



Wpływ zróżnicowania użytkowania krajobrazowego na cechy zgrupowań biegaczowatych (*Coleoptera: Carabidae*) obszarów rolnych

Effects of the diversity of landscape use on the characteristics of farmland ground-beetle assemblages

Jerzy Solon  Edyta Regulska 

Instytut Geografii i Przestrzennego Zagospodarowania im. S. Leszczyckiego PAN
ul. Twarda 51/55, 00-818 Warszawa
j.solon@twarda.pan.pl • eregulska@twarda.pan.pl

Zarys treści. W artykule oszacowano w skali lokalnej wpływ zróżnicowania struktury krajobrazu na cechy zgrupowań chrząszczy biegaczowatych (*Carabidae*), jako grupy systematycznej niezwykle ważnej dla funkcjonowania ekosystemów rolnych. Stanowiska badawcze zlokalizowano w dwóch odmiennych układach pól (pola wielkoobszarowe i kompleksy pól małe) w dwóch jednostkach regionalnych: Pojezierzu Litewskim i Pobrzeżu Koszalińskim. Administracyjnie analizowane obszary należą do gmin: Dubeninki w województwie warmińsko-mazurskim (miejscowości Rogajny i Łoje), Przerośl w województwie podlaskim (Rakówek) i Potęgowo (miejscowości Wieliszewo, Malczkowo, Darżyno i Darżynko) w województwie pomorskim. Dane faunistyczne pochodzą z 12 transektów (po 6 na każdą jednostkę regionalną i po 3 na każdy typ pola). Zastosowano zestaw wskaźników struktury krajobrazu przystosowanych do lokalnej skali badania. Uzyskane wyniki wskazują na związki między strukturą krajobrazu, wyrażoną liczbą płatów zbiorowisk roślinnych, różnorodnością roślinności w otoczeniu i obecnością drzew w krajobrazie a różnorodnością gatunkową i liczbą gatunków biegaczowatych. Nie stwierdzono bezpośredniego wpływu typu gleb w obrębie badanego obszaru oraz w jego sąsiedztwie na różnorodność gatunkową biegaczowatych.

Słowa kluczowe: wielkoobszarowa gospodarka rolna, uprawy tradycyjne, użytkowanie ziemi, Polska północna.

Wstęp

W ostatnich sześćdziesięciu latach nastąpiła znaczna intensyfikacja rolnictwa, a w konsekwencji dramatyczne zmniejszenie różnorodności krajobrazów wiejskich w Europie (Robinson i Sutherland, 2002). Pomimo intensywnie zachodzących zmian po wstąpieniu do Unii Europejskiej, Polska wciąż jeszcze różni się pod tym względem od Europy Zachodniej. Wydajność pracy oraz komasacja gruntów ornych w krajowym rolnictwie są znacznie mniejsze niż w rozwiniętych gospodarczo państwach Unii (Kołodziejczak, 2016). W aspekcie czysto ekonomicznym może to być zjawisko niekorzystne, z drugiej zaś strony taka struktura użytkowania gruntów, obejmująca m.in. zróżnicowanie upraw, rozmiarów i kształtów pól oraz wzorca rozmieszczenia elementów (pól) naturalnych, ma pozytywny wpływ na zachowanie różnorodności biologicznej.

Heterogeniczność krajobrazu, jest głównym czynnikiem determinującym różnorodność biologiczną na obszarach rolniczych (Fahrig i inni, 2011; Duflot i inni, 2014). Jest ona definiowana jako połączenie dwóch składników – kompozycji i konfiguracji krajobrazu (McGarigal i Marks, 1995). Różnorodność siedlisk (kompozycja) wpływa na bogactwo roślin (Poggio i inni, 2010), kręgowców (Robinson i inni, 2001) i bezkręgowców (Woodcock i inni, 2010). Z kolei konfiguracja krajobrazu, której miarą może być np. długość krawędzi (lub granic), czy relacje odległościowe między różnymi płacami tego samego typu, wpływa m.in. na przemieszczanie się osobników różnych gatunków, rekolonizację lub zajmowanie nowych siedlisk oraz relacje wewnątrz- i między- populacyjne (Tscharrntke i inni, 2005b). Silnie zróżnicowane przestrzennie i pofragmentowane krajobrazy wiejskie (kompleksy pól małych), wyróżniają się liczną obecnością bardziej trwałych i naturalnych elementów krajobrazu, przy jednoczesnym zróżnicowaniu rodzaju upraw. Z kolei obszary homogeniczne, z dominującym rolnictwem wielkoobszarowym i monokulturowym, charakteryzują się znacznym uproszczeniem struktury krajobrazu i zanikiem lub ograniczeniem zasięgu siedlisk (pół)naturalnych i naturalnych (np. miedz, zadrzewień, nieużytków, bagien i torfowisk oraz oczek śródpolnych) oraz zanikiem wielu gatunków związanych z tymi siedliskami (Burel i inni, 2004; Tscharrntke i inni, 2005a).

Z początkiem XXI w. zachowanie różnorodności biologicznej krajobrazów rolniczych stało się bardzo ważnym problemem społecznym i gospodarczym, ze szczególnym naciskiem na zachowanie funkcjonowania ekosystemów i świadczenie usług ekosystemowych przez różne grupy organizmów, w tym m.in. chrząszcze epigeiczne (Millennium Ecosystem Assessment, 2005). Chrząszcze epigeiczne przyczyniają się m.in. do redukcji szkodników upraw, rozsiewania nasion czy obiegu węgla i składników pokarmowych (Landis i inni, 2000; Fischer i inni, 2013). Wśród nich na szczególną uwagę zasługują biegaczowate (Carabidae). Na strukturę zgrupowania biegaczowatych w skali lokalnej wpływa m.in. rodzaj uprawy i obecność (pół)naturalnych siedlisk (Weibull i Östman, 2003; Aviron i inni, 2005; Navntoft i inni, 2006; Sarthou i inni, 2014), które w krajobrazach wiejskich często obejmują siedliska zadrzewione (np. lasy i żywopłoty) i siedliska zielne (np. obrzeża pól, pobocza dróg, ugory i łąki). Wiele czynników abiotycznych i biotycznych wpływa za zgrupowanie Carabidae. W skali lokalnej do najważniejszych należą uwarunkowania klimatyczne (temperatura i wilgotność), glebowe (wilgotność, kwasowość i zawartość materii organicznej) i zabiegi agrotechniczne (orka, rodzaj uprawy, rotacja upraw, nawożenie i kontrola szkodników) oraz aspekty związane ze zróżnicowaniem krajobrazu (wielkość pola, użytkowanie gruntów, obecność (pół)naturalnych siedlisk) (Lövei i Sunderland, 1996; Östman i inni, 2001; O'Rourke i inni, 2008; Vician i inni, 2015).

Celem ogólnym badań przedstawionych w tym artykule było określenie w skali lokalnej wpływu zróżnicowania struktury krajobrazu na bogactwo gatunkowe Carabidae. Największą uwagę zwrócono na uzyskanie odpowiedzi na następujące pytania:

1. Czy wielkoobszarowa gospodarka rolna powoduje zmniejszenie zróżnicowania przestrzennego roślinności i wpływa na obniżenie bogactwa gatunkowego Carabidae?
2. Czy różnorodność typów gleby w obrębie badanego obszaru i jego sąsiedztwie wpływa na różnorodność gatunkową wybranej grupy bezkręgowców?
3. Czy obecność drzew i zadrzewień wspiera różnorodność gatunkową tej grupy?

Na potrzeby opracowania zaproponowano zestaw wskaźników struktury krajobrazu dopasowany do skali analizy. Pomimo bogactwa możliwych do wykorzystania miar stanu

krajobrazu stosowanych w odniesieniu do obszarów rolniczych (Solon, 2004) dla małych obszarów większość z nich jest nieprzydatna lub wymaga daleko idących modyfikacji.

Teren, dane i metody badań

Stanowiska badawcze (transekty) ulokowane były na obszarach rolnych, które zgodnie z uszczegółowionym podziałem fizycznogeograficznym (Solon i inni, 2018), położone są w dwóch jednostkach regionalnych: (a) w północnej części mezoregionu 842.72 Pojezierze Zachodniosuwalskie w obrębie makroregionu Pojezierza Litewskiego oraz (b) w południowej części mezoregionu 313.44 Wysoczyzna Damnicka w obrębie makroregionu Pobrzeża Koszalińskiego. Według podziału administracyjnego stanowiska te znajdują się odpowiednio: w gminie Dubeninki w województwie warmińsko-mazurskim (miejscowości Rogajny i Łoje) i w gminie Przerośl w województwie podlaskim (Rakówek) – określane dalej łącznie jako „obszar Dubeninki”, a także w gminie Potęgowo w województwie pomorskim (miejscowości Wieliszewo, Malczkowo, Darżyno i Darżynko – określane dalej jako „obszar Potęgowo”).

W przypadku pól dużych transekty w całości mieściły się w obrębie jednego homogenicznego pola, zaś w kompleksach pól małych obejmowały pola wraz z miedzami i drogami polnymi. Struktura krajobrazu obszarów sąsiadujących miała zbliżony charakter do wybranych powierzchni. Wybrane obszary cechuje nieprzerwany, trwający dekady charakter gospodarki rolnej, a wytypowane zostały na podstawie rozmieszczenia dawnych Państwowych Gospodarstw Rolnych, map oraz wywiadów z mieszkańcami.

Dane dotyczące zróżnicowania glebowego obszarów badawczych pochodziły z map glebowo-rolniczych w skali 1:5000, natomiast strukturę przestrzenną roślinności rzeczywistej określono na podstawie specjalnie wykonanego, szczegółowego kartowania fitosocjologicznego, również w skali 1:5000. Bliższe dane o zróżnicowaniu glebowym i szaty roślinnej można znaleźć w opracowaniach Pacuk i Regulskiej (2014) oraz Regulskiej i Koczkowskiej (2015, 2016).

Odłowy epigeicznych gatunków biegaczowatych prowadzone były w dwóch sezonach wiosennych (w maju) i dwóch jesiennych (w październiku) w latach 2007–2008. Zastosowano metodę odłowu do zmodyfikowanych pułapek glebowych Barbera (Barber, 1931). Owady wybierano po 48 h, a następnie konserwowano w 75% alkoholu i oznaczono do gatunku. Pułapki umieszczono w obrębie 12 transektów – 6 zlokalizowanych w obszarze Dubeninki i 6 w obszarze Potęgowo. W każdym z nich 3 transekty reprezentowały pola duże i 3 tradycyjne pola małe. W sumie otrzymano 48 serii połowowych (12 transektów x dwa lata x dwie pory roku). Ze względu na ukształtowanie terenu i wielkość pól, transekty miały różną, choć zbliżoną długość i obejmowały różną liczbę pułapek (tab. 1).

Minimalna odległość między pułapkami wynosiła 10 m, z wyjątkiem pól małych gdzie pułapki rozmieszczano według zasady – 2,5 metra przed i za miedzą, lub drogą polną oraz od granicy pól, jeśli nie były rozdzielone miedzą lub drogą.

Do dalszych szczegółowych analiz uzyskane dane o liczbie odłowionych osobników i składzie gatunkowym chrząszczy biegaczowatych, pochodzące z 941 pułapek efektywnych, zagregowano do 12 kategorii odpowiadających transektom. Liczba pułapek efektywnych łącznie określa liczbę pułapek, z których pobrano materiał faunistyczny. Wartość

Tabela 1. Zróżnicowanie liczby pułapek w obrębie transektów na stanowiskach badawczych
Differentiation of the number of traps along transects in study sites

Stanowisko badawcze* <i>Study site*</i>	Długość transektu (m) <i>Length of transect (m)</i>	Liczba rozstawionych pułapek <i>Numer of traps</i>	Liczba pułapek efektywnych łącznie <i>Number of effective traps</i>
Dd1	195	16	61
Dd2	205	16	49
Dd3	195	16	63
Dm1	207	25	92
Dm2	175	16	63
Dm3	207	25	93
Pd1	331	21	82
Pd2	324	21	81
Pd3	331	21	82
Pm1	338	26	102
Pm2	327	19	73
Pm3	338	26	100

*Kodowanie stanowisk – D i P określa odpowiednio obszar Dubeninki i Potęgowa; d i m określa odpowiednio pola duże oraz kompleksy pól małych; liczby 1, 2 i 3 oznaczają kolejne replikacje.

Coding – D and P respectively describe the Dubeninki and Potęgowa areas; d and m are respectively large fields and complexes of small fields; numbers 1, 2 and 3 denote successive replicates.

Opracowanie własne, tak samo pozostałe tabele i ryciny

Source: Authors' own elaboration, like remaining tables and figures.

ta jest równa czterokrotnej liczbie pułapek rozstawianych na transekcje, pomniejszonej o pułapki zniszczone lub silnie uszkodzone z materiałem nienadającym się do identyfikacji.

Na potrzeby dalszych analiz określono wybrane wskaźniki struktury krajobrazu, zmodyfikowane odpowiednio do skali badań:

1. Liczba płatów zbiorowisk na transekcje – określona na podstawie obserwacji w terenie;
2. Liczba typów zbiorowisk roślinnych na transekcje – określona na podstawie obserwacji w terenie;
3. Liczba typów zbiorowisk w odległości do 200 m od transektu – określona na podstawie mapy roślinności rzeczywistej;
4. Różnorodność powierzchniowa roślinności (H) w odległości do 200 m od transektu – określona na podstawie mapy roślinności rzeczywistej według wzoru: $H = -\sum p_i \log_{10} p_i$, gdzie p_i – udział powierzchniowy zbiorowiska i na obszarze odległym do 200 m od linii transektu;
5. Równomierność powierzchniowa roślinności (E) w odległości do 200 m od transektu – określona na podstawie mapy roślinności rzeczywistej według wzoru: $E = H / \log_{10} n$, gdzie n – liczba typów zbiorowisk na obszarze odległym do 200 m od linii transektu;
6. Odległość do najbliższego drzewa (m) – jest to najmniejsza odległość między dowolnym punktem transektu a najbliższym drzewem, mierzona na zdjęciu lotniczym zweryfikowanym w terenie;

7. Średnia odległość do najbliższego drzewa (m) od końców transektu – jest to średnia arytmetyczna z dwóch odległości (drzewa mogą być inne niż w poprzednim wskaźniku), mierzona na zdjęciu lotniczym zweryfikowanym w terenie;
8. Liczba płatów gleb na transekcje – określona na podstawie mapy glebowej;
9. Liczba typów płatów gleb na transekcje – określona na podstawie mapy glebowej;
10. Liczba typów gleb w odległości do 200 m od transektu – określona na podstawie mapy typów gleb;
11. Różnorodność powierzchniowa gleb (H) w odległości do 200 m od transektu – określona na podstawie mapy typów gleb według wzoru: $H = -\sum p_i \log_{10} p_i$, gdzie p_i – udział powierzchniowy typu gleby i na obszarze odległym do 200 m od linii transektu;
12. Równomierność powierzchniowa gleb (E) w odległości do 200 m od transektu – określona na podstawie mapy typów gleb według wzoru: $E = H / \log_{10} n$, gdzie n – liczba typów gleb na obszarze odległym do 200 m od linii transektu.

Dla ogólnego porównania składu gatunkowego na obu obszarach i 12 stanowiskach badawczych zastosowano dwie miary podobieństwa (Hammer, 2018). Dla danych ilościowych wskaźnik Bray-Curtisa postaci:

$$d_{jk} = \frac{\sum_i \min(x_{ji}, x_{ki})}{\sum_i (x_{ji} + x_{ki})}$$

gdzie: d_{jk} – podobieństwo między stanowiskami j oraz k ; x_{ji} – liczebność i -tego gatunku na stanowisku j .

i wskaźnik Kulczyńskiego dla danych binarnych:

$$d_{jk} = [(M/(M+N_j) + M/(M+N_k))/2]$$

gdzie: M – liczba gatunków wspólnych dla stanowisk j oraz k ; N_j – liczba gatunków na stanowisku j .

Obliczenia wykonano w programie PAST (Hammer i inni, 2018).

Wyniki

Liczba osobników, bogactwo gatunkowe i różnorodność odłowionych Carabidae

Łącznie odłowiono 4856 osobników należących do 90 gatunków chrząszczy biegaczowatych. W obszarze Dubeninki pozyskano łącznie 2161 osobników z 71 gatunków zaś w obszarze Potęgowo 2695 osobników reprezentujących 64 gatunki. Szczegółowe wyniki dotyczące poszczególnych transektów przedstawiono w tabeli 2.

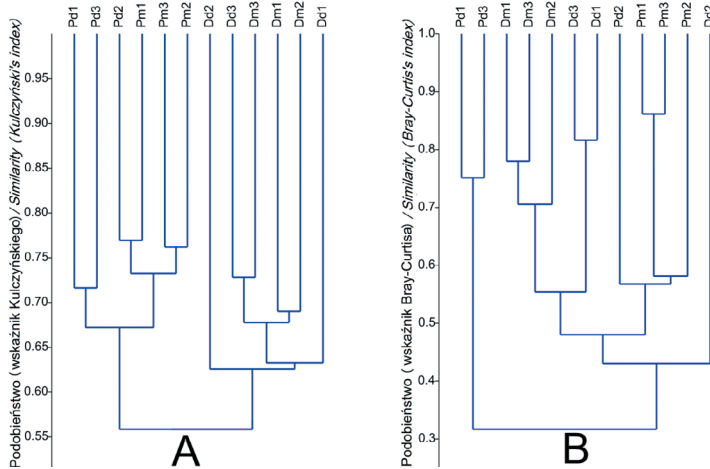
Różnice w składzie gatunkowym Carabidae między obszarami (regionami) i poszczególnymi stanowiskami badawczymi (transektami) obrazuje rycina 1.

Na podstawie jedynie występowanie gatunków Carabidae (bez uwzględniania liczby odłowionych osobników) rysuje się wyraźna odmienność regionalna omawianych obszarów, co przejawia się m.in. wyraźnym podziałem dendrogramu na dwie części (ryc. 1A). Słabiej natomiast jest wyrażone zróżnicowanie zgrupowań ze względu na odłów na polach dużych i kompleksach pól małych. Z kolei, w przypadku analizy uwzględniającej liczbę odłowionych osobników z poszczególnych gatunków silniej wyrażone jest wzajemne po-

Tabela 2. Wyniki odłowów i wybrane wskaźniki zgrupowań chrząszczy biegaczowatych na stanowiskach badawczych

Results of catches and chosen indices of ground beetles assemblages at the study sites

Stanowisko badawcze <i>Study site</i>	Liczba gatunków <i>Number of species</i>	Łączna liczba osobników <i>Total number of individuals</i>	Liczba osobników na 100 pułapek efektywnych <i>Number of individuals per 100 effective traps</i>	Różnorodność gatunkowa <i>Species diversity</i>	Równomierność gatunkowa <i>Species evenness</i>	Udział gatunku dominują- cego (%) <i>Share of the dominant species (%)</i>
Dd1	39	533	874	1,194	0,750	13
Dd2	24	239	488	0,507	0,369	42
Dd3	40	508	806	1,177	0,735	18
Dm1	37	312	339	1,243	0,793	14
Dm2	28	227	360	1,119	0,773	27
Dm3	37	342	368	1,202	0,766	17
Pd1	28	151	184	1,126	0,778	27
Pd2	35	470	580	1,164	0,754	26
Pd3	34	203	248	1,247	0,814	18
Pm1	44	720	706	1,339	0,815	14
Pm2	42	362	496	1,235	0,761	28
Pm3	42	789	789	1,334	0,822	13



Ryc. 1. Dendrogram podobieństwa składu gatunkowego biegaczowatych na transektach, (A) bez uwzględnienia liczby odłowionych osobników poszczególnych gatunków oraz (B) z uwzględnieniem (dendrogram zbudowany według algorytmu UPGMA)

Similarity dendrogram of ground-beetle species composition on transects, (A) presence-absence of species only; (B) species abundance taken into account (dendrograms built according to the UPGMA algorithm)

dobieństwo zgrupowań z transektów z kompleksów pól małych w obrębie tego samego obszaru, natomiast odmienności regionalne są słabo wyrażone (ryc. 1B).

Różnice między zgrupowaniami Carabidae pól dużych i kompleksów pól małych są widoczne na obu obszarach badawczych (tab. 2). Jednakże, na obszarze Potęgowo w kompleksach pól małych bogactwo gatunkowe oraz ogólna liczba odłowionych osobników (bezwzględna i w przeliczeniu na 100 pułapek efektywnych) są wyższe w porównaniu ze zgrupowaniami pól dużych. Natomiast na obszarze Dubeninki nie ma istotnej różnicy między bogactwem gatunkowym Carabidae obu typów transektów, a liczba odłowionych osobników jest wyraźnie wyższa na polach dużych.

Istotną cechą zgrupowań biegaczowatych kompleksów pól małych jest wyższa różnorodność gatunkowa w stosunku do fauny pól dużych. Zależność ta występuje na obu obszarach badawczych. Również wyższy jest wskaźnik równomierności, choć różnice między zgrupowaniami Carabidae pól małych i dużych są bardzo niewielkie. Podobną zmienność wykazuje udział liczby osobników gatunku dominującego w ogólnej liczbie odłowionych biegaczowatych, choć wartości minimalne na obu typach powierzchni są bardziej do siebie zbliżone niż wartości maksymalne.

Struktura mozaiki krajobrazowej wokół stanowisk badawczych

Obszar Dubeninki reprezentuje krajobraz bardziej bogaty typologicznie, drobnomozaikowy i zróżnicowany pod względem ekologicznym. Świadczą o tym wyższe wartości takich wskaźników jak liczba typów zbiorowisk i typów gleb w odległości do 200 m od transektu, wyższa różnorodność i równomierność powierzchniowa roślinności oraz wyższa różnorodność typów gleb w odległości do 200 m od transektu (tab. 3). Należy podkreślić, że nie ma wyraźnych odmienności między poziomem zróżnicowania samych transektów badawczych. Kompleksy pól małych w Dubeninkach reprezentują ten sam poziom zróżnicowania zbiorowisk i gleb jak odpowiednie kompleksy pól w Potęgowie.

Kolejne dwa wskaźniki, czyli odległość do najbliższego drzewa oraz średnia odległość do najbliższego drzewa od końców transektu mają tylko znaczenie lokalne i określają specyfikę poszczególnych stanowisk badawczych (transektów).

Związki między zróżnicowaniem krajobrazowym a charakterystykami zgrupowań biegaczowatych

Spśród możliwych 72 powiązań (określanych oddzielnie w trzech wariantach: a) dla wszystkich pól razem; b) jedynie dla dużych pól; c) jedynie dla kompleksów pól małych) między 6 charakterystykami zgrupowań Carabidae i 12 charakterystykami krajobrazu tylko w dziewięciu przypadkach występują korelacje istotne statystycznie (tab. 4). Biorąc jednak pod uwagę występowanie licznych korelacji wyższych niż 0,6 ale nieistotnych statystycznie (ze względu na niewielką liczbę prób) w sumie rozpatrujemy 20 przypadków, przy czym odnosi się to głównie do kompleksów pól małych (ryc. 2).

W szczególności obserwuje się, że liczba gatunków, liczba odłowionych osobników oraz różnorodność gatunkowa w obrębie kompleksów pól małych osiągają wyższe wartości na stanowiskach charakteryzujących się wyższą liczbą płątów, które przecina transekt, oraz przy wyższej różnorodności i równomierności roślinności w promieniu 200 m od transektu.

Tabela 3. Wartości wskaźników struktury krajobrazu na stanowiskach badawczych
Values of landscape structure indicators at study sites

Wskaźnik/Indicator	Dd1	Dd2	Dd3	Dm1	Dm2	Dm3	Pd1	Pd2	Pd3	Pm1	Pm2	Pm3
Liczba płatów (zbiorowisk roślinnych) na transekcje <i>Number of patches (of plant communities) on the transect</i>	1	1	1	13	8	13	1	1	1	13	9	13
Liczba typów zbiorowisk roślinnych na transekcje <i>Number of plant community types on the transect</i>	1	1	1	4	3	4	1	1	1	4	2	4
Liczba typów zbiorowisk roślinnych w odległości do 200 m od transektu <i>Number of plant community types up to 200 m from the transect</i>	9	9	9	13	8	13	6	6	6	6	6	6
Różnorodność roślinności w odległości do 200 m od transektu <i>Vegetation diversity up to 200 m from the transect</i>	1,85	1,66	1,85	2,51	1,49	2,51	1,31	0,38	1,31	1,31	0,35	1,31
Równomierność roślinności w odległości do 200 m od transektu <i>Vegetation evenness up to 200 m from the transect</i>	0,7	0,59	0,7	0,72	0,54	0,72	0,67	0,19	0,67	0,52	0,19	0,52
Minimalna odległość do najbliższego drzewa (m) <i>Minimal distance to a tree (m)</i>	23	42	25	25	115	28	15	25	20	5	53	4
Średnia odległość do najbliższego drzewa od końców transektu (m) <i>Mean distance to a tree from the ends of the transect (m)</i>	100	48	106	26	133	30	18	190	20	30	110	25
Liczba płatów gleb na transekcje <i>Number of soil patches on the transect</i>	1	3	1	1	3	1	2	1	2	3	1	3
Liczba typów płatów gleb na transekcje <i>Number of soil patch types on the transect</i>	1	3	1	1	3	1	2	1	2	2	1	2
Liczba typów gleb w odległości do 200 m od transektu <i>Number of soil types up to 200 m from the transect</i>	7	4	7	6	6	6	3	3	3	2	1	2
Różnorodność powierzchniowa gleb w odległości do 200 m od transektu <i>Soil diversity up to 200 m from the transect</i>	1,92	2,1	1,92	1,28	2,44	1,28	1,39	1,51	1,39	1,53	1,69	1,53
Równomierność powierzchniowa gleb w odległości do 200 m od transektu <i>Soil evenness up to 200 m from the transect</i>	0,77	0,84	0,77	0,61	0,81	0,61	0,78	0,84	0,78	0,86	0,86	0,86

Tabela 4. Istotnie statystycznie ($p < 0,05$) korelacje między zmiennymi określającymi zgrupowania Carabidae i zmiennymi charakteryzującymi krajobraz
Statistically significant ($p < 0.05$) correlations between variables describing Carabidae assemblages and variables of the landscape structure

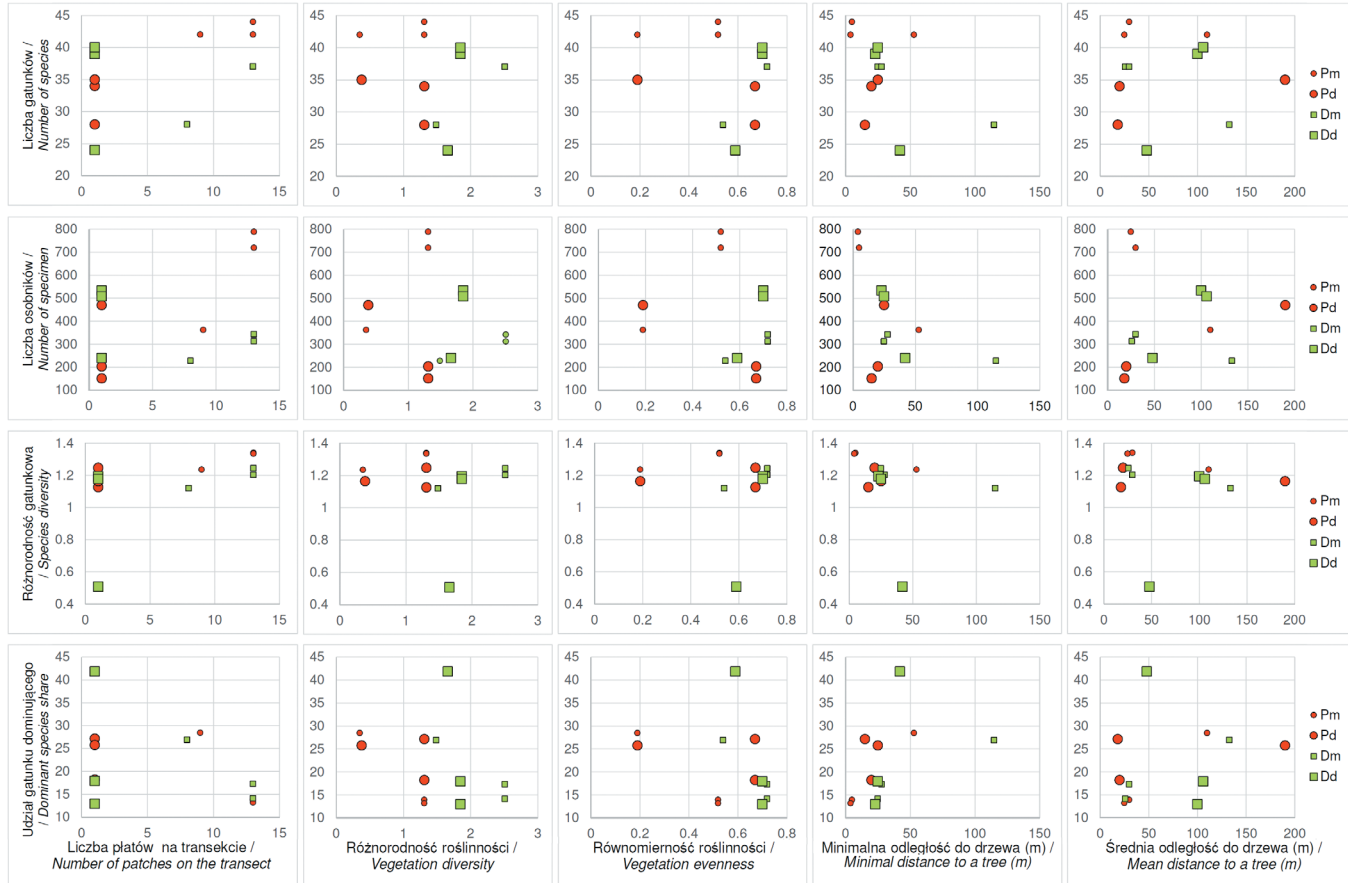
Zmienne/Variables	Kompleksy pól małych Complexes of small fields			Pola duże Large fields		
	Liczba gatunków Number of species	Różnorodność gatunkowa Species diversity	Udział gatunku dominującego (%) Share of the dominant species (%)	Łączna liczba osobników Total number of individuals	Różnorodność gatunkowa Species diversity	Równomierność gatunkowa Species evenness
Liczba płatów (zbiorowisk roślinnych) na transekcje <i>Number of patches (of plant communities) on the transect</i>			-0,958			
Liczba typów zbiorowisk roślinnych na transekcje <i>Number of plant community types on the transect</i>			-0,932			
Minimalna odległość do najbliższego drzewa (m) <i>Minimal distance to a tree (m)</i>	-0,843	-0,897	0,832		-0,886	-0,941
Średnia odległość do najbliższego drzewa od końców transektu (m) <i>Mean distance to a tree from the ends of the transect (m)</i>			0,960	0,812		

Kompleksy pól małych w obszarze Potęgowo są bogatsze w gatunki, charakteryzują się wyższą liczbą odłowionych osobników i wykazują wyższą różnorodność gatunkową przy zbliżonych wartościach metryk krajobrazowych w porównaniu do obszaru Dubeninki.

Wraz ze wzrostem odległości do najbliższego drzewa i średniej odległości do najbliższego drzewa od końców transektu zanotowany został spadek liczby gatunków, liczby osobników i różnorodności gatunkowej biegaczowatych w obrębie kompleksów małych pól. Zjawisko to jest najprawdopodobniej funkcjonalnie niezależne od innych charakterystyk krajobrazu, gdyż nie jest z nimi skorelowane.

Ponadto zaobserwowano również spadek udziału gatunku dominującego w ogólnej liczbie odłowionych osobników wraz ze wzrostem liczby płatów na transekcje oraz ze wzrostem różnorodności i równomierności roślinności w odległości 200 m od transektu. Towarzyszy temu wzrost udziału gatunku dominującego przy wzroście odległości do najbliższego drzewa i średniej odległości do najbliższego drzewa od końców transektu.

W przeciwieństwie do kompleksów pól małych charakterystyki zgrupowań biegaczowatych na polach dużych nie wykazują prawie żadnych związków z metrykami krajobrazowymi. Do nielicznych wyjątków należy wzrost liczby gatunków i liczby odłowionych osobników wraz ze wzrostem średniej odległości od drzewa (jest to zależność odwrotna niż w przypadku transektów w kompleksach małych pól i trudno wytłumaczalna) oraz



Ryc. 2. Zależności między wybranymi charakterystykami Carabidae a wybranymi wskaźnikami struktury przestrzennej krajobrazu na stanowiskach badawczych
Relationships between selected Carabidae characteristics and selected indicators of landscape structure at study sites

spadek udziału gatunku dominującego w ogólnej liczbie odłowionych osobników wraz ze wzrostem różnorodności i równomierności roślinności w odległości 200 m od transektu, czyli podobnie jak w przypadku pól małych. Nie zaobserwowano żadnego związku między zróżnicowaniem glebowym a charakterystykami zgrupowań badanej grupy organizmów.

Dyskusja

Wyniki przeprowadzonej analizy potwierdzają, że wielkoobszarowa gospodarka rolna powoduje zmniejszenie zróżnicowania przestrzennego roślinności i wpływa na obniżenie różnorodności i równomierności gatunkowej Carabidae. Zależności te są najściślej powiązane z liczbą płątów zbiorowisk, które przecina transekt oraz różnorodnością roślinności w promieniu 200 m od transektu (im bogatsza mozaika zbiorowisk tym więcej gatunków). Wielu autorów potwierdziło, że kompozycja i konfiguracja krajobrazu ma znaczny wpływ na zgrupowanie Carabidae (Geiger i inni, 2009; Dufлот i inni, 2015; Djoudi i inni, 2019; Martel i inni, 2019). Fusser i inni (2016, 2017) zauważyli, że bogactwo gatunkowe i zagęszczenie biegaczowatych zwiększa się wraz ze zwiększeniem ilości elementów (pół)naturalnych w krajobrazie, przy czym ich typ (roślinność zielna lub krzewiasta/drzewiasta) nie ma większego znaczenia. Ponadto liczba gatunków (zwłaszcza specjalistów środowiskowych) może być dodatkowo skorelowana ze zwiększeniem udziału powierzchniowego odpowiednich dla nich siedlisk (Niemelä, 2001). Wiele gatunków wymaga zróżnicowania siedlisk i używa wymiennych upraw oraz obszarów nieuprawianych w trakcie swojego cyklu życiowego, inne zaś, jak gatunki wyspecjalizowane ograniczają się do obrzeży pól i obszarów (pół)naturalnych (Forman i Baudry, 1984). Siedliska nieuprawiane, względnie trwałe w krajobrazie rolniczym, odgrywają zasadniczą rolę w utrzymaniu różnorodności biologicznej jako miejsce schronienia i przetrwania, zasób pożywienia oraz puli gatunków do rekolonizacji zaburzonych siedlisk (Woodcock i inni, 2005; Chaplin-Kramer i inni, 2011). W ujęciu ogólnym obszar Dubeninki jest bardziej zróżnicowany pod względem ekologicznym niż obszar Potęgowo. Zarówno kompleksy pól małych jak i homogeniczne, duże pola są mniejsze w porównaniu do pól obszaru Potęgowo. Pomimo to, powierzchnie w obszarze Potęgowo były bogatsze w gatunki przy tych samych (a przynajmniej zbliżonych) wartościach liczby płątów i przy zbliżonych wartościach wskaźnika różnorodności roślinności w promieniu 200 m od transektu. Liczba płątów a nawet ich zróżnicowanie, może być miarą niewystarczającą, gdyż płąty odmienne mogą spełniać tą samą funkcję dla zaspokojenia wymagań życiowych Carabidae (patrz: Fahrig i inni, 2011). Trzeba również wziąć pod uwagę, że wielkoobszarowa gospodarka rolna i związane z nią uproszczenia struktury krajobrazu, monotoność pokrycia terenu i natężone praktyki rolnicze może faworyzować gatunki eurytopowe, czyli liczne, słabo wyspecjalizowane i charakteryzujące się szeroką amplitudą ekologiczną. Oszacowanie gatunków może zatem nie dostarczyć wyczerpującej informacji o wpływie zróżnicowania krajobrazowego na omawianą grupę bezkręgowców. Analiza grup ekologicznych może być w tym względzie lepszym narzędziem, które pozwala uchwycić wpływ otaczającego krajobrazu pod względem np. zróżnicowania przestrzennego czy uwarunkowań siedliskowych.

Nie stwierdzono bezpośredniego wpływu typu gleb w obrębie badanego obszaru oraz w jego sąsiedztwie na różnorodność gatunkową biegaczowatych. Niestety, istnieją tylko nieliczne opracowania dotyczące powiązań między typem gleby a zgrupowaniami Carabidae (np. Baker i Dunning, 1975; Vician i inni, 2018). W Polsce badania prowadzono m.in. na róż-

nych typach i podtypach gleb bagiennych (gleby murszaste, torfowo-murszowe i torfowe) na odwodnionym torfowisku niskim użytkowanym jako łąka kośna (Nietupski i inni, 2010). Na ich podstawie wywnioskowano, że typ gleby jest czynnikiem istotnie wpływającym na liczbę odłowionych osobników Carabidae, natomiast nie wpływa na ich bogactwo gatunkowe. Skalski i inni (2011) uwzględniali w badaniach typ gleby, ale odnosili się do jej właściwości (np. pH, C/N). Zaskakująco, żaden z analizowanych parametrów glebowych, nie opisał znacząco rozmieszczenia Carabidae. Z kolei Pałosz (2006) analizował gatunek gleb (piaszczysto-gliniaste i piaszczyste), wskazując na mniejszą liczebność biegaczowatych na glebach piaszczystych, ale również i w tych badaniach nie zanotowano różnic w liczbie gatunków.

Wraz z ze wzrostem odległości do najbliższego elementu leśnego zmniejsza się liczba gatunków, liczba osobników i różnorodność gatunkowa omawianej grupy bezkręgowców, ale wyłącznie w obrębie kompleksów pól małych. Jak wspomniano ta relacja wydaje się być niezależna od innych charakterystyk krajobrazu, gdyż nie wykazano wpływu specyfiki regionalnej czy fragmentacji kompleksu polnego na wartości spadku liczby gatunków. Wszystkie powierzchnie w obszarze Potęgowo charakteryzowała mniejsza odległość do najbliższego drzewa oraz dla większości (3 z 4 powierzchni) średnia odległość do najbliższego drzewa od końca transektów. Wielu autorów podkreśla szczególną rolę elementów leśnych w utrzymaniu różnorodności biegaczowatych. Szpalery (rzędy) drzew, zadrzewienia wraz z towarzyszącą w podszyciu roślinnością stanowią stałe siedlisko dla bezkręgowców na obszarach rolniczych (Nerlich i inni, 2013; Pardon i inni, 2019), źródło pokarmu i miejsce schronienia (Peng i inni, 1993), przezimowania i odnowienia populacji (Pywell i inni, 2005). Elementy leśne mogą zwiększyć łączność z siedliskami leśnymi, stanowiąc korytarze i płyty siedliskowe (dla gatunków leśnych) lub schronienia (dla gatunków otwartych siedlisk) (Diekötter i inni, 2008).

Każdy z analizowanych transektów, reprezentujących określony układ pól, podlega wielu oddziaływaniom, nieuwzględnionym w analizie. To, wraz z niewielką liczbą powtórzeń uniemożliwia zastosowanie wyczerpującej analizy statystycznej, wykrywającej zależności i określającej je w sposób liczbowy. Przedstawione wyniki odnoszą się wyłącznie do badanych obszarów i – traktowane jednostkowo – nie pozwalają na wyciąganie wniosków natury ogólnej. Podobny charakter ma większość badań dotyczących wpływu zróżnicowania krajobrazowego na cechy charakteryzujące zgrupowania bezkręgowców. W takich badaniach najczęściej analizuje się pojedyncze obiekty lub porównuje się je parami (por. np. Chapman, 2014). Niemniej jednak porównanie przedstawionych w tym artykule wyników z danymi literaturowymi pozwala na formułowanie stwierdzeń ogólniejszych, wskazujących na zależności funkcjonalne między sposobem użytkowania rolniczego, cechami przestrzeni i cechami zgrupowań biegaczowatych.

Podsumowanie

1. Obszary zróżnicowane krajobrazowe na terenach rolniczych charakteryzują się wyższym bogactwem gatunkowym Carabidae w porównaniu do obszarów homogenicznych. Zależności te są najmocniej powiązane z liczbą płatów zbiorowisk, które przecina transekt i różnorodnością roślinności w promieniu 200 m od transektu.
2. Im mniejsza odległość od najbliższego drzewa tym większe bogactwo gatunkowe i różnorodność Carabidae.

3. Typ gleby, a także zróżnicowanie glebowe w obrębie badanego stanowiska oraz jego sąsiedztwie nie mają bezpośredniego wpływu na bogactwo gatunkowe Carabidae badanych obszarów. Odmienne typy gleby mogą charakteryzować się podobnym uziarnieniem, a zatem zbliżonymi uwarunkowaniami wilgotnościowymi i odczynem gleby, które determinują inne istotne dla biegaczowatych warunki siedliskowe.
4. Liczba gatunków może nie dostarczać wyczerpującej informacji o wpływie zróżnicowania krajobrazowego na Carabidae w porównaniu do np. grup ekologicznych.

Przeprowadzenie badań było możliwe dzięki wsparciu finansowemu udzielonemu przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego w latach 2008–2011 (grant promotorski nr N305 0837 35). Autorzy dysponowali stosownym zezwoleniem na odłów gatunków chronionych.

Autorzy serdecznie dziękują dr Bartłomiejowi Pacukowi za oznaczenie materiału oraz dr inż. Mieczysławowi Stachowiakowi za weryfikację części oznaczeń.

Piśmiennictwo

- Aviron S., Burel F., Baudry J., Schermann N., 2005, *Carabid assemblages in agricultural landscapes: impacts of habitat features, landscape context at different spatial scales and farming intensity*, Agriculture Ecosystem and Environment, 108, 3, s. 205–217.
- Baker A.N., Dunning R.A., 1975, *Some effects of soil type and crop density on the activity and abundance of the epigeic fauna, particularly Carabidae, in sugar-beet fields*, Journal of Applied Ecology, 12, s. 809–818.
- Barber H.S., 1931, *Traps for cave-inhabiting insects*, Journal of the Elisha Mitchell Scientific Society 46, s. 259–266.
- Burel F., Butet A., Delettre Y.R., Millán de la Peña N., 2004, *Differential response of selected taxa to landscape context and agricultural intensification*, Landscape and Urban Planning, 67, s. 195–204.
- Chaplin-Kramer R., O'Rourke M.E., Blitzer E.J., Kremen C., 2011, *A meta-analysis of crop pest and natural enemy response to landscape complexity*, Ecology Letters, 14, s. 922–932.
- Chapman A., 2014, *The Influence of Landscape Heterogeneity – Ground Beetles (Coleoptera: Carabidae) in Fthiotida, Central Greece*, Biodiversity Data Journal, 2, 1082.
- Diekötter T., Billeter R., Crist T.O., 2008, *Effects of landscape connectivity on the spatial distribution of insect diversity in agricultural mosaic landscapes*, Basic and Applied Ecology, 9, 3, s. 298–307.
- Djoudi E.A., Plantegenest M., Aviron S., Pétillon J., 2019, *Local vs. landscape characteristics differentially shape emerging and circulating assemblages of carabid beetles in agroecosystems*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 270–271, s. 149–158.
- Dufлот R., Aviron S., Ernoult A., Fahrig L., Burel F., 2015, *Reconsidering the role of 'semi-natural habitat' in agricultural landscape biodiversity*, Ecological Research, 30, s. 75–83.
- Dufлот R., Georges R., Ernoult A., Aviron S., Burel F., 2014, *Landscape heterogeneity as an ecological filter of species traits*, Acta Oecologica, 56, s. 19–26.
- Fahrig L., Baudry J., Brotons L., Burel F.G., Crist T.O., Fuller R.J., Sirami C., Siriwardena G.M., Martin J.L., 2011, *Functional landscape heterogeneity and animal biodiversity in agricultural landscapes*, Ecology Letters, 14, s. 101–112.

- Fischer C., Schlinkert H., Ludwig M., Holzschuh A., Gallé R., Tscharnke T., Batáry P., 2013, *The impact of hedge-forest connectivity and microhabitat conditions on spider and carabid beetle assemblages in agricultural landscapes*, *Journal of Insect Conservation*, 17, s. 1027–1038.
- Forman R.T.T., Baudry J., 1984, *Hedgerows and hedgerow networks in landscape ecology*, *Environmental Management*, 8, s. 499–510.
- Fusser M.S., Pfister S.C., Entling M.H., Schirmel J., 2017, *Effects of field margin type and landscape composition on predatory carabids and slugs in wheat fields*, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 247, s. 182–188.
- Fusser M.S., Pfister S.C., Entling M.H., Schirmel J., 2016, *Effects of landscape composition on carabids and slugs in herbaceous and woody field margins*. *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 226, s. 79–87.
- Geiger F., Wäckers F.L., Bianchi F.J.J.A., 2009, *Hibernation of predatory arthropods in semi-natural habitats*, *BioControl*, 54, s. 529–535.
- Hammer Ø., 2018, *PAST – PAleontological Statistics Version 3.22. Reference manual*. Natural History Museum University of Oslo, <http://folk.uio.no/ohammer/past/index.html> (05.08.2019).
- Kołodziejczak W., 2016, *Nadwyżka zatrudnienia w polskim rolnictwie – projekcja na tle państw Unii Europejskiej*, *Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego, Problemy Rolnictwa Światowego*, 16, 1, s. 121–141.
- Landis D.A., Wratten S.D., Gurr G.M., 2000, *Habitat management to conserve natural enemies of arthropod pests in agriculture*, *Annual Review of Entomology*, 45, s. 175–201.
- Lövei G.L., Sunderland K.D., 1996, *Ecology and behavior of ground beetles (Coleoptera: Carabidae)*, *Annual Review of Entomology*, 41, s. 231–236.
- Martel G., Aviron S., Joannon A., Lalechère E., Roche B., Boussard H., 2019, *Impact of farming systems on agricultural landscapes and biodiversity: from plot to farm and landscape scales*, *European Journal of Agronomy*, 107, s. 53–62.
- McGarigal K., Marks B.J., 1995, *FRAGSTATS: Spatial pattern analysis program for quantifying landscape structure*, USDA Forest Service General Technical Report PNW-351, Corvallis.
- Millennium Ecosystem Assessment, 2005, *Ecosystems and Human Well-being*, Island Press, Washington, DC.
- Navntoft S., Esbjerg P., Riedel W., 2006, *Effects of reduced pesticide dosages on carabids (Coleoptera: Carabidae) in winter wheat*, *Agricultural and Forest Entomology*, 8, 1, s. 57–62.
- Nerlich K., Graeff-Hönninger S., Claupein W., 2013, *Agroforestry in Europe: a review of the disappearance of traditional systems and development of modern agroforestry practices, with emphasis on experiences in Germany*, *Agroforestry Systems*, 87, 2, s. 475–492.
- Niemelä J., 2001, *Carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) and habitat fragmentation: a review*, *European Journal of Entomology*, 98, 2, s. 127–132.
- Nietupski M., Sowiński P., Sądej W., Kosewska A., 2010, *Content of organic C and pH of bog and post-bog soils versus the presence of ground beetles Carabidae in Stary Dwór near Olsztyn*, *Journal of Elementology*, 15, 3, s. 581–591.
- O'Rourke M.E., Liebman M., Rice M.E., 2008, *Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblage in conventional and diversified crop rotation systems*, *Environmental Entomology* 37, 1, s. 121–130.
- Östman Ö., Ekblom B., Bengtsson J., Weibull A.C., 2001, *Landscape complexity and farming practice influence the condition of polyphagous carabid beetles*, *Ecological Applications*, 11, 2, s. 480–488.
- Pacuk B., Regulska E., 2014, *Nowe stanowiska interesujących gatunków biegaczowatych (Coleoptera: Carabidae) na Pojezierzu Mazurskim*, *Wiadomości Entomologiczne*, 33, 3, s. 165–181.

- Pałosz T., 2006, *Association of ground beetles (Carabidae) occurrence with sandy and loam sandy soils*, Rocznik Ochrona Środowiska, 8, s. 57–63.
- Pardon P., Reheul D., Mertens J., Reubens B., De Frenne P., De Smedt P., Proesmans W., Van Vooren L., Verheyen K., 2019, *Gradients in abundance and diversity of ground dwelling arthropods as a function of distance to tree rows in temperate arable agroforestry systems*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 270–271, s. 114–128.
- Peng R.K., Incoll L.D., Sutton S.L., Wright C., Chadwick A., 1993, *Diversity of airborne arthropods in a silvoarable agroforestry system*, Journal of Applied Ecology, 30, 3, s. 51–562.
- Poggio S.L., Chaneton E.J., Ghera C.M., 2010, *Landscape complexity differentially affects alpha, beta, and gamma diversities of plants occurring in fencerows and crop fields*, Biological Conservation, 143, s. 2477–2486.
- Pywell R.F., James K.L., Herbert I., Meek W.R., Carvell C., Bell D., Sparks T.H., 2005, *Determinants of overwintering habitat quality for beetles and spiders on arable farmland*, Biological Conservation, 123, s. 79–90.
- Regulska E., Kołaczowska E., 2015, *Landscape patch pattern effect on relationships between soil properties and earthworm assemblages: a comparison of two farmlands of different spatial structure*, Polish Journal of Ecology, 63, 4, s. 549–558.
- Regulska E., Kołaczowska E., 2016, *The role of habitat heterogeneity in the relationships between soil properties and earthworm assemblages: a case study in Pomerania (Northern Poland)*, Geographia Polonica, 89, 3, s. 311–322.
- Robinson R.A., Sutherland W.J., 2002, *Post-war changes in arable farming and biodiversity in Great Britain*, Journal of Applied Ecology, 39, 1, s. 157–176.
- Robinson R.A., Wilson J.D., Crick H.Q.P., 2001, *The importance of arable habitat for farmland birds in grassland landscapes*, Journal of Applied Ecology, 38, s. 1059–1069.
- Sarthou J.-P., Badoz A., Vaissière B., Chevallier A., Rusch A., 2014, *Local more than landscape parameters structure natural enemy communities during their overwintering in semi-natural habitats*, Agriculture, Ecosystems and Environment, 194, 17–28.
- Skalski T., Kędzior R., Maciejowski W., Kacprzak A., 2011, *Soil and habitat preferences of ground beetles (Coleoptera, Carabidae) in natural mountain landscape*, Baltic Journal of Coleopterology, 11, 2, s. 105–115.
- Solon J., 2004, *Ocena zrównoważenia krajobrazu – w poszukiwaniu nowych wskaźników*, [w:] M. Kistowski (red.), *Studia ekologiczno-krajobrazowe w programowaniu rozwoju zrównoważonego. Przegląd polskich doświadczeń u progu integracji z Unią Europejską*, Problemy Ekologii Krajobrazu, 13, Uniwersytet Gdański, Gdańsk, s. 49–58.
- Solon J., Borzyszkowski J., Bidłasik M., Richling A., Badora K., Balon J., Brzezińska-Wójcik T., Chabudziński Ł., Dobrowolski R., Grzegorzczak I., Jodłowski M., Kistowski M., Kot R., Krąż P., Lechnio J., Macias A., Majchrowska A., Malinowska E., Migoń P., Myga-Piątek U., Nita J., Papińska E., Rodzik J., Strzyż M., Terpiłowski S., Ziaja W., 2018, *Physico-geographical mesoregions of Poland: Verification and adjustment of boundaries on the basis of contemporary spatial data*, Geographia Polonica, 91, 2, s. 143–170.
- Tscharntke T., Klein A.M., Kruess A., Steffan-Dewenter I., Thies C., 2005a, *Landscape perspectives on agricultural intensification and biodiversity – ecosystem service management*, Ecology Letters, 8, 8, s. 857–874.
- Tscharntke T., Rand T.A., Bianchi F., 2005b, *The landscape context of trophic interactions: insect spill-over across the crop-noncrop interface*, Annales Zoologici Fennici, 42, s. 421–432.

- Vician V., Svitok M., Kočík K., Stašiov S., 2015, *The influence of agricultural management on the structure of ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages*, *Biologia*, 70, 2, s. 240–251.
- Vician V., Svitok M., Michalková E., Lukáčik I., Stašiov S., 2018, *Influence of tree species and soil properties on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) communities*, *Acta Oecologica*, 91, s. 120–126.
- Weibull A.C., Östman Ö., Granqvist A., 2003, *Species richness in agroecosystems: the effect of landscape, habitat and farm management*, *Biodiversity and Conservation*, 12, 7, s. 1335–1355.
- Woodcock B.A., Pywell R.F., Roy D.B., Rose R.J., Bell D., 2005, *Grazing management of calcareous grasslands and its implications for the conservation of beetle communities*, *Biological Conservation*, 125, s. 193–202.
- Woodcock B.A., Redhead J., Vanbergen A.J., Hulmes L., Hulmes S., Peyton J., Nowakowski M., Pywell R.F., Heard M.S., 2010, *Impact of habitat type and landscape structure on biomass, species richness and functional diversity of ground beetles*, *Agriculture, Ecosystems and Environment*, 139, s. 181–186.

Summary

We studied the effects of landscape structure and agricultural land-use on ground beetles (Carabidae) in a temperate farmland mosaic and homogeneous landscape. The research was carried out at twelve research sites located in two regional units, i.e. (a) the northern part of mesoregion 842.72 West Lake District in the macroregion of the Lithuanian Lake District and (b) in the southern part of mesoregion 313.44 Damnicka Upland, within the macroregion of the Koszalin Coastland. By administrative division, these positions are respectively: in the gmina of Dubeninki, voivodeship of Warmian-Masury (Rogajny and Łoje), and in the gmina of Przerośl in Podlasie voivodeship (Rakówek) – hereinafter referred to collectively as the “Dubeninki area”; as well as in the gmina of Potęgowo in the Pomeranian Voivodship (villages of Wieliszewo, Malczkowo, Darżyno and Darżynko – hereinafter referred to as the “Potęgowo area”). Four of the research sites were located in fields of large area, and four in complexes of small fields subject to traditional cultivation.

The faunistic data comes from 12 transects (6 for each regional unit and 3 for each field type – large-area fields and complexes of small fields) using standard trapping methods (Barber's traps). A set of landscape-structure indicators adapted to the local scale of the study was then applied. Results point to a relationship between the structure of the landscape, the expressed number of patches of plant communities, the diversity of vegetation in the surroundings and the presence of trees in the landscape, and species richness and diversity of ground beetles.

Where agricultural areas nevertheless have a diversified landscape these are characterised by greater species richness of Carabidae than homogeneous areas. Furthermore, the shorter the distance to the nearest tree, the greater the species richness and diversity of Carabidae. However, soil type, as well as soil diversity, at a study site and its vicinity are not found to exert a direct impact on the species richness of Carabidae. Different soil types may be characterised by similar grain size, and thus similar humidity conditions and soil reaction, with these in turn determining other habitat conditions of importance to the studied taxon.

