PROGRESS IN PLANT PROTECTION
58 (2): 115-128, 2018
ISSN 1427-4337

DOI: 10.14199/ppp-2018-014
Published online: 18.05.2018

Received: 19.12.2017 / Accepted: 27.02.2018

Flower strips as rarely used in Poland tool for enhancement of Integrated Pest Management in cultivated fields, and for enlargement of biodiversity in agricultural areas

Kwietne pasy: rzadko stosowane w Polsce narzędzie wzmacniania integrowanej ochrony roślin uprawnych oraz zwiększania różnorodności biologicznej na terenach rolniczych

Krzysztof Kujawa[1]*, Zdzisław Bernacki[1], Ewa Arczyńska-Chudy[1], Krzysztof Janku[1], Jerzy Karg[2], Jolanta Kowalska[3], Maria Oleszczuk[1], Paweł Sienkiewicz[4], Dariusz Sobczyk[1], Hanna Weyssenhoff[1]

Summary

Intensification of agriculture causes the impoverishment of landscape and biological diversity. This is related to the deterioration of the ability to provide ecosystem services by farmland habitats. Maintaining a diversified agricultural landscape structure is crucial for sustainable agriculture. However, till now agri-environmental measures (AES) address this need to an insufficient extent. For example, in Poland AES omit establishing of flower strips (FS) – an effective and widespread method of attracting and supporting many species of insects and spiders, which are natural enemies of crop pests. This environmentally friendly farming technique is practically unknown and unutilized practice in Poland, despite its easy application. The article discusses the species composition of plants in flower strips, fundamentals of FS functioning, and their importance as animal habitats, effectiveness in the reduction of harmful insects, the effect of FS on yield, and legal and organizational aspects of FS in Europe.

Key words: flower strips; IPM; biodiversity; agricultural areas; agri-environmental measures; greening CAP

Streszczenie

Intensyfikacja rolnictwa powoduje zmniejszanie się różnorodności krajobrazowej i biologicznej terenów rolniczych. Z tym wiąże się pogorszenie możliwości świadczenia usług ekosystemowych przez elementy krajobrazu rolniczego. Utrzymanie urozmaiconej struktury krajobrazu rolniczego jest kluczowe dla prowadzenia zrównoważonej gospodarki rolnej. Programy rolno-środowiskowe uwzględniają tę potrzebę w stopniu niewystarczającym. Na przykład do tej pory w Polsce programami wsparcia nie jest objęte zakładanie kwietnych pasów (KP) – skuteczna i możliwa do powszechnego zastosowania metoda przywabiania wielu gatunków owadów i pająków – czyli naturalnych wrogów szkodników upraw. Jest to praktyka prawie nieobecna w Polsce pomimo łatwości jej stosowania. W artykule omówiono skład gatunkowy roślin w KP, mechanizmy działania KP i ich znaczenie jako siedlisk zwierząt, efektywność w redukcji owadów szkodliwych, wpływ KP na plon oraz prawno-organizacyjne aspekty zakładania KP w Europie.

Słowa kluczowe: kwietne pasy; IPM; różnorodność biologiczna; tereny rolnicze; programy rolno-środowiskowe; zazielenienie Wspólnej Polityki Rolnej

[1]Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego Polskiej Akademii Nauk, Bukowska 19, 60-809 Poznań
[2]Uniwersytet Zielonogórski, Wydział Biologii, Szafrana 1, 65-516 Zielona Góra
[3]Instytut Ochrony Roślin – Państwowy Instytut Badawczy, Władysława Węgorka 20, 60-318 Poznań
[4]Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu, Katedra Entomologi i i Ochrony Środowiska, Dąbrowskiego 159, 60-594 Poznań
*corresponding author: krzysztof.kujawa@isrl.poznan.pl

The Polish Society of Plant Protection
The Institute of Plant Protection – National Research Institute

Wstęp / Introduction

Konflikt między intensyfikacją produkcji rolnej a wymogami ochrony środowiska i przyrody / A conflict between an intensification of agricultural production and need for environment and nature protection

Od wielu lat na świecie, w tym w Polsce, obserwuje się trend zwiększania ilości produkowanej żywności. Spowodowane jest to rosnącą liczbą ludności oraz wzrostem zamożności społeczeństw. W związku z tym utrzymuje się presja na zwiększanie areału gruntów przeznaczonych do rolniczego wykorzystania oraz na zwiększanie plonu roślin uprawnych. Konsekwencją tych zjawisk jest intensyfikacja produkcji rolnej. Wzrasta udział terenów uprawnych, upraszczana jest struktura krajobrazu i agrocenoz poprzez na przykład likwidację zadrzewień, zakrzewień, miedz, cieków i drobnych zbiorników wodnych. Postępuje także chemizacja rolnictwa, polegająca m.in. na wprowadzaniu nowych pestycydów, zwiększaniu częstości ich stosowania oraz następuje upraszczanie płodozmianu, niemalże do upraw monokulturowych. Wszystkie te działania osłabiają biocenotyczne mechanizmy regulacyjne oparte na różnorodności organizmów bytujących w krajobrazie rolniczym. W rezultacie intensyfikacji rolnictwa obserwuje się szereg negatywnych zjawisk. Jednym z nich jest zmniejszanie się różnorodności biologicznej terenów rolniczych (Sala i wsp. 2000; Ryszkowski i wsp. 2002; Fischer i Lindenmayer 2007) jako konsekwencja zmniejszenia się zróżnicowania siedlisk (Stoate i wsp. 2001; Dauber i wsp. 2003). Przekłada się to na występowanie zaburzeń w funkcjonowaniu krajobrazu rolniczego jako całości (Ryszkowski 1987, 1990; Ryszkowski i Karg 1996; Swift i wsp. 1996; Negri 2005).

Warto zauważyć, że współcześnie osiąganie wysokich plonów stoi z reguły w sprzeczności z trzema innymi, podstawowymi potrzebami człowieka, które są kluczowe w kontekście trwałego i zrównoważonego rozwoju:

a) korzystania z żywności o wysokiej jakości,
b) czerpania korzyści z usług ekosystemowych w zakresie utrzymania różnorodności biologicznej, w tym także w tej części, od której zależy dobrobyt ludzi (m.in. odpowiedniej ilości zapylaczy, i gatunków pożytecznych umożliwiających stosowanie wymaganej prawnie integrowanej ochrony roślin),
c) utrzymywania usług ekosystemowych w zakresie ochrony środowiska i klimatu (mała retencja, oczyszczanie wód, ochrona przed erozją wietrzną, łagodzenie ekstremów pogodowych, itp.).

Powyższe problemy i oczekiwania społeczne są już zdiagnozowane i uwzględniane w dokumentach politycznych różnych szczebli zarówno międzynarodowych, jak i krajowych. Również w społeczeństwach Unii Europejskiej dostrzeżono konieczność powstrzymania spadku różnorodności biologicznej, a służyć temu ma między innymi tzw. „zazielenienie" Wspólnej Polityki Rolnej (Matthews 2013), które obowiązuje producentów rolnych w Polsce od 2015 roku. Zazielenienie stało się obowiązkowym komponentem systemu płatności bezpośrednich, składającym się z trzech praktyk: dywersyfikacji upraw, utrzymania trwałych użytków zielonych, utrzymania tzw. obszarów „proekologicznych". Obowiązujące Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1307/2013 z dnia 17 grudnia 2013 r. przewiduje jednak szereg wyłączeń z wymogu spełniania praktyk zazielenienia (np. w gospodarstwach ekologicznych). W zależności od powierzchni posiadanych w gospodarstwie gruntów ornych oraz udziału trwałych użytków zielonych, rolnicy są zobowiązani do przestrzegania jednej, dwóch lub trzech praktyk zazielenienia, ale w pewnych przypadkach mogą być z tego całkowicie zwolnieni. Natomiast rolnicy gospodarujący na obszarach Natura 2000 lub na gruntach objętych tzw. ramową dyrektywą wodną mogą otrzymywać płatność za zazielenienie, jednak pod warunkiem realizacji działań zgodnie z celami dyrektywy ptasiej, siedliskowej oraz ramowej dyrektywy wodnej.

Pomimo różnych zachęt do urozmaicania terenów rolniczych, grunty orne są praktycznie wyłączone z działań mających na celu trwałe różnicowanie struktury krajobrazu, które powinny polegać na planowym wprowadzaniu środowisk marginalnych (tzn. niewykorzystywanych rolniczo elementów z półnaturalną pokrywą roślinną, jak miedze, zadrzewienia lub zakrzewienia). Tymczasem to właśnie grunty orne stanowiące większość (74%) użytków rolnych i około 40% powierzchni Polski (GUS 2016), poddane są dużej presji agrotechnicznej i ich stan oddziałuje także na inne, położone w sąsiedztwie typy siedlisk. Wobec powyższego istnieje pilna potrzeba wypracowania i wdrażania w Polsce działań zmierzających do urozmaicania krajobrazu, które przyczyniłyby się do zachowania lub podniesienia poziomu różnorodności biologicznej, a dzięki temu zwiększyłyby możliwości świadczenia usług ekosystemowych przez tereny rolnicze.

Kwietne pasy jako element urozmaiconego krajobrazu rolniczego / Flower strip as an element of diversified agricultural landscape

Urozmaicona struktura krajobrazu rolniczego jest powszechnie uznana za warunek konieczny dla osiągnięcia równowagi między prowadzeniem intensywnej, wysoko wydajnej gospodarki rolnej oraz zachowaniem dużej różnorodności biologicznej (Benton i wsp. 2003) przy utrzymaniu usług ekosystemowych na odpowiednim poziomie (Stoate i wsp. 2009). Zróżnicowanie ekosystemów rolnych zaliczane jest do najbardziej obiecujących strategii kontrolowania szkodników i chorób roślin (Costanzo i Bárberi 2014).

Jednym ze sposobów urozmaicania terenów zdominowanych przez pola uprawne jest zakładanie kwietnych pasów (ang. flower strips lub sown weed strips) – praktyka prawie niestosowana w Polsce pomimo stosunkowo małych kosz-

tów i łatwości jej wprowadzania. Tworzenie i utrzymywanie pasów gruntu (np. na granicach pól) obsianych odpowiednią mieszanką gatunków roślin obficie i długotrwale kwitnących to prosta i skuteczna metoda przywabiania różnych gatunków owadów i pająków jako naturalnych wrogów wielu szkodników upraw (Pfiffner i Wyss 2004).

Kwietne pasy mogą stanowić istotny element integrowanej ochrony roślin uprawnych, przyczyniając się w ten sposób do zmniejszenia presji agrotechnicznej na środowisko, co zostało omówione w niniejszym artykule. Wynika to z różnorodności występujących w kwietnych pasach roślin, złożonej struktury środowiska (dzięki morfologicznemu zróżnicowaniu poszczególnych gatunków) oraz zapewniania przez nie trwałej i równomiernej okrywy roślinnej gruntu. Takie cechy środowiska sprzyjają występowaniu wielu pożytecznych gatunków (Haaland i wsp. 2011; Dib i wsp. 2012; Hurej i wsp. 2015; Hatt i wsp. 2017), a w rezultacie zwiększają się możliwości stosowania biologicznej kontroli szkodników upraw i tym samym – ograniczania stosowania insektycydów.

Cel artykułu / Aim of the paper

Do tej pory zainteresowanie kwietnymi pasami w Polsce było znikome, co wynikało m.in. z braku wsparcia finansowego dla ich zakładania i utrzymywania. W związku z tym istnieje pilna potrzeba przeprowadzenia szerokiej, uwzględniającej różnych odbiorców, kampanii informacyjnej w celu upowszechnienia tej bardzo przyjaznej dla środowiska praktyki rolniczej.

Głównym celem niniejszego artykułu jest przedstawienie najważniejszych informacji dotyczących stosowania kwietnych pasów w krajach Unii Europejskiej, badań nad ich skutecznością, a także praktycznych informacji na temat zakładania pasów i zasad ich pielęgnowania. W artykule zaprezentowano doświadczenia ze Szwajcarii, Wielkiej Brytanii, Niemiec, Holandii, Francji, Szwecji, Włoch i Brazylii. Oparto go na wybranych wynikach badań, mających znaczenie dla zilustrowania potencjału, jaki tkwi w kwietnych pasach oraz ich roli w biologicznej ochronie roślin uprawnych czy w ochronie różnorodności biologicznej terenów rolniczych.

Cele zakładania kwietnych pasów w obrębie pól uprawnych i podstawowe mechanizmy ich działania / The purpose of creating of flower strips in cultivated fields and basic mechanisms of their functioning

Głównym celem zakładania kwietnych pasów jest wzbogacenie fauny pól uprawnych w gatunki korzystne z punktu widzenia gospodarki rolnej. Można wyróżnić dwie funkcjonalne grupy takich gatunków: (i) zwierzęta zmniejszające zagęszczenie populacji szkodników upraw oraz (ii) zwierzęta zapylające rośliny, w tym mające znaczenie gospodarcze. Do grupy pierwszej należą pasożytnicze owady, tj. parazytoidy, owady drapieżne oraz pająki. Drugą grupę stanowią owady odżywiające się pyłkiem lub nektarem. Dzięki obfitej bazie pokarmowej (obecności kwitnących roślin) oraz powstałym względnie trwałym, niepodlegającym zabiegom agrotechnicznym siedliskom, kwietne pasy pozytywnie wpływają na rozwój, rozmnażanie i zimowanie wymienionych grup bezkręgowców. W rezultacie obecność kwietnych pasów przyczynia się do zmniejszenia zagęszczenia populacji szkodników upraw, a tym samym – do zmniejszenia ilości i/lub częstości stosowania insektycydów. Kwietne pasy mogą przyczyniać się także do zwiększenia zagęszczenia innych zwierząt, niż te wyżej wymienione, które także odżywiają się szkodnikami i mogą w ten sposób stanowić ważny element biologicznej ochrony roślin uprawnych. Do takich zwierząt należą ptaki i drobne ssaki, a także liczne bezkręgowce inne niż owady i pająki (np. wije).

Innym celem zakładania kwietnych pasów jest konieczność zachowania lub zwiększania różnorodności biologicznej, zwłaszcza owadów, których zasoby bardzo szybko maleją (Hallmann i wsp. 2017), szczególnie na terenach rolniczych.

Skład gatunkowy roślin w kwietnych pasach / Plant species composition in flower strips

Podstawowym założeniem przy doborze gatunków roślin w kwietnych pasach jest maksymalizacja ich skuteczności w przywabianiu i utrzymaniu bezkręgowców przez cały okres wegetacyjny oraz poza nim. Dobór gatunków roślin stosowanych w kwietnych pasach powinien uwzględniać szczególnie wymagania pożądanych gatunków owadów, wspomagających integrowaną ochronę roślin. Na przykład parazytoidy z rodzin Braconidae i Ichneumonidae jako imagines wymagają źródła pyłku i nektaru, stanowiących dla nich uzupełniający pokarm. Mieszanki nasion muszą być przy tym opracowane tak, aby sprzyjały naturalnym wrogom szkodników, a nie samym szkodnikom (Winkler i wsp. 2009). To oznacza, że dobierane powinny być rośliny szczególnie korzystne dla gatunków regulujących populacje szkodników, a wykluczane rośliny, których pyłkiem lub nektarem chętnie żywią się szkodniki. Zasadą dla kształtowania składu gatunkowego pasów powinna być ponadto ich atrakcyjność dla wyżej wymienionych grup zwierząt, utrzymująca się przez jak najdłuższy okres w trakcie sezonu wegetacyjnego. Dlatego gatunki stosowane w kwietnych pasach należy wybierać tak, by maksymalnie zróżnicować okresy kwitnienia. Tak dobrane

mieszanki roślin kwitnących są korzystne zarówno dla parazytoidów, jak i dla zapylaczy (Fiedler i Landis 2007a, b; Tuell i wsp. 2008).

Inną przesłanką dla odpowiedniego kształtowania składu gatunkowego pasów jest zapewnienie miejsc rozrodu i zimowania dla gatunków drapieżnych owadów, m.in. chrząszczy z rodziny Carabidae (Haaland i Gylin 2011; Nicholls i Altieri 2013; Westphal i wsp. 2015) i pająków (Ditner i wsp. 2013). Wskazane jest również, aby kwietne pasy złożone były głównie z gatunków rodzimych. Wymagania glebowe gatunków roślin stosowanych w kwietnych pasach nie mają w warunkach Polski dużego znaczenia, ponieważ pola uprawne zlokalizowane są przeważnie na glebach wykształconych na siedliskach grądowych, a siedlisko to stanowi warunki odpowiednie do rozwoju dużej liczby gatunków roślin potencjalnie istotnych z punktu widzenia funkcji pełnionych przez kwietne pasy. Można założyć, że w większości przypadków powinny być to gatunki zbiorowisk zastępczych dla grądów z klasy Trifoliogeranitea i Stelarietea, a na najuboższych siedliskach – gatunki suchych muraw z klasy Festuco-Brometea, będące zbiorowiskami zastępczymi dla borów świeżych. Wiele gatunków charakterystycznych dla wymienionych syntaksonów [np. chaber bławatek (*Centaurea cyanus*), driakiew gołębia (*Scabiosa columbaria*) czy też liczne gatunki z rodziny baldaszkowatych (Apiaceae)], spełnia warunek atrakcyjności dla licznych owadów. Znajduje to potwierdzenie w dotychczasowych badaniach, w których gatunki te są wykazywane jako pożądane w pasach kwietnych (Haaland i Gyllin 2011; Uyttenbroeck i wsp. 2015; Tschumi i wsp. 2016). Podsumowując doświadczenia z innych krajów, przy zakładaniu i utrzymywaniu kwietnych pasów należy przede wszystkim uwzględnić obecność:

a) roślin obficie kwitnących, wytwarzających znaczną ilość nektaru i pyłku, np. *Fagopyrum esculentum*, *Hypericum perforatum* oraz liczne gatunki z rodziny Apiaceae,
b) roślin zróżnicowanych pod względem długości życia, np.:
   – gatunki jednoroczne (m.in. *C. cyanus*, *F. esculentum*, *Agrostemma githago*, *Papaver dubium*, *Papaver rhoeas*),
   – gatunki dwuletnie (m.in. *Cichorium intybus*, *Echium vulgare*, *Pastinaca sativa*, *Verbascum nigrum*, *Malva sylvestris*),
   – gatunki wieloletnie (m.in. *Achillea millefolium*, *Eryngium campestre*, *Knautia arvensis*, *Centaurea jacea*), przy czym udział tych grup pod względem liczby gatunków powinien być zrównoważony,
c) gatunków o różnym okresie i długości kwitnienia:
   – wcześnie kwitnące, np. *Anthriscus silvestris*, *Anthylis vulnelaria*,
   – późno kwitnące, np. *Anchusa arvensis*, *C. intybus*,
   – kwitnące przez długi okres: *C. cyanus*, *A. millefolium*.

Szerokość, zagęszczenie oraz położenie kwietnych pasów / Width, density and location of flower strips

Według propozycji zawartych w Encyklopedii Entomologicznej (Capinera 2008) szerokość kwietnych pasów powinna wynosić 3–8 m. Zalecenia te wynikają z obserwowanej zależności między szerokością środowisk pasowych a liczbą taksonów tam występujących, w tym trzmieli (Rosenzweig 1995; Ma i wsp. 2002; Haaland i Gyllin 2010). Rekomenduje się także, aby pasy stanowiły 5–10% terenów rolniczych przy odległości między pasami nie większej niż 100 m (Abivardi 2008).

Abivardi (2008) zaleca także, aby kwietne pasy stanowiły elementy łączące inne fragmenty środowisk niewykorzystywanych rolniczo. Dzięki temu oprócz zapewnienia siedliska dla poszczególnych gatunków, w tym pożytecznych owadów, mogą współtworzyć system połączonych ze sobą elementów półnaturalnych korytarzy ekologicznych, wpisując się w system ochrony różnorodności biologicznej także na poziomie genetycznym.

Kwietne pasy jako siedliska zwierząt / Flower strips as habitats for animals

Zapylacze / Pollinators

Pasy kwietne odwiedzane są przez owady pełniące różne funkcje biocenotyczne. Wśród nich są także gatunki antofilne czyli odżywiające się pyłkiem lub nektarem. Dla części z nich (zob. rozdział „Parazytoidy") jest to pokarm uzupełniający, natomiast w przypadku typowych, najważniejszych zapylaczy (np. pszczołowatych) stanowi on podstawę ich diety. Motyle odwiedzają pasy kwietne głównie ze względu na obecność nektaru, ale także roślin żywicielskich dla larw, co sprawia, że są one dla wielu gatunków siedliskiem zastępczym, decydującym o możliwości ich przetrwania w krajobrazie rolniczym.

Dzięki temu, że kwietne pasy utworzone są z wielu, kwitnących w różnych miesiącach, gatunków roślin nektarodajnych, stanowią one ważne siedlisko zastępcze dla pszczołowatych. W rezultacie znacznie może się zwiększyć różnorodność i liczebność tej grupy owadów, w tym gatunków ważnych ze względów gospodarczych (pszczoły miodnej), a także zwiększają się możliwości skutecznej ochrony niektórych gatunków zagrożonych, jak na przykład pszczół samotnic i wielu gatunków trzmieli. Warto podkreślić, że trzmiele są aktywne już wczesną wiosną, kiedy temperatura powietrza i gruntu jest jeszcze niska, dlatego ich obecność jest bardzo ważna dla rozmnażania się roślin kwitnących

w tym okresie. Do najpospolitszych trzmieli, a tym samym zapylaczy ważnych ze względu na ich dużą liczebność, możemy zaliczyć trzmiela ziemnego (*Bombus terrestris*), trzmiela łąkowego (*Bombus pratorum*) i trzmiela kamiennika (*Bombus lapidarius*), dla których kwietne pasy stanowią bazę pokarmową i miejsce gniazdowania (Halland i Gyllin 2010).

Atrakcyjność kwietnych pasów dla owadów zapylających potwierdzono w badaniach prowadzonych w kilku krajach. Na przykład w kantonie Fryburg (Szwajcaria) na 25 kwietnych pasach odnotowano 25 z 38 występujących w tym regionie gatunków motyli (Haaland i wsp. 2011), a w innych badaniach przeprowadzonych w Szwajcarii w kwietnych pasach wystąpiło 21 spośród 31 gatunków występujących na terenach uprawnych (Aviron i wsp. 2011). W kwietnych pasach w Szwecji stwierdzono występowanie 18 gatunków motyli dziennych i 8 gatunków trzmieli (Haaland i Gyllin 2010). Jednocześnie liczba gatunków i zagęszczenie motyli na poszczególnych kwietnych pasach były znacząco wyższe niż na polach uprawnych, w środowiskach tworzących obrzeża pól, a nawet na ekstensywnie uprawianych łąkach (Feber i wsp. 1996; Aviron i wsp. 2007, 2011).

Obecność kwietnych pasów wpływa pozytywnie także na zagęszczenie owadów zapylających na sąsiednich polach uprawnych, co opisali Feltham i wsp. (2015), prowadząc badania na uprawach truskawek w Szkocji. Natomiast Aviron i wsp. (2011) stwierdzili dodatnią zależność między udziałem procentowym kwietnych pasów w krajobrazie a bogactwem gatunkowym motyli.

Atrakcyjność pasów kwietnych dla owadów zapylających zależy nie tylko od składu gatunkowego obecnych tam roślin, ale także od cech strukturalnych sąsiadujących z pasami środowisk. Kwietne pasy, którym towarzyszą krzewy, stwarzają stabilniejsze dla wielu owadów warunki środowiskowe, gdyż zapewniają schronienie przed wiatrem i nadmiernym słońcem oraz hamują rozprzestrzenianie się środków owadobójczych. Dotyczy to na przykład motyli dziennych, unikających silnego wiatru (Dover 1996). Pasy kwietne zakładane w różnych środowiskach, zarówno zbliżonych do naturalnych (np. na łąkach górskich), jak i silnie przekształconych przez człowieka (np. pola uprawne), znacząco poprawiają warunki dla występowania motyli i przywabiają również rzadkie gatunki (Haaland i wsp. 2011).

Według Haaland i Gyllin (2010) kwietne pasy sprzyjają zapylaczom również z tego powodu, że nie są tak często koszone, jak na przykład półnaturalne łąki użytkowe. Koszenie kwietnych pasów odbywa się nie częściej niż raz w roku. Tak rzadko prowadzone koszenie sprzyja szczególnie motylom, dla których ważny jest stały dostęp do nektaru.

Parazytoidy / Parasitoids

Parazytoidy są traktowane jako jeden z podstawowych elementów systemu biologicznej kontroli szkodników upraw (Hawkins i wsp. 1997), czego główną przyczyną jest bardzo duża różnorodność taksonomiczna i powszechne występowanie tej grupy owadów w krajobrazie. Według Waage i Hassell (1982) taki model życia występuje u gatunków reprezentujących 87 rodzin z pięciu rzędów owadów, a cytowani autorzy oceniali ich udział w liczbie wszystkich gatunków organizmów tkankowych na 10%. Do parazytoidów najważniejszych z punktu widzenia gospodarki rolnej, tj. udziału w biologicznym zwalczaniu szkodników roślin uprawnych, należą błonkówki z rodzin gąsieniczników (Ichneumonidae) i męczelkowatych (Braconidae), bleskotki z rodzin Eulophidae i Pteromalidae, muchówki z rodziny rączycowatych (Tachinidae), a także część gatunków z innych, mniej licznych rodzin: Proctotrupidae, Scelionidae, Ceraphronidae i Bethylidae. Wiele z nich atakuje larwy owadów, w tym gąsienice żerujące na roślinach uprawnych, a inne – poczwarki lub jaja.

Przykład dużego znaczenia parazytoidów w regulacji biocenotycznej stanowi analiza sieci troficznej z żarnowcem miotlastym (*Cytisus scoparius*) jako producentem materii organicznej, przeprowadzona w Anglii. Z żarnowcem związane były 153 gatunki zwierząt, z czego aż 66 to parazytoidy (odnotowano też 60 gatunków drapieżnych) (Memmott i wsp. 2000).

Przeżycie wielu gatunków owadów z grupy parazytoidów (np. błonkówek z rodzin Ichneumonidae i Braconidae, błonkówek z nadrodziny Chalcidoidea oraz muchówek z rodziny Tachinidae) zależy jednak nie tylko od obecności ich ofiar, ale także od pokarmu uzupełniającego, jakim jest na przykład nektar oraz pyłek roślin (Coll i Guershon 2002; Wäckers i wsp. 2005; Winkler i wsp. 2006). W związku z tym nawet małe fragmenty terenu z obficie kwitnącymi roślinami, w tym kwietne pasy, stanowią środowisko kluczowe dla utrzymywania się dużego zagęszczenia populacji owadów z tej grupy, umożliwiając ograniczenie zagęszczenia populacji szkodników roślin. Dodatkowo, obecne w kwietnych pasach gatunki roślin dwu- i wieloletnich mogą stanowić schronienie w okresie zimowej hibernacji, ponieważ wiele gatunków parazytoidów zimuje w stadium imago, wykorzystując puste wnętrza źdźbeł traw i łodyg roślin dwuliściennych (J. Karg – inf. ustna).

Korzystny wpływ obecności kwitnących roślin (w tym także rosnących w formie kwietnych pasów) na występowanie poszczególnych gatunków parazytoidów wykazywano wielokrotnie. Jervis i wsp. (1993), obserwując 32 gatunki roślin, stwierdzili obecność około 250 gatunków z 15 rodzin pasożytniczych błonkówek. W innych badaniach porównywano różnorodność lub zagęszczenie parazytoidów w kwietnych pasach oraz poza nimi. Na przykład w sadzie jabło-

niowym (we Francji) stwierdzono, że gatunki roślin w kwietnych pasach między rzędami drzew były odwiedzane przez zespół parazytoidów wielokrotnie częściej niż znajdujące się w sadzie inne rośliny i był to zespół znacznie bardziej różnorodny gatunkowo (Dib i wsp. 2012). Podobnie w badaniach przeprowadzonych w jabłoniowych sadach w Anglii zaobserwowano wielokrotnie (do 70 razy) więcej gatunków owadów z grupy naturalnych wrogów szkodników (w tym parazytoidów), niż na trawiastych powierzchniach kontrolnych (Campbell i wsp. 2017). Wiele przykładów pozytywnej roli kwietnych pasów dla parazytoidów dotyczy ocen wzrostu stopnia spasożytowania ofiar (np. larw bielinka kapustnika na polach z uprawą kapusty), co pośrednio również wskazuje na wzrost zagęszczenia populacji parazytoidów.

Drapieżne chrząszcze / Predatory beetles

Kwietne pasy są ważną ostoją dla jednej z najliczniejszych grup chrząszczy zamieszkującej pola uprawne, jakimi są biegaczowate (Coleoptera, Carabidae). Jest to istotna rodzina owadów ze względu na pełnione w agroekosystemach funkcje regulacji zagęszczenia populacji gatunków innych bezkręgowców, w tym owadów – szkodników roślin uprawnych. Grupa ta ma także znaczenie bioindykacyjne, wykorzystywane w ocenie różnych aspektów funkcjonowania ekosystemów (Rainio i Niemelä 2003). Spotykamy tu liczne gatunki drapieżne, hemizoofagiczne (odżywiające się pokarmem roślinnym i zwierzęcym w różnych proporcjach) oraz fitofagiczne. Drapieżne biegaczowate redukują w pewnym zakresie zagęszczenie populacji szkodników upraw, między innymi mszyc, muchówek, chrząszczy i motyli. Zjadają osobniki dojrzałe i będące w młodszych stadiach rozwojowych (Scherney 1955, 1959, 1961; Holland 2002; Sunderland 2002). Gatunki hemizoofagiczne konsumują często różne nasiona roślin, w tym także chwastów. Mogą więc przyczyniać się do redukcji ich liczebności i wpływać na skład gatunkowy (Tooley i Brust 2002).

W ostatnich latach z powodu zanikania na polach uprawnych miejsc ostojowych dla bezkręgowców również biegaczowate są silnie zagrożone wyginięciem (Holland 2007). Jest to wynik m.in. zmian w środowisku glebowym, zmianowania, nawożenia czy stosowania pestycydów (Hence 2002; Holland 2007), a w pierwszej kolejności zanikają populacje gatunków o wąskich specjalizacjach środowiskowych.

W celu utrzymania populacji gatunków z rodziny biegaczowatych oraz szeregu innych bezkręgowców (abstrahując od ich wpływu na gospodarkę rolną) należy utrzymać lub przywracać miejsca ostojowe dla fauny, będące dla niej schronieniem, środowiskiem potrzebnym do rozwoju larw, ze stosunkowo mało zaburzoną i skażoną glebą, miejscem zimowania, źródłem pokarmu po i podczas zabiegów wykonywanych na polu czy lokalnym korytarzem ekologicznym (Pfiffner i Luka 2000; Holland 2002, 2007). Tworzenie kwietnych pasów jest w tym kontekście dobrym, efektywnym rozwiązaniem (Pfiffner i Wyss 2004; Haaland i wsp. 2011; Hurej i wsp. 2015; Hatt i wsp. 2017). Im bardziej trwałe są takie elementy agrocenozy tym więcej pożytecznych stawonogów znajduje w nich swoje miejsce do życia (Frank i wsp. 2009), co jest zgodne z ogólnymi rekomendacjami dotyczącymi kwietnych pasów, aby były to elementy wieloletnie (Abivardi 2008).

Dla funkcjonowania kwietnych pasów jako ostoi drapieżnych chrząszczy, ale też i całego kompleksu innych drapieżników czy pasożytów agrofagów, znaczenie ma skład gatunkowy wysiewanych roślin. Niestety poza ogólnymi informacjami o korzystnym wpływie pasów kwietnych m.in. na Carabidae, nadal nie ustalono, jakie kombinacje mieszanek są najkorzystniejsze, choć pewne przesłanki znajdują się w publikacji Hatt i wsp. (2017). Istotne jest, aby mieszanki roślin stosowane w pasach były dostosowywane do warunków lokalnych.

Pająki / Spiders

Pająki, jako niewyspecjalizowane drapieżniki, odgrywają istotną rolę w naturalnej kontroli zagęszczenia populacji roślinożernych owadów, w tym szkodników roślin uprawnych. Ponieważ poszczególne rodziny pająków wykazują różnorodne sposoby zdobywania ofiar (część poluje aktywnie, a inne – za pomocą sieci łownych), to im większa różnorodność taksonomiczna pająków, tym większa różnorodność taksonomiczna zdobyczy. Jednym z warunków zachowania różnorodności pająków jest występowanie wielu rozmaitych środowisk o zróżnicowanych mikrosiedliskach. Czynnikami istotnymi dla większości gatunków pająków są: temperatura, wilgotność, nasłonecznienie, struktura roślinności oraz zaburzenia będące skutkiem antropopresji (Sunderland i Samu 2000).

Kwietne pasy wprowadzone do krajobrazu rolniczego zdominowanego przez rośliny uprawne reprezentują ważne i wartościowe środowiska dla pająków. Stanowią one miejsca zimowania i ośrodki rekolonizacji pól uprawnych na wiosnę (Lemke i Poehling 2002), a także umożliwiają części pająków przeżycie w okresach, gdy na polach prowadzone są zabiegi agrotechniczne. Zgrupowania pająków zasiedlające kwietne pasy charakteryzują się bogatszym składem gatunkowym niż te występujące na sąsiadujących z nimi polach uprawnych. Na przykład badania prowadzone przez Ditner i wsp. (2013) wykazały, że w obrębie kwietnego pasa sąsiadującego z uprawą kapusty średnia liczba gatunków oraz średnie zagęszczenie pająków były wielokrotnie wyższe niż w samej uprawie. Liczba gatunków wynosiła odpowiednio 54 i 28, a wskaźnik zagęszczenia – odpowiednio 2,4 i 1,6 osobników/pułapkę.

Wykazano, że obecność kwietnych pasów zwiększa zagęszczenie populacji i bogactwo gatunkowe pająków

w środowiskach sąsiadujących (Jeanneret i wsp. 2003; Schmidt-Entling i Döbeli 2009; Amaral i wsp. 2016; Ribeiro i Gontijo 2017). Na polach pszenicy przyległych do trwałych fragmentów krajobrazu, obsianych rodzimymi gatunkami roślin kwiatowych, stwierdzono wyższe zagęszczenie pająków należących do rodzin: pogońcowatych Lycosidae, worczakowatych Gnaphosidae i ukośnikowatych Thomisidae oraz młodych osobników pająków budujących spiralne sieci – krzyżakowatych Araneidae i kwadratnikowatych Tetragnathidae (Schmidt-Entling i Döbeli 2009). Według cytowanych autorów wymienione wyżej nieużytkowane rolniczo siedliska (także kwietne pasy) dostarczają kilku korzyści istotnych dla pająków. Przede wszystkim jest to brak zaburzeń spowodowanych koszeniem, które na polach skutkuje śmiertelnością lub ucieczką wielu osobników. Ponadto istnieje tam bogata, przestrzenna struktura roślinności oraz warstwa ściółki. Co ważne, obydwie te cechy utrzymują się przez cały rok. Obfitość ściółki sprzyja zimowaniu pająków, szczególnie epigeicznych (między innymi pogońcowatych Lycosidae i worczakowatych Gnaphosidae). Z kolei pająki budujące sieci łowne (na przykład krzyżakowate Araneidae) czerpią korzyści z rozbudowanej struktury roślin obecnych w kwietnych pasach jako miejsca przyczepu sieci. Obfitość kwiatów w obrębie kwietnych pasów może przywabiać dodatkową zdobycz, co podnosi efektywność żerowania pająków. Korzyść dla rolnictwa ze zwiększonej liczebności wyżej wymienionych rodzin pająków polega na bardziej efektywnej kontroli biologicznej szkodników upraw dzięki zwiększonej funkcjonalnej różnorodności pająków. W wyniku tego poszerza się spektrum i liczba ofiar pająków, w tym owadów roślinożernych. Pająki budujące spiralne sieci przyczyniają się na przykład do redukcji zagęszczenia pluskwiaków równoskrzydłych oraz prostoskrzydłych (Sanders i wsp. 2008).

Zagęszczenie populacji szkodników upraw w pobliżu pasów kwietnych może być redukowane również poprzez „przypadkowe" wpadanie ofiar w sieci pajęcze. Niektóre rodziny pająków, jak na przykład: Linyphiidae, Dictynidae, Theridiidae i Agelenidae nie odnawiają swoich sieci codziennie, lecz pozostawiają je. W takie starsze sieci wpada wiele owadów, choć nie są one zjadane przez pająki. Z drugiej strony w aktywne sieci łowne dużych gatunków krzyżakowatych wpada wiele drobnych owadów, jak mszyce czy przylżeńce, które przez pająki są ignorowane jako ofiary (Sunderland i Samu 2000), ale i tak przyczynia się to do zmniejszania zagęszczenia populacji tych grup owadów.

Ptaki / Birds

Obecność kwietnych pasów jest korzystna także dla innych grup zwierząt, np. ptaków. Jest to istotne ze względu na obserwowane w Europie zanikanie gatunków typowych dla krajobrazu rolniczego (O'Connor i Shrubb 1990; Tucker i Heath 1994; Tryjanowski i wsp. 2009; Żmihorski 2014).

W ramach prowadzonego w Szwajcarii krajowego programu rolno-środowiskowego, w latach 1996–1998 oceniono wpływ kwietnych pasów na reprodukcję skowronka (*Alauda arvensis*) (Weibel 1999). Stwierdzono, że zagęszczenie gniazd w kwietnych pasach było wyższe, niż na polach uprawnych. Liczba jaj w gnieździe (wielkość zniesienia) w terytoriach z kwietnymi pasami była statystycznie istotnie większa, niż w terytoriach bez nich (3,7 vs. 3,5). Tempo wzrostu młodych w terytoriach zawierających kwietne pasy było nieco wyższe. Jednak udatność lęgów (procent lęgów z co najmniej jednym ptakiem, który opuścił gniazdo) była dwa razy mniejsza niż w uprawach zbożowych (18 vs. 36%).

W innych badaniach, przeprowadzonych w Szwajcarii, pola uprawne wzbogacone elementami o znaczeniu ekologicznym (m.in. kwietnymi pasami) były preferowane przez kuropatwy (*Perdix perdix*), które po wypuszczeniu w ramach programu reintrodukcji osiedlały się w tej części obszaru, gdzie zagęszczenie kwietnych pasów było najwyższe (5,8% powierzchni). Także w analizie rozmieszczenia rodzinnych grup w cyklu rocznym wykazano znacząco intensywniejsze wykorzystywanie terenów z kwietnymi pasami w porównaniu do fragmentów krajobrazu bez kwietnych pasów, przy czym zagęszczenie kuropatw na polach uprawnych było tym większe im odległość od kwietnych pasów była mniejsza (Buner i wsp. 2005).

Pozytywny wpływ kwietnych pasów odnotowano także w badaniach prowadzonych w gajach oliwnych w strefie śródziemnomorskiej, w których wykazano dodatni wpływ pasów roślin zielnych wprowadzonych wśród drzew oliwnych na zagęszczenie i liczbę gatunków ptaków, zwłaszcza owadożernych (choć słabszy niż żywopłoty) (Castro-Caro i wsp. 2015).

Zakładanie kwietnych pasów na polach uprawnych może być także – dzięki efektom pośrednim – korzystne dla ptaków szponiastych i sów. Ze względu na małą presję agrotechniczną, zagęszczenie drobnych ssaków (zdobyczy obu wymienionych grup ptaków) w kwietnych lub zielnych pasach było według badań prowadzonych w Szwajcarii aż 8-krotnie większe, niż na polach uprawnych. Badania nad pustułką (*Falco tinnunculus*) i uszatką (*Asio otus*) wykazały, że oba drapieżniki żerowały częściej na tych fragmentach łąk, które sąsiadowały z kwietnymi lub zielnymi pasami. Przyczyną tego było prawdopodobnie przemieszczanie się norników – ofiar obu gatunków ptaków – z kwietnych lub zielnych pasów, gdzie ich zagęszczenie było bardzo wysokie, na przyległe łąki (Aschwanden i wsp. 2005).

Znaczenie obrzeży pól uprawnych (w tym kwietnych pasów) jako czynnika wpływającego na dietę pokarmową (osobników dorosłych i piskląt) zbadano także w przy-

padku skowronka. Stwierdzono, że młode w gniazdach położonych w pobliżu obrzeży pól (w tym kwietnych pasów) karmione były bardziej różnorodnym pokarmem zwierzęcym, niż w gniazdach w głębi pól uprawnych, a także użytkowanych łąk (Ottens i wsp. 2014).

W wielu badaniach podkreśla się konieczność różnicowania pasów roślinności zielnej w celu zwiększenia liczby żerowisk dla ptaków. Pasy z dominacją traw są najuboższe pod względem zasobów pokarmowych (roślinnych oraz zwierzęcych), ale dodanie domieszki roślin dwuliściennych może znacznie zwiększyć ilość i różnorodność pokarmu ptaków. Znaczenie kwietnych pasów może różnić się pomiędzy poszczególnymi okresami fenologicznymi. Dla ptaków zimujących najkorzystniejsza jest obecność roślin obfitujących w nasiona w okresie zimowym, a dla ptaków lęgowych najbardziej odpowiednie są pasy wielogatunkowe, tworzące bogatą strukturalnie darń, stanowiącą dogodne siedlisko dla wielu gatunków bezkręgowców. Ponieważ żaden skład gatunkowy roślin w pasach nie zapewnia jednocześnie optymalnych cech w okresie zimowym i lęgowym, powinno się zakładać w obrębie poszczególnych gospodarstw różnorodne kwietne pasy. Podkreśla się także potrzebę zakładania kwietnych i innych pasów roślinności zielnej w powiązaniu z innymi elementami półnaturalnymi, zwłaszcza z zakrzewieniami. Takie podejście przyczynia się do znacznego zwiększenia złożoności struktur półnaturalnych, które mogą znacznie poprawić warunki gniazdowania ptaków oraz efektywnego żerowania (Vickery i wsp. 2009).

Kwietne pasy jako narzędzie integrowanej ochrony roślin ograniczające presję szkodników upraw polowych i sadów owocowych / Flower strips as a mean of Integrated Pest Management: reduction of crop and fruit orchard pest abundance

Obecność naturalnych i półnaturalnych siedlisk w obrębie krajobrazu rolniczego jest niezbędna dla utrzymania równowagi pomiędzy populacjami owadów pożytecznych i owadów szkodliwych. W systemie intensywnego rolnictwa, w którym każdy fragment krajobrazu jest wykorzystany w produkcji rolniczej, a obszary naturalnego środowiska są bardzo silnie zredukowane (często poniżej 1% udziału powierzchniowego), notowane są najniższe wskaźniki różnorodności gatunkowej. W licznych badaniach (część z nich przedstawiono w niniejszym artykule) wykazano, że naturalni wrogowie mogą w znacznym stopniu powstrzymać rozwój populacji szkodników upraw, zatem stanowi to bardzo ważny element systemu ich zwalczania. Krajobraz rolniczy o dużej różnorodności, składający się z niewielkich pól uprawnych tworzących mozaikę z półnaturalnymi siedliskami, umożliwia utrzymanie większej liczby naturalnych wrogów szkodników i stwarza większe możliwości zwalczania owadów szkodliwych naturalnymi metodami. Omawiane zależności ekologiczne zostały w sposób syntetyczny zestawione w raporcie Greenpeace (2014). Naturalni wrogowie szkodników odgrywają kluczową rolę w skutecznym ich zwalczaniu, zarówno w ekologicznych systemach upraw, jak i w integrowanej ochronie roślin (Integrated Pest Managament – IPM). Zabiegi chemicznej ochrony roślin ograniczają zagęszczenie populacji naturalnych wrogów szkodników upraw i tym samym mogą stanowić źródło ciągłych problemów w ochronie roślin. Jedną z możliwości pobudzenia aktywności drapieżników i pasożytów w uprawach jest zwiększenie różnorodności gatunków roślin (Andow 1991). Ich wyższa różnorodność wpływa na wzrost różnorodności naturalnych wrogów szkodników ze względu na bardziej zróżnicowany łan (Dyer i Landis 1996; MacLeod i wsp. 2004).

Kwietne pasy są przykładem skutecznego narzędzia wspierającego tzw. funkcjonalną agrobioróżnorodność (Functional AgroBiodiversity – FAB) (ELN-FAB 2012). W niektórych krajach ich stosowanie jest już bardzo popularne. Zgodnie z przytoczonym tutaj raportem Greenpace (2014) w Holandii funkcjonuje aktualnie około 1000 kilometrów ukwieconych miedz. Rolnicy zachowują je i utrzymują ze względu na ich znaczenie w ochronie upraw przed szkodnikami, ale także biorą udział w ocenie skuteczności pasów, sprawdzając zagęszczenie populacji szkodników oraz ich naturalnych wrogów. W wyniku tych działań 85% rolników konwencjonalnych, spośród osób biorących udział w projekcie w 2012 roku, zmniejszyło ilość stosowanych insektycydów i zrezygnowało z opryskiwania profilaktycznego.

Istnieje wiele innych przykładów skutecznego zwalczania szkodników w rolnictwie dzięki obsianiu pasów gruntu dzikimi kwiatami. Warto tu przytoczyć trwające 3 lata eksperymentalne badania w Holandii, które wykazały, że wysiewanie wybranych gatunków jednorocznych na miedzach wzdłuż upraw pomidorów i pszenicy zwiększało zagęszczenie populacji naturalnych wrogów szkodników i zmniejszało zagęszczenie populacji mszyc (van Rijn i wsp. 2008).

W innym projekcie badawczym, także w Holandii, rolnicy wysiewali na miedzach jednoroczne i wieloletnie rośliny przy jednoczesnej ochronie półnaturalnych siedlisk w obrębie gospodarstw. W rezultacie zrezygnowano całkowicie z prowadzenia zabiegów ochronnych w pszenicy i w uprawie pomidorów w czterech spośród sześciu przebadanych sezonów (Bianchi i wsp. 2013b).

W gospodarstwie prowadzącym uprawę borówki w Michigan (USA) wysiewano kwiaty na miedzach, co zwiększyło populacje owadów zapylających. Dodatkowo kwiaty przyciągały naturalnych wrogów szkodników, takich jak osy, biedronki, złotooki i drapieżne chrząszcze, które zmniejszyły zagęszczenie populacji szkodników borówek. Działania te przyczyniły się do 80% oszczędności kosztów ponoszonych na zakup insektycydów (Conniff 2014).

We Francji, w ramach projektu Terrena Vision 2015, obsiewano pasy gruntu roślinami kwiatowymi w obrębie winnic, aby wspomagać naturalnych wrogów szkodnika winogron, należącego do rodziny zwójkowatych (Bianchi i wsp. 2013b). Wyniki innych badań w sadach i winnicach także potwierdzają korzyści z obsiewania pasów gruntu obficie kwitnącymi roślinami kwiatowymi (Pfiffner i Wyss 2004). Ostatnie z wymienionych badań (przeprowadzone w Szwajcarii) obejmowały 3 gatunki roślin, w tym chabry, które są zalecane do jednoczesnego wysiewania z uprawami kapusty, aby wspierać populację docelowych parazytoidów motyli będących głównymi szkodnikami tych upraw. Wybrano też wieloletnie rośliny kwitnące, które wspomagają populacje naturalnych wrogów szkodników w obrębie sadów jabłoniowych (Pfiffner i wsp. 2013).

Możliwości wykorzystania kwietnych pasów testowano także w sadach jabłoniowych w Czechach, gdzie wysiewano wybrane gatunki roślin nektarodajnych w pasach, między rzędami drzew. Pasy kwietne oddzielone były od siebie trzema rzędami drzew, a co sześć rzędów drzew wysiano koniczynę. W pierwszym roku badań zaobserwowano liczniejsze występowanie m.in. Syrphidae, Tachinidae i Ichnemuonidae w pasach kwietnych w porównaniu z pasem koniczyny. Omawiane badania potwierdziły, że spektrum naturalnych wrogów szkodników było związane ze składem gatunkowym roślin wysiewanych w pasach, takich jak: *A. silvestris*, *Saguisorba minor*, *A. millefolium*, *Daucus carota*, *Trifolium arvense*, *Arabis glabra* i *Lotus corniculatus* (Holy i wsp. 2016). Pasy kwiatowe mogą okazać się nieskuteczne w zwiększaniu populacji naturalnych wrogów szkodników i owadów zapylających, jeśli okoliczne pola są często opryskiwane insektycydami o szerokim spektrum działania lub jeśli istnieje niewiele obszarów o charakterze naturalnego lub półnaturalnego siedliska w otaczającym środowisku (Bianchi i wsp. 2013a).

Jednoroczne kwietne pasy o szerokości 3 m testowano także w badaniach przeprowadzonych Szwajcarii w celu promowania metod biologicznych w pszenicy ozimej. Kwietne pasy zasiano wzdłuż pól pszenicy ozimej położonych we fragmentach krajobrazu różniących się pod względem złożoności struktury (mierzonej udziałem powierzchni pól uprawnych) i porównano z polami kontrolnymi niepoddanymi takiemu zabiegowi. Na polach z kwietnymi pasami stwierdzono silne zmniejszenie zagęszczenia populacji skrzypionki zbożowej (*Oulema melanopa*) (larw o 40%, dorosłych drugiego pokolenia o 53%) oraz ograniczenie szkód przez nie spowodowanych (o 61%) w porównaniu z polami kontrolnymi. Naturalni wrogowie skrzypionki licznie występowali w kwietnych pasach, a częściowo także na polach sąsiednich. Potwierdzono zatem wysoką skuteczność jednorocznych kwietnych pasów w zwalczaniu szkodników – ich zagęszczenie zmniejszyło się do wartości poniżej progu ekonomicznie istotnego (Tschumi i wsp. 2015). Mieszanka nasion wykorzystana w tych badaniach przy zakładaniu kwietnych pasów składała się z następujących rocznych gatunków roślin: *Anethum graveolens* (Apiaceae), *Anthemis arvensis* (Asteraceae), *Anthriscus cerefolium* (Apiaceae), *C. cyanus* (Asteraceae), *Coriandrum sativum*, *F. esculentum* (Polygonaceae) i *P. rhoeas* (Papaveraceae) (Tschumi i wsp. 2015).

Przykładem znaczącego ograniczenia zagęszczenia populacji szkodników przez ich naturalnych wrogów w gospodarstwach ekologicznych są wyniki badań prowadzonych na polach uprawnych w południowych Niemczech (Krauss i wsp. 2011). W badaniu porównywano gospodarstwa ekologiczne i konwencjonalne, w których uprawiano pszenżyto na paszę dla zwierząt. Pola ekologiczne cechowały się pięciokrotnie większą różnorodnością gatunków roślin, dwudziestokrotnie większą różnorodnością gatunków owadów zapylających i trzykrotnie większą różnorodnością gatunków naturalnych wrogów szkodników. Z racji większego zagęszczenia naturalnych wrogów mszyc, zagęszczenie tych szkodników na polach w gospodarstwach ekologicznych było pięć razy mniejsze niż na polach konwencjonalnych. Dowiedziono w tym przypadku, że rolnictwo ekologiczne sprzyjało naturalnym wrogom szkodników i naturalnym metodom ich zwalczania. Badania wykazały też, że opryskiwanie konwencjonalnych zasiewów pszenżyta insektycydami w celu ograniczenia populacji mszyc skutecznie zmniejszało ich zagęszczenie tylko na bardzo krótki okres. Po dwóch tygodniach populacja mszyc gwałtownie rosła, a stosowane insektycydy miały długotrwały, negatywny wpływ na naturalne mechanizmy regulacji populacji pozostałych owadów.

Pasy kwietne a plon roślin uprawnych / Effect of flower strips on yield

O ile znaczenie pasów kwietnych dla zwiększenia różnorodności biologicznej obszarów rolnych i redukcji szkodników jest dobrze udokumentowane, to bezpośredni wpływ pasów na plon badano rzadko. Na przykład Blaauw i Isaacs (2014) wykazali znaczący wzrost plonu borówki na plantacji w Michigan. W czwartym roku po wprowadzeniu pasów kwietnych wzrost ten przekroczył 20% i zrównoważył koszty wprowadzenia kwietnych pasów. Pozytywny wpływ pasów na plon (wzrost o 10%) wykazano także w przypadku uprawy pszenicy ozimej (Tschumi i wsp. 2016), natomiast w przypadku uprawy ogórka wpływu pasów kwietnych na plon nie zaobserwowano (Quinn i wsp. 2017).

Prawno-organizacyjne aspekty zakładania kwietnych pasów w Europie / Legal and organizational aspects of flower strip use in Europe

Prowadzenie gospodarki rolnej przystosowanej do ochrony środowiska zawsze pociąga za sobą dodatkowe

koszty, a często powoduje również mniejsze zbiory (Ekroos i wsp. 2014). Nawet w przypadku kosztów pozwalających osiągnąć korzyści w perspektywie długoterminowej, pierwsza faza gospodarowania pochłania zazwyczaj koszty związane zarówno z koniecznymi inwestycjami, jak i z nakładami na zmienione praktyki gospodarowania. Dlatego dobrowolne instrumenty rolno-środowiskowe mające na celu ochronę przyrody, używane są przez rolników znacznie chętniej wtedy, kiedy otrzymają odpowiednie wsparcie finansowe. W krajach będących członkami Unii Europejskiej, istnieje wiele publicznych i prywatnych źródeł finansowania działalności związanej z utrzymaniem bioróżnorodności na obszarach rolniczych. Najbardziej powszechne są programy rolno-środowiskowe realizowane w ramach Wspólnej Polityki Rolnej. Wiele projektów związanych z ochroną bioróżnorodności może być zrealizowanych dzięki darowiznom fundacji, stowarzyszeń na rzecz ochrony przyrody, stowarzyszeń łowieckich i pszczelarskich oraz dzięki udziałowi organizacji rolnych.

Od wielu lat programy pomocowe zachęcają rolników w Unii Europejskiej do zachowania cennych siedlisk oraz tworzenia w obrębie gospodarstw nowych elementów krajobrazu, które korzystnie wpływają na jakość środowiska i plonów – w myśl zasady równowagi korzyści (poprawa stanu środowiska wpływa na jakość produkcji). Programy te są ciągle doskonalone i wyposażane w nowe elementy, a otrzymanie dopłat wymaga od rolników coraz większej wiedzy i zaangażowania. Świadome, zgodne ze ściśle określonymi wytycznymi, stosowanie środków ochrony roślin, ale przede wszystkim odpowiednia struktura upraw oraz proekologiczne kształtowanie gospodarstwa jest obecnie warunkiem otrzymania przez rolnika znaczącej unijnej pomocy finansowej.

W Polsce, a także w innych krajach Unii Europejskiej, od 2015 roku został wprowadzony nowy, obowiązkowy komponent systemu unijnych płatności bezpośrednich – tzw. „zazielenienie", czyli wymóg stosowania w gospodarstwie praktyk korzystnych dla bioróżnorodności i klimatu. Na mocy Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady nr 1307/2013 z dnia 17 grudnia 2013 r. ustalono nowe, ogólne zasady dopłat w rolnictwie. Każdy z krajów członkowskich po konsultacjach przyjął własną wersję (mieszczącą się w zasadach ogólnych) wymogów otrzymania płatności. Dopłaty unijne są instrumentem kształtowania rolnictwa – nagradzają wdrażanie polityki przyjętej przez Unię Europejską. Polska wybrała wariant, w którym rolnicy mają bogatszy wybór sposobów dotrzymania zobowiązania, co z jednej strony może być korzystne dla środowiska, ale z drugiej znacznie komplikuje kalkulacje.

Wyróżniono trzy formy „zazielenienia" rolnictwa:

- różnicowanie upraw (dywersyfikacja) w zależności od ilości gruntów ornych,
- utrzymywanie na obszarze gospodarstwa obszarów proekologicznych EFA (ecological focus area) – przyjaznych dla bioróżnorodności i klimatu; każde gospodarstwo powyżej 15 ha musi mieć minimum 5% obszarów EFA (optymalnie 15%),
- utrzymywanie trwałych użytków zielonych (minimum 5 lat). Na cennych przyrodniczo obszarach Natura 2000 nie wolno ich przekształcać.

Wcześniej, czyli przed rokiem 2015, zachętą do dbałości o wodę, glebę, różnorodność biologiczną i ochronę siedlisk były dopłaty uwzględniające konieczność stosowania w gospodarstwie pewnych minimalnych wymogów ujętych w tzw. zasadach wzajemnej zgodności (cross-compliance), w których istotną rolę odgrywała obecność na polach uprawnych takich elementów krajobrazu, jak miedze, strefy buforowe, rowy, zadrzewienia i zakrzaczenia, pojedyncze drzewa, oczka wodne, itp. Obecnie trwałe elementy krajobrazu są mniej atrakcyjnym wyborem dla rolników niż równoważne praktyki związane z uprawą – na przykład ugorowanie, czy uprawa wybranych roślin wiążących azot, z których otrzymuje się wielokrotny zysk (plon, dopłata do upraw paszowych lub strączkowych i dopłata do zazielenienia).

Zasady dotyczące zazielenienia są bardzo skomplikowane i dlatego wielu rolników wybiera najprostsze sposoby dotrzymania zobowiązań, zwłaszcza, jeśli chodzi o element EFA. Sama obecność w gospodarstwie różnego typu „ekologicznych" elementów nie gwarantuje możliwości zaliczenia ich do EFA, jeśli nie odpowiadają określonym kryteriom. Na przykład pas z trawami, który nie przylega bezpośrednio do cieku i gruntu rolnego, nie może być potraktowany jako strefa buforowa, a zagajniki o krótkiej rotacji (na biopaliwo) nie mogą być zaliczone jako elementy EFA, jeżeli rośnie w nich coś innego niż topola, wierzba albo brzoza.

Do skomplikowanego systemu „zazielenienia" rolnictwa nie włączono także rekomendowanych między innymi przez Międzynarodową Organizację ds. Biologicznej Kontroli Szkodników Upraw (International Organisation for Biological Control – IOBC) śródpolnych kwietnych pasów. Pomimo tego, że jak wyżej opisano, jest to efektywne narzędzie wspomagające integrowaną ochronę roślin, a tym samym (dzięki zmniejszeniu dawek pestycydów) ochronę gleb, wód oraz różnorodności biologicznej.

Klasyfikacja obszarów EFA jest niestety bardzo sztywna i przyjmowanie własnej interpretacji jest ryzykowne ze względu na konsekwencje finansowe grożące za nieodpowiednie określenie elementów zazielenienia w gospodarstwie. Większość dopłat i ich wielkość zależy od precyzyjnego spełnienia określonych w instrukcji warunków zazielenienia i niedotrzymanie tych warunków uniemożliwia skorzystanie z płatności bezpośrednich albo je ogranicza. W poprzednim systemie dopłat w ramach programu rolno-środowiskowego 2007–2013 istniała duża dowolność w kształtowaniu gospodarstwa, ponieważ różne pakiety były w zasadzie niezależne od siebie – premiowana była

obecność w gospodarstwie danego elementu (tym większa dopłata im więcej elementów o odpowiedniej powierzchni). Dzięki temu warto było mieć miedze, kwietne łąki, zadrzewienia, uprawy pożytkowe, itd. Niestety, obecnie łatwiej jest spełnić wymogi dotyczące EFA, wybierając warianty ściśle związane z produkcją (np. uprawy wiążące azot), niż wprowadzać trwałe elementy krajobrazu, dzięki którym krajobraz rolniczy zyskuje najwięcej. Według danych dotyczących wdrażania nowych zasad Wspólnej Polityki Rolnej na szczeblu krajowym tylko 5 państw (Francja, Holandia, Austria, Irlandia i Polska) wpisało na swoje listy obszarów proekologicznych proponowane przez Unię Europejską elementy krajobrazu (np. miedze, zagajniki, zadrzewienia, itp.), pozostałe kraje członkowskie zmniejszyły listę EFA do elementów związanych bezpośrednio z produkcją rolniczą, co prawdopodobnie jest podyktowane właśnie chęcią uproszczenia zbyt skomplikowanego systemu dopłat.

Jak na razie brakuje szczegółowych danych dotyczących realizacji zazielenienia rolnictwa w Polsce (pełne dane GUS ukazują się co dwa lata). Kwietne pasy, ze względu na swoje właściwości, mogłyby być jednym z podstawowych elementów wspomagających uprawę roślin w gospodarstwach ekologicznych, gdzie z zasady stosowanie większości syntetycznych insektycydów jest zabronione. Jest to także dobry sposób na zwiększenie różnorodności biologicznej na terenach przeznaczonych pod intensywną produkcję, gdzie wymogiem staje się też integrowana produkcja. Jednak wsparcie finansowe dla europejskich rolników decydujących się (poza trwającymi nadal programami pilotażowymi np. w Holandii) na wprowadzenie w swych gospodarstwach rekomendowanych w Unii Europejskiej kwietnych pasów można ocenić jako daleko niewystarczające, a w Polsce – praktycznie za nieistniejące.

Literatura / References

Abivardi C. 2008. Flower strips as ecological compensation areas for pest management. p. 1489–1494. In: "Encyclopedia of entomology" (J.L. Capinera, ed.). Springer Science + Business Media. DOI: 10.1007/978-1-4020-6359-6_3847.

Amaral D.S.S.L., Venzon M., dos Santos H.H., Sujii E.R., Schmidt J.M., Harwood J.D. 2016. Non-crop plant communities conserve spider populations in chili pepper agroecosystems. Biological Control 103: 69–77. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2016.07.007.

Andow D.A. 1991. Vegetational diversity and arthropod population response. Annual Review of Entomology 36: 561–586. DOI: 10.1146/annurev.en.36.010191.003021.

Aschwanden J., Birrer S., Jenni L. 2005. Are ecological compensation areas attractive hunting sites for common kestrels (*Falco tinnunculus*) and long-eared owls (*Asio otus*)? Journal of Ornithology 146 (3): 279–286. DOI: 10.1007/s10336-005-0090-9.

Aviron S., Herzog F., Klaus I., Schüpbach B., Jean P. 2011. Effects of wildflower strip quality, quantity, and connectivity on butterfly diversity in a Swiss arable landscape. Restoration Ecology 19 (4): 500–508. DOI: 10.1111/j.1526-100X.2010.00649.x.

Aviron S., Jeanneret P., Schüpbach B., Herzog F. 2007. Effects of agri-environmental measures, site and landscape conditions on butterfly diversity of Swiss grassland. Agriculture, Ecosystems and Environment 122 (3): 295–304. DOI: 10.1016/j.agee.2006.12.035.

Benton T.G., Vickery J.A., Wilson J.D. 2003. Farmland biodiversity: is habitat heterogeneity the key? Trends in Ecology and Evolution 18 (4): 182–188. DOI: 10.1016/S0169-5347(03)00011-9.

Bianchi F.J.J.A., Ives A.R., Schellhorn N.A. 2013a. Interactions between conventional and organic farming for biocontrol services across the landscape. Ecological Applications 23 (7): 1531–1543. DOI: 10.1890/12-1819.1.

Bianchi F.J.J.A., Mikos V., Brussard L., Delbaere B., Pulleman M.M. 2013b. Opportunities and limiations for functional agrobiodiversity in the European context. Environmental Science and Technology 27: 223–231. DOI: 10.1016/j.envsci.2012.12.014.

Blaauw B.R., Isaacs R. 2014. Flower plantings increase wild bee abundance and the pollination services provided to a pollination-dependent crop. Journal of Applied Ecology 51 (4): 890–898. DOI: 10.1111/1365-2664.12257.

Buner F., Jenny M., Zbinden N., Naef-Daenzer B. 2005. Ecologically enhanced areas – a key habitat structure for re-introduced grey partridges *Perdix perdix*. Biological Conservation 124 (3): 373–381. DOI: 10.1016/j.biocon.2005.01.043.

Campbell A.J., Wilby A., Sutton P., Wäckers F. 2017. Getting more power from your flowers: multi-functional flower strips enhance pollinators and pest control agents in apple orchards. Insects 8 (3): 1–18. DOI: 10.3390/insects8030101.

Capinera J.L. 2008. Encyclopedia of Entomology, 2nd Edition. Springer, Dordrecht, The Netherlands, 4346 pp.

Castro-Caro J.C., Barrio I.C., Tortosa F.S. 2015. Effects of hedges and herbaceous cover on passerine communities in Mediterranean olive groves. Acta Ornithologica 50 (2): 180–192. DOI: 10.3161/00016454AO2015.50.2.006.

Coll M., Guershon M. 2002. Omnivory in terrestrial arthropods: mixing plant and prey diets. Annual Review of Entomology 47: 267–297. DOI: 10.1146/annurev.ento.47.091201.145209.

Conniff R. 2014. Growing insects: farmers can help to bring back pollinators. YaleEnvironment 360.

Costanzo A., Bárberi P. 2014. Functional agrobiodiversity and agroecosystem services in sustainable wheat production. A review. Agronomy for Sustainable Development 34 (2): 327–348. DOI: 10.1007/s13593-013-0178-1.

Dauber J., Hirsch M., Simmering D., Waldhardt R., Otte A., Wolters V. 2003 Landscape structure as an indicator of biodiversity: matrix effects on species richness. Agriculture, Ecosystems and Environment 98 (1–3): 321–329. DOI: 10.1016/S0167-8809(03)00092-6.

Dib H., Libourel G., Warlop F. 2012. Entomological and functional role of floral strips in an organic apple orchard: Hymenopteran parasitoids as a case study. Journal of Insect Conservation 16 (2): 315–318. DOI: 10.1007/s10841-012-9471-6.

Ditner N., Balmer O., Beck J., Blick T., Nagel P., Luka H. 2013. Effects of experimentally planting non-crop flowers into cabbage fields on the abundance and diversity of predators. Biodiversity Conservation 22 (4): 1049–1061. DOI: 10.1007/s10531-013-0469-5.

Dover J.W. 1996. Factors affecting the distribution of satyrid butterflies on arable farmland. Journal of Applied Ecology 33 (4): 723–734. DOI: 10.2307/2404943.

Dyer L.E., Landis D.A. 1996. Effects of habitat, temperature, and sugar availability on longevity of *Eriborus terebrans* (Hymenoptera: Ichneumonidae). Environmental Entomology 25 (5): 1192–1201. DOI: 10.1093/ee/25.5.1192.

Ekroos J., Olsson O., Rundlöf M., Wätzold F., Smith H.G. 2014. Optimizing agri-environment schemes for biodiversity, ecosystem services or both? Biological Conservation 172: 65–71. DOI: 10.1016/j.biocon.2014.02.013.

ELN-FAB 2012. European Learning Network on Functional Agrobiodiversity. Functional agrobiodiversity: Nature serving Europe's farmers. Tilburg, the Netherlands: ECNC-European Centre for Nature Conservation.

Feber R.E., Smith H., MacDonald D.W. 1996. The effects on butterfly abundance of the management of uncropped edges of arable fields. Journal of Applied Ecology 33 (5): 1191–1205. DOI: 10.2307/2404698.

Feltham H., Park K., Minderman J., Goulson D. 2015. Experimental evidence that wildflower strips increase pollinator visits to crops. Ecology and Evolution 5 (16): 3523–3530. DOI: 10.1002/ece3.1444.

Fiedler A.K., Landis D.A. 2007a. Attractiveness of Michigan native plants to arthropod natural enemies and herbivores. Environmental Entomology 36 (4): 751–765. DOI: 10.1093/ee/36.4.751.

Fiedler A.K., Landis D.A. 2007b. Plant characteristics associated with natural enemy abundance at Michigan native plants. Environmental Entomology 36 (4): 878–886. DOI: 10.1603/0046-225X(2007)36[878:PCAWNE]2.0.CO;2.

Fischer J., Lindenmayer D.B. 2007. Landscape modification and habitat fragmentation: a synthesis. Global Ecology and Biogeography 16 (3): 256–280. DOI: 10.1111/j.1466-8238.2007.00287.x.

Frank T., Aeschbacher S., Barone M., Künzle I., Lethmayer C., Mosimann C. 2009. Beneficial arthropods respond differentially to wildflower areas of different age. Annales Zoologici Fennici 46 (6): 465–480. DOI: 10.5735/086.046.0607.

Greenpeace 2014 – przyszłość pszczół – świat bez pestycydów, w stronę rolnictwa ekologicznego, Greenpeace, maj 2014.

GUS 2016. Rocznik statystyczny rolnictwa. W: „Roczniki Branżowe" (D. Rozkrut, red.). Zakład Wydawnictw Statystycznych, Warszawa, 460 ss.

Haaland C., Gyllin M. 2010. Butterflies and bumblebees in greenways and sown wildflower strips in southern Sweden. Journal of Insect Conservation 14 (2): 125–132. DOI: 10.1007/s10841-009-9232-3.

Haaland C., Gyllin M. 2011. Sown wildflower strips – a strategy to enhance biodiversity and amenity in intensively used agricultural areas. p. 155–172. In: "The Importance of Biological Interactions in the Study of Biodiversity" (J. López-Pujol, ed.). IntechOpen, 390 pp. ISBN 978-953-307-751-2. DOI: 10.5772/1831.

Haaland C., Naisbit R.E., Bersier L.-F. 2011. Sown wildflower strips for insect conservation: a review. Insect Conservation and Diversity 4 (1): 60–80. DOI: 10.1111/j.1752-4598.2010.00098.x.

Hallmann C.A., Sorg M., Jongejans E., Siepel H., Hofland N., Schwan H., Müller A., Sumser H., Hörren T., Goulson D., de Kroon H. 2017. More than 75 percent decline over 27 years in total flying insect biomass in protected areas. PloS One 12 (10). DOI: 10.1371/journal.pone.0185809.

Hatt S., Uyttenbroeck R., Lopes T., Mouchon P., Chen J., Piqueray J., Monty A., Francis F. 2017. Do flower mixtures with high functional diversity enhance aphid predators in wildflower strips? European Journal of Entomology 114: 66–76. DOI: 10.14411/eje.2017.010.

Hawkins B.A., Cornell H.V., Hochberg M.E. 1997. Predators, parasitoids and pathogens as mortality agents in phytophagous insect populations. Ecology 78 (7): 2145–2152. DOI: 10.1890/0012-9658(1997)078[2145:PPAPAM]2.0.CO;2.

Hence T. 2002. Impact of cultivation and crop husbandry practices. p. 231–249. In: "The Agroecology of Carabid Beetles" (J.M. Holland, ed). Intercept, Andover.

Holland J.M. 2002. Carabid beetles: their ecology, Survival and use in agroecosystems. p. 1–40. In: "The Agroecology of Carabid Beetles" (J.M. Holland, ed.). Intercept, Andover.

Holland J.M. 2007. Beneficial insects and spiders of arable farmland. p. 82–91. In: "The Farm Wildlife Handbook" (R. Winspear, ed.). The RSPB, Sandy.

Holy K., Falta V., Kovarikova K. 2016. Influence of flowering strips on the (functional) biodiversity in apple orchard. p. 204–207. 17th International Conference on Organic Fruit-Growing. University of Hohenheim/Germany, 297 pp.

Hurej M., Twardowski J., Nowacki J., Sienkiewicz P., Trzciński P., Łykowski W. 2015. Porównanie występowania owadów pożytecznych z rodziny Carabidae i Syrphidae na mieszance kwitnących roślin w dwóch miejscowościach Polski. [The comparison of the occurrence of the beneficial insects from Carabidae and Syrphidae families on a mix of flowering plants at two localities of Poland]. Progress in Plant Protection 55 (1): 30–39. DOI: 10.14199/ppp-2015-006.

Jeanneret P., Schüpbach B., Pfiffner L., Herzog F., Walter T. 2003. The Swiss agri-environmental programme and its effects on selected biodiversity indicators. Journal for Nature Conservation 11 (3): 213–220. DOI: 10.1078/1617-1381-00049.

Jervis M.A., Kidd N.A.C., Fitton M.G., Huddleston T., Dawah H.A. 1993. Flower-visiting by hymenopteran parasitoids. Journal of Natural History 27 (1): 67–105. DOI: 10.1080/00222939300770051.

Krauss J., Gallenberger I., Steffan-Dewenter I. 2011. Decreased functional diversity and biological pest control in conventional compared to organic crop fields. PLoS One 6 (5): e19502. DOI: 10.1371/journal.pone.0019502.

Lemke A., Poehling H.M. 2002. Sown weed strips in cereal fields: overwintering site and "source" habitat for *Oedothorax apicatus* (Blackwall) and *Erigone atra* (Blackwall) (Araneae: Erigonidae). Agriculture, Ecosystems and Environment 90 (1): 67– 80. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00173-6.

Ma M., Tarmi S., Helenius J. 2002. Revisiting the species-area relationship in a semi-natural habitat: floral richness in agricultural buffer zones in Finland. Agriculture, Ecosystems and Environment 89 (1): 137–148. DOI: 10.1016/S0167-8809(01)00325-5.

MacLeod A., Wratten S.D., Sotherton N.W., Thomas M.B. 2004. "Beetle banks" as refuges for beneficial arthropods in farmland: long-term changes in predator communities and habitat. Agriculture and Forest Entomology 6 (2): 147–154. DOI: 10.1111/j.1461-9563.2004.00215.x.

Matthews A. 2013. Greening agricultural payments in the EU's Common Agricultural Policy. Bio-based and Applied Economics 2 (1): 1–27. DOI: 10.13128/BAE-12179.

Memmott J., Martinez N.D., Cohen J.E. 2000. Predators, parasitoids and pathogens: species richness, trophic generality and body sizes in a natural food web. Journal of Animal Ecology 69 (1): 1–5. DOI: 10.1046/j.1365-2656.2000.00367.x.

Negri V. 2005. Agro-biodiversity conservation in Europe: ethical issues. Journal of Agricultural and Environmental Ethics 18 (1): 3–25. DOI: 10.1007/s10806-004-3084-3.

Nicholls C.I., Altieri M.A. 2013. Plant biodiversity enhances bees and other insect pollinators in agroecosystems. A review. Agronomy for Sustainable Development 33 (2): 257–274. DOI: 10.1007/s13593-012-0092-y.

O'Connor R.J., Shrubb M., Watson D. 1990. Farming and birds. CUP Archive.
Ottens H.J., Kuiper M.W., Flink H., van Ruijven J., Siepel H., Koks B.J., Berendse F., de Snoo G.R. 2014. Do field margins enrich the diet of the Eurasian Skylark *Alauda arvensis* on intensive farmland? Ardea 102 (2): 161–174. DOI: 10.5253/arde.v102i2.a6.
Pfiffner L., Luka H. 2000. Overwintering of arthropods in soils of arable fields and adjacent semi-natural habitats. Agriculture, Ecosystems and Environment 78 (3): 215–222. DOI: 10.1016/S0167-8809(99)00130-9.
Pfiffner L., Schärer H.J., Luka H. 2013. Functional biodiversity to improve pest control in organic cropping systems. p. 29–34. Korean organic conference, Suwon, Korea, October 25, 2013.
Pfiffner L., Wyss E. 2004. Use of sown wildflower strips to enhance natural enemies of agricultural pests. p. 165–186. In: "Ecological Engineering for Pest Management: Advances in Habitat Manipulation for Arthropods" (G.M. Gurr, S.D. Wratten, M.A. Altieri, eds.). CSIRO Publishing, Collingwood, Victoria, Australia, 225 pp. ISBN 0-643-09022-3.
Quinn N.F., Brainard D.C., Szendrei Z. 2017. Floral strips attract beneficial insects but do not enhance yield in cucumber fields. Journal of Economic Entomology 110 (2): 517–524. DOI: 10.1093/jee/tow306.
Rainio J., Niemelä J. 2003. Ground beetles (Coleoptera: Carabidae) as bioindicators. Biodiversity and Conservation 12 (3): 487–506. DOI: 10.1023/A:1022412617568.
Ribeiro A.L., Gontijo L.M. 2017. Alyssum flowers promote biological control of collard pests. BioControl 62 (2): 185–196. DOI: 10.1007/s10526-016-9783-7.
Rosenzweig M.L. 1995. Species Diversity in Space and Time. Cambridge University Press, New York. DOI: 10.1017/CBO 9780511623387.
Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) nr 1307/2013 z dnia 17 grudnia 2013 r. ustanawiające przepisy dotyczące płatności bezpośrednich dla rolników na podstawie systemów wsparcia w ramach wspólnej polityki rolnej oraz uchylające rozporządzenie Rady (WE) nr 637/2008 i rozporządzenie Rady (WE) nr 73/2009 (Dz. U. L 347 z 20.12.2013, s. 608).
Ryszkowski L. 1987. Rolnictwo ekologiczne. Zeszyty Problemowe Postępów Nauk Rolniczych 324: 15–42.
Ryszkowski L. 1990. Potrzeba badań nad funkcjonowaniem barier biogeocenotycznych i obiegiem wody w krajobrazie rolniczym. p. 5–12. W: „Obieg wody i bariery biogeochemiczne w krajobrazie rolniczym" (L. Ryszkowski, J. Marcinek, A. Kędziora, red.). Wydawnictwo Uniwersytetu Adama Mickiewicza, Poznań.
Ryszkowski L., Karg J. 1996. Changes in animal community functions due to intensity of farming impact. p.173–184. In: "Dynamics of an Agricultural Landscape" (L. Ryszkowski, N. French, A. Kędziora eds.). PWRiL, Poznań.
Ryszkowski L., Karg J., Kujawa K., Gołdyn H., Arczyńska-Chudy E. 2002. Influence of landscape mosaic structure on diversity of wild plant and animal communities in agricultural landscape of Poland. p. 185–217. In: "Landscape Ecology in Agroecosystems Management" (L. Ryszkowski, ed.). CRC Press, Boca Raton, New York, Washington D.C.
Sala O.E., Chapin F.S., III, Armesto J.J., Berlow E., Bloomfield J., Dirzo R., Huber-Sanwald E., Huenneke L.F., Jackson R.B., Kinzig A., Leemans R., Lodge D.M., Mooney H.A., Oesterheld M., LeRoy Poff N., Sykes M.T., Walker B.H., Walker M., Wall D.H. 2000. Global biodiversity scenarios for the year 2100. Science 287 (5459): 1770–1774. DOI: 10.1126/science.287.5459.1770.
Sanders D., Nickel H., Grützner T., Platner C. 2008. Habitat structure mediates top-down effects of spiders and ants on herbivores. Basic and Applied Ecology 9 (2): 152–160. DOI: 10.1016/j.baae.2007.01.003.
Scherney F. 1955. Untersuchungen über Vorkommen und wirtschaftliche Bedeutung räuberisch lebender Käfer in Feldkulturen (I. Mitt.). Zeitschrift für Pflanzenbau und Pflanzenschutz 6 (50): 49–73.
Scherney F. 1959. Unsere Laufkäfer – ihr Biologie und wirtschaftliche Bedeutung. Neue Brehm – Bücherei, A. Ziemsen Verlag, 79 pp.
Scherney F. 1961. Beiträge zur Biologie und ökonomischen Bedeutung räuberisch lebender Käferarten. Zeitchrift für Angewandte Entomologie 48 (1–4): 163–175. DOI: 10.1111/j.1439-0418.1961.tb03796x.
Schmidt-Entling M.H., Döbeli J. 2009. Sown wildflower areas to enhance spiders in arable fields. Agriculture, Ecosystems and Environment 133 (1–2): 19–22. DOI: 10.1016/j.agee.2009.04.015.
Stoate C., Baldi A., Beja P., Boatman N.D., Herzon I., von Doorn A., de Snoo G.R., Rakosy L., Ramwell C. 2009. Ecological impacts of early 21st century agricultural change in Europe – a review. Journal of Environmental Management 91 (1): 22–46. DOI: 10.1016/j.jenvman.2009.07.005.
Stoate C., Boatman N.D., Borralho R.J., Carvalho C.R., de Snoo G.R., Eden P. 2001. Ecological impacts of arable intensification in Europe. Journal of Environmental Management 63 (4): 337–365. DOI: 10.1006/jema.2001.0473.
Sunderland K.E. 2002. Invertebrate pest control by carabids. p. 165–214. In: "The Agroecology of Carabid Beetles" (J.M. Holland, ed.). Intercept, Andover.
Sunderland K., Samu F. 2000. Effects of agricultural diversification on the abundance, aistribution and pest control. Potential of spiders: a review. Entomologia Experimentalis et Applicata 95 (1): 1–13. DOI: 10.1046/j.1570-7458.2000.00635.x.
Swift M.J., Vandermeer J., Ramakrishnan P.S., Anderson J.M., Ong C.K., Hawkins B.A. 1996. Biodiversity and agroecosystem functioning: ecosystem analyses. In: "Agroecosystems: Global Diversity Assessment" (V.H. Heywood, R.T. Watson, eds.). Cambridge University Press, Cambridge.
Tooley J., Brust G.E. 2002. Weed seed predation by carabid beetles. p. 215–230. In: "The Agroecology of Carabid Beetles" (J.M. Holland, ed.). Intercept, Andover.
Tryjanowski P., Kuźniak S., Kujawa K., Jerzak L. 2009. Ekologia ptaków krajobrazu rolniczego. Bogucki Wydawnictwo Naukowe, Poznań, 399 ss.
Tschumi M., Albrecht M., Bärtschi C., Collatz J., Entling M.H., Jacot K. 2016. Perennial, species-rich wildflower strips enhance pest control and crop yield. Agriculture, Ecosystems and Environment 220: 97–103. DOI: 10.1016/j.agee.2016.01.001.
Tschumi M., Albrecht M., Entling M.E., Jacot K. 2015. High effectiveness of tailored flower strips in reducing pests and crop plant damage. Proceedings of The Royal Society of London B 288: 20151369. DOI: 10.1098/rspb.2015.1369.
Tucker G.M., Heath M.F. 1994. Birds in Europe: their conservation status (No. 3). Smithsonian Institution Pr.
Tuell J.K., Fiedler A.K., Landis D., Isaacs R. 2008. Visitation by wild and managed bees (Hymenoptera: Apoidea) to eastern U.S. native plants for use in conservation programs. Environmental Entomology 37 (3): 707–718. DOI: 10.1603/0046-225-X(2008)37[707:VBWAMB]2.0.CO;2.
Uyttenbroeck R., Hatt S., Piqueray J., Paul A., Bodson B., Francis F., Monty A. 2015. Creating perennial flower strips: think functional! Agriculture and Agricultural Science Procedia 6: 95–101. DOI: 10.1016/j.aaspro.2015.08.044.
Van Rijn P., van Alebeek F., den Belder E., Wäckers F., Buurma J., Willemse J., Gurp H. 2008. Functional agrobiodiversity in dutch arable farming: results of a three year pilot. IOBC/WPRS Bulletin 34: 125–128.

Vickery J.A., Feber R.E., Fuller R.J. 2009. Arable field margins managed for biodiversity conservation: a review of food resource provision for farmland birds. Agriculture, Ecosystems and Environment 133 (1): 1–13. DOI: 10.1016/j.agee.2009.05.012.

Waage J.K., Hassell M.P. 1982. Parasitoids as biological control agents – a fundamental approach. Parasitology 84 (4): 241–268. DOI: 10.1017/S003118200005366X.

Wäckers F.L., van Rijn P.C.J., Bruin J. 2005. Plant-Provided Food for Carnivorous Insects: a Protective Mutualism and its Applications. Cambridge University Press, UK.

Weibel U.M. 1999. Effects of wildflower strips in an intensively used arable area on skylarks (*Alauda arvensis*) (Doctoral dissertation).

Westphal C., Vidal S., Horgan F.G., Gurr G.M., Escalada M., Chien H.V., Tscharntke T., Heong K.L., Settele J. 2015. Promoting multiple ecosystem services with flower strips and participatory approaches in rice production landscape. Basic and Applied Ecology 16 (8): 681–689. DOI: 10.1016/j.baae.2015.10.004.

Winkler K., Wäckers F., Bukovinszkine-Kissa G., Lenteren J. 2006. Sugar resources are vital for *Diadegma semiclausum* fecundity under field conditions. Basic and Applied Ecology 7 (2): 133–140. DOI: 10.1016/j.baae.2005.06.001.

Winkler K., Wäckers F.L., Kaufman L.V., Larrz V., van Lenteren J.C. 2009. Nectar exploitation by herbivores and their parasitoids is a function of flower species and relative humidity. Biological Control 50 (3): 299–306. DOI: 10.1016/j.biocontrol.2009.04.009.

Żmihorski M. 2014. Wyniki monitoringu ornitologicznego w 2013 roku. Zakres prac zrealizowanych w 2013 roku oraz wstępne wyniki monitoringu efektów programu rolnośrodowiskowego w zakresie ornitofauny. Instytut Technologiczno-Przyrodniczy, Falenty.