

VYTAUTAS TAMUTIS, JAROSŁAW SKŁODOWSKI

## Wczesna reakcja epigeicznych kusakowatych (*Coloeoptera*, *Staphylinidae*) na wycięcie i zaoranie zrębu w borze sosnowym\*

Early effect of clear-cuts and their tilling on assemblages of epigeic rove beetles (*Coloeoptera*, *Staphylinidae*) in *Pinus sylvestris* stands

### ABSTRACT

Tamutis V., Skłodowski J. 2017. Wczesna reakcja epigeicznych kusakowatych (*Coloeoptera*, *Staphylinidae*) na wycięcie i zaoranie zrębu w borze sosnowym. Sylwan 161 (6): 504-511.

The studies were conducted on three plots, established in 100-130 year old Scots pine (*Pinus sylvestris* L.) stands (type: *Pinetum vaccinio-mirtillosum*) situated in the southern and central parts of Lithuania (Kaunas and Varėna districts). Their canopy closure was from 0.6 to 0.8. The study areas comprised of a mature stand (control) and clear-cut felled in spring 2016 and tilled after 5 months. Altogether 30 litter samples (five per stand) were taken from randomly chosen locations twice: the first sampling took place one month after cutting (in May) and the other after five months (in October). In total, 921 adults and larvae representing 49 species of rove beetles (*Coleoptera: Staphylinidae*) were collected. The higher number of individuals was harvested in control stands (fig. 1a, tab. 1). The collected individuals were significantly more abundant during the second sampling in all studied stands (fig. 1b, tab. 1). In the same way the higher number of species was detected in control stands, but significant differences were observed only during the first sampling. Amount of forest species differed insignificantly between control stands and clear-cuts, while the rate of zoophagous species was significantly higher in control stands (fig. 2a, tab. 1). The number of mixophagous species was significantly higher in clear-cuts during the second sampling (fig. 2b-c, tab. 1). Both the felling and the tilling had a distinct impact on transformation of rove beetles assemblages in clear-cuts comparing to the mature stands (fig. 3). *Ischnosoma splendidum*, *Othius subuliformis*, *Stenichnus scutellaris*, *Trimium brevicorne*, *Xantholinus tricolor*, *Philonthus cignatus* and *Sepedophilus* sp. were revealed as associated with mature pine stands sites, while only *Acrotona parens* and *Amischa analis* were connected with clear-cuts (tab. 2). We propose to use these two species as indicators of strong transformation of rove beetles assemblages due to clearcutting and management. The results of the study proved that negative impact of clear-cutting on number of individuals and number of forest species in rove beetles assemblages is distinct even in short period after cutting as well as that transformation of rove beetles assemblages increase after cutting of stand, especially after tilling.

### KEY WORDS

ecological traits, litter samples, IndVal analysis, PRC analysis

### ADDRESSES

Vytautas Tamutis <sup>(1, 2, 3)</sup> – e-mail: dromius@yahoo.com

Jarosław Skłodowski <sup>(4)</sup> – e-mail: jsklodowski@wl.sggw.pl

\*Badania wsparte przez Litewski Komitet Badań Naukowych, grant SIT-1/2015.

(1) Instytut Biologii i Biotechnologii Roślin, Uniwersytet Aleksandra Stulginskisa; Studentu 11, Akademia, LT-53361

(2) Kowieńskie Muzeum Zoologiczne im. T. Ivanauskasa; al. Laisves 106, Kowno, LT-44253

(3) Kowieński Ogród Botaniczny, Uniwersytet Witolda Wielkiego; Ž. E. Žilibero 6, Kowno, LT-46324

(4) Katedra Ochrony Lasu i Ekologii, SGGW w Warszawie; ul. Nowoursynowska 159, 02-767 Warszawa

## Wstęp

Rodziną chrząszczy najczęściej wykorzystywaną w badaniach zoindykacyjnych są biegaczowate (*Carabidae*), natomiast rodzina kusakowatych (*Staphylinidae*) używana jest znacznie rzadziej. Wynika to głównie ze znacznie trudniejszego oznaczania do gatunku kusakowatych niż biegaczowatych oraz mniejszego zasobu wiedzy o kusakowatych, których w Polsce jest ponad 1400 gatunków, czyli prawie 3 razy więcej niż biegaczowatych. Ocenia się, że na świecie żyje co najmniej 55 000 gatunków kusakowatych [Grebennikov, Newton 2009]. Są one drapieżcami, ale nie brak i takich, które odżywiają się butwiejącą materią, grzybami, pyłkiem czy glonami, a niektóre gatunki są ektopasożytami [Szujewski 1995; Pohl i in. 2008; Belskaya, Kolesnikova 2011; Klimaszewski i in. 2013]. Małe rozmiary kusakowatych oraz duże zróżnicowanie zasiedlanych nisz ekologicznych skłaniają naukowców od co najmniej 50 lat do wykorzystywania tej rodziny w zoindykacji antropogenicznych przekształceń ekosystemów leśnych [Szujewski 1966].

Najbardziej spektakularne zmiany w ekosystemach leśnych obserwowane są po wycięciu drzewostanu na zrębach zupełnych. Jednakże reakcja wyrażona zmianą gatunków dominujących i współdominujących w zgrupowaniach kusakowatych na terenach zrębów zupełnych zależy od lokalizacji drzewostanu: w borach sosnowych Puszczy Człuchowskiej są to odmienne gatunki niż w Puszczy Białej [Szujewski 1966, 1971, 1972]. To zróżnicowanie Szujewski [1995] tłumaczy położeniem badanych borów sosnowych w zasięgu 2 różnych zbiorowisk siedliskowo-klimatycznych: *Leucobryo-Pinetum* i *Peucedno-Pinetum*. Kusakowate reagują nie tylko na usunięcie drzew, ale i na zmianę warunków siedliskowych, z których według Nagya i in. [2015] najważniejsze są temperatura i wilgotność gleby oraz jej odczyn.

Kusakowate na wycinkę i założenie nowej uprawy reagują wzrostem bogactwa gatunkowego [Klimaszewski i in. 2008]. Podobnie reagują biegaczowate [Szyszko 1983; Niemalä i in. 1993; Magura i in. 2015]. Założenie zrębu oraz jego orka wpływają szczególnie silnie i negatywnie na leśne gatunki kusakowatych [Szujewski i in. 1983; Nagy i in. 2016]. Pomimo poznanej reakcji kusakowatych na założenie zrębu mało wiemy o ich wczesnej reakcji na wycięcie zrębu i jego zaoranie. Jako wczesną reakcję należy rozumieć tę, która zachodzi w pierwszych 2-3 miesiącach.

Celem niniejszej pracy było poznanie tego typu reakcji oraz próba wyboru gatunków kusakowatych, które mogą być indykatorami takich antropogenicznych zaburzeń. Postawiono dwie hipotezy:

1. Wczesna reakcja zgrupowań kusakowatych na wycięcie zrębu jest widoczna już w pierwszym miesiącu po jego wycięciu.
2. Głębokość przekształcenia zgrupowań kusakowatych rośnie wraz z przeprowadzeniem kolejnych prac zrębowych.

## Materiał i metody

Badania przeprowadzono w trzech drzewostanach sosnowych położonych na terenie Litwy – dwie powierzchnie znajdowały się w dystrykcie Orańskim (Varėna), a jedna w dystrykcie Kowieńskim (Kaunas). W drzewostanach dominuje sosna z niewielką domieszką brzozy i świerka. Wiek

badanych drzewostanów wynosił 100, 115 i 130 lat, natomiast zwarcie koron od 0,6 do 0,8. W każdym drzewostanie uwzględniono 2 warianty: pozostającego na pniu starodrzewu sosnowego i zrębu zupełnego założonego w części tego drzewostanu wiosną 2016 roku. Orkę zrębów przeprowadzono 5 miesięcy później.

Na terenie każdego starodrzewu służącego jako kontrola oraz zrębu pobierano w 5 miejscach próby ściółkowo-glebowe, z których w laboratorium wyplaszano kusakowate i inne chrząszcze. Próby glebowe pobierano w 2016 roku: w miesiąc po wycięciu drzewostanu (maj) i 5 miesięcy później, po zaoraniu zrębów (październik).

Do zidentyfikowania zooindykatorów – gatunków kusakowatych charakterystycznych dla zgrupowań zamieszkujących starodrzewy i zręby – zastosowano analizę IndVal [Dufrière, Legendre 1997]. W tej powszechnie stosowanej metodzie wskaźnik IndVal osiąga maksymalną wartość 1,0, co oznacza wysoką specyficzność gatunku występującego we wszystkich zgrupowaniach danego wariantu. Poziom istotności wskaźnika IndVal oceniany jest testem Monte-Carlo. Analizę IndVal wykonano przy użyciu R Statistic ([www.R-project.org](http://www.R-project.org)).

Aby zweryfikować hipotezę dotyczącą głębokości przekształcenia zgrupowań kusakowatych pod wpływem zrębu zupełnego, a następnie jego orki, wykonano w CANOCO 4.5 [ter Braak, Šmilauer 2003] analizę Principal Response Curve (PRC). Analiza PRC wykonywana jest jako seria analiz RDA z uwzględnieniem relacji pomiędzy datą poboru danych (w tym przypadku 2 terminy zbioru kusakowatych) i wariantami doświadczenia (starodrzew *vs.* zręb). Analiza PRC umożliwiła kontrastowe zestawienie serii czasowych danych pozyskanych w kontroli (starodrzew) i w wariantcie doświadczalnym (zręb). Ponadto diagram analizy PRC przedstawia dodatkową oś pionową, na której rozmieszcza się gatunki, przyporządkowując je do kontroli lub wariantu doświadczenia [van der Brink, ter Braak 1999; van der Brink *et al.* 2009].

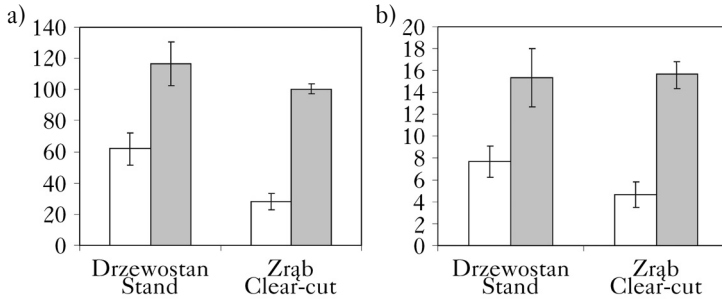
Aby zweryfikować hipotezę zależności głębokości przekształceń zgrupowań kusakowatych od wycięcia zrębu zupełnego, a następnie jego orki, wykonano analizę kowariancji ANCOVA, przyjmując porównanie drzewostan-zręb jako czynnik jakościowy, a termin przeglądu jako ilościowy. Analizę wykonano w programie Statistica.

## Wyniki

Z prób glebowych wypłoszono 921 osobników kusakowatych należących do 49 gatunków. Większą łowność kusakowatych zanotowano na terenie starodrzewu oraz w 2. terminie zbioru (ryc. 1a, tab. 1). Jednak to na terenie zrębu bardziej wzrosła łowność kusakowatych w 2. terminie, po zaoraniu zrębu (72,3 *vs.* 54,7). Więcej gatunków kusakowatych łowiono w drzewostanie, ale tylko w 1. terminie (ryc. 1b, tab. 1). Istotny był natomiast wzrost liczby gatunków kusakowatych w 2. terminie, przy czym był on większy na zrębach niż w starodrzewach (11,0 *vs.* 7,67).

Udział fauny leśnej w zgrupowaniach kusakowatych mniejszy był na zrębie niż w stojącym starodrzewie. Miał on wraz z upływem czasu, choć różnica ta pozostawała na granicy istotności (ryc. 2a, tab. 1). W 2. terminie poboru prób nie potwierdzono istotności różnic w udziale fauny zoofagów (ryc. 2b, tab. 1). Udział fauny wszystkożernejszej, choć wyższy w zgrupowaniach zrębowych, zależał tylko od terminu zbioru (ryc. 2c, tab. 1).

Zmiany zachodzące w zgrupowaniach kusakowatych po wycięciu drzewostanu i zaoraniu gleby oddaje wzrost separacji linii charakteryzujących je na diagramie PCR – ograniczonych punktami 1,0 (wycięcie zrębu) i 2,0 (zaoranie zrębu) na osi czasowej (ryc. 3). Analiza PRC wskazała też gatunki charakterystyczne dla zgrupowań zamieszkujących starodrzewy: *Trimium brevicorne*, *Geostiba circellaris*, *Othius subuliformis* i *Philonthus cognatus* oraz zręby: *Bryaxis puncticollis*, *Acrotona parens* i *Amischa analis*. Dokładniej gatunki charakterystyczne identyfikuje analiza IndVal, która dodatkowo uwzględnia poszczególne okresy odłowu fauny (tab. 2). Uwagę zwraca większa liczba



Ryc. 1.

Łowność (a) i średnia liczba gatunków (b) kusakowatych tuż po wycięciu zrębu (biały) i po jego zaoraniu pół roku później (szary)

Catch rate (a) and mean number of species (b) in rove beetles assemblages after clear-cutting (white) and tilling (grey)

Tabela 1.

ANCOVA dla wybranych cech zbiorowisk kusakowatych z uwzględnieniem terminu poboru próbek (Termin) i porównania starodrzewu ze zrębem (Wariant)

ANCOVA for rove beetles traits regarding sampling time (Termin) and comparison between mature stands and clear-cut (Wariant)

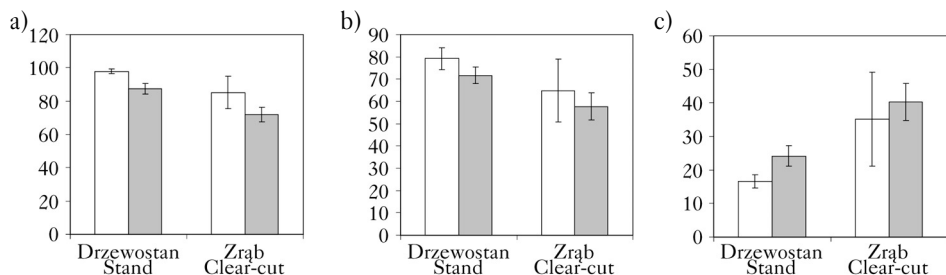
		SS	df	F	p
Łowność Catch rate	WW	410,700	1	1,652	0,231
	Termin	12096,750	1	48,659	<0,001
	Wariant	1900,080	1	7,643	0,022
	B	248,600	9		
Liczba gatunków Number of species	WW	12,033	1	1,304	0,282
	Termin	261,333	1	28,337	<0,001
	Wariant	5,333	1	0,578	0,466
	B	83,000	9	1,304	0,283
Udział gatunków leśnych Share of forest species	WW	12821,601	1	150,492	0,000
	Termin	421,878	1	4,952	0,053
	Wariant	590,507	1	6,931	0,027
	B	766,779	9		
Udział zoofagów Share of zoophagous	WW	7546,449	1	41,431	<0,001
	Termin	159,025	1	0,873	0,374
	Wariant	601,329	1	3,301	0,103
	B	1639,288	9		
Udział wszystkożernych Share of mixophagous	WW	459,969	1	2,858	0,125
	Termin	898,166	1	5,581	0,042
	Wariant	119,224	1	0,741	0,412
	B	1448,494	9		

WW – wyraz wolny; B – błąd; WW – intercept, B – error

gatunków charakterystycznych dla starodrzewów po wycięciu zrębów niż po ich zaoraniu pół roku później. Analiza IndVal wskazała więcej gatunków charakterystycznych dla zrębów po ich zaoraniu niż wycięciu.

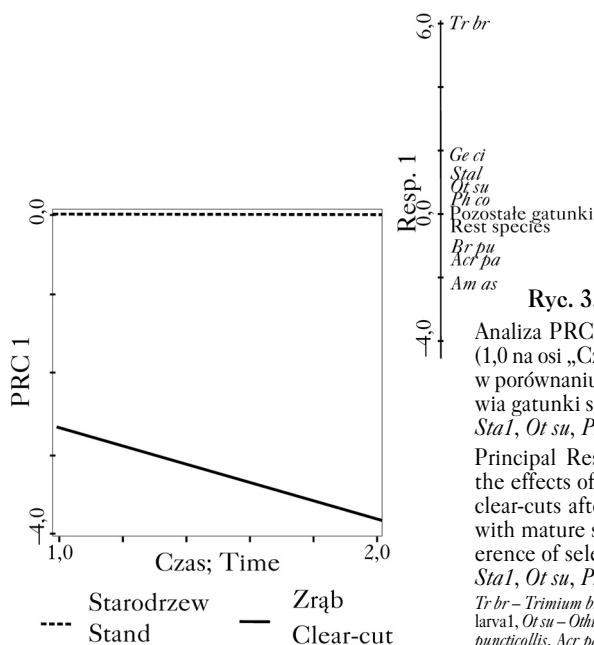
## Dyskusja

Należy podkreślić, że badania wykonano w ciągu roku – w tym samym roku wycięto zrąb, po czym go zaorano. Jest to sposób odmienny od stosowanego w Polsce, ale w tym przypadku daje



Ryc. 2.

Udział [%] w zgrupowaniach kusakowatych osobników należących do fauny leśnej (a), zoofagów (b) i gatunków wszystkożernych (c) tuż po wycięciu zrębu (biały) i po jego zaoraniu pół roku później (szary)  
Share [%] of forest (a), zoophagous (b) and mixophagous (c) species in rove beetles assemblages after clear-cutting (white) and tilling (grey)



Ryc. 3.

Analiza PRC kusakowatych po wycięciu drzewostanu (1,0 na osi „Czas”) i po zaoraniu zrębu (2,0 na osi „Czas”) w porównaniu ze starodrzewem. Dodatkowa oś przedstawia gatunki skorelowane ze starodrzewami (*Tr br*, *Ge ci*, *Stal*, *Ot su*, *Ph co* i *Br pu*) oraz zrębami (*Acr pa*, *Am as*)  
Principal Response Curve of rove beetles indicating the effects of fresh clear-cuts (1,0 on ‘Time’ scale) and clear-cuts after tilling (2,0 on ‘Time’ scale) comparing with mature stand. Additional axis represents the preference of selected species to mature stand (*Tr br*, *Ge ci*, *Stal*, *Ot su*, *Ph co* i *Br pu*) and clear-cuts (*Acr pa*, *Am as*)  
*Tr br* – *Trimium brevicorne*, *Ge ci* – *Geostiba circillaris*, *Stal* – *Staphylinidae larva1*, *Ot su* – *Othius subuliformis*, *Ph co* – *Philonthus congatus*, *Br pu* – *Bryaxis puncticollis*, *Acr pa* – *Acrotona parens*, *Am as* – *Amischa analis*.

możliwość przesledzenia natychmiastowej reakcji fauny zrębowej na bardzo silne zaburzenie antropogeniczne. Przedstawione wyniki ukazują zarówno sezonowe zmiany zachodzące w zgrupowaniach kusakowatych, jak i te wywołane gospodarką zrębową. O zmianach sezonowych świadczy wzrost łowności kusakowatych i liczby ich gatunków w ciągu kilku miesięcy pomiędzy wiosennym a późnoletnim poborem prób glebowych. Jednakże na terenie zrębu sezonowe zmiany łowności osobników i gatunków mają większą amplitudę, co może być reakcją na gospodarkę zrębową. Podobne wyniki uzyskali w drzewostanach borealnych Work i in. [2013]. Natomiast badania Szujeckiego [1966, 1971, 1972, 1995] oraz Nagya i in. [2016] wykazują odwrotną reakcję. Można powiedzieć, że zmiany zgrupowań kusakowatych pod wpływem zrębów są większe niż zmiany sezonowe. Tak samo wskazuje diagram PRC, w którym odległość zgrupowań zrębowych od kontrolnych wzrosła po zaoraniu zrębu.

Tabela 2.

Gatunki kusakowatych wskazane przez analizę IndVal jako charakterystyczne dla zgrupowań zamieszkujących drzewostany sosnowe lub zręby w poszczególnych terminach zbioru (1, 2)

Indicator Value and its statistics for species of rove beetles characteristic for mature stands and clear-cuts in individual sampling periods (1 and 2)

		IndVal 1	p	IndVal 2	p
Starodrzew Stand	<i>Ischnosoma splendidum</i>	0,33	0,038		
	<i>Othius subuliformis</i>	0,33	0,043		
	<i>Stenichnus scutellaris</i>	0,33	0,037		
	<i>Trimium brevicorne</i>	0,71	0,001		
	<i>Xantholinus tricolor</i>	0,40	0,016		
	<i>Philonthus cognatus</i>			0,33	0,038
Zręb	<i>Sepedophilus</i> sp.			0,41	0,023
	<i>Acrotona parens</i>			0,40	0,016
Clear-cut	<i>Amischa analis</i>	0,33	0,034	0,61	0,005

Niekorzystny wpływ zrębów zupełnych, a zwłaszcza orki, ujawnia się w strukturze zgrupowań. Pod wpływem założenia zrębu udział fauny leśnej ulega redukcji, zaś fauna drapieżna częściowo ustępuje miejsca faunie niewyspecjalizowanej pokarmowo. Fakt zaorania zrębu jest najbardziej widoczny w redukcji leśnej fauny kusakowatych. Wydaje się, że ten proces można uznać jako wczesną, niemalże natychmiastową reakcję tej rodziny chrząszczy na zaoranie świeżo wyciętego zrębu. Silną reakcję leśnych kusakowatych na wycięcie zrębu opisano też w innych badaniach [Szujewski 1966, 1971, 1972, 1995; Nagy i in. 2016].

Analiza IndVal uporządkowała gatunki, dzieląc je na charakterystyczne dla starodrzewów i zrębów. Pierwszy z nich, *Ischnosoma splendidum*, jest gatunkiem leśnym, którego występowanie związane jest z obecnością grzybów [Klimaszewski i in. 2013; Stefani i in. 2016]. Z kolei *Stenichnus scutellaris* jest gatunkiem myrmekofilnym, polującym na roztocza w lesie [Päivinen i in. 2002; Jałoszyński, Olszanowski 2015]. Ściółkowym drapieżnikiem polującym na bezkręgowce glebowe jest *Trimium brevicorne* [Neuhäuser 1995; Sakchoowong i in. 2008]. Szujewski [1987] oraz Schomann i in. [2008] podkreślają jego rolę jako bardzo ważną w funkcjonowaniu detrytusowej sieci pokarmowej. Dwa kolejne gatunki – *Xantholinus tricolor* i *Othius subuliformis* – są typowymi gatunkami leśnymi [Szujewski 1966; Belskaya, Kolesnikova 2011], preferującymi drzewostany iglaste [Wieżik i in. 2007]. Drapieżnym generalistą, występującym w leśnej ściółce i na terenach otwartych, jest *Philonthus cognatus* [Szujewski 1987]. Większość larw i imag gatunków z rodzaju *Sepedophilus* związanych jest z grzybami, niektóre z nich polują na mrówki [Leschen, Beutel 2001].

Analiza IndVal wskazała tylko dwa gatunki – *Amischa analis* i *Acrotona parens* – jako charakterystyczne w natychmiastowej reakcji na wycięcie zrębu, przy czym *A. parens* wskazany był jako charakterystyczny dla zmian w zgrupowaniach kusakowatych następujących po zaoraniu zrębu. Oba gatunki są charakterystyczne dla silnych antropogenicznych zaburzeń drzewostanów. Koch [1989] i Ødegard [1999] charakteryzują *A. parens* jako gatunek eurytypowy, podobnie piszą o *A. analis* Burakowski i in. [1980] oraz Koch [1989]. Oba gatunki wskazała również analiza PRC jako charakteryzujące zgrupowania kusakowatych na zrębie. W północno-wschodnich borach sosnowych Polski *A. analis*, obok 4 innych gatunków kusakowatych, wskazywany był jako gatunek zrębowy [Szujewski 1966, 1971, 1972].

Przedstawione zmiany zachodzące w zgrupowaniach kusakowatych wobec wycięcia i zaorania zrębu przypominają te obserwowane u biegaczowatych [Szujewski in. 1983; Szyszko 1983;

Niemalä i in. 1993; Skłodowski 1995, 2002, 2006; Beaudry i in. 1997; Heliölä i in. 2001; Huber, Baumgarten 2005]. Dlatego wydaje się, że otrzymane wyniki są poprawne i uprawniają do pozytywnej weryfikacji obu hipotez:

1. Wczesna reakcja, manifestująca się redukcją liczebności osobników i wzrostem liczby gatunków oraz redukcją udziału fauny leśnej, widoczna jest już w pierwszym miesiącu po wycięciu zrębu.
2. Głębokość przekształcenia zgrupowań kluskowatych wzrasta wraz z przeprowadzeniem kolejnych prac zrębowych.

Można też wskazać dwa gatunki kusakowatych: *A. parens* i *A. analis* – jako gatunki wskaźnikowe dla silnych przekształceń fauny kusakowatych, które wywołuje gospodarka zrębowa.

## Literatura

- Beaudry S., Duchesne L. C., Côté B. 1997. Short-term effects of three forestry practices on carabid assemblages in a jack pine forest. *Canadian Journal of Forest Research* 24: 2065-2071.
- Belskaya A. E., Kolesnikova A. A. 2011. Species Composition and Ecological Characteristics of Rove beetles (*Coleoptera*, *Staphylinidae*) in the Southern Taiga of the Middle Urals. *Entomological Review* 91 (5): 599-610.
- ter Braak C. J. F., Šmilauer P. 2003. *Multivariate analysis of ecological data using CANOCO*. Cambridge University Press, New York.
- van den Brink P. J., den Besten P. J., bij de Vaate A., ter Braak C. J. F. 2009. Principal response curves technique for analysis of multivariate biomonitoring time series. *Environmental Monitoring and Assessment* 152: 271-281.
- van den Brink P. J., ter Braak C. J. F. 1999. Principal response curves: analysis of time-dependent multivariate responses of biological community to stress. *Environmental Toxicology and Chemistry* 18: 138-148.
- Burakowski B., Mroczkowski M., Stefańska J. 1980. Katalog fauny Polski. Tom 7. Chrzyszczce – *Coleoptera*. Kusakowate – *Staphylinidae*. Warszawa, Poland.
- Dufré M., Legendre P. 1997. Species assemblages and indicator species: the need for a flexible asymmetrical approach. *Ecological Monographs* 67: 345-366.
- Grebennikov V. V., Newton A. F. 2009. Good-bye *Scydmaenidae*, or why the ant-like stone beetles should become megadiverse *Staphylinidae* sensu latissimo (*Coleoptera*). *European Journal of Entomology* 106: 275-301.
- Heliölä J., Koivula M., Niemalä J. 2001. Distribution of carabid beetles (*Coleoptera*, *Carabidae*) across a boreal forest-clearcut ecotone. *Conservation Biology* 15 (2): 370-377.
- Huber C., Baumgarten M. 2005. Early effect of forest regeneration with selective and small scale clear-cutting on ground beetles (*Coleoptera*: *Carabidae*) in Norway spruce stand in Southern Bavaria (Höglwald). *Biodiversity and Conservation* 14: 1989-2007.
- Jaloszynki P., Olszanowski Z. 2015. Feeding of *Scydmaenus rufus* (*Coleoptera*: *Staphylinidae*: *Scydmaeninae*) on oribatid mites: prey preferences and hunting behaviour. *European Journal of Entomology* 112: 151-164.
- Klimaszewski J., Langor D. W., Work T. T., Hammond J. H. E., Savard K. 2008. Smaller and more numerous harvesting gaps emulate natural disturbances: a biodiversity test case using rove beetles (*Coleoptera*: *Staphylinidae*). *Diversity and Distributions* 14: 969-982.
- Klimaszewski J., Morency M.-J., Labrie P., Séguin A., Langor D., Work T., Bourdon C., Thiffoult E., Paré D., Newton A. F., Thayer M. K. 2013. Molecular and microscopic analysis of the gut contents of abundant rove beetles species (*Coleoptera*: *Staphylinidae*) in boreal balsam fir forest of Quebec, Canada. *ZooKeys* 353: 1-24.
- Koch K. 1989. *Die Käfer Mitteleuropas. Ökologie* 1. Goecke & Evers Verlag, Krefeld.
- Leschen R. A. B., Beutel R. G. 2001. Pseudotracheal tubes, larval head, and mycophagy in *Sepedophilus* (*Coleoptera*: *Staphylinidae*: *Tachyporinae*). *Journal of Zoological Systematics and Evolutionary Research* 39 (1-2): 25-35.
- Magura T., Bogyó D., Mizser S., Nagy D. D., Tóthmérész B. 2015. Recovery of ground-dwelling assemblages during reforestation with native oak depends on the mobility and feeding habits of the species. *Forest Ecology and Management* 339: 117-126.
- Nagy D. D., Magura T., Debnár Z., Horváth R., Tóthmérész B. 2015. Shift of rove beetle assemblages in reforestation: Does nativity matter? *Journal of Insect Conservation* 19: 1075-1087.
- Nagy D. D., Magura T., Mizser S., Debnár Z., Tóthmérész B. 2016. Recovery of surface-dwelling assemblages (*Coleoptera*: *Carabidae*, *Staphylinidae*) during clear-cut originated reforestation with native tree species. *Periodicum Bialogorum* 118 (3): 195-203.
- Neuhäuser L. 1995. Verbreitung und Ökologie der Palpenkäfer in Kärnten und der angrenzenden Gebieten (*Pselaphidae*, *Coleoptera*). *Carinthia II* 185/105: 735-772.
- Niemalä J., Langor D., Spence J. R. 1993. Effects of clear-cut harvesting on boreal ground beetles assemblages (*Coleoptera*: *Carabidae*) in Western Canada. *Conservation Biology* 7 (3): 551-561.



- Ødegard F. 1999. Invasive beetle species (*Coleoptera*) associated with compost-heaps in the Nordic countries. *Norvegina Journal of Entomology* 46 (2): 67-78.
- Päivinen J., Ahlroth P., Kaitala V. 2002. Ant-associated beetles of Fennoscandia and Denmark. *Entomologica Fennica* 13: 20-40.
- Pohl G. R., Langor D. W., Klimaszewski J., Work T., Paquin P. 2008. Rove beetles (*Coleoptera: Staphylinidae*) in northern Nearctic forests. *Canadian Entomologist* 140: 415-436.
- Sakchoowong W., Jaitrong W., Ogata K., Nomura S., Chanpaisaeng J. 2008. Diversity of soil litter insects: comparison of the Pselaphine beetles (*Coleoptera: Staphylinidae: Pselaphinae*) and the ground ants (*Hymenoptera: Formicidae*). *Thail Journal of Agricultural Science* 41 (1-2): 11-18.
- Schomann A., Afflerbach K., Betz O. 2008. Predatory behaviour of some Central European pselaphine beetles (*Coleoptera: Staphylinidae: Pselaphiinae*) with descriptions of relevant morphological features of their heads. *European Journal of Entomology* 105: 889-907.
- Skłodowski J. 1995. Antropogeniczne przeobrażenia zespołów biegaczowatych (*Col. Carabidae*) w ekosystemach borów sosnowych Polski. W: Szujewski A. [red.]. *Antropogeniczne przeobrażenia epigeicznej i glebowej entomofauny borów sosnowych*. Katedra Ochrony Lasu i Ekologii. Fundacja „Rozwój SGGW”, Warszawa. 17-174.
- Skłodowski J. 2002. System kolonizacji zrębów zupełnych przez biegaczowate oraz możliwości jego doskonalenia. Wydawnictwo SGGW, Warszawa.
- Skłodowski J. 2006. Antropogenic transformation of Ground beetles assemblages (*Coleoptera, Carabidae*) in Białowieża Primeval Forest, Poland: from primeval forests to management woodlands of various agents. *Entomologica Fennica* 17: 296-314.
- Stefani F. O. P., Klimaszewski J., Morency M.-J., Bourdon C., Labrie P., Blais M., Venier L., Séguin A. 2016. Fungal community composition in the gut of rove beetles (*Coleoptera: Staphylinidae*) from Canadian boreal forest reveals possible endosymbiotic interactions for dietary needs. *Fungal Ecology* 23: 164-171.
- Szujewski A. 1966. Kształtowanie się stosunków ilościowych i jakościowych wśród ściółkowych kusakowatych (*Coleoptera, Staphylinidae*) borów sosnowych świeżych pod wpływem zrębów zupełnych. Wydawnictwo SGGW. Warszawa.
- Szujewski A. 1971. Wpływ rębni zupełnej na zgrupowania ściółkowych kusakowatych (*Col. Staphylinidae*) borów sosnowych świeżych. *Folia Forestalia Polonica* A 18: 5-45.
- Szujewski A. 1972. Impact of clearcutting on the soil entomofauna. *Septimo Congr. Forestal Mundial, Buenos Aires (Argentina)*, 4-18 October de 1972. 7CFM/ C:III/G/E Doc 236.
- Szujewski A. 1987. *Ecology of Forest Insects*. Springer Netherlands.
- Szujewski A. 1995. Zgrupowania kusakowatych (*Col., Staphylinidae*) borów sosnowych świeżych i ich antropogeniczne przeobrażenia. W: Szujewski A. [red.]. *Antropogeniczne przeobrażenia epigeicznej i glebowej entomofauny borów sosnowych*. 175-251.
- Szujewski A., Mazur S., Perliński S., Szyszko J. 1983. *The process of forest soil macrofauna formation after afforestation of farmland*. Warsaw Agricultural University Press, Warsaw.
- Szyszko J. 1983. State of *Carabidae (Col.)* fauna in fresh pine forest and tentative valorisation of this environment. Warsaw Agricultural University Press, Warszawa.
- Wiezik M., Svitok M., Dovčiak M. 2007. Conifer introductions decrease richness and alter composition of litter-dwelling beetles (*Coleoptera*) in Carpatina oak forests. *Forest Ecology and Management* 247: 61-71.
- Work T., Klimaszewski J., Thiffault E., Bourdon E., Paré D., Bousquet Y., Venier L., Titus B. 2013. Initial responses of rove and ground beetles (*Coleoptera, Staphylinidae, Carabidae*) to removal of logging residues following clearcut harvesting in the boreal forest of Quebec, Canada. *ZooKeys* 258: 31-52.