

**WPŁYW UPROSZCZEŃ W UPRAWIE ROLI
POD PSZENICĘ OZIMĄ
NA ZGRUPOWANIA STAWONOGÓW
EPIGEICZNYCH I GLEBOWYCH**

Jacek Twardowski

**WPŁYW UPROSZCZEŃ W UPRAWIE ROLI
POD PSZENICĘ OZIMĄ
NA ZGRUPOWANIA STAWONOGÓW
EPIGEICZNYCH I GLEBOWYCH**



Opiniodawca

prof. dr hab. Barbara Wilkaniec

Redaktor merytoryczny

prof. dr hab. inż. Zofia Spiak

Opracowanie redakcyjne

mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

Korekta

mgr Elżbieta Winiarska-Grabosz

Łamanie

Teresa Alicja Chmura

Projekt okładki

Halina Sebzda

© Copyright by Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu, Wrocław 2010

ISBN 978-83-7717-032-8

ISSN 1898-1151

WYDAWNICTWO UNIWERSYTETU PRZYRODNICZEGO WE WROCŁAWIU

Redaktor Naczelny – prof. dr hab. Andrzej Kotecki

ul. Sopocka 23, 50-344 Wrocław, tel./fax 71 328-12-77

e-mail: wyd@up.wroc.pl

Nakład 100 + 16 egz. Ark. wyd. 8,1. Ark. druk. 9,0

Druk i oprawa: F.P.H. „ELMA”

1.	WSTĘP	7
2.	PRZEGLĄD LITERATURY	11
2.1.	Systemy uprawy roli w Polsce i na świecie	11
2.2.	Skutki uproszczeń uprawy roli dla środowiska glebowego.....	13
2.2.1.	Stawonogi epigeiczne	14
2.2.2.	Mezofauna glebowa.....	17
3.	MIEJSCE I METODY BADAŃ	20
3.1.	Miejsce badań	20
3.2.	Zabiegi agrotechniczne	21
3.3.	Metody badań	23
3.3.1.	Odłowy stawonogów epigeicznych	23
3.3.2.	Ocena liczebności mezofauny glebowej	24
3.4.	Analiza statystyczna i ekologiczna zgrupowań stawonogów	24
4.	WARUNKI GLEBOWE I PRZEBIEG POGODY	27
5.	WYNIKI	31
5.1.	Ogólna liczebność stawonogów epigeicznych odłowionych na Swojcu.....	31
5.1.1.	Liczebność, skład gatunkowy i dynamika występowania biegaczowatych – Carabidae	31
5.1.2.	Liczebność i dynamika występowania kusakowatych – Staphylinidae	62
5.1.3.	Liczebność i dynamika występowania pajaków – Araneae.....	69
5.2.	Ogólna liczebność stawonogów epigeicznych odłowionych w Makowicach	77
5.2.1.	Liczebność, skład gatunkowy i dynamika występowania biegaczowatych – Carabidae	77
5.2.2.	Liczebność i dynamika występowania kusakowatych – Staphylinidae	89
5.2.3.	Liczebność i dynamika występowania pajaków – Araneae.....	92
5.3.	Ogólna liczebność skoczogonków – Collembola w próbach gleby ze Swojca	94
5.4.	Ogólna liczebność skoczogonków – Collembola w próbach gleby z Makowic	107
5.5.	Ogólna liczebność roztoczy – Acari w próbach gleby ze Swojca	108
5.6.	Ogólna liczebność roztoczy – Acari w próbach gleby z Makowic.....	114
6.	DYSKUSJA NAD WYNIKAMI	117
6.1.	Stawonogi epigeiczne	118
6.2.	Mezofauna glebowa.....	121
7.	WNIOSKI	124
8.	PIŚMIENNICTWO	126

1. WSTĘP*

Na całym świecie obserwuje się zwiększenie powierzchni rolnej uprawianej w uproszczonej technologii bezorkowej. W skali globalnej areał ten ocenia się na ponad 105 milionów hektarów. Głównie są to plantacje w Ameryce Południowej i Północnej, ale w szybkim tempie powierzchnia ta zwiększa się również na innych kontynentach (w 1999–95 mln ha) (Derpsch, Friedrich 2009). Uprawy uproszczone w Europie stanowią zaledwie około 1,1% globalnej powierzchni rolnej, najwięcej w Hiszpanii, Francji, Finlandii i Ukrainie. Także w Polsce od kilkunastu lat obserwuje się wzrost zainteresowania uproszczeniami w uprawie roli. Powierzchnię tę, w naszym kraju, ocenia się na około 15% gruntów ornycych, w tym 1–2% stanowi siew bezpośredni (Kordas 2002). Przewiduje się, że w najbliższych latach 60% powierzchni gruntów ornycych będzie uprawianych metodą tradycyjną, 35% podlegać będzie różnym uproszczeniom, a na pozostałych 5% stosowany będzie siew bezpośredni (Białek 2007).

Uprawa gleby jest jednym z najważniejszych czynników oddziałujących na jej właściwości fizyczne, chemiczne i biologiczne (McLaughlin, Mineau 1995, Kladiwko 2001). Zabiegi uprawowe przygotowują glebę do przyjęcia nasion, optymalizują warunki kiełkowania i wzrostu rośliny uprawnej, a pogarszają je chwastom. Włączają również w obieg substancję organiczną i nawozy, oddziałują na czynniki patogeniczne, a także organizmy szkodliwe (Sumner i in. 1981, Gebhardt i in. 1985, Sprague, Triplett 1986, Jasińska, Kotecki 1999, Płaskowska i in. 2002, Parylak 2004). Czynności te wpływają również na zmianę zawartości wody w glebie, temperaturę, przewietrzenie, spulchnienie (Hay 1977, Radecki 1986). Szczególnie wyraźnie zmienia się zwięzłość gleby i w konsekwencji jej ciężar objętościowy (Ball i in. 1998, Pudelko i in. 1996, Kordas, Idkowiak 2004). Tradycyjna uprawa roli, oparta na stosowaniu pługa odwracającego skibę, niszcząco działającego na strukturę gleby, jest przykładem intensywnej eksploatacji ekosystemów, silnie modyfikującej środowisko występowania fauny i flory glebowej (Stinner, House 1990, Kromp 1999, Holland, Luff 2000, Marasas i in. 2001). Przemieszczanie organizmów glebowych będące skutkiem orki wpływa szkodliwie na stan gleby i powoduje ich obumieranie, wywołując tym samym spadek zawartości materii organicznej (Emmerling 2001). Zabiegi naruszające strukturę gleby powodują także zwiększanie erozji i zniszczenie sieci powiązań między organizmami glebowymi (Arshad 1999, Rasmussen 1999). Głęboka ingerencja w strukturę gleby jest niewątpliwie czynnikiem zakłócającym

* Badania finansowane były przez Ministerstwo Nauki i Szkolnictwa Wyższego (grant nr 3 P06R 085 25) oraz Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu (granty nr 330/GW/2003 i 305/GW/2007).

naturalny rozwój żyjących w niej organizmów. Zabiegi agrotechniczne takie jak orka zmieniają naturalne mechanizmy homeostaticzne, a w konsekwencji doprowadzają do zmniejszenia różnorodności biotycznej i izolacji biocenotycznej (Altieri 1991). Na podstawie licznych badań stwierdzono, że uproszczenia w uprawie roli, polegające na spłyceciu działania narzędzi rolniczych (uprawa powierzchniowa, zachowawcza, konserwująca) bądź zaniechaniu ich używania (uprawa zerowa) oraz na redukcji liczby zabiegów uprawowych powodują, że gleba powraca do swoich naturalnych parametrów (Andersen 1999, Rasmussen 1999, Holland 2004). Zmniejszenie ingerencji w strukturę gleby powoduje powstanie bardziej stabilnych agregatów glebowych, a przez to polepszenie warunków fizykochemicznych środowiska glebowego oraz zmniejszenie erozji. Zmiany te mają duże znaczenie dla organizmów, które glebę zamieszkują bądź przechodzą w niej jeden z etapów swojego rozwoju (Holland 2004, Kladivko 2001). Modyfikacje środowiska glebowego mogą przyczynić się do zmian w liczebności i aktywności populacji oraz zmian w spektrum gatunkowym zarówno organizmów pożytecznych, jak i szkodliwych. Obok najdrobniejszych form życia, czyli bakterii, promieniowców, grzybów, glonów, pierwotniaków, wrotek, wirków czy nicieni, gleba jest siedliskiem dla wielu innych, większych, bezkręgowców oraz kręgowców (Górny 1975). Organizmy te spełniają ważną rolę w glebie. Wpływają korzystnie na jej strukturę, rozkład związków organicznych (mikro- i mezofauna) czy też na obieg składników pokarmowych. Istotnym składnikiem fauny epigeicznej są chrząszcze z rodzin Carabidae oraz Staphylinidae, a także pajęczaki Arachnida. Mezofaunę glebową stanowią głównie bezskrzydłe Collembola oraz Acari. Stawonogi te spełniają pożyteczną funkcję w środowisku glebowym, wynikającą głównie z ich drapieżnictwa oraz saprofagizmu. Jakościowa i ilościowa analiza zgrupowań tych organizmów pozwala wykorzystywać je do bioindykacji zmian w ekosystemie, szczególnie zmian pochodzenia antropogenicznego (Hülsman, Wolters 1998, Neave, Fox 1998, Bohac 1999, Kromp 1999, Wise i in. 1999, Büchs 2003). Stanowią one zatem cenny wyznacznik wartości biologicznej miejsc ich bytowania (Bruggen, Semenov 2000). Szczególną rolę spełniają również dżdżownice, zwłaszcza w budowie struktury gruzelkowej gleby (Chan 2001, Emmerling 2001).

Bardzo ważne dla środowiska glebowego agrocenoz są także inne zalety płynące ze stosowania technologii uproszczonej w uprawie roli. Dzięki pozostawieniu po zbiorze plonu znacznych ilości resztek poźniwnych zwiększa się m.in. produktywność gleby oraz przyswajalność składników pokarmowych, natomiast zmniejszony zostaje stopień degradacji gleby (Triplett, Dick 2008). W konsekwencji, stosowanie uprawy powierzchniowej bądź jej zaniechanie pomaga utrzymać glebę w dobrej kulturze, poprawia jakość wody i powietrza oraz chroni środowisko naturalne. Resztki poźniwne mają duży wpływ na występowanie żywych organizmów zarówno glebowych, jak i żyjących głównie na powierzchni (Herzog, Funderburk 1986, Hesler, Berg 2003, Pałys i in. 2003, Twardowski 2006). W uprawach uproszczonych zaleca się stosowanie międzyplonów ścierniskowych, przeznaczonych na mulcz, co dodatkowo znacznie zwiększa ilość resztek roślinnych (Kordas 2000).

Technologia bezorkowa może w pewnych warunkach przyczynić się do wzrostu nasilenia występowania niektórych agrofagów, szczególnie wielożernych szkodników glebowych (Edwards 1975, Levine 1993, Gallo, Pekar 1999). Należy wziąć jednak pod

uwagę, że liczniejsze występowanie zoofagicznej, epigeicznej fauny, zwłaszcza Carabidae, Staphylinidae i Arachnida, może równocześnie powodować zwiększenie presji na organizmy szkodliwe. Nie bez znaczenia jest też wzrost zachwaszczenia, jaki może być udziałem metody konserwującej (Tørresen i in. 2003). W takim przypadku wykorzystuje się najczęściej herbicydy. Stosowanie uproszczeń zatem powinno być poprzedzone szczegółową diagnozą zdrowotności siedliska. Trzeba również pamiętać, że sukces uprawy bezorkowej uzależniony jest od warunków glebowych, klimatycznych oraz gatunku rośliny uprawnej (Rasmussen 1999).

Obok korzyści środowiskowych – uproszczenia w uprawie roli mogą obniżać koszty produkcji rolnej (Derpsch 2001). Tradycyjne metody uprawy roli, z wykorzystaniem pługa odkładnicowego, są zabiegami bardzo energo- i pracochłonnymi. Koszty uprawy płuźnej roli pochłaniają przeciętnie od 40 do 70% ogólnych kosztów przeznaczanych na uprawę roślin (Dzienia i in. 1994, Kordas 1999a). Fiszer i in. (2006) podają, że całkowite koszty produkcji pszenicy są niższe o 34% w przypadku uprawy spłyconej. Jednocześnie, autorzy ci stwierdzili, że plon uzyskany w technologii bezorkowej był wyższy o ok. 9,5%. Inni autorzy jednak podają, że plony roślin uprawnych są zwykle nieco wyższe w uprawie tradycyjnej (Kordas 1997, Tørresen i in. 2003). Według Kordasa (2009) zastosowanie uprawy bezorkowej pod pszenicę ozimą spowodowało znaczące obniżenie kosztów pracy i paliwa, w porównaniu do tradycyjnej uprawy roli. Autor ten podaje równocześnie, że plon ziarna zmniejszony o 15,6%, był w pełni rekompensowany obniżką kosztów pracy.

W naszym kraju brakuje badań dotyczących oceny wpływu uproszczeń w uprawie roli na występowanie pożytecznej i szkodliwej fauny epigeicznej oraz glebowej. Prowadzono jednakże szereg badań dotyczących uproszczeń w aspekcie innych dziedzin rolniczych (Dzienia i in. 1994, Kordas 1997, Kordas 1999b, Płaskowska i in. 2002, Małecka i in. 2004, Parylak 2005, Fiszer i in. 2006, Twardowski 2006). Najwięcej badań z zakresu zoologii gleby poddanej konserwującym metodom uprawy prowadzono w krajach, w których uproszczeń stosuje się najwięcej, a szczególnie w Stanach Zjednoczonych (Benckiser 1997, House, All 1981, Luff 1987, Stinner, House 1990, Hülsmann, Wolters 1998, Krooss, Schaefer 1998, Kromp 1999, Holland, Luff 2000). Jednak uzyskane wyniki tych badań nie są jednoznaczne, a wykazywana liczebność i skład gatunkowy Arthropoda były różne w różnych systemach uprawy roli (Stinner, House 1990, Andersen 1999). Holland, Luff (2000) w przeglądowym opracowaniu podają listę 47 taksonów, spośród których 20 reagowało zwiększeniem liczebności w wyniku stosowania uprawy płuźnej. Liczebność 21 grup faworyzowała uprawę bezorkową, natomiast w przypadku pozostałych sześciu taksonów nie stwierdzono wyraźnych różnic między dwoma systemami uprawy roli. Autorzy ci podkreślają, że przyczyną różnic ilościowych i jakościowych entomofauny w analizach porównawczych różnych metod uprawy roli mogą być także warunki lokalne. Należy przypuszczać, że poszczególne zgrupowania organizmów, ze względu na specyficzne dla warunków naszego kraju czynniki bio- i abiotyczne kształtujące skład gatunków, również charakteryzują się swoistą reakcją. Zrozumienie i poznanie także tych zagadnień, bez wątpienia, przyczyni się do zwiększenia ewentualnych sukcesów przy wdrażaniu nowych metod do praktyki rolniczej. Stąd, wydaje się słusznym pod-

jęcie tego typu badań również w naszym kraju. Dodatkowym argumentem za podjęciem badań fauny związanej z glebą jest wciąż słabe jej taksonomiczne poznanie (Lee 1991).

Celem badań było poznanie zmian w liczebności i składzie gatunkowym fauny epigeicznej oraz glebowej, będących wynikiem różnego rodzaju uproszczeń w technologii uprawy roli pod pszenicę ozimą. W ramach prowadzonych badań dokonano oceny wpływu uproszczonej uprawy roli (spłyconej) i zerowej (siewu bezpośredniego) na stawonogi naziemne, tj. chrząszcze z rodzin biegaczowatych (Carabidae) i kusakowatych (Staphylinidae), pająki (Araneae) oraz należące do mezofauny glebowej skoczogonki (Collembola) i roztocze (Acari). Stanowiskiem porównawczym dla wymienionych kombinacji doświadczenia była rola uprawiana w sposób tradycyjny, tj. z wykorzystaniem pługa odkładnicowego.

Niniejsza praca przedstawia niepublikowane dotychczas wyniki badań.

2. PRZEGLĄD LITERATURY

2.1. Systemy uprawy roli w Polsce i na świecie

W uprawie roli w Polsce i na świecie wykorzystuje się powszechnie **system tradycyjny** (ang. conventional tillage), oparty na stosowaniu pługa odkładnicowego (Triplett, Dick 2008, Derpsch, Friedrich 2009). Wszystkie zabiegi, począwszy od uprawy poźniwej do siewu włącznie, odbywają się w tym przypadku na ogół w oddzielnych przejściach roboczych (Kordas 2002). Całkowite wyeliminowanie orki jest niemożliwe, szczególnie w naszych warunkach glebowo-klimatycznych, charakteryzujących się przewagą gleb lekkich i małą ilością opadów (Białek 2007). Orki zasadnicze, w tym głęboka, siewna, podorywka, czy też orki uzupełniające, najsilniej zmieniają rolę. W systemie konwencjonalnym stosuje się również szereg zabiegów doprawiających rolę, takich jak bronowanie, kultywatorowanie, wałowanie i inne, które wyrównują powierzchnię gleby i umożliwiają prawidłowe umieszczenie nasion i ich kiełkowanie. Pługi odkładnicowe odwracają skibę, rozluźniają rolę, zwiększają jej pulchność, ilość i wielkość porów, powodując w efekcie wzrost objętości. Orki odgrywają także ważną rolę w niszczeniu chwastów, poprzez przykrycie ich nasion i rozłogów. Efekt pracy pługa zależy od jego konstrukcji, wilgotności i kultury gleby, parametrów wykonania zabiegu i ukształtowania terenu (Jabłoński i in. 1993). Orka głęboka pomaga uwalniać z gleby substancje odżywcze nagromadzone w organicznej materii. Stosowanie orki powoduje jednak stałe ubożenie materii organicznej, co znacznie przyspiesza erozję gleby oraz wpływa negatywnie na zależności pomiędzy organizmami żywymi (Arshad 1999). Tradycyjne praktyki rolnicze wpływają również istotnie na entomofaunę agrocenoz zarówno szkodliwą, jak i pożyteczną (Andersen 1999). Organizmy przystosowane do światła i dużej ilości tlenu, czyli żyjące na powierzchni lub tuż pod nią, zostają wrzucone na dno bruzdy, a na wierzch dostają się organizmy przystosowane do życia w warstwie o większej wilgotności i przy małym dostępie powietrza. Obie te grupy giną w warunkach, do których nie są przystosowane (Szymona 1993). Wpływ ten spowodowany jest prawdopodobnie zmianą kluczowych cech jakości gleby.

Alternatywą dla tradycyjnego systemu uprawy roli jest technologia uproszczona, bezorkowa. Postępująca degradacja gruntów rolnych spowodowała potrzebę opracowania nowej strategii w przygotowywaniu ziemi do uprawy poprzez przyjęcie mniej inwazyjnej taktyki (Holland 2004). Poszukiwanie nowych sposobów uprawy roli powodowane

jest również względami ekonomicznymi. Koncepcja bezorkowej technologii uprawy roli narodziła się w latach 30. ubiegłego wieku w Stanach Zjednoczonych (Derpsch 2001). Uprawa uproszczona jest postrzegana jako ważny element rolnictwa zrównoważonego. Zrozumienie idei uproszczeń w uprawie roli jest bardzo różne w różnych krajach, co związane jest ze specyfiką produkcji rolnej każdego regionu. W ostatnich trzydziestu latach, szczególnie w wielu krajach Ameryki Północnej i Południowej, a także Europy Zachodniej, dąży się do minimalizowania liczby zabiegów uprawowych oraz zmniejszenia głębokości działania narzędzi rolniczych. W Polsce metoda ta nie została jeszcze w pełni spopularyzowana. Uproszczenia polegają na spłycaaniu uprawy roli (uprawa uproszczona) lub całkowitym jej zaniechaniu (uprawa zerowa, siew bezpośredni). Zabiegi takie znacznie ograniczają nakłady finansowe ponoszone na uprawę roli przed siewem oraz stwarzają możliwości uprawy roślin na tzw. trudnych stanowiskach i wszędzie tam, gdzie istnieje problem z wykonaniem siewu w optymalnym terminie (Kordas 2002).

Uproszczenia w uprawie roli funkcjonują w literaturze i w praktyce rolniczej pod różnymi nazwami. Zasadniczą cechą uproszczeń jest zaniechanie stosowania pługa odkładnicowego, który odwraca skibę, niszcząc w ten sposób strukturę gleby. W systemie bezpłunym można wyróżnić dwa główne sposoby uprawy roli. Pierwszy z nich, **uprawa powierzchniowa**, określana również jako metoda konserwująca, zachowawcza czy właśnie uproszczona (ang. conservation tillage, minimum tillage, non-inversion tillage, reduced tillage). Metody powierzchniowe różnią się rodzajem wykorzystywanych narzędzi uprawowych i głębokością uprawy. Najczęściej są to kultywatory, talerzówki bądź agregaty uprawowe, pozwalające zmniejszyć ilość przejazdów (Kordas 2002). Głębokość zabiegu nie przekracza z reguły jednak 15 cm. W skrajnym przypadku mamy do czynienia z tzw. **uprawą zerową**, czyli siewem bezpośrednim (ang. no-tillage, zero-tillage, direct drill), technologią najbliższą proekologicznym metodom uprawy (Stinner, House 1990). W tym przypadku gleba nie jest uprawiana począwszy od zbioru przedplonu do siewu rośliny następczej. Zmiany w środowisku powodowane uproszczeniami w uprawie roli są na tyle duże, że warto by używać terminu bezorkowa produkcja roślinna. Uproszczenia w uprawie roli powinny zostawiać ponad 30% resztek poźniwnych, a w przypadku siewu bezpośredniego ponad 50% (Hendrix i in. 1986, Derpsch 2001). W przypadku uprawy zerowej resztki roślinne zostają na powierzchni gleby, generując bardziej złożony system biologiczny i stabilniejsze warunki mikroklimatu, głównie wilgotności i temperatury (González Fernández i in. 1989). Powoduje to zwiększenie liczebności zwierząt glebowych (Winter i in. 1990, Stinner, House 1990). Uproszczenia powinno się wprowadzać tylko na glebach będących w dobrej kulturze i sprawnych. Kordas (2002) podaje, że do tego celu szczególnie nadają się gleby ilaste, przy niskich i niedogodnie rozłożonych opadach atmosferycznych oraz w płodozmianach uproszczonych z przewagą zbóż. Autor ten stwierdza również, że uprawa roli w systemie bezorkowym wymaga stosowania międzyplonów z przeznaczeniem na mulcz, a co parę lat zaleca się zastosowanie głębosza bądź przeoranie plantacji. W tym systemie uprawy zwykle należy rozważyć także zwalczanie chwastów z wykorzystaniem herbicydów (McLaughlin, Mineau 1995).

2.2. Skutki uproszczeń uprawy roli dla środowiska glebowego

Zastąpienie uprawy tradycyjnej technologią bezorkową wpływa korzystnie na niektóre parametry fizykochemiczne gleby. Badania Epperleina (2001) dowodzą, że w wyniku stosowania uproszczeń w uprawie roli zwiększa się stabilność struktury gleby, zwięzłość i inne parametry fizyczne gleby. Od 1993 r., w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu prowadzono badania dotyczące wpływu stosowania siewu bezpośredniego w uprawie buraka cukrowego na wybrane właściwości gleby (Kordas 1996, 2000). W badaniach wykazano, że w przypadku zaniechania jakiegokolwiek uprawy nastąpił spadek zwięzłości gleby oraz wzrost jej wilgotności i zapasu wody. Stworzyło to lepsze warunki rozwoju roślin, co odzwierciedliło się w wysokim plonie korzeni. Pewną wadą zaniechania uprawy płużnej może być wzrost zachwaszczenia (Andersen 1999). Jednak z drugiej strony okazuje się, iż wzrost zachwaszczenia może wpływać pozytywnie na różnorodność entomofauny pożytecznej. Dotyczy to m.in. chrząszczy z rodzin biegaczowatych i kusakowatych. Dowiedziono, że owady te wykazują dodatnią korelację z pewnymi grupami chwastów (Andersen 1999). Zaniechanie uprawy płużnej wiąże się również z zachowaniem resztek poźniwnych z poprzedniego zbioru. Taka okrywa zatrzymuje erozję glebową, pomaga zatrzymać wodę w glebie oraz stanowi warstwę izolacyjną chroniącą środowisko glebowe przed drastycznymi wahaniami temperatur (Holland 2004). Skutkiem jest też polepszenie podsiąkania wody, sprawności i kultury gleby, zwiększenie przyswajalności składników pokarmowych, zmniejszenie gęstości gleby. To z kolei ułatwia rozwój korzeni. Rozkład resztek poźniwnych jest szybszy aniżeli w uprawie konwencjonalnej. Cechą charakterystyczną jest też płytsze przemarzanie gleby i ochrona wód gruntowych przed nadmiernym zanieczyszczeniem.

Wszelkie zmiany właściwości gleby mogą przyczynić się do zmian liczebności i aktywności fauny oraz zmian w składzie gatunkowym zarówno organizmów pożytecznych, jak i szkodliwych (Andersen 1999, Kladvik 2001). Gleba jest środowiskiem, w którym wiele grup bezkręgowców przechodzi pewien etap rozwoju lub cały cykl życiowy. Właśnie wówczas są one najbardziej podatne na wpływ uprawy roli. Uprawa może wpływać bezpośrednio, powodując śmiertelność wielu grup organizmów glebowych lub pośrednio, modyfikując dostępność pokarmu w środowisku. W dłuższym czasie – uproszczenia w uprawie skutkują zwiększeniem materii organicznej na powierzchni gleby. Wzrost tej materii pociąga za sobą wzrost liczebności organizmów saprofitycznych i detrytusozernych, od obecności których uzależnieni są drapieżcy (Holland 2004). W literaturze światowej najwięcej badań nad wpływem uproszczeń w uprawie roli dotyczy dżdżownic oraz pożytecznych stawonogów naziemnych, w szczególności Carabidae, odławianych za pomocą pułapek Barbera (Emmerling 2001, Kromp 1999). Dżdżownice, których rola w formowaniu struktury gruzelkowej gleby i pośrednio we wzroście roślin jest dobrze znana (Scheu 2003), reagują jednoznacznie na uproszczenia w uprawie roli poprzez zwiększenie liczebności. W piśmiennictwie światowym jest to zjawisko dobrze udokumentowane (Epperlein 2001, Emmerling 2001, Curry i in. 2002, Jordan i in.

2004, Metzke i in. 2007). Sporo danych dostarczają również badania dotyczące mikroorganizmów (Hassink i in. 1991, Epperlein 2001) oraz nicieni (Freckman, Ettema 1993). Organizmy te generalnie zwiększają swoją liczebność w wyniku zaniechania stosowania zabiegów uprawowych. Dotychczas prowadzone na świecie badania nie dają jednak wyraźnej odpowiedzi, w jaki sposób uproszczenia w uprawie roli wpływają na środowisko życia organizmów glebowych. W przypadku wielu różnych grup żyjących w tym środowisku nie stwierdzono jednoznacznie, czy są to zmiany negatywne, obojętne, czy też wpływające pozytywnie (Stinner, House 1990, Radecki 1986, Ball i in. 1998, Millar, Barbercheck 2001).

2.2.1. Stawonogi epigeiczne

Biegaczowate (Coleoptera: Carabidae). Stanowią jedną z najliczniejszych rodzin wśród chrząszczy i liczą ponad 32 tysiące opisanych do tej pory gatunków, zgrupowanych w 1 859 rodzajach (Lorenz 1998). Fauna Polski liczy 518 gatunków biegaczowatych oraz 16 podgatunków, zgrupowanych w 18 plemionach (Bogdanowicz i in. 2004). Jest to rodzina bardzo zróżnicowana zarówno w aspekcie morfologicznym, jak i ekologicznym, stanowiąca jednocześnie istotny komponent agroekosystemów (Booij, den Nijs 1992, Holland, Luff 2000, Boivin, Hance 2003). Większość Carabidae to niewyspecjalizowani drapieżcy, a ich pokarmem na polach uprawnych są mszyce i inne pluskwiaki, młodsze stadia rozwojowe muchówek, motyli, chrząszczy, a także szkodniki z innych gromad, przykładowo ślimaki (Thiele 1977, Allen 1979, Hengeveld 1980a,b, Luff 1987, Lövei, Sunderland 1996, Kromp 1999). Więcej danych dotyczy diety osobników dorosłych, prowadzących epigeiczny tryb życia (Allen 1979). Spektrum żywicielskie larw, żyjących w glebie, jest bardziej ograniczone, głównie ze względu na mniejsze możliwości migracyjne, a nie w związku ze specjalizacją pokarmową (Lövei, Sunderland 1996). Rola Carabidae w ograniczaniu liczebności szkodników na polach uprawnych, w tym w uprawie zbóż, jest ogromna (Thiele 1977, Hengeveld 1980a,b, Luff 1987, Kromp 1999, Lee i in. 2001, Holland 2002, Harrison, Regnier 2003, Gallandt i in. 2005). Licznie występującymi drapieżcami w agrocenozie zbóż w naszym kraju są przedstawiciele rodzajów: *Pterostichus*, *Poecilus*, *Platynus*, *Trechus*, *Bembidion*, *Calathus*, *Notiophilus*, *Loricera*, *Carabus*, *Nebria* (Jaworska 1996, Twardowski, Pastuszko 2008). Ich znaczenie jako wrogów naturalnych szkodników jest bardzo duże, tym niemniej, niemal zawsze w ich przewodzie pokarmowym można spotkać resztki pożywienia roślinnego. Oprócz pokarmu zwierzęcego biegaczowate odżywiają się również nasionami chwastów (Harrison, Regnier 2003, Gallandt i in. 2005, Honek i in. 2006). Szczególną rolę odgrywają tu przedstawiciele rodzajów *Harpalus* i *Amara* (Jorgensen, Toft 1997). To również czynnik przemawiający za uznaniem tej grupy za stawonogi pożyteczne. W warunkach naszego kraju tylko jeden gatunek Carabidae może powodować szkody w uprawie zbóż, a zwłaszcza pszenicy ozimej, tj. łokaś garbatek *Zabrus tenebrioides* Goeze. W ostatnich latach stwierdzono, że larwy łokasia, lokalnie, uszkadzają oziminy w znaczącym stopniu (Twardowski 2004a). Chrząszcze z rodziny biegaczowatych uważane są za bardzo wrażliwe na wszelkie

zmiany powodowane przez człowieka w naturalnym środowisku. Intensywny sposób gospodarowania na terenach rolniczych wpływa destrukcyjnie na liczebność i zróżnicowanie gatunkowe biegaczy. Częste zabiegi agrotechniczne, stosowanie pestycydów czy inne nazbyt liczne i często nieuzasadnione praktyki rolnicze ograniczają liczebność tych stawonogów naziemnych (Vickermann i in. 1987, Pałosz 1995, Holland, Luff 2000, Twardowski 2004b). Szczególnie ważne są warunki glebowe, takie jak: typ gleby (Baker, Dunning 1975, Thiele 1977, Holopainen i in. 1995), kwasowość gleby (Gruttke, Weigmann 1990) wilgotność gleby (Hengeveld 1979, Sanderson i in. 1995, Luff 1996) oraz zacienienie gleby przez rośliny uprawne (Honek 1988) czy też chwasty (Speight, Lawton 1976). Roślinność i resztki roślin przykrywające glebę stwarzają określony mikroklimat, pośrednio wpływający na biegaczowate (Gardner 1991). Znając preferencje siedliskowe i pokarmowe poszczególnych gatunków Carabidae, można poprawić warunki bytowe dla tej grupy organizmów (Holland, Luff 2000). Zwiększona bioróżnorodność roślinna w agrocenozach – również znacząco oddziałuje na karabidofaunę (Twardowski 2002, Hurej, Twardowski 2006, Twardowski i in. 2006). Z tego powodu owady te traktowane są jako dobre bioindykatory zmian zachodzących w środowisku rolniczym (Lövei i Sunderland 1996, Cole i in. 2002, Holland 2002, Irmiler 2003, Jeaneret i in. 2003, Rainio, Niemelä 2003). W swoich przeglądowych pracach wielu autorów stwierdziło, że tradycyjna uprawa roli, z zastosowaniem głębokiej orki, oddziałuje niekorzystnie, tj. zmniejszeniem liczebności oraz różnorodności gatunkowej (Thiele 1977, House, All 1981, House, Parmelee 1985, Luff 1987, Stinner, House 1990, Brust 1994, Digweed i in. 1995, Kromp 1999, Holland, Luff 2000, Hance 2002). Zależność taką opisano w różnych uprawach: burakach (Heimbach, Garbe 1995), rzepaku (Twardowski 2006), kukurydzy (Brust i in. 1985). Częste i głębsze ingerowanie w strukturę gleby było czynnikiem wpływającym niszcząco na rozwój larw, a w konsekwencji na redukcję populacji imago. W innych badaniach uzyskano jednak odmienne wyniki. Możliwe jest bowiem, że wzniesienie gleby było czynnikiem zwiększającym ruchliwość i aktywność biegaczy oraz powodowało tym samym większą liczbę odłowionych owadów (Barney, Pass 1986). Niekórzy autorzy stwierdzili, że zróżnicowanie uprawy roli nie powoduje zmian jakościowych i ilościowych biegaczy (Tyler, Ellis 1979, Huusela-Vesitola 1996). Holland i Luff (2000) podkreślają natomiast, że przyczyną różnic w występowaniu Carabidae w analizach porównawczych różnych metod uprawy roli mogą być także warunki lokalne. Reakcja biegaczowatych na omawiane zmiany zależy również od zespołu gatunków charakterystycznych dla danego terenu (Tyler, Ellis 1979, Barney, Pass 1986, Hance, Gregoire-Wibo 1987, Weiss i in. 1990, Clark i in. 1993, Digweed i in. 1995). Są również dowody, że reakcja dorosłych biegaczy jest uzależniona w dużej mierze od rozmiarów ich ciała. Baguette i Hance (1997) twierdzą, że mniejsze osobniki, takie jak przedstawiciele rodzaju *Bembidion*, liczniej występują w uprawie uproszczonej. Blake i in. (1994) oraz Tietze (1985) stwierdzili, że większe osobniki, a zwłaszcza należące do rodzaju *Carabus* są eliminowane w uprawie konwencjonalnej. Przeciwnego zdania są natomiast Kendall i in. (1995).

Kusakowate (Coleoptera: Staphylinidae). Stanowią jedną z najważniejszych grup epigeicznych chrząszczy w rolniczym krajobrazie, a często nawet przewyższają pod względem liczebności biegaczowate (Newton i in. 2000). Na świecie opisano ponad 45 700 gatunków, natomiast w Polsce blisko 1 400 (Hermann 2001). Stanowią ważną grupę drapieżców, ograniczającą występowanie wielu szkodników, np. mszyc, gąsienic i innych bezkręgowców (Bohac 1999). Autor ten wskazuje również, że chrząszcze z rodziny kusakowatych posiadają wiele cech pozwalających na uznanie ich za dobre organizmy wskaźnikowe w agroekosystemach. Wyższe taksony tej grupy owadów mają szeroki zasięg geograficzny przy jednocześnie specyficznych wymaganiach środowiskowych. Ich populacje są względnie stabilne w normalnych warunkach środowiskowych, a jednocześnie charakteryzują się wysoką różnorodnością gatunkową i troficzną. Są łatwe do odławiania za pomocą standardowych metod (np. za pomocą pułapek Barbera), a ich występowanie w ekosystemach rozciąga się na cały sezon wegetacyjny (Winchester 1999). Wpływ zabiegów uprawowych na kusakowate jest mniej znany w porównaniu do Carabidae. Prawdopodobnie, również przyczyną ich większej liczebności w uprawie zerowej i powierzchniowej jest znikome naruszenie struktury gleby przez narzędzia uprawowe (Krooss, Schaefer 1998). Dodatkowo, taki efekt może być uzyskiwany przez pozostawianie większych ilości resztek poźniwnych na powierzchni gleby oraz większą ilość i różnorodność gatunkową pozostających na polach chwastów (Kromp 1999). Podobnie jak w przypadku Carabidae także i ta rodzina chrząszczy reaguje często zwiększeniem liczebności na plantacjach z ograniczoną liczbą zabiegów agrotechnicznych. (Kromp 1999). Inne badania wykazały, że sposób uprawy roli nie wpływa znacząco na występowanie kusakowatych. Stosowanie naturalnych nawozów oraz pozostawianie resztek poźniwnych wpływają na zwiększenie liczby kusakowatych pośrednio, poprzez zwiększenie dostępności bazy pokarmowej (większa ilość larw muchówek) oraz przez zwiększenie wilgotności środowiska. Czynniki agrotechniczne zatem, np. sposób uprawy, nawożenie, środki ochrony roślin, mają mniejszy, bardziej krótkotrwały wpływ na występowanie kusakowatych, w porównaniu do innych czynników środowiskowych (Bohac 1999). Do istotnych należy przede wszystkim zaliczyć zróżnicowanie krajobrazu rolniczego, obecność otaczających biotopów oraz czynników związanych ze środowiskiem glebowym, takich jak struktura gleby, wilgotność, a także struktura zasiewów (Bohac 1999, Denys, Tschardtke 2002, Dauber i in. 2005, Dauber, Purtauf 2007).

Pająki (Arachnida: Araneae). Tworzą najliczniejszy rząd w obrębie gromady pajęczaków i obejmują około 39 tysięcy gatunków, z czego w Europie występuje około 4 050 (Helsdingen 2005). W Polsce do tej pory wykazano 818 gatunków należących do 37 rodzin (Bogdanowicz i in. 2008). Są dobrze znane jako stawonogi zoofagiczne, jednak niewystarczający jest stan wiedzy na temat pajaków jako wrogów naturalnych szkodników w agrocenozach (Jögar i in. 2004). Są one szeroko rozpowszechnione w środowisku lądowym, w tym stanowią jedną z najliczniejszych grup stawonogów epigeicznych w agroekosystemach (Nentwig 1982, Nyffeler, Benz 1987, Rodríguez i in. 2006), a szczególnie rodzina pogońcowate Lycosidae (Bishop, Reichert 1990, Young, Edwards 1990). Badania dowodzą, że pająki na plantacjach są mniej liczne

niz w innych ekosystemach. W uprawach zbożowych uważane są jednak za ważną grupę stabilizującą liczebność fitofagów (Nyffeler, Benz 1987). Duży potencjał pajaków jako drapieżców proponuje się wykorzystać w integrowanej produkcji (Kiritani 1979, Mansour i in. 1983). Zwiększenie liczebności pajaków może mieć miejsce w przypadku nikłej ingerencji w strukturę gleby powodowanej uproszczeniami w uprawie roli oraz obecności w pobliżu pól miejsc kompensacji ekologicznej (Nyffeler, Benz 1987). Gatunki występujące na polach uprawnych są na ogół mniejsze niż w lasach czy na łąkach, chociaż zdarzają się pojedyncze osobniki także dużych gatunków (Łuczak 1979). Pająki odżywiają się głównie owadami, a sposób chwytania zdobyczy jest u nich bardzo różny (Jura 2002). Pomimo małej specjalizacji pokarmowej pewne grupy lub gatunki pajaków mają określone preferencje. Przykładowo, pająki z rodziny Lycosidae uważane są za ważne drapieżce *Rhopalosiphum padi* Walker w uprawie zbóż (Nyffeler, Benz 1988, Mansour, Heimbach 1993). Nentwig (1982), Nyffeler, Benz (1988) za główny pokarm pajaków uważają Collembola i Diptera. Do najliczniejszych rodzin na polach uprawnych należą Erigonidae i Lycosidae, które według Rodríguez i in. (2006) stanowią ponad 40% wszystkich Araneae. Alford (2003) wymienia przedstawicieli rodziny Linyphiidae jako dominującą grupę. Gatunkami najczęściej podawanymi z pól uprawnych są *Erigone atra* (Blackwall) oraz *Pardosa prativaga* (L. Koch). Charakterystyczny jest związek pajaków z roślinnością (Jögar i in. 2004). Zmiany ilościowe i jakościowe ich populacji determinuje obecność roślin, szczególnie chwastów i potencjalny pokarm w postaci fitofagów (Frank, Nentwig 1995, Asteraki i in. 1992). Utrzymanie bioróżnorodności pajęczaków w agrocenozach ma duże znaczenie w zwalczaniu szkodników (Marc, Canard 1997). Pajęczaki reagują wyraźnie na głębokość i złożoność warstwy ściółki. Według Bishopa i Reicherta (1990) dodawanie mulczu może w znaczący sposób zwiększyć liczebność pajęczaków.

2.2.2. Mezofauna glebowa

Mezofauna glebowa to organizmy, których rozmiary ciała mieszczą się w przedziale od 0,2 do 2 mm. Do najważniejszych i najbardziej licznych komponentów mezofauny glebowej zaliczamy roztocze i skoczogonki, a także inne stawonogi, nicienie czy też wazonkowce (Dindal 1990, Samways 1992, Lavelle 1997). Acari i Collembola stanowią zwykle 95% mezofauny w glebie (Seastedt 1984). Ich liczebność na metrze kwadratowym w glebie na polu uprawnym może wynosić od 10 000 do 120 000, w zdecydowanej większości do 10 cm głębokości (Filser, Fromm 1995, Axelsen, Thorup-Kristensen 2000). Zajmują one wszystkie poziomy troficzne w glebowych łańcuchach pokarmowych (Crossley i in. 1992). Organizmy te odżywiają się podziemnymi częściami roślin, biorąc udział w dekompozycji substancji organicznej. Niektóre z nich są również drapieżcami. Mogą także odżywiać się zarodnikami i strzępkami grzybów, w tym chorobotwórczych oraz bakteriami (Moore i in. 1988). Najbardziej znacząca wydaje się być ich rola jako saprofagów. Obecność mezofauny jest ważnym czynnikiem świadczącym o zdrowotności gleby. Z reguły zajmują one przestwory między gruzełkami gleby, zatem każda zmiana warunków fizycznych i wodnych gleby będzie skutkować zmianami w organizacji

mezofauny. Tym niemniej, stwierdzono, że reagują one bardzo różnie na zabiegi uprawy roli (Steen 1983, Stinner i in. 1988, Hülsmann, Wolters 1998, Brennan i in. 2006).

Skoczogonki (Hexapoda: Collembola). Są to stawonogi skrytoszczękie (Entognatha), zaliczane do podtypu sześcionogów (Hexapoda). Nieaktualnym jest twierdzenie, że organizmy te stanowią rząd owadów bezskrzydłych (Apterygota) (Bogdanowicz i in. 2007). Stanowisko systematyczne skoczogonków stale jest przedmiotem żywej dyskusji. Według najnowszych szacunków na świecie jest około 7 500 gatunków (Bellinger i in. 1996–2004). W Europie do tej pory oznaczono około 2 000 gatunków, natomiast w Polsce rozpoznano 468 gatunków. Stan poznania fauny Collembola na terenie naszego kraju należy uznać za znaczny, w porównaniu do innych krajów naszego kontynentu (Bogdanowicz i in. 2007).

Roztocze (Arachnida: Acari). Opisano około 46 tysięcy gatunków roztoczy na świecie należących do 3 700 rodzajów (Boczek, Błaszak 2005). Liczba odkrywanych gatunków zwiększa się w szybkim tempie, zatem według cytowanych autorów grupa ta może być drugą po owadach pod względem różnorodności biotycznej. Roztocze zamieszkują wypełnione powietrzem naturalne przestwory w powierzchniowej warstwie gleby. Wiele form roztoczy odżywia się detritusem, przyczyniając się do prawidłowego krążenia składników mineralnych w glebie. Są też ważnym czynnikiem glebotwórczym (szczególnie Oribatida), odpowiedzialnym za tworzenie struktury gruzelkowej. Obok saprofagów wiele form roztoczy jest drapieżnych (Mesostigmata i Prostigmata), a część odżywia się również bakteriami, glonami, grzybami oraz podziemnymi częściami roślin (Boczek, Błaszak 2005, Górny 1975).

Skoczogonki i roztocze jako szeroko rozpowszechnione, a jednocześnie ekologicznie wyspecjalizowane, mogą być dobrymi wskaźnikami jakości środowiska, np. stopnia rozkładu substancji organicznej w stosach kompostu lub zatrucia chemicznego gleby (Frampton 1997, Ruf 1998, Axelsen, Thorup-Kristensen 2000, Boczek, Błaszak 2005). Collembola zajmują wszystkie poziomy troficzne w środowisku glebowym (Moore i in. 1988). Znaczenie skoczogonków w glebie polega przede wszystkim na ich udziale w rozkładzie resztek organicznych, w tym także chityny. Poza tym wydalając w nienaruszonym stanie zarodniki grzybów i innych mikroorganizmów, przyczyniają się do ich rozsiewania i stymulują tym samym występowanie mikroflory glebowej (Górny 1975). Skoczogonki oraz roztocze reagują relatywnie szybko na wszelkie zmiany w strukturze gleby powodowane zabiegami agrotechnicznymi (Neave, Fox 1998). Ich liczebność i spektrum gatunkowe są ściśle związane ze strukturą gleby (Usher 1975). Na świecie badania nad reakcją Acari na nowe technologie uprawy roli prowadzili Hülsmann i Wolters (1998). Autorzy ci wykazali, że roztocze reagowały znacznym zwiększeniem (o ponad 50%) liczebności populacji w glebie przy zastosowaniu siewu bezpośredniego rośliny uprawnej (uprawa zerowa), a także w splyconej uprawie roli, z rzadziej używanymi narzędziami uprawowymi (uprawa uproszczona), w porównaniu do tradycyjnej uprawy płuźnej. Podobne wyniki osiągnęli również Steen (1983), Hendrix i in. (1986), Stinner i in. (1988), Moreby i in. (1994), Alvarez i in. (2001), Brennan i in. (2006) oraz Twardowski (2008). Jednak Ruiter i in. (1993) stwierdzili więcej tych mezostawonogów w uprawie tradycyjnej. Nadto, Brussard i in. (1990) podają informację, że niektóre grupy skoczogonków faworyzują uprawę płuźną na plantacji pszenicy ozimej. Różne grupy

roztoczy mogą różnie reagować na zmianę sposobu uprawy roli. Przykładowo, Oribatida (mechowce) charakteryzują się silniejszą wrażliwością na zmianę sposobu uprawy roli aniżeli Astigmata lub Prostigmata (Wallwork 1976, Werner, Dindal 1990). Szczególnie zmniejszenie liczebności mechowców w glebie notowano w przypadku uprawy tradycyjnej. Biorąc pod uwagę uprawę konserwującą, najbardziej wrażliwą grupę roztoczy stanowią Mesostigmata (Hülsmann, Wolters 1998). House i Alzugaray (1989) do przyczyn zmniejszania się liczebności skoczogonków i roztoczy glebowych w uprawie tradycyjnej zaliczyli wysychanie w wyniku ich przeniesienia na powierzchnię, destrukcję struktury gleby oraz zanik pokarmu. Głęboka ingerencja człowieka w strukturę gleby jest niewątpliwie czynnikiem zakłócającym naturalny rozwój żyjących w niej organizmów, a zabiegi takie jak orki znacznie zakłócają naturalne mechanizmy homeostatyczne (Altieri 1991). Mimo dużego znaczenia Collembola i Acari w procesach glebotwórczych liczba badań na świecie dotyczących wpływu różnych zabiegów agrotechnicznych na te grupy stawonogów jest stosunkowo niewielka.

3. MIEJSCE I METODY BADAŃ

3.1. Miejsce badań

Badania polowe prowadzono w latach 2003–2007 w dwóch miejscowościach w województwie dolnośląskim.

We Wrocławiu Swojcu badania prowadzono w ramach doświadczenia ścisłego założonego jesienią 2002 r. przez Katedrę Kształtowania Agroekosystemów i Terenów Zieleni, w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym Swojec Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu. Gospodarstwo położone jest w strefie podmiejskiej; długość geograficzna wschodnia $17^{\circ}15'$, szerokość geograficzna północna $51^{\circ}12'$. Prace wykonywano w dwóch okresach wegetacji pszenicy ozimej, tj. jesiennym i wiosenno-letnim. W doświadczeniu wykorzystano stanowisko po rzepaku ozimym (2003–2005) oraz po pszenicy ozimej (2005–2007). Doświadczenie założono metodą losowanych podbloków, w czterech powtórzeniach (poletka). Badania prowadzono w trzech kombinacjach uprawy roli, tj. tradycyjnej, uproszczonej oraz zerowej. Powierzchnia każdego z 12 poletek doświadczalnych wynosiła 120 m^2 ($10\text{ m} \times 12\text{ m}$).

Dodatkowe analizy przeprowadzono w gospodarstwie produkcyjnym „MS” Sp. z o.o., Gospodarstwo Rolne Makowice. Gospodarstwo to położone jest w odległości około 15 km od Świdnicy (woj. dolnośląskie), w terenie podgórskim, charakteryzującym się dużą mozaikowością krajobrazu. Długość geograficzna wschodnia $16^{\circ}50'$, szerokość geograficzna północna $50^{\circ}80'$. Doświadczenie polowe prowadzono w latach 2004–2006, w okresie wiosennym, na plantacji pszenicy ozimej uprawianej po kukurydzy, która również uprawiana była w technologii bezorkowej. Powierzchnia użytków rolnych gospodarstwa, w tym pola badawcze pszenicy ozimej, wynosiła około 800 ha i były one uprawiane w technologii bezorkowej. Pola porównawcze, uprawiane metodą tradycyjną, z wykorzystaniem pługa odkładnicowego należały do rolników indywidualnych. W każdym roku prowadzono badania na dwóch, bezpośrednio ze sobą sąsiadujących plantacjach. Zarówno w kombinacji uprawianej w sposób uproszczony, jak i tradycyjny wydzielono część pola o powierzchni około 480 m^2 i kształcie prostokąta. Na powierzchni tej wyznaczono po cztery poletka (powtórzenia), każde o wymiarach 12 metrów \times 10 metrów (120 m^2). Powierzchnia badawcza, dla uniknięcia tzw. efektu brzegowego, znajdowała się w odległości co najmniej 20 metrów od brzegu pola.

3.2. Zabiegi agrotechniczne

Zabiegi agrotechniczne prowadzone na polach doświadczalnych RZD Swojec, w poszczególnych latach badań, przedstawia tabela 1. W doświadczeniu uprawiano pszenicę ozimą, której norma wysiewu wynosiła w uprawie tradycyjnej 450 ziaren/m², a w uprawach uproszczonych – 500 ziaren/m². Z piśmiennictwa wynika, że na obiektach z uproszczoną uprawą powinno się stosować normę wysiewu nasion większą o ok. 8–10% aniżeli na plantacjach uprawianych tradycyjnie. Zwiększone normy wysiewu na stanowiskach z uprawą uproszczoną związane są z potrzebą zapewnienia optymalnej końcowej obsady roślin. Rozstawa rzędów pszenicy w siewie bezpośrednim została zwiększona do 15 cm (12 cm w uprawie tradycyjnej i uproszczonej). W doświadczeniu uprawiano pszenicę ozimą odmian: Mewa 2003/2004, 2004/2005 i 2005/2006 oraz Trend 2006/2007. W każdym roku stosowano nawożenie azotowe w dawce 120 kg/ha. Nawożenie wykonywano dwukrotnie wiosną, a podaną dawkę nawozów azotowych (saletra amonowa i mocznik) podzielono na dwie równe części. Nawożenie fosforowe i potasowe w ilości P–60 i K–100 kg/ha stosowano jesienią, na ściernisko po rzepaku i po pszenicy. W uprawie tradycyjnej stosowano pełen zestaw zabiegów uprawowych, tj. podorywkę, orkę średnią, bronowanie broną średnią, ciężką i talerzową w agregacie z wałem strunowym. W uprawie uproszczonej stosowano kultywator o zębach sztywnych wraz z wałem strunowym, broną średnią oraz talerzową. W uprawie zerowej nie było żadnych zabiegów zmieniających strukturę gleby. Zabiegi grzybobójcze i chwastobójcze wykonywano we wszystkich kombinacjach doświadczenia, z wyjątkiem glifosatu, który stosowano tylko w uprawie uproszczonej i zerowej (tab. 1). Nie używano insektycydów.

W gospodarstwie produkcyjnym w Makowicach prowadzono badania na plantacji pszenicy ozimej, odmiany Clever (2004–2005 i Trend 2006) (tab. 2). Zastosowano nawożenie azotowe (saletra amonowa, mocznik), w dawce 150 kg/ha. W zwalczaniu chwastów używano propoksykarbazonu sodowego (Attribut 70 WG), tritosulfuronu i dikamba (Mocarz 70 WG), natomiast środki grzybobójcze stanowiły: tridemorf i epoksykonazol (Tango 500 SC) oraz epoksykonazol i karbendazym (Duett 250 SC). Na plantacji badawczej nie stosowano insektycydów.

Tabela 1

Table 1

Zabiegi agrotechniczne w uprawie pszenicy ozimej na Swojcu w latach badań (2003–2007)
Cultivation in winter wheat field at Swojec in research years (2003–2007)

Zabiegi agrotechniczne Agrotechnical operations	Kombinacje Treatments	03/04	04/05	05/06	06/07
Zbiór przedplonu – Harvest of forecrop	TUZ*	5.08	23.07	20.07	27.07
Podorywka 8–10 cm + brona średnia Skimming 8–10 cm + medium harrow	T	13.08	7.08	17.08	14.08
Kultywator o zębach sztywnych+Wał strunowy – Cultivator+roller	U	13.08 30.09	7.08 4.10	17.08 27.09	14.08 29.09
Brona średnia – Medium harrow	TU	14.08	7.08 3.09	17.08 6.09	b.d.
Brona ciężka lub wirowa 12–14 cm Heavy or swirl harrow 12–14 cm	T	19.09	4.10	3.10	10.08
Orka średnia 18–20 cm Medium ploughing 18–20 cm	T	30.09	22.09	27.09	29.09
Nawozy fosforowo-potasowe Phosphoecic and potassium manure	TUZ	30.09	21.09	26.09	26.09
Brona talerzowa 10 cm + Wał strunowy Disc harrowing +roller	TU	30.09	4.10	3.10	9.08
Siew psz. ozimej w rozstawie 12 cm (15 cm w uprawie zerowej) – Sowing wheat with spacing 12 cm (15 cm in no-tillage)	TUZ	3.10	5.10	3.10	10.10
Herbicyd Roundup (glifosat) Herbicide Roundap (glyphosate)	UZ	18.09	21.09	20.09	21.09
Nawożenie (saletra amonowa 34%) Fertilization (ammonium sulphate 34%)	TUZ	5.03	8.03	29.03	10.04
Chwastobójczy (oparte na izoproturonie) Herbicides (based on izoproturon)	TUZ	5.04	5.04	31.03	21.04
Chwastobójczy MCPA+ dikamba) lub (jodosulfuron metylosodowy+2,4 D, fenoksykwas) – Herbicides	TUZ	14.04	14.04	29.04	26.04
Wysiew mocznika 46%N Nitrogen fertilization 46%	TUZ	19.04	19.04 25.05	13.05	10.05
Fungicyd (flusilazol + karbendazym +spiroksamina+ triadimen.) + Fungicides	TUZ	5.05	6.05	20.05	26.05

*T – uprawa tradycyjna – conventional tillage, U – uprawa uproszczona – reduced tillage, Z – uprawa zerowa – no-tillage

Tabela 2

Table 2

Zabiegi agrotechniczne w uprawie pszenicy ozimej w Makowicach w latach badań (2004–2006)
Cultivation in winter wheat field at Makowice in research years (2004–2006)

Uprawa Tillage	Uprawa poźniwna After harvest tillage	Uprawa przedsiewna Before sowing tillage	Siew Sowing
Tradycyjna Conventional	podorywka 10 cm, bronowanie skimming 10 cm, harrowing	2–3 tygodnie przed siewem orka średnia (18 cm), bronowanie 2–3 weeks before sowing medium ploughing (18 cm), harrowing	siewnik tradycyjny conventional sowing machine
Uprosz- czona Reduced	po zbiorze brona talerzowa (10 cm), później w miarę potrzeby 1–2 zabiegi after harvest disc harrow (10 cm), later 1–2 treatments if necessary	przed siewem 2 x brona talerzowa (10 cm) z wałem ugniatającym Campbella before sowing 2 x disc har- rowing (10 cm) with Campbell roller	siewnik talerzowy disc seeder

3.3. Metody badań

3.3.1. Odłowcy stawonogów epigeicznych

Odłowcy stawonogów epigeicznych (Carabidae, Staphylinidae, Araneae) przeprowadzono za pomocą pułapek glebowych (Barbera). Łącznie w doświadczeniu ścisłym we Wrocławiu Swojcu używano 12 pułapek. W środkowej części każdego z czterech poletek (powtórzenia), w każdej z trzech kombinacji, wkopano w ziemię jedną pułapkę. Naczynia opróżniano raz w tygodniu. W badaniach prowadzonych w Makowicach, łącznie, użyto osiem pułapek (cztery pułapki na plantacji pszenicy ozimej uprawianej metodą tradycyjną oraz cztery metodą uproszczoną). W celu uniknięcia efektu brzegowego umieszczano je w odległości około 30 metrów od brzegów pola uprawnego, w jednym rzędzie (odstęp między pułapkami w rzędzie wynosiły około 20 m). W tym przypadku materiał entomologiczny wybierano z pułapek raz na dwa tygodnie.

W obu miejscowościach pułapkę stanowiło szklane naczynie o pojemności 1 litra i średnicy 9 cm (słoik Weck'a), napełnione niewielką ilością glikolu etylenowego (stężenie 100%), w celu równoczesnego zabijania i konserwowania wpadających stawonogów. Nad każdą pułapkę ustawiono daszek chroniący przed deszczem. Wszystkie odłowione okazy liczono i oznaczano do rzędu (Araneae), rodziny (Staphylinidae) bądź gatunku (Carabidae). Oznaczeń gatunkowych chrząszczy z rodziny biegaczowatych dokonał autor pracy. Nazewnictwo gatunków Carabidae przyjęto według pracy Hürki (1996).

3.3.2. Ocena liczebności mezofauny glebowej

W latach 2003–2004, na każdym z czterech poletek, każdej kombinacji doświadczenia, pobierano po 6 prób gleby (łącznie 72 w każdym terminie), natomiast w latach 2005–2007 po 3 próby (łącznie 36). Próby pobierano dwa razy jesienią oraz dwa razy wiosną, zawsze w podobnej fazie rozwojowej rośliny (jesienią pierwszy raz w fazie 2–3 liści właściwych, tj. BBCH 12–15 i drugi raz około 2 tygodnie później w fazie 9 i więcej liści właściwych, tj. BBCH 16–20, natomiast wiosną pierwszy raz w fazie BBCH 25–30, tj. koniec krzewienia oraz około 2 tygodnie później drugi raz w fazie BBCH 30–35, tj. początek strzelania w źdźbło).

W Makowicach próby gleby pobierano na plantacji pszenicy ozimej w dwóch terminach wiosną, zawsze w podobnym stadium rozwojowym roślin (koniec krzewienia BBCH 30, początek strzelania w źdźbło BBCH 35. W każdym z terminów badań pobierano łącznie 48 prób gleby, tj. po 24 z pola pszenicy uprawianej tradycyjnie oraz 24 z pola uprawianego metodą uproszczoną.

W obu miejscowościach pobierano próby glebowe za pomocą pobieraka o średnicy 5 cm i głębokości 10 cm. Taka głębokość pobierania prób wynika z faktu, że większość skoczogonków i roztoczy zasiedla glebę do głębokości 10 cm (Witkowski, Łosiński 1986). Do wypłaszania Collembola i Acari z pobranych prób gleby użyto 14 aparatów Tullgrena zmodyfikowanych przez Murphy'ego (1956). Odłowione stawonogi liczono i przechowywano w 75% alkoholu etylowym. Skoczogonki oznaczano do gatunku, natomiast roztocze do podrzędów. Identyfikacji Collembola do gatunku dokonał dr Adrian Smolis (Instytut Zoologiczny, Uniwersytet Wrocławski), natomiast rozdziału roztoczy glebowych na podrzędy dokonały: mgr Krystyna Kozina, mgr Joanna Magiera-Dulewicz oraz mgr Karolina Pastuszko (Katedra Ochrony Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu).

3.4. Analiza statystyczna i ekologiczna zgrupowań stawonogów

Uzyskane w doświadczeniu dane analizowano przy użyciu programu *Statistica* v. 8.0 oraz arkusza kalkulacyjnego *Excel 2007*. Wykonano analizę wariancji (ANOVA) przy poziomie istotności $\alpha=0,05$. Przy analizie wariancji brano pod uwagę średnie wartości z czterech powtórzeń z każdego obiektu badań (uprawa tradycyjna, uprawa uproszczona, uprawa zerowa). W przypadku wykrycia istotnych różnic w liczebności stawonogów naziemnych wykonano test *post-hoc* Tukeya (Honest Significant Differences), dla równych liczebności prób, oparty na tzw. studentyzowanym rozstępie, umożliwiającym porównanie średnich, również przy poziomie istotności $\alpha=0,05$.

Jakościową i ilościową charakterystykę ekologiczną zgrupowań Carabidae oraz Collembola opisano na podstawie liczebności ogólnej, liczebności gatunków, współczynnika dominacji gatunkowej, wskaźnika różnorodności gatunkowej Simpsona (D), wskaźnika bogactwa gatunkowego Shannona–Weavera (H'), wskaźnika równomierności gatunkowej (wyrównania gatunkowego Pielou (J') i wskaźnika podobieństwa

faunistycznego zgrupowań Sørensen. Charakterystykę ekologiczną występowania stawonogów w poszczególnych kombinacjach przeprowadzono za pomocą wzorów:

Współczynnik dominacji:

$$D = \frac{s}{S} \times 100$$

gdzie:

D – dominacja,

s – liczba osobników danego gatunku w danej próbie,

S – liczba osobników wszystkich gatunków w danej próbie.

Poszczególne gatunki stawonogów zaliczono do klas dominacji według skali proponowanej przez Kasprzaka i Niedbałę (1981):

- $D5$ – eudominanty – powyżej 10,0% ogółu osobników porównywanej grupy taksonomicznej
- $D4$ – dominanty – 5,1–10,0%
- $D3$ – subdominanty – 2,1–5,0%
- $D2$ – recedenty – 1,1–2,0%
- $D1$ – subrecedenty poniżej 1,0%.

Dominacja (D) odnosi się do pojedynczego gatunku i charakteryzuje jego udział w danej kombinacji.

Wskaźnik różnorodności gatunkowej Simpsona (1949):

$$D = \sum_{i=1}^s \frac{n_i(n_i - 1)}{N(N - 1)}$$

gdzie:

N – liczebność wszystkich osobników,

n_i – liczba osobników i -tego gatunku,

S – liczba gatunków.

Wartość tego współczynnika zawiera się w przedziale $0 \leq D \leq 1$; im D bliższe 0, tym różnorodność gatunkowa jest niższa, gdy D zbliża się do 1, to zwiększa się homogeniczność gatunkowa środowiska. Wskaźnik ten charakteryzuje ilość występujących gatunków, jak również obfitość każdego gatunku. Wskazuje jednocześnie na prawdopodobieństwo, że dwa przypadkowo wybrane osobniki w środowisku należą do tego samego gatunku.

Wskaźnik ogólnej różnorodności gatunkowej Shannona–Weavera (Shannon 1948):

$$H' = \sum_{i=1}^{i=S} \frac{n_i}{N} \log_2 \left(\frac{n_i}{N} \right)$$

gdzie:

n_i – liczba osobników danego gatunku,

N – liczba osobników w zespole,

S – liczba gatunków.

Różnorodność gatunkowa mierzona współczynnikiem Shannona–Weavera wzrasta jednocześnie ze wzrostem liczby gatunków, a także wraz z wyrównywaniem się udziału poszczególnych gatunków w próbie.

Wskaźnik równomierności rozkładu częstości gatunków Pielou (wyrównanie gatunkowe) (Pielou 1966):

$$J = \frac{H'}{\log_2 S}$$

gdzie:

H' – wskaźnik ogólnej różnorodności gatunkowej Shannona–Weavera,

S – liczba gatunków.

Wskaźnik charakteryzuje potencjalne zróżnicowanie gatunkowe (równomierność rozkładu gatunków); im większa równomierność gatunkowa, tym wskaźnik bliższy jedności.

Podobieństwo faunistyczne zgrupowań Carabidae i Collembola w poszczególnych obiektach doświadczenia według ilościowej formuły Sørensen (Magurran 2004):

$$P_{xy} = \frac{2c}{a+b} 100\%$$

gdzie:

c – liczba gatunków,

a – liczba gatunków w pierwszej kombinacji, natomiast b w drugiej.

Indeks ten przedstawia podobieństwo zgrupowań w skali od 0 do 1. Wartość 1 wskazuje całkowite podobieństwo zgrupowań, natomiast wartość 0 – całkowity brak podobieństwa.

4. WARUNKI GLEBOWE I PRZEBIEG POGODY

Warunki glebowe. Badania polowe we Wrocławiu Swojcu prowadzono na glebie typu mada właściwa wytworzonej z piasku gliniastego mocnego pylastego. Pod względem przydatności rolniczej glebę zaliczono do klasy bonitacyjnej IVa, kompleksu żyniego bardzo dobrego (Kordas 2009). W każdym obiekcie doświadczenia i w każdym powtórzeniu dokonywano pomiarów wilgotności i temperatury gleby w terminach pobierania prób glebowych na obecność mezofauny. Do tego celu wykorzystano elektroniczny wilgotnościomierz glebowy typu HH2 z sondą typu W.E.T. Wilgotność gleby wynosiła wówczas od 15 do 20%. Temperatura gleby w czasie pobierania prób mieściła się w przedziale od 11 do 17°C. Zmierzono także pH gleby za pomocą pehametru Hellinga. Na podstawie tych pomiarów odczyn gleby na plantacji we Wrocławiu Swojcu sklasyfikowano jako lekko kwaśny (pH od 5,6 do 6,5).

Gleba na polach gospodarstwa rolnego w Makowicach zaliczona została do typu brunatnego właściwego, wytworzona z piasków gliniastych, klasy bonitacyjnej V (informacja ustna zarządcy gospodarstwa). Kwasowość gleby określona została na poziomie pH od 4,6 do 5,5 (gleby kwaśne). Wilgotność gleby w tej miejscowości, w czasie pobierania prób na obecność mezofauny, wynosiła od 15 do 20%.

Przebieg pogody w trakcie prowadzenia badań polowych scharakteryzowano na podstawie danych meteorologicznych zebranych w latach badań 2003–2007, a także danych wieloletnich (1968–2006). Przebieg warunków klimatycznych przedstawiono w okresach o zasadniczym znaczeniu dla rozwoju pszenicy ozimej oraz organizmów występujących na plantacji. Warunki te w poszczególnych latach były zróżnicowane i w niektórych okresach znacznie odbiegały od średnich wieloletnich, pochodzących z lat 1968–2006. Duża zmienność w wielkości opadów atmosferycznych w latach badań wpływała na wilgotność środowiska glebowego oraz na występowanie geobiontów i geofili będących przedmiotem niniejszych analiz. Dane te pochodzą ze stacji obserwacyjnej Zakładu Agro- i Hydrometeorologii Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu na Swojcu (tab. 3).

Warunki atmosferyczne w okresie badań polowych w latach 2003–2007 (Wrocław Swojec)
Weather conditions in time of the field experiment in 2003–2007 (Wrocław Swojec)

Miesiąc Month	Rok Year	OPADY – RAINFALL						TEMPERATURA – TEMPERATURE					
		Średnia z dekad Decades mean			Średnia miesięczna Monthly mean	Średnia wieloletnia Multiannual mean (1968–2006)	Średnia z dekad Decades mean			Średnia miesięczna Monthly mean	Średnia wieloletnia Multiannual mean (1968–2006)		
		I	II	III			I	II	III				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12		
Styczeń January	2004	15,3	15	0,5	31,2	28,8	-5,5	1,8	-4,4	-2,7	-1,0		
	2005	12	18	11,5	41,7		6,0	2,7	-1,7	2,3			
	2006	7,8	13	2,3	23,5		-2,7	-5,2	-9,7	-6,0			
	2007	11	18	23,1	52		5,5	15,5	26,0	16,0			
Luty February	2004	24,9	3,8	4,1	32,8	25,3	7,3	-0,9	-0,6	1,9	0,1		
	2005	0,5	20	18,8	39,2		-2,7	0,2	-2,0	-1,5			
	2006	27,4	9	2,9	39,3		-3,2	0,5	-3,2	-1,9			
	2007	24,8	18	16,3	59		7,1	7,5	0,7	4,9			
Marzec March	2004	3,7	11	40,2	54,9	31,1	-0,8	8,4	5,6	4,4	3,2		
	2005	1,3	7,3	0,7	9,3		-4,0	3,4	5,5	1,6			
	2006	7,9	2,7	11,5	22,1		-2,4	-1,2	4,8	0,6			
	2007	17,6	21	10,4	48,8		2,7	3,0	2,4	2,7			
Kwiecień April	2004	2,3	0	19,2	21,5	37,1	7,1	9,8	11,9	9,6	8,3		
	2005	24,1	0	1,4	25,5		9,2	11,0	9,2	9,8			
	2006	11,5	5,2	34,4	51,1		7,5	9,7	12,5	9,9			
	2007	0,8	1,1	0,8	2,7		6,4	6,5	6,7	6,5			
Maj May	2004	14,9	13	11,7	39,1	53,4	13,9	12,6	12,0	12,8	13,8		
	2005	45,6	16	59	121		12,6	11,0	18,6	14,0			
	2006	4,6	7,9	3,4	15,9		14,0	15,5	13,6	14,3			
	2007	15,3	25	10,5	50,3		8,4	11,7	12,6	10,9			

Tabela 3 cd.
Table 3 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Czerwiec June	2004	11,7	25	7,1	43,7	70,2	17,4	15,5	17,3	16,7	16,8
	2005	24,1	12	0,6	36,3		13,4	17,6	19,4	16,8	
	2006	7,3	13	36,6	56,6		13,0	20,7	21,6	18,5	
	2007	32,6	3,6	33	69,2		12,2	14,9	19,5	15,6	
Lipiec July	2004	45,4	9,1	11,6	66,1	83,4	17,7	18,2	19,8	18,5	18,6
	2005	52	4,9	48,4	105,3		18,0	20,9	20,2	19,7	
	2006	5,2	3,9	2,9	12		22,4	22,9	24,7	23,4	
	2007	75,8	26	19,2	120,6		18,5	21,0	18,1	19,2	
Sierpień August	2004	6,3	22	4,7	33	71,9	20,6	20,5	17,3	19,4	18,1
	2005	35,7	8,6	6,8	51,1		16,6	17,4	18,8	17,6	
	2006	111	9,1	46,4	166,7		17,8	18,4	15,8	17,3	
	2003	43,8	3,0	11,1	57,9		10,5	5,8	2,0	6,1	
Wrzesień September	2004	0	5,3	20,5	25,8	46,7	15,6	15,0	12,4	14,4	13,7
	2005	0	16	4,6	20,2		18,4	14,3	13,1	15,3	
	2006	13,3	3,6	0,7	17,6		16,8	16,5	15,1	16,2	
	2003	17,3	28,7	7,8	53,8		22,4	20,6	18,4	20,5	
Październik October	2004	19,3	32	0,4	51,4	39,3	12,9	7,1	12,3	10,8	9
	2005	0	1,4	4	5,4		11,9	7,5	10,3	9,9	
	2006	30,5	0	27,4	57,9		12,8	8,8	11,4	11,0	
	2003	6,4	9,7	10,3	26,4		6,6	3,5	7,1	5,7	
Listopad November	2004	32,3	39	6	77,7	42,2	7,8	4,1	2,7	4,9	4,1
	2005	9,9	11	68,3	89,1		7,8	6,6	6,7	7,0	
	2006	47,5	9,9	10,9	68,3		5,6	7,8	6,6	6,7	
	2003	1,7	22,4	20,1	44,2		2,8	2,4	0,7	2,0	
Grudzień December	2004	0,2	4,2	11,4	15,8	8,6	3,4	-0,4	2,1	1,7	0,5
	2005	32,3	39	6	77,7		7,8	4,1	2,7	4,9	
	2006	17,1	12	6	35,2		7,1	3,9	2,2	4,3	

Opady atmosferyczne. W pierwszym miesiącu jesiennej wegetacji pszenicy ozimej (październik), w pierwszym sezonie prowadzenia badań polowych na Swojcu (2003–2004), stwierdzono znacznie większe sumy opadów w porównaniu do średniej wieloletniej. Nieznacznie mniej opadów odnotowano w listopadzie. Średnie ilości opadów atmosferycznych, w pierwszych trzech miesiącach 2004 r. były wyższe od średniej wieloletniej. W okresie wiosennego wzrostu pszenicy ozimej odnotowano odwrotną sytuację. W drugim sezonie wegetacji pszenicy opady w okresie od września do grudnia 2004 r., były większe od średniej z lat 1968–2006, co sprzyjało początkowemu wzrostowi rośliny. Dużą zmienność wysokości opadów stwierdzono w 2005 r. Ilość opadów w pierwszych miesiącach roku była wyższa od średniej wieloletniej, zaś w kolejnych dwóch niższa. W krytycznym dla wzrostu rośliny miesiącu maju odnotowano więcej opadów w stosunku do okresu wielolecia. W październiku suma opadów była niewielka (średnio 5,4 mm), co nie sprzyjało rozwojowi wysianej na początku tego miesiąca pszenicy. W 2006 r., w miesiącach intensywnego przyrostu masy zielonej rośliny, tj. od kwietnia do lipca odnotowano niedobór opadów, co mogło wpłynąć na jej rozwój. W miesiącach jesiennych omawianego roku, tuż po siewie pszenicy, opady były wyższe w porównaniu do średniej wieloletniej. W ostatnim roku badań polowych, tj. 2007, w pierwszych trzech miesiącach suma opadów była większa niż w okresie wielolecia. Bardzo niewiele opadów odnotowano w kwietniu (2,7 mm) oraz lipcu (12 mm). W miesiącach krytycznych dla rozwoju rośliny, tj. maju i czerwcu, sumy opadów nie odbiegały od średniej z okresu 1968–2006.

Średnia temperatura dobowa. W okresie od października do grudnia 2003 r., tj. w pierwszych miesiącach wegetacji pszenicy ozimej, średnie temperatury dobowe były znacznie wyższe w porównaniu do średnich z lat 1968–2006. W okresie wiosenno-letnim 2004 r. wartości średnich dobowych temperatur powietrza były zbliżone do średnich z okresu wielolecia. Podobne do wieloletnich dane uzyskano również w pierwszych miesiącach wzrostu rośliny, w kolejnym sezonie wegetacji. W 2005 r., w okresie wiosenno-letnim, średnie temperatury, w miesiącach intensywnego wzrostu pszenicy ozimej (począwszy od kwietnia), również były podobne do średnich wartości uzyskanych z okresu 1968–2006. Zróżnicowane dane temperatury odnotowano jesienią, w trzecim sezonie wegetacji pszenicy (2005–2006). Wyższe dane niż średnie wieloletnie stwierdzono w dwóch ostatnich miesiącach 2005 r. Pierwsze trzy miesiące 2006 r. badań charakteryzowały się znacznie niższymi temperaturami w porównaniu do okresu wielolecia. W kolejnych czterech miesiącach stwierdzono odwrotną sytuację. Średnie wartości temperatury w okresie wiosenno-letnim wzrostu rośliny były wyższe niż dane uzyskane z lat 1968–2006. Podobną sytuację odnotowano w okresie jesiennym, czwartego sezonu wegetacji pszenicy ozimej (2006–2007). Pierwsze dwa miesiące 2007 r. były zdecydowanie cieplejszymi w stosunku do średnich wieloletnich. Średnie temperatury w miesiącach wiosennych, intensywnego wzrostu pszenicy, były jednak niższe od średnich z okresu wielolecia.

5. WYNIKI

5.1. Ogólna liczebność stawonogów epigeicznych odłowionych na Swojcu

W materiale odłowionym do pułapek Barbera na Swojcu wyróżniono trzy grupy stawonogów: chrząszcze z rodzin Carabidae i Staphylinidae oraz pająki Araneae. Zbiorcza tabela 4 przedstawia wszystkie odłowione Arthropoda, z podziałem na oznaczone grupy, we wszystkich latach i kombinacjach badań. W odłowach prowadzonych w okresie jesiennym odnotowano łącznie 4 223 stawonogów. Najwięcej występowało ich na plantacji pszenicy ozimej uprawianej w systemie zerowym – 1 531 osobników. W uprawie uproszczonej stwierdzono 1 378 osobników, natomiast najmniej w przypadku uprawy tradycyjnej – 1 314. W okresie wiosenno-letnim badań polowych odłowiono łącznie 24 330 stawonogów. Ponownie najczęściej odnotowano ich w uprawie zerowej, tj. 8 614. Mniej licznie organizmy te występowały w uprawie uproszczonej (8 253 osobników), a najmniej w przypadku uprawy tradycyjnej, gdzie stwierdzono 7 463 osobników. Szczegółowa analiza liczebności Arthropoda w poszczególnych obiektach badawczych omówiona jest w dalszych podrozdziałach.

5.1.1. Liczebność, skład gatunkowy i dynamika występowania biegaczowatych – Carabidae

Sezon 2003/2004 – okres jesienny. W sumie, w okresie jesiennym 2003 r., w doświadczeniu ścisłym prowadzonym na Swojcu odłowiono do pułapek Barbera 163 biegaczowate (tab. 5). Najwięcej chrząszczy z tej rodziny odłowiono w przypadku pszenicy ozimej uprawianej w systemie zerowym – 92. Liczba Carabidae w tym systemie była istotnie większa, zarówno w porównaniu do systemu tradycyjnego (41 osobników), jak i uprawy uproszczonej (30 osobników) ($P < 0,005$, $df=2$, $F=5,85$).

Tabela 4

Table 4

Liczebność stawonogów odłowionych do pułapek Barbera na Swojcu w latach 2003–2007
The number of arthropods caught to pitfall traps at Swojec in 2003–2007

System uprawy Tillage system	Tradycyjny Conventional					Uproszczony Reduced					Zerowy No-tillage				
Lata – Years	'03	'04	'05	'06	'07	'03	'04	'05	'06	'07	'03	'04	'05	'06	'07
Okres jesienny – Autumn time															
Carabidae	41	60	51	5	–	30	83	42	13	–	92	170	40	46	–
Staphylinidae	171	335	327	156	–	114	747	146	44	–	214	519	171	51	–
Araneae	26	71	57	14	–	27	71	54	7	–	43	141	38	6	–
Σ z kombinacji Total in treatments	1314					1378					1531				
Σ stawonogów Σ arthropods	4223														
Okres wiosenno-letni – Spring-summer time															
Carabidae	–	639	73	599	447	–	504	586	548	459	–	535	1158	722	542
Staphylinidae	–	840	1037	443	312	–	1192	1202	452	423	–	1106	1014	460	337
Araneae	–	543	884	1159	487	–	726	906	782	473	–	1005	737	592	406
Σ z kombinacji Total in treatments	7463					8253					8614				
Σ stawonogów Σ arthropods	24330														

Tabela 5
Table 5

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2003
Species composition of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2003

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	8	19,5	5	16,7	42	45,7	55
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)	7	17,1	12	40	7	7,6	26
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	4	9,8	3	10	3	3,3	10
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	7	17,1			3	3,3	10
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	1	2,4			8	8,7	9
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)	2	4,9	3	10	3	3,3	8
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)		5			7	7,6	7
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	3	7,3	1	3,3	3	3,3	7
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)	3	7,3	1	3,3	2	2,2	6
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	1	2,4	1	3,3	3	3,3	5
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	1	2,4			3	3,3	4
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	1	2,4	1	3,3	2	2,2	4
<i>Harpalus dimidiatus</i> (Rossi)	1	2,4			2	2,2	3
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontopidan)			1	3,3	1	1,1	2
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus)					2	2,2	2
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus)			1	3,3	1	1,1	2
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)			1	3,3			1
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	1	2,4					1
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer)	1	2,4					1
Suma – Total	41 b***	100	30 b	100	92 a	100	163
Liczba gatunków – No. species	14		11		16		19

* liczba chrząszczy – no. beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters differ significantly

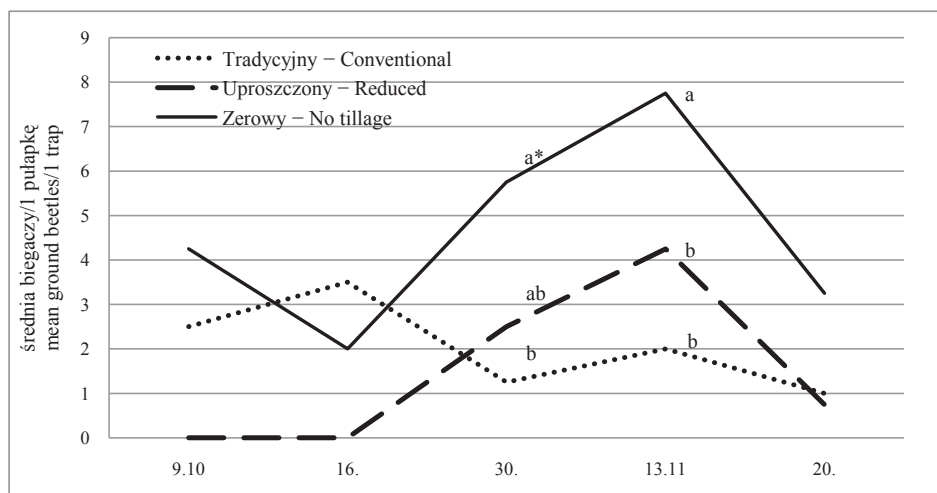
W omawianym okresie oznaczono 19 gatunków Carabidae (tab. 5). Najwięcej gatunków stwierdzono w kombinacji z uprawą zerową – 16. W przypadku uprawy tradycyjnej odnotowano 14 gatunków, natomiast uproszczonej – 11. Eudominantem na wszystkich stanowiskach badawczych był *Notiophilus aquaticus* (tab. 6). Łącznie gatunek ten stanowił 33% wszystkich oznaczonych biegaczowatych (45,7% w zerowej, 19,5% w tradycyjnej i 16,7% w uproszczonej). Do tej klasy dominacji, w uprawie tradycyjnej oraz uproszczonej, należał również *Trechus quadristriatus*. Licznie występowały też *Calathus fuscipes* (tradycyjna) oraz *Bembidion quadrimaculatum* i *B. femoratum* (uproszczona). W zebranych materiale oznaczono 9 gatunków występujących we wszystkich badanych obiektach (gatunki wspólne) (tab. 9). Największą różnorodność gatunkową, obliczoną zarówno za pomocą wskaźnika Simpsona, jak i Shanonna–Weavera, stwierdzono w kombinacji z uprawą tradycyjną (odpowiednio 0,88 i 2,31). W uprawie uproszczonej wartości tych wskaźników wynosiły 0,78 (*D*) i 1,91 (*H'*), natomiast w zerowej 0,76 (*D*) oraz 2,06 (*H'*). Wskaźniki bogactwa gatunkowego nie różniły się zatem znacznie pomiędzy kombinacjami doświadczenia. Wyrównane pomiędzy poszczególnymi obiektami były również wskaźniki Pielou (*J'*). Największe ilościowe podobieństwo faunistyczne Sørensen zgrupowań Carabidae stwierdzono pomiędzy uprawą tradycyjną i uproszczoną (0,59), a najmniejsze w przypadku uprawy uproszczonej oraz zerowej (0,39).

Tabela 6
Table 6

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2003
Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2003

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>N. aquaticus</i> <i>T. quadristriatus</i> <i>C. fuscipes</i>	<i>N. aquaticus</i> <i>T. quadristriatus</i> <i>B. femoratum</i> <i>B. quadrimaculatum</i>	<i>N. aquaticus</i>
Dominanty Dominants	<i>B. femoratum</i> <i>P. strenuus</i> <i>B. lampros</i> <i>C. fossor</i>		<i>T. quadristriatus</i> <i>H. affinis</i> <i>P. strenuus</i>
Subdominanty Subdominants	<i>H. affinis</i> <i>B. quadrimaculatum</i> <i>B. properans</i> <i>P. rufipes</i> <i>P. melanarius</i> <i>H. dimidiatus</i> <i>H. latus</i> <i>P. vernalis</i>	<i>B. lampros</i> <i>C. fossor</i> <i>B. properans</i> <i>P. melanarius</i> <i>A. dorsalis</i> <i>A. flavipes</i> <i>H. tardus</i>	<i>B. femoratum</i> <i>C. fuscipes</i> <i>B. quadrimaculatum</i> <i>B. lampros</i> <i>C. fossor</i> <i>B. properans</i> <i>P. rufipes</i> <i>P. melanarius</i> <i>H. dimidiatus</i> <i>C. melanocephalus</i>
Recedenty Recedents			<i>A. dorsalis</i> <i>A. flavipes</i>

W sezonowej dynamice występowania Carabidae, jesienią, w dwóch terminach odłowów stwierdzono istotnie więcej tych owadów na stanowisku uprawianym w siewie bezpośrednim (rys. 1). W dniu 30 października – istotnie więcej biegaczowatych w uprawie zerowej – średnio 5,8 w pułapce – wystąpiło w porównaniu do uprawy tradycyjnej (średnio 1,3), natomiast 13 listopada – średnio 7,8 – w porównaniu do obu pozostałych kombinacji uprawowych (średnio 4,3 chrząszczy – uproszczona, średnio 2 chrząszcze – tradycyjna). W czterech terminach odłowów (na pięć łącznie) chrząszcze te były liczniejsze w przypadku siewu bezpośredniego. W przypadku uprawy zerowej oraz tradycyjnej duży wzrost liczebności biegaczy odnotowano w pierwszej połowie listopada, natomiast w uprawie uproszczonej najwięcej chrząszczy występowało w połowie października.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 1. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2003
Fig. 1. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojec in autumn time 2003

Sezon 2003/2004 – okres wiosenno-letni. W sumie, w okresie wiosenno-letnim 2004 r., odłowiono 1 678 biegaczowatych (tab. 7). Chrząszcze z tej rodziny, najliczniej, w omawianym sezonie badań występowały na plantacji pszenicy ozimej uprawianej w systemie tradycyjnym. W sumie, w ciągu całego okresu badań odnotowano 639 osobników należących do tej kombinacji. Liczebność ta nie różniła się istotnie w porównaniu do Carabidae odłowionych w uprawie zerowej – 535 osobników oraz uproszczonej – 504 osobników ($P < 0,09$, $df = 2$, $F = 2,39$).

Tabela 7

Table 7

Skład gatunkowy Carabidae odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2004
Species composition of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time 2004

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Ophonus brevicollis</i> (Audinet-Serville)	85	13,4	131	25,9	104	19,5	320
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	123	19,3	85	16,8	62	11,6	270
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	96	15,1	67	13,3	100	18,7	263
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	69	10,9	39	7,7	65	12,1	173
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)	33	5,3	45	8,9	33	6,2	111
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	41	6,5	27	5,4	27	5,0	95
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	39	6,2	20	4,0	23	4,3	82
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	44	6,9	7	1,4	1	0,2	52
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	24	3,7	4	0,8	13	2,4	41
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)	10	1,6	6	1,2	12	2,2	28
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)	4	0,6	8	1,6	14	2,6	26
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	8	1,2	12	2,4	6	1,1	26
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	4	0,6	8	1,6	13	2,4	25
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)	9	1,4	5	1,0	8	1,5	22
<i>Harpalus distinguendus</i> (Dufschmid)	9	1,4	4	0,8	8	1,5	22
<i>Amara aenea</i> (De Geer)	4	0,6	6	1,2	10	1,9	20
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	10	1,6	5	1,0	3	0,6	18
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm)	5	0,7	8	1,6	4	0,7	17
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)	4	0,6	1	0,2	4	0,7	9
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)	1	0,1			5	0,9	6
<i>Calathus erratus</i> (C.R. Sahlberg)	3	0,5	1	0,2	1	0,2	5
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske)	2	0,3			3	0,6	5
<i>Demetrias atricapillus</i> (Linnaeus)			2	0,4	3	0,6	5
<i>Zabrus tenebrioides</i> (Goeze)	4	0,6					4
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal)			3	0,6	1	0,2	4
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)	1	0,1			2	0,4	3
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer)	2	0,3					2
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus)	1	0,1	1	0,2			2
<i>Badister bullatus</i> (Schrank)			1	0,2			1
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	1	0,1					1

Tabela 7 cd.
Table 7 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus)					1	0,2	1
<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull)	1	0,1					1
<i>Bembidion biguttatum</i> (Fabricius)					1	0,2	1
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)					1	0,2	1
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus)	1	0,1					1
<i>Harpalus fuliginosus</i> (Duftschmid)			1	0,2			1
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid)	1	0,1					1
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus)			1	0,2			1
<i>Dolichus halensis</i> (Schaller)					1	0,2	1
<i>Acupalpus meridianus</i> (Linnaeus)					1	0,2	1
<i>Amara ovata</i> (Fabricius)			1	0,2			1
Nieoznaczone Unidentified			5	1,0	4	0,7	9
Suma – Total	639***	100,0	504	100,0	535	100,0	1678
Liczba gatunków – No. species		30		28		30	41

* liczba chrząszczy – no.beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak różnic istotnych – no significant differences

Wśród biegaczowatych odłowionych w okresie wiosenno-letnim stwierdzono łącznie 41 gatunków (tab. 7). Zarówno w kombinacji z uprawą tradycyjną, jak i zerową oznaczono po 30 gatunków. Na stanowisku uprawianym metodą uproszczoną stwierdzono 28 gatunków Carabidae. Osobniki należące do dziesięciu najliczniejszych gatunków stanowiły 85% wszystkich biegaczy, odłowionych we wszystkich kombinacjach. W przypadku uprawy tradycyjnej udział procentowy najliczniejszych dziesięciu gatunków wynosił 88,3%, uproszczonej 87,5%, natomiast zerowej 84,9%. Najliczniejszym gatunkiem (eudominantem), na stanowisku uprawianym metodą tradycyjną był *Poecilus cupreus* (123 osobniki) (tab. 8). W obu pozostałych wariantach doświadczenia najczęściej oznaczono *Ophonus brevicollis* (w uproszczonej 131 osobników tego gatunku, natomiast w zerowej – 104). Do eudominantów, we wszystkich kombinacjach, należał również *Harpalus affinis* oraz *Bembidion propperans* (z wyjątkiem uprawy uproszczonej). Do gatunków dominujących, odławianych w trzech obiektach, należy również zaliczyć: *Pseudophonus rufipes*, *Calathus fuscipes*, *Clivina fossor* i *Anchomenus dorsalis*. W przypadku uprawy tradycyjnej liczba subcedentów, czyli najmniej licznych biegaczowatych, wynosiła – 16, w uproszczonej – 11 oraz w zerowej – 14. W zebranych materiale oznaczono 11 gatunków występujących we wszystkich badanych obiektach (tab. 9). Wskaźnik różnorodności gatunkowej Simpsona był identyczny w kombinacji z uprawą trady-

cyjną, jak i zerową, tj. 0,89 i tylko nieco wyższy niż w uprawie uproszczonej – 0,86. W przypadku indeksu Shanonna–Weavera największe zróżnicowanie gatunkowe stwierdzono w uprawie zerowej (2,55), nieznacznie mniejsze w tradycyjnej (2,53), a najmniejsze w uproszczonej (2,39). Poziom równomierności gatunkowej Pielou był podobny we wszystkich kombinacjach (od 0,72 w uproszczonej do 0,74 w zerowej i tradycyjnej). Podobieństwo zespołów biegaczowatych Sørensenia między badanymi siedliskami było wysokie i wynosiło od 0,73 (między tradycyjną a uproszczoną) do 0,80 (między uproszczoną a zerową). Na podstawie uzyskanych wyników można wnioskować, że podobieństwo zespołów Carabidae w okresie wiosenno-letnim 2004 r., zarówno ilościowe, jak i jakościowe było wysokie, zatem oddziaływanie zabiegów uprawowych, wykonywanych jesienią r. poprzedniego, nie wpływało znacząco na karabidofaunę.

Tabela 8

Table 8

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2004
 Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time in 2004

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>O. brevicollis</i> <i>B. properans</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>O. brevicollis</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>O. brevicollis</i> <i>B. properans</i>
Dominanty Dominants	<i>A. dorsalis</i> <i>P. rufipes</i> <i>C. fuscipes</i> <i>C. fossor</i>	<i>B. properans</i> <i>P. rufipes</i> <i>C. fossor</i>	<i>P. rufipes</i> <i>C. fossor</i>
Subdominanty Subdominants		<i>C. fuscipes</i> <i>B. lampros</i>	<i>C. fuscipes</i> <i>P. melanarius</i> <i>B. quadrimaculatum</i> <i>M. minutulus</i> <i>N. aquaticus</i>
Recedenty Recedents	<i>B. quadrimaculatum</i> <i>H. latus</i> <i>H. distinguendus</i> <i>H. tardus</i> <i>B. lampros</i>	<i>A. dorsalis</i> <i>B. quadrimaculatum</i> <i>H. latus</i> <i>H. tardus</i> <i>P. versicolor</i> <i>A. aenea</i> <i>M. minutulus</i> <i>N. aquaticus</i> Nieznaczone Unidentified	<i>H. distinguendus</i> <i>H. tardus</i> <i>B. lampros</i> <i>A. aenea</i>
Subrecedenty Subrecedents	16 gatunków – species	11 gatunków – species	14 gatunków – species

Tabela 9

Table 9

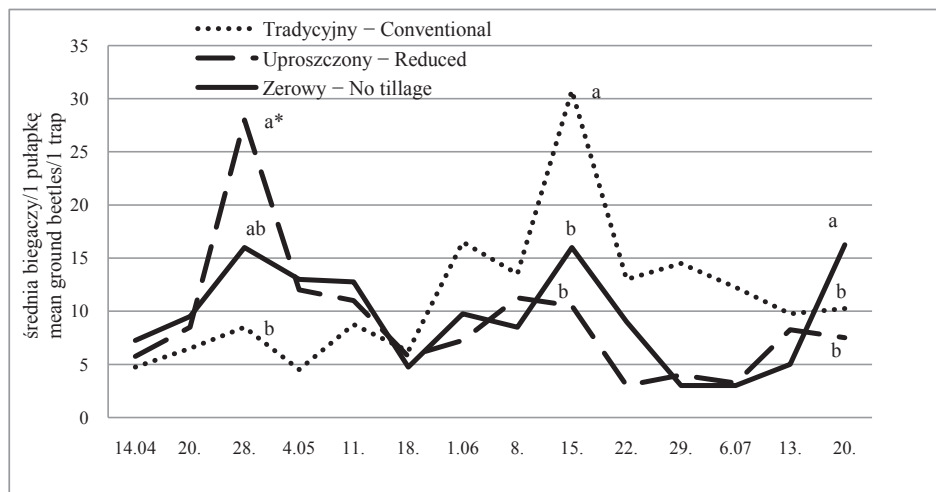
Charakterystyka ekologiczna zgrupowań biegaczowatych na Swojcu w sezonie 2003/2004
Ecological characteristic of ground beetle assemblages at Swojec in the season 2003/2004

	Okres jesienny 2003 Autumn time 2003			Okres wiosenno-letni 2004 – Spring-summer time 2004		
	T*	U	Z	T	U	Z
Suma – Total	41	30	92	639	504	535
Liczba prób – No. samples	20			56		
Liczba gatunków – No. species	14	11	16	30	27	30
Gatunki wspólne – Common species	8			11		
Wskaźnik Simpson – Index D	0,88	0,78	0,76	0,89	0,86	0,89
Wskaźnik Shannon – Weaver Index H'	2,31	1,91	2,06	2,53	2,39	2,55
Wyrównanie gatunkowe – Pielou index (J')	0,88	0,80	0,74	0,74	0,72	0,74
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's						
T	1	0,59	0,50	1	0,73	0,79
U	0,59	1	0,39	0,73	1	0,80
Z	0,50	0,39	1	0,79	0,80	1

*T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

W okresie wiosenno-letnim 2004 r., w dynamice występowania Carabidae, w trzech terminach na 14 łącznie, średnia liczebność tych owadów różniła się istotnie między kombinacjami (rys. 2). W dniu 28 kwietnia stwierdzono istotnie więcej biegaczy w uprawie uproszczonej (średnio 28/pułapkę) w porównaniu do tradycyjnej (średnio 8,5). W dniu 15 czerwca istotnie więcej tych owadów stwierdzono w uprawie tradycyjnej (średnio 30,8/pułapkę) zarówno w porównaniu do uprawy zerowej (średnio 16), jak i uproszczonej (średnio 10,5), oraz w ostatnim terminie odłowów – 20 lipca, istotnie więcej biegaczy występowało w uprawie zerowej (16,3) zarówno w porównaniu do tradycyjnej (10,3), jak i uproszczonej (7,5). Liczebność Carabidae w omawianym czasie była zatem bardzo zróżnicowana, mało zależna od sposobu uprawy roli.

Sezon 2004/2005 – okres jesienny. W sumie, w okresie jesiennym 2004 r., na Swojcu odłowiono 313 biegaczowatych (tab. 10). Istotnie więcej chrząszczy odłowiono do pułapek Barbera rozmieszczonych na plantacji pszenicy ozimej uprawianej w systemie zerowym – 170 zarówno w porównaniu do uprawy uproszczonej (83 osobniki), jak i tradycyjnej (60) ($P < 0,000001$, $df=2$, $F=14,2$).



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 2. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2004
 Fig. 2. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojec in spring-summer time 2004

W materiale odłowionym w omawianym okresie oznaczono 30 gatunków Carabidae (tab. 10). Najwięcej gatunków stwierdzono w kombinacji z uprawą uproszczoną – 24. W przypadku uprawy zerowej odnotowano 23 gatunki, natomiast tradycyjnej tylko 12. Eudominantami na wszystkich stanowiskach badawczych były *Notiophilus aquaticus* i *Trechus quadristriatus* (tab. 11). Łącznie te dwa gatunki stanowiły 56% wszystkich oznaczonych biegaczowatych. W uprawie tradycyjnej eudominantem był również *Bembidion femoratum*. W przypadku uprawy tradycyjnej oraz uproszczonej nie stwierdzono najmniej licznych subrecedentów, natomiast w uprawie zerowej oznaczono ich aż 9. W zebranych materiale oznaczono 11 gatunków występujących we wszystkich badanych obiektach (gatunki wspólne) (tab. 14). Największą różnorodność gatunkową obliczoną przy użyciu wskaźnika Simpsona stwierdzono w kombinacji z uprawą uproszczoną (0,83), a najmniejszą (0,79) w uprawie tradycyjnej. Wartość wskaźnika Shanonna–Weavera również była największa w kombinacji uproszczonej (2,35), a najmniejsza w tradycyjnej (1,88). Podobieństwo zgrupowań biegaczowatych według indeksu Sørensen, w okresie jesiennym, wynosiło od 0,43 (między uprawą tradycyjną i zerową) do 0,69 (między uprawą tradycyjną i uproszczoną).

Tabela 10 Table 10

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2004
Species composition of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2004

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczone Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	13	21,6	23	27,8	55	32,3	91
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)	22	36,6	23	27,8	41	24,0	86
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	2	3,3	4	4,8	15	8,7	21
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus)	4	6,7	2	2,4	10	5,9	16
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	9	15,0	1	1,2	1	0,6	11
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)			1	1,2	10	5,8	11
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)			3	3,6	5	3,0	8
<i>Calathus erratus</i> (C.R. Sahlberg)	2	3,3	1	1,2	5	3,0	8
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	1	1,7	2	2,4	5	3,0	8
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	3	5,0	2	2,4	2	1,1	7
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	1	1,7	3	3,6	2	1,2	6
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid)			3	3,6	3	1,8	6
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer)			1	1,2	3	1,8	4
<i>Amara similata</i> (Gyllental)	1	1,7	1	1,2	1	0,6	3
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)			3	3,6			3
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	1	1,7	1	1,2	1	0,6	3
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)					3	1,8	3
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)			2	2,4	1	0,6	3
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus)					2	1,2	2
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)			1	1,2	1	0,6	2
<i>Harpalus</i> spp. Latreille	1	1,7	1	1,2			2
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)			1	1,2			1
<i>Calathus ambiguus</i> (Paykull)					1	0,6	1
<i>Leistus rufescens</i> (Stroem)					1	0,6	1
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius)					1	0,6	1
<i>Ophonus puncticollis</i> (Paykull)			1	1,2			1
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)					1	0,6	1
<i>Amara aenea</i> (De Geer)			1	1,2			1
<i>Amara</i> spp. Bonelli			1	1,2			1
Nieoznaczone Unidentified			1	1,2			1
Suma – Total	60 b***	100,0	83 b	100,0	170 a	100,0	313
Liczba gatunków – No. species	12		24		23		30

* liczba chrząszczy – no. beetles ** wskaźnik dominacji – dominance index

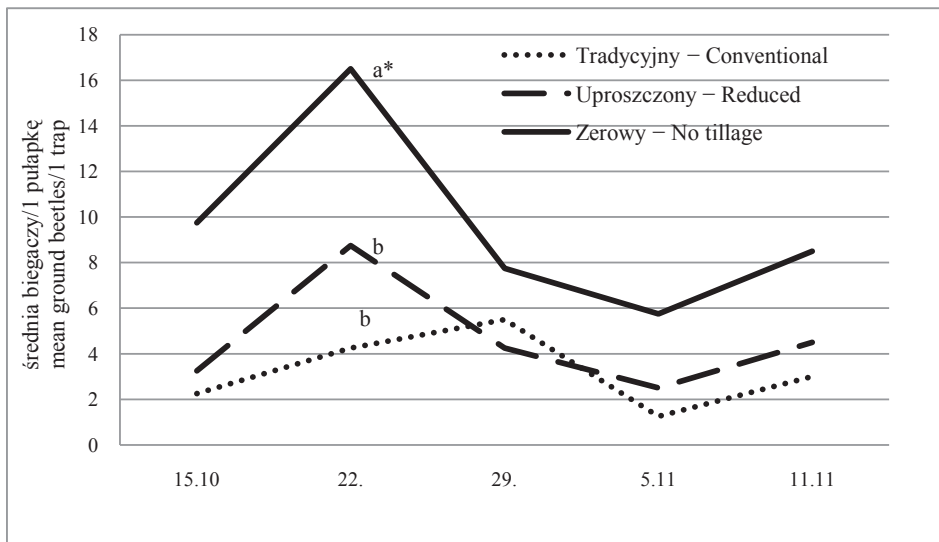
*** wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters differ significantly

Tabela 11
Table 11

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2004
Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2004

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczoney Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>T. quadristriatus</i> <i>N. aquaticus</i> <i>B. femoratum</i>	<i>T. quadristriatus</i> <i>N. aquaticus</i>	<i>T. quadristriatus</i> <i>N. aquaticus</i>
Dominanty Dominants	<i>C. melanocephalus</i> <i>A. dorsalis</i>		<i>C. melanocephalus</i> <i>C. fuscipes</i> <i>P. strenuus</i>
Subdominanty Subdominants	<i>C. erratus</i> <i>C. fuscipes</i>	<i>C. melanocephalus</i> <i>A. dorsalis</i> <i>C. fuscipes</i> <i>B. properans</i> <i>P. cupreus</i> <i>A. eurynota</i> <i>C. fossor</i> <i>H. distinguendus</i> <i>P. melanarius</i>	<i>C. erratus</i> <i>P. cupreus</i> <i>A. eurynota</i>
Recedenty Recedents	<i>A. similata</i> <i>B. properans</i> <i>H. affinis</i> <i>Harpalus</i> spp. <i>P. cupreus</i>	<i>B. femoratum</i> <i>C. erratus</i> <i>A. similata</i> <i>H. affinis</i> <i>Harpalus</i> spp. <i>A. aenea</i> <i>Amara</i> spp. <i>B. lampros</i> <i>B. quadrimaculatum</i> <i>O. puncticollis</i> <i>P. strenuus</i> <i>P. vernalis</i> Nieoznaczone Unidentified	<i>A. dorsalis</i> <i>B. properans</i> <i>A. flavipes</i> <i>H. distinguendus</i> <i>H. latus</i> <i>P. vernalis</i>
Subrecedenty Subrecedents			9 gatunków – species

W każdym z pięciu terminów odłowów jesienią 2004 r. stwierdzono wyraźnie więcej biegaczowatych w pułapkach rozmieszczonych w kombinacji z uprawą zerową (rys. 3). W jednym terminie, tj. 22 października istotnie więcej Carabidae odnotowano w uprawie zerowej (średnio 16,5 chrząszczy w pułapce) w porównaniu do dwóch pozostałych kombinacji (8,8 w uproszczonej i 4,3 w tradycyjnej). Najliczniej chrząszcze te występowały w uprawie zerowej i uproszczonej w dniu 22 października, natomiast w przypadku uprawy tradycyjnej 29 października. Uzyskane w okresie jesiennym wyniki wskazują na wyraźny wpływ orki jako zabiegu niszczącego zgrupowania biegaczowatych na plantacji pszenicy ozimej.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 3. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2004
Fig. 3. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojec in autumn time 2004

Sezon 2004/2005 – okres wiosenno-letni. W sumie, w okresie wiosenno-letnim 2005 r., na Swojcu odłowiono 2 481 biegaczowatych (tab. 12). Chrząszcze z tej rodziny najliczniej występowały na plantacji pszenicy ozimej uprawianej w systemie zerowym (1 158 osobników). Liczebność biegaczy w tej kombinacji była istotnie większa zarówno w porównaniu do uprawy tradycyjnej – 737 osobników, jak i uproszczonej – 586 osobników ($P < 0,0002$, $df=2$, $F=11,63$).

Tabela 12

Table 12

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2005
Species composition of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time 2005

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	147	19,9	120	20,5	425	36,7	692
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	94	12,8	96	16,4	141	12,3	331
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	40	5,4	48	8,1	146	12,6	234
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm)	96	13	36	6,1	83	7,1	215
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	30	4,1	8	1,4	53	4,6	91
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)	20	2,7	44	7,5	20	1,7	84
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	32	4,3	12	2	40	3,5	84
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	17	2,4	16	2,7	34	2,9	67
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius)	24	3,4	22	3,8	19	1,6	65
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	20	2,7	15	2,6	25	2,2	60
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	31	4,3	19	3,2	9	0,8	59
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)	7	0,9	13	2,2	39	3,4	59
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	26	3,5	19	3,2	9	0,8	54
<i>Ophonus brevicollis</i> (Audinet-Serville)	30	4,1	17	2,9	6	0,5	53
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	35	4,7	11	1,9	4	0,3	50
<i>Amara aenea</i> (De Geer)	10	1,4	12	2	14	1,2	36
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	14	1,9	8	1,4	8	0,7	30
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)	13	1,8	2	0,3	11	0,9	26
<i>Amara similata</i> (Gyllental)	4	0,5	6	1	15	1,3	25
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer)	2	0,3	9	1,5	9	0,8	20
<i>Notiophilus biguttatus</i> (Fabricius)	2	0,3	15	2,6			17
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)	4	0,5	3	0,5	7	0,6	14
<i>Bembidion biguttatum</i> (Fabricius)	1	0,1	5	0,9	6	0,5	12
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)	3	0,4			9	0,8	12
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus)	7	0,9	2	0,3	2	0,2	11
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid)	4	0,5	2	0,3	4	0,3	10
<i>Zabrus tenebrioides</i> (Goeze)	1	0,1	3	0,5	6	0,5	10
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)	2	0,3	2	0,3	4	0,3	8
<i>Ophonus puncticollis</i> (Paykull)	2	0,3	5	0,9			7
<i>Calathus erratus</i> (C.R. Sahlberg)	2	0,3	3	0,5			5
<i>Bembidion obtusum</i> Audinet-Serville	2	0,3			2	0,2	4
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus)	3	0,4	1	0,2			4

Tabela 12 cd.
Table 12 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal)	1	0,1			3	0,3	4
<i>Amara consularis</i> (Duftschmid)	1	0,1			2	0,2	3
<i>Demetrias atricapillus</i> (Linnaeus)			3	0,5			3
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)	2	0,3	1	0,2			3
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger)	1	0,1	1	0,2			2
<i>Carabus nemoralis</i> Müller	2	0,3					2
<i>Harpalus luteicornis</i> (Duftschmid)						0,1	1
<i>Platynus assimilis</i> (Paykull)			1	0,2			1
<i>Acupalpus meridianus</i> (Linnaeus)					1	0,1	1
<i>Amara bifrons</i> (Gyllenhal)			1	0,2			1
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid)	1	0,1					1
<i>Amara ovata</i> (Fabricius)	1	0,1					1
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)			1	0,2			1
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus)			1	0,2			1
<i>Clivina collaris</i> (Herbst)					1	0,1	1
<i>Epaphius secalis</i> (Paykull)			1	0,2			1
<i>Panagaeus cruxmajor</i> (Linnaeus)					1	0,1	1
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske)	1	0,1					1
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller)			1	0,2			1
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius)	1	0,1					1
<i>Amara</i> spp. Bonelli	1	0,1					1
Razem – Total	737 b***	100,0	586 b	100,0	1158 a	100,0	2481
Liczba gatunków – No. species	41		39		33		53

* liczba chrząszczy – no. beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters differ significantly

Wśród Carabidae odłowionych w okresie wiosenno-letnim stwierdzono łącznie 53 gatunki (tab. 12). Najwięcej gatunków oznaczono w kombinacji z uprawą tradycyjną – 41, mniej, bo 39 w uprawie uproszczonej i najmniej, tylko 33, w kombinacji z siewem bezpośrednim. Osobniki należące do dziesięciu najliczniejszych gatunków stanowiły łącznie 77,5% wszystkich biegaczy (łącznie w trzech kombinacjach). W przypadku uprawy tradycyjnej udział procentowy najliczniejszych dziesięciu gatunków wynosił 73,2%,

uproszczonej 74,2%, natomiast zerowej 88,4%. Najliczniej reprezentowanym gatunkiem, w każdym obiekcie badawczym, był *Poecilus cupreus*. W kombinacji z uprawą zerową odłowiono łącznie 425 osobników tego gatunku, w uprawie tradycyjnej – 147, natomiast najmniej w uproszczonej – 120. We wszystkich kombinacjach *P. cupreus* zaliczono do eudominantów (tab. 13). Do tej samej klasy dominacji zakwalifikowano również *Pterostichus melanarius* – 141 osobników w systemie zerowym, 96 w uproszczonym i 94 w tradycyjnym. Do licznie odławianych w trzech obiektach doświadczenia należy także zaliczyć gatunki *Harpalus affinis* i *Poecilus versicolor*. Wykazano 26 gatunków Carabidae, które były oznaczane w trzech badanych wariantach doświadczenia (tab. 14). Największą wartość wskaźnika różnorodności gatunkowej Simpsona odnotowano w przypadku biegaczy odłowionych w uprawie tradycyjnej i uproszczonej (0,91). W siećie bezpośrednim indeks ten był najmniejszy i wyniósł 0,82. Wartości wskaźnika Shannon–Weavera potwierdziły największą różnorodność gatunkową w uprawie tradycyjnej i uproszczonej (2,84) w porównaniu do siewu bezpośredniego (2,35). Niskie wartości wskaźników różnorodności gatunkowej w uprawie zerowej wynikają z faktu mniejszej niż w innych kombinacjach liczby oznaczonych gatunków i wyraźnej dominacji jednego gatunku, tj. *P. cupreus*, który w uprawie zerowej stanowił aż 36,7% wszystkich biegaczy. Wartości indeksu równomierności rozkładu częstości gatunków Pielou były do siebie zbliżone w trzech systemach uprawy roli (od 0,67 do 0,77). Największe podobieństwo zespołów Carabidae wykazano pomiędzy uprawą uproszczoną a tradycyjną (0,76), a najmniejsze między uprawą uproszczoną i zerową (0,56).

W dynamice występowania Carabidae, na plantacji pszenicy ozimej, w okresie wiosenno-letnim 2005 r., do dnia 25 maja, liczebność chrząszczy odłowionych do pułapek Barbera była podobna w każdej kombinacji (rys. 4). Od początku czerwca nastąpił znaczny wzrost liczebności biegaczowatych, zwłaszcza w kombinacji z siewem bezpośrednim. W trzech terminach odłowów, na 14 łącznie, średnia liczebność tych naziemnych owadów na stanowisku uprawianym w systemie zerowym była istotnie większa w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (2, 16 i 24 czerwca). Praktycznie przez cały sezon wiosenno-letni (w 12 na 14 terminów) liczba biegaczowatych na stanowisku z siewem bezpośrednim była wyższa niż na stanowiskach, na których podejmowano zabiegi zmieniające strukturę gleby. W dniu 28 kwietnia wszystkie pułapki Barbera na stanowisku z uprawą zerową zostały zniszczone.

Sezon 2005/2006 – okres jesienny. W sumie, w okresie jesiennym 2005 r., odłowiono 135 biegaczowatych (tab. 15). W analizie wariancji nie wykazano istotnych różnic w liczbie badanych owadów w poszczególnych kombinacjach ($P < 0,12$, $df = 2$, $F = 2,16$). Najwięcej Carabidae stwierdzono na stanowisku uprawianym w systemie zerowym – 69, mniej w tradycyjnej – 42 i najmniej w uproszczonej – 34 osobniki.

Tabela 13 Table 13

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2005
 Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time 2005

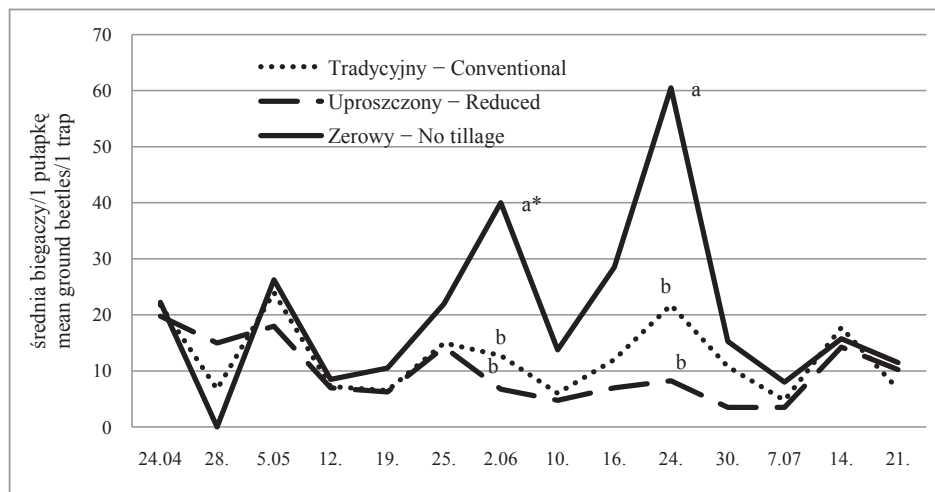
Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>P. cupreus</i> <i>P. melanarius</i> <i>P. versicolor</i>	<i>P. cupreus</i> <i>P. melanarius</i>	<i>P. cupreus</i> <i>P. melanarius</i> <i>H. affinis</i>
Dominanty Dominants	<i>H. affinis</i> <i>C. fuscipes</i>	<i>H. affinis</i> <i>P. versicolor</i> <i>C. fossor</i> <i>A. dorsalis</i>	<i>P. versicolor</i> <i>C. fuscipes</i>
Subdominanty Subdominants	<i>C. fossor</i> <i>A. dorsalis</i> <i>P. rufipes</i> <i>L. pilicornis</i> <i>H. latus</i> <i>B. properans</i> <i>P. strenuus</i> <i>B. lampros</i> <i>O. brevicollis</i> <i>B. femoratum</i>	<i>P. rufipes</i> <i>L. pilicornis</i> <i>H. latus</i> <i>B. properans</i> <i>P. strenuus</i> <i>B. lampros</i> <i>O. brevicollis</i> <i>A. aenea</i> <i>N. biguttatus</i>	<i>A. dorsalis</i> <i>P. rufipes</i> <i>H. latus</i> <i>P. strenuus</i>
Recedenty Recedents	<i>A. aenea</i> <i>N. aquaticus</i> <i>T. quadristriatus</i>	<i>C. fuscipes</i> <i>B. femoratum</i> <i>N. aquaticus</i> <i>A. similata</i> <i>P. vernalis</i>	<i>C. fossor</i> <i>L. pilicornis</i> <i>A. aenea</i> <i>A. similata</i> <i>H. luteicornis</i>
Subrecedenty Subrecedents	24 gatunki – species	19 gatunków – species	20 gatunków – species

Tabela 14 Table 14

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań biegaczowatych na Swojcu w sezonie 2004/2005
 Ecological characteristic of ground beetle assemblages at Swojec in the season 2004/2005

	Okres jesienny 2004 Autumn 2004			Okres wiosenno-letni 2005 Spring-summer 2005		
	T*	U	Z	T	U	Z
Suma – Total	60	82	170	737	586	1158
Liczba prób – No. samples	20			56		
Liczba gatunków – No. species	12	24	23	41	39	33
Gatunki wspólne – Common species	11			26		
Wskaźnik Simpson – Index D	0,79	0,83	0,82	0,91	0,91	0,82
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	1,88	2,35	2,21	2,84	2,84	2,35
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,76	0,71	0,64	0,76	0,77	0,67
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's						
T	1	0,69	0,43	1	0,76	0,63
U	0,69	1	0,57	0,76	1	0,56
Z	0,43	0,57	1	0,63	0,56	1

*T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 4. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2005
 Fig. 4. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojec in spring-summer time 2005

W omawianym okresie oznaczono 15 gatunków Carabidae (tab. 15). Najwięcej gatunków stwierdzono w kombinacji z uprawą zerową – 11. W przypadku uprawy tradycyjnej oraz uproszczonej odnotowano po 10 gatunków. Najliczniejszymi na wszystkich stanowiskach były *Calathus fuscipes* i *Notiophilus aquaticus*. Łącznie te dwa gatunki stanowiły 65% wszystkich oznaczonych biegaczowatych. W kombinacji z uprawą zerową liczebność *C. fuscipes* oraz *N. aquaticus* obejmowała 65% wszystkich biegaczy, w uproszczonej – 47%, natomiast najmniej w tradycyjnej – 26%. Eudominantami były również *Trechus quadristriatus* (w tradycyjnej), *Bembidion femoratum* (w tradycyjnej) i *Pterostichus strenuus* (w uproszczonej) (tab. 16). Na żadnym stanowisku nie wykazano gatunków występujących najmniej licznie (recedentów i subrecedentów). W zebranych materiale oznaczono 6 gatunków wspólnych (tab. 19). Największą różnorodność gatunkową obliczoną przy użyciu wskaźnika Simpsona stwierdzono w kombinacji z uprawą zerową (0,86), a najmniejszą w uprawie uproszczonej – 0,73. Wartości wskaźnika Shannona–Weavera kształtowały się podobnie i wynosiły: 2,04 w uprawie zerowej, 1,96 w tradycyjnej i 1,89 w uproszczonej. Wyrównanie gatunkowe Pielou było na zbliżonym poziomie we wszystkich trzech kombinacjach i wynosiło od 0,82 w uproszczonej do 0,85 w tradycyjnej. Najmniejsze podobieństwo zgrupowań biegaczowatych według indeksu Sørensen wynosiło 0,39 między uprawą tradycyjną a uproszczoną, a największe (0,56) między tradycyjną a zerową.

Tabela 15 Table 15

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2005
Species composition of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2005

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
<i>Calathus fuscipes</i> Goeze	9	21,4	2	5,9	25	36,2	36
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	2	4,8	14	41,2	20	29,0	36
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)	10	23,8	2	5,9	4	5,8	16
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	10	23,8	1	2,9			11
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)	3	7,1	5	14,7	1	1,5	9
<i>Calathus erratus</i> (C.R.Sahlberg)	2	4,8	3	8,8			5
<i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze	1	2,4	2	5,9	2	3,0	5
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)			3	8,8	1	1,5	4
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	2	4,8	1	2,9	1	1,5	4
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	2	4,8			1	1,5	3
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)					2	3,0	2
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)					1	1,5	1
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)					1	1,5	1
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus)			1	2,9			1
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger)	1	2,4					1
Suma – Total	42***	100	34	100	69	100	135
Liczba gatunków – No. species	10		10		11		15

* liczba chrząszczy – no. beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

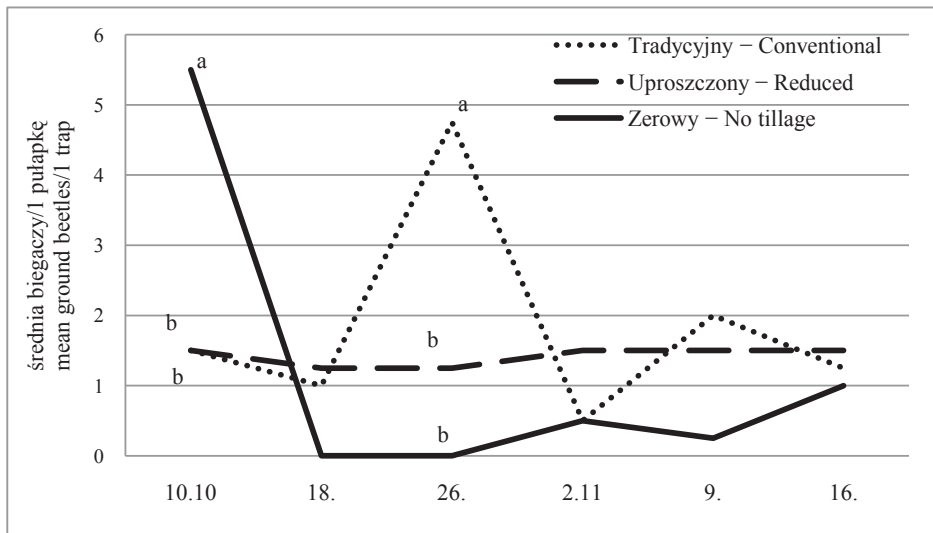
*** brak różnic istotnych – no significant differences

Tabela 16 Table 16

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2005
Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2005

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>C. fuscipes</i> <i>T. quadristriatus</i> <i>B. femoratum</i>	<i>N. aquaticus</i> <i>P. strenuus</i>	<i>C. fuscipes</i> <i>N. aquaticus</i> <i>T. quadristriatus</i>
Dominanty Dominants	<i>P. strenuus</i>	<i>C. fuscipes</i> <i>T. quadristriatus</i> <i>C. erratus</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>P. cupreus</i>	<i>Z. tenebrioides</i> <i>H. affinis</i>
Subdominanty Subdominants	<i>N. aquaticus</i> <i>C. erratus</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>P. melanarius</i> <i>A. dorsalis</i> <i>S. vivalis</i>	<i>B. femoratum</i> <i>P. melanarius</i> <i>L. ferrugineus</i>	<i>P. strenuus</i> <i>P. cupreus</i> <i>P. melanarius</i> <i>A. dorsalis</i> <i>B. properans</i> <i>H. latus</i>

W dynamice występowania biegaczowatych w okresie jesiennym 2005 r. dwukrotnie stwierdzono istotne różnice w liczebności tych owadów w różnych kombinacjach uprawowych (na sześć terminów) (rys. 5). W pierwszym terminie odłowów (10 października) istotnie więcej biegaczy było w kombinacji z uprawą zerową (średnio 5,5/pułapkę) w porównaniu do pozostałych obiektów badawczych (średnio po 1,5 chrząszczy w pułapce). Odwrotną sytuację odnotowano 26 października, gdy istotnie więcej Carabidae wystąpiło w uprawie tradycyjnej (4,8) zarówno w porównaniu do uprawy uproszczonej (średnio 1,5), jak i zerowej, w której w ogóle nie stwierdzono biegaczy.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 5. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2005
 Fig. 5. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojcu in autumn time 2005

Sezon 2005/2006 – okres wiosenno-letni. W sumie, w okresie wiosenno-letnim 2006 r., w doświadczeniu prowadzonym na Swojcu odłowiono do pułapek Barbera 1 869 biegaczowatych (tab. 17). Najwięcej chrząszczy stwierdzono na stanowisku z uprawą zerową – 722 osobników. Mniej ich było w przypadku uprawy tradycyjnej – 599 i najmniej w uproszczonej – 548. Nie wykazano istotnych różnic między ogólną liczbą Carabidae w poszczególnych kombinacjach ($P < 0,58$, $df = 2$, $F = 0,53$).

Tabela 17

Table 17

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2006
Species composition of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time 2006

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	151	25,2	96	24,8	245	33,9	342
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)	62	10,4	103	18,7	82	11,4	247
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	78	13,0	61	11,1	75	10,4	214
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	36	6,0	37	6,8	59	8,2	132
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	32	5,3	28	5,1	32	4,4	92
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	15	2,5	13	2,4	47	6,5	75
<i>Ophonus brevicollis</i> (Audinet- Serville)	38	6,3	11	2,0	18	2,5	67
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)	28	4,7	16	2,9	20	2,7	64
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	19	3,2	26	4,7	13	1,8	58
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	13	2,2	13	2,4	26	3,6	52
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm)	28	4,7	7	1,3	9	1,2	44
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	13	2,2	12	2,2	17	2,4	42
<i>Amara aenea</i> (De Geer)	11	1,8	8	1,5	16	2,3	35
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)	4	0,7	13	2,4	12	1,7	29
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	16	2,7	4	0,7	4	0,6	24
<i>Amara similata</i> (Gyllenthal)	9	1,5	7	1,3	8	1,1	24
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)	6	1,0	12	2,2	5	0,7	23
<i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze	8	1,3	2	0,4	8	1,1	18
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	4	0,7	4	0,7	6	0,8	14
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske)	1	0,2	9	1,6	2	0,3	12
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)			9	1,6	1	0,1	10
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius)	6	1,0	1	0,2	2	0,3	9
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	6	1,0	1	0,2	1	0,1	8
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)	3	0,5	2	0,4	1	0,1	6
<i>Amara</i> spp. Bonelli	1	0,2	3	0,3	1	0,1	5
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)	1	0,2			2	0,3	3
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)			1	0,2	2	0,3	3
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenthal)	1	0,2			1	0,1	2
<i>Bembidion biguttatum</i> (Fabricius)	1	0,2	1	0,2			2
<i>Brachinus crepitans</i> (Linnaeus)	1	0,2	1	0,2			2
<i>Bembidion lunulatum</i> (Geoffroy in Fourcroy)			2	0,4			2
<i>Carabus nemoralis</i> O. F. Mueller	2	0,3					2
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid)	1	0,2	1	0,2			2

Tabela 17 cd.
Table 17 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger)	1	0,2	1	0,2			2
<i>Acupalpus meridianus</i> (Linnaeus)			1	0,2			1
<i>Bembidion obtusum</i> Audinet-Serville					1	0,1	1
<i>Calathus erratus</i> (C.R. Sahlberg)					1	0,1	1
<i>Ophonus puncticollis</i> (Paykull)					1	0,1	1
<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull)	1	0,2					1
<i>Harpalus</i> spp. Latreille					1	0,1	1
Nieoznaczone – Unidentified	2	0,3	2		3	0,4	7
Suma – Total	599***		548		722		1869
Liczba gatunków – No. species	31		31		30		38

* liczba chrząszczy – no. beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak istotnych różnic – no significant differences

Spośród wszystkich odłowionych chrząszczy z rodziny Carabidae oznaczono 38 gatunków (tab. 17). W kombinacji z uprawą tradycyjną i uproszczoną odnotowano po 31 gatunków, natomiast w siewie bezpośrednim nieznacznie mniej – 30 gatunków. Najliczniejszym we wszystkich trzech kombinacjach doświadczenia był *Poecilus cupreus*. Do eudominantów należały również *Microlestes minutulus* oraz *Harpalus affinis* (tab. 18). W każdej kombinacji licznie oznaczano gatunki należące do subprecedentów (13 gatunków w tradycyjnej i uproszczonej oraz 14 w zerowej). Łącznie w każdej kombinacji występowały 24 gatunki wspólne (tab. 19). Wartości obu wskaźników różnorodności gatunkowej były na zbliżonym poziomie we wszystkich wariantach doświadczenia (wskaźnik Simpsona od 0,90 w zerowej i uproszczonej do 0,91 w tradycyjnej oraz wskaźnik Shannona–Weavera: 2,65 w tradycyjnej, 2,66 w zerowej i 2,67 w uproszczonej. Także równomierność rozkładu częstości gatunków Carabidae w poszczególnych obiektach badawczych była podobna do siebie, od 0,75 w uproszczonej do 0,78 w tradycyjnej. Odnotowano również wysoki wskaźnik podobieństwa między badanymi obiektami (największy 0,87 między uprawą zerową a uproszczoną, a najmniejszy 0,78 między tradycyjną a uproszczoną). Podobnie jak w poprzednim sezonie badań polowych można stwierdzić, że w okresie wiosenno-letnim różnice wynikające ze zróżnicowanego sposobu uprawy roli są mniejsze wraz z upływem czasu.

Tabela 18 Table 18

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2006
 Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time 2006

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>M. minutulus</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>M. minutulus</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>M. minutulus</i>
Dominanty Dominants	<i>O. brevicollis</i> <i>P. rufipes</i> <i>B. lampros</i>	<i>P. rufipes</i> <i>B. lampros</i>	<i>P. rufipes</i> <i>C. fuscipes</i>
Subdominanty Subdominants	<i>C. fossor</i> <i>P. versicolor</i> <i>B. properans</i> <i>A. dorsalis</i> <i>C. fuscipes</i> <i>H. latus</i> <i>P. melanarius</i>	<i>O. brevicollis</i> <i>C. fossor</i> <i>B. properans</i> <i>C. fuscipes</i> <i>H. latus</i> <i>P. melanarius</i> <i>P. strenuus</i> <i>H. tardus</i>	<i>O. brevicollis</i> <i>B. lampros</i> <i>C. fossor</i> <i>H. latus</i> <i>P. melanarius</i> <i>A. aenea</i>
Recedenty Recedents	<i>A. aenea</i> <i>A. similata</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>B. femoratum</i> <i>L. pilicornis</i> <i>P. strenuus</i>	<i>P. versicolor</i> <i>A. aenea</i> <i>A. similata</i> <i>P. lepidus</i> <i>B. quadrimaculatum</i>	<i>P. versicolor</i> <i>B. properans</i> <i>A. similata</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>H. tardus</i>
Subrecedenty Subrecedents	13 gatunków – species	13 gatunków – species	14 gatunków – species

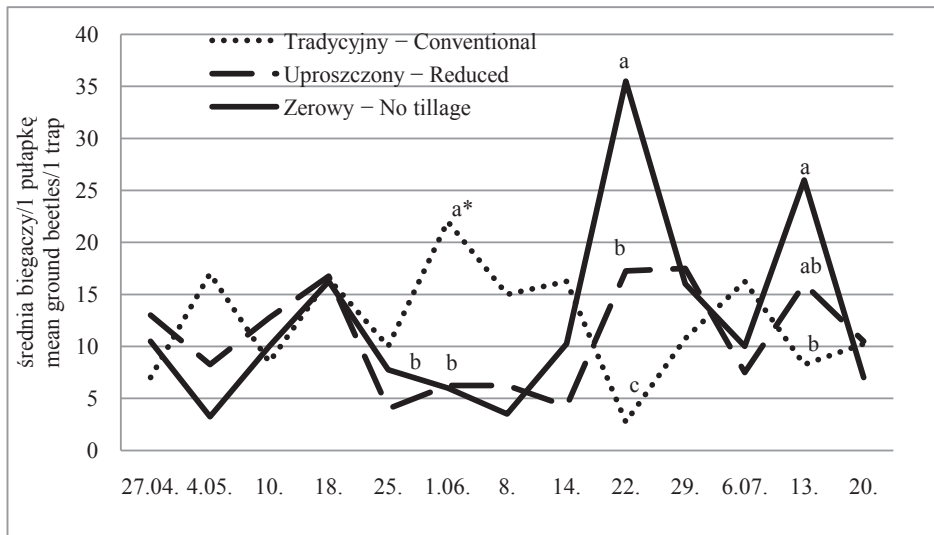
Tabela 19 Table 19

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań biegaczowatych na Swojcu w sezonie 2005/2006
 Ecological characteristic of ground beetle assemblages at Swojec in the season 2005/2006

	Okres jesienny 2005 Autumn 2005			Okres wiosenno-letni 2006 Spring-summer 2006		
	T*	U	Z	T	U	Z
Suma – Total	42	34	29	599	548	722
Liczba prób – No. samples	24			52		
Liczba gatunków – No. species	10	10	11	31	31	30
Gatunki wspólne – Common species	6			24		
Wskaźnik Simpson – Index D	0,82	0,73	0,86	0,91	0,90	0,90
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	1,96	1,89	2,04	2,65	2,67	2,66
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,85	0,82	0,84	0,78	0,75	0,76
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's						
T	1	0,39	0,56	1	0,78	0,81
U	0,39	1	0,44	0,78	1	0,87
Z	0,56	0,44	1	0,81	0,87	1

*T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

W dynamice odłowów biegaczowatych, w okresie wiosenno-letnim 2006 r., dwukrotnie odnotowano istotnie więcej Carabidae na stanowisku nieuprawianym, czyli zerowym, w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (22 czerwca) lub tylko w porównaniu do uprawy tradycyjnej (13 lipca) (rys. 6). W dniu 22 czerwca wykazano również, że liczebność omawianych owadów była istotnie większa na stanowisku z uprawą uproszczoną w porównaniu do tradycyjnej. Odwrotną sytuację stwierdzono 1 czerwca, gdy liczba Carabidae na stanowisku uprawianym z zastosowaniem pługa odkładnicowego była istotnie większa aniżeli na pozostałych obiektach. W kwietniu i maju liczebność biegaczowatych na poszczególnych stanowiskach była na zbliżonym poziomie.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 6. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2006
 Fig. 6. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojec in spring-summer time 2006

Sezon 2006/2007 – okres jesienny. W sumie, w okresie jesiennym 2006 r., na Swojcu odłowiono tylko 64 chrząszcze z rodziny biegaczowatych (tab. 20). Przy tak niskiej liczebności analiza wariancji nie wykazała istotnych różnic w liczbie badanych owadów w poszczególnych kombinacjach ($P < 0,20$, $df=2$, $F=1,65$). Najwięcej biegaczy wystąpiło w kombinacji z uprawą zerową (46), a najmniej (zaledwie 5) w uprawie tradycyjnej. Niewielka liczebność Carabidae w październiku i listopadzie była spowodowana niskimi temperaturami panującymi w omawianym okresie.

Tabela 20
Table 20

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2006
Species composition of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2006

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	3	60,0	6	46,2	20	43,5	29
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schränk)					9	19,6	9
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	1	20,0	1	7,7	6	13,0	8
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)					3	6,5	3
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)			3	23,1			3
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> Linnaeus					2	4,3	2
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)			1	7,7	1	2,2	2
<i>Amara aulica</i> (Panzer)			2	15,4			2
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	1	20,0					1
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)					1	2,2	1
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)					1	2,2	1
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)					1	2,2	1
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)					1	2,2	1
<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull)					1	2,2	1
Suma – Total	5***	100	13	100	46	100	64
Liczba gatunków – No. species	3		5		11		14

* liczba chrząszczy – no. beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak różnic istotnych – no significant differences

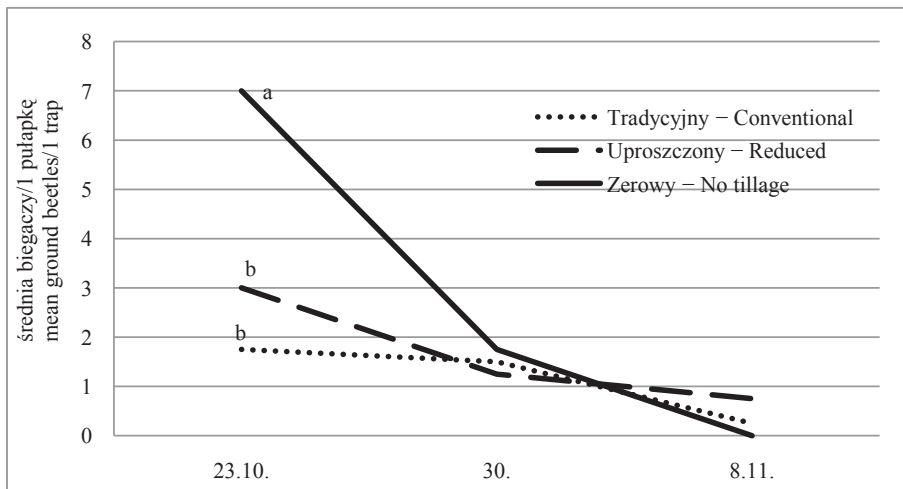
W zebranych jesienią materiale entomologicznym oznaczono 14 gatunków Carabidae (tab. 20). Najwięcej gatunków stwierdzono w kombinacji z uprawą zerową – 11. W przypadku uprawy uproszczonej odnotowano 5 gatunków, natomiast tradycyjnej – tylko 3. Najliczniejszym na wszystkich stanowiskach był *Notiophilus aquaticus*. Eudominantami były również *Calathus fuscipes*, *Trechus quadristriatus*, *Bembidion femoratum* i *Amara aulica* (tab. 21). W zebranych materiale oznaczono 2 gatunki wspólne (tab. 24). Wskaźniki różnorodności gatunkowej dla wszystkich stanowisk były bardzo niskie. Największą różnorodność gatunkową obliczoną przy użyciu wskaźnika Simpsona, stwierdzono w kombinacji z uprawą zerową (0,74), a najniższą w uprawie tradycyjnej (0,56). W przypadku wskaźnika Shanonna-Weavera najwyższą wartość odnotowano w siewie bepośrednim – 1,81, a najniższą w tradycyjnym – 0,9. Największe podobieństwo faunistyczne Sørensen'a stwierdzono między uprawą uproszczoną a zerową (0,44), a najmniejsze między zerową a tradycyjną (zaledwie 0,16).

Tabela 21
Table 21

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie jesiennym 2006
Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in autumn time 2006

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>N. aquaticus</i> <i>C. fuscipes</i> <i>B. femoratum</i>	<i>N. aquaticus</i> <i>C. fossor</i> <i>A. aulica</i>	<i>N. aquaticus</i> <i>T. quadristriatus</i> <i>C. fuscipes</i>
Dominanty Dominants		<i>C. fuscipes</i> <i>P. strenuus</i>	<i>B. properans</i>
Subdominanty Subdominants			<i>P. strenuus</i> <i>H. latus</i> <i>M. minutulus</i> <i>A. dorsalis</i> <i>P. melanarius</i> <i>P. nigrita</i>

W dynamice występowania biegaczowatych, w okresie jesiennym 2006 r., w pierwszym terminie odłowów – 23 października (na 3 łącznie) stwierdzono istotnie więcej biegaczowatych na stanowisku z uprawą zerową (średnio 7 osobników w pułapce) w porównaniu do kombinacji z uprawą uproszczoną (średnio 3 chrząszcze/pułapkę) oraz tradycyjną (średnia 1,75) (rys. 7). We wszystkich kombinacjach doświadczenia, w pierwszym terminie badań, odnotowano największą liczebność Carabidae.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 7. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2006
Fig. 7. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojec in autumn time 2006

Sezon 2006/2007 – okres wiosenno-letni. W sumie, w okresie wiosenno-letnim 2007 r., na Swojcu odłowiono 1 448 biegaczowatych (tab. 22). W analizie wariancji nie wykazano istotnych różnic w liczbie badanych owadów w poszczególnych kombinacjach ($P < 0,38$, $df = 2$, $F = 0,99$). Najwięcej biegaczy wystąpiło w kombinacji z uprawą zerową (542), 459 chrząszczy w uproszczonej, a najmniej (447) w uprawie tradycyjnej.

W omawianym okresie oznaczono 43 gatunki Carabidae (tab. 22). Najwięcej gatunków stwierdzono w kombinacji z uprawą zerową – 33. Zarówno w przypadku uprawy uproszczonej, jak i tradycyjnej odnotowano po 30 gatunków. Najliczniejszym na wszystkich stanowiskach był *Poecilus cupreus*. Eudominantami były również: *Harpalus affinis* w uprawie tradycyjnej, *H. latus* i *Pseudoophonus rufipes* w uproszczonej, natomiast w uprawie zerowej *H. latus*, *P. rufipes* oraz *Calathus fuscipes* (tab. 23). W uprawie tradycyjnej i uproszczonej stwierdzono występowanie 12 gatunków należących do subrecedentów, natomiast w uprawie zerowej – 16. W zebranych materiale oznaczono aż 22 gatunki wspólne (tab. 24). Największą różnorodność gatunkową obliczoną przy użyciu wskaźnika Simpsona stwierdzono w kombinacji z uprawą uproszczoną (0,92). W obu pozostałych kombinacjach wartość tego wskaźnika wynosiła nieznacznie mniej, tj. 0,91. W przypadku wskaźnika Shanonna–Weavera odnotowano w uprawie uproszczonej 2,79, w tradycyjnej 2,74 oraz w zerowej 2,70. Wskaźnik równomierności rozkładu częstości gatunków Pielou był wysoki na wszystkich stanowiskach, zbliżony do siebie (tradycyjna 0,81, uproszczona 0,82 i zerowa 0,77). Największe podobieństwo faunistyczne Sørensen'a stwierdzono między uprawą uproszczoną a zerową (0,77), a najmniejsze między zerową a tradycyjną (0,63).

W dynamice występowania biegaczowatych, w okresie wiosenno-letnim 2007 r., na Swojcu, w trzech terminach, na 15 łącznie stwierdzono istotne różnice między liczbą Carabidae w poszczególnych kombinacjach (rys. 8). W dniu 11 maja istotnie więcej tych owadów odłowiono na plantacji pszenicy ozimej uprawianej sposobem tradycyjnym (średnio 14,8 chrząszczy w pułapce, w porównaniu do obu pozostałych kombinacji. Średnia liczebność biegaczy w uprawie zerowej dwukrotnie była istotnie wyższa niż w kombinacji z uprawą uproszczoną (6 czerwca – 11,3) oraz raz w stosunku do uprawy tradycyjnej (11 lipca – 19). W ostatnim terminie odłowów odnotowano znaczny wzrost liczebności Carabidae w uprawie uproszczonej oraz tradycyjnej.

Tabela 22
Table 22

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2007
Species composition of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time 2007

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	96	21,5	69	15,0	64	11,8	229
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	22	4,9	61	13,3	87	16,1	170
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	28	6,3	64	13,9	55	10,1	147
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	46	10,3	42	9,2	50	9,2	138
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	15	3,4	20	4,4	75	13,8	110
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	28	6,3	23	5,0	24	4,4	75
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	29	6,5	19	4,1	24	4,4	72
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm)	33	7,4	17	3,7	19	3,5	69
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)	10	2,2	17	3,7	42	7,7	69
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	17	3,8	16	3,5	22	4,1	55
<i>Ophonus brevicollis</i> (Audinet-Serville)	33	7,4	19	4,1	2	0,4	54
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	27	6,0	14	3,1	5	0,9	46
<i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze	9	2,0	18	3,9	13	2,4	40
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	13	2,9	9	2,0	6	1,1	28
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)	3	0,7	12	2,6	7	1,3	22
<i>Amara aenea</i> (De Geer)	5	1,1	3	0,7	7	1,3	15
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius)	6	1,3	8	1,7		0,0	14
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)	1	0,2	5	1,1	6	1,1	12
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)	3	0,7	3	0,7	4	0,7	10
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske)	6	1,3	2	0,4	1	0,2	9
<i>Amara similata</i> (Gyllenthal)	3	0,7	2	0,4	3	0,6	8
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)	1	0,2	1	0,2	6	1,1	8
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	6	1,3		0,0			6

Tabela 22 cd.
Table 22 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Bembidion lunulatum</i> (Fourcroy)			6	1,3			6
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)			1	0,2	5	0,9	6
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)	1	0,2			3	0,6	4
<i>Amara apricaria</i> (Paykull)	1	0,2	2	0,4			3
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer)	1	0,2			2	0,4	3
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid)		0,0			3	0,6	3
<i>Calathus ambiguus</i> (Paykull)	1	0,2	1	0,2			2
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)			2	0,4			2
<i>Calathus erratus</i> (C. R. Sahlberg)			1	0,2	1	0,2	2
<i>Agonum versutum</i> Sturm	1	0,2					1
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid)	1	0,2					1
<i>Pterostichus oblongopunctatus</i> (Fabricius)	1	0,2					1
<i>Amara fulva</i> (O.F. Müller)					1	0,2	1
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus)					1	0,2	1
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus					1	0,2	1
<i>Carabus nemoralis</i> O. F. Müller					1	0,2	1
<i>Demetrias atricapillus</i> (Linnaeus)					1	0,2	1
<i>Dyschirius globosus</i> (Herbst)			1	0,2			1
<i>Leistus ferrugineus</i> (Linnaeus)			1	0,2			1
<i>Pterostichus nigrita</i> (Paykull)					1	0,2	1
Suma – Total	447***	100	459	100	542	100	1448
Liczba gatunków – No. species	30		30		33		43

* liczba chrząszczy – no. beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak istotnych różnic – no significant differences

Tabela 23

Table 23

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2007
 Dominance structure of ground beetles caught at Swojec in spring-summer time 2007

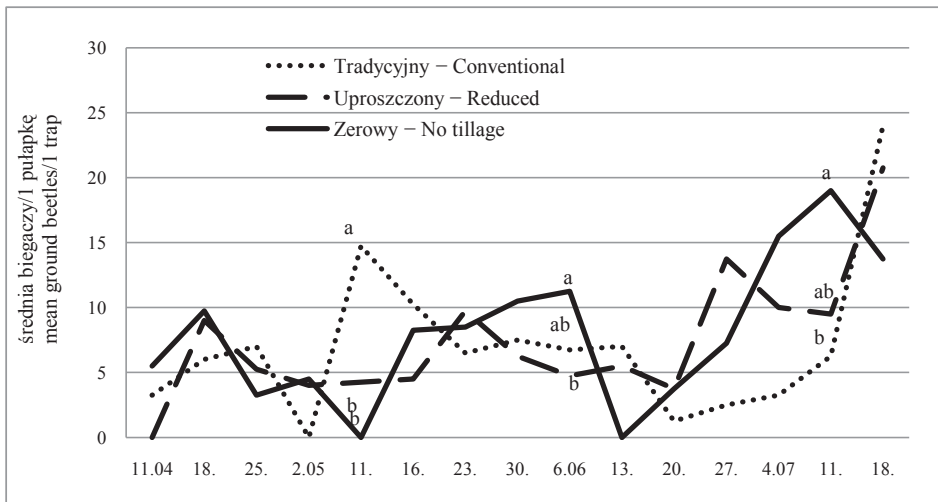
Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced	Zerowy No-tillage
Eudominanty Eudominants	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. latus</i> <i>P. rufipes</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. latus</i> <i>P. rufipes</i> <i>C. fuscipes</i>
Dominanty Dominants	<i>P. rufipes</i> <i>A. dorsalis</i> <i>B. lampros</i> <i>P. versicolor</i> <i>O. brevicollis</i> <i>B. properans</i>	<i>H. affinis</i> <i>A. dorsalis</i>	<i>H. affinis</i> <i>C. fossor</i>
Subdominanty Subdominants	<i>H. latus</i> <i>C. fuscipes</i> <i>C. fossor</i> <i>P. melanarius</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>N. aquaticus</i>	<i>C. fuscipes</i> <i>B. lampros</i> <i>P. versicolor</i> <i>C. fossor</i> <i>P. melanarius</i> <i>O. brevicollis</i> <i>B. properans</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>N. aquaticus</i> <i>H. tardus</i>	<i>A. dorsalis</i> <i>B. lampros</i> <i>P. versicolor</i> <i>P. melanarius</i> <i>Z. tenebrioides</i>
Recedenty Recedents	<i>A. aenea</i> <i>L. pilicornis</i> <i>P. lepidus</i> <i>B. femoratum</i>	<i>L. pilicornis</i> <i>P. strenuus</i> <i>B. lunulatum</i>	<i>N. aquaticus</i> <i>H. tardus</i> <i>A. aenea</i> <i>P. strenuus</i> <i>M. minutulus</i>
Subrecedenty Subrecedents	12 gatunków – species	12 gatunków – species	16 gatunków – species

Tabela 24
Table 24

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań biegaczowatych na Swojcu w sezonie 2006/2007
Ecological characteristic of ground beetle assemblages at Swojec in the season 2006/2007

	Okres jesienny 2006 Autumn 2006			Okres wiosenno-letni 2007 Spring-summer 2007		
	T*	U	Z	T	U	Z
Suma – Total	5	13	46	447	459	543
Liczba prób – No. samples	12			60		
Liczba gatunków – Total no. species	3	5	11	30	30	33
Gatunki wspólne – Common species	2			22		
Wskaźnik Simpson – Index D	0,56	0,70	0,74	0,91	0,92	0,91
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	0,90	1,38	1,81	2,74	2,79	2,70
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,86	0,86	0,79	0,81	0,82	0,77
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's						
T	1	0,44	0,16	1	0,74	0,63
U	0,44	1	0,27	0,74	1	0,77
Z	0,16	0,27	1	0,63	0,77	1

*T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 8. Dynamika występowania biegaczowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2007
Fig. 8. Seasonal dynamics of ground beetles at Swojec in spring-summer time 2007

5.1.2. Liczebność i dynamika występowania kusakowatych – Staphylinidae

W okresie jesiennym, we wszystkich latach badań na Swojcu, odłowiono w sumie 2 986 epigeicznych chrząszczy z rodziny kusakowatych (tab. 25). Najwięcej stwierdzono ich w omawianym okresie badawczym w 2005 r. (1 593), najmniej natomiast jesienią 2006 – 251 osobników. W odłowach prowadzonych w okresie wiosenno-letnim notowano znacznie większe liczby kusakowatych w pułapkach Barbera. W sumie odłowiono 8 818 Staphylinidae. Najliczniej owady te występowały w 2005 r. Łącznie stwierdzono wówczas 3 253 osobniki. Najmniej natomiast kusakowatych wystąpiło w 2007 r., tylko 1 072 osobniki, odłowione w ciągu całego wiosenno-letniego sezonu.

Tabela 25
Table 25

Liczebność kusakowatych odłowionych do pułapek Barbera na Swojcu
The number of epigeic rove beetles caught to pitfall traps at Swojec

Okres jesienny – Autumn time												
Lata – Years	2003			2004			2005			2006		
Kombinacje Treatment	T**	U	Z	T	U	Z	T	U	Z	T	U	Z
Suma w kombinacjach Total in treatments	171	114	214	327	747	519	327	146	171	156	44	51
Średnia w kombinacjach Mean in treatments*	8,6	5,7	10,7	16,4b***	37,4a	30b	13,6	6,1	7,1	13a	3,7b	4,3b
Suma w latach Total in years	499			1 593			644			251		
Łącznie – Total	2 986											
Okres wiosenno-letni – Spring-summer time												
Lata – Years	2004			2005			2006			2007		
	T	U	Z	T	U	Z	T	U	Z	T	U	Z
Suma w kombinacjach Total in treatments	840	1 192	1 106	1 037	1 202	1 014	443	452	460	312	423	337
Średnia w kombinacjach Mean in treatments	15,0	21,3	19,8	18,5	21,5	18,1	8,5	8,7	8,8	5,2	7,1	5,6
Suma w latach Total in years	3 138			3 253			1 355			1 072		
Łącznie – Total	8 818											

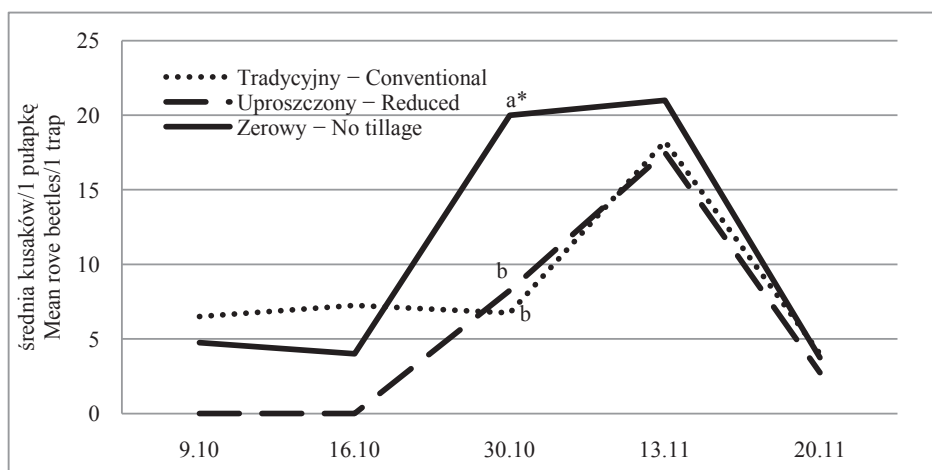
* średnia kusaków na 1 pułapkę – mean rove beetles per 1 trap

** T – tradycyjny conventional, U – uproszczony reduced, Z – zerowy no-tillage

*** wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami w latach badań różnią się między sobą istotnie means followed by different small letters in years differ significantly

Sezon 2003/2004. W okresie jesiennym 2003 r., w sumie, we wszystkich kombinacjach doświadczenia stwierdzono 499 kusaków (tab. 25). Najwięcej tych stawonogów odnotowano w kombinacji zerowej (214), a najmniej w uproszczonej (114). W okresie tym nie stwierdzono istotnych różnic w całkowitej liczebności Staphylinidae odłowionych w poszczególnych kombinacjach doświadczenia ($P < 0,19$, $df=2$, $F=1,68$).

W dynamice występowania kusakowatych istotnie więcej chrząszczy stwierdzono 30 października w przypadku uprawy zerowej (średnio 20/pułapkę) zarówno w porównaniu do uprawy uproszczonej (średnio 8,5), jak i tradycyjnej (6,8) (rys. 9). W pierwszych dwóch terminach odłowów najwięcej chrząszczy notowano w kombinacji uprawianej w sposób tradycyjny, natomiast w kolejnych trzech – na stanowisku z uprawą zerową. Najwięcej Staphylinidae we wszystkich kombinacjach występowało na początku listopada. W ostatnim terminie odłowów (20 listopada) liczebność badanej grupy stawonogów, głównie pod wpływem niższych temperatur, znacznie się zmniejszyła.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

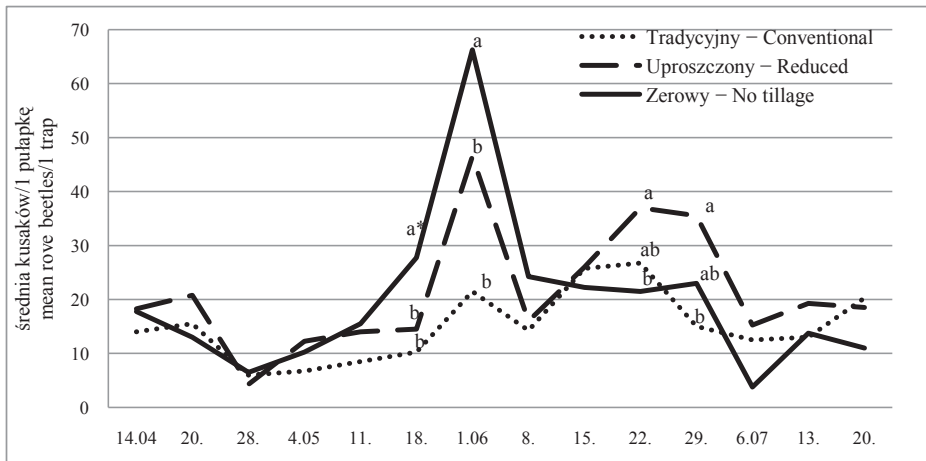
Rys. 9. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2003

Fig. 9. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in autumn time 2003

W okresie wiosenno-letnim 2004 r., we wszystkich kombinacjach doświadczenia odnotowano łącznie 3 138 kusakowatych (tab. 25). Najwięcej tych owadów występowało na stanowisku uprawianym w systemie uproszczonym (1 192), nieznacznie mniej w uprawie zerowej – 1 106 chrząszczy, a najmniej w uprawie tradycyjnej (840). Nie stwierdzono istotnych różnic w całkowitej liczbie kusakowatych pojawiających się w trzech systemach uprawy roli ($P < 0,05$, $df=2$, $F=2,96$).

W dynamice występowania kusakowatych w omawianym okresie istotne różnice wykazano w czterech terminach odłowów (na 14 łącznie) (rys. 10). W dniu 18 maja

i 1 czerwca istotnie więcej tych owadów odnotowano na stanowisku uprawianym w systemie zerowym, w porównaniu do obu pozostałych kombinacji, natomiast 22 i 29 czerwca istotnie więcej Staphylinidae występowało w uprawie uproszczonej w porównaniu do uprawy tradycyjnej. We wszystkich kombinacjach doświadczenia, do trzeciej dekady maja, liczba kusaków była niewielka. Na przełomie maja i czerwca zanotowano znaczny wzrost liczebności odłowionych chrząszczy, zwłaszcza w kombinacjach uprawianych w technologii bezorkowej (średnio 66,3 chrząszczy/pułapkę w uprawie zerowej i 46,5 w uproszczonej. W ciągu całego sezonu badań najwięcej Staphylinidae w uprawie tradycyjnej stwierdzono 22 czerwca (średnio 26,8).

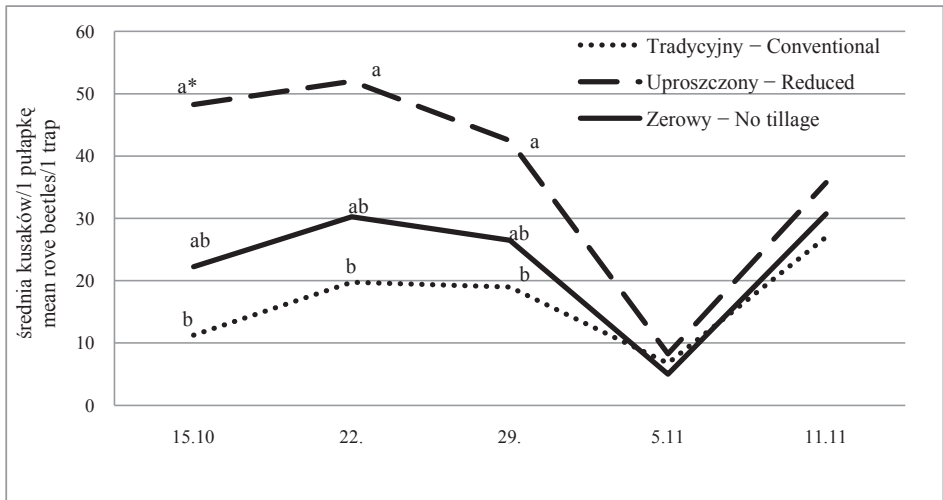


* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 10. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2004
Fig. 10. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in spring-summer time 2004

Sezon 2004/2005. W okresie jesiennym 2004 r., w sumie, we wszystkich kombinacjach doświadczenia stwierdzono 1 593 kusakowatych (tab. 25). Liczba Staphylinidae odnotowana w kombinacji z uprawą uproszczoną (747) była istotnie większa zarówno w porównaniu do uprawy zerowej (519), jak i tradycyjnej (335) ($P < 0,0001$, $df = 2$, $F = 10,9$).

W dynamice występowania omawianych chrząszczy jesienią, w trzech pierwszych terminach odłowów (15, 22, 29 października), na pięć łącznie, stwierdzono istotnie więcej kusakowatych w uprawie uproszczonej w porównaniu do uprawy tradycyjnej (rys. 11). W każdym z tych terminów liczebność Staphylinidae w uprawie uproszczonej przewyższała ich liczbę w uprawie zerowej trzykrotnie, natomiast w porównaniu do tradycyjnej – czterokrotnie. Wyraźny spadek liczebności kusaków we wszystkich kombinacjach nastąpił 5 listopada. W kolejnym terminie jednak (11 listopada) ponownie zaobserwowano wzrost liczby badanych owadów.



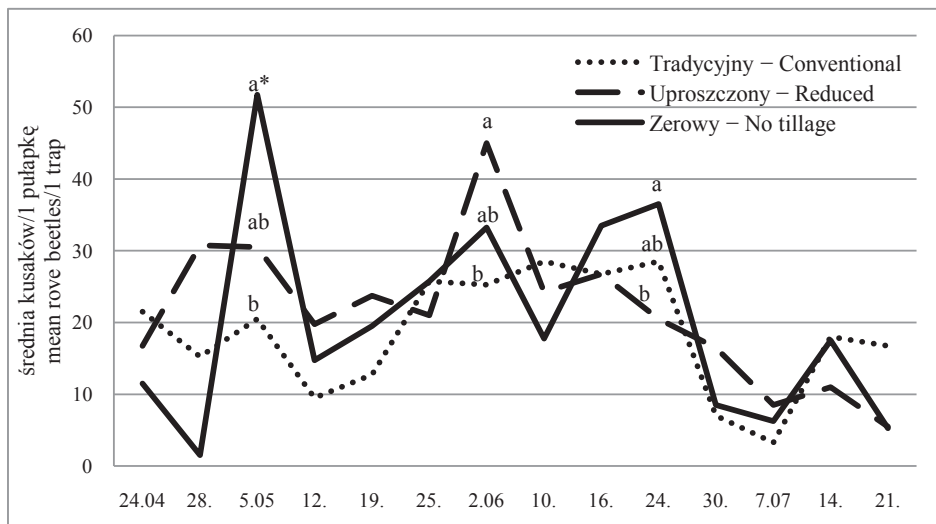
* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 11. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2004
 Fig. 11. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in autumn time 2004

W okresie wiosenno-letnim 2005 r., we wszystkich kombinacjach doświadczenia odłowiono łącznie 3 253 kusakowatych (tab. 25). Najwięcej tych owadów stwierdzono na stanowisku uprawianym w systemie uproszczonym (1 202), a najmniej w uprawie zerowej (1 014). Analiza wariancji średniej całkowitej liczby kusakowatych w trzech kombinacjach doświadczenia nie wykazała istotnych różnic między nimi ($P < 0,32$, $df = 2$, $F = 1,13$).

W dynamice występowania chrząszczy z rodziny kusakowatych w omawianym okresie, w dwóch terminach odłowów (na 14 łącznie), istotnie więcej tych owadów odnotowano na stanowisku uprawianym w systemie zerowym, w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (5 maja) bądź w porównaniu tylko do uprawy uproszczonej (24 czerwca) (rys. 12). W przypadku uprawy uproszczonej istotnie więcej kusaków w porównaniu do uprawy tradycyjnej stwierdzono w dniu 2 czerwca. Liczebność chrząszczy w poszczególnych terminach odłowów ulegała znacznym wahaniom, niezależnie od kombinacji doświadczenia.

Sezon 2005/2006. W sumie, w okresie jesiennym 2005 r., odłowiono 644 chrząszcze z rodziny kusakowatych (tab. 25). Najwięcej tych owadów wykazano na stanowisku uprawianym metodą tradycyjną – 327 osobników, mniej w uprawie zerowej – 171 osobników i najmniej w uproszczonej – 146.

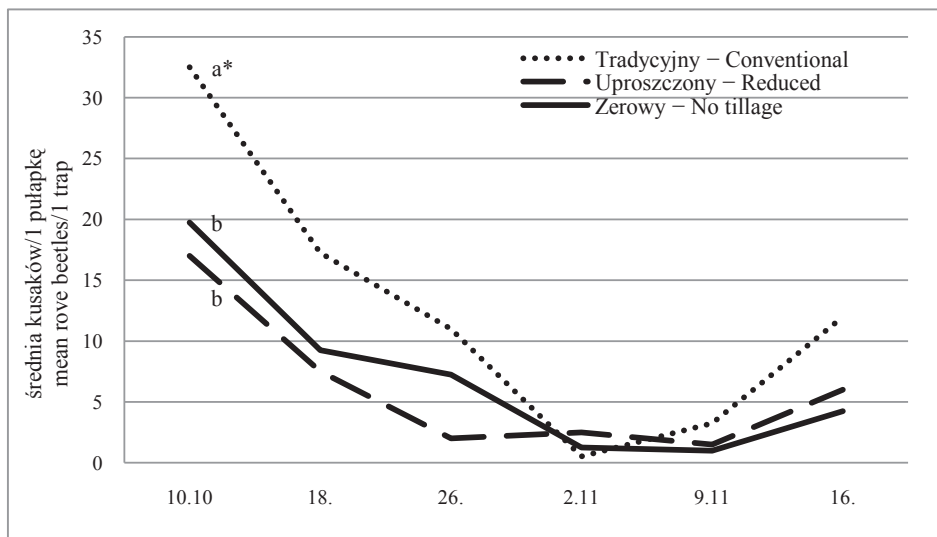


* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 12. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2005
Fig. 12. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in spring-summer time 2005

Tylko w pierwszym terminie odłowów, tuż po zakończeniu jesiennej uprawy roli, wykazano istotnie więcej Staphylinidae na stanowisku uprawianym metodą tradycyjną (średnio 32,5/pułapkę) w porównaniu zarówno do uprawy zerowej (19,8), jak i uproszczonej (średnio 17) (rys. 13). W okresie jesiennym 2005 najwięcej kusakowatych odnotowano w każdej kombinacji doświadczenia, w pierwszym terminie odłowów, tj. 10 października. W terminie tym liczebność Staphylinidae była istotnie większa w uprawie tradycyjnej, w porównaniu do obu pozostałych obiektów badawczych. W pięciu, na sześć terminów odłowów, liczba kusaków była największa w uprawie tradycyjnej. Do końca października liczba kusaków sukcesywnie spadała w każdej kombinacji. W ostatnim terminie badań jesienią (16 listopada) odnotowano niewielki wzrost liczby badanych owadów.

W okresie wiosenno-letnim 2006 r., we wszystkich kombinacjach doświadczenia odłowiono łącznie 1 355 kusakowatych (tab. 25). Liczebność Staphylinidae była podobna w trzech badanych kombinacjach, zatem nie stwierdzono istotnych różnic między liczbą tych stawonogów ($P < 0,97$, $df = 2$, $F = 0,02$). Najwięcej Staphylinidae wykazano w przypadku siewu bezpośredniego pszenicy (460), natomiast najmniej w uprawie tradycyjnej (443).

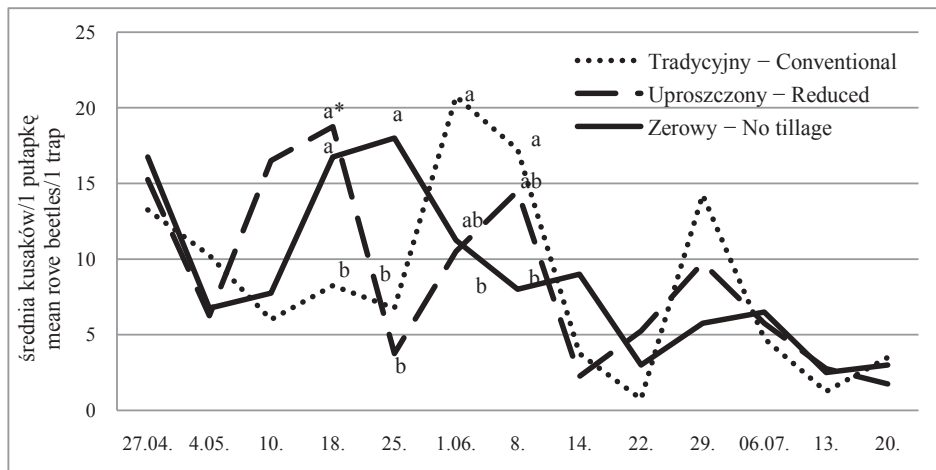


* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 13. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2005
 Fig. 13. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in autumn time 2005

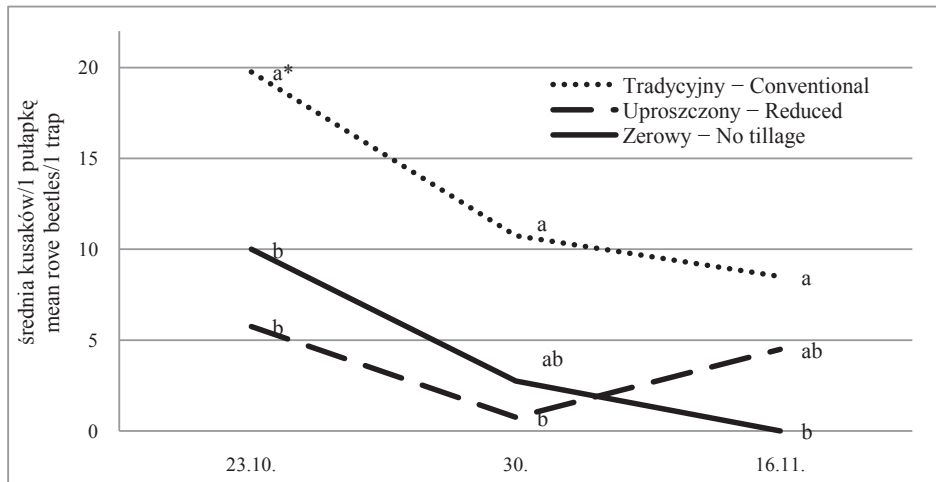
W okresie wiosenno-letnim 2006 r., na plantacji pszenicy ozimej, w czterech terminach (na 13 łącznie), wykazano istotne różnice w liczebności Staphylinidae występujących w poszczególnych stanowiskach (rys. 14). W dniu 18 maja istotnie więcej kusaków stwierdzono na stanowiskach: uproszczonym i zerowym w stosunku do uprawy tradycyjnej. W kolejnym terminie 25 maja istotnie więcej było tych owadów na obiekcie z uprawą zerową w porównaniu do obu pozostałych kombinacji. W dwóch terminach odnotowano istotnie więcej Staphylinidae na stanowisku z uprawą tradycyjną w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (1 czerwca) bądź tylko w stosunku do uprawy zerowej (8 czerwca). Przez cały sezon wykazywano duże zróżnicowanie w liczbie kusakowatych w poszczególnych kombinacjach.

Sezon 2006/2007. W okresie jesiennym 2006 r. odłowiono w sumie 251 kusakowatych (tab. 25). W uprawie tradycyjnej stwierdzono istotnie więcej tych owadów (156) w porównaniu do uprawy zerowej (51) oraz uproszczonej (44) ($P < 0,005$, $df = 2$, $F = 6,2$). W badanym okresie, w każdym z trzech terminów odłowów, istotnie więcej kusakowatych wykazano na stanowisku uprawianym tradycyjnie (rys. 15). W pierwszym terminie (23 października) liczebność ta była istotnie wyższa w stosunku do obu pozostałych kombinacji, w drugim (30 października) – tylko w porównaniu do uproszczonej oraz w trzecim (8 listopada), tylko w stosunku do uprawy zerowej.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 14. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2006
 Fig. 14. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in spring-summer time 2006

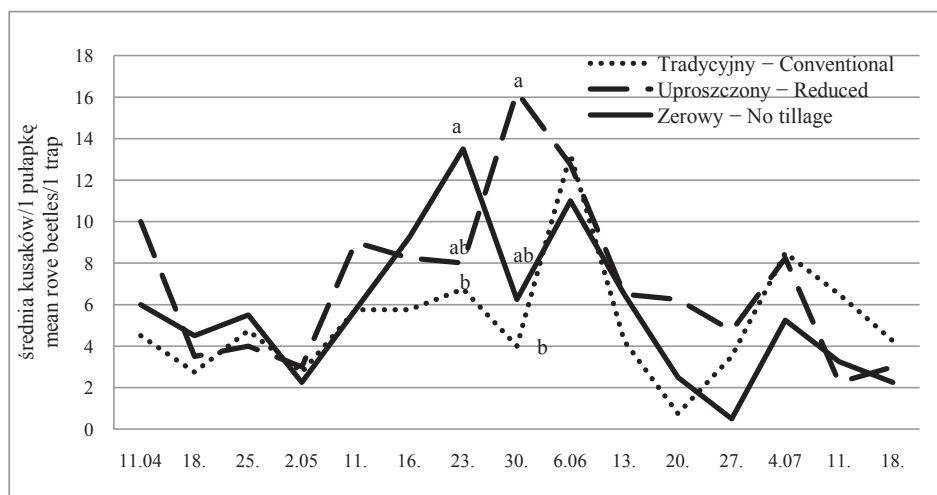


* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 15. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie jesiennym 2006
 Fig. 15. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in autumn time 2006

W okresie wiosenno-letnim 2007 r. odłowiono łącznie 1 072 kusakowatych. Nie wykazano istotnych różnic w całkowitej liczbie tych owadów pomiędzy trzema kombinacjami doświadczenia ($P < 0,37$, $df=2$, $F=0,99$) (tab. 25). Najwięcej chrząszczy stwierdzono w przypadku uprawy uproszczonej (423), mniej w zerowej (337) i najmniej w tradycyjnej (312).

W dynamice występowania kusakowatych, w okresie wiosenno-letnim 2007 r., w dwóch terminach, wykazano istotne różnice w liczebności tych owadów w poszczególnych kombinacjach (rys. 16). W dniu 23 maja – istotnie więcej Staphylinidae stwierdzono na stanowisku uprawianym w systemie zerowym w porównaniu do uprawy tradycyjnej. W kolejnym terminie, tj. 30 maja, istotnie więcej chrząszczy odnotowano w uprawie uproszczonej w stosunku do tradycyjnej.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 16. Dynamika występowania kusakowatych na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2007
Fig. 16. Seasonal dynamics of rove beetles at Swojec in spring-summer time 2007

5.1.3. Liczebność i dynamika występowania pająków – Araneae

W sumie, w okresie jesiennym, we wszystkich latach badań na Swojcu, odłowiono do pułapek glebowych 555 epigeicznych pająków (tab. 26). Najwięcej tych stawonogów wykazano w 2004 r. – 283 osobniki. Najmniej Araneae w badanym okresie stwierdzono w 2006 r., zaledwie 27 osobników. Można zauważyć, że stawonogi te występowały mniej licznie na plantacji pszenicy ozimej w okresie wegetacji jesiennej aniżeli chrząszcze biegaczowate i kusakowate. W okresie wiosenno-letnim, w zebranych materiale, oznaczono 8 700 pająków. Najwięcej tych stawonogów odnotowano w 2005 r., tj. 2 533 osobniki. Najmniej natomiast Araneae wykazano w 2006 r., tj. 1 366.

Liczebność pajaków odłowionych do pułapek Barbera na Swojcu w latach 2003–2007
The number of epigeic spiders caught to pitfall traps at Swojec in 2003–2007

Lata – Years	Okres jesienny – Autumn time											
	2003			2004			2005			2006		
	T**	U	Z	T	U	Z	T	U	Z	T	U	Z
Kombinacja – Treatment												
Suma w kombinacjach Total in treatments	26	27	43	71	71	141	57	54	38	14	7	6
Średnia w kombinacjach Mean in treatments*	1,3	1,4	2,2	3,6b***	3,6b	7,1a	2,4	2,3	1,6	1,2	0,6	0,5
Suma w latach Total in years	96			283			149			27		
Łącznie – Total	555											
Lata – Years	Okres wiosenno-letni – Spring-summer time											
	2004			2005			2006			2007		
	T	U	Z	T	U	Z	T	U	Z	T	U	Z
Suma w kombinacjach Total in treatments	543	726	1 005	884	906	737	1 159	782	592	487	473	406
Średnia w kombinacjach Mean in treatments	9,7b	13b	17,9a	15,8	16,2	13,2	22,3a	15b	11,4b	8,1	7,9	6,7
Suma w latach Total in years	2 274			2 527			2 533			1 366		
Łącznie – Total	8 700											

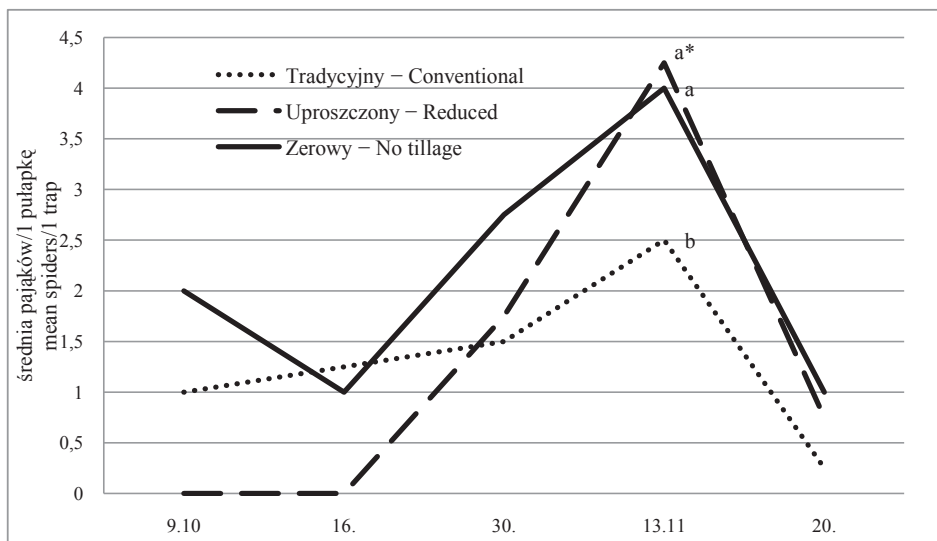
* średnia pajaków na 1 pułapkę – mean spiders per 1 trap

** T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

*** wartości średnich oznaczone różnymi literami w latach badań różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters in years differ significantly

Sezon 2003/2004. W okresie jesiennym 2003 r., łącznie, we wszystkich kombinacjach doświadczenia stwierdzono zaledwie 96 pająków (tab. 26). Najwięcej tych stawonogów odnotowano w kombinacji zerowej (43), a najmniej w tradycyjnej (26). Nie stwierdzono istotnych różnic w całkowitej liczebności Araneae w różnych kombinacjach doświadczenia ($P < 0,27$, $df=2$, $F=1,3$).

W dynamice występowania pająków w omawianym okresie maksymalne ich występowanie, we wszystkich kombinacjach, miało miejsce 13 listopada (rys. 17). W terminie tym stwierdzono, że zarówno liczebność Araneae w uprawie uproszczonej (średnio 4,3/pułapkę), jak i zerowej (średnio 4) były istotnie większe w porównaniu do uprawy tradycyjnej (średnio 2,5).



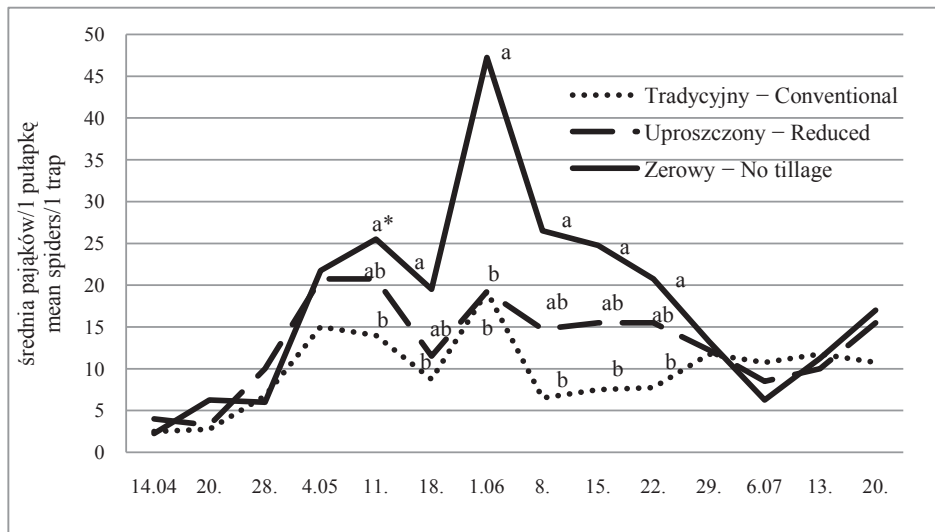
* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 17. Dynamika występowania pająków na Swojcu w okresie jesiennym 2003
Fig. 17. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in autumn time 2003

W sumie, w okresie wiosenno-letnim 2004 r., odłowiono we wszystkich kombinacjach doświadczenia 2527 Araneae (tab. 26). Na stanowisku uprawianym w systemie zerowym odnotowano istotnie więcej tych stawonogów (737 osobników) zarówno w porównaniu do uprawy uproszczonej (726), jak i tradycyjnej (543) ($P < 0,0001$, $df=2$, $F=11,9$).

W dynamice występowania pająków odławianych do pułapek Barbera w okresie wiosenno-letnim, w sześciu terminach (na 14 łącznie), ich liczebność była istotnie większa w obiekcie uprawianym w systemie zerowym (rys. 18). W jednym terminie odnoto-

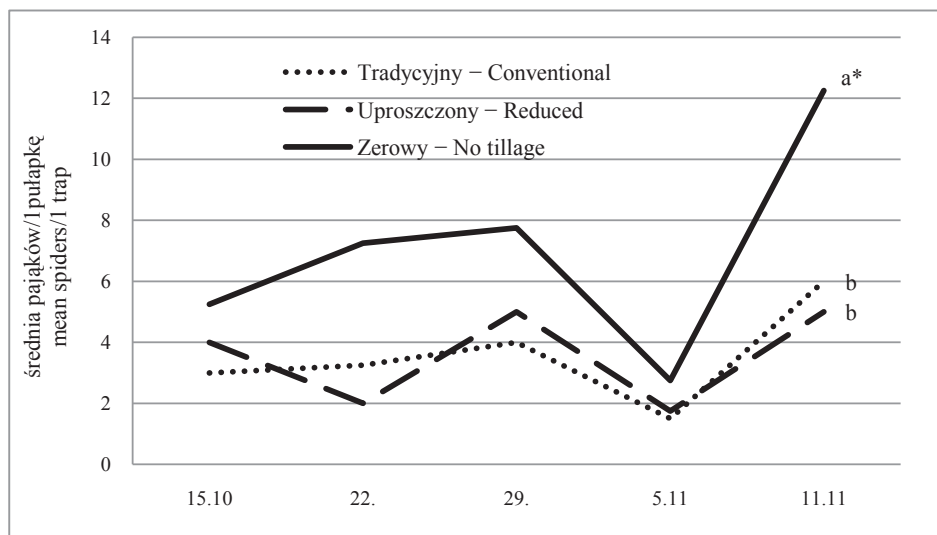
wano istotnie więcej Araneae w uprawie zerowej w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (1 czerwca), natomiast w pięciu terminach (11 i 18 maja oraz 8, 15 i 22 czerwca) – w porównaniu tylko do uprawy tradycyjnej. Szczególnie licznie stawonogi te wystąpiły 1 czerwca w przypadku siewu bezpośredniego (średnio 47 pająków w pułapce).



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 18. Dynamika występowania pająków na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2004
 Fig. 18. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in spring-summer time 2004

Sezon 2004/2005. W okresie jesiennym 2004 r., w sumie, we wszystkich kombinacjach doświadczenia stwierdzono 283 pająki (tab. 26). W tym okresie badawczym odnotowano, że liczba pająków na stanowisku z uprawą zerową (141 osobników) była istotnie większa w porównaniu do uprawy uproszczonej (71 osobników) oraz tradycyjnej (również 71 osobników) ($P < 0,001$, $df = 2$, $F = 7,5$). W dynamice występowania pająków w okresie jesiennym omawianego sezonu wegetacji, w jednym terminie (11 listopada), stwierdzono istotnie więcej pająków na stanowisku uprawianym w systemie zerowym (średnio 12,3/pułapkę) zarówno w porównaniu do uprawy tradycyjnej (średnio 6 osobników), jak i uproszczonej (średnio 5 osobników) (rys. 19). We wszystkich sześciu terminach odłowów – Araneae najliczniej obserwowano w uprawie zerowej. Wykonywanie zabiegów uprawowych w okresie bezpośrednio poprzedzającym jesienną wegetację pszenicy ozimej znacząco redukowało liczebność pająków.



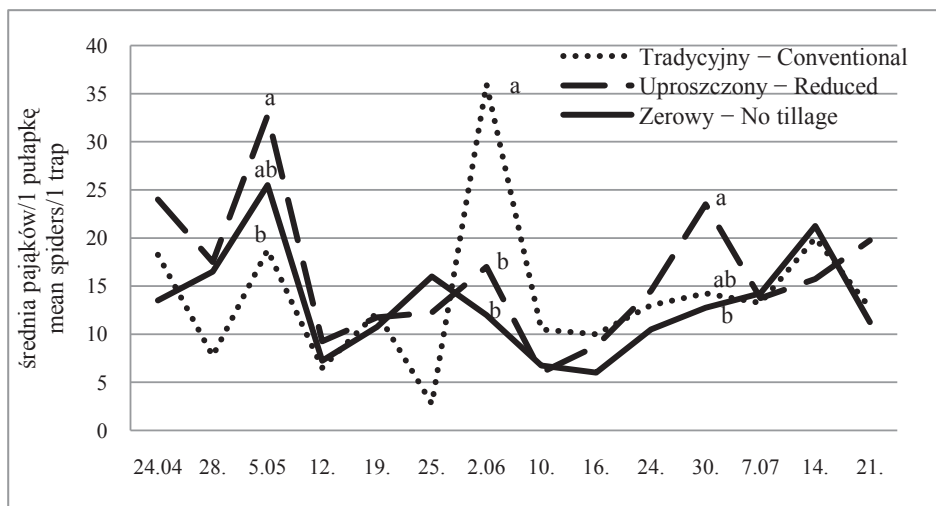
* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 19. Dynamika występowania pajaków na Swojcu w okresie jesiennym 2004
 Fig. 19. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in autumn time 2004

W sumie, w okresie wiosenno-letnim 2005 r., we wszystkich kombinacjach doświadczenia, odłowiono 2 527 Araneae (tab. 26). Najwięcej tych stawonogów stwierdzono na stanowisku uprawianym w systemie uproszczonym (906), a najmniej w kombinacji z siewem bezpośrednim (737). Nie wykazano istotnych różnic między średnią liczebnością pajaków w badanych kombinacjach ($P < 0,19$, $df = 2$, $F = 1,7$).

W dynamice odłowów pajaków do pułapek Barbera, w okresie wiosenno-letnim, w dwóch terminach (na 14 łącznie), odnotowano ich istotnie więcej na obiekcie uprawianym w systemie uproszczonym w porównaniu do uprawy tradycyjnej (5 maja) bądź w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (30 czerwca) (rys. 20). Największą liczebność Araneae w obu kombinacjach uprawianych w technologii bezpługowej stwierdzono 5 maja (w uproszczonej średnio w pułapce 32,8 osobników, w zerowej – 25,5, natomiast w uprawie tradycyjnej – 2 czerwca, średnio 36 osobników). W pozostałych terminach odłowów, liczebność pajaków była na zbliżonym poziomie na wszystkich obiektach.

Sezon 2005/2006. W okresie jesiennym 2005 r., na plantacji pszenicy ozimej, odłowiono łącznie 149 Araneae (tab. 26). Analiza wariancji nie wykazała istotnych różnic w liczebności pajaków pomiędzy poszczególnymi obiektami badawczymi ($P < 0,09$, $df = 2$, $F = 2,4$). Najwięcej omawianych stawonogów stwierdzono w przypadku uprawy tradycyjnej (57), nieznacznie mniej w uproszczonej (54) i najmniej w zerowej (38).



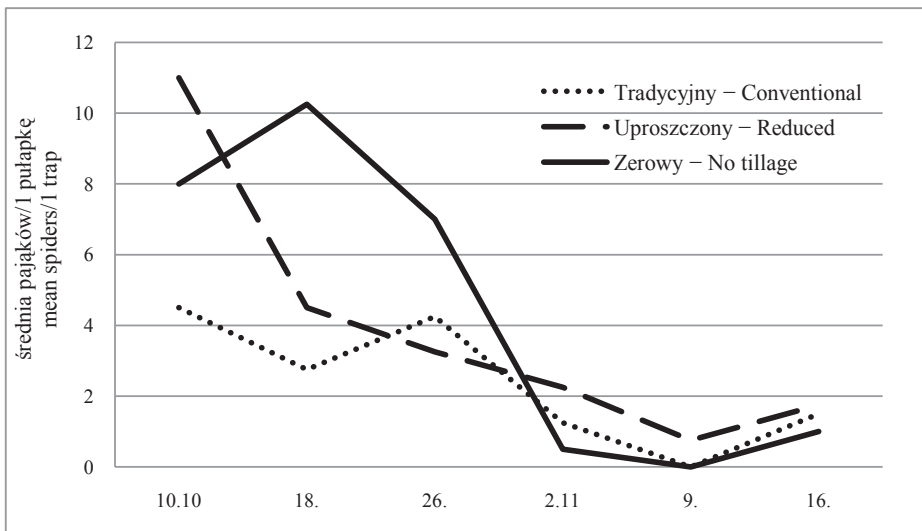
* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 20. Dynamika występowania pająków na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2005
Fig. 20. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in spring-summer time 2005

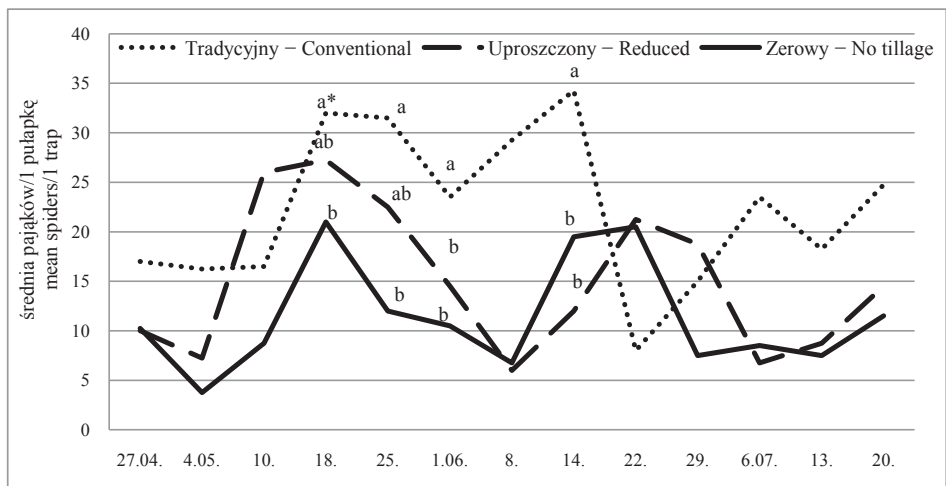
W dynamice występowania pająków w okresie jesiennym nie stwierdzono istotnych różnic między kombinacjami doświadczenia (rys. 21). Liczebność pająków była niska we wszystkich terminach odłowów. Najliczniej stawonogi te występowały w pierwszych trzech terminach. W końcu października i na początku listopada liczebność Araneae wyraźnie się zmniejszyła, a przyczyną były prawdopodobnie niskie temperatury w tym okresie.

W sumie, w okresie wiosenno-letnim 2006 r. odłowiono we wszystkich kombinacjach doświadczenia 2 533 Araneae (tab. 26). Najwięcej tych stawonogów stwierdzono w przypadku uprawy tradycyjnej (1 159), istotnie więcej zarówno w porównaniu do uprawy uproszczonej (782), jak i tradycyjnej (592) ($P < 0,00001$, $df=2$, $F=16,7$).

W dynamice występowania pająków odławianych do pułapek Barbera w omawianym okresie, w czterech kolejnych terminach (na 13 łącznie), średnia liczebność Araneae była istotnie większa w obiekcie uprawianym w systemie tradycyjnym w porównaniu do pozostałych kombinacji (25 maja oraz 1, 8 i 14 czerwca) (rys. 22). Również w trzech ostatnich terminach badań liczba pająków była większa w uprawie tradycyjnej, jednak analiza wariancji nie wykazała istotnych różnic między poszczególnymi wariantami doświadczenia.



Rys. 21. Dynamika występowania pajaków na Swojcu w okresie jesiennym 2005
 Fig. 21. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in autumn time 2005



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

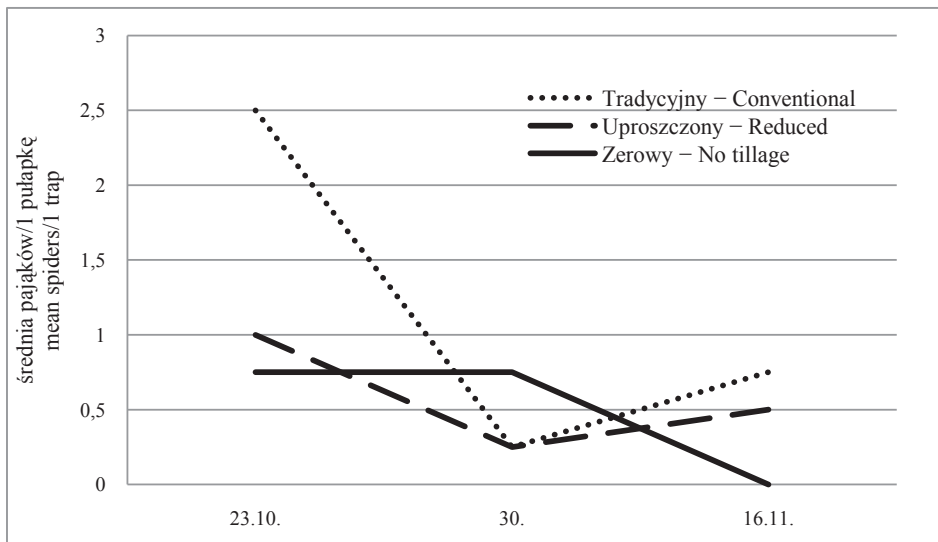
Rys. 22. Dynamika występowania pajaków na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2006
 Fig. 22. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in spring-summer time 2006

Sezon 2006/2007. W okresie jesiennym 2006 r., w sumie, we wszystkich kombinacjach doświadczenia stwierdzono zaledwie 27 pajaków (14 w uprawie tradycyjnej, 7 w uproszczonej i 6 w siewie bezpośrednim) (tab. 26). Ze względu na niewielką liczbę Araneae nie stwierdzono istotnych różnic między badanymi kombinacjami ($P < 0,16$, $df=2$, $F=1,9$).

W poszczególnych terminach odłowów w okresie jesiennym również nie odnotowano istotnych różnic w liczbie pajaków w różnych kombinacjach doświadczenia (rys. 23). W pierwszym terminie odłowów Araneae (23 października) – wyraźnie liczniej występowały one w kombinacji uprawianej metodą tradycyjną, w drugim, tj. 30 października – w uprawie zerowej, natomiast w trzecim – ponownie w uprawie płuznej.

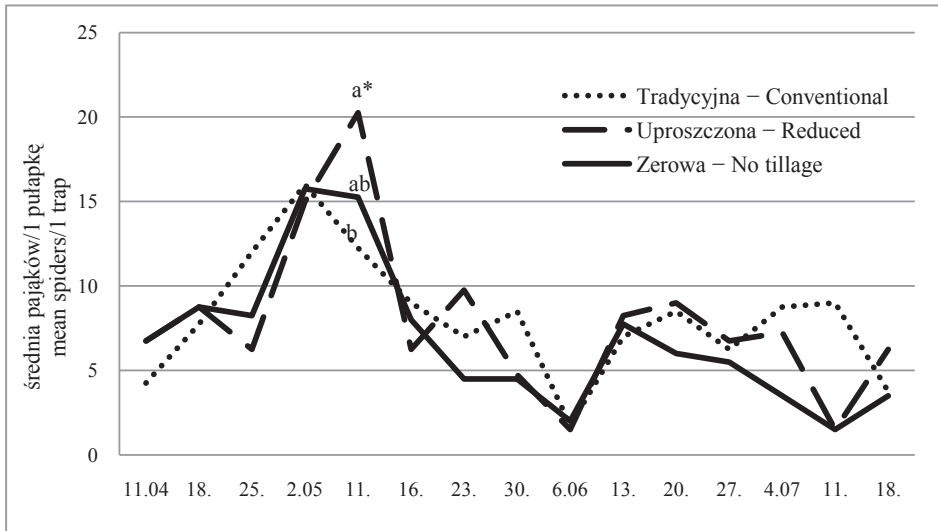
W ostatnim roku odłowów (okres wiosenno-letni 2007) łącznie wykazano w pułapkach Barbera 1 366 pajaków (tab. 26). We wszystkich kombinacjach stawonogi te występowały w podobnej liczbie, stąd nie stwierdzono istotnych różnic ($P < 0,31$, $df=2$, $F=1,2$). Najwięcej Araneae występowało w uprawie tradycyjnej (487), nieznacznie mniej w uproszczonej (473) i najmniej w zerowej 406 osobników.

W dynamice występowania pajaków w okresie wiosenno-letnim 2007 r. najliczniej stawonogi te we wszystkich kombinacjach notowano na początku maja (rys. 24). W dniu 11 maja średnia liczebność Araneae na stanowisku z uprawą uproszczoną (20,3) była istotnie większa w porównaniu do uprawy tradycyjnej (12,3). W pozostałych terminach badań liczba pajaków była znacznie niższa i zbliżona do siebie na każdym stanowisku.



Rys. 23. Dynamika występowania pajaków na Swojcu w okresie jesiennym 2006

Fig. 23. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in autumn time 2006



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 24. Dynamika występowania pająków na Swojcu w okresie wiosenno-letnim 2007
 Fig. 24. Seasonal dynamics of spiders at Swojec in spring-summer time 2007

5.2. Ogólna liczebność stawonogów epigeicznych odłowionych w Makowicach

5.2.1. Liczebność, skład gatunkowy i dynamika występowania biegaczowatych – Carabidae

Okres wiosenno-letni 2004. Badania polowe w Makowicach prowadzono tylko w okresie wiosenno-letnim, w latach 2004–2006. W miejscowości tej porównywano występowanie stawonogów na dwóch stanowiskach, tj. uprawianym w systemie tradycyjnym oraz uprawianym w systemie uproszczonym. Łącznie, w odłowach prowadzonych w 2004 r. odłowiono 1 451 biegaczowatych (tab. 27). Liczebność Carabidae w kombinacji z uprawą tradycyjną (947) była istotnie większa aniżeli w uprawie uproszczonej (504) ($P < 0,009$, $df = 1$, $F = 7,43$).

Tabela 27

Table 27

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych w Makowicach w okresie wiosenno-letnim 2007
Species composition of ground beetles caught at Makowice in spring-summer time 2007

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system				Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		
	N*	D**	N*	D**	
1	2	3	4	5	6
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	415	43,9	73	14,6	488
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	107	11,4	55	10,9	162
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	62	6,5	91	18,1	153
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	46	4,9	97	19,3	143
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus)	93	9,8	18	3,6	111
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	48	5,1	60	11,9	108
<i>Carabus cancellatus</i> (Illiger)	81	8,6	16	3,2	97
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	29	3,1	30	6	59
<i>Amara aenea</i> (De Geer)	5	0,5	15	3	20
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal)	10	1,1	2	0,4	12
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus)	4	0,4	7	1,4	11
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)	5	0,5	5	1	10
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	6	0,6	4	0,8	10
<i>Platynus assimilis</i> (Paykull)	1	0,1	7		8
<i>Ophonus brevicollis</i> (Audinet-Serville)	6	0,6	1	0,2	7
<i>Calathus erratus</i> (C.R. Sahlberg)	4	0,4	3	0,6	7
<i>Harpalus distinguendus</i> (Dufschmid)	2	0,2	3	0,6	5
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)	2	0,2	3	0,6	5
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	3	0,3	1	0,2	4
<i>Dolichus halensis</i> (Schaller)	4	0,4			4
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm)	3	0,3	1	0,2	4
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)	1	0,1	2	0,4	3
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius)	2	0,2	1	0,2	3
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	1	0,1	1	0,2	2
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)	1	0,1	1	0,2	2
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger)	1	0,1	1	0,2	2
<i>Badister bullatus</i> (Schrank)	1	0,1	1	0,2	2
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske)	1	0,1			1

Tabela 27 cd.
Table 27 cont.

1	2	3	4	5	6
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller)			1	0,2	1
<i>Carabus ullrichi</i> Germar			1	0,2	1
<i>Calathus melanocephalus</i> (Linnaeus)	1	0,1			1
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)			1	0,2	1
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)			1	0,2	1
<i>Amara similata</i> (Gyllental)	1	0,1			1
<i>Demetrias atricapillus</i> (Linnaeus)			1	0,2	1
<i>Amara</i> spp. Bonelli	1	0,1			1
Suma – Total	947 a***	100	504 b	100	1451
Liczba gatunków – No. species	30		30		35

* liczba chrząszczy – no. beetles

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters differ significantly

W zebranych materiale entomologicznym oznaczono łącznie 35 gatunków Carabidae. W obu kombinacjach doświadczenia stwierdzono występowanie 30 gatunków. W przypadku uprawy tradycyjnej udział procentowy najliczniejszych dziesięciu gatunków wynosił 94,7%, natomiast w przypadku uproszczonej 91,7%. Najliczniejszym gatunkiem na stanowisku uprawianym metodą tradycyjną był *Poecilus cupreus* (415 osobników). Mniej licznie występował *Pterostichus melanarius* (107 osobników). Oba te gatunki zaliczono do eudominantów (tab. 28). W kombinacji z uprawą uproszczoną eudominantami były: *Pseudoophonus rufipes* (97 osobników), *Bembidion lampros* (91), *P. cupreus* (73), *Harpalus affinis* (60) i *P. melanarius* (55). Spośród wszystkich oznaczonych gatunków 25 występowało zarówno w kombinacji z uprawą tradycyjną, jak i uproszczoną (tab. 29). Oba wskaźniki różnorodności gatunkowej były nieznacznie wyższe w przypadku stosowania uproszczeń w uprawie roli (indeks Simpsona – 0,84, indeks Shannona–Weavera – 2,25) w porównaniu do uprawy tradycyjnej ($D=0,79$, $H'=2,21$). Równomierność rozkładu częstości Pielou w obu wariantach doświadczenia była podobna (0,59 w tradycyjnej i 0,61 w uproszczonej). Indeks podobieństwa Sørensen, zespołów biegaczowatych między badanymi siedliskami wynosił 0,51.

W okresie wiosenno-letnim 2004 r., na plantacji pszenicy ozimej w Makowicach, w dynamice występowania Carabidae, w trzech pierwszych terminach (7 i 28 maja, 14 czerwca), na pięć łącznie, średnia liczebność tych owadów odłowiona na stanowisku uprawianym w systemie tradycyjnym była istotnie większa w porównaniu do kombinacji z uprawą uproszczoną (rys. 25). Tylko w jednym, ostatnim terminie odłowów (16 lipca) stwierdzono nieznacznie więcej biegaczowatych na plantacji pszenicy ozimej uprawianej w sposób uproszczony.

Tabela 28
Table 28

Struktura dominacji biegaczowatych w Makowicach w okresie wiosenno-letnim 2004
Dominance structure of ground beetles caught at Makowice in spring-summer time in 2004

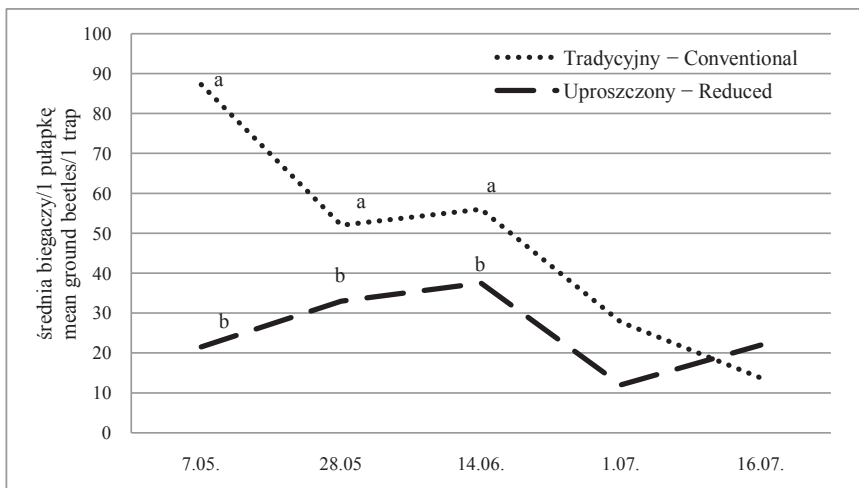
Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced
Eudominanty Eudominants	<i>P. cupreus</i> <i>P. melanarius</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>P. rufipes</i> <i>P. melanarius</i> <i>B. lampros</i>
Dominanty Dominants	<i>B. lampros</i> <i>P. rufipes</i> <i>C. granulatus</i> <i>C. cancellatus</i> <i>H. affinis</i> <i>A. dorsalis</i>	<i>A. dorsalis</i>
Subdominanty Subdominants	<i>A. plebeja</i>	<i>C. cancellatus</i> <i>C. granulatus</i> <i>A. aenea</i>
Recedenty Recedents		<i>A. flavipes</i> <i>H. tardus</i>
Subrecedenty Subrecedents	21 gatunków species	19 gatunków – species

Tabela 29
Table 29

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań biegaczowatych w Makowicach w 2004 roku
Ecological characteristic of ground beetle assemblages at Makowice in 2004

	Okres wiosenno-letni – Spring-summer	
	T*	U
Suma – Total	947	504
Liczba prób – No. samples	20	
Liczba gatunków – No. species	30	30
Gatunki wspólne – Common species	25	
Wskaźnik Simpson – Index D	0,79	0,84
Wskaźnik Shannon-Weaver – Index H'	2,21	2,25
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,61	0,59
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's		
T	1	0,51
U	0,51	1

*T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 25. Dynamika występowania biegaczowatych w Makowicach w 2004 roku
 Fig. 25. Seasonal dynamics of ground beetles at Makowice in 2004

Okres wiosenno-letni 2005. W sumie, w odłowach prowadzonych w okresie wiosenno-letnim, odłowiono 1 889 biegaczowatych (tab. 30). W kombinacji z uprawą tradycyjną odnotowano 972 osobniki, natomiast w uprawie uproszczonej 917. Nie stwierdzono istotnych różnic w liczebności biegaczowatych między badanymi kombinacjami ($P < 0,78$, $df = 1$, $F = 0,07$).

W zebranym materiale entomologicznym oznaczono łącznie 35 gatunków Carabidae (tab. 30). W uprawie uproszczonej odnotowano 31 gatunków, natomiast w tradycyjnej 28. W przypadku uprawy tradycyjnej udział procentowy najliczniejszych dziesięciu gatunków wynosił 90,3%, natomiast w uproszczonej 90%. Najliczniejszym gatunkiem na stanowisku uprawianym metodą tradycyjną był *Poecilus cupreus* (232 osobniki). Mniej licznie występowały *Pseudoophonus rufipes* (154 osobniki) oraz *Harpalus affinis* (169). Wszystkie trzy gatunki zaliczono do eudominantów (tab. 31). W kombinacji z uprawą uproszczoną najliczniej występował *Ophonus brevicollis* (187 osobników). Eudominantami były również *P. rufipes* (161), *P. cupreus* (160) i *H. affinis* (110). W obu wariantach doświadczenia odnotowano dużo gatunków subcedentów, tj. 15 gatunków w uprawie tradycyjnej i 16 w uproszczonej. Spośród wszystkich oznaczonych gatunków 24 występowały zarówno w kombinacji z uprawą tradycyjną, jak i uproszczoną (tab. 32). Wartości wskaźników różnorodności gatunkowej, Simpsona (0,86 w tradycyjnej i 0,87 w uproszczonej) oraz Shannona–Weavera (2,38 w tradycyjnej i 2,37 w uproszczonej) były na zbliżonym poziomie w obu kombinacjach. Wartości wskaźnika Pielou wskazują na podobną równomierność rozkładu częstości gatunków w badanych kombinacjach (0,71 w tradycyjnej i 0,69 w uproszczonej). Podobieństwo zespołów biegaczowatych Sørensenia między dwoma badanymi stanowiskami było wysokie i wynosiło 0,78.

Tabela 30

Table 30

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych w Makowicach w okresie wiosenno-letnim 2005
Species composition of ground beetles caught at Makowice in spring-summer time 2005

Gatunek Species	System uprawy roli –Tillage system				Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		
	N*	D**	N	D	
1	2	3	4	5	6
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	232	23,8	160	17,4	392
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	154	15,8	161	17,4	315
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	169	17,4	110	11,9	279
<i>Ophonus brevicollis</i> (Audinet-Serville)	48	4,9	187	20,3	235
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	95	9,7	91	9,9	186
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)	42	4,3	40	4,3	82
<i>Carabus granulatus</i> (Linnaeus)	33	3,4	27	2,9	60
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid)	40	4	21	2,3	60
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	41	4,2	11	1,2	52
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius)	21	2,2	14	1,5	35
<i>Carabus cancellatus</i> (Illiger)	24	2,5	10	1	34
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)	15	1,5	12	1,3	27
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus)	14	1,4	10	1	24
<i>Amara aenea</i> (De Geer)	8	0,8	12	1,3	20
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontopiddan)	6	0,6	14	1,5	20
<i>Pterostichus vernalis</i> (Panzer)	8	0,8	6	0,6	14
<i>Stomis pumicatus</i> (Panzer)	3	0,3	4	0,4	7
<i>Calathus fuscipes</i> (Goeze)	3	0,3	3	0,3	6
<i>Notiophilus aquaticus</i> (Linnaeus)	3	0,3	3	0,3	6
<i>Amara communis</i> (Panzer)			4	0,4	4
<i>Amara similata</i> (Gyllenthal)	1	0,1	3	0,3	4
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> (Linnaeus)	1	0,1	3	0,3	4
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm)	3	0,3			3
<i>Agonum mulleri</i> (Herbst)	2	0,2			2
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	1	0,1	1	0,1	2
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)	1	0,1	1	0,1	2
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	2	0,2	2	0,2	4
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)			1	0,1	1
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid)	1	0,1			1

Tabela 30 cd.
Table 30 cont.

1	2	3	4	5	6
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenthal)			1	0,1	1
<i>Ophonus puncticollis</i> (Paykull)			1	0,1	1
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)	1	0,1			1
<i>Synuchus vivalis</i> (Illiger)			1	0,1	1
<i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze			1	0,1	1
<i>Harpalus</i> spp. Latreille			2	0,2	2
Suma – Total	972***	100	917	100	1889
Liczba gatunków – No. species	28		31		35

* N – liczba chrząszczy – no. beetles

** D – wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak istotnych różnic – no significant differences

Tabela 31
Table 31

Struktura dominacji biegaczowatych w okresie wiosenno-letnim w Makowicach w 2005 roku
Dominance structure of ground beetles caught at Makowice in spring-summer time in 2005

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny – Conventional	Uproszczony – Reduced
Eudominanty Eudominants	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>P. rufipes</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>P. rufipes</i> <i>O. brevicollis</i>
Dominanty Dominants	<i>B. lampros</i>	<i>B. lampros</i>
Subdominanty Subdominants	<i>O. brevicollis</i> <i>A. binotatus</i> <i>P. melanarius</i> <i>H. distinguendus</i> <i>C. granulatus</i> <i>C. cancellatus</i> <i>L. pilicornis</i>	<i>A. binotatus</i> <i>H. distinguendus</i> <i>C. granulatus</i>
Recedenty Recedents	<i>H. tardus</i> <i>A. flavipes</i>	<i>P. melanarius</i> <i>C. cancellatus</i> <i>L. pilicornis</i> <i>H. tardus</i> <i>A. flavipes</i> <i>A. aenea</i> <i>A. dorsalis</i>
Subrecedenty Subrecedents	15 gatunków – species	16 gatunków – species

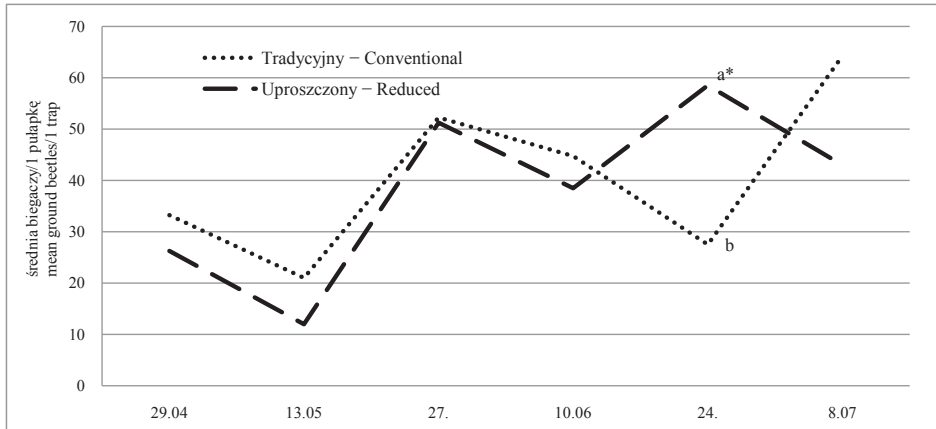
Tabela 32
Table 32

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań biegaczowatych w Makowicach w 2005 roku
Ecological characteristic of ground beetle assemblages at Makowice in 2005

	Okres wiosenno-letni – Spring-summer	
	T*	U
Suma – Total	972	917
Liczba prób – No. samples	24	
Liczba gatunków – No. species	28	31
Gatunki wspólne – Common species	24	
Wskaźnik Simpson – Index D	0,86	0,87
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	2,38	2,37
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,71	0,69
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's		
T	1	0,78
U	0,78	1

* T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced

W okresie wiosenno-letnim 2005 r., na plantacji pszenicy ozimej w Makowicach, w dynamice występowania Carabidae, w jednym terminie (24 czerwca), na sześć łącznie, średnia liczebność tych owadów odłowiona na stanowisku uprawianym w systemie uproszczonym była istotnie większa w porównaniu do kombinacji z uprawą tradycyjną (rys. 26). W pozostałych terminach więcej biegaczowatych notowano na stanowisku uprawianym tradycyjnie, jednak nie stwierdzono istotnych różnic.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 26. Dynamika występowania biegaczowatych w Makowicach w 2005 roku
Fig. 26. Seasonal dynamics of ground beetles at Makowice in 2005

Okres wiosenno-letni 2006. W sumie, w badaniach prowadzonych w 2006 r., odłowiono 1 468 biegaczowatych (tab. 33). W kombinacji z uprawą uproszczoną odnotowano 785 osobników, natomiast w uprawie tradycyjnej 683. Nie stwierdzono istotnych różnic w liczebności biegaczowatych między kombinacjami ($P < 0,65$, $df = 1$, $F = 0,17$).

Tabela 33

Table 33

Skład gatunkowy biegaczowatych odłowionych w Makowicach w okresie wiosenno-letnim 2006
Species composition of ground beetles caught at Makowice in spring-summer time 2006

Gatunek Species	System uprawy roli – Tillage system				Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		
	N*	D**	N	D	
1	2	3	4	5	6
<i>Poecilus cupreus</i> (Linnaeus)	195	28,1	121	15,5	316
<i>Harpalus affinis</i> (Schrank)	72	10,6	100	12,8	172
<i>Poecilus versicolor</i> (Sturm)	36	5,4	75	9,6	111
<i>Calathus fuscipes</i> Goeze	36	5,4	71	9	107
<i>Ophonus brevicollis</i> (Audinet-Serville)	16	2,3	85	10,9	101
<i>Pterostichus melanarius</i> (Illiger)	25	3,8	69	8,9	94
<i>Pseudoophonus rufipes</i> (De Geer)	30	4,4	53	6,8	83
<i>Clivina fossor</i> (Linnaeus)	42	6,2	32	4,1	74
<i>Anchomenus dorsalis</i> (Pontoppidan)	49	7,3	16	2	65
<i>Bembidion properans</i> (Stephens)	31	4,5	33	4,1	64
<i>Bembidion lampros</i> (Herbst)	41	6,1	13	1,7	54
<i>Zabrus tenebrioides</i> Goeze	16	2,3	18	2,3	34
<i>Amara aenea</i> (De Geer)	17	2,3	7	0,9	24
<i>Harpalus tardus</i> (Panzer)	6	0,9	16	2	22
<i>Harpalus smaragdinus</i> (Duftschmid)	11	1,6	11	1,4	22
<i>Microlestes minutulus</i> (Goeze)	1	0,2	12	1,5	13
<i>Loricera pilicornis</i> (Fabricius)	9	1,3	7	0,9	16
<i>Harpalus latus</i> (Linnaeus)	5	0,7	5	0,6	10
<i>Poecilus lepidus</i> (Leske)	2	0,3	6	0,8	8
<i>Amara similata</i> (Gyllenhal)	5	0,7	2	0,3	7
<i>Pterostichus strenuus</i> (Panzer)	5	0,7	2	0,3	7
<i>Amara plebeja</i> (Gyllenhal)	2	0,3	4	0,5	6
<i>Harpalus distinguendus</i> (Duftschmid)	3	0,4	3	0,4	6
<i>Calathus erratus</i> (C.R. Sahlberg)	1	0,2	4	0,5	5

Tabela 33 cd.
Table 33 cont.

1	2	3	4	5	6
<i>Amara eurynota</i> (Panzer)	2	0,3	3	0,4	5
<i>Trechus quadristriatus</i> (Schrank)	3	0,4	1	0,1	4
<i>Bembidion femoratum</i> Sturm	4	0,5			4
<i>Carabus granulatus</i> Linnaeus	3	0,4	1	0,1	4
<i>Anisodactylus binotatus</i> (Fabricius)			2	0,3	2
<i>Ophonus puncticollis</i> (Paykull)	1	0,2	1	0,1	2
<i>Acupalpus meridianus</i> (Linnaeus)	2	0,3	1	0,1	3
<i>Asaphidion flavipes</i> (Linnaeus)	2	0,3	1	0,1	3
<i>Brachinus crepitans</i> (Linnaeus)	1	0,2			1
<i>Amara bifrons</i> (Gyllenhal)			1	0,1	1
<i>Amara familiaris</i> (Duftschmid)			1	0,1	1
<i>Bembidion biguttatum</i> (Fabricius)			1	0,1	1
<i>Bembidion obtusum</i> Audient-Serville	1	0,2			1
<i>Bembidion quadrimaculatum</i> Linnaeus			1	0,1	1
<i>Calathus ambiguus</i> (Paykull)			1	0,1	1
<i>Carabus nemoralis</i> Müller			1	0,1	1
<i>Clivina collaris</i> (Herbst)	1	0,2			1
<i>Epaphius secalis</i> (Paykull)			1	0,1	1
<i>Nebria brevicollis</i> (Fabricius)			1	0,1	1
<i>Pterostichus niger</i> (Schaller)			1	0,1	1
Suma – Total	683***	100	785	100	1 468
Liczba gatunków – No. species	34		40		45

* N – liczba chrząszczy – no. beetles

** D – wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak istotnych różnic – no significant differences

W zebranym materiale entomologicznym oznaczono łącznie 45 gatunków Carabidae (tab. 33). Więcej gatunków stwierdzono w uprawie uproszczonej – 40, natomiast mniej w uprawie tradycyjnej – 34. Podobnie jak w roku poprzednim najliczniejszym gatunkiem w obu stanowiskach badawczych był *Poecilus cupreus* (28,1% wszystkich biegaczy w uprawie tradycyjnej i 15,5% w uproszczonej). Mniej licznie występowały *Harpalus affinis* oraz *Ophonus brevicollis* (w uprawie konserwującej). Wszystkie te trzy gatunki zaliczono do eudominantów (tab. 34). Dominantami w obu kombinacjach były *Calathus*

fuscipes, *Poecilus versicolor*, *Pterostichus melanarius*. W przypadku uprawy tradycyjnej udział procentowy najliczniejszych dziesięciu gatunków wynosił 77,9%, natomiast w uproszczonej 83,4%. Spośród wszystkich oznaczonych gatunków 28 występowało w kombinacji z uprawą tradycyjną, jak i uproszczoną (tab. 35). Zarówno wartości wskaźnika różnorodności gatunkowej Simpsona (0,85 w tradycyjnej i 0,95 w uproszczonej), jak i Shanonna–Weavera (2,93 w tradycyjnej i 2,48 w uproszczonej) były znacznie większe w przypadku uprawy uproszczonej. Równomierność rozkładu częstości gatunków według indeksu Pielou w uprawie tradycyjnej wynosiła 0,70, natomiast 0,81 w uproszczonej. Podobieństwo zespołów biegaczowatych między dwoma badanymi stanowiskami było wysokie i wynosiło 0,70.

Tabela 34
Table 34

Struktura dominacji biegaczowatych odłowionych w Makowicach
w okresie wiosenno-letnim w 2006 roku
Dominance structure of ground beetles caught at Makowice in spring-summer time in 2006

Klasa dominacji Dominance group	Tradycyjny Conventional	Uproszczony Reduced
Eudominanty Eudominants	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i>	<i>P. cupreus</i> <i>H. affinis</i> <i>O. brevicollis</i>
Dominanty Dominants	<i>C. fuscipes</i> <i>P. versicolor</i> <i>C. fossor</i> <i>A. dorsalis</i> <i>P. melanarius</i>	<i>C. fuscipes</i> <i>P. versicolor</i> <i>P. melanarius</i> <i>P. rufipes</i>
Subdominanty Subdominants	<i>B. lampros</i> <i>B. properans</i> <i>P. rufipes</i>	<i>C. fossor</i> <i>A. dorsalis</i> <i>B. properans</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>H. tardus</i>
Recedenty Recedents	<i>A. aenea</i> <i>O. brevicollis</i> <i>Z. tenebrioides</i> <i>L. pilicornis</i> <i>H. smaragdinus</i>	<i>B. lampros</i> <i>H. smaragdinus</i> <i>M. minutulus</i>
Subrecedenty Subrecedents	19 gatunków – species	25 gatunków – species

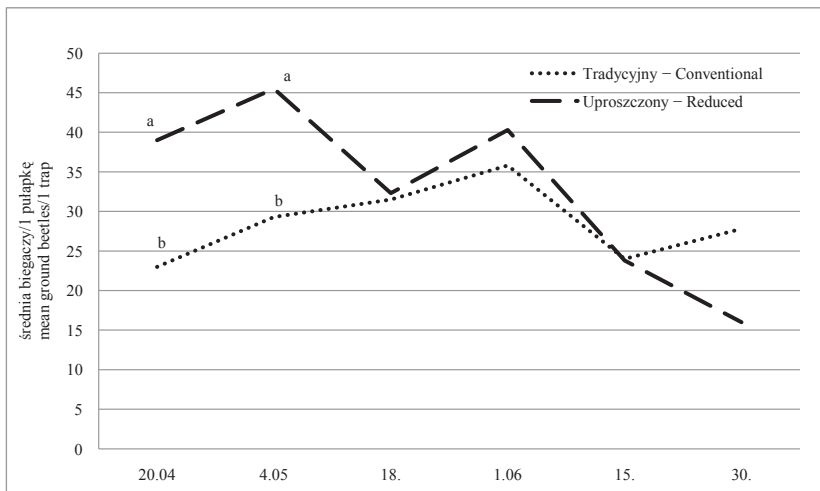
Tabela 35 Table 35

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań biegaczowatych w Makowicach w 2006 roku
Ecological characteristic of ground beetle assemblages at Makowice in 2006

	Okres wiosenno-letni – Spring-summer time	
	T*	U
Suma – Total	683	785
Liczba prób – No. samples	24	
Liczba gatunków – No. species	34	40
Gatunki wspólne – Common species	28	
Wskaźnik Simpson – Index D	0,85	0,95
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	2,48	2,93
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,70	0,81
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's		
T	1	0,70
U	0,70	1

* T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced

W dynamice występowania Carabidae, w okresie wiosenno-letnim 2006 r. w Makowicach, w dwóch pierwszych terminach odłowów stwierdzono istotne różnice w występowaniu tych chrząszczy w poszczególnych wariantach doświadczenia (rys. 27). Zarówno w dniu 20 kwietnia, jak i 4 maja istotnie więcej biegaczowatych wykazano w uprawie uproszczonej. Najwięcej chrząszczy odłowiono do pułapek glebowych rozmieszczonych w uprawie bezpułnej w dniu 4 maja (średnio 45,5/pułapkę), natomiast w kombinacji z uprawą z zastosowaniem orki – 1 czerwca (45,8).



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 27. Dynamika występowania biegaczowatych w Makowicach w 2006 roku
Fig. 27. Seasonal dynamics of ground beetles at Makowice in 2006

5.2.2. Liczebność i dynamika występowania kusakowatych – Staphylinidae

We wszystkich latach badań prowadzonych na plantacji pszenicy ozimej w gospodarstwie w Makowicach – do pułapek Barbera odłowiono 3 828 chrząszczy kusakowatych (tab. 36).

Okres wiosenno-letni 2004. W sumie, w 2004 r., odłowiono 1 216 chrząszczy z rodziny kusakowatych (tab. 36). Nie wykazano istotnych różnic w liczebności tej grupy stonogów pomiędzy dwoma badanymi kombinacjami ($P < 0,07$, $df=1$, $F=3,5$). Więcej Staphylinidae (699) oznaczono w przypadku uprawy uproszczonej w porównaniu do tradycyjnej (517).

Tabela 36

Table 36

Ogólna liczebność kusaków odłowionych w Makowicach do pułapek Barbera
Total number of epigeic rove beetles caught at Makowice to pitfall traps

Sezon – Season	Okres wiosenno-letni – Spring-summer time					
Lata – Years	2004		2005		2006	
Kombinacja – Treatment	T**	U	T	U	T	U
Suma w kombinacjach Total in treatments	517	699	605	711	594	702
Średnia – Mean*	25,9***	35,0	25,2	29,6	24,8	29,3
Suma w latach Total in years	1 216		1 316		1 296	
Łącznie – Total	3 828					

* średnia kusaków na 1 pułapkę – mean rove beetles per 1 trap

** T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced

*** brak różnic istotnych – no significant differences

W dynamice odłowów Arthropoda prowadzonych w Makowicach w okresie wiosenno-letnim 2004 r., w czterech terminach (na pięć łącznie), liczebność kusakowatych była istotnie wyższa na stanowisku uprawianym w sposób uproszczony w porównaniu do uprawy tradycyjnej (rys. 28). Najwięcej Staphylinidae występowało w obu kombinacjach 14 czerwca (w uprawie uproszczonej średnio 49,5 chrząszczy/pułapkę, w tradycyjnej – 39,5).

Okres wiosenno-letni 2005. W kolejnym roku badań, tj. 2005, odłowiono w sumie 1 316 kusakowatych (tab. 36). W przypadku uprawy uproszczonej wykazano 711 chrząszczy z tej rodziny, natomiast w uprawie tradycyjnej 605. Również nie stwierdzono istotnych różnic w liczebności Staphylinidae pomiędzy dwoma badanymi kombinacjami ($P < 0,46$, $df=1$, $F=0,53$).



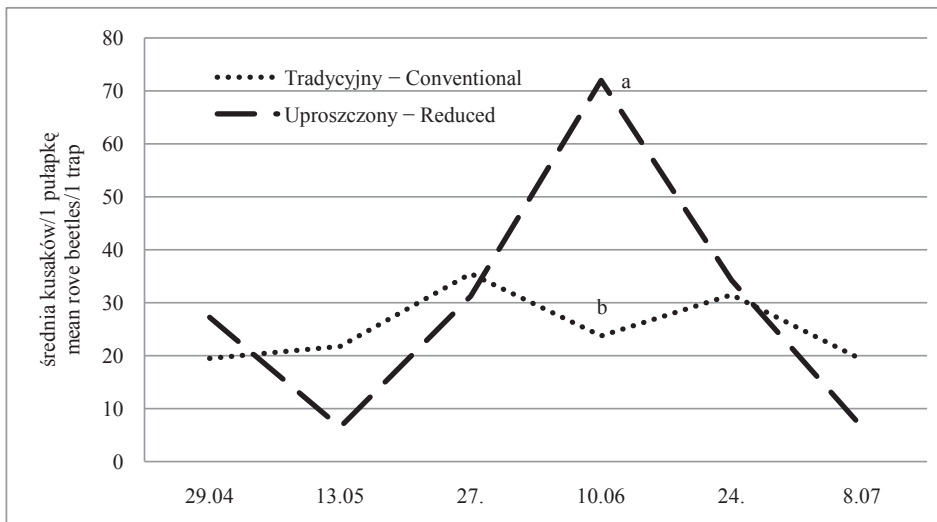
* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 28. Dynamika występowania kusakowatych w Makowicach w 2004 roku
Fig. 28. Seasonal dynamics of rove beetles at Makowice in 2004

W dynamice występowania omawianych owadów w 2005 r., w jednym terminie (10 czerwca), stwierdzono istotnie więcej Staphylinidae w uprawie uproszczonej (średnio 72/ pułapkę) w porównaniu do uprawy tradycyjnej (średnio 23,7/pułapkę) (rys. 29). W pozostałych terminach liczebność kusaków była znacznie mniejsza i nie różniła się istotnie między kombinacjami. W trzech terminach (na sześć łącznie) badane chrząszcze były liczniejsze w kombinacji tradycyjnej i w trzech w kombinacji z uprawą uproszczoną.

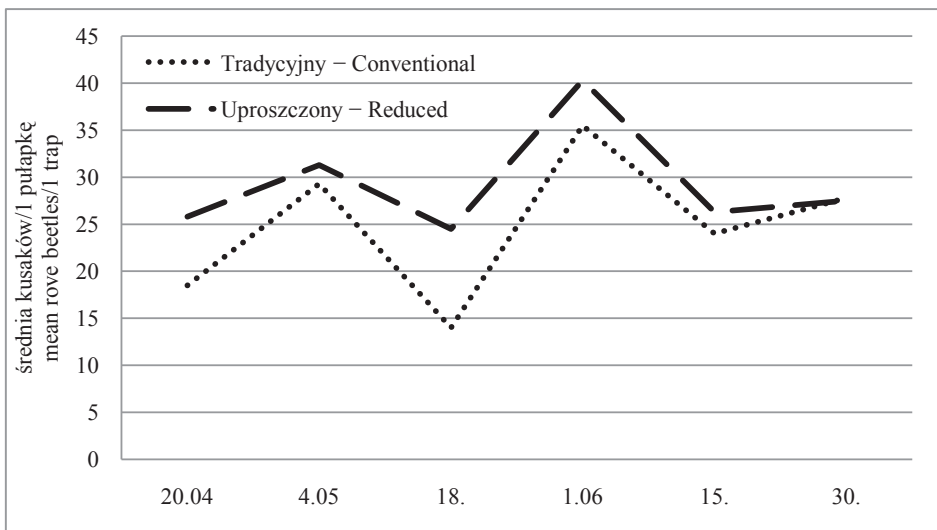
Okres wiosenno-letni 2006. W ostatnim roku prowadzenia doświadczenia w Makowicach (2006), w pułapkach Barbera stwierdzono 1 296 chrząszczy Staphylinidae (tab. 36). Podobnie jak w dwóch poprzedzających latach ponownie więcej tych owadów występowało w uprawie uproszczonej (702) w porównaniu do uprawy tradycyjnej (594), analiza wariancji nie wykazała jednak istotnych różnic ($P < 0,06$, $df = 1$, $F = 0,03$).

W dynamice występowania kusakowatych w ostatnim 2006 r. różnic istotnych w poszczególnych terminach odłowów nie stwierdzono (rys. 30). W każdym jednak terminie odłowów więcej kusakowatych notowano w przypadku uprawy uproszczonej. Najwięcej chrząszczy odnotowano w obu kombinacjach 1 czerwca (w uproszczonej 40,3, tradycyjnej 35,5).



* wartości średnich odłowów oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 29. Dynamika występowania kusakowatych w Makowicach w 2005 roku
 Fig. 29. Seasonal dynamics of rove beetles at Makowice in 2005



Rys. 30. Dynamika występowania kusakowatych w Makowicach w 2006 roku
 Fig. 30. Seasonal dynamics of rove beetles at Makowice in 2006

5.2.3. Liczebność i dynamika występowania pająków – Araneae

We wszystkich latach badań prowadzonych w Makowicach w okresie wiosenno-letnim odłowiono 3 930 pająków (tab. 37).

Okres wiosenno-letni 2004. W sumie, w pierwszym roku badań, tj. 2004, odłowiono 1 420 pająków (tab. 37). Nieznacznie więcej Araneae oznaczono w przypadku kombinacji z uprawą uproszczoną (715) w porównaniu do tradycyjnej (705). Nie wykazano istotnych różnic w liczebności tej grupy stawonogów pomiędzy badanymi kombinacjami ($P < 0,91$, $df=1$, $F=0,11$).

Tabela 37

Table 37

Ogólna liczebność pająków odłowionych w Makowicach do pułapek Barbera
Total number of epigeic spiders caught at Makowice to pitfall traps

Sezon – Season	Okres wiosenno-letni – Spring-summer time					
	2004		2005		2006	
Lata – Years	T**	U	T	U	T	U
Kombinacja – Treatment	T**	U	T	U	T	U
Suma w kombinacjach Total in treatments	705	715	646	721	542	601
Średnia – Mean*	35,3***	35,8	26,9	30,0	22,6	24,0
Suma w latach – Total in years	1 420		1 367		1 143	
Łącznie – Total	3 930					

* średnia kusaków na 1 pułapkę – mean rove beetles per 1 trap

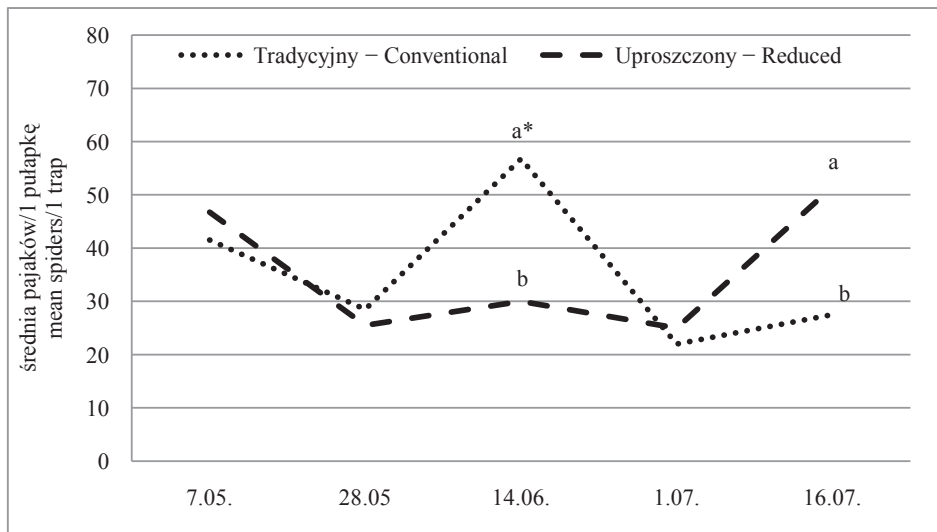
** T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced

*** brak różnic istotnych – no significant differences

W dynamice występowania pająków w okresie wiosenno-letnim 2004 r., w jednym terminie (14 czerwca), wykazano istotnie więcej Araneae w uprawie tradycyjnej (średnio 56,8/pułapkę) w porównaniu do uprawy uproszczonej (średnio 30) (rys. 31). Odwrotną sytuację stwierdzono w ostatnim terminie odłowów (16 lipca). Liczebność Araneae była wówczas istotnie większa w kombinacji z uprawą uproszczoną (51,5) w stosunku do tradycyjnej (27,5).

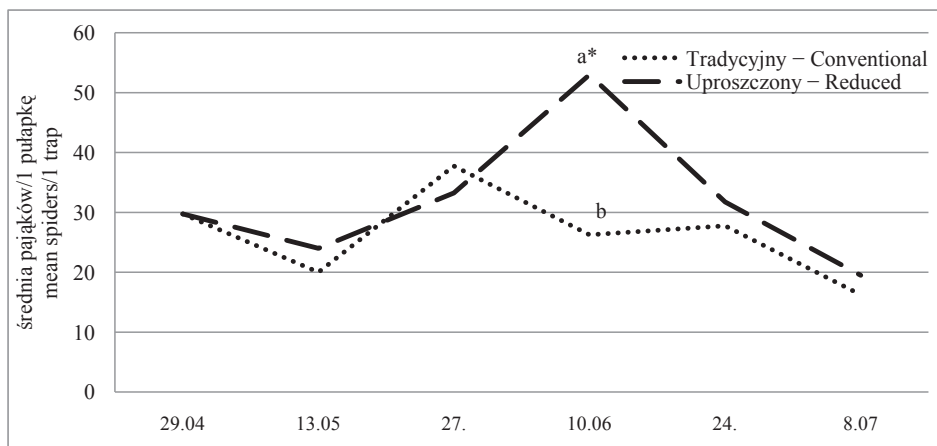
Okres wiosenno-letni 2005. W 2005 r., łącznie, do pułapek Barbera w ciągu całego sezonu odłowiono 1 367 pająków (tab. 37). W przypadku uprawy uproszczonej wykazano 721 tych stawonogów, natomiast w uprawie tradycyjnej – 646. Podobnie jak w roku ubiegłym również w tym przypadku nie stwierdzono istotnych różnic w liczebności Araneae pomiędzy dwoma badanymi kombinacjami ($P < 0,81$, $df=1$, $F=0,06$).

W 2005 r., w dynamice występowania pająków, w jednym terminie (10 czerwca) na 6 łącznie stwierdzono istotnie więcej tych stawonogów w uprawie uproszczonej (średnio 53/pułapkę) w porównaniu do uprawy tradycyjnej (średnio 26,3/pułapkę) (rys. 32). W większości terminów odławiano więcej pająków w przypadku stosowania uproszczeń w uprawie roli.



* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 31. Dynamika występowania pajaków w Makowicach w 2004 roku
 Fig. 31. Seasonal dynamics of spiders in Makowice in 2004

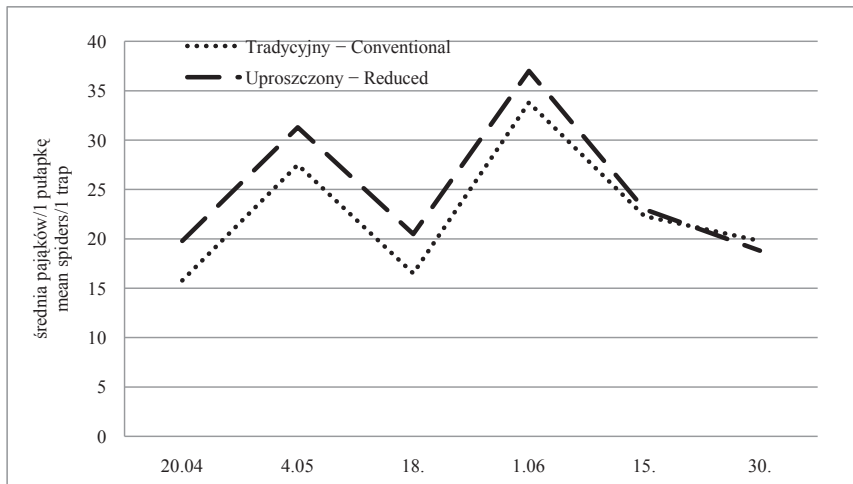


* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different, small letters differ significantly

Rys. 32. Dynamika występowania pajaków w Makowicach w 2005 roku
 Fig. 32. Seasonal dynamics of spiders at Makowice in 2005

Okres wiosenno-letni 2006. W trzecim roku badań (2006) odłowiono w sumie 1 143 pająków (tab. 37). Podobnie jak w latach poprzednich nieznacznie więcej tych stonogów wykazano w uprawie uproszczonej (601) w porównaniu do tradycyjnej (542). Również nie stwierdzono istotnych różnic między badanymi kombinacjami ($P < 0,06$, $df=1$, $F=0,12$).

W ostatnim 2006 r. badań nie stwierdzono istotnych różnic w liczbie pająków w dwóch kombinacjach doświadczenia (rys. 33). Przez cały jednak sezon wiosenno-letni stonogi te występowały liczniej na plantacji uprawianej metodą uproszczoną. W dwóch terminach (4 maja oraz 1 czerwca) obserwowano największą liczbę pająków w obu kombinacjach.



Rys. 33. Dynamika występowania pająków w Makowicach w 2006 roku
Fig. 33. Seasonal dynamics of spiders at Makowice in 2006

5.3. Ogólna liczebność skoczogonków – Collembola w próbach gleby ze Swojca

W sumie, we wszystkich latach badań na Swojcu, we wszystkich kombinacjach doświadczenia oznaczono 3 926 skoczogonków pobranych z prób glebowych w okresie jesiennym oraz 4 539 w okresie wiosennym (tab. 38). W ciągu czterech lat badań jesienią najwięcej skoczogonków pozyskano z gleby uprawianej w systemie zerowym (1 672), mniej w przypadku uprawy uproszczonej (1 486), a najmniej w uprawie tradycyjnej, zaledwie 768 osobników. Również w przypadku okresu wiosennego zdecydowanie najwięcej Collembola występowało w uprawie zerowej – 2 146, mniej w uprawie uproszczonej – 1 682, a najmniej w tradycyjnej – 711. Szczegółowa analiza występowania skoczogonków w latach badań podana jest w dalszych podrozdziałach.

Tabela 38

Table 38

Liczebność skoczogonków w trzech systemach uprawy roli na Swojcu w latach 2003–2007
Springtails abundance in three tillage systems at Swojec in 2003–2007

System uprawy Tillage system	Tradycyjny Conventional					Uproszczony Reduced					Zerowy No-tillage				
Lata Years	'03	'04	'05	'06	'07	'03	'04	'05	'06	'07	'03	'04	'05	'06	'07
Okres jesienny – Autumn time															
Suma Total	144	209	136	152		284	504	223	352		645	491	187	291	
Średnia Mean*	6b**	8,7b	11,3	12,6b		11,8b	21a	16,6	29,3a		26,9a	20,5a	15,6	24,3a	
Σ z kombinacji Total in treatments	768					1 486					1 672				
Σ skoczogonków Σ spring-tails	3 926														
Okres wiosenny – Spring time															
Suma Total		258	221	96	84		1 126	219	92	174		1 689	272	123	62
Średnia Mean*		10,8c**	18,4	8	7b		46,9a	18,3	7,7	14,5a		70,4a	22,6	10,3	5,1b
Σ z kombinacji Total in treatments	711					1 682					2 146				
Σ skoczogonków Σ spring-tails	4 539														

* średnia z 24 prób (2003–2004) bądź średnia z 12 prób (2005–2007) – mean from 24 samples (2003–2004) or mean from 12 samples (2005–2007)

** istotne różnice w liczbie skoczogonków między kombinacjami w latach badań – significant differences in number of springtails between treatments in years of the study

Sezon 2003/2004 – okres jesienny. W okresie jesiennym 2003 r., łącznie w dwóch terminach pobierania prób glebowych, oznaczono 1 073 skoczogonków, w tym 645 w uprawie zerowej, 284 w uproszczonej oraz 144 w tradycyjnej (tab. 38). Średnia liczebność *Collembola* w glebie w kombinacji z siewem bezpośrednim (26,9 sztuk/24 próby gleby) była istotnie większa niż średnia w uprawie uproszczonej (11,8), a także tradycyjnej (średnio 6 osobników). W omawianym okresie nie identyfikowano skoczogonków do gatunku.

Sezon 2003/2004 – okres wiosenny. W sumie, w próbach gleby pobranych w dwóch terminach wiosną 2004 r. stwierdzono występowanie 2 851 skoczogonków (tab. 39). Najwięcej występowało ich w uprawie zerowej – 1 689, mniej w uproszczonej – 1 126 i zdecydowanie najmniej w tradycyjnej – 258. Analiza wariancji wykazała istotne różnice zarówno pomiędzy średnią liczbą *Collembola* w uprawie zerowej (70,4/24 próby) w porównaniu do uproszczonej (46,9) i tradycyjnej (10,8), jak i pomiędzy uprawą uproszczoną a tradycyjną.

Tabela 39
Table 39

Skład gatunkowy skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2004
Species composition of springtails at Swojec in spring time 2004

Gatunki Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczonej Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Hypogastrura assimilis</i> Krausbauer	42	16,3	574	51,0	481	28,5	1 055
<i>Ceratophysella succinea</i> (Gisin)	4	1,6	141	12,5	665	39,4	806
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek	108	41,9	184	16,3	169	10,0	353
<i>Mesaphorura critica</i> Ellis	6	2,3	72	6,4	79	4,7	151
<i>Willemia intermedia</i> M. sensu Mills	41	15,9	52	4,6	79	4,7	131
<i>Mesaphorura florum</i> Simon, Ruiz, Martin & Lucianez	39	15,1	49	4,4	57	3,4	106
<i>Isotomiella minor</i> Schaffer	5	1,9	8	0,7	29	1,7	37
<i>Entomobyra marginata</i> (Tullberg.)	1	0,4	9	0,8	26	1,5	35
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet	1	0,4	7	0,6	28	1,7	35
<i>Isotomodes productus</i> Axelson	1	0,4	15	1,3	10	0,6	25
<i>Parisetoma notabilis</i> (Schaffer)	7	2,7	3	0,3	17	1,0	20
<i>Folsomia manolachei</i> (Bagnall)					18	1,1	18
<i>Sminthurus viridis</i> (Linnaeus)			2	0,2	13	0,8	15
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg)					9	0,5	9
<i>Bourletiella arvalis</i> (Fitch)			6	0,5	1	0,1	7

Tabela 39 cd.
Table 39 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Pseudachorutes subcrassus</i> Tullberg	1	0,4			4	0,2	4
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg	1	0,4	1	0,1	1	0,1	2
<i>Micranurida pygmaea</i> Börner	1	0,4			2	0,1	2
<i>Folsomia candida</i> (Willem)			2	0,2			2
<i>Frisea truncata</i> Cassagnau			1	0,1			1
<i>Orchesella cincta</i> (Linnaeus)					1	0,1	1
Suma – Total	258c***	100	1 126b	100	1 689a	100	2 851
Liczba gatunków – No. species	14		16		19		21

* liczba skoczogonków – no.springtails

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters differ significantly

W sumie oznaczono 21 gatunków Collembola. Najwięcej gatunków wykazano w uprawie zerowej (19), a najmniej w tradycyjnej (14) (tab. 39). Wykazano dużą zmienność gatunków dominujących w zależności od typu uprawy roli. W uprawie tradycyjnej najliczniejszym był *Mesophorura macrochaeta*, w uproszczonej *Hypogastrura assimilis*, natomiast w zerowej *Ceratophysella succinea*. Do eudominantów w każdej kombinacji należał *H. assimilis* (łącznie 1 055 osobników). Szczególnie licznie gatunek ten występował w uprawie uproszczonej (51%), w zerowej jego liczebność wynosiła 28,5%, natomiast w tradycyjnej tylko 16,3%. Mniej licznie występowały *Ceratophysella succinea* (806) (eudominant w uprawie zerowej i uproszczonej) oraz *M. macrochaeta* (353). *M. macrochaeta* był zdecydowanie najliczniejszym gatunkiem w uprawie tradycyjnej, który stanowił 41,9% wszystkich skoczogonków. W uprawie uproszczonej (16,3%) oraz zerowej (10%) liczebność tego gatunku była znacznie niższa. W wypłoszonym w aparatach Tullgrena materiale oznaczono łącznie 12 gatunków występujących w każdym wariancie doświadczenia (tab. 40) Wartość wskaźnika różnorodności gatunkowej Simpsona najwyższa była w uprawie tradycyjnej (0,77), nieznacznie niższa w zerowej (0,75) oraz najniższa w uproszczonej (0,69). W przypadku wskaźnika Shannona–Weavera najwyższą wartość obliczono dla stanowiska z siewem bezpośrednim ($H' = 1,78$), w uprawie tradycyjnej $H' = 1,69$, natomiast w uproszczonej wskaźnik H' był najniższy i wynosił 1,6. Równomierność rozkładu częstości gatunków Pielou skoczogonków w trzech kombinacjach doświadczenia była do siebie podobna (od 0,58 w uproszczonej do 0,64 w tradycyjnej). Według wskaźnika Sorensena największe podobieństwo zgrupowań Collembola stwierdzono między uprawą uproszczoną i zerową (0,71), a najmniejsze między zerową a tradycyjną (0,27).

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2004
Ecological characteristic of springtails assemblages at Swojec in spring time 2004

	Okres wiosenny – Spring time		
	T*	U	Z
Suma – Total	258	1 126	1 689
Liczba prób – No. samples	24		
Liczba gatunków – No. species	14	16	19
Gatunki wspólne – Common species		12	
Wskaźnik Simpson – Index D	0,77	0,69	0,75
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	1,69	1,60	1,78
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,64	0,58	0,61
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's			
T	1	0,36	0,27
U	0,36	1	0,71
Z	0,27	0,71	1

* T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

Sezon 2004/2005 – okres jesienny. W okresie jesiennym, w drugim sezonie badań, łącznie w dwóch terminach pobierania prób glebowych, w aparatach Tullgrena wypłuszono 1 204 skoczogonków, w tym najwięcej w uprawie uproszczonej – 504, nieznacznie mniej, bo 491 w uprawie zerowej oraz najmniej – 209, w tradycyjnej (tab. 38). Średnia liczebność Collembola w glebie w kombinacji z uprawą uproszczoną (21 sztuk/24 próby gleby) oraz w siewie bezpośrednim (średnio 20,5 osobników) była istotnie większa niż średnia w uprawie tradycyjnej (średnio 8,7 skoczogonków). W omawianym okresie nie identyfikowano skoczogonków do gatunku.

Sezon 2004/2005 – okres wiosenny. W sumie, w próbach gleby pobranych w dwóch terminach wiosną 2005 r., na plantacji pszenicy ozimej stwierdzono występowanie 712 skoczogonków (tab. 41). Liczebność Collembola w poszczególnych kombinacjach doświadczenia nie różniła się istotnie. Najwięcej tych stawonogów stwierdzono w uprawie zerowej – 272, mniej w tradycyjnej – 221 osobników i najmniej w uproszczonej – 219.

W sumie oznaczono 26 gatunków Collembola (tab. 41). Najwięcej gatunków wykazano w uprawie zerowej (18), mniej w uproszczonej (17), a najmniej w tradycyjnej (16). Najliczniejszym gatunkiem w każdej kombinacji zdecydowanie był *Mesaphorura macrochaeta* (łącznie oznaczono 307 sztuk). W uprawie tradycyjnej gatunek ten stanowił 40,7% wszystkich zebranych Collembola, w uproszczonej 47,5%, natomiast w zerowej – 43,2%. Mniej licznie występował *Isotoma viridis*, w sumie stwierdzono 125 osobników tego gatunku (87 osobników w systemie zerowym). Oba te gatunki stanowiły 61,5% wszystkich skoczogonków. W uprawie tradycyjnej do eudominantów zaliczono również

Parisotoma notabilis, który stanowił na tym stanowisku 12,7% zebranych Collembola. Dziesięć gatunków występowało w każdej kombinacji doświadczenia (tab. 42). Różnice w różnorodności gatunkowej skoczogonków między kombinacjami doświadczenia nie były znaczące. Zarówno wartości wskaźnika różnorodności gatunkowej Simpsona (0,86), jak i Shanonna–Weavera (2,69) były wyższe w przypadku uprawy zerowej w porównaniu do obu pozostałych kombinacji. Najniższe wartości tych indeksów odnotowano dla uprawy uproszczonej ($D=0,75$ i $H'=1,98$). Największą wartość wskaźnika Pielou uzyskano w przypadku uprawy tradycyjnej (0,73), a najmniejszą w siewie bezpośrednim (0,59) Wartości podobieństwa faunistycznego Sørensen'a między kombinacjami różniły się nieznacznie (od 0,67 między uprawą uproszczoną a tradycyjną do 0,77 między uprawą uproszczoną a zerową).

Tabela 41
Table 41

Skład gatunkowy skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2005
Species composition of springtails at Swojec in spring 2005

Gatunki Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	90	40,7	104	47,5	113	43,2	307
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839	20	9,0	18	8,2	87	29,5	125
<i>Parisotoma notabilis</i> (Shaffer, 1896)	28	12,7	10	4,6	5	1,9	43
<i>Isostomodes productus</i> Axelson, 1906	8	3,6	12	5,5	21	8,1	41
<i>Mesaphorura florum</i> Simón, Ruiz, Martin & Lucianez, 1994	18	8,1	13	5,9	7	2,7	38
<i>Stenaphorurella lubbocki</i> (Bagnall, 1935)	13	5,9	11	5	2	0,8	26
<i>Ceratophysella succinea</i> (Gissin, 1949)	15	6,8	3	1,4	7	2,7	25
<i>Willemia intermedia</i> Mills, 1934	6	2,7	16	7,3	3	1,1	25
<i>Sminthurus aureus</i> (Lubbock, 1862)			12	5,5	2	0,8	14
<i>Sminthurus viridis</i> (Linnaeus, 1758)	2	0,9	1	0,5	11	4,2	14
<i>Stenacidia violacea</i> (Reuter, 1881)			7	3,2	2	0,8	9
<i>Frisea truncata</i> Cassagnau, 1958					1	0,4	8
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1971	2	0,9	2	0,9	3	1,1	7
<i>Folsomia fimetaria</i> (Linnaeus, 1758)	5	2,3					5
<i>Hypogastrura assimilis</i> Krausbauer, 1898			1	0,5	3	1,1	4
<i>Arrhopalites coecus</i> (Tullberg, 1871)	3	1,4					3
<i>Folsomia quadrioculata</i> (Tullberg, 1971)	3	1,4					3

Tabela 41 cd.
Table 41 cont.

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Isotomiella minor</i> Shaffer, 1896	1	0,5	2	0,9			3
<i>Mesaphorura critica</i> Ellis 1976	3	1,4					3
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnall, 1939	2	0,9					2
<i>Orchistella</i> spp.			1	0,5	1	0,4	2
<i>Anurida ellipsodes</i> Stach, 1949					1	0,4	1
<i>Entomobrya marginata</i> (Tullberg, 1971)			1	0,5			1
<i>Frisea afrucata</i> Denis, 1927					1	0,4	1
<i>Heteromurus nitidus</i> Tempelton, 1835			1	0,5		0,4	1
<i>Willowsia buski</i> (Lubbock, 1869)					1		1
Suma – Total	221***	100	219	100	272	100	712
Liczba gatunków – No. species	16		17		18		26

* liczba skoczogonków – no.springtails

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak różnic istotnych – no significant differences

Tabela 42
Table 42

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2005
Ecological characteristic of springtails assemblages at Swojec in spring time 2005

	Okres wiosenny – Spring time		
	T*	U	Z
Suma – Total	221	219	272
Liczba prób – No. samples	24		
Liczba gatunków – No. species	17	18	18
Gatunki wspólne – Common species	10		
Wskaźnik Simpson – Index D	0,79	0,75	0,86
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	2,07	1,98	2,69
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,73	0,68	0,59
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's			
T	1	0,67	0,70
U	0,67	1	0,77
Z	0,70	0,77	1

* T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

Sezon 2005/2006 – okres jesienny. Łącznie, w próbach gleby pobranych w dwóch terminach jesienią 2005 r., stwierdzono występowanie 546 skoczogonków (tab. 43). Nie wykazano istotnych różnic w liczebności badanych sześciogonów w poszczególnych kombinacjach doświadczenia. Najwięcej Collembola odnotowano w uprawie uproszczonej – 223, mniej w zerowej – 187 i najmniej w tradycyjnej – 136.

Tabela 43 Table 43

Skład gatunkowy skoczogonków na Swojcu w okresie jesiennym 2005
Species composition of springtails at Swojec in autumn 2005

Gatunki Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczonej Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
<i>Micranurida pigmaea</i> Börner	68	50,1	132	59,4	97	51,9	297
<i>Pogonognathellus longicornis</i> (Muller)	42	30,9	19	8,6	14	7,6	75
<i>Isotomiella minor</i> Shaffer	2	1,5	13	5,8	18	9,7	33
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg	2	1,5	14	6,3	11	5,9	27
<i>Mesaphorura critica</i> Ellis	1	0,7	5	2,2	18	9,6	24
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek	3	2,2	6	2,7	8	4,3	17
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet	3	2,2	9	4	2	1,1	14
<i>Heteromurus nitidus</i> Tempelton	3	2,2	4	1,8	4	2,1	11
<i>Willemia intermedia</i> Mills	3	2,2	4	1,8	1	0,5	8
<i>Folsomia manolachei</i> Bagnall	4	2,9	2	0,9			6
<i>Mesaphorura florum</i> Simón, Ruiz, Martin & Lucianez			4	1,8	2	1,1	6
<i>Orchesella villosa</i> (Geoffroy)			2	0,9	4	2,1	6
<i>Pseudosinella immaculata</i> (Lie-Pettersen)	1	0,7			3	1,6	4
<i>Folsomia fimetaria</i> (Linnaeus)			2	0,9	1	0,5	3
<i>Entomobrya marginata</i> (Tullberg)	2	1,5					2
<i>Folsomia candida</i> (Willem)			1	0,4	1	0,5	2
<i>Isostomodes productus</i> Axelson	1	0,7	1	0,4			2
<i>Parisotoma notabilis</i> (Shaffer)			2	0,9			2
<i>Stenacidia violacea</i> (Reuter)			1	0,4	1	0,5	2
<i>Frisea afrucata</i> Denis			1	0,4			1
<i>Neanura muscorum</i> (Tempelton)	1	0,7					1
<i>Simithurtus aureus</i> (Lubbock)			1	0,4			1
<i>Simithurtus elegans</i> (Fitch)					1	0,5	1
<i>Willowsia buski</i> (Lubbock)					1	0,5	1
Suma – Total	136***	100	223	100	187	100	546
Liczba gatunków – No. species	14		19		17		24

* liczba skoczogonków – no.springtails, ** wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak różnic istotnych – no significant differences

W sumie oznaczono 24 gatunki skoczogonków (tab. 43). Najwięcej gatunków wykazano w uprawie uproszczonej (19), mniej w zerowej (17), a najmniej w tradycyjnej (14). Skład gatunkowy Collembola znacznie różnił się od składu gatunkowego w okresie wiosennym. Eudominantem na każdym stanowisku badawczym był *Micranurida pigmaea* (wszędzie jego liczebność przekraczała 50%). Łącznie z gleby wypłoszono 297 osobników tego gatunku. W uprawie uproszczonej stwierdzono 59,2% *M. pigmaea*, w zerowej 51,9%, natomiast w tradycyjnej 50%. Mniej licznie występował *Pogonognathellus longicornis* – łącznie 75 osobników (w uprawie tradycyjnej 30,9%, wyraźnie mniej w uproszczonej – 8,5% i zerowej – 7,5%). Do dominantów w uprawie zerowej i uproszczonej zaliczono *Isotomiella minor* i *Lepidocyrtus cyaneus*, oraz *Mesaphorura critica* (tylko w zerowej). Dziesięć gatunków występowało w każdej kombinacji doświadczenia (tab. 44). Zarówno wartości wskaźnika różnorodności gatunkowej Simpsona (0,70), jak i Shannona–Weavera (1,67) były wyższe w przypadku uprawy zerowej w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (uprawa uproszczona $D=0,63$, $H'=1,58$, uprawa tradycyjna $D=0,65$, $H'=1,40$). Wartości wskaźnika Pielou były na zbliżonym poziomie w każdej kombinacji i wynosiły od 0,52 w tradycyjnej do 0,59 w zerowej. Wartości podobieństwa faunistycznego Sørensen'a między kombinacjami różniły się nieznacznie (od 0,67 między uproszczoną a tradycyjną do 0,73 między uproszczoną a zerową).

Tabela 44

Table 44

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań skoczogonków na Swojcu w okresie jesiennym 2005
Ecological characteristic of springtails assemblages at Swojec in autumn time 2005

	Okres wiosenny – Spring time		
	T*	U	Z
Suma – Total	136	223	187
Liczba prób – No. samples	24		
Liczba gatunków – No. species	15	19	17
Gatunki wspólne – Common species	10		
Wskaźnik Simpson – Index D	0,65	0,63	0,70
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	1,40	1,58	1,67
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,52	0,54	0,59
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's			
T	1	0,67	0,69
U	0,67	1	0,73
Z	0,69	0,73	1

* T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

Sezon 2005/2006 – okres wiosenny. W sumie, w próbach gleby pobranych w dwóch terminach wiosną 2006 r., stwierdzono występowanie 327 skoczogonków (tab. 45). W analizie wariancji nie wykazano istotnych różnic w liczebności Collembola w poszczególnych kombinacjach doświadczenia. Najwięcej tych stawonogów

odnotowano w uprawie zerowej – 138, mniej w tradycyjnej – 97 i najmniej w uproszczonej – 92. Liczba skoczogonków w próbach gleby pobranych w omawianym roku była relatywnie niska w porównaniu do pozostałych sezonów badawczych.

Tabela 45

Table 45

Skład gatunkowy skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2006

Species composition of springtails at Swojec in spring time 2006

Gatunki Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczonej Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	30	31,2	37	40,1	63	45,6	130
<i>Mesaphorura florum</i> Simón, Ruiz, Martin & Lucíañez, 1994	22	22,5	27	29,2	14	10,1	63
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839	12	12,4	7	7,5	24	17,4	43
<i>Hypogastrura assimilis</i> Krausbauer, 1898	2	2,1			18	13,0	20
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	9	9,2	2	2,2			11
<i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1896	5	5,1	2	2,2	2	1,5	9
<i>Folsomia fimetaria</i> (Linnaeus, 1758)	2	2,1	4	4,2			6
<i>Frisea truncata</i> Cassagnau, 1958	3	3,1	2	2,2	1	0,7	6
<i>Stenaphorulella quadrispina</i> (Börner, 1901)	4	4,1	2	2,2			6
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871	1	1	1	1,1	4	2,9	6
<i>Isotomodes productus</i> Axelson, 1906	1	1	1	1,1	3	2,2	5
<i>Willemia intermedia</i> Mills, 1934	1	1	1	1,1	3	2,2	5
<i>Ceratophysella succinea</i> (Gisin, 1949)	1	1			2	1,5	3
<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)			1	1,1	2	1,5	3
<i>Pseudosinella immaculata</i> (Lie-Pettersen, 1896)	1	1,1	1	1,4			2
<i>Stenacidia violacea</i> (Reuter, 1881)	2	2,1					2
<i>Orchesella cincta</i> (Linnaeus, 1758)			1	1,1	1	0,7	2
<i>Stenaphorulella lubbocki</i> (Bagnall, 1935)			2	2,2			2
<i>Proisotoma minima</i> (Absolon, 1901)	1	1					1
<i>Arrhopalites coecus</i> (Tullberg, 1871)			1	1,1			1
<i>Pseudosinella alba</i> (Packard, 1873)					1	0,7	1
Suma – Total	97***	100	92	100	138	100	327
Liczba gatunków – No. species	16		17		14		21

* liczba skoczogonków – no.springtails

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** brak różnic istotnych – no significant differences

Łącznie oznaczono 21 gatunków Collembola (tab. 45). Najwięcej wykazano ich w uprawie uproszczonej i tradycyjnej (po 16), a najmniej w zerowej (13). Do zdecydowanych eudominantów w każdej kombinacji należał *Mesaphorura macrochaeta* (w sumie oznaczono 130 osobników). W uprawie zerowej gatunek ten stanowił aż 45,6% wszystkich skoczogonków, w uproszczonej – 40,1%, natomiast w tradycyjnej – 31,2%. Mniej licznie występował *M. florum* (łącznie 63 osobniki), który w każdej kombinacji również był eudominantem. Do tej grupy dominacji zaliczono także: *Isotoma viridis* (w tradycyjnej i zerowej) oraz *Hypogastrura assimilis* (tylko w zerowej). Osiem gatunków występowało w każdej kombinacji doświadczenia (tab. 46). Wskaźnik różnorodności gatunkowej Simpsona najwyższy był w kombinacji z uprawą zerową (0,87), natomiast najniższy w uprawie uproszczonej (0,74). W przypadku indeksu Shanonna–Weavera w uprawie tradycyjnej wartość tego wskaźnika była największa i wynosiła 2,06, natomiast w uproszczonej najmniejsza – 1,82. Wartości indeksu Pielou wynosiły od 0,66 w uprawie uproszczonej do 0,76 w tradycyjnej. Wartości podobieństwa faunistycznego Sørensen'a między kombinacjami wynosiły od 0,57 (między uproszczoną i zerową) do 0,77 (między uproszczoną i tradycyjną).

Tabela 46

Table 46

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2006
Ecological characteristic of springtails assemblages at Swojec in spring time 2006

	Okres wiosenny – Spring time		
	T*	U	Z
Suma – Total	96	92	72
Liczba prób – No. samples	12		
Liczba gatunków – No. species	15	16	13
Gatunki wspólne – Common species	8		
Wskaźnik Simpson – Index D	0,82	0,74	0,87
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	2,06	1,82	1,84
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,76	0,66	0,72
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's			
T	1	0,77	0,60
U	0,77	1	0,57
Z	0,60	0,57	1

* T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

Sezon 2006/2007 – okres jesienny. W okresie jesiennym, w ostatnim, czwartym sezonie badań, łącznie w dwóch terminach pobierania prób glebowych, w aparatach Tullgre-na wypłószono 795 skoczogonków, w tym najwięcej z gleby w kombinacji z uprawą uproszczoną – 352, mniej, bo 291 w uprawie zerowej oraz najmniej – 152 osobniki

w uprawie tradycyjnej (tab. 38). Średnia liczebność Collembola w glebie w kombinacji z uprawą uproszczoną (29,3 sztuk/12 prób gleby) oraz w siewie bezpośrednim (średnio 24,3 osobników) była istotnie większa niż średnia w uprawie tradycyjnej (średnio 12,6 skoczogonków). W omawianym okresie nie identyfikowano skoczogonków do gatunku.

Sezon 2006/2007 – okres wiosenny. W sumie, w próbach gleby pobranych w dwóch terminach wiosną 2007 r., stwierdzono występowanie 320 skoczogonków (tab. 47). Liczba omawianych stawonogów w uprawie uproszczonej (174 osobniki) była istotnie większa zarówno w porównaniu do uprawy tradycyjnej (84 osobniki), jak i zerowej (62 osobniki). Niewielka liczebność skoczogonków w badanym okresie, wynikała głównie z okresu suszy w kwietniu oraz niższych temperatur w porównaniu do średniej temperatury wieloletniej.

W sumie oznaczono 20 gatunków Collembola (tab. 47). Najwięcej wykazano ich w uprawie uproszczonej oraz zerowej (po 14), a najmniej w tradycyjnej – 13. Najliczniejszym gatunkiem był *Parisetoma notabilis* (łącznie oznaczono 103 osobniki). W poszczególnych kombinacjach dominowały różne gatunki. W uprawie tradycyjnej eudominantami były: *Isotomiella minor* (30,2%), *P. notabilis* (21,6%) oraz *Mesaphorura macrochaeta* (15,6%). W uprawie uproszczonej zdecydowanie najczęściej oznaczono *P. notabilis* (44,8%). Do eudominantów w tej kombinacji zaliczono również *M. macrochaeta* (17,8%), *I. minor* (15,5%) oraz *Isotoma viridis* (10,3%). W przypadku siewu bezpośredniego eudominantami były: *I. viridis* i *Stenacidia violacea* (po 21%), *M. macrochaeta* (13%) oraz *P. notabilis* i *I. minor* (po 11,3%). Siedem gatunków występowało w każdej kombinacji doświadczenia (tab. 48). Oba wskaźniki różnorodności gatunkowej Simpsona (0,86) oraz Shanonna–Weavera (2,16) były najwyższe w kombinacji z uprawą zerową, a najniższe w uprawie uproszczonej ($D=0,73$ i $H'=1,67$). Podobne relacje odnotowano w analizie indeksu równomierności rozkładu częstości gatunków Pielou. Najwyższą wartość stwierdzono w przypadku siewu bezpośredniego (0,82), a najniższą w uprawie uproszczonej (0,63). Wartości podobieństwa faunistycznego Sørensenia między kombinacjami były niskie i wynosiły od 0,34 między uprawą zerową a uproszczoną do 0,53 między zgrupowaniami skoczogonków w uprawie uproszczonej i tradycyjnej.

Tabela 47
Table 47

Skład gatunkowy skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2007
Species composition of springtails at Swojec in spring time 2007

Gatunki Species	System uprawy roli – Tillage system						Razem Total
	Tradycyjny Conventional		Uproszczony Reduced		Zerowy No-tillage		
	N*	D**	N	D	N	D	
<i>Parisotoma notabilis</i> (Schäffer, 1896)	18	21,6	78	44,8	7	11,3	103
<i>Isotomiella minor</i> Schäffer, 1896	26	30,2	27	15,5	7	11,3	60
<i>Mesaphorura macrochaeta</i> Rusek, 1976	13	15,6	31	17,8	8	13	52
<i>Isotoma viridis</i> Bourlet, 1839	5	6,0	18	10,3	13	21	36
<i>Stenacidia violacea</i> (Reuter, 1881)	6	7,2	1	0,6	13	21	20
<i>Mesaphorura critica</i> Ellis, 1976	1	1,2	7	4			8
<i>Folsomia fimetaria</i> (Linnaeus, 1758)	5	6,0	1	0,6			6
<i>Mesaphorura florae</i> Simón, Ruiz, Martin & Luciáñez, 1994	1	1,2	4	2,3			5
<i>Isotomodes productus</i> Axelson, 1906	1	1,2	2	1,1	2	3,2	5
<i>Burletella arvalis</i> Fitch, 1863	3	3,7	1	0,6	1	1,6	5
<i>Hypogastrura assimilis</i> Krausbauer, 1898	1	1,2			3	4,8	4
<i>Folsomia candida</i> (Willem, 1902)	3	3,7	1	0,6			4
<i>Ceratophysella succinea</i> (Gisin, 1949)			1	0,6	1	1,6	2
<i>Frisea truncata</i> Cassagnau, 1958	1	1,2			1	1,6	2
<i>Pseudachorutes pratensis</i> Rusek, 1976					2	3,2	2
<i>Sminthurinus aureus</i> (Lubbock, 1862)					2	3,2	2
<i>Willemia intermedia</i> Mills, 1934			1	0,6			1
<i>Willowsia buski</i> (Lubbock, 1869)					1	1,6	1
<i>Lepidocyrtus cyaneus</i> Tullberg, 1871			1	0,6			1
<i>Sminthurus viridis</i> (Linnaeus, 1758)					1	1,6	1
Suma – Total	84b***	100	174a	100	62b	100	320
Liczba gatunków – No. species	13		14		14		20

* liczba skoczogonków – no.springtails

** wskaźnik dominacji – dominance index

*** wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters differ significantly

Charakterystyka ekologiczna zgrupowań skoczogonków na Swojcu w okresie wiosennym 2007
Ecological characteristic of springtails assemblages at Swojec in spring time 2007

	Okres wiosenny – Spring time		
	T*	U	Z
Suma – Total	84	174	62
Liczba prób – No. samples	12		
Liczba gatunków – No. species	13	14	14
Gatunki wspólne – Common species		7	
Wskaźnik Simpson – Index D	0,82	0,73	0,86
Wskaźnik Shannon–Weaver – Index H'	2,01	1,67	2,16
Wyrównanie gatunkowe Pielou – Index (J')	0,78	0,63	0,82
Ilościowy wskaźnik Sørensen'a – Quantity index of Sørensen's			
T	1	0,53	0,51
U	0,53	1	0,34
Z	0,51	0,34	1

* T – tradycyjny – conventional, U – uproszczony – reduced, Z – zerowy – no-tillage

5.4. Ogólna liczebność skoczogonków – Collembola w próbach gleby z Makowic

W badaniach prowadzonych na plantacji pszenicy ozimej w Makowicach, w trzech latach badań w okresie wiosennym, łącznie odnotowano 1 430 skoczogonków (tab. 49). W uprawie uproszczonej stwierdzono 837 tych stawonogów, natomiast w tradycyjnej – 593. Średnia liczebność skoczogonków w pierwszym roku badań, tj. 2004, była istotnie większa w przypadku uprawy bezpłużnej (19,2/24 próby gleby) w porównaniu do uprawy ornej (średnio 3,4). W dwóch pozostałych latach doświadczenia nie wykazano istotnych różnic między dwoma badanymi kombinacjami. Tym niemniej, liczebność skoczogonków w uprawie zerowej zawsze była wyższa w uprawie uproszczonej (2005 – średnio 13, 2006 – 13,3), aniżeli w tradycyjnej (2005 – 11,9, 2006 – 9,4). Skoczogonków pobranych w doświadczeniu w Makowicach nie identyfikowano do gatunku.

Tabela 49
Table 49

Liczebność skoczogonków w dwóch systemach uprawy roli w w Makowicach
Springtails abundance in two tillage systems in years of the study at Makowice

System uprawy Tillage system	Tradycyjny – Conventional			Uproszczony – Reduced		
Lata – Years	'04	'05	'06	'04	'05	'06
okres wiosenny – spring time						
Suma – Total	82	286	225	230	312	295
Średnia/24 próby Mean/24 samples	3,4 b*	11,9	9,4	19,2 a	13,0	13,3
Σ z kombinacji Total in treatments	593			837		
Σ skoczogonków Σ springtails	1 430					

* wartości średnich oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means followed by different small letters differ significantly

5.5. Ogólna liczebność roztoczy – Acari w próbach gleby ze Swojca

Sezon 2003/2004 – okres jesienny. W obu terminach pobierania prób glebowych istotnie więcej Acari oznaczono w uprawie zerowej w porównaniu do pozostałych kombinacji doświadczenia (tab. 50). W pierwszym terminie wystąpiło średnio 16 roztoczy na 24 próby gleby w uprawie zerowej, 8,8 w tradycyjnej i 7,0 w uproszczonej. W drugim terminie pobierania prób stwierdzono średnio 27,5 roztoczy w siewie bezpośrednim, 13,6 w uproszczonej i 8,4 w płuznej technologii uprawy. W przypadku poszczególnych grup roztoczy wykazano tylko jedną różnicę istotną między badanymi obiektami. W drugim terminie pobierania prób gleby, tj. 23 października, liczba Oribatida była istotnie większa w uprawie zerowej (średnio 24,6/24 próby gleby), tak w porównaniu do uprawy uproszczonej (10,5), jak i tradycyjnej (5,7). Roztocze z grup Mesostigmata, Prostigmata i Astigmata były znacznie mniej liczne i różnic statystycznych nie wykazano.

Sezon 2003/2004 – okres wiosenny. Próby glebowe na obecność roztoczy pobierano dwukrotnie w okresie wiosennym 2004 r., tj. w fazie krzewienia i początku strzelania w źdźbło pszenicy ozimej (tab. 51). Łącznie, w pierwszym terminie, istotnie więcej roztoczy stwierdzono w próbach gleby pobranych w kombinacji z uprawą uproszczoną (średnio 34,4) i zerową (24,5) w porównaniu do uprawy tradycyjnej (9,7). Podobną zależność stwierdzono w drugim terminie. Acari w uprawie zerowej (30,4) i uproszczonej (30,3) były wówczas istotnie liczniejsze aniżeli w uprawie tradycyjnej (15,3) Wśród roztoczy wypłoszonych w aparatach Tullgrena wyróżniono cztery grupy: Oribatida, Mesostigmata, Prostigmata oraz Astigmata. Najliczniejszą

grupą we wszystkich kombinacjach doświadczenia były mechowce – Oribatida. W pierwszym terminie badań istotnie więcej tych roztoczy stwierdzono w kombinacji z uprawą uproszczoną (30,4) i zerową (18,5) aniżeli w przypadku uprawy tradycyjnej (6,4). Podobną zależność w odniesieniu do Oribatida odnotowano również w drugim terminie badań. Średnia liczebność tej grupy roztoczy w uprawie uproszczonej (26,6) oraz zerowej (24,8) była istotnie większa w porównaniu do uprawy tradycyjnej (13,1). Znacznie mniej licznymi grupami Acari były Mesostigmata i Prostigmata. Średnia liczebność Mesostigmata w obu terminach badań była istotnie większa w uprawie zerowej w porównaniu do pozostałych dwóch systemów uprawy roli. W próbach gleby stwierdzono tylko pojedyncze osobniki należące do rzędu Astigmata.

Tabela 50
Table 50

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie jesiennym 2003
The number of mites at Swojec in autumn time 2003

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	52	68	12	25	42	8			106	101
	4,3	5,7b	1	2,1	3,5	0,7			8,8b	8,4b
Uproszczoney Reduced	44	126	14	36	25	1	1		84	163
	3,7	10,5b	1,2	3	2,1	0,1	0,1		7,0b	13,6b
Zerowy No-tillage	115	295	62	23	15	11		1	192	330
	9,6	24,6a	5,2	1,9	1,3	0,9		0,1	16,0a	27,5a

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (10 października) – first soil sampling (October 10th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (23 października) – second soil sampling (October 23rd)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie
means in columns followed by different small letters differ significantly

Tabela 51
Table 51

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie wiosennym 2004
The number of mites at Swojec in spring time 2004

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	154	315	47	42	19	11	13	0	233	368
	6,4b***	13,1b	2,0b	1,8ab	0,8	0,5	0,5	0,0	9,7b	15,3b
Uproszczoney Reduced	730	640	28	35	33	42	34	10	825	727
	30,4a	26,6a	1,2b	1,5b	1,4	1,8	1,4	0,4	34,4a	30,3a
Zerowy No-tillage	444	597	79	76	35	31	31	25	589	729
	18,5a	24,8a	3,3a	3,2a	1,4	1,3	1,2	1,0	24,5a	30,4a

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (20 kwietnia) – first soil sampling (April 20th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (11 maja) – second soil sampling (May 11th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie
means in columns followed by different small letters differ significantly

Sezon 2004/2005 – okres jesienny. W sumie, w okresie jesiennym 2004 r., w pierwszym terminie badań, istotnie więcej roztoczy stwierdzono w próbach gleby pobranych w kombinacji z uprawą uproszczoną (średnio 17,9/24 próby) zarówno w porównaniu do uprawy zerowej (średnio 11,5), jak i tradycyjnej (średnio 8,3) (tab. 52). Podobną zależność stwierdzono w drugim terminie. Istotnie więcej Acari odnotowano w uprawie uproszczonej (średnio 27) w stosunku do uprawy tradycyjnej (17,8) oraz zerowej (17,5). Przedstawiciele najliczniejszej grupy roztoczy – Oribatida istotnie częściej notowani byli w drugim terminie pobierania prób glebowych w uprawie uproszczonej (średnio 22,8) w porównaniu do uprawy tradycyjnej (14,4) i zerowej (13,1). W przypadku Astigmata liczebność tej grupy w uprawie uproszczonej (8,4) oraz zerowej (6,1) była istotnie większa niż w uprawie płuznej (0,3). Nie wykazano istotnych różnic w liczbie Mesostigmata oraz Prostigmata pomiędzy kombinacjami doświadczenia.

Tabela 52
Table 52

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie jesiennym 2004
The number of mites at Swojec in autumn time 2004

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	68	346	116	41	8	5	8	34	200	426
	2,8	14,4b***	4,8	1,7	0,3	0,2	0,3b	1,4	8,3b	17,8b
Uproszczony Reduced	109	548	22	66	9	7	201	27	430	648
	4,5	22,8a	0,9	2,8	0,4	0,3	8,4a	1,1	17,9a	27,0a
Zerowy No-tillage	63	314	28	64	39	29	147	14	277	421
	2,6	13,1b	1,2	2,7	1,6	1,2	6,1a	0,6	11,5b	17,5b

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (8 października) – first soil sampling (October 8th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (22 października) – second soil sampling (October 22nd)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means in columns followed by different small letters differ significantly

Sezon 2004/2005 – okres wiosenny. Próby glebowe na obecność roztoczy pobierano dwukrotnie w okresie wiosennym 2005 r., tj. w fazie krzewienia pszenicy ozimej (14 kwietnia) i początku strzelania w źdźbło (12 maja) (tab. 53). W pierwszym terminie łącznie – najwięcej roztoczy stwierdzono w próbach gleby pobranych w kombinacji z uprawą uproszczoną (średnio 15,2/12 prób gleby), mniej w zerowej (11,9), a najmniej w przypadku uprawy tradycyjnej (5,3). Średnia liczebność roztoczy stwierdzonych w uprawie uproszczonej oraz zerowej była istotnie większa w porównaniu do kombinacji z uprawą tradycyjną. Również w drugim terminie najwięcej Acari odnotowano w uprawie uproszczonej (9,1), mniej w uprawie tradycyjnej (6,4), a najmniej w uprawie zerowej (5,8). W tym przypadku nie wykazano jednak istotnych różnic w liczebności stawonogów między badanymi obiektami. Najlicz-

niejszą grupą Acari we wszystkich kombinacjach doświadczenia były Oribatida. W pierwszym terminie badań istotnie więcej mechowców stwierdzono w kombinacji z uprawą uproszczoną (4,8) oraz zerową (4,2), w porównaniu do uprawy tradycyjnej (1,6). W drugim terminie badań, w uprawie tradycyjnej (3,8) oraz uproszczonej (3,8), Oribatida były istotnie liczniejsze w stosunku do uprawy zerowej (1,9). W przypadku Mesostigmata – w pierwszym terminie istotnie więcej tych roztoczy stwierdzono w uprawie uproszczonej (8,6) i zerowej (6,6) w porównaniu do tradycyjnej (3,3). W drugim terminie Mesostigmata były istotnie liczniejsze w uprawie uproszczonej (4,4) w porównaniu do tradycyjnej (1,8). Prostigmata oraz Astigmata występowały nielicznie na wszystkich obiektach badawczych.

Tabela 53
Table 53

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie wiosennym 2005
The number of mites at Swojec in spring time 2005

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	20	46	39	21	5	10			64	77
	1,6b***	3,8a	3,3b	1,8b	0,4	0,8			5,3b	6,4
Uproszczony Reduced	57	45	104a	53	11	8	10	3	182	109
	4,8a	3,8a	8,6a	4,4a	0,9	0,7	0,8	0,3	15,2a	9,1
Zerowy No-tillage	50	23	79	38	14	8			143	69
	4,2a	1,9b	6,6a	3,2	1,2	0,7			11,9a	5,8

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (14 kwietnia) – first soil sampling (April 14th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (12 maja) – second soil sampling (May 12th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie
means in columns followed by different small letters differ significantly

Sezon 2005/2006 – okres jesienny. W pierwszym terminie pobierania prób glebowych w okresie jesiennym 2005 r., w sumie, istotnie więcej roztoczy stwierdzono w próbach gleby pobranych w kombinacji z uprawą uproszczoną (średnio 153,5/12 prób) w porównaniu do dwóch pozostałych kombinacji, tj. tradycyjnej (62,5) oraz zerowej (59,3) (tab. 54). Podobnie w drugim terminie – istotnie więcej Acari odnotowano w uprawie uproszczonej (średnio 70) w stosunku do uprawy zerowej (34,9) oraz tradycyjnej (17,6). W przypadku Oribatida i Mesostigmata, w obu terminach, istotnie więcej tych roztoczy było w uprawie uproszczonej w porównaniu do obu pozostałych kombinacji. Jednocześnie, liczebność Mesostigmata w drugim terminie, w glebie uprawianej systemem zerowym była istotnie większa niż w uprawie tradycyjnej. Zarówno Prostigmata (II termin), jak i Astigmata były istotnie liczniejsze w uprawie uproszczonej w stosunku do pozostałych wariantów doświadczenia.

Tabela 54
Table 54

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie jesiennym 2005
The number of mites at Swojec autumn 2005

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	78	38	455	164	3	1	6	8	750	211
	6,5b***	3,2b	37,9b	13,7c	0,3	0,1b	0,5 b	0,7b	62,5b	17,6b
Uproszczony Reduced	236	157	1347	611	9	13	39	59	1842	840
	19,7a	13,1a	112,3a	50,9a	0,8	1,1b	3,3 a	4,9a	153,5a	70,0a
Zerowy No-tillage	64	42	512	338	19	38	1	1	711	419
	5,3b	3,5b	42,7b	28,2b	1,6	3,2a	0,1 b	0,1b	59,3b	34,9b

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (12 października) – first soil sampling (October 12th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (26 października) – second soil sampling (October 26th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie means in columns followed by different small letters differ significantly

Sezon 2005/2006 – okres wiosenny. W badaniach prowadzonych w okresie wiosennym 2006 r., w pierwszym terminie pobierania prób glebowych (4 maja), roztocze najliczniej występowały w uprawie uproszczonej (średnio 14,8/12 prób), a najmniej licznie w zerowej (średnio 11,1) (tab. 55). W terminie tym nie wykazano jednak istotnych różnic w liczbie Acari pomiędzy poszczególnymi stanowiskami. W drugim terminie pobierania prób (10 maja) istotnie więcej roztoczy stwierdzono w przypadku siewu bezpośredniego (średnio 29,7), zarówno w porównaniu do uprawy uproszczonej (17,3), jak i tradycyjnej (9). W tym samym terminie łączna liczba Acari w kombinacji z uprawą uproszczoną była istotnie większa niż w uprawie tradycyjnej. W obu terminach liczebność Oribatida była istotnie większa w uprawie zerowej w porównaniu do pozostałych kombinacji. Mesostigmata, Prostigmata oraz Astigmata występowały nielicznie i w ich przypadku nie stwierdzono istotnych różnic między obiektami badawczymi.

Sezon 2006/2007 – okres jesienny. W okresie jesiennym 2006 r., próby pobierano tylko w jednym terminie, tj. 23 października (tab. 56). Łączna liczba Acari w glebie uprawianej w systemie zerowym (średnio 131,1 na 12 prób gleby) i uproszczonym (100,4) była istotnie większa niż na stanowisku uprawianym sposobem tradycyjnym (21,6). W przypadku Oribatida oraz Astigmata średnia liczba tych stawonogów w uprawie zerowej była istotnie większa niż w obu pozostałych kombinacjach. Prostigmata były istotnie liczniejsze w uprawie bezpłużnej, w obu wariantach doświadczenia, w porównaniu do technologii tradycyjnej. Dodatkowo, w uprawie uproszczonej liczebność Oribatida, Mesostigmata oraz Prostigmata była istotnie większa w porównaniu do uprawy tradycyjnej.

Tabela 55
Table 55

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie wiosennym 2006
The number of mites at Swojec in spring time 2006

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	22	28	32	23	1	2			148	108
	1,8b***	2,3b	2,7	1,9	0,1	0,2			12,3	9,0c
Uproszczony Reduced	27	54	75	48	9	7		2	178	207
	2,3ab	4,5b	6,3	4,0	0,8	0,6		0,2	14,8	17,3b
Zerowy No-tillage	51	199	24	73	6	12		2	133	357
	4,3a	16,6a	2,0	6,1	0,5	1,0		0,2	11,1	29,8a

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (4 maja) – first soil sampling (May 4th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (10 maja) – second soil sampling (May 10th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means in columns followed by different small letters differ significantly

Tabela 56
Table 56

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie jesiennym 2006
The number of mites at Swojec in autumn time 2006

System uprawy Tillage system	23 października – October 23 rd				
	Oribatida	Mesostigmata	Prostigmata	Astigmata	Razem – Total
Tradycyjny Conventional	33	37	35	2	259
	2,8c*	3,1b	2,9b	0,2b	21,6b
Uproszczony Reduced	437	258	120	38	1205
	36,4b	21,5a	10,0a	3,2b	100,4a
Zerowy No-tillage	1062	75	89	140	1657
	88,5a	6,3ab	7,4a	11,6a	138,1a

* wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means in columns followed by different small letters differ significantly

Sezon 2006/2007 – okres wiosenny. W pierwszym terminie pobierania prób gleby, w badaniach wiosennych w 2007 r. (20 kwietnia), najczęściej roztoczy stwierdzono w próbach gleby pobranych w kombinacji z uprawą zerową (średnio 36,6/12 prób), mniej w uproszczonej (9,3), a najmniej w przypadku uprawy tradycyjnej (3,5) (tab. 57). Średnia liczebność roztoczy stwierdzonych w uprawie zerowej była istotnie większa w porównaniu do kombinacji z uprawą uproszczoną i tradycyjną. Jednocześnie, średnia liczba Acari w uprawie uproszczonej była istotnie większa niż

w uprawie tradycyjnej. W drugim terminie badań, tj. 8 maja, zarówno liczebność roztoczy w uprawie zerowej (36,9), jak i uproszczonej (36,3) była istotnie większa w porównaniu do płuznego systemu uprawy roli (12,0). Oribatida były istotnie liczniejsze w uprawie zerowej w porównaniu do obu pozostałych kombinacji (I termin) bądź tylko w porównaniu do uprawy tradycyjnej (II termin). W pierwszym terminie pobierania prób stwierdzono również istotnie więcej mechowców w uprawie zerowej w porównaniu do uproszczonej. Mesostigmata, w pierwszym terminie, istotnie liczniej występowały w siewie bezpośrednim w stosunku do obu pozostałych kombinacji. W tym samym czasie – także liczba tych roztoczy w uprawie uproszczonej była istotnie większa niż w tradycyjnej. W drugim terminie Mesostigmata były istotnie liczniejsze w uprawie uproszczonej w porównaniu do obiektów uprawianych w systemie zerowym i tradycyjnym. Prostigmata w obu terminach były istotnie liczniejsze w uprawie zerowej niż w obu pozostałych kombinacjach. W przypadku tej grupy Acari, w drugim terminie, odnotowano ich także istotnie więcej w uprawie uproszczonej w porównaniu do tradycyjnej. Astigmata występowały sporadycznie w uprawie uproszczonej bądź zerowej.

Tabela 57
Table 57

Liczebność roztoczy na Swojcu w okresie wiosennym 2007
The number of mites at Swojec in spring time 2007

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	12	36	20	62	9	46			41	144
	1,0b	3,0b	1,7c	5,1b	0,8b	3,8c			3,5c	12,0b
Uproszczoney Reduced	28	123	54	161	30	151		9	112	435
	2,3b	10,3a	4,5b	13,4a	2,5b	12,6b		0,8	9,3b	36,3a
Zerowy No-tillage	197	155	116	53	118	235	9		440	443
	16,4a	12,9a	9,6a	4,4b	9,8a	19,6a	0,8		36,6a	36,9a

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (20 kwietnia) – first soil sampling (April 20th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (8 maja) – second soil sampling (May 8th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie
means in columns followed by different small letters differ significantly

5.6. Ogólna liczebność roztoczy – Acari w próbach gleby z Makowic

Okres wiosenny 2004. W sumie, w badaniach prowadzonych wiosną na plantacji pszenicy ozimej w Makowicach w 2004 r., stwierdzono 467 roztoczy w kombinacji z uprawą uproszczoną i blisko połowę mniej – 249 w tradycyjnej (tab. 58). W obu terminach pobierania prób roztocze były istotnie liczniejsze w glebie uprawianej

w systemie uproszczonym. W kombinacji tej w pierwszym terminie wypłoszono z gleby średnio 8 osobników na 24 próby w porównaniu do 5,4 w uprawie płuźnej. W drugim natomiast – odpowiednio średnio 11,4 (uproszczona) i 4,9 (tradycyjna). Oribatida stanowiły najliczniej występującą grupę Acari. W obu terminach w uprawie uproszczonej odnotowano istotnie więcej tych stawonogów w porównaniu do uprawy tradycyjnej. Pozostałe grupy, tj. Mesostigmata, Prostigmata i Astigmata występowały mniej licznie i w ich przypadku nie stwierdzono istotnych różnic. Praktycznie jednak, w każdym przypadku więcej tych roztoczy notowano w glebie uprawianej w systemie uproszczonym.

Tabela 58

Table 58

Liczebność roztoczy w Makowicach w okresie wiosennym 2004

The number of mites at Makowice in spring time 2004

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	111	94	13	25	5		1		130	119
	4,7b***	3,9b	0,5	1,0	0,2		0,1		5,4b	4,9b
Uproszczony Reduced	163	205	10	59	20	6		4	193	274
	6,8a	8,5a	0,4	2,5	0,8	0,3		0,2	8,0a	11,4a

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (24 kwietnia) – first soil sampling (April 24th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (5 maja) – second soil sampling (May 5th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie
means in columns followed by different small letters differ significantly

Okres wiosenny 2005. W pierwszym terminie pobierania prób glebowych w Makowicach, tj. 15 kwietnia nie stwierdzono istotnych różnic w liczebności Acari pomiędzy dwoma badanymi kombinacjami doświadczenia (tab. 59). Łączna liczebność roztoczy w drugim terminie (29 kwietnia) była istotnie większa w uprawie uproszczonej (średnio 5,3/24 próby gleby) w porównaniu do tradycyjnej (0,3). Oribatida były istotnie liczniejsze w uprawie tradycyjnej w pierwszym terminie, natomiast Mesostigmata w uprawie uproszczonej w drugim. Pozostałe grupy Acari, w obu terminach, występowały w niewielkiej liczbie.

Okres wiosenny 2006. W obu terminach pobierania prób wiosną 2006 r., w Makowicach roztocze były istotnie liczniejsze w glebie uprawianej w systemie uproszczonym (tab. 60). W kombinacji tej, w pierwszym terminie, wypłoszono z gleby średnio 13 osobników w porównaniu do 8 w uprawie płuźnej. W drugim natomiast stwierdzono średnio 8,2 roztoczy w uprawie uproszczonej i 5,9 w tradycyjnej. Oribatida stanowiły najliczniej występującą grupę Acari. W pierwszym terminie w uprawie uproszczonej (średnio 10,7) odnotowano istotnie więcej tych roztoczy w porównaniu do uprawy tradycyjnej (średnio 4,9). Pozostałe grupy, tj. Mesostigmata, Prostigmata i Astigmata występowały mniej licznie i w ich przypadku nie stwierdzono istotnych różnic pomiędzy dwoma obiektami badawczymi.

Tabela 59
Table 59

Liczebność roztoczy w Makowicach w okresie wiosennym 2005
The number of mites at Makowice in spring time 2005

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	52		28	8	10				90	8
	2,1a***		1,2	0,3b	0,4				3,8	0,3b
Uproszczony Reduced	16	22	43	35	16	22	14	47	89	126
	0,7b	0,9	1,8	1,5a	0,7	0,9	0,6	2,0	3,7	5,3a

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (15 kwietnia) – first soil sampling (April 15th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (29 kwietnia) – second soil sampling (April 29th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means in columns followed by different small letters differ significantly

Tabela 60
Table 60

Liczebność roztoczy w Makowicach w okresie wiosennym 2006
The number of mites at Makowice in spring time 2006

System uprawy Tillage system	Oribatida		Mesostigmata		Prostigmata		Astigmata		Razem – Total	
	I*	II**	I	II	I	II	I	II	I	II
Tradycyjny Conventional	118	95	63	25	8	21	2	1	191	142
	4,9b***	3,9	2,6	1,0	0,3	0,9	0,1	0,1	8,0b	5,9b
Uproszczony Reduced	256	131	40	61	5	4	3		304	196
	10,7a	5,9	1,7	2,5	0,2	0,2	0,1		13,0a	8,2a

* pierwszy termin pobierania prób glebowych (30 kwietnia) – first soil sampling (April 30th)

** drugi termin pobierania prób glebowych (12 maja) – second soil sampling (May 12th)

*** wartości średnich w kolumnach oznaczone różnymi małymi literami różnią się między sobą istotnie – means in columns followed by different small letters differ significantly

6. Dyskusja nad wynikami

Uprawa płużna silnie oddziałuje na właściwości gleby, a zatem również na faunę żyjącą w glebie lub przechodzącą w niej jeden z etapów swojego rozwoju (Opyrczałowa 1970, Tebrügge, Düring 1999). Zabiegi uprawy roli wpływają na organizmy bezpośrednio poprzez ich uśmiercanie bądź pośrednio poprzez modyfikowanie środowiska życia oraz dostępność pokarmu (Holland 2004). Przy mniejszej ingerencji maszyn i narzędzi rolniczych na rolę żywe organizmy mają większe szanse na rozwój i przeżycie (Benc-kiser 1997, Kromp 1999, Twardowski 2004b). W badaniach własnych drapieżne pająki oraz chrząszcze kusakowate liczniej występowały na plantacji pszenicy ozimej, właśnie w przypadku uproszczonej, spłyconej uprawy roli, w porównaniu do siewu bezpośredniego oraz tradycyjnego. Redukcja zabiegów uprawowych wpływa zarówno na organizmy pożyteczne, jak i potencjalnie szkodliwe. W odniesieniu do tej drugiej grupy jednak większy udział organizmów zoofagicznych może redukować ich występowanie. Stinner i House (1990) w swojej przeglądowej pracy dotyczącej wpływu uproszczeń w uprawie roli na szkodniki glebowe zamieszczają informację, że spośród badań opublikowanych w 45 pracach – tylko w 28% przypadkach liczebność szkodników wzrosła, w 29% badań nie odnotowano istotnych różnic, natomiast w 43% udowodniono, że liczba fitofagów istotnie zmalała wraz ze spłyconiem uprawy roli. Autorzy ci podają, że prawdopodobną przyczyną tego ostatniego zjawiska była większa presja organizmów pożytecznych. W Polsce nie badano do tej pory wpływu uproszczeń w uprawie roli na faunę glebową i epigeiczną. Badania prowadzone w innych krajach są niejednoznaczne i wskazują na różną reakcję na zabiegi uprawowe prowadzone na plantacji, co wynika ze zróżnicowanych wymagań siedliskowych całych grup i poszczególnych gatunków, a także strategii życiowej organizmów (Andersen 1999).

W doświadczeniu własnym, w dwóch miejscowościach Dolnego Śląska, badano wpływ różnych uproszczeń w uprawie roli, na plantacji pszenicy ozimej, na stawonogi epigeiczne, tj. chrząszcze biegaczowate, kusakowate oraz pająki. W drugiej części analizowano również ściśle związane z glebą skoczogonki i roztocze należące do mezo-fauny. W doświadczeniu brano pod uwagę ich występowanie w uprawie uproszczonej, tj. potraktowanej płytko działającymi narzędziami rolniczymi takimi jak brona czy kultywator oraz stanowisko nieuprawiane (uprawa zerowa), na którym w ogóle nie stosowano zabiegów zmieniających strukturę gleby. W analizie porównawczej wykorzystano rolę uprawianą tradycyjnie, z wykorzystaniem pługa odkładnicowego. Różnego rodzaju orki w największym stopniu zmieniają środowisko glebowe, w którym przebywają stawonogi, co w konsekwencji wpływa na stosunki ilościowo-jakościowe badanych grup

Arthropoda. Odwrócenie gleby czyni siedlisko ubogim, preferowanym przez gatunki termofilne (Holland 2004). Holland i Reynolds (2003) podają, że przyczyną zmian ilościowych i jakościowych stawonogów epigeicznych może być temperatura gleby, która zmienia się wraz z uprawą roli. Uprawy konserwujące, do których można zaliczyć zarówno siew bezpośredni, jak i spłyconą uprawę uproszczoną, pozostawiają stanowisko nienaruszone bądź zmienione w niewielkim stopniu. W dłuższym okresie czasu, pozostawione na powierzchni resztki poźniwne, a także chwasty zwiększają liczebność gatunków saprofagicznych (np. skoczogonków i roztoczy) (Hance, Gregorie-Wibo 1987, Hance i in. 1990, Kendall i in. 1995, Huusela-Vesitola 1996, Purvis, Fadl 1996, Andersen 1999, Holland, Reynolds 2003, Andersen 2003).

6.1. Stawonogi epigeiczne

Pośród badanych grup stawonogów, prowadzących naziemny tryb życia, biegaczowate analizowano najczęściej (Holland, Luff 2000, Holland 2004). Chrząższe te wykazują dużą wrażliwość na typ i czas wykonywania zabiegów uprawowych (Irmeler 2003, Rainio, Niemelä 2003), a także wiele gatunków przebywa cały rok na plantacji (Holland 2004). Z tych względów są często wykorzystywane jako bioindykatory zmian w środowisku glebowym (Lövei, Sunderland 1996, Cole i in. 2002, Holland 2002, Jeanneret i in. 2003, Rainio, Niemelä 2003, Hatten i in. 2007). Carabidae składają jaja do gleby, w niej rozwija się larwa oraz poczwarka i tylko imago aktywne są głównie na powierzchni (Thiele 1977, Hengeveld 1980a). Wielu autorów podkreśla również, że obok typu gleby (Körner 1990) na występowanie określonych gatunków biegaczy może mieć wpływ również sposób jej uprawy (Kabacik-Wasylik 1978, House, Parmelee 1985, Tietze 1985, Kromp 1999). Pod wpływem zmian w strukturze gleby zmienia się nie tylko liczebność, skład gatunkowy, ale też fenologia i zachowania poszczególnych gatunków (Lys, Nentwig 1991). Doniesienia naukowe wskazują jednak na zróżnicowaną reakcję stawonogów na różne formy uproszczeń w uprawie roli. Większość badań wskazuje, że liczebność i różnorodność gatunkowa biegaczowatych zwiększa się wraz ze zmniejszaniem głębokości działania maszyn i narzędzi rolniczych oraz ze zmniejszaniem się liczby zabiegów uprawowych (House, All 1981, Brust i in. 1985, House, Parmelee 1985, Luff 1987, Stinner, House 1990; Brust 1994, Digweed i in. 1995, Heimbach, Garbe 1995, Kromp 1999). Według tych autorów częsta i głęboka ingerencja w strukturę gleby może być czynnikiem wpływającym negatywnie na rozwój larw zamieszkujących glebę, a w konsekwencji na populację owadów dorosłych. Thorbek i Bilde (2004) podają, że bezpośrednia śmiertelność biegaczowatych w płuźnej uprawie roli wzrosła o 27% w porównaniu do siewu bezpośredniego. Odwrotny efekt uproszczeń stwierdzili jednak Barney i Pass (1986). Autorzy ci dowodzą, że wzniesienie gleby za pomocą pługa zwiększało ruchliwość i aktywność Carabidae, a w konsekwencji powodowało zwiększenie liczebności. Brak reakcji biegaczy na zabiegi uprawowe opisują Tyler i Ellis (1979) oraz Huusela-Vesitola (1996). Podobnie niejednoznaczne wnioski zamieszcza w swej przeglądowej pracy Kromp (1999). Cytowany autor zauważa jednak, że większość badań dotyczących

bezkregowców wskazuje na liczniejsze ich występowanie na polach bez mechanicznej ingerencji ze strony człowieka aniżeli na plantacjach uprawianych metodą tradycyjną.

W badaniach własnych prowadzonych na polach doświadczalnych RZD Swojec jesienią – we wszystkich latach biegaczowate liczniejsze były na stanowisku uprawianym w systemie zerowym, mniej liczne w uproszczonym, a najmniej w tradycyjnym. W doświadczeniu uprawiano pszenicę ozimą, czyli przygotowanie pola pod siew odbywało się właśnie jesienią. Ewidentna ta sytuacja jest prawdopodobnie rezultatem niezbyt odległego w czasie stosowania narzędzi wznuszających glebę. Można przypuszczać, że orka oraz inne zabiegi wykonywane w ramach uprawy tradycyjnej zwiększały śmiertelność biegaczowatych. W okresie wiosenno-letnim liczebność Carabidae w trzech latach była istotnie większa w przypadku zaniechania uprawy roli. Tylko w 2004 r. stwierdzono, że owady te liczniej występowały w uprawie tradycyjnej. Różnice pomiędzy obiektami badawczymi nie były wtedy jednak istotne. Można sądzić, że im dłużej trwa wegetacja rośliny (szczególnie późną wiosną), tym mniejszy jest wpływ przedsięwziętej uprawy roli na liczebność Carabidae. Potwierdzają to zjawisko w swoich badaniach Hance i Gregoire-Wibo (1987). Liczebność biegaczy w poszczególnych terminach odłowów prowadzonych w okresie jesiennym była znacznie niższa wiosną i latem. Jest to zrozumiałe, gdyż większość gatunków oznaczonych w doświadczeniu to gatunki wiosenne (Thiele 1977). Ponadto, niższe temperatury w październiku i listopadzie także nie sprzyjają występowaniu tej grupy owadów. Przykładowo, *Pterostichus melanarius*, a także *Notiophilus aquaticus* czy *Trechus quadristriatus* wiosną obecne są głównie jako larwy (Hance i in. 1990, Baguette i Hance 1997). Płytką uprawa, za pomocą narzędzi nieodwracających glebę, spowodowała, że dorosłych chrząszczy było mniej niż w przypadku siewu bezpośredniego, ale więcej niż w uprawie tradycyjnej. W uprawie zerowej więcej gatunków biegaczowatych było prawdopodobnie ściślej związanych z zajmowaną niszą pokarmową w porównaniu do uprawy tradycyjnej czy też uproszczonej. Jak podaje Wiech (1993), na zwiększenie liczebności i zróżnicowania gatunkowego Carabidae może mieć wpływ stopień pokrycia powierzchni ziemi dodatkową roślinnością. Być może więc przyczyną większej liczby gatunków biegaczy w uprawie zerowej jest pozostawianie znacznej ilości resztek roślinnych na powierzchni roli, co stanowi cechę charakterystyczną tej technologii uprawy. Do podobnych wniosków dochodzą również Edwards (1975), a także Ferguson i McPherson (1985). Na plantacji pszenicy ozimej w gospodarstwie produkcyjnym w Makowicach więcej biegaczy notowano jednak w uprawie tradycyjnej w porównaniu do uproszczonej. Holland i Luff (2000) wskazują, że przyczyną różnic w występowaniu Carabidae w różnych systemach uprawy roli mogą być także warunki lokalne. Reakcja biegaczowatych na omawiane zmiany zależy również od zespołu gatunków charakterystycznych dla danego terenu (Tyler, Ellis 1979, Barney, Pass 1986, Hance, Gregoire-Wibo 1987, Weiss i in. 1990, Digweed i in. 1995, Clark i in. 1993).

Poszczególne gatunki Carabidae mogą się różnić występowaniem w różnych systemach uprawy roli, co zależne jest od ich cech osobniczych (Hance, Gregoire-Wibo 1987, Kendall i in. 1995, Holland, Reynolds 2003. Croy (1987), a także Kromp (1999) podają też, że niektóre gatunki, np. *Trechus quadristriatus*, nie reagują na intensywną uprawę. Także Purvis i Fadl (2002) wskazują *Pterostichus melanarius* i *Nebria brevicollis* jako gatunki, których reakcja na orkę w okresie jesiennym była znikoma. Ci sami autorzy

jednak, w innych badaniach (Purvis i Fadl 1996), podają, że śmiertelność *P. melanarius* w wyniku tradycyjnej uprawy roli wynosiła nawet 80%. Gatunek ten, w badaniach własnych, zwykle należał do liczniejszych w obu miejscowościach Dolnego Śląska, lecz zmiany w jego liczbie w poszczególnych kombinacjach doświadczenia nie potwierdzają wyników uzyskanych przez wspomnianych autorów. W okresie wiosenno-letnim różnorodność gatunkowa omawianej grupy również była największa w siewie bezpośrednim. Eudominantami (powyżej 10%) w tym okresie były: *Poecilus cupreus*, *Harpalus affinis*, *Ophonus brevicollis*, *Bembidion properans*, *P. melanarius* oraz *Microlestes minutulus* (w 2006 r.). Podobnie, w okresie jesiennym liczebność gatunków Carabidae była zawsze większa w uprawie zerowej w porównaniu do obu pozostałych kombinacji. Przyczyną zmian jakościowych w badanych obiektach mogą być też różnice w wielkości ciała Carabidae i stopniu ruchliwości gatunków. Większym i sprawniejszym biegaczom łatwiej jest zmienić siedlisko w razie wykonywania zabiegów (Luff, Sanderson 1992, Kladviko 2001). Z kolei mniejsze i mniej zdolne do szybkiej migracji gatunki, np. z rodzaju *Bembidion*, faworyzują uprawy uproszczone (Baguette, Hance 1997). Innego zdania są Kendall i in. (1995). W badaniach prowadzonych we Wrocławiu–Swojcu, w okresie wiosenno-letnim, również nie stwierdzono wyraźnego związku pomiędzy wielkością i ruchliwością Carabidae a typem uprawy roli. Częściej nawet małych rozmiarów gatunki w tym okresie występowały w uprawie tradycyjnej. Jednak w okresie jesiennym, tuż po ostatnich zabiegach uprawowych, *Notiophilus aquaticus* oraz *Trechus quadristriatus* najliczniej występowały na stanowisku nieuprawianym, co mogłoby potwierdzać teorię Baguette i Hance (1997). Skład gatunkowy w tym okresie był wyraźnie inny w porównaniu do odłowów prowadzonych w okresie wiosenno-letnim. Zjawisko to jest efektem różnej aktywności poszczególnych gatunków w różnych porach roku i podziałem Carabidae na gatunki wiosenne oraz jesienne (Thiele 1977, Kabacik-Wasylik 1978). Do eudominantów, w każdym roku badań jesienią, zaliczono: *N. aquaticus*, *T. quadristriatus*, *Calathus fuscipes* i *Bembidion femoratum*. W badaniach wykazano znaczne różnice w składzie gatunkowym Carabidae w zależności od pory roku. Nie stwierdzono natomiast wyraźnego związku poszczególnych gatunków z rodzajem uprawy. Podobne wyniki uzyskali Luff i Sanderson (1992).

Mniej zbadaną grupą, jeżeli chodzi o wpływ na nie zabiegów uprawowych, są chrząszcze z rodziny Staphylinidae oraz pająki Araneae, odławiane w dużej liczbie do pułapek Barbera (Holland, Reynolds 2003). Prawdopodobnie również w tym przypadku przyczyną ich większej zwykle liczebności przy siewie bezpośrednim i splotonej uprawie roli jest niewielkie naruszenie powierzchni gleby przez narzędzia uprawowe, a dodatkowo być może też pozostawienie większych ilości resztek poźniwnych oraz zwiększona liczba i różnorodność gatunkowa chwastów (Kromp 1999). Większa liczebność epigeicznych pajaków z rodziny Lycosidae w technologii bezorkowej związana jest prawdopodobnie z chwastami stanowiącymi dla nich naturalne refugium (Juraj i in. 2000). Należy stwierdzić, że w przypadku obu analizowanych grup stawonogów dotychczasowe badania nie są jednoznaczne. Niektóre z nich bowiem dały odmienne wyniki (Stinner, House 1990, Kroos, Schaefer 1998). Thorbek, Bilde (2004) nie wykazali zwiększenia bezpośredniej śmiertelności kusakowatych w pluznej uprawie roli. W badaniach własnych Staphylinide w dwóch latach (2004–2005), w okresie wiosenno-

-letnim, najliczniej notowane były w przypadku uproszczonej uprawy roli. W 2006 r. łączna liczebność tej grupy była praktycznie identyczna na każdym stanowisku, natomiast w ostatnim roku (2007) najwięcej tych owadów stwierdzono w uprawie zerowej. W okresie jesiennym dwukrotnie notowano więcej kusaków w uprawie tradycyjnej (2005–2006) i raz w uproszczonej (2004). Niejednoznaczne wyniki uzyskano w przypadku Araneae. W okresie wiosenno-letnim więcej tych stawonogów notowano w uprawie uproszczonej (w dwóch latach) bądź w zerowej (2004) i tradycyjnej (2006). Jesienią, dwukrotnie najwięcej pajaków odłowiono na stanowisku uprawianym tradycyjnie, inaczej niż w pierwszym roku badań, gdzie Araneae najliczniejsze były w kombinacji z uprawą zerową. Thorbek i Bilde (2004) w podobnych badaniach wykazali aż 93% mniej pajaków na stanowisku uprawianym z zastosowaniem głębokiej orki. Bishop i Reichert (1990) podają, że obecność resztek poźniwnych, które w uprawach uproszczonych pozostają w dużej mierze na plantacji, może znacząco zwiększać liczebność pajaków. Należy jednak wyjaśnić, że liczebność tych stawonogów w okresie jesiennym z reguły była niewielka. Niektóre gatunki kusaków, podobnie zresztą jak i pajaków, mogą występować na polu uprawnym cały rok, zimować tam i nawet przetrwać orkę, np. liczna na polach uprawnych rodzina pajaków Linyphiidae (Duffey 1978, Andersen 1999). Nie potwierdzają tego jednak Holland i Reynolds (2003). Duffey (1978) wskazuje jednak, że orka nie wpływa na populacje pajaków, zwłaszcza z rodziny Linyphiidae. Z kolei Blumberg i Crossley (1982) podają, że pająki stanowią najbardziej wrażliwą grupę stawonogów na płużną uprawę roli.

6.2. Mezofauna glebowa

Skoczogonki reagują stosunkowo szybko na wszelkie zmiany powodowane zabiegami uprawowymi (Steen 1983, Stinner i in. 1988, Hülsmann, Wolters 1998, Neave, Fox 1998, Petersen 2002, Ponge i in. 2003, Brennan i in. 2006). Liczebność i skład gatunkowy oraz aktywność Collembola są ściśle skorelowane ze strukturą gleby, ponieważ same nie są w stanie drażyć kanałów (Usher 1975, Larsen i in. 2004). Kordas i Idkowiak (2004) w doświadczeniu prowadzonym w RZD Swojec stwierdzili, że stosowanie siewu bezpośredniego skutkuje zwiększeniem zwięzłości gleby i zmniejszeniem porowatości i wilgotności gleby. W przeglądowym opracowaniu dotyczącym m.in. mezofauny glebowej Kładivko (2001), w większości cytowanych publikacji, wykazuje dodatnią korelację pomiędzy ograniczaniem liczby zabiegów uprawowych a liczebnością omawianych stawonogów w środowisku glebowym. W Danii Petersen (2002) na plantacji pszenicy ozimej badał reakcję skoczogonków na zmianę technologii uprawy roli z tradycyjnej płużnej na uprawę bez naruszania wierzchniej warstwy gleby. Autor ten stwierdził, że zaniechanie stosowania pługa odkładnicowego powodowało znaczne zwiększenie liczebności Collembola w glebie (o 66%). Wyniki uzyskane w badaniach własnych wskazują na podobną reakcję tych stawonogów. W okresie jesiennym, w każdym roku badań, Collembola liczniej występowały w glebie uprawianej w systemie uproszczonym. W okresie wiosennym zaś najwięcej skoczogonków oznaczono zarówno w glebie uprawianej w systemie zerowym, jak i uproszczonym. Podobne wyniki badań uzyskali również wcześniej w tym samym doświadczeniu Twardowski i in. (2004). Dittmer i Schrader (2000) w Niem-

czech porównywali wpływ uprawy tradycyjnej oraz konserwującej na występowanie skoczogonków. Autorzy stwierdzili, że różne gatunki tych stawonogów różnie reagowały na poszczególne rodzaje zabiegów. W badaniach własnych także odnotowano zmienną reakcję gatunków. Spektrum gatunkowe Collembola oznaczanych w poszczególnych latach, porze roku i kombinacjach doświadczenia było bardzo zróżnicowane. Na przykład *Ceratophysella succinea* występował licznie tylko w przypadku uprawy zerowej i uproszczonej, natomiast w uprawie tradycyjnej stwierdzono tylko trzy okazy tego gatunku. Tym niemniej do najliczniejszych jesienią można zaliczyć *Micranurida pigmaea* oraz *Pogonognathellus longicornis*. W okresie wiosennym z reguły dominowały: *Mesaphorura macrochaeta*, *Hypogastrura assimilis*, *Isotoma viridis* i *Ceratophysella succinea*. Bogactwo gatunkowe skoczogonków wzrastało w przypadku uproszczeń w uprawie roli. Zestaw dominujących gatunków różnił się od innych badań prowadzonych na Swojcu w podobnym doświadczeniu (Twardowski i in. 2004). W przypadku tych autorów bowiem wyraźnymi dominantami na wszystkich stanowiskach badań były: *Mesaphorura macrochaeta*, *Parisotoma notabilis*, *Isotoma viridis* oraz *Parisotoma minuta*. W badaniach własnych prowadzonych we Wrocławiu Swojcu stwierdzono występowanie nowego gatunku dla Polski *Pseudachorutes pratensis* Rusek, 1976 (Smolis, Twardowski 2006).

Na świecie badaniami dotyczącymi wpływu stosowania różnych systemów uprawy roli na roztocze zajmowali się m.in. Hülsmann i Wolters (1998), Farrar i Crosley (1983), Moore i in. (1984). Autorzy ci stwierdzili, że Acari reagowały znacznym zwiększeniem liczebności populacji w glebie przy zastosowaniu siewu bezpośredniego oraz splyconej uprawie roli z rzadszym użyciem narzędzi uprawowych (uprawa uproszczona) w porównaniu do uprawy tradycyjnej. Wyniki uzyskane w badaniach własnych potwierdzają tę tezę. Największą liczebność roztoczy stwierdzono bowiem w glebie uprawianej bez stosowania jakichkolwiek narzędzi (uprawa zerowa) w porównaniu do uprawy uproszczonej i tradycyjnej. Podobny efekt uzyskano zarówno w glebie pobieranej w okresie wiosennym, jak i jesiennym. Nie bez znaczenia są też spore ilości resztek poźniwnych w uprawach konserwujących, jako że stawonogi te to głównie formy saprofagiczne, detrytosożerne. Uprawa roli może wpływać w różny sposób na różne grupy Acari. Na przykład Oribatida są bardziej wrażliwe na sposoby uprawy roli niż Astigmata i Prostigmata (Wallwork 1976). Istotny spadek liczebności mechowców w glebie odnotowano w przypadku uprawy tradycyjnej. Natomiast w uprawie uproszczonej najbardziej wrażliwą grupą roztoczy były Mesostigmata (Hülsmann, Wolters 1998). Wyraźne zwiększenie liczebności w przypadku zaniechania uprawy roli obserwowano również dla pozostałych grup roztoczy, tj. Mesostigmata (oprócz jednego z terminów) oraz Prostigmata i Acaridida (Wallwork 1976, Werner, Dindal 1990).

Uzyskane wyniki badań wskazują na to, że nieuprawiane stanowiska mogą oddziaływać pozytywnie na stawonogi epigeiczne oraz glebowe poprzez zwiększenie ich liczebności i bioróżnorodności. W takich siedliskach znajdują one sprzyjające warunki do przebywania. Niektórzy autorzy sugerują, że nieuprawiana gleba może być również środowiskiem sprzyjającym występowaniu wielożernych szkodników glebowych (Holland, Reynolds 2003, Holland 2004). Naziemna, drapieżna fauna może zatem w takich warunkach wywierać większą presję na organizmy szkodliwe występujące na polach uprawnych. Wiele z pożytecznych gatunków Carabidae (*Harpalus* spp., *Pterostichus* spp.)

może również odżywiać się nasionami chwastów (Holland 2002). Umiejętne stosowanie uproszczeń w uprawie roli umożliwia obniżenie kosztów produkcji i uzyskanie lepszego wyniku ekonomicznego niż w przypadku stosowania kosztochłonnej uprawy płużnej. Bezorkowa technologia uprawy roli ma swoje wady i zalety. W określonych warunkach przyrodniczo-ekonomicznych może być przydatna. Jednak stosowanie jej wymaga od rolnika rozsądnego postępowania, które ograniczyłoby ujemne skutki takiej uprawy, ale jednocześnie umożliwiłoby wykorzystanie zalet uproszczonej uprawy. Bezorkowe systemy mogą mieć szerokie zastosowanie, np. na terenach zagrożonych występowaniem erozji. W odniesieniu do pożytecznej i szkodliwej fauny glebowej wydaje się zatem, że można proponować uproszczone metody uprawy roli – jako bliskie proekologicznym ideom – do praktyki rolniczej, zwłaszcza w kontekście coraz powszechniej wdrażanych integrowanych zasad produkcji.

7. WNIOSKI

1. Przeprowadzone badania wykazały, że najwięcej chrząszczy biegaczowatych na plantacji pszenicy ozimej występowało w uprawie zerowej, a najmniej w uprawie tradycyjnej. Wyraźne różnice w liczebności tych stawonogów między badanymi kombinacjami obserwowano zwłaszcza w okresie jesiennym, czyli bezpośrednio po wykonaniu zabiegów uprawowych. Można przypuszczać, że zabiegi te, w tym orka, powodowały znaczną redukcję populacji epigeicznych Carabidae.

2. Różnorodność gatunkowa Carabidae, w przypadku siewu bezpośredniego pszenicy ozimej, była wyższa w porównaniu do pozostałych kombinacji doświadczenia. Najmniejsze bogactwo gatunkowe stwierdzono w uprawie tradycyjnej. Nie odnotowano wyraźnych różnic w składzie gatunkowym dominujących biegaczowatych w poszczególnych systemach uprawy roli.

3. Skład gatunkowy biegaczowatych w okresie jesiennym znacznie różnił się od składu gatunkowego tych owadów wiosną i latem. W pierwszym okresie dominowały: *Notiophilus aquaticus*, *Trechus quadristriatus*, *Calathus fuscipes* i *Bembidion femoratum*, w drugim zaś: *Poecilus cupreus*, *Harpalus affinis*, *Ophonus brevicollis*, *Bembidion properans* oraz *Pterostichus melanarius*. Większość oznaczonych Carabidae to gatunki zoofagiczne, które mogą ograniczać liczebność organizmów szkodliwych.

4. Uproszczenia w uprawie roli powodowały zróżnicowaną reakcję Staphylinidae. W większości przypadków chrząszcze te liczniej występowały w uprawie uproszczonej w porównaniu do pozostałych kombinacji doświadczenia.

5. Liczebność epigeicznych pająków, w większości przypadków, była większa w uprawie uproszczonej. Nie wykazano istotnego wpływu siewu bezpośredniego na występowanie tych stawonogów.

6. W okresie jesiennym, w każdym roku badań, Collembola liczniej występowały w glebie uprawianej w systemie uproszczonym. W okresie wiosennym oznaczono najwięcej skoczogonków zarówno w glebie uprawianej w systemie zerowym, jak i uproszczonym.

7. Spektrum gatunkowe Collembola oznaczanych w poszczególnych latach, porze roku i kombinacjach doświadczenia było bardzo zróżnicowane. Jesienią najwięcej oznaczono *Micranurida pigmaea* oraz *Pogonognathellus longicornis*. Do najliczniejszych gatunków w okresie wiosennym można zaliczyć: *Mesaphorura macrochaeta*, *Hypogastrura assimilis*, *Isotoma viridis* i *Ceratophysella succinea*. Bogactwo gatunkowe skoczogonków wzrastało w sytuacji uproszczeń w uprawie roli.

8. W większości terminów pobierania prób glebowych liczebność roztoczy była największa w glebie uprawianej w systemie zerowym w porównaniu do uprawy tradycyjnej. W niektórych przypadkach najwięcej Acari stwierdzono w uprawie uproszczonej. Najliczniejszymi wśród roztoczy były z reguły saprofagiczne mechowce – Oribatida.

9. Na podstawie przeprowadzonych badań można przypuszczać, że orka oraz inne zabiegi uprawowe wykonywane jesienią w uprawie tradycyjnej, przed siewem pszenicy ozimej, powodowały bezpośrednio bądź pośrednio – zwiększoną śmiertelność większości badanych organizmów epigeicznych oraz mezofauny glebowej w porównaniu do technologii bezorkowej.

10. W badaniach prowadzonych w czterech sezonach wegetacji pszenicy ozimej, w dwóch miejscowościach na Dolnym Śląsku, stwierdzono, że liczebność i bioróżnorodność pożytecznych organizmów epigeicznych oraz glebowych zwiększa się w uprawie roli w technologii bezorkowej. Można zatem proponować uproszczone metody uprawy roli do praktyki jako bliskie proekologicznym ideom, zwłaszcza w gospodarstwach stosujących integrowane zasady produkcji rolniczej.

8. PIŚMIENICTWO

- Alford D.V., 2003. Biocontrol of oilseed rape pests. Blackwell Sci. Ltd., 181–185.
- Allen R.T., 1979. The occurrence and importance of ground beetles in agricultural and surrounding habitats, [in:] T.L. Erwin, G.E. Bell, D.R. Whitehead (eds), Carabid beetles: their evolution, natural history and classification. The Hague: Junk, 485–506.
- Altieri M.G., 1991. How can we best use biodiversity in agroecosystems? *Outlook Agric.*, 20, 15–21.
- Alvarez T., Frampton G.K., Goulson D., 2001. Epigeic Collembola in winter wheat under organic, integrated and conventional farm management regimes. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 83, 95–110.
- Andersen A., 1999. Plant protection in spring cereal production with reduced tillage. II. Pests and beneficial insects. *Crop Prot.*, 18, 651–657.
- Andersen A., 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. II. Effects on pest and beneficial insects. *Crop Prot.*, 2, 147–152.
- Arshad M.A., 1999. Tillage and soil quality. Tillage practices for sustainable agriculture and environmental quality in different agroecosystems. *Soil Till. Res.*, 53, 1–2.
- Asteraki E.J., Hanks C.B., Clements R.O., 1992. The impact of the chemical removal of the hedge-base flora on the community structure of carabid beetle (Col., Carabidae) and spiders (Araneae) of the field and hedge bottom. *J. Appl. Entomol.*, 113, 398–406.
- Axelsen J.A., Thorup-Kristensen K.T., 2000. Collembola and mites in plots fertilised with different types of green manure. *Pedobiologia*, 44, 556–566.
- Baguette M., Hance T., 1997. Carabid beetles and agricultural practices: influence of soil ploughing. *Biol. Agric. Hortic.*, 15, 185–190.
- 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. *J. Appl. Ecol.*, 12, 809–18.
- Ball B.C., Tebrüge F., Sartoti L., Gonzales P., Giraldez J.V., 1998. Influence of no-tillage on physical, chemical and biological soil properties. Experience with the applicability of no-tillage crop production in the West-European countries. Final Report, Review Papers Summaries&Conclusions of the Concerned Action, 7–27.
- Barney R.J., Pass B.C., 1986. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) populations in Kentucky alfalfa and influence of tillage. *J. Econ. Ent.*, 79, 511–517.

- Bellinger P., Christiansen K.A., Janssens F., 1996–2004. Checklist of the Collembola of the World. www.collembola.org.
- Benckiser G., 1997. Organic inputs and soil metabolism, [in:] Benckiser G. (ed.) *Fauna in soil ecosystems*. Marcel Dekker, New York, 7–62.
- Białek J., 2007. Uprawa płuzna i bezorkowa – wady i zalety. *Wiad. Roln.*, 37, 38–39.
- Bishop L., Reichert S., 1990. Spider colonization of agroecosystems mode and source. *Envir. Entomol.*, 19, 1738–1745.
- Blake S., Foster G.N., Eyre M.D., Luff M.L., 1994. Effects of habitat type and grassland management practices on the body size distribution of carabid beetles. *Pedobiologia*, 38, 502–12.
- Blumberg A.Y., Crosley D.A. Jr., 1982. Comparison of soil surface arthropod populations in conventional tillage, no-tillage and old field systems. *Agroecos.*, 8, 247–253.
- Boczek J., Błaszak Cz., 2005. Roztocze (Acari) – znaczenie w życiu i gospodarce człowieka. *Wyd. SGGW, Warszawa*, 7–30.
- Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipiuk I., 2004. *Fauna Polski – charakterystyka i wykaz gatunków*. T. I. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, 28.
- Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipiuk I., Skibińska E., 2007. *Fauna Polski – charakterystyka i wykaz gatunków*. T.II. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, 401–420.
- Bogdanowicz W., Chudzicka E., Pilipiuk I., Skibińska E., 2008. *Fauna Polski – charakterystyka i wykaz gatunków*. T. III. Muzeum i Instytut Zoologii PAN, 223.
- Bohac J., 1999. Staphylinid beetles as bioindicators. *Agric. Ecos. Environ.*, 74, 357–372.
- Boivin G., Hance T., 2003. Ground beetle assemblages in cultivated organic soil and adjacent habitats: temporal dynamics of microspatial changes. *Pedobiologia*, 47, 193–202.
- Booij C.J.H., den Nijs L.J.F.M., 1992. Agroecological infrastructure and dynamics of carabid beetles. *Proc. Exper. & Appl. Entomol.*, 3, 72–78.
- Brennan A., Fortune T., Bolger T., 2006. Collembola abundances and assemblage structures in conventionally tilled and conservation tillage arable systems. *Pedobiologia*, 50, 135–145.
- Bruggen A.H.C., Semenov A.M., 2000. In search of biological indicators for soil health and disease suppression. *Appl. Soil Ecol.*, 15, 13–24.
- Brussard L., Bouwman L.A., Geurs M., Hassink J., Zwart K.B., 1990. Biomass composition and temporal dynamics of soil organisms of a silt loam under conventional and integrated management. *Neth. J. Agri. Sci.*, 38, 283–302.
- Brust G.E., 1994. Natural enemies in straw-mulch reduce Colorado potato beetle populations and damage in potatoes. *Biol. Control.*, 4, 163–169.
- Brust G.E., Stinner B.R., McCartney D.A., 1985. Tillage and soil insecticides effects on predator-black cutworm (Lepidoptera: Noctuidae) interactions in corn agroecosystems. *J. Econ. Entomol.*, 78, 1389–92.
- Büchs W., 2003. Biotic indicators for biodiversity and sustainable agriculture-introduction and background. *Agric. Ecos. Environ.* 98, 1–16.

- Chan K.Y., 2001. An overview of some tillage impacts on earthworm population abundance and diversity – implications for functioning in soils. *Soil&Tillage Research.*, 57, 179–191.
- Clark M.S., Luna J.M., Stone N.D., Youngman R.R., 1993. Habitat preferences of generalist predators in reduced-tillage corn. *J. Entomol. Sci.*, 28, 404–16.
- Cole L.J. McCracken D.I. Dennis P. Downie I.S. Griffin A.L. Foster G.N. Murphy K.J. Waterhouse T., 2002. Relationships between agricultural management and ecological groups of ground beetles (Coleoptera: Carabidae) on Scottish farmland. *Agric. Ecos. Environ.*, 93, 323–336.
- Crossley D.A. Jr, Mueller B.R., Perdue J.C., 1992. Biodiversity of microarthropods in agricultural soils: relations to processes. *Agric. Ecos. Environ.*, 40, 37–46.
- Croy P., 1987. Faunistisch-ökologische Untersuchungen der Carabiden im Umfeld eines industriellen Ballungsgebietes. *Entomol. Nachr. Berichte*, 31, 1–9.
- Curry J.P., Byrne D., Schmidt O., 2002. Intensive cultivation can drastically reduce earthworm populations in arable land. *Eur. J. Soil Biol.*, 38, 127–130.
- Dauber J., Purtauf T., 2007. A multi-scale analysis of the relative importance of habitat features and landscape context on species richness of carabids, [in:] Schröder B., Reuter H., Reiniking B. (Eds.) *Multiple scales and scaling in ecology. Serie Theorie in der Ökologie*, Vol. 12, Peter Lang Verlag, Frankfurt, 63–67.
- Dauber J., Purtauf T., Allspach A., Frisch J., Voigtländer K., Wolters V., 2005. Local versus landscape controls on diversity: a test using surface-dwelling soil macroinvertebrates of differing mobility. *Global Ecol. Biogeogr.*, 14, 213–221.
- Denys C., Tschamtker T., 2002. Plant-insect communities and predator-prey ratios in field margin strips, adjacent crop fields, and fallows. *Oecologia*, 130, 315–324.
- Derpsch R., 2001. Conservation tillage, no-tillage and related technologies. *Proceedings, I World Congress on Conservation Agriculture*, Madrid, 1–5 October, 161–170.
- Derpsch R., Friedrich T., 2009. Development and Current Status of No-till Adoption in the World. *Proceedings on CD, 18th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO)*, June 15–19, 2009, Izmir, Turkey, 1–13.
- Digweed S.C., Currie C.R., Carcamo H.A., Spence J.R., 1995. Digging out the ‘digging in effect’ of pitfall traps: Influences of depletion and disturbance on catches of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Pedobiologia*, 39, 561–576.
- Dindal D.L., 1990. *Soil Biology Guide*. John Wiley, New York, NY, 1349.
- Dittmer S., Schrader S., 2000. Longterm effects of soil compaction and tillage on *Collembola* and straw decomposition in arable soil. *Pedobiologia*, 44, 527–538.
- Duffey E., 1978. Ecological strategies in spiders including some characteristics of species in pioneer and mature habitats. *Symp. Zool. Soc. London*, 42, 109–123.
- Dzienia S., Piskier T., Wereszczaka J., 1994. Wpływ uproszczonych sposobów uprawy gleby na nakłady energetyczne i plonowanie pszenżyta ozimego. *Zesz. Nauk. AR Szczecin, Rol.*, 18, 45–48.
- Edwards C.A., 1975. Effects of direct drilling on the soil fauna. *Outl. Agric.*, 8, 243–244.
- Emmerling C., 2001. Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Appl. Soil Ecol.*, 17, 91–96.

- Epperlein J., 2001. Development of the biological activity in different tillage systems. Proceedings of the I World Congress on Conservation Agriculture, Madrid – 1–5 October, 477–483.
- Farrar F.P., Crossley D.A., 1983. Detection of soil microarthropod aggregations in soybean fields, using a modified Tullgren extractor. *Environ. Entomol.*, 12, 1303–1309.
- Ferguson H.J., McPherson R.M., 1985. Abundance and diversity of adult Carabidae in four soybean cropping systems in Virginia. *J. Entomol. Sci.*, 20, 163–171.
- Filser J., Fromm H., 1995. The vertical distribution of Collembola in an agricultural landscape. *Pol. Pismo Entomol.*, 64, 99–112.
- Fischer A., Dworecki Z., Morkowski A., 2006. Analiza porównawcza tradycyjnej i bezorkowej uprawy pszenicy ozimej. *J. Res. Applic. Agric. Engineer.*, 51, 23–25.
- Frampton G.K., 1997. The potential of Collembola as indicators of pesticide usage: Evidence and methods from the UK arable ecosystem. *Pedobiologia*, 41, 179–184.
- Frank T., Nentwig W., 1995. Ground dwelling spiders (Araneae) in sown weed strips and adjacent fields. *Acta Oecologica*, 16, 179–193.
- Freckman D.W., Ettema C.H., 1993. Assessing nematode communities in agroecosystems of varying human intervention. *Agric. Ecosyst. Envir.*, 45, 239–261.
- Gallandt E.R., Molloy T., Lynch R.P., Drummond F.A., 2005. Effect of cover-cropping systems on invertebrate seed predation. *Weed Sci.*, 53, 69–76.
- Gallo J., Pekar S., 1999. Winter wheat pests and their natural enemies under organic farming system in Slovakia: effect of ploughing and previous crop. *J. Pest Sci.*, 72, 31–36.
- Gardner S.M., 1991. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) communities on upland heath and their association with heathland flora. *J. Biogeogr.*, 18, 281–289.
- Gebhardt M.R., Daniel T., Schweizer E.E., Allmaras R.R., 1985. Conservation tillage. *Science*, 230, 625–630.
- González F.P., Giraldez J.V., Fereres E., Martín I., Varela A., 1989. Is sunflower suited for zero tillage dry farming?, [in:] Proceedings of the 12th International Sunflower Conference, vol. 1, Novi Sad, Yugoslavia, 372–377.
- Górny M., 1975. Zoekologia gleb leśnych. PWRiL, Warszawa.
- Gruttke H., Weigmann G., 1990. Ecological studies on the carabid fauna (Coleoptera) of a ruderal ecosystem in Berlin, [in:] N.E. Stork (ed) The role of ground beetles in ecological and environmental studies, Andover: Intercept, 181–9.
- Hance T., 2002. Impact of cultivation and crop husbandry practices, [in:] The agroecology of carabid beetles, Intercept Ltd., Andover, Hampshire, 231–249.
- Hance T., Gregoire-Wibo C., 1987. Effect of agricultural practices on carabid populations. *Acta Phyto. Entomol. Hun.*, 22, 147–60.
- Hance T., Gregoire-Wibo C., Lebrun Ph., 1990. Agriculture and ground-beetles populations. *Pedobiologia*, 34, 337–346.
- Harrison S.K., Regnier E.E., 2003. Postdispersal predation of giant ragweed (*Ambrosia trifida*) seed in no-tillage corn. *Weed Sci.*, 51, 955–964.
- Hassink J., Oude Voshaar J.H., Nijhuis E.H., van Veen J.A., 1991. Dynamics of the soil microbial populations of a reclaimed-polder soil under a conventional and reduced-input farming system. *Soil Biol. Biochem.*, 23, 515–524.

- Hatten T.D., Bosque-Perez N.A., Johnson-Maynard J., Eigenbrode S.D., 2007. Tillage differentially affects the capture rate of pitfall traps for three species of carabid beetles. *Ent. Exp. Appl.*, 124, 177–184.
- Hay R.K.M., 1977. Effects of no-tillage, direct drilling and nitrogen fertilizer on soil temperature in winter. I. *Soil Sc.*, 28, 403–409.
- Heimbach U., Garbe V., 1995. Effects of reduced tillage systems in sugar beet on predatory and pest arthropods. *Acta Jutl.*, 71, 195–208.
- Heldsingen P.J., 2005. Fauna Europea: Araneae. Fauna Europea version 1.2. www.fauna-europea.org.
- Hendrix P.F., Parmelee R.W., Crossley D.A., Coleman D.C. Jr., Odum E.P., Groffman P.M., 1986. Detritus Food Webs in Conventional and No-Tillage Agroecosystems. *BioScience*, 36, 74–380.
- Hengeveld R., 1979. The analysis of spatial patterns of some ground beetles (Col. Carabidae), [in:] R.M. Cormack and J.K. Ord (eds) *Spatial and Temporal Analysis in Ecology*, Fairland: International Co-operative Publishing House, 333–46.
- Hengeveld R., 1980a. Food specialization in ground beetles: an ecological or phylogenetic process? (Coleoptera, Carabidae). *Neth. J. Zool.*, 30, 585–594.
- Hengeveld R., 1980b. Polyphagy, oligophagy and food specialization in ground beetles (Coleoptera, Carabidae). *Neth. J. Zool.*, 30, 564–584.
- Hermann L., 2001. Catalog of the Staphylinidae (Insecta: Coleoptera). 1758 to the end of the second Millenium. VI. Staphylininae group (part 3). *Bull. Am. Mus. Nat. Hist.*, 265, 3021–3839.
- Herzog D.C., Funderburk J.E., 1986. Ecological bases for habitat management and pest cultural control, [in:] M. Kogan (ed.) *Ecological theory and integrated pest management practice*, Wiley&Sons, New York-Chichester-Brisbane-Toronto-Singapore, 236.
- Hesler L.S., Berg R.K., 2003. Tillage impacts cereal-aphid (Homoptera: Aphididae) infestations in spring small grains. *J. Econ. Entomol.*, 96, 1792–1797.
- Holland J.M., Luff M.L., 2000. The effects of agricultural practices on Carabidae in temperate agroecosystems. *Integ. Pest Manag. Rev.*, 5, 109–129.
- Holland J.M., Reynolds C.R., 2003. The impact of soil cultivation on arthropod (Coleoptera and Araneae) emergence on arable land. *Pedobiologia*, 47, 181–191.
- Holland M.J., 1998. The effectiveness of exclusions barriers for polyphagous predatory arthropods in wheat. *Bull. Entomol. Res.*, 88, 305–310.
- Holland M.J., 2002. The agroecology of carabid beetles. *Intercept*, Andover, 1–344.
- Holland M.J., 2004. The environmental consequences of adopting conservation tillage in Europe: reviewing the evidence. *Agric. Ecos. Environ.*, 103, 1–25.
- Holopainen J.K., Bergman T., Hautala E.L., Oksanen J., 1995. The ground beetle fauna (Coleoptera: Carabidae) in relation to soil properties and foliar fluoride content in spring cereals. *Pedobiologia*, 39, 193–206.
- Honek A., 1988. The effect of crop density and microclimate on pitfall trap catches of Carabidae, Staphylinidae (Coleoptera), and Lycosidae (Araneae) in cereal fields. *Pedobiologia*, 32, 233–42.

- Honek A., Saska P., Martinkova Z., 2006. Seasonal variation in seed predation by adult carabid beetles. *Ent. Exp. Appl.*, 118, 157–162.
- House G.J., All J.N., 1981. Carabid beetles in soybean agrosystems. *Environ. Entomol.*, 10, 194–196.
- House G.J., Del Rosario Alzugaray M., 1989. Influence of cover cropping and no-tillage practices on community composition of soil arthropods in a North Carolina agroecosystem. *Environ. Entomol.*, 18, 302–307.
- House G.J., Parmelee R.W., 1985. Comparison of soil arthropods and earthworms from conventional and no-tillage agroecosystems. *Soil Till. Res.*, 5, 351–360.
- Hülsmann A., Wolters V., 1998. The effects of different tillage practices on soil mites, with particular reference to Oribatida. *Appl. Soil Ecol.*, 9, 327–332.
- 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.
- Hůrka K., 1996. *Carabidae* of the Czech and Slovak Republics. Kabourek, Zlin, 565.
- Huusela-Vesitola E., 1996. Effects of pesticide use and cultivation techniques on ground beetles (Col., Carabidae) in cereal fields. *Ann. Zool. Fenn.*, 33, 197–205.
- Irmeler U., 2003. The spatial and temporal pattern of carabid beetles on arable fields in northern Germany (Schleswig-Holstein) and their value as ecological indicators. *Agric. Ecosys. Environ.*, 98, 141–151.
- Jabłoński B., Świętochowski B., Krężel R., 1993. *Technologia uprawy roli*, [w:] *Ogólna uprawa roli i roślin* (pr. zbiorowa), PWRiL, 132–209.
- Jasińska Z., Kotecki A., 1999. *Szczegółowa uprawa roślin*. Pr. zbior. WAR, Wrocław.
- Jaworska T., 1996. Zgrupowanie biegaczowatych (Carabidae, Coleoptera) na pszenicy ozimej i jarej odchwaszczanej herbicydami. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 36, 76–78.
- Jeanneret Ph., Schüpbach B., Pfiffner L., Walter Th., 2003. Arthropod reaction to landscape and features in agricultural landscapes. *Landscape Ecology*, 18, 253–263.
- Jögar K., Metspalu L., Hiiesar K., 2004. Abundance and dynamics of wolf-spiders (Lycosidae) in different plant communities. *Agron. Res.*, 2, 145–152.
- Jordan D., Miles R.J., Hubbard V.C., Lorenz T., 2004. Effect of management practices and cropping systems on earthworm abundance and microbial activity in Sandborn Field: a 115-year-old agricultural field. *Pedobiologia*, 48, 99–110.
- Jorgensen H.B. Toft S., 1997. Role of granivory and insectivory in the life cycle of the carabid beetle *Amara similata*. *Ecol. Entom.*, 22, 7–15.
- Jura C., 2002. *Bezkęgowce. Podstawy morfologii funkcjonalnej, systematyki i filogenezy*. PWN Warszawa, 496–525.
- Juraj H., Cady A.B., Uetz G.W., 2000. Modular habitat refuge enhances generalist predators and lowers? Plant damage in soybeans. *Environ. Entomol.*, 29, 383–393.
- Kabacik-Wasylik D., 1978. *Biegaczowate*, [w:] *Biologiczne metody walki ze szkodnikami*, red. J. Boczek i J.J. Lipa, PWN, Warszawa, 225–240.
- Kasprzak K., Niedbała W., 1981. *Wskaźniki biocenotyczne stosowane przy porządkowaniu i analizie danych w badaniach ilościowych*, [w:] *Metody stosowane w zoologii gleby*, red. Górny M., Grům L., PWN Warszawa, 397–409.

- Kendall D.A., Chinn N.E., Glen D.M., Wiltshire C.W., Winstone L., Tidboald C., 1995. Effects of soil management on cereal pests and their natural enemies, [in:] D.M. Glen, M.P. Greaves, H.M. Anderson (eds.), *Ecology and Integrated Farming Systems*, London: Wiley, 83–102.
- Kiritani K., 1979. Pest management in rice. *Ann. Rev. Entomol.*, 24, 279–312.
- Kladivko E.J., 2001. Tillage systems and soil ecology. *Soil Till. Res.*, 61, 61–76.
- Kordas L., 1996. Wpływ stosowania siewu bezpośredniego w uprawie buraka cukrowego na niektóre właściwości fizyczne i chemiczne gleby (wstępne wyniki badań). *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.*, 303, 123–130.
- Kordas L., 1997. Wpływ siewu bezpośredniego na plonowanie i zachwaszczenie buraka cukrowego i pszenicy ozimej. *Bibl. Fragm. Agron.*, 3, 85–90.
- Kordas L., 1999a. Energochłonność i efektywność różnych systemów uprawy roli w zmianowaniu. *Fol. Univ. Agric. Stetin., Agricultura*, 195, 74, 47–52.
- Kordas L., 1999b. Wpływ stosowania siewu bezpośredniego na nakłady energetyczne i plonowanie pszenicy ozimej. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.*, 367, 135–139.
- Kordas L., 2000. Studia nad optymalizacją uprawy buraka cukrowego na glebie średniej. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rozpr.*, 386, 5–95.
- Kordas L., 2002. Nowe tendencje w uprawie roli, [w:] Uproszczenia w uprawie roli i roślin jako forma zwiększania efektywności produkcji roślinnej. *Mat. Konf. AR Wroc.*, 16–24.
- Kordas L., 2009. Efektywność ekonomiczna różnych systemów uprawy roli w uprawie pszenicy po sobie. *Fragm. Agron.*, 26, 42–48.
- Kordas L., Idkowiak M., 2004. Ocena wpływu wieloletniego stosowania tradycyjnej uprawy roli i siewu bezpośredniego w uprawie pszenicy jarej na właściwości fizyczne gleby. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Rol.* LXXXV, 487, 69–75.
- Körner H., 1990. Der Einfluss der Pflanzenschutzmittel auf die Faunenvielfalt der Agrarlandchaft (unter besonderer Berücksichtigung der Gliederfüßler der Oberfläche der Felder). *Bayerisches Landwirtschaftliches Jahrbuch*, 67, 375–496.
- Kromp B., 1999. Carabid beetles in sustainable agriculture: a review on pest control efficacy, cultivation impacts and enhancement. *Agric. Ecos. Environ.*, 74, 187–228.
- Krooss S., Schaefer M., 1998. The effect of different farming systems on epigeic arthropods: a five-year study on the rove beetle fauna (Coleoptera: Staphylinidae) of winter wheat. *Agric. Ecosys. Environ.*, 69, 121–133.
- Larsen T., Schjønning P., Axelsen J., 2004. The impact of soil compaction on euedaphic Collembola. *Appl. Soil Ecol.*, 26, 273–281.
- Lavelle P., 1997. Faunal activity and soil processes: adaptive strategies that determine ecosystem function, [in:] Begon M. (ed.), *Advances in ecological research*, Academic Press, New York, 93–132.
- Lee J.C., Menalled F.D., Landis D.A., 2001. Refuge habitats modify impact of insecticide disturbance on carabid beetle communities. *J. Appl. Ecol.*, 38, 472–483.
- Lee K.E., 1991. The diversity of soil organisms, [in:] *The biodiversity of microorganisms and invertebrates: its role in sustainable agriculture*, (eds. D.L. Hawksworth), CAB International Wallingford, 73–88.

- Levine E., 1993. Effect of tillage practices and weed management on survival of stalk borer (Lepidoptera: Noctuidae) in no-till corn. *J. Econ. Entomol.*, 86, 924–928.
- Lorenz W., 1998. Systematic list of extant ground beetles of the World (Insecta Coleoptera 'Geadephaga': Trachypachidae and Carabidae incl. Paussinae, Cicindelinae, Rhysodinae), Tutzing, Germany, 503.
- Lövei G.L., Sunderland K.D., 1996. Ecology and behaviour of ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Ann. Rev. Ent.*, 41, 231–256.
- Luff M.L., 1987. Biology of polyphagous ground beetles in agriculture. *Agric. Zool. Rev.*, 2, 237–278.
- Luff M.L., 1996. Use of carabids as environmental indicators in grasslands and cereals. *Ann. Zool. Fenn.*, 33, 185–95.
- Luff M.L., Sanderson R.A., 1992. Analysis of data on cereal invertebrates. MAFF Report, London, 39.
- Lys J.A., Nentwig W., 1991. Surface activity of carabid beetles inhabiting cereal fields. *Pedobiologia*, 35, 129–138.
- Łuczak J., 1979. Spiders in agrocenoses. *Pol. Ecol. Stud.*, 1, 151–200.
- Magurran A., Blackwell Publishing, 2004. Oxford, UK, Measuring biological diversity.
- Małecka I., Blecharczyk A., Pudelko J., 2004. Możliwości uproszczeń w uprawie roli pod jęczmień jary. *Acta Sci. Pol., Agricultura*, 3, 89–96.
- Mansour F., Heimbach U., 1993. Evaluation of lycosid, micryphantid and linyphiid spiders as predators of *Rhopalosiphum padi* (Hom.: Aphididae) and their functional response to prey density – laboratory experiments. *Entomophaga*, 38, 79–87.
- Mansour F., Richman D.B., Whitcomb W.H., 1983. Spider management in agroecosystems: habitat manipulation. *Environ. Manag.*, 7, 43–49.
- Marasas M.E., Sarandon S.J., Cicchino A.C., 2001. Changes in arthropod functional group in wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. *Appl. Soil Ecol.*, 18, 61–68.
- Marc P., Canard A., 1997. Maintaining spider biodiversity in agroecosystems as a tool in pest control. *Agric. Ecos. Environ.*, 62, 229–235.
- McLaughlin A., Mineau P., 1995. The impact of agricultural practices on biodiversity. *Agric. Ecos. Env.*, 55, 201–212.
- Metzke M., Potthoff M., Quintern M., Heß J., Joergensen R.G., 2007. Effect of reduced tillage systems on earthworm communities in a 6-year organic rotation. *Eur. J. Soil Biol.*, 43, 209–215.
- Millar L.C., Barbercheck M.E., 2001. Interactions between endemic and introduced entomopathogenic nematodes in conventional and no-till corn. *Biol. Cont.*, 22, 235–245.
- Moore J.C., Snider R.J., Robertson L.S., 1984. Effects of different management systems on Collembola and Acarina in corn production systems. *Pedobiologia*, 26, 143–152.
- Moore J.C., Walter D.E., Hunt H.W., 1988: Arthropod regulation of micro- and mesobiota in below-ground detrital food webs. *Ann. Rev. Entomol.*, 33, 419–439.

- Moreby S.J., Aebischer N.J., Southway S.E., Sotherton N.W., 1994. A comparison of the flora and arthropod fauna of organically grown winter wheat in Southern England. *Ann. Appl. Ecol.*, 125, 13–27.
- Murphy P.W., 1956. A modified funnel method for extracting soil meiofauna. *Trans. 6th Int. Congr. Soil Sci., Paris*, 255–262.
- Neave P., Fox C.A., 1998. Response of soil invertebrates to reduced tillage systems established on a clay loam soil. *Appl. Soil Ecol.*, 9, 423–428.
- Nentwig W., 1982. Epigeic spiders, their potential prey and competitors: relationship between size and frequency. *Oecologia*, 55, 130–136.
- Newton A.F., Thayer M.K., Ashe J.S., Chandler D.S., 2000. Staphylinidae, [in:] Arnett R.H., Thomas M.C. (eds.) *American Beetles*. Vol. 1. Boca Raton, Florida: CRC Press, 272–418.
- Nyffeler M., Benz G., 1987. Spiders in natural pest control: A review. *J. Appl. Entomol.*, 103, 321–339.
- Nyffeler M., Benz G., 1988. Feeding ecology and predatory importance of wolf spiders (*Pardosa* spp.) (Araneae, Lycosidae) in winter wheat fields. *J. Appl. Entomol.*, 106, 123–134.
- Opyrczałowa J., 1970. Gleba jako środowisko życia owadów. *Ochr., Rośl.*, 9, 17–20.
- Pałosz T., 1995. Intensywne technologie w rolnictwie a fauna biegaczowatych. *Ochrona Roślin*, 5, 8.
- Pałys E., Kraska P., Kuraskiewicz P., 2003. Wpływ systemów uprawy roli na masę resztek poźniwnych jęczmienia jarego uprawianego na rędzinie. *Annales UMCS, Sec. E*, 58, 93–99.
- Parylak D., 2004. Possibilities of root and stem base diseases limitation in continuous wheat under conventional tillage and no-tillage system. *J. Plant Prot. Res.*, 44, 141–146.
- Parylak D., 2005. Produkcyjne skutki upraszczania uprawy roli w monokulturze pszenicy ozimej. *Bibl. Frag. Agron.*, 9, 113–114.
- Petersen H., 2002. Effects of non-inverting deep tillage vs. conventional ploughing on collembolan populations in an organic wheat field. *Eur. J. Soil Biol.*, 38, 177–180.
- Pielou E.C., 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *J. Theor. Biol.*, 13, 131–144.
- Płaskowska E., Matkowski K., Moszczyńska E., Kordas L., 2002. Wpływ sposobu uprawy na zdrowotność pszenicy jarej. *Zesz. Nauk. AR Wroc., Roln.*, 445, 207–215.
- Ponge J.F., Gillet S., Dubs F., Fedoroff E., Haese L., Sousa J.P., Lavelle P., 2003. Collembolan communities as bioindicators of land use intensification. *Soil Biol. Bioch.*, 35, 813–826.
- Pudelko J., Wright D., Śpitalniak J., 1996. Wybrane poglądy na uproszczenia uprawowe w południowo-wschodnich stanach USA. *Rocz. Nauk Rol. AR Poznań, Rol.*, 48, 85–99.
- Purvis G., Fadl A., 1996. Emergence of Carabidae (Coleoptera) from pupation: a technique for studying the 'productivity' of carabid habitats. *Ann. Zool. Fenn.*, 33, 215–223.

- Purvis G., Fadl A., 2002. The influence of cropping rotations and soil cultivation practice on the population ecology of carabids (Coleoptera: Carabidae) in arable land. *Pedobiologia*, 46, 452–474.
- Radecki A., 1986. *Studia nad możliwością zastosowania siewu bezpośredniego na czarnych ziemiach właściwych*. Wyd. SGGW, Warszawa.
- Rainio J., Niemelä J., 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. *Biodiver. Conserv.*, 12, 487–506.
- Rasmussen K.J., 1999. Impact of ploughless soil tillage on yield and soil quality: A Scandinavian review. *Soil Till. Res.*, 53, 3–14.
- Rodríguez E., Fernando-Anero F.J., Ruiz P., Campos M., 2006. Soil arthropod abundance under conventional and no tillage in Mediterranean climate. *Soil Till. Res.*, 85, 229–233.
- Ruf A., 1998. A Maturity Index for predatory soil mites (Mesostigmata: Gamasina) as an indicator of environmental impacts of pollution on forest soils. *Appl. Soil Ecol.*, 9, 447–452.
- Ruiter P.C., Moore J.C., Zwart K.B., Bouwman L.A., Hassink J., Bloem J., DeVos J.A., Marinissen J.C.Y., Didden W.A.M., Lebbink G., Brussaard L., 1993. Simulation of nitrogen mineralisation in the below ground food webs in two winter wheat fields. *J. Appl. Ecol.*, 30, 93–106.
- Samways M.H., 1992. Some comparative insect conservation issues of north temperate, tropical and south temperate landscapes. *Agric. Ecos. Environ.*, 40, 137–154.
- Sanderson R.A., Rushton S.P., Cherrill, A.J., Byrne J.P., 1995. Soil, vegetation and space: an analysis of their effects on the invertebrate communities of a moorland in North-East England. *J. Appl. Ecol.*, 32, 506–16.
- Scheu S., 2003. Effects of earthworms on plant growth: patterns and Perspectives. *Pedobiologia*, 47, 846–856.
- Seastedt T.R., 1984. The role of microarthropods in decomposition and mineralisation processes. *Ann. Rev. Entomol.*, 29, 25–46.
- Shannon C.E., 1948. A mathematical theory of communication. *Bell System Technical Journal*, 27, 379–423, 623–656.
- Simpson E.H., 1949. Measurement of diversity. *Nature*, 163, 688.
- Smolis A., Twardowski J., 2006. Notes on *Pseudachorutes pratensis* Rusek, 1973 (Collembola: Neanuridae: Pseudachorutinae), a springtail species new for the Polish fauna. *Pol. Pismo Entomol.*, 75, 343–346.
- Speight M.R., Lawton J.H., 1976. The influence of weed cover on the mortality imposed on artificial prey by predatory ground beetles in cereal fields. *Oecologia*, 23, 211–23.
- Sprague M.A., Triplett G.B. (eds.), 1986. *No tillage and surface tillage agriculture*, New York, Wiley, 467.
- Steen E., 1983. Soil animals in relation to agricultural practices and soil productivity. *Swed. J. Agric. Res.* 13, 157–165.
- Stinner B.R., House G.J., 1990. Arthropods and other invertebrates in conservation-tillage agriculture. *Ann. Rev. Ent.*, 35, 299–318.

- Stinner B.R., McCartney D.A., Ven Doren Jr. D.M., 1988. Soil and foliage arthropod communities in conventional, reduced and no-tillage corn (maize, *Zea mays* L.) systems: A comparison after 20 years of continuous cropping. *Soil Till. Res.*, 11, 147–158.
- Sumner D.R., Doupnik B. Jr., Boosalis M.G., 1981. Effects of reduced tillage and multiple cropping on plant diseases. *Ann. Rev. Phytopathol.*, 19, 167–187.
- Szymona J., 1993. Uprawa roli, [w:] *Rolnictwo ekologiczne. Od teorii do praktyki*, red. Sołtysiak, U., Stowarzyszenie Ekoland, 131–137.
- Tebrügge F., Düring R.A., 1999. Reducing tillage intensity – a review of results from a long-term study in Germany. *Soil Till. Res.*, 53, 15–28.
- Thiele H.U., 1977. *Carabid beetles and their environments*. Berlin: Springer-Verlag.
- Thorbek P., Bilde T., 2004. Reduced numbers of generalist arthropod predators after crop management. *J. Appl. Ecol.*, 41, 526–538.
- Tietze F., 1985. Veränderungen der Arten- und Dominanzstruktur in Laufkäfertaxozöosen (Coleoptera – Carabidae) bewirtschafteter Graslandökosysteme durch Intensivierungsfaktoren. *Zool. Jaar. Syst.*, 112, 367–82.
- Tørresen K.S., Skuterud R., Tandsæther H.J., Hagemo M.B., 2003. Long-term experiments with reduced tillage in spring cereals. I. Effects on weed flora, weed seed-bank and grain yield. *Crop Prot.* 22, 185–200.
- Triplett G.B., Dick W.A., 2008. No-tillage crop production: A revolution in agriculture! *Agronomy Journal*, 100, 153–165.
- Twardowski J., 2002. Wpływ zwiększonego zróżnicowania roślinnego w agrocenozach na populacje fitofagów i owadów pożytecznych. Praca doktorska. AR Wrocław. Katedra Ochrony Roślin, Zakład Entomologii Rolniczej, AR Wrocław.
- Twardowski J., 2004a. Łokaś garbatek – nowy problem w ochronie zbóż na Opolszczyźnie. *Kurier Rolniczy*, 3, 7.
- Twardowski J., 2004b. Zabiegi rolnicze zagrożeniem dla organizmów glebowych. *Ekologia*, 11, 4–6.
- Twardowski J., 2006. Aphids and their natural enemies infesting winter wheat in various tillage systems. *Aphids and other hemipterous insects*, Monograph. 12, 175–183.
- Twardowski J., 2008. Wpływ uproszczonej uprawy roli na mezofaunę glebową plantacji kukurydzy. *Prog. Plant Protection/Post. Ochr. Roślin*, 48, 371–375.
- Twardowski J., Hurej M., Jaworska T., 2006. An effect of strip-management on carabid beetles on sugar-beet crop. *J. Plant Prot. Res.*, 46, 1–11.
- Twardowski J., Pastuszko K., 2008. Siedliska brzeżne w agrocenozie pszenicy ozimej jako rezerwuary pożytecznych biegaczowatych (Col. Carabidae). *Journal of Research and Application in Agricultural Engineering*, 53(4), 123–127.
- Twardowski J., Smolis A., Kordas L., 2004. Wpływ różnych systemów uprawy roli na faunę glebową. *Badania wstępne. Annales UMCS*, 59, 817–824.
- Twardowski J.P., 2006. The effects of non-inversion tillage systems in winter oilseed rape on ground beetles (Coleoptera: Carabidae). *Proceedings, International Symposium on integrated pest management in oilseed rape*, Gottingen, Germany, 3–5 April, 2006. Electronic version only.

- Tyler B.M. J., Ellis. C.R., 1979. Ground beetle in three tillage plots in Ontario and observations on their importance as predators of the northern corn rootworm, *Diabrotica longicornis* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Proceedings of the Entomological Society of Ontario*, 110, 65–73.
- Usher M.B., 1975. Aggregation responses of soil arthropods in relation to the soil environment. In: Anderson J.M., MacFayden A. (Eds.), *The role of terrestrial and aquatic organisms in decomposition processes*, 61–93.
- Vickermann G.P., Coombes D.S., Turner G., Mead-Briggs M., Edwards J., 1987. The effect of pirimicarb, dimethoate, and deltamethrin on Carabidae and Staphylinidae in winter wheat. *Med. Facul. Land. Rijks., Gent.*, 52, 231–223.
- Wallwork J.A., 1976. *The distribution and diversity of soil fauna*. Acad. Press, London.
- Weiss M.J., Balsbaugh E.U., French E.W., Hoag B.K., 1990. Influence of tillage management and cropping systems on ground beetle (Coleoptera: Carabidae) fauna in the northern Great Plains. *Envir. Entomol.*, 19, 1388–1391.
- Werner M.R., Dindal D.J., 1990. Effect of conversion to organic agricultural practices on soil biota. *Am. J. Alternat. Agric.*, 5, 24.
- Wiech K., 1993. Wpływ współrzędnej uprawy późnej kapusty z koniczyną białą i fasolą szparagową na występowanie szkodliwej i pożytecznej entomofauny. *Zesz. Nauk. AR Kraków, Rozprawa habilitacyjna*, 177, 1–64.
- Winchester N., 1999. Identification of potential monitored elements and sampling protocols for terrestrial arthropods. <http://www.abmp.arc.ab.ca>.
- Winter J.P., Voroney R.P., Ainsworth D.A., 1990. Soil microarthropods in long-term no tillage and conventional tillage corn production. *Can. J. Soil Sci.*, 70, 641–653.
- Wise D.H., Snyder W.E., Tuntinbunpakul P., Halaj J., 1999. Spiders in decomposition food webs of agroecosystems: theory and evidence. *J. Arachnol.*, 27, 363–370.
- Witkowski T., Łosiński J., 1986. Wpływ czterech insektycydów na skoczogonki (Collembola) pól buraczanych. *Stud. Soc. Sci Tor.*, E, 5, 29–47.
- Young O., Edwards G., 1990. Spiders in United States field crops and their potential effect on crop pests. *J. Arachnol.*, 18, 1–27.

Wpływ uproszczeń w uprawie roli pod pszenicę ozimą na zgrupowania stawonogów epigeicznych i glebowych

Streszczenie

Głównym celem pracy było porównanie liczebności, różnorodności gatunkowej, zmian w sezonowej dynamice oraz struktury ekologicznej stawonogów epigeicznych (Carabidae, Staphylinidae, Araneae) oraz mezofauny glebowej (Collembola, Acari), w trzech systemach uprawy roli: tradycyjnej, uproszczonej i zerowej. Doświadczenie prowadzono w dwóch miejscowościach na Dolnym Śląsku, w latach 2003–2007, w dwóch okresach wegetacji, tj. jesienią i wiosną–latem. Pola doświadczalne pszenicy ozimej należały do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu oraz gospodarstw indywidualnych. Do realizacji celów badawczych użyto po cztery pułapki Barbera na każdym z trzech obiektów. Do wypłaszania mezofauny glebowej wykorzystano aparaty Tullgrena.

Uzyskane wyniki wskazują na silne pozytywne oddziaływanie uproszczeń w uprawie roli na liczebność i różnorodność biotyczną Carabidae. Jest prawdopodobne, że stanowisko nieuprawiane bądź uprawa spłycona zwiększały ich liczebność i bioróżnorodność, wyraźnie zwłaszcza bezpośrednio po wykonaniu zabiegów. Nie wykazano istotnej zmiany w strukturze dominujących gatunków. Różnorodność gatunkowa Carabidae w okresie jesiennym była zdecydowanie różna od okresu wiosenno-letniego. Do najliczniej oznaczanych gatunków jesienią należały: *Notiophilus aquaticus*, *Trechus quadristriatus*, *Calathus fuscipes* oraz *Bembidion femoratum*, natomiast wiosną: *Poecilus cupreus*, *Harpalus affinis*, *Ophonus brevicollis*, *Bembidion properans* i *Pterostichus melanarius*. Większość odłowionych chrząszczy to gatunki zoofagiczne, które mogą być ważnymi wrogami naturalnymi szkodników. Zarówno chrząszcze kusakowate, jak i pająki odławiane do pułapek Barbera były najliczniejsze w uproszczonej metodzie uprawy roli. Siew bezpośredni pszenicy nie powodował wyraźnych zmian w liczbie obu badanych grup stawonogów.

Liczebność skoczogonków była silnie uzależniona od sposobu uprawy roli. W okresie jesiennym, w każdym roku badań, Collembola liczniej występowały w glebie uprawianej w systemie uproszczonym. W okresie wiosennym najwięcej skoczogonków oznaczono zarówno w glebie uprawianej w systemie zerowym, jak i uproszczonym. Spektrum gatunkowe Collembola oznaczanych w poszczególnych latach, porze roku i kombinacjach doświadczenia było bardzo zróżnicowane. Jesienią najwięcej oznaczono *Micranurida pigmaea* oraz *Pogonognathellus longicornis*, zaś wiosną: *Mesaphorura macrochaeta*, *Hypogastrura assimilis*, *Isotoma viridis* i *Ceratophysella succinea*.

Bogactwo gatunkowe skoczogonków wzrastało w przypadku uproszczeń w uprawie roli. W większości terminów liczebność roztoczy była największa w glebie uprawianej w systemie zerowym w porównaniu do uprawy tradycyjnej. Najliczniejszymi wśród roztoczy były z reguły saprofagiczne mechowce – Oribatida.

W badaniach stwierdzono, że liczebność i bioróżnorodność pożytecznych organizmów epigeicznych oraz glebowych zwiększa się w uprawie roli w technologii bezorkowej. Można zatem proponować uproszczone metody uprawy roli do praktyki jako bliskie proekologicznym ideom, zwłaszcza w gospodarstwach stosujących integrowane zasady produkcji rolniczej.

Słowa kluczowe: uproszczenia w uprawie roli, siew bezpośredni, pszenica ozima, Carabidae, Staphylinidae, Arachnida, Collembola, Acari

The effect of reduced tillage systems in winter wheat crop on the assemblages of epigeal and soil arthropods

Summary

The main goal of the study was to compare the abundance, the species diversity, the seasonal dynamics and the ecological structure of epigeal arthropods (Carabidae, Staphylinidae, Araneae) as well as that of soil mesofauna (Collembola, Acari) in three tillage systems: conventional, reduced and zero-tillage. The experiment was conducted at two localities in Lower Silesia, Poland, in 2003–2007, in two seasons: autumn and spring–summer time. Experimental winter wheat fields belonged to Wrocław University of Environmental and Life Sciences and to individual farmers. To accomplish the objectives of the study four pitfall traps in each of the three habitats were used. Soil mesofauna was extracted using Tullgren apparatus, as modified by Murphy.

The results of the experiment reveal a strong positive effect of no-tillage system on the abundance and biodiversity of Carabidae. It is likely that the stand of winter wheat tilled using the non-inversion system provided the investigated fauna with the most favourable conditions (less disturbed habitat), especially shortly after sowing time. No apparent differences were detected with the respect to the species composition of most numerous ground beetles between the treatments. On the other hand, the species diversity in autumn was significantly different from the composition of these insects recognized in spring and summer. Most often recorded ground beetles species in autumn time were: *Notiophilus aquaticus*, *Trechus quadristriatus*, *Calathus fuscipes* and *Bembidion femoratum*, and in spring–summer time: *Poecilus cupreus*, *Harpalus affinis*, *Ophonus brevicollis*, *Bembidion properans* and *Pterostichus melanarius*. Majority of the recorded beetles are zoophagous species and they therefore can be important biocontrol agents. Both rove beetles and spiders caught to pitfall traps were most abundant in the reduced tillage system. Direct sowing did not clearly affect these two groups of arthropods.

The abundance of springtails was strongly affected by reducing soil tillage. The mean number of these arthropods was significantly higher when zero-tillage system was used, compared to both the conventional and reduced tillage. Species structure of Collembola varied between the seasons. The most numerous species were: *Mesaphorura macrochaeta*, *Hypogastrura assimilis*, *Isotoma viridis* and *Ceratophysella succinea*. In autumn, the greatest numbers of *Micranurida pigmaea* and *Pogonognathellus longicornis* were recorded as well. Species richness of springtails expressly increased with the reduced tillage. Similarly, mite populations were apparently adversely affected by ploughing.

In contrary, they were found in large numbers in no-tillage system, and were scarcely present in simplified tillage system. The Oribatida group was most abundant in all the treatments. Less numerous were Mesostigmata, Prostigmata and Astigmata.

The research revealed the greatest abundance and biodiversity of beneficial epigeal and soil fauna in reduced tillage systems. They can importantly affect harmful organisms on winter wheat crop, as well as contribute to the higher quality of the arable soil. Therefore, such a practice, as closely related to ecological ideas, can be offered particularly to farms using principles of integrated agricultural production (IPM).

Key words: reduced tillage, direct sowing, winter wheat, Carabidae, Staphylinidae, Arachnida, Collembola, Acari