

## Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) occurring in apple orchards under different production systems

### Naziemne biegaczowate (Coleoptera: Carabidae) występujące w sadach jabłoniowych objętych różnymi systemami produkcji

Mariusz Nietupski

#### Summary

The purpose of this research was to monitor changes in the Carabidae communities occurring in apple orchards running under different production systems, and to determine the effect of plant protection measures on the beetle populations. The observations were carried out in north-eastern Poland, in the orchard according to the Integrated Fruit Production (IFP) rules (Łęgajny) and in the extensively managed orchard (Zielonka). It was stated that Carabidae assemblages in the IFP orchard were characterized by a higher species richness, abundance and a higher values of the indices of species diversity  $H'$  and evenness  $J'$  comparing to the ones occurring in the extensive orchard. This was most probably a consequence of the two different ways of grass cultivations in the both orchards and strong human pressure in the extensive orchard. In the IFP orchard, open-area and eurytopic species occurred in a large number. These were species feeding with mixed and plant food, and preferring moderately moist or dry habitats. In the extensive orchard, large and medium zoophages which belonged to peat and forest species were often recorded. Among the pesticides used in both orchards, herbicides negatively affected catchability of Carabidae.

**Key words:** apple orchard, extensive orchard, Carabidae, integrated fruit production

#### Streszczenie

Celem badań było prześledzenie zmian w zgrupowaniach Carabidae występujących w sadach jabłoniowych różniących się systemem produkcji, a także określenie wpływu zabiegów ochrony roślin na populacje tych chrząszczy. Badania zlokalizowane były w północno-wschodniej Polsce, w sadzie prowadzonym zgodnie z zasadami Integrowanej Produkcji Owoców (IPO, Integrated Fruit Production) (Łęgajny) oraz w sadzie ekstensywnym (Zielonka). Stwierdzono, że zgrupowania Carabidae sadu IPO, charakteryzowały się wyższym bogactwem gatunkowym, liczebnością oraz wartościami wskaźników różnorodności gatunkowej  $H'$  i równomierności  $J'$  w porównaniu do sadu ekstensywnego. Było to prawdopodobnie konsekwencją różnic w sposobie pielęgnacji murawy w obu obiektach oraz wysokiej antropopresji w sadzie ekstensywnym. W sadzie IPO licznie występowały gatunki terenów otwartych i eurytopowe, odżywiające się pokarmem mieszanym i roślinnym, preferujące siedliska umiarkowanie wilgotne i suche. W sadzie ekstensywnym częściej pojawiały się duże i średnie zoofagi należące do grupy gatunków torfowiskowych i leśnych. Spośród zabiegów pestycydowych czynnikiem negatywnie wpływającym na łowność Carabidae było stosowanie herbicydów.

**Słowa kluczowe:** sad jabłoniowy, sad ekstensywny, biegaczowate, integrowana produkcja owoców

Uniwersytet Warmińsko-Mazurski w Olsztynie  
Katedra Fitopatologii i Entomologii  
Prawocheńskiego 17, 10-722 Olsztyn  
mariusz.nietupski@uwm.edu.pl

## Wstęp / Introduction

Powierzchnia sadow prowadzonych zgodnie z zasadami integrowanej produkcji (IPO, Integrated Fruit Production) w Polsce z roku na rok będzie się zwiększać. Konsekwencją tego będzie bardziej racjonalne stosowanie pestycydów, przy uwzględnieniu progów szkodliwości i odpowiednich terminów zwalczania oraz używanie insektycydów selektywnych. Wprowadzenie tych zasad ma między innymi na celu ochronę organizmów pożytecznych, stanowiących istotny element oporu naturalnego środowiska (Kromp 1999). Do grupy tej zalicza się chrząszcze z rodziny biegaczowatych (Coleoptera, Carabidae), które wykorzystuje się również w badaniach bioindykacyjnych, mających na celu ustalenie zmian zachodzących między innymi w agrocenozach pod wpływem czynników związanych z intensywnością produkcji. Stosowane w sadach jabłoniowych insektycydy, szczególnie te o szerokim spektrum działania, niekorzystnie oddziałują na naziemne populacje stawonogów (Epstein i wsp. 2001; Funayama 2011). Jest to jeden z głównych czynników decydujących o bogactwie gatunkowym grup stawonogów zasiedlających sady, choć zależność ta może również od bioróżnorodności obszarów sąsiadujących (Duelli i wsp. 1999). Obecne w sadach jabłoniowych biegaczowate poszukują pokarmu na powierzchni gleby. Ze względu na ich preferencje, pokarmem mogą być zarówno drobne bezkręgowce (w tym larwy owocówki jabłkówekczki, mszyce jabłoniowe, ślimaki), jak i pokarm roślinny (Kromp 1999; Oberholzer i wsp. 2003; Funayama 2011). Stosowane w pielęgnacji sadow herbicydy mogą również oddziaływać na gatunki Carabidae należące do fitofagów i hemizoofagów (Minarro i Dapena 2003).

Celem badań było porównanie zgrupowań Carabidae sadow jabłoniowych różniących się systemem produkcji, a także określenie wpływu zabiegów ochrony roślin na populacje tych chrząszczy.

## Materiały i Metody / Materials and methods

Badania prowadzono w Polsce północno-wschodniej, w latach 2007 i 2010, w dwóch sadach jabłoniowych różniących się systemem produkcji – sad prowadzony zgodnie z zasadami IPO (Łęgajny – UTM DE76) oraz sad ekstensywny (Zielonka – UTM EE04). Obiekt w Łęgajnach od południa i zachodu graniczył z drogą asfaltową oraz linią kolejową, natomiast od północy i wschodu sąsiadował z uprawą pszenicy ozimej. Obserwacje prowadzono w kwaterze obsadzonej drzewami odmian: Cortland i Idared. Sad w Zielonce położony był w bliskim sąsiedztwie zabudowań gospodarskich oraz graniczył z łąką użytkowaną kośnie. W sadzie ekstensywnym nie stosowano pestycydów, murawę koszone od początku maja do września, dwa razy w miesiącu. W Łęgajnach, w rzędach drzew utrzymywano ugór herbicydowy poprzez 2-krotne w sezonie (4–5 V i 10–11 VII) zabiegi opryskiwania mieszaną środkami Klinik 360 SL (glifosat) + Dicoherb 750 SL (MCPA) w dawce 4 + 1 kg/ha. W międzyrzędziach zachwaszczenie regulowano poprzez koszenie. Entomofaunę szkodliwą zwalczano, stosując

następujące insektycydy: Calypso 480 SC (tiachlopryd) (21 V), Pirimor 500 WG (pirymikarb) (5 VI) oraz Mospilan 20 SP (acetamipryd) (14 VI). W każdym sadzie umieszczono po 10 zmodyfikowanych pułapek typu Barbera, wypełnionych płynem konserwującym (4% roztwór formaliny). Odłowy naziemnych Carabidae trwały od 28 IV do 29 X 2010 r. w sadzie w Zielonce oraz od 26 IV do 8 X 2007 r. w Łęgajnach.

Charakterystykę ekologiczną odłowionych gatunków biegaczowatych opracowano, korzystając z prac Lindrotha (1985, 1986) i Aleksandrowicza (1991, 2004). Do oceny zgrupowań badanych chrząszczy zastosowano wskaźnik ogólnej różnorodności Shannona-Wieniera ( $H'$ ,  $\log 10$ ), różnorodności gatunkowej Simpsons'a ( $D$ ) równomierności Pielou ( $J'$ ). Istotność różnic między średnimi opisującymi wartości wyliczonych wskaźników, łożnością, liczbą gatunków i osobników, oceniono na podstawie analizy wariancji ANOVA. Wpływ zmiennych środowiskowych (herbicyd, insektycyd, koszenie), związanych ze sposobem użytkowania sadow, określono dzięki zastosowaniu analizy redundancji (RDA). Metodę tę wybrano na podstawie analizy rozkładu danych, który był liniowy ( $SD = 0,62$ ). Istotność statystyczną osi kanonicznych wyznaczono na podstawie testu Monte Carlo. Obliczenia statystyczne wykonano przy użyciu programów Statistica 8.0 i Canoco 4.5.

## Wyniki i dyskusja / Results and discussion

W czasie badań odłowiono łącznie 3118 osobników Carabidae, należących do 48 gatunków, co stanowi około 17% gatunków wykazanych z obszaru północno-wschodniej Polski (Aleksandrowicz i wsp. 2003). Większym bogactwem gatunkowym i liczebnością odłowionych osobników charakteryzował się sad prowadzony zgodnie z założeniami IPO, w którym odłowiono 2-krotnie więcej gatunków i 5-krotnie więcej osobników, niż w sadzie ekologicznym (tab. 1). Wiązało się to również ze stwierdzoną wyższą łożnością osobników odłowionych w sadzie IPO (średnio 1,65 osobnika/pułapkę), niż w sadzie ekologicznym (0,29). Tak duże różnice wynikały zapewne z powodu silnego oddziaływania czynników związanych z antropopresją na populacje Carabidae sadu ekstensywnego (bliskie sąsiedztwo zabudowań gospodarskich, bardzo częste koszenie murawy, sad pełnił funkcję rekreacyjną). Ta silna presja negatywnych czynników zewnętrznych wpłynęła na wyraźne dysproporcje w układzie klas dominacyjnych. Dominował tu, stanowiąc aż 41,5% wszystkich odłowionych osobników, *Harpalus rufipes* (tab. 2). Do grupy dominantów zaliczono 5 gatunków (*Amara aenea*, *Calathus fuscipes*, *Carabus cancellatus*, *Carabus nemoralis* i *Poecilus versicolor*), wśród których na uwagę zasługuje obecność dużych gatunków Carabidae. Zgrupowania biegaczowatych odłowionych w sadzie IPO charakteryzowały się natomiast niemal modelowym układem gatunków w poszczególnych klasach dominacji, biorąc pod uwagę ich rozłożenie oraz liczebność grup recedentów i subrecedentów (Trojan 1998). Do eudominantów zaliczono: *Nebria brevicollis*, *H. rufipes* i *Pterostichus niger*, natomiast grupę dominantów tworzyły: *Harpalus affinis*, *A. aenea*, *Bembidion properans* i *Ptero-*

Tabela 1. Średnia liczebność, bogactwo gatunkowe i wskaźniki opisujące zgrupowania Carabidae badanych sadów jabłoniowych  
Table 1. Mean number, abundance and indicators describing ground beetles assemblages in tested apple orchards

| Wskaźniki – Indicators                                               | Badany sad – Tested orchard |           |
|----------------------------------------------------------------------|-----------------------------|-----------|
|                                                                      | Łęgajny                     | Zielonka  |
| Shannon H' (log 10)                                                  | 1,09±0,02                   | 0,91±0,03 |
|                                                                      | p < 0,01                    |           |
| Simpson D                                                            | 0,12±0,01                   | 0,20±0,03 |
|                                                                      | p < 0,05                    |           |
| Średnia liczba osobników<br>Mean number of individuals               | 259,7±22,9                  | 52,1±5,6  |
|                                                                      | p < 0,01                    |           |
| Średnia liczba gatunków<br>Mean number of species                    | 26,0±0,60                   | 14,7±0,58 |
|                                                                      | p < 0,01                    |           |
| Łowność, osobników/pułapkodobę<br>Catchability, individuals/trap/day | 1,65±0,15                   | 0,29±0,03 |
|                                                                      | p < 0,01                    |           |

Tabela 2. Skład gatunkowy i dominacja Carabidae badanych sadów jabłoniowych  
Table 2. Species composition and dominant species of ground beetles in tested apple orchards

| Gatunek – Species                                | Sad jabłoniowy – Apple orchard |      |    |          |      |    |
|--------------------------------------------------|--------------------------------|------|----|----------|------|----|
|                                                  | Łęgajny                        |      |    | Zielonka |      |    |
|                                                  | n                              | %    | D  | n        | %    | D  |
| 1                                                | 2                              | 3    | 4  | 5        | 6    | 7  |
| <i>Acupalpus exiguus</i> Dejean, 1829            | 1                              | 0,04 | D1 |          |      |    |
| <i>Amara aenea</i> (De Geer, 1774)               | 184                            | 7,09 | D4 | 36       | 6,91 | D4 |
| <i>Amara communis</i> (Panzer, 1797)             | 13                             | 0,50 | D1 | 2        | 0,38 | D1 |
| <i>Amara consularis</i> (Duftschmid, 1812)       | 1                              | 0,04 | D1 |          |      |    |
| <i>Amara convexior</i> Stephens, 1828            | 53                             | 2,04 | D3 |          |      |    |
| <i>Amara eurynota</i> (Panzer, 1797)             | 4                              | 0,15 | D1 |          |      |    |
| <i>Amara familiaris</i> (Duftschmid, 1812)       | 60                             | 2,31 | D3 | 2        | 0,38 | D1 |
| <i>Amara lunicollis</i> Schiodte, 1837           | 22                             | 0,85 | D1 |          |      |    |
| <i>Amara ovata</i> (Fabricius, 1792)             | 15                             | 0,58 | D1 |          |      |    |
| <i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal, 1810)           | 15                             | 0,58 | D1 | 8        | 1,54 | D2 |
| <i>Amara similata</i> (Gyllenhal, 1810)          | 59                             | 2,27 | D3 |          |      |    |
| <i>Amara tibialis</i> (Paykull, 1798)            | 3                              | 0,12 | D1 |          |      |    |
| <i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan, 1763)   | 7                              | 0,27 | D1 | 6        | 1,15 | D2 |
| <i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius, 1787) | 11                             | 0,42 | D1 | 6        | 1,15 | D2 |
| <i>Badister bullatus</i> (Schränk, 1798)         |                                |      |    | 2        | 0,38 | D1 |
| <i>Bembidion lampros</i> (Herbst, 1784)          | 55                             | 2,12 | D3 |          |      |    |
| <i>Bembidion properans</i> (Stephens, 1828)      | 177                            | 6,82 | D4 | 4        | 0,77 | D1 |
| <i>Calathus ambiguus</i> (Paykull, 1790)         | 2                              | 0,08 | D1 |          |      |    |
| <i>Calathus cinctus</i> (Motschulsky, 1850)      |                                |      |    | 2        | 0,38 | D1 |
| <i>Calathus fuscipes</i> (Goeze, 1777)           | 63                             | 2,43 | D3 | 28       | 5,37 | D4 |
| <i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus, 1758)  | 1                              | 0,04 | D1 |          |      |    |
| <i>Carabus cancellatus</i> (Illiger, 1798)       |                                |      |    | 30       | 5,76 | D4 |
| <i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus, 1758)       |                                |      |    | 17       | 3,26 | D3 |
| <i>Carabus nemoralis</i> (O.F. Müller, 1764)     | 3                              | 0,12 | D1 | 31       | 5,95 | D4 |

| 1                                               | 2    | 3     | 4  | 5   | 6     | 7  |
|-------------------------------------------------|------|-------|----|-----|-------|----|
| <i>Cicindela campestris</i> (Linnaeus, 1758)    | 3    | 0,12  | D1 |     |       |    |
| <i>Clivina fossor</i> (Linnaeus, 1758)          | 1    | 0,04  | D1 |     |       |    |
| <i>Curtonotus aulicus</i> (Panzer, 1797)        | 17   | 0,65  | D1 |     |       |    |
| <i>Dolichus halensis</i> (Schaller, 1783)       | 38   | 1,46  | D2 |     |       |    |
| <i>Harpalus affinis</i> (Schränk, 1781)         | 198  | 7,62  | D4 | 8   | 1,54  | D2 |
| <i>Harpalus griseus</i> (Duftschmid, 1812)      | 1    | 0,04  | D1 |     |       |    |
| <i>Harpalus latus</i> (Linnaeus, 1758)          | 8    | 0,31  | D1 |     |       |    |
| <i>Harpalus luteicornis</i> (Duftschmid, 1812)  | 2    | 0,08  | D1 |     |       |    |
| <i>Harpalus rubripes</i> (Duftschmid, 1812)     | 5    | 0,19  | D1 |     |       |    |
| <i>Harpalus rufipes</i> (De Geer, 1774)         | 414  | 15,94 | D5 | 216 | 41,46 | D6 |
| <i>Harpalus tardus</i> (Panzer, 1797)           | 57   | 2,19  | D3 |     |       |    |
| <i>Microlestes minutulus</i> (Goeze, 1777)      | 1    | 0,04  | D1 |     |       |    |
| <i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius, 1792)     | 524  | 20,18 | D5 | 14  | 2,69  | D3 |
| <i>Notiophilus palustris</i> (Duftschmid, 1812) | 3    | 0,12  | D1 |     |       |    |
| <i>Ophonus rufibarbis</i> (Fabricius, 1792)     | 1    | 0,04  | D1 |     |       |    |
| <i>Platynus assimilis</i> (Paykull, 1790)       |      |       |    | 8   | 1,54  | D2 |
| <i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus, 1758)        | 5    | 0,19  | D1 | 16  | 3,07  | D3 |
| <i>Poecilus lepidus</i> (Leske, 1785)           | 14   | 0,54  | D1 | 4   | 0,77  | D1 |
| <i>Poecilus versicolor</i> (Sturm, 1824)        | 50   | 1,93  | D2 | 36  | 6,91  | D4 |
| <i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger, 1798)  | 149  | 5,74  | D4 | 26  | 4,99  | D3 |
| <i>Pterostichus niger</i> (Schaller, 1783)      | 353  | 13,59 | D5 | 19  | 3,65  | D3 |
| <i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer, 1796)     | 1    | 0,04  | D1 |     |       |    |
| <i>Stenolophus mixtus</i> (Herbst, 1784)        | 1    | 0,04  | D1 |     |       |    |
| <i>Syntomus truncatellus</i> (Linnaeus, 1761)   | 2    | 0,08  | D1 |     |       |    |
| Liczba osobników – Number of individuals        | 2597 | 100   |    | 521 | 100   |    |
| Liczba gatunków – Number of species             | 43   |       |    | 22  |       |    |

n – liczba osobników – number of individuals

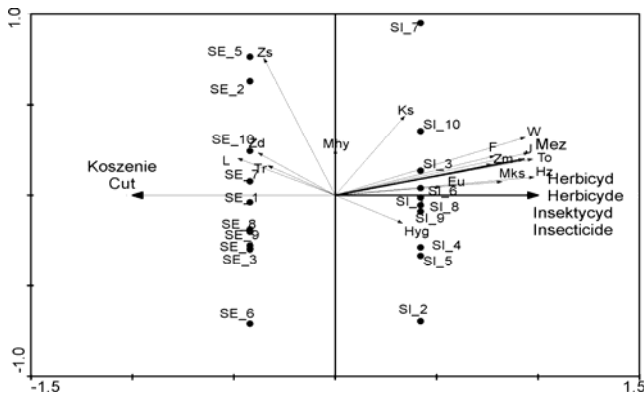
D – klasy dominacji według Górnego i Grüma (1981) – dominance classes by Górny and Grün (1981)

*stichus melanarius*. Pod względem gatunkowym badane zgrupowania biegaczowatych podobne były do zgrupowań opisanych dla 1–2-letnich plantacji wikliny z Polski północno-wschodniej (Kosewska i wsp. 2010). Wyznaczona wartość wskaźnika różnorodności gatunkowej ( $H'$ ) była wyższa ( $p < 0,01$ ) w sadzie IPO, niż w sadzie ekstensywnym (tab. 1). Wskaźnik zróżnicowania gatunkowego ( $D$ ) natomiast był istotnie wyższy dla zgrupowań sadu ekstensywnego, co wynikało prawdopodobnie z faktu małej liczby odłowionych tu gatunków oraz zdecydowanej dominacji kilku z nich.

W odróżnieniu od sadu ekstensywnego, którego skład gatunkowy Carabidae determinowała silnie antropopresja, w sadzie IPO czynnikiem istotnie wpływającym na populację biegaczowatych były zabiegi pestycydowe. Potwierdzeniem tego są wyniki przeprowadzonej analizy redundancji RDA, która ukazała, że zmienność występowania Carabidae z określonych grup ekologicznych jest tłumaczona zmiennymi środowiskowymi (stosowanie herbicydów i insektycydów oraz koszenia) (rys. 1).

Pierwsza oś kanoniczna tłumaczy 87,5% wariancji dla liczebności wyróżnionych grup ekologicznych i aż 100% zmienności dla zmiennych siedliskowych. W sadzie IPO, w którym stosowano zabiegi insektycydowe i herbicydowe, stwierdzono liczne występowanie gatunków mezofilnych i sucholubnych, preferujących tereny otwarte i będących eurytopami. Charakterystyczna była tu również obecność gatunków odżywiających się pokarmem roślinnym oraz małych zoofagów. Występowanie dużych i średnich zoofagów skorelowane było natomiast z częstym koszeniem murawy. Czynniki te były charakterystyczne dla sadu ekstensywnego.

Stosowanie zabiegów insektycydowych w sadach jabłoniowych niekorzystnie wpływa na bogactwo gatunkowe i liczebność naziemnych biegaczowatych, a w szczególności fitofagów (Epstein i wsp. 2001; Funayama 2011). Rysunek 2. przedstawia dynamikę odłowu Carabidae w 2007 r. w sadzie IPO, w którym stosowano zabiegi herbicydowe i insektycydowe. Widoczne na nim 2 szczyty łowności (wiosenny – maj, jesienny – sierpień/wrzesień) są



Rys. 1. Diagram ordynacyjny RDA opisujący zależność między grupami ekologicznymi Carabidae a zmiennymi środowiskowymi w badanych sadach jabłoniowych

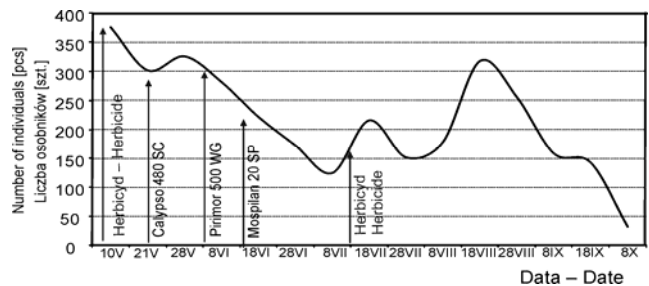
Fig. 1. RDA ordination diagram describing the relationship between ecological groups of Carabidae and environmental variables in tested apple orchards

(SE – sad ekstensywny, SI – sad IPO, J – gatunki jesienne, W – gatunki wiosenne, To – terenów otwartych, Eu – eurytopy, L – leśne, Tr – torfowiskowe, F – fitofagi, Hz – hemizoofagi, Zd – zoofagi duże, Zs – zoofagi średnie, Zm – zoofagi małe, Ks – kserofile, Mks – mezokserofile, Mez – mezofile, Mhy – mezohygrofile). Zmienne środowiskowe podano w rozdziale Materiały i metody

(SE – extensive orchard, SI – IFP orchard, J – autumn species, W – spring species, To – open area species, Eu – eurytopic species, L – forest species, Tr – peatbog species, F – phytophages, Hz – hemizooophages, Zd – large zoophages, Zs – medium zoophages, Zm – small zoophages, Ks – xerophilic species, Mks – mesoxerophilic species, Mez – mesophilic species, Mhy – mesohydrophilic species). Environmental variables are given in Materials and methods

charakterystyczne dla środkowoeuropejskich populacji tych chrząszczy. Analiza liczby odławianych do pułapek osobników biegaczowatych oraz terminy i rodzaj zabiegów pestycydowych wskazują, że stosowane insektycydy nie miały większego wpływu na badane chrząszcze. Stosowanie środków: Pirimor i Mospilan na początku czerwca było skorelowane ze zmniejszającą się liczebnością gatunków wiosennego typu rozwoju, natomiast zastosowanie preparatu Calypso spowodowało nawet krótkotrwały wzrost liczebności Carabidae. Mogło to wynikać z większej obfitości pokarmu, którym były owady opadłe z drzew po zabiegu. Zabiegi herbicydowe natomiast wpływały niekorzystnie na liczebność Carabidae, czego wyrazem były wahania (spadek, a następnie wzrost) liczebności badanych chrząszczy. Zastosowane na początku maja herbicydy wpłynęły na gwałtowny spadek liczby odławianych biegaczowatych. Podobny efekt

stwierdzono w połowie lipca, gdy aplikowano mieszankę herbicydów w drugim terminie. Carabidae zasiedlające sady wykazują dużą wrażliwość na czynniki wpływające na sposób pielęgnacji podłoża w sadzie (Minarro i Dapena 2003). Stosowanie herbicydów do utrzymania ugoru w rzędach drzew negatywnie wpływa na liczebność Carabidae. Przyczyną tego może być niekorzystne oddziaływanie pokarmu roślinnego zanieczyszczonego chemicznie (herbicyd), który zjadany jest przez gatunki miksofagiczne.



Rys. 2. Liczba osobników Carabidae odłowiona w 2007 r. w sadzie IPO oraz terminy zabiegów pestycydowych (strzałkami zaznaczono termin stosowania pestycydów)

Fig. 2. Number of individuals of Carabidae captured in 2007 in the IFP orchard and dates of pesticide application (arrows indicate the dates on which pesticides were applied)

## Wnioski / Conclusions

1. Sad prowadzony zgodnie z wytycznymi IPO charakteryzował się większym bogactwem gatunkowym, liczebnością oraz innym układem klas dominacyjnych naziemnych zgrupowań Carabidae w porównaniu do sadu ekstensywnego.
2. Analiza RDA ujawniła, że badane zmienne środowiskowe istotnie wpływają na występowanie Carabidae określonych grup ekologicznych. Intensywne koszenie murawy sprzyja występowaniu dużych zoofagów oraz gatunków leśnych. Stosowanie pestycydów natomiast skorelowane jest z obecnością miksofagów, związanych z terenami otwartymi lub należącymi do eurytopów.
3. Analiza łowności, przeprowadzona w sadzie prowadzonym zgodnie z IPO wykazała, że czynnikiem najbardziej negatywnie wpływającym na zgrupowania Carabidae, są zabiegi herbicydowe.

## Literatura / References

- Aleksandrowicz O. 1991. Żuki żuzelicy (Coleoptera, Carabidae) fauny Białorusii. s. 37–78. W: „Fauna i Ekologija Żestkokrytych Białorusii”. Minsk, Nauka i technika, 263 ss.
- Aleksandrowicz O., Gawroński R., Browarski B. 2003. New species of carabid beetles (Coleoptera: Carabidae) from North – East Poland. *Baltic J. Coleopterol.* 3 (2): 153–156.
- Aleksandrowicz O.P. 2004. Biegaczowate (Carabidae). s. 28–42. W: „Fauna Polski – Charakterystyka i Wykaz Gatunków” (W. Bogdanowicz, E. Chudzińska, I. Pilipiuk, E. Skibińska, red.). Muzeum i Instytut Zoologii PAN, Warszawa, I, 509 ss.

- Duelli P., Obrist M.K., Schmatz D.R. 1999. Biodiversity evaluation in agricultural landscapes: above-ground insects. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74 (1–3): 33–64.
- Epstein D.L., Zack R.S., Brunner J.F., Gut L., Brown J.J. 2001. Ground beetle activity in apple orchards under reduced pesticide management regimes. *Biol. Control* 21 (2): 97–104.
- Górny M., Grüm L. 1981. *Metody Stosowane w Zoologii Gleby*. PWN, Warszawa, 482 ss.
- Funayama K. 2011. Influence of pest control pressure on occurrence of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in apple orchards. *Appl. Entomol. Zool.* 46 (1): 103–110.
- Kosewska A., Nietupski M., Laszczak-Dawid A., Ciepielewska D. 2010. Biegaczowate (Col., Carabidae) zasiedlające uprawy wierzby krzewiastej w okolicach Olsztyna. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Roślin* 50 (3): 1504–1510.
- Kromp B. 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric. Ecosyst. Environ.* 74 (1–3): 187–228.
- Lindroth C.H. 1985. The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomol. Scandinavica* 15 (1): 1–225.
- Lindroth C.H. 1986. The Carabidae (Coleoptera) of Fennoscandia and Denmark. *Fauna Entomol. Scandinavica* 15 (2): 226–499.
- Minarro M., Dapena E. 2003. Effects of groundcover management on ground beetles (Coleoptera: Carabidae) in an apple orchard. *Appl. Soil Ecol.* 23 (2): 111–117.
- Oberholzer F., Escher N., Frank T. 2003. The potential of carabid beetles (Coleoptera) to reduce slug damage to oilseed rape in the laboratory. *Eur. J. Entomol.* 100 (1): 81–85.
- Trojan P. 1998. Nowe perspektywy w badaniach entomofaunistycznych. s. 137–155. W: *Materiały Zjazdowe. 43 Zjazd Polskiego Towarzystwa Entomologicznego*. Poznań, 4–6 września 1998. *Wiad. Entomol.* 17, Supl., 206 ss.