

## Effect of plant protection treatments on the occurrence of ground beetles (Col. Carabidae) in selected plant plantations

## Wpływ zabiegów ochrony roślin na występowanie biegaczowatych (Col. Carabidae) w wybranych uprawach

Agnieszka Kosewska

### Summary

The aim of this study was to determine the species composition and structure of assemblages of ground beetles inhabiting plantations of wheat, triticale and tall fescue. In addition, the effect of plant protection treatments on the occurrence of Carabidae beetles was studied. The examined plantations contained ground beetle assemblages which were highly diverse in species composition, dominated by open-habitat, mesohydrophilous spring breeders. They were mainly hemizoophages and medium zoophages. The Principal Component Analysis (PCA) revealed the Carabidae communities dwelling on the examined fields as separate although not very stable assemblages. The Redundancy Analysis (RDA) revealed a reverse correlation between the occurrence of most of the Carabidae species and the application of plant protection chemicals, especially herbicides and insecticides.

**Key words:** carabid beetles, cultivations, pesticides

### Streszczenie

Badania miały na celu poznanie składu gatunkowego i struktur zgrupowań biegaczowatych zasiedlających uprawy pszenicy, pszenżyta i kostrzewy trzcinowej. Próbowano również określić wpływ zabiegów ochrony roślin na występowanie Carabidae. W badanych uprawach zaobserwowano wysoką różnorodność gatunkową Carabidae. Przeważały tu biegaczowate terenów otwartych, o umiarkowanych wymaganiach wilgotnościowych i najczęściej wiosennym typie rozwojowym. Występowały tu głównie hemizoofagi i zoofagi średnie. Analiza głównych składowych (PCA – Principal Component Analysis) ukazała zgrupowania Carabidae badanych pól jako odrębne, ale mało stabilne. Analiza redundancji (RDA – Redundancy Analysis) wskazała na odwrotną korelację występowania większości gatunków Carabidae ze stosowaniem środków ochrony roślin, szczególnie herbicydów i insektycydów.

**Słowa kluczowe:** biegaczowate, uprawy, pestycydy

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Katedra Fitopatologii i Entomologii  
Prawocheńskiego 17, 10-720 Olsztyn  
a.kosewska@uwm.edu.pl

## Wstęp / Introduction

We współczesnym rolnictwie znaczącą rolę odgrywa intensyfikacja produkcji roślinnej. Ważna jest ilość i jakość wyprodukowanych płodów. Jednakże z drugiej strony należy również zwracać baczną uwagę na zagrożenia, jakie może nieść ze sobą stosowanie różnego rodzaju zabiegów w celu uzyskania wyższych plonów, dla zamieszkującej pola uprawne fauny pożytecznej. Jedną z ważniejszych grup zwierząt epigeicznych są chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Col., Carabidae). Jako niewyspecjalizowani drapieżcy spełniają w środowisku rolniczym ważną rolę jako naturalni wrogowie szkodników (Kromp 1999; Jaworska 2002; Hurej i Twardowski 2006).

Celem pracy było określenie składu gatunkowego, liczebności i struktur zgrupowań biegaczowatych zasiedlających wybrane uprawy. Podjęto również próbę prześledzenia wpływu zabiegów ochrony roślin na kształtowanie się zgrupowań Carabidae.

## Materiały i metody / Materials and methods

Badania prowadzono w Polsce północno-wschodniej, na terenie Zakładu Doświadczalnego Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowego Instytutu Badawczego w Bartążku (UTM DE 65), w latach 2008–2009. Do badań wybrano uprawy pszenicy ozimej (19 ha), pszenżyta ozimego (19 ha) i kostrzewy trzcinowej (53 ha). W uprawie pszenicy w 2008 roku zastosowano jeden zabieg herbicydowy (tribenuron, mekoprop, fluoksypyr), jeden owadobójczy (dimetoat) i dwa fungicydowe (fenpropimorf, epoksykonazol, krezoksym metylu, proquinazid, prochloraz, tebukonazol oraz prochloraz, metkonazol, tebukonazol, azoksystrobina, chlorotalonil, epoksykonazol), a także trzykrotne nawożenie azotowe. Odpowiednio w kostrzewie, w 2008 roku przeprowadzono dwa zabiegi chwastobójcze (glifosat izopropyloaminowy oraz jon dikwatu) i dwukrotne nawożenie azotowe. Rok później w pszenżycie zastosowano jeden zabieg herbicydowy (fluoksypyr, tribenuron metylowy, mezosulfuron metylowy, jodosulfuron metylosodowy) i cztery razy nawożenie (trzy razy azot i raz fosfor), a w kostrzewie dwa zabiegi chwastobójcze (2,4-D kwas octowy w formie soli dimetyloaminowej, trifanot metylowy, epoksykonazol oraz glifosat izopropyloaminowy, jon dikwatu), jeden fungicydowy (trifanot metylowy, epoksykonazol), jeden owadobójczy (zeta- cypermetryna) i czterokrotne nawożenie azotowe.

Na każdym z wybranych pól założono po 5 pułapek Barbera, które opróżniano co 2 tygodnie przez cały okres wegetacyjny.

Zebrany materiał analizowano pod względem składu gatunkowego, liczebności oraz preferencji ekologicznych. Przy opracowaniu wyników posłużono się wskaźnikami ogólnej różnorodności gatunkowej Shannona-Weavera  $H'$  (Log Base 2,718), równomierności Pielou ( $J'$ ) oraz bogactwa gatunkowego Simpsona ( $D$ ). Główne kierunki zróżnicowania grup ekologicznych Carabidae zobrazowano przy pomocy analizy składowych głównych (PCA – Principal Component Analysis). W celu określenia wpływu na skład gatunkowy Carabidae zmiennych środowisko-

wych, jakimi było nawożenie upraw oraz stosowanie środków ochrony roślin (insektycydów, herbicydów i fungicydów) zastosowano analizę redundancji (RDA – Redundancy Analysis). Metodę RDA wybrano na podstawie analizy rozkładu danych (DCA – Detrended Correspondence Analysis), który miał charakter liniowy (długość gradientu 2,17). Istotność statystyczną osi kanonicznych stwierdzono na podstawie testu Monte Carlo. Obliczenia statystyczne i ich graficzną interpretację wykonano przy użyciu programu Canoco 4.5 (Ter Braak and Milauer 1998).

## Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W wyniku przeprowadzonych badań odłowiono łącznie 1688 osobników należących do 53 gatunków z rodziny Carabidae. Najbardziej zasobnym w biegaczowate, zarówno pod względem liczby odłowionych okazów, jak i gatunków, była uprawa pszenżyta (tab. 1). Hurej i Twardowski (2006) w swoich badaniach również uznali pszenżyto za uprawę o bardzo korzystnym dla biegaczowatych mikroklimacie. Jaworska (1996) podkreśla silny związek biegaczowatych z rodzajem uprawy. Uprawy zbóż, ze względu na dużą dostępność pokarmu w postaci szkodników roślinnych, np. mszyc, są chętnie zasiedlane przez biegaczowate. W badanych zbożach odnotowano dość wysokie wskaźniki różnorodności gatunkowej Shannona-Weavera  $H'$  (2,99 w pszenżycie i 2,54 w pszenicy). Wyniki te są zbliżone do innych badań przeprowadzanych w uprawach zbóż (Aleksandrowicz i wsp. 2008; Twardowski i Pastuszko 2008; Kosewska i wsp. 2009). Natomiast w uprawach kostrzewy trzcinowej wyższe wartości uzyskał wskaźnik bogactwa gatunkowego Simpsona ( $D$ ). Przykłada on większą wagę do gatunków pospolicie występujących, jakimi w badanych uprawach były *Harpalus rufipes* i *Anchomenus dorsalis* (tab. 1).

Analiza ekologiczna badanych zgrupowań biegaczowatych wykazała typową dla pól uprawnych przewagę Carabidae terenów otwartych (tab. 2). Podobne wyniki notowali w swoich badaniach Huruk (2000), Aleksandrowicz i wsp. (2008) oraz Kosewska i wsp. (2009). W uprawach pszenicy i pszenżyta odnotowano również wysoki udział eurytopowych biegaczowatych za sprawą licznie występującego tam *Pterostichus melanarius*, który mniej licznie zasiedlał sąsiadujące ze zbożami pola kostrzewy. Analiza preferencji pokarmowych wskazała na duży udział hemizoofagów oraz średnich i dużych biegaczowatych zoofagicznych. Jak podaje Pałosz (1995) udział zoofagów w uprawach jest bardzo pożądany z punktu widzenia integrowanej ochrony roślin, ze względu na ich rolę w ograniczaniu szkodników. Pod względem preferencji wilgotnościowych zaobserwowano dominację Carabidae mezofilnych, co jest typowe dla agrocenoz Europy (Thiele 1977). Ze względu na dobre warunki wilgotnościowe na badanych polach (sąsiedztwo rzeki i terenów zabagnionych), odnotowano tu również duży odsetek biegaczowatych mezohydrofilnych. Badane uprawy zbóż i traw charakteryzowały się niewielką przewagą wiosennych biegaczowatych.

Tabela 1. Skład gatunkowy i liczba Carabidae odłowionych na badanych polach  
 Table 1. Species composition and number of Carabidae individuals caught on the studied fields

Gatunek – Species	Skrót Abbreviation	Rok – Year			
		2008		2009	
		pszenica wheat	kostrzewa fescue	pszenżyto triticale	kostrzewa fescue
1	2	3	4	5	6
<i>Agonum fuliginosum</i> (Panzer, 1809)	<i>Ag_ful</i>	0	0	1	0
<i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)	<i>A_aene</i>	0	0	30	0
<i>A. communis</i> (Panzer, 1797)	<i>A_com</i>	2	0	2	2
<i>A. convexior</i> (Stephens, 1828)	<i>A_conv</i>	0	0	1	1
<i>A. eurynota</i> (Panzer, 1797)	<i>A_eur</i>	0	0	1	0
<i>A. familiaris</i> (Duftschmid, 1812)	<i>A_fami</i>	6	0	38	0
<i>A. littorea</i> (Thomson, 1857)	<i>A_lit</i>	1	0	2	0
<i>A. ovata</i> (Fabricius, 1792)	<i>A_ova</i>	3	0	13	0
<i>A. plebeja</i> (Gyllenhal, 1810)	<i>A_pleb</i>	1	0	5	0
<i>A. similata</i> (Gyllenhal, 1810)	<i>A_simi</i>	14	0	65	0
<i>A. spreta</i> (Dejean, 1831)	<i>A_spre</i>	0	0	0	5
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)	<i>Anch_dor</i>	13	47	35	111
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787)	<i>Ani_bin</i>	1	0	0	0
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Asa_flavi</i>	0	3	7	1
<i>Badister bullatus</i> (Schränk, 1798)	<i>Ba_bul</i>	0	0	1	0
<i>Bembidion gilvipes</i> (Sturm, 1825)	<i>Be_gil</i>	0	0	0	2
<i>B. guttula</i> (Fabricius, 1792)	<i>Be_gutt</i>	0	1	2	4
<i>B. lampros</i> (Herbst, 1784)	<i>Be_lamp</i>	1	19	2	28
<i>B. properans</i> (Stephens, 1828)	<i>Be_prop</i>	1	18	7	26
<i>B. tetracolum</i> (Say, 1823)	<i>Be_tet</i>	1	0	0	1
<i>Brosicus cephalotes</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Br_ceph</i>	0	0	0	1
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)	<i>Cal_fusc</i>	5	11	10	1
<i>C. melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Cal_mela</i>	1	0	0	0
<i>Carabus cancellatus</i> (Illiger, 1798)	<i>Ca_canc</i>	0	2	5	1
<i>C. granulatus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Ca_gra</i>	17	9	36	12
<i>C. nemoralis</i> (O.F. Müller, 1764)	<i>Ca_nem</i>	0	0	8	1
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758)	<i>Cl_foss</i>	1	0	2	0
<i>Curtonotus aulicus</i> (Panzer, 1797)	<i>Cur_aur</i>	0	0	0	1
<i>Dyschiriodes globosus</i> (Herbst, 1784)	<i>Dy_glo</i>	2	4	11	2
<i>Epaphius secalis</i> (Paykull, 1790)	<i>Ep_sec</i>	0	1	4	1
<i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)	<i>H_affi</i>	0	4	4	1
<i>H. griseus</i> (Duftschmid, 1812)	<i>H_gri</i>	0	0	1	1
<i>H. latus</i> (Linnaeus, 1758)	<i>H_lat</i>	0	0	1	0
<i>H. luteicornis</i> (Duftschmid, 1812)	<i>H_lute</i>	0	0	7	0
<i>H. rufipes</i> (De Geer, 1774)	<i>H_ruf</i>	73	101	76	94
<i>H. tardus</i> (Panzer, 1797)	<i>H_tard</i>	2	0	4	2
<i>Loicera piliocornis</i> (Fabricius, 1775)	<i>Lo_pil</i>	11	11	24	0
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)	<i>Ne_brevi</i>	2	18	30	6
<i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812)	<i>N_pal</i>	0	4	0	2
<i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790)	<i>Platyn_as</i>	6	0	0	0
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1761)	<i>Po_cupr</i>	30	12	53	10
<i>P. lepidus</i> (Leske, 1785)	<i>Po_lepi</i>	0	0	1	0
<i>P. versicolor</i> (Sturm, 1824)	<i>Po_ver</i>	10	25	85	23

1	2	3	4	5	6
<i>Pterostichus anthracinus</i> (Illiger)	<i>Pt_antr</i>	1	0	5	0
<i>P. melanarius</i> (Illiger, 1798)	<i>Pt_mela</i>	46	13	79	21
<i>P. niger</i> (Schaller, 1783)	<i>Pt_nig</i>	17	4	31	14
<i>P. nigrita</i> (Paykull, 1790)	<i>Pt_niga</i>	1	0	0	0
<i>P. oblongopunctatus</i> (Fabricius, 1787)	<i>Pt_oblo</i>	0	1	0	0
<i>P. strenuus</i> (Panzer, 1797)	<i>Pt_stre</i>	3	0	3	1
<i>P. vernalis</i> (Panzer, 1796)	<i>Pt_vern</i>	0	0	5	4
<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer, 1796)	<i>Sto_pum</i>	0	1	3	2
<i>Sunuchus vivalis</i> (Illiger, 1798)	<i>Syn_viv</i>	0	0	0	1
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank, 1781)	<i>Tre_qua</i>	6	9	7	2
Liczba osobników – Number of individuals		278	318	707	385
Liczba gatunków – Number of species		29	22	41	33
Różnorodność Shannona H'Log Base 2,718 Shanon's Diversity H'Log Base 2.718		2,535	2,398	2,985	2,334
Równomierność Pielou J' – Pielou evenness J'		0,753	0,776	0,804	0,668
Bogactwo gatunkowe Simpsona (D) – Simpson's richness D		0,122	0,144	0,068	0,161

Tabela 2. Charakterystyka ekologiczna Carabidae odłowionych na badanych polach  
Table 2. Ecological description of Carabidae caught on the studied fields

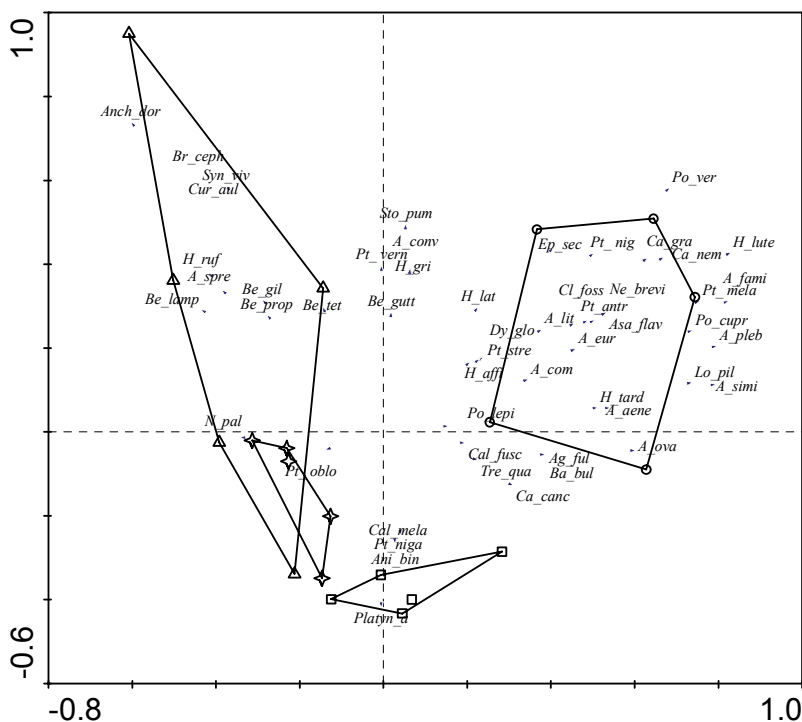
Grupy ekologiczne – Ecological groups	Rok – Year							
	2008				2009			
	pszenica wheat		kostrzewa fescue		pszenżyto triticale		kostrzewa fescue	
	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]	[n]	[%]
Leśne – Forest	24	8,63	6	1,89	51	7,21	17	4,42
Eurytopowe – Eurytopic	55	19,78	37	11,64	135	19,09	31	8,05
Terenów otwartych – Open area	169	60,79	255	80,19	456	64,50	324	84,16
Torfowiskowe – Peatbog	30	10,79	20	6,29	65	9,19	13	3,38
Hygrofile – Hygrophilic species	13	4,68	12	3,77	32	4,53	4	1,04
Mezohygrofile – Mesohygrophilic species	50	17,99	63	19,81	140	19,80	134	34,81
Mezofile – Mesophylic species	207	74,46	230	72,33	488	69,02	234	60,78
Mezokserofile – Mesoxerophilic species	8	2,88	13	4,09	15	2,12	11	2,86
Kserofile – Xerophilic species	0	0,00	0	0,00	32	4,53	2	0,52
Fitofagi – Phytophages	15	5,40	0	0,00	100	14,14	0	0,00
Hemizoofagi – Hemizoophages	88	31,65	105	33,02	150	21,22	107	27,79
Zoofagi małe – Small zoophages	14	5,04	59	18,55	48	6,79	74	19,22
Zoofagi średnie – Medium zoophages	79	28,42	108	33,96	220	31,12	148	38,44
Zoofagi duże – Large zoophages	82	29,50	46	14,47	189	26,73	56	14,55
Gatunki wiosenne – Spring species	128	46,04	160	50,31	464	65,63	240	62,34
Gatunki jesienne – Autumn species	150	53,96	158	49,69	243	34,37	145	37,66

n – liczba osobników – number of individuals  
% – udział procentowy – percentage

Dla zobrazowania zróżnicowania gatunków Carabidae w obrębie analizowanych upraw przeprowadzono analizę PCA, która ukazuje zgrupowania poszczególnych pól jako odrębne, ale niezbyt stabilne (rys. 1). Odnosi się to szczególnie do kostrzewy trzcinowej. Dwie pierwsze osie ordynacyjne opisują 61,8% zróżnicowania badanych zgrupowań. Z pierwszą osią ordynacyjną opisującą 41,5%

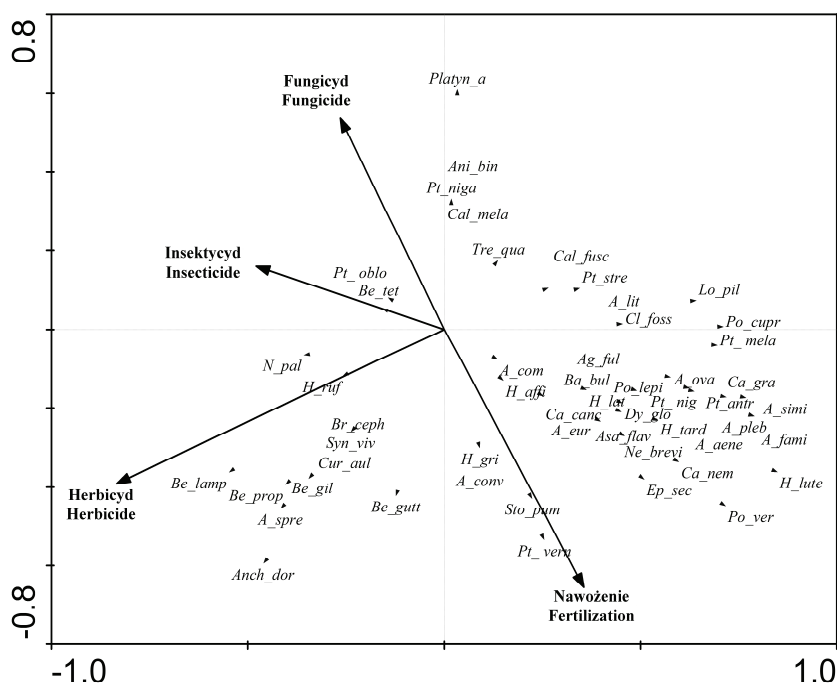
zróżnicowania skorelowana jest uprawa pszenżyta, z drugą – uprawa kostrzewy.

Zmiany w zasiedlającej uprawy entomofaunie pod wpływem stosowania środków ochrony roślin rozpatrywane były w pracach wielu autorów (Jaworska 1995, 1997; Sokołowski 2000; Grabarkiewicz 2003; Shah i wsp. 2003). Sokołowski (2000) stwierdził, że zabiegi ochrony



Rys. 1. Diagram analizy składowych głównych PCA prezentujący zróżnicowanie gatunków Carabidae w zależności od badanych upraw (□ – pszenica\_08, ○ – pszenżyto\_09, ◇ – kostrzewa\_08, Δ – kostrzewa\_09)

Fig. 1. Diagram of the principal component analysis (PCA) presenting the variability of Carabidae species depending on the studied crops (□ – wheat\_08, ○ – triticale\_09, ◇ – fescue\_08, Δ – fescue\_09)



Rys. 2. Diagram analizy redundancji RDA ukazujący zależności między analizowanymi zmiennymi środowiskowymi i gatunkami Carabidae

Fig. 2. Diagram of the RDA redundancy analysis showing the relationships between the analyzed environmental variables and Carabidae species

roślin mogą mieć wpływ na obniżenie liczebności Carabidae. Również Twardowski i Pastuszko (2008) podali, że liczebność biegaczowatych na polach jest ściśle uzależniona od intensywności i rodzaju zabiegów agrotechnicz-

nych. Ma to swoje odzwierciedlenie w przeprowadzonych badaniach. Pszenżyto, gdzie stosowano tylko raz środek chwastobójczy charakteryzowało się najwyższą liczebnością biegaczowatych, natomiast w pszenicy, gdzie zasto-

sowano aż cztery zabiegi, odłowiono najniższą liczbę biegaczowatych. Dla zobrazowania wpływu zabiegów ochrony roślin i nawożenia na biegaczowate posłużono się analizą redundancji (rys. 2). Wykazała ona istotny statystycznie wpływ stosowania herbicydów ( $F = 6,47$ ,  $p = 0,002$ ), nawożenia ( $F = 2,185$ ,  $p = 0,04$ ) i zabiegów owadobójczych ( $F = 2,049$ ,  $p = 0,04$ ) na zgrupowania biegaczowatych. Tylko stosowanie fungicydów okazało się statystycznie nieistotne. Schemat RDA przedstawia, że ujemnie skorelowane z I osią ordynacyjną opisującą 69,9% wariancji jest stosowanie insektycydów i herbicydów. Druga oś ordynacyjna, która opisuje 24,9% zróżnicowania skorelowana jest ze stosowaniem fungicydów i nawożeniem. Większość gatunków biegaczowatych odławianych w badanych uprawach koreluje pozytywnie z I osią ordynacyjną, wyraźnie unikając zabiegów ochrony roślin. Zabiegi agrotechniczne takie, jak nawożenie, nie wpływały negatywnie na występowanie większości biegaczowatych. Zauważyć można, że na polach częściej nawożonych

odnotowano wyższą liczbę osobników i gatunków Carabidae.

## Wnioski / Conclusions

1. Rodzaj uprawy może mieć wpływ na różnorodność gatunkową biegaczowatych, wyższą różnorodność gatunkową biegaczowatych notuje się w uprawach zbóż niż trawy.
2. Stosowanie środków ochrony roślin ma wpływ na kształtowanie się zgrupowań Carabidae. Na polach, gdzie stosowano mniej pestycydów liczebność i bogactwo gatunkowe biegaczowatych były znacznie wyższe niż na pozostałych.
3. Większość biegaczowatych występujących na polach wykazuje odwrotną korelację ze stosowaniem środków ochrony roślin.

## Literatura / References

- Aleksandrowicz O., Pakuła B., Mazur J. 2008. Biegaczowate (*Coleoptera: Carabidae*) w uprawie pszenicy w okolicy Lęborka. Słupskie Prace Biologiczne 5: 15–25.
- Grabarkiewicz A. 2003. Charakterystyka zgrupowań biegaczowatych (*Coleoptera, Carabidae*) w pszenicy objętej różnymi programami ochrony. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 43 (2): 657–660.
- Hurej M., Twardowski J.P. 2006. The influence of yellow lupin intercropped with spring triticale on predatory carabid beetles (*Coleoptera: Carabidae*). Eur. J. Entomol. 103: 259–261.
- Huruk S. 2000. Powierzchniowe rozprzestrzenienie biegaczowatych (*Carabidae, Coleoptera*) w obrębie małych pól uprawnych. Roczn. Świętokrzyski, Seria B – Nauki Przyrodnicze 27: 117–130.
- Jaworska T. 1995. Stan epigeicznych biegaczowatych (*Carabidae, Coleoptera*) w uprawie pszenicy ozimej odchwaszczanej Animo-pielikiem D. Materiały 35. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. 1: 61–63.
- Jaworska T. 1996. Zgrupowania biegaczowatych (*Carabidae, Coleoptera*) pszenicy ozimej i jarej odchwaszczanej herbicydami. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 36 (2): 76–78.
- Jaworska T. 1997. Wpływ odchwaszczania na dynamikę populacji biegaczowatych (*Carabidae, Coleoptera*) Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 37 (2): 235–237.
- Jaworska T. 2002. Różnorodność gatunkowa biegaczowatych (*Carabidae, Coleoptera*) w uprawach zbóż. Zesz. Nauk. AR Kraków 387: 225–229.
- Kosewska A., Nietupski M., Ciepielewska D., Słomka W. 2009 Czynniki wpływające na struktury zgrupowań naziemnych biegaczowatych (*Col., Carabidae*) w wybranych uprawach zbóż. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 49 (3): 1035–1046.
- Kromp B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. Agric. Ecosyst. Environ. 74: 187–228.
- Pałosz T. 1995. Skład gatunkowy biegaczowatych (*Col. Carabidae*) na plantacjach rzepaku ozimego o różnej technologii i intensywności uprawy. Materiały 35. Sesji Nauk. Inst. Ochr. Roślin, cz. 1: 108–115.
- Shah P.A., Brooks D.R., Ashby J.E., Perry J.N., Woiwod I.P. 2003. Diversity and abundance of coleopteran fauna from organic and conventional management systems in southern England. Agric. Forest Entomol. 5: 51–60.
- Sokołowski A. 2000. Ochrona upraw rolniczych, a drapieżne stawonogi naziemne. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin 40 (2): 587–589.
- Ter Braak C.J.F., Milauer P.S. 1998. CANOCO Reference Manual and User's Guide to Canoco for Windows. Microcomputer Power, Ithaca, USA, 352 pp.
- Thiele H.U. 1977. Carabid Beetles in their Environments. Springer-Verlag, Berlin, 329 pp.
- Twardowski J.P., Pastuszko K. 2008. Field margins in winter wheat agrocenosis as reservoirs of beneficial ground beetles (*Col., Carabidae*). J. Res. Appl. Agric. Engin. 53 (4): 123–127.