wykonywanej w 2. roku od założenia (LPIR-6) wytypowano wszystkie leśnictwa nadleśnictw Ostrowiec Świętokrzyski, Kozienice i Marcule, ponieważ na ich terenie występowały uprawy przepadłe z powodu szkód od chrabąszczy. W ten sposób uzyskano 177 upraw, z których 31 było przepadłych. Taka selekcja była konieczna ze względów metodycznych budowy modelu klasyfikacyjnego, tj. uprawy przepadłe w wyniku żeru chrabąszczy wskazywały, że na terenie leśnictwa było duże zagrożenie od badanego czynnika.

Do analiz wykorzystano szczegółowe opisy taksacyjne, sprawozdania i protokoły z wydziałów Hodowli i Ochrony Lasu RDLP, jak również ZOL w Radomiu, wszystkich upraw odnawianych w latach 2008-2011 z wytypowanych leśnictw. Analizowany przedział czasowy był ściśle związany z cyklem rozwojowym szczytu głównego chrabąszczy na terenie RDLP w Radomiu. Od jesieni 2008 roku dwuletnie pędraki zaczynały żerowanie na korzeniach drzew i krzewów. W sierpniu 2010 roku przepoczwarczyły się, aby we wrześniu przekształcić się w imago i móc wiosną 2011 odbyć rójkę (najliczniejszą w historii dyrekcji radomskiej).

Do parametryzacji modelu wykorzystano zmienne objaśniające w postaci cech taksacyjnych drzewostanu, którym nadano rangi w skali porządkowej. Rangi odzwierciedlały zmienność cechy. Wykorzystano następujące cechy taksacyjne drzewostanu: żyźność siedliska (bory – 1, bory mieszane – 2, lasy mieszane – 3, lasy – 4), pokrywa gleby przed przygotowaniem do odnowienia (ściółka – 1, mszysta – 2, zielna – 3, silnie zachwaszczona – 4, zadarniona – 5, silnie zadarniona – 6, dziczkała – 7), stopień wilgotności siedliska (świeże – 1, silnie świeże – 2, wilgotne – 3, bagienne – 4), rodzaj rębni (złożona – 1, zupełna – 2), gleba (leśna – 1, porolna – 2) oraz występowanie podszytu w sąsiedztwie przepadłej uprawy (podszyt obecny – 1, brak – 2). W przypadku powierzchni uprawy [ha] wykorzystano wartości rzeczywiste, natomiast udział powierzchniowy

gatunku w uprawie (zmienne: Sosna, Dąb, Buk i Jodła) przedstawiono w skali: 0, 1, ..., 10. Uprawy przepadłe w wyniku żeru pędraków zakodowano jako – 1, a uprawy ocenione pozytywnie (żywotne) – 0.

Do określenia związku między wieloma zmiennymi niezależnymi a zmienną zależną typu dychotomicznego wykorzystano regresję logistyczną. Zaletą tej metody jest możliwość wykorzystania zmiennych objaśniających w różnej skali pomiarowej, np. nominalnej, porządkowej lub interwałowej.

Nie wszystkie zmienne objaśniające mają taką samą zdolność dyskryminacyjną. Optymalny podzbiór zmiennych objaśniających jest podzbiorem zawierającym jak najmniejszą liczbę zmiennych dobranych tak, aby model charakteryzował się jak największą jakością klasyfikacji. Model optymalny sparametryzowano metodą wyszukiwania najlepszego podzbioru zmiennych objaśniających (procedura best subset), wykorzystując kryterium informacyjne Akaike ($AIC=DEV+2w$, gdzie: DEV – dewiancja modelu, w – liczba zmiennych w modelu). Do oceny jakości równania logistycznego wykorzystano analizę ROC (ang. Receiver Operating Characteristics), która określa zdolność dyskryminacyjną modelu klasyfikacyjnego. Polega ona na wyznaczeniu krzywej ROC w ten sposób, że zlicza się liczbę przypadków prawdziwie (TP) i fałszywie (FP) pozytywnych oraz liczbę przypadków prawdziwie (TN) i fałszywie (FN) negatywnych, a następnie wyznacza się czułość ($C=TP/(TP+FN)$) i specyficzność ($S=TN/(FP+TN)$) metody klasyfikacyjnej. Liczbową miarą zdolności dyskryminacyjnej modelu jest AUC, czyli pole powierzchni pod krzywą ROC (ang. Area Under ROC Curve). Obliczono również miarę trafności klasyfikowania ACC (ang. accuracy), tj. stosunek liczby trafnie sklasyfikowanych obserwacji do liczby wszystkich obserwacji ($ACC=(TP+TN)/(TP+TN+FP+FN)$) oraz iloraz szans (OR) jednostkowej zmiany każdej zmiennej objaśniającej. Zarówno w przypadku AUC, jak i ACC, im wyższe uzyskano wartości tych współczynników (w przedziale od 0 do 1), tym wyższa była zdolność klasyfikacyjna modelu.

Przed przystąpieniem do budowy modelu sprawdzono współliniowość zmiennych objaśniających [Menard 1995; Aleksandrowicz-Trzcińska, Drozdowski 2012]. Ze względu na brak współliniowości par zmiennych objaśniających nie odrzucono z analiz żadnej zmiennej ($VIF<4$). Stopień wilgotności siedliska (wilgotność) charakteryzował się bardzo małą zmiennością, ponieważ na 177 upraw aż 174 występowały na siedliskach świeżych, dlatego tę zmienną pominięto przy parametryzacji modelu. Ostatecznie do budowy modelu wykorzystano 10 zmiennych objaśniających.

Wyniki

Model prognozujący wystąpienie uprawy przepadłej zawierający wszystkie zmienne objaśniające (tab. 1) nie jest modelem optymalnym, mimo że charakteryzuje się dużymi wartościami trafności klasyfikowania (89,27%). W wyniku zastosowania metody wyszukiwania najlepszego podzbioru zmiennych objaśniających sparametryzowano model optymalny, w którym pozostały jedynie zmienne istotne statystycznie: żyźność, pokrywa gleby oraz udział sosny i buka w odnowieniach. Zmienne te miały największą zdolność dyskryminacji (tab. 2), a model zapisany w postaci logitowej przyjął postać:

$$Z = -3,69 + 2,63 \cdot \text{Żyźność} - 0,57 \cdot \text{Pokrywa} + 0,39 \cdot \text{Sosna} - 0,26 \cdot \text{Buk}$$

Wstawiając do równania:

$$P(X) = e^Z / (1 + e^Z)$$

rangi odzwierciedlające żyzność, pokrywę gleby, udział sosny i buka, można uzyskać informację o potencjalnym zagrożeniu szkodnikami korzeni dla przykładowej uprawy. Jeśli równanie przyjmie wartość większą bądź równą 0,5, to istnieje zagrożenie ze strony szkodników korzeni, jeżeli mniejszą – brak takiego zagrożenia.

Model optymalny przewiduje poprawnie 92,66% przypadków (ACC), a iloraz szans wynosi 229,58%. Oznacza to, że klasyfikacja ta jest o wiele lepsza od tej, której można oczekiwać przez przypadek. Kolejnym potwierdzeniem wysokiej zdolności klasyfikacyjnej zbudowanego modelu optymalnego jest analiza ROC (ryc.) z wysoką wartością współczynnika AUC=0,85 (błąd standardowy AUC=0,044). Zmienną o największej sile dyskryminacyjnej w modelu optymalnym okazała się żyzność (OR=13,95), której spadek powoduje zmniejszanie się prawdopodobieństwa wystąpienia szkód od szkodników korzeni. Kolejną zmienną silnie wpływającą na klasyfikację upraw był udział sosny (OR=1,48), który wraz ze wzrostem sprzyjał występowaniu szkód, w prze-

Tabela 1.

Model regresji logistycznej zawierający 10 zmiennych objaśniających wystąpienie uprawy przepadłej w wyniku szkód od pędraków (całkowita strata=51,81; $\chi^2=60,61$; $P<0,001$; $N=177$)

Logistic regression model including 10 variables explaining the occurrence of mass damage caused by grubs in young forest plantations (total loss=51,81; $\chi^2=60,61$; $P<0,001$; $N=177$)

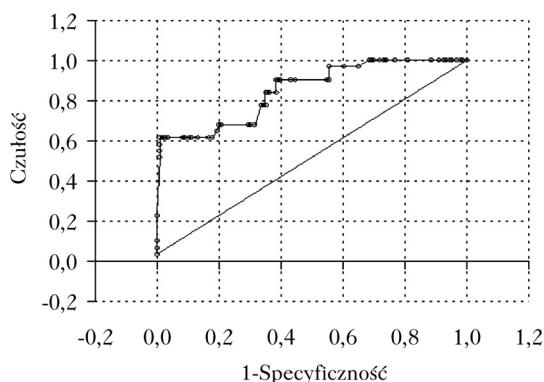
	Stała BO	Żyzność	Gleba	Rębnia	Pokrywa	Podszyt	Pow. uprawy	Sosna	Buk	Dąb	Jodła
Ocena	-0,81	7,71	-0,84	-0,92	-0,80	0,53	-0,24	0,45	-0,32	-0,01	0,36
Błąd stand.	2,73	0,61	1,06	0,61	0,31	0,82	0,33	0,16	0,14	0,14	0,54
p	0,77	<0,01	0,43	0,13	0,01	0,51	0,46	<0,01	0,02	0,95	0,50
Iloraz szans	0,44	15,16	0,43	0,40	0,45	1,71	0,79	1,57	0,72	0,99	1,45

Tabela 2.

Optymalny model regresji logistycznej prognozujący wystąpienie uprawy przepadłej w wyniku szkód od pędraków (całkowita strata=54,76; $\chi^2=54,71$; $P<0,001$; $N=177$)

Optimal model of logistic regression predicting the occurrence of mass damage caused by beetle grubs in young forest plantations (total loss=54,76; $\chi^2=54,71$; $P<0,001$; $N=177$)

	Stała BO	Żyzność	Pokrywa	Sosna	Buk
Ocena	-3,69	2,63	-0,58	0,39	-0,26
Błąd stand.	1,93	0,56	0,27	0,11	0,09
p	<0,01	<0,01	0,04	<0,01	<0,01
Iloraz szans	0,02	13,95	0,56	1,48	0,77



Ryc.

Zdolność dyskryminacyjna modelu optymalnego

Discrimination capacity of the optimal model

ciwieństwie do udziału buka (OR=0,77), który ograniczał występowanie szkodników korzeni. Istotny wpływ miała również pokrywa gleby (OR=0,56), której malejące wartości rang wpływały na większe prawdopodobieństwo wystąpienia szkód.

Dyskusja

Środowisko życia gatunków z rodzaju *Melolontha* jest złożone i cechuje się dużym zróżnicowaniem w zależności od obszaru występowania. Pomimo tego można zaobserwować wiele czynników, które zwiększają prawdopodobieństwo masowego żeru pędraków chrabąszczy. Wpływ na miejsce składania jaj przez samice ma przede wszystkim skład gatunkowy upraw, rodzaj rębni, żyzność i wilgotność siedlisk oraz ukształtowanie terenu [Sierpiński 1968, 1975]. Według tego autora chrabąszcze mają najlepsze warunki rozwoju na siedlisku LMśw. Chętnie zasiedlają również siedliska BMśw, Lśw i Bśw. W Nadleśnictwie Ostrowiec Świętokrzyski przepadłe uprawy występowały na siedliskach LMśw, BMśw i Lśw, w Nadleśnictwie Kozienice – BMśw oraz LMśw, a w Nadleśnictwie Marcule – BMśw. Preferowanie lasów mieszanych i borów mieszanych jest uwarunkowane wielkością bazy pokarmowej zarówno dla imago, jak i larw. Występowanie liściastych gatunków drzew (zwłaszcza dębów) na wymienionych siedliskach stwarza dobre warunki do odbycia żeru uzupełniającego, a obecne gatunki iglaste (głównie sosna) podnoszą jakość pokarmu dla pędraków żerujących na systemach korzeniowych. Warto również zauważyć, że owady te preferują siedliska świeże (aż 174 ze 177 zagrożonych upraw były na siedlisku świeżym). Samice unikają składania jaj na terenach suchych, gdyż wylęgłe małe pędraki są bardzo wrażliwe na niedobór wilgoci. W modelu klasyfikacyjnym żyzność siedliska była najistotniejszą zmienną objaśniającą, która potwierdziła preferencje środowiskowe przedstawicieli rodzaju *Melolontha*.

Kolejnym istotnym czynnikiem środowiskowym, wskazanym przez model, był skład gatunkowy upraw. Bierzczyna [1960] stwierdził, że warunki glebowe korzystne dla rozwoju sosny są również sprzyjające dla pędraków, więc chrabąszcze są ściśle związane z tym podstawowym gatunkiem lasotwórczym. Gurianowa [1954] wskazuje sosnę jako optymalny pokarm dla larw chrabąszczy w stadium L-2 i L-3, a Troszanin [1966] uważa, że sosna swoim zapachem wabi pędraki. Otrzymane wyniki opisujące przepadłe uprawy potwierdzają, że występowanie sosny jest jednym z czynników determinujących wystąpienie żeru zupełnego pędraków. W Nadleśnictwie Marcule uprawy przepadłe były złożone w 100% z sosny, a w Nadleśnictwie Kozienice udział ten wynosił 36%. Wśród upraw przepadłych, bez sosny w składzie gatunkowym, dominowały uprawy składające się wyłącznie z samego dębu lub samego buka. Były to uprawy o zmodyfikowanym składzie gatunkowym, dla typów drzewostanów Db-So lub Bk-So, założone w warunkach już występujących szkód. Model klasyfikacyjny potwierdził silne preferencje pokarmowe pędraków w stosunku do korzeni sosny i wskazał na mniejszą atrakcyjność korzeni buka, chociaż w Nadleśnictwie Ostrowiec Świętokrzyski 53% udziału powierzchniowego uszkodzonych upraw zajmował buk wprowadzony na stałe pędraczyska w celu rozrzedzania populacji chrabąszczy. Również wielu leśników praktyków uważa, że buk jest jednym z najmniej atrakcyjnych gatunków dla pędraków. Warto zwrócić uwagę na znaczny (52%) udział powierzchniowy dębu, wynikający również z modyfikacji składu gatunkowego (lite uprawy dębowe na siedlisku BMśw) w uprawach przepadłych w Nadleśnictwie Kozienice. Gurianowa [1954] zwraca uwagę na częste uszkodzanie i zjadanie przez pędraki korzeni dębu, wskazując jednocześnie korzenie dębu jako mniej wartościowy pokarm dla pędraków chrabąszczy niż korzenie sosny i brzozy. Stąd redukcja udziału dębu w odnowieniach na korzyść mniej atrakcyjnego dla pędraków gatunku drzewa (np. buka) może przyczynić się do spadku kondycji zdrowotnej i intensywności żerowania pędraków. Nie bez znaczenia jest tu również obecność pokarmu atrakcyjnego dla postaci doskonałych.

Według Sierpińskiego [1975] chrabąszcze chętnie żerują na liściach dębu szypułkowego, wierzby iwy i brzozy, natomiast mniej chętnie na liściach buku i grabu. Niechętnie za to zjadają liście olszy. Rożyński [1926] wskazuje wręcz na właściwości odstrasżające olszy w stosunku do chrabąszczy. Woreta i Sukowata [2010] wykazały, iż liście dębu szypułkowego są lepszym pokarmem dla chrząszczy chrabąszcza kasztanowca niż liście grabu zwyczajnego i brzozy brodawkowatej oraz zdecydowanie lepszym niż liście olszy czarnej. Karmione liśćmi dębu chrabąszcze żyły dłużej, dobrze przyrastały i były w dobrej kondycji, a aż 90% samic złożyło jaja. Natomiast tylko 1% samic karmionych liśćmi grabu złożyło jaja, a samice karmione liśćmi brzozy i olszy tego nie zrobiły. Według Ruthera i in. [2001a, b] samce chrabąszcza kasztanowca podczas odbywających się o zmierzchu lotów godowych odnajdują samice dzięki lotnym związkom emitowanym z ogryzanych przez samice liści drzew. Podobną strategię lokalizowania osobników płci przeciwnej stosują samce chrabąszcza majowego. Stąd obecność na uprawie, czy też w jej sąsiedztwie, najbardziej atrakcyjnego i poszukiwanego przez imagines chrabąszczy pokarmu, jakim są liście dębu, wpływa na wzrost potencjału rozrodczego i co się z tym wiąże wzrost liczby składanych przez samice jaj. Reasumując, na narażonych na żer pędraków chrabąszczy uprawach sosnowych należy ograniczać wprowadzanie domieszek dębu, gdyż tworzy on bazę pokarmową nie tylko dla pędraków, ale również dla postaci doskonałych chrabąszczy.

Ostatnim istotnym czynnikiem w modelu wpływającym na masowe szkody od pędraków była pokrywa gleby. Trawy, rośliny zielne i mchy są dobrą bazą pokarmową dla młodszych stadiów rozwojowych larw chrabąszczy. W Nadleśnictwie Ostrowiec uprawy przepadłe były wcześniej w 77% silnie zachwaszczone, a w 13% silnie zadarnione. W pozostałych nadleśnictwach związek pokrywy gleby z występowaniem pędraków wydaje się jeszcze większy. W Nadleśnictwie Kozienice 93% upraw przepadłych było wcześniej zadarnionych, a w Nadleśnictwie Marcule wszystkie przepadłe uprawy były silnie zachwaszczone. Zbudowany model klasyfikacyjny wskazuje na silny związek pomiędzy występowaniem pędraków a roślinnością runa. Na tej podstawie można pokusić się o stwierdzenie, że wraz ze wzrostem zagęszczenia systemów korzeniowych roślinności trawiastej wzrasta możliwość występowania pędraków. Szczególnie chętnie wybierane typy pokryw gleby przez chrabąszcze to zadarniona i silnie zachwaszczona.

Pozostałe zmienne objaśniające nie znalazły się w modelu optymalnym, co wcale nie oznacza, że są one zupełnie nieistotne. Model optymalny wskazał na cechy, które najsilniej wpływają na preferencje środowiskowe chrabąszczy. Istotnym czynnikiem wpływającym na miejsce złożenia jaj przez samice i w konsekwencji wzrost liczebności pędraków w glebie jest zwarcie drzewostanu. Przed złożeniem jaj samice chrabąszczy wykonują długi lot w celu wyboru partii terenu o najbardziej odpowiadającej im temperaturze i wilgotności. Na Ukrainie samice chrabąszczy preferowały wąskie zręby oraz drzewostany o średnim stopniu zwarcia. Stwierdzono również, że unikały zrębów dużych o glebach silnie nagrzewających się [Sierpiński 1975]. W związku z tym najbardziej sprzyjające dla chrabąszczy są odnowienia pod częściową osłoną drzewostanu (rębnie złożone), a najmniej – zręby zupełne (szczególnie o dużej powierzchni manipulacyjnej). Sytuacja w analizowanych nadleśnictwach RDLP w Radomiu częściowo potwierdza wyniki badań prowadzonych na północy Ukrainy. W Nadleśnictwie Ostrowiec Świętokrzyski 58% powierzchni upraw, spośród wszystkich uznanych za przepadłe, odnowiono stosując rębnie złożone.

Nie bez znaczenia jest także wprowadzanie podszytów, które wzbogacając ekosystem leśny, wzbogacają również bazę pokarmową starszych pędraków (2-3 letnich). Interesującym faktem jest to, że w sąsiedztwie wszystkich przepadłych upraw znajdujących się w Nadleśnictwie Ostrowiec Świętokrzyski oraz Nadleśnictwie Marcule podszyt był obecny. Wprawdzie jego wystę-

powanie stwierdzono w sąsiedztwie większości założonych upraw, to jednak zaprzestanie wprowadzania podszytów na terenach zagrożonych od pędraków może zmniejszyć atrakcyjność terenu dla chrabąszczy.

Wnioski

- ✦ Największy wpływ na występowanie larw chrabąszczy miała żyzność gleby. Preferowały one uprawy założone na siedliskach żyznych i świeżych. Najbardziej zagrożonymi masowym występowaniem gatunków z rodzaju *Melolontha* siedliskami są las mieszany świeży oraz bór mieszany świeży.
- ✦ Istotnym czynnikiem wpływającym na masowe występowanie pędraków chrabąszczy był skład gatunkowy uprawy. Wzrost udziału sosny powodował wzrost zagrożenia ze strony szkodników korzeni.
- ✦ Buk zwyczajny nie był gatunkiem preferowanym przez pędraki chrabąszczy. W miarę możliwości, na odpowiednich dla niego siedliskach, można wprowadzać ten gatunek na obszarach zagrożonych przez gatunki z rodzaju *Melolontha*. Nie należy jednak traktować buka jako gatunku odpornego na żer stadiów młodocianych tych owadów.
- ✦ Na terenach silnie opanowanych przez pędraki chrabąszczy, tzw. pędraczkach, oraz terenach silnie zagrożonych nie powinno się wprowadzać dębu jako gatunku domieszkowego. Również zrezygnowanie z wykonywania podsadzeń produkcyjnych i wprowadzania podszytów zmniejsza bazę pokarmową chrabąszczy, a tym samym wpływa na zmniejszenie liczebności ich występowania.
- ✦ Istotnym czynnikiem wpływającym na masowe występowanie pędraków chrabąszczy była pokrywa gleby. Zadarniona i silnie zachwaszczona pokrywa stanowi potencjalnie dużą bazę pokarmową dla pędraków.

Literatura

- Adomas J. 1998. Znaczenie chrabąszcza majowego (*Melolontha melolontha* L.) w Puszczy Nidzickiej (RDLP Olsztyn) w roku 1996. Sylwan 142 (11): 95-100.
- Aleksandrowicz-Trzcńska M., Drozdowski S. 2012. Model klasyfikacyjny prognozowania wystąpienia mikoryz u jednorocznych siewek sosny zwyczajnej (*Pinus sylvestris* L.) na zrębie zupełnym. Sylwan 156 (12): 883-894.
- Bezdek A. 2006. *Melolonthini* spp. W: Löbl I., Smetana A. [red.]. Catalogue of Palaearctic *Coleoptera* vol. 3. Apollo Books, Stenstrup. 191-198.
- Bierezina W. M. 1960. Geograficzeskaja zonalnost' stacjonalno razmieszczenija wostocznego majskiego chruszcza na tierritorii SSSR. Trudy WIZR 15.
- Głowacka B., Sierpińska A. 2012. Control of adult cockchafers *Melolontha* spp. with Mospilan 20 SP. Folia Forestalia Polonica 54 (2): 109-115.
- Gurianowa N. I. 1954. Wlijanie sostawa pizschi na fizjologiczeskoje sostojanije wostocznego majskiego chruszcza (*Melolontha hippocastani* F.). Trudy WIZR 6.
- Keller S., Zimmermann G. 2005. Scarabs and other soil pests in Europe: situation, perspectives and control strategies. Bulletin OILB/SROP 28 (2): 9-12.
- Malinowski H. 1997. Podstawy ochrony szkółek i upraw leśnych i rolniczych przed szkodnikami korzeni. Oficyna Wydawnicza „Oikos”, Warszawa.
- Malinowski H. 2007. Current problems of forest protection connected with the control of cockchafers (*Melolontha* spp.). Progress in Plant Protection 47 (1): 314-322.
- Menard S. 1995. Applied Logistic Regression Analysis. Quantitative Applications In the Social Sciences 106.
- Rożyński F. 1926. W sprawie walki z chrząszczem majowym (*Melolontha vulgaris*). Przegląd Leśniczy 1: 32-38.
- Ruther J., Podsiadłowski L., Hilker M. 2001b. Quinones in cockchafers: additional function of a sex attractant as an antimicrobial agent. Chemoecology 11: 225-229.
- Ruther J., Reinecke A., Tolasch T., Hilker M. 2001a. Make love not war: a common arthropod defence compound as sex pheromone in the forest cockchafer *Melolontha hippocastani*. Oecologia 128: 44-47.
- Sierpiński Z. 1968. Zasiadlenie gleb leśnych Polski przez pędraki chrząszczy należących do podrodziny chrabąszczowatych (*Melolonthinae*). Prace IBL 366: 1-106.

- Sierpiński Z. 1975. Ważniejsze owady – szkodniki korzeni drzew i krzewów leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Stocki J. 2011. Chrabąszcze w lasach Polski – narastający problem. Przemysł Drzewny 6: 18-25.
- Svestka M. 2010. Changes in the abundance of *Melolontha hippocastani* Fabr. and *Melolontha melolontha* (L.) (Coleoptera: Scarabaeidae) in the Czech Republic in the period 2003-2009. Journal of Forest Science 56 (9): 417-428.
- Troszanin P. G. 1966. Chruszczy i borba s nimi w lesnom chozajstwie. Izdat. Lesnaja Promyslennost, Moskwa.
- Woreta D., Sukowata L. 2010. Wpływ pokarmu na rozwój chrząszczy chrabąszcza kasztanowca (*Melolontha hippocastani* F.) (Coleoptera, Melolonthidae). Leśne Prace Badawcze 71 (2): 195-199.

SUMMARY

Classification model for prediction of mass damage in young forest plantations caused by larvae of cockchafer (*Melolontha* Fabr.)

The aim of the present study was to build a classification model that would describe the correlation between the occurrences of mass damage in young forest plantations (qualified for restocking) caused by beetle grubs and the selected forest taxation features. A model of logistic regression based on 10 taxation features describing 177 plantations was designed for this purpose. The classification model explicitly pointed out soil fertility as the feature which had the most significant influence on mass occurrence of beetle grubs. The greater the soil richness, the greater the probability that soil pests would appear. Another factor playing a role in mass occurrence of grubs was species composition of the plantation. Pines, having the highest nutritional value for grubs, increased the danger of a mass beetle occurrence. European beech was not a species particularly preferred by the beetle grubs. Therefore, whenever possible, in habitats suited to the species it could be introduced in areas threatened by the occurrence of species representing the genus *Melolontha*. However, the beech should not be considered as a species immune to damage caused by the foraging of young stages of these insects. In areas threatened by the appearance of insect pests feeding on roots, the type of soil cover should be taken into consideration. Forest cover characterized by sod formation and weed infestation may potentially provide a great nourishment base for grubs.