

# **Zróżnicowanie gatunkowe w uprawach polowych a występowanie i rozwój populacji wyspecjalizowanych szkodników roślin uprawnych**

*Anna Wenda-Piesik*

*Katedra Ogólnej Uprawy Roli i Roślin*

*Akademia Techniczno-Rolnicza im. J. J. Śniadeckich w Bydgoszczy*

*ul. Kordeckiego 20E, 85-225 Bydgoszcz*

**Słowa kluczowe:** uprawy wielokrotne, mieszanki, populacje szkodników

## **Wstęp**

Oddziaływania troficzne (eksploatacyjne) pomiędzy roślinami uprawnymi jako producentami a roślinożernymi owadami — konsumentami należą do przewodnich zależności występujących w agrocenozach. Szkodniki są jednym z biotycznych czynników siedliska o istotnym znaczeniu dla roślin uprawianych w danym roku oraz dla roślin następczych. Uprawa jednego gatunku rośliny, zwłaszcza w monokulturze, często sprzyja rozwojowi jego wyspecjalizowanych fitotofagów, a to w konsekwencji prowadzi do obniżenia wydajności rośliny. W zależności od następstwa roślin na danym polu, rozwój populacji fitofaga może zostać ograniczony częściowo lub całkowicie. W zmianowaniach występują uprawy poprawiające lub pogarszające fitosanitarną jakość stanowiska dla określonej rośliny [15]. Według teorii płodozmianów, właściwe zmianowanie roślin to m.in. takie, które zapobiega tzw. chorobom płodozmianowym (np. wyziemniaczeniu gleby) albo co najmniej nie sprzyja nadmiernemu rozwojowi populacji agrofaga [25]. Jednak nie tylko w płodozmianie można upatrywać sposobów ograniczania populacji szkodników, patogenów czy chwastów. Uznając, że jego rola jest wciąż najważniejsza w tym względzie, prowadzi się poszukiwania nowych rozwiązań także innymi metodami, np. w hodowli odpornościowej lub w sposobach uprawy roślin [13].

## Uprawy wielokrotne i rodzaje mieszanek

W literaturze anglojęzycznej funkcjonuje pojęcie multicropping, co w tłumaczeniu na język polski można przyjąć jako następujące po sobie zasiewy różnych roślin w jednym sezonie wegetacyjnym na danym polu. Autorzy: Perrin, Willey, Andrews i Kassam [4, 26, 43] zaliczają do nich zasiewy mieszane, w których różne gatunki roślin uprawnych współwystępują ze sobą przez część lub całość okresu rozwoju. Do upraw wielokrotnych nie zalicza się natomiast uprawy roślin jednego gatunku na danym polu w ciągu całego okresu wegetacji, wysiewu roślin ozimych w tym samym sezonie wegetacyjnym w następstwie po zebranych jarych lub ozimych ani uprawy roślin ozimych w monokulturze. Nie zalicza się do nich również trwałych użytków zielonych ani siewu wieloletnich jednogatunkowych traw lub drobnonasiennych motylkowatych na gruntach ornych. Na świecie istnieje bardzo wiele rodzajów upraw wielokrotnych. W Polsce możliwości ich stosowania są limitowane przede wszystkim długością okresu wegetacyjnego. Dlatego w warunkach klimatycznych naszego kraju można wykorzystywać tylko niektóre rodzaje upraw wielokrotnych.

Ze względu na sposób rozmieszczenia roślin różnych gatunków i długość czasu, przez który pozostają one razem w ciągu sezonu wegetacyjnego, Perrin [26] wyróżnia następujące rodzaje upraw wielokrotnych:

- Uprawy następujące po sobie — w ciągu jednego sezonu wegetacyjnego dwie, rzadziej więcej upraw krótkotrwałych, następują po sobie na tym samym polu w niedługich przerwach, np. poplon ścierniskowy po jęczmieniu jarym.
- Uprawy zmienne — wysiew roślin jednego gatunku w uprawę rosnącą innego gatunku. W Polsce ten sposób uprawy nazywa się „wsiewką”. Czas współwystępowania obydwu gatunków, tzw. „zakładka”, może wynosić od kilku do kilkunastu tygodni, np. wsiewka seradeli w żyto ozime.
- Wspólne uprawy („współuprawy” lub uprawy mieszane) — uprawa dwóch lub większej liczby gatunków roślin (także odmian jednego gatunku) w taki sposób, że większość okresu wzrostu i rozwoju tych roślin nakłada się w tym samym czasie i na tej samej przestrzeni, np. mieszanka jęczmienia z owsem.

Ze względu na uporządkowanie (wzór uprawy), współuprawy można dalej podzielić na grupy:

- Mieszanki roślinne bezrzędowe — rośliny różnych gatunków (albo odmian) wysiewane są w przyjętych proporcjach, ale rozmieszczone na polu całkowicie losowo, przez co otrzymuje się ich przypadkowy lub mozaikowaty wzór uprawy, np. rzutowy wysiew nasion koniczyny z życią.
- Mieszanki roślinne rzędowe — mieszanka 2 lub większej liczby gatunków roślin powstaje poprzez wysiew nasion w regularnych rzędach, ale o nieregularnym rozmieszczeniu wewnątrz rzędów, np. mieszanka jęczmienia z grochem.
- Uprawa współrzędowa — rośliny każdego gatunku znajdują się w oddzielnych, jednakowych rzędach, np. w pojedynczych, podwójnych lub w wielorzędziach,

rozmieszczonych na przemian, szczególnym jej rodzajem jest uprawa pasmowa, która pozwala na prowadzenie niezależnej agrotechniki każdego gatunku, zastosowanie głównie w uprawie warzyw.

- Uprawa mieszana współrzędowo-bezrzędowa — jeden gatunek jest uprawiany w rzędach, a pozostałe gatunki są rozmieszczone bez regularnego uporządkowania na polu, np. rzędowo wysiewany jęczmień jary, a rzutowo lucerna i kupkówka.

Mieszaną uprawną można zatem zdefiniować jako uprawę dwóch lub większej liczby gatunków albo odmian roślin uprawnych, jednocześnie występujących na tym samym polu. Gatunki — odmiany, nazywane komponentami mieszanki, zazwyczaj są wysiewane i zbierane jednocześnie. W szczególnych jednak wypadkach zarówno siew nasion, jak i zbiór poszczególnych komponentów mogą być wykonywane w różnym czasie. „Jednoczesność uprawy” dotyczy rozwoju w jednej niszy ekologicznej przez znaczną część okresu wegetacji [4]. Za mieszankę uważa się również uporządkowaną przestrzennie uprawę, w której rośliny każdego gatunku są wysiewane w oddzielne rzędy, a także uprawę, w której występowanie gatunków jest nieregularne w obrębie rzędów [43].

W Polsce w uprawach wielokrotnych wysiewane są w mieszankach głównie rośliny z rodzin *Poaceae* i *Papilionaceae*. Wyróżnić można następujące mieszanki tych roślin:

- różnogatunkowe mieszanki zbożowe,
- mieszanki odmian jednego gatunku zbożowego, najczęściej jęczmienia,
- mieszanki gatunków roślin strączkowych,
- mieszanki zbożowo-strączkowe,
- mieszanki motylkowatych drobnonasiennych z trawami,
- mieszanki gatunków traw.

Z innych upraw wielokrotnych stosuje się w Polsce wsiewki roślin motylkowatych drobnonasiennych (lub traw) w zboża, międzyplony (ścierniskowy i ozimy), natomiast w uprawie warzyw gruntowych wykorzystuje się siewy (nasadzenia) w systemie pasowym.

### **Korzyści wynikające z uprawy roślin w mieszankach**

Najczęściej wymieniane przez autorów biologiczne i praktyczne korzyści płynące z uprawy roślin w mieszankach to:

- Występowanie pozytywnych związków pomiędzy różnymi gatunkami roślin, np. zwiększenie pobrania azotu przez zboża w mieszance z roślinami strączkowymi [20].
- Skuteczniejsze wykorzystanie energii słonecznej, zwłaszcza w mieszankach roślin jedno- i dwuliściennych, dzięki zróżnicowanej geometrii pędów [2, 6, 32, 42].

- Obniżenie efektu samozatrutowania się niektórych upraw, zapobieganie „zmęczeniu gleby” [11, 38].
- Bardziej efektywne wykorzystanie wody i składników odżywczych w związku z różnymi zdolnościami pobierania ich przez korzenie roślin [24].
- Annidacja (komplementarne wykorzystanie) przestrzeni, w tym również profili glebowych oraz czasu [12, 32, 39].
- Tworzenie gęstego pokrycia gleby, które zabezpiecza przed jej erozją, a jednocześnie zacienia chwasty [3].
- Ograniczanie występowania szkodników i chorób roślin uprawnych [9, 11, 44, 45].
- Kompensacyjny wzrost jednego gatunku w niesprzyjających warunkach dla drugiego gatunku [12, 17, 19].
- Wyższa produkcyjność zespołów wielogatunkowych niż jednogatunkowych z powodu lepszego wykorzystania zasobów siedliska. Przytoczone argumenty pozytywnych reakcji roślin uprawianych w mieszankach są bardzo często przyczyną efektów ich nadproduktywności i stabilności plonowania [8, 23, 35, 40].

## **Ekologiczne uwarunkowania występowania szkodników**

---

### **Znaczenie różnorodności i stabilności**

Różnorodność biologiczna to bogactwo gatunkowe, które w odniesieniu do biocenozy oznacza liczbę gatunków wszystkich poziomów troficznych występujących w danej biocenozie. Kształtowanie różnorodności zwierząt w skali lokalnej (określonego ekosystemu) zależy od heterogenności przestrzeni, drapieżnictwa i konkurencji. W złożonych biocenozach dominującą rolę w kształtowaniu różnorodności odgrywa drapieżnictwo, natomiast w prostych — najważniejszym czynnikiem jest konkurencja, która nasila się, jeśli organizmy zwierzęce są wyspecjalizowanymi roślinożercami i mają wąskie nisze ekologiczne [21]. Różnorodność w każdym ekosystemie powinno się traktować w sposób holistyczny, np. poprzez dokładne poznanie roli wszystkich poziomów troficznych w nim występujących. Jak dowodzi Price i in. [31] w układzie roślinna — roślinożerny owad — wrogowie naturalni roślinożercy istnieją tak ważne interakcje, które na przykład nie pozwalają w pełni zrozumieć związku pomiędzy rośliną i jej szkodnikiem bez wyjaśnienia roli, jaką pełnią wrogowie naturalni owada. Nie można więc pomijać znaczenia żadnego poziomu troficznego.

Biocenozy pól uprawnych są ubogie, co oznacza, że liczba dominujących w nich gatunków jest mała, natomiast liczebność osobników na jednostce powierzchni bardzo duża. Dotyczy to zarówno poziomu producentów, jak i konsumentów. Te proste systemy są znacznie bardziej podatne na masowe występowanie owadów jednego gatunku niż jakiegokolwiek ekosystemy naturalne [28]. Przykład typowych zmian w składzie fauny związany z przekształcaniem systemu naturalnego w uprawny przedstawił Bey-Bienko [7]. Autor podaje, że w naturalnym ekosystemie stepowym liczba

gatunków owadów wynosiła 312, natomiast osobników na 1 m<sup>2</sup> stepu było około 159. Po jego zaoraniu, na polu zamienionym w monokulturę pszenicy, relacje między różnorodnością gatunkową a liczbą osobników na jednostce powierzchni się odwróciły; i tak liczba gatunków spadła do 135, natomiast liczebność osobników na 1 m<sup>2</sup> wzrosła do 341. Powtarzające się uprawy tego samego gatunku występującego na dużych przestrzeniach sprzyjają gradacjom szkodników. Rozdzielenie roślin w czasie (czyli płodozmian) lub w przestrzeni (uprawy wielokrotne) stwarza potencjalne możliwości ograniczania występowania roślinożernych owadów. W agrocenozach jednym ze sposobów zróżnicowania gatunkowego lub strukturalnego ładu jest dodanie obcej taksonomicznie rośliny do uprawy innego gatunku albo współrzędna uprawa różnych kreacji genetycznych tego samego gatunku. Niektórzy autorzy uważają, że zróżnicowana uprawa to także ta, w której pozwala się rozwijać niepożądanym gatunkom roślin, tzn. chwastom [33]. Praktyczne korzyści płynące z faktu zróżnicowania gatunkowego (lub odmianowego) uprawy to możliwości ograniczania szkodników poprzez zwiększenie stabilności agrocenozy [26].

Stabilność jest jedną z najważniejszych cech naturalnych biocenoz i oznacza zapewnienie jak najmniejszego poziomu zmian w liczebnościach wszystkich populacji występujących w biocenozie. Dzięki niej możliwe jest zachowanie względnej stałości pomimo działania czynników zaburzających [21]. Uważa się, że im bardziej zróżnicowane gatunkowo zbiorowisko roślinne, tym większa efektywność związków w całej sieci troficznej oddziaływających na zachowanie równowagi między populacjami owadów roślinożernych i drapieżnych [22]. Wzrost różnorodności prowadzi zatem do wzrostu stabilności poprzez prawidłowo funkcjonujące mechanizmy samoregulacji biocenozy. Elton (cyt. za Krebs), potwierdzając tę tezę, pisze: „Eksploduje populacyjne szkodników zdarzają się częściej w prostych biocenozach na uprawach lub terenach przekształconych przez człowieka” [21]. Agrocenozy z racji swej krótkotrwałości istnienia w jednym miejscu oraz jednolitości genetycznej cechuje mała różnorodność biotyczna, a przez to i ograniczona stabilność. Dlatego wielu badaczy właśnie w nadmiernym upraszczaniu agroekosystemów upatruje przyczyny wysokich strat plonów roślin [5, 37]. Szacuje się, że redukcja światowych zasobów żywności z powodu szkodników upraw sięga rokrocznie około 13% [28].

### **Zróżnicowanie gatunkowe upraw a występowanie szkodników**

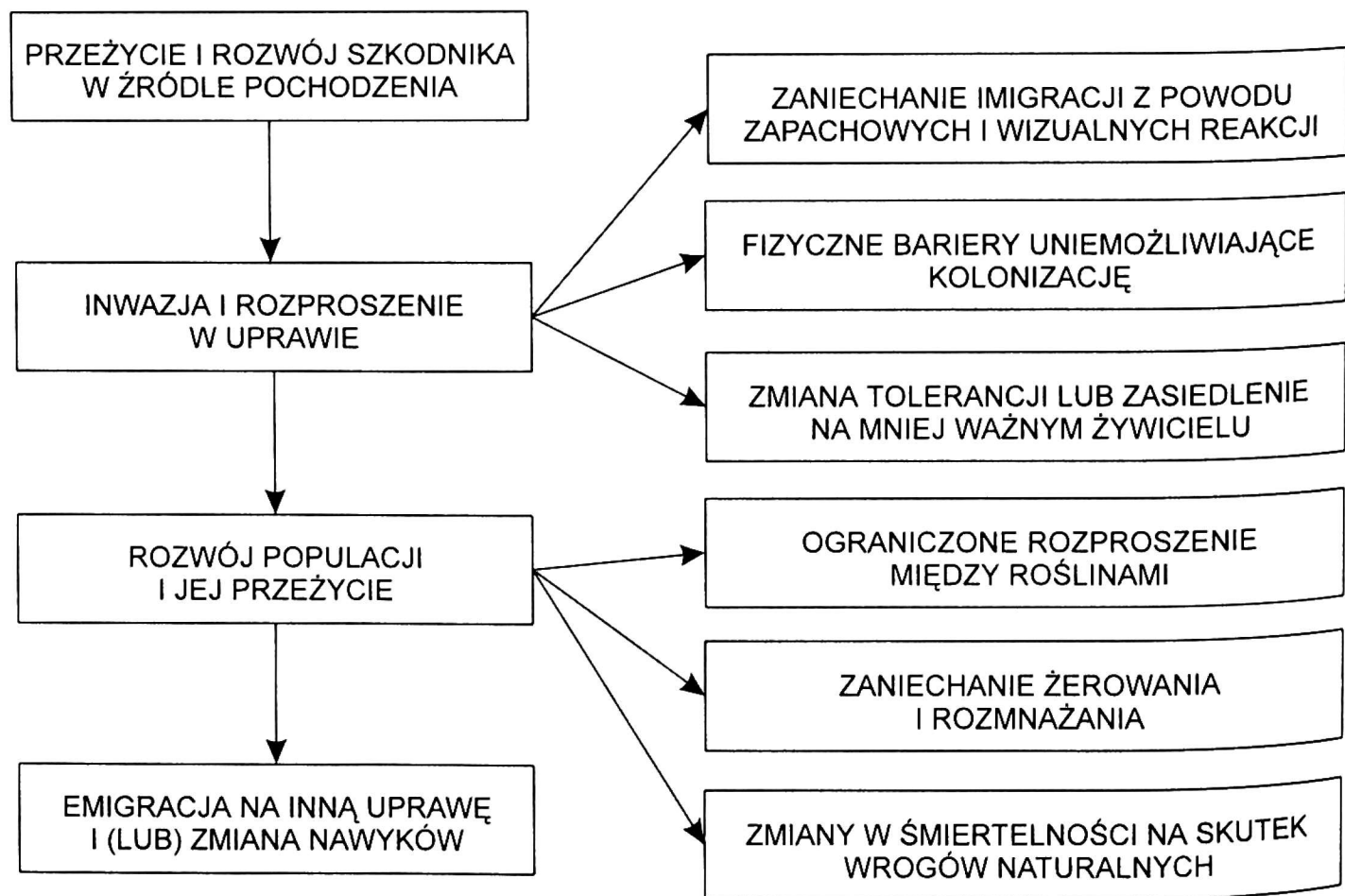
Roślinożerne owady wykazują selektywność względem roślin żywicielskich. W naturalnych biocenozach zbiorowiska roślin składają się z licznych, niespokrewnionych gatunków, a roślinożerne owady, szukając odpowiedniej dla siebie niszy, kierują się chemicznymi lub wizualnymi stymulatorami, które emanują od roślin. Nawet owady o dość szerokim spektrum żerowania mają swoje preferenda pokarmowe i za-

siedlają te zbiorowiska, w których panuje odpowiedni dla nich mikroklimat [17,37]. W uprawach mieszanych przestrzenne rozproszenie żywicieli jest głównym czynnikiem wpływającym na dynamikę populacji owadów. W tabeli 1 podano przykłady szkodników, u których stwierdzono zmiany w zachowaniu lub w rozwoju ich populacji na skutek zróżnicowania gatunkowego upraw.

Perrin wymienia 4 aspekty decydujące o rozwoju populacji szkodników w uprawie mieszanej: zasiedlenie uprawy przez szkodnika (kolonizacja), rozwój jego populacji, rozproszenie roślinożerców w uprawie i występowanie wrogów naturalnych szkodników [4]. Poszczególne stadia rozwoju populacji szkodników i możliwe efekty zmian u owadów zostały przedstawione na rysunku 1.

**Zasiedlanie upraw przez szkodniki.** Na zasiedlenie upraw mieszanych przez wyspecjalizowane szkodniki wpływ mają następujące czynniki:

- Kamuflaż wizualnych efektów. Uprawa mieszkankowa staje się nieatrakcyjna wizualnie dla nadlatujących szkodników, ponieważ żywicielskie rośliny są często zasłonięte przez rośliny nieżywicielskie, o dłuższych pędach lub bardziej rozłożystym pokroju, co powoduje u owadów zaburzenia w odbiorze całej przestrzeni uprawnej. „Obce” rośliny mogą też stanowić bariery fizyczne dla rozprzestrzeniania się szkodników albo pułapki dla nich [14, 27].
- Efekty olfaktoryczne (zapachowe). Roślinożercy orientują się w środowisku dzięki wydzielanym przez rośliny żywicielskie atraktantom lub stymulatorom że-



**Rysunek 1.** Stadia dynamiki populacji szkodników, które mogą być wywoływane w uprawie mieszanki; możliwe efekty są wymienione po prawej stronie [27]

rowania. Silnie aromatyczne rośliny, takie jak pomidor, czosnek, cebula, tytoń, uprawiane współrzędnie z innymi gatunkami, mogą zaburzać olfaktoryczny odbiór siedliska [1, 16, 37].

- Odwrócenie żywicielnictwa. Szkodniki czasami zasiedlają jeden szczególnie gatunek w mieszance i w ten sposób można „odwrócić ich uwagę” od innych, bardziej wartościowych gatunków, a tym samym chronić je przed ich zniszczeniem. Przykładem wykorzystania tego zjawiska w praktyce rolniczej jest wysiewanie lucerny na obrzeżach upraw bawełny w Kalifornii, na której zatrzymywane zostają zmieniki bawełnowce (*Lygus hesperus*), pluskwiaki wyrządzające poważne szkody na plantacjach bawełny [26].

Wszystkie wymienione czynniki limitujące zasiedlanie upraw mieszanych przez owady nabierają szczególnego znaczenia w wypadku populacji mobilnych szkodników (np. chrząszczy zimowych szukających upraw na żer dopełniający itp.), zasiedlających uprawy na początku każdego okresu wegetacji.

**Rozwój populacji szkodnika w mieszankach.** Gwałtowny wzrost populacji szkodników następuje wówczas, gdy wszystkie osobniki znajdują pożywienie, schronienie i dogodne warunki do rozmnażania w zbiorowisku roślinnym. Mieszanki z tej racji, że rozrzedzają obsadę roślin żywicielskich, zmieniają architekturę i fizjonomię uprawy, pogarszają mikroklimat wyspecjalizowanym szkodnikom. Farell zaobserwował, że czepne wąsy fasoli zwyczajnej „łapały” osobniki mszycy *Aphis craccivora* — wektora groźnego wirusa orzeszków ziemnych i w ten sposób ograniczały skutecznie rozwój ich populacji [10]. Korzyści uprawy mieszankowej mogą zależeć od tego, czy populacja szkodników rozwija się w krytycznym dla uprawy stadium, takim jak wschody bądź kwitnienie, kiedy to tolerancja roślin na uszkodzenia jest najmniejsza [26].

**Rozproszenie szkodników w uprawie.** Zahamowanie rozprzestrzeniania się populacji szkodników jest możliwe, gdy rośliny żywicielskie i nieżywicielskie rosną razem w szczególnie niekorzystnym dla roślinożercy układzie. Rozproszenie pchełki kapuścianej (*Phyllotreta cruciferae*) zostało zahamowane na kapuście uprawianej w rzędzie na obwodzie łąki w znacznie większym stopniu niż na poletku wewnątrz tej samej łąki, składającym się z kilku rzędów oddalonych od siebie o 45 cm [34]. Stwierdzono, że ten sam szkodnik w mieszance brokułów z wyką lub bobikiem tracił bardzo dużo czasu i energii na wypłatywanie się z pędów wyki oraz odnajdywanie właściwego żywiciela wśród roślin bobiku, co spowodowało szybką redukcję jego populacji [14]. Mniejsza obfitość niszy oraz zbyt duże odległości między roślinami obniżają względną jakość środowiska owadów, co w konsekwencji może doprowadzić do emigracji na inne, bardziej atrakcyjne uprawy. Taki efekt, w którym jedna roślina pomaga drugiej skutecznie bronić się przed szkodnikami, nazywa się „odpornością współtowarzyszącą”. Przykłady upraw, w których stwierdzono ujawnienie się tej odporności, zamieszczono w tabeli 1.

**Tabela 1.** Przykłady szkodników roślin uprawnych, u których zaobserwowano zmiany w zachowaniu lub w rozwoju populacji na skutek uprawy roślin żywicielskich z roślinami nieżywielskimi

Nazwa szkodnika i rodziny	Roślina żywicielska szkodnika	Sposób uprawy rośliny żywicielskiej	Opisane efekty zmian w zachowaniu i w populacji szkodnika	Literatura
<i>Acalymma vittata</i> <i>Chrysomelidae</i>	ogórek	współrzędowa uprawa ogórków z kukurydzą i brokułami, gatunki rozmieszczone w pojedynczych rzędach	a) 3-krotnie mniejsza liczebność chrząszczy zasiedlających rośliny ogórka niż w siewie czystym ogórka, b) zmniejszenie współczynnika reprodukcyjności chrząszczy, c) skrócenie okresu żerowania	[4]
<i>Phyllotreta cruciferae</i> <i>Chrysomelidae</i>	brokuły	współrzędowo-mieszkankowa uprawa brokułów z koniczyną białą	a) 1,3 raza wolniejsze zasiedlenie brokułów przez chrząszcze niż w czystej uprawie, b) 2-krotnie szybsze tempo emigracji na inne uprawy	[9]
<i>Phyllotreta cruciferae</i> <i>Chrysomelidae</i>	brokuły	współrzędowo-mieszana uprawa z wyką i bobikiem	a) skrócenie czasu żerowania chrząszczy, b) opuszczanie upraw mieszanych, c) wyraźna redukcja populacji	[14]
<i>Phyllotreta cruciferae</i> <i>Chrysomelidae</i>	kapusta	współrzędowa uprawa kapusty z tytoniem i pomidorami, w pojedynczych rzędach rośliny każdego gatunku	a) 4-krotnie mniejsza liczba uszkodzeń liści kapusty wskutek stwierdzonego repelentego oddziaływania roślin towarzyszących na chrząszcze b) ponad 3-krotnie mniejsza liczba chrząszczy II pokolenia niż w uprawie kapusty w siewie czystym	[37]
<i>Aphis craccivora</i> <i>Aphididae</i>	orzeczki ziemne	współrzędowa uprawa mieszana z fasolą zwyczajną, rośliny każdego gatunku w pojedynczych rzędach	a) wąsy czepne fasoli zatrzymywały mszyce, b) ograniczenie dostępu wektorów spowodowało zmniejszenie infekcji wirusem wywołującym chorobę rozetową orzeszków	[10]
<i>Oulema</i> spp. <i>Chrysomelidae</i>	owies, jęczmień	uprawa mieszana każdego gatunku zbożowego z łubinem żółtym, mieszanki bez regularnego wzoru	zmniejszenie stopnia uszkodzeń liści owsa o 48%, a jęczmienia jarego o 51% w porównaniu z uszkodzeniami tych gatunków zbożowych w siewie czystym	[41]
<i>Rhopalosiphum padi</i> , <i>Sitobion avenae</i> <i>Aphididae</i>	owies, jęczmień, pszenżyto	uprawa mieszana każdego gatunku zbożowego z łubinem żółtym lub z zbóż uprawianych w mieszankach w odniesieniu do siegrochem, mieszanki bez regularnego wzoru	3–6-krotnie zmniejszona liczebność mszyc na dokłosisu w mieszankach w odniesieniu do wów jednogatunkowych tych zbóż	[41]



**Rola wrogów naturalnych.** Związków pomiędzy rośliną a owadem nie można rozpatrywać z pominięciem trzeciego poziomu troficznego — wrogów naturalnych, których uważa się za sprzymierzeńców roślin [28]. Im bardziej zróżnicowana uprawa, tym większa różnorodność i liczebność drapieżców oraz parazytoidów roślinożerców, stąd uprawa kilku gatunków jednocześnie może złagodzić lub ustabilizować związek pomiędzy szkodnikiem a jego wrogiem naturalnym [29]. Szczęólnego znaczenia nabierają tu uprawy długotrwałe, gdyż na stabilność relacji pomiędzy trzema poziomami, tj. roślina–fitofag–entomofag, korzystnie wpływa czas [26].

## Teorie wrogów naturalnych i koncentracji zasobów pokarmowych

---

Root, badając gildie pokarmowe kapusty w uprawie czystej i mieszanej, zaobserwował, że liczebność szkodników oraz średnia ich biomasa, w przeliczeniu na 100g zjedzonego pokarmu, była zawsze większa w czystym siewie kapusty [34]. Wyjaśniając ten fakt, autor przytacza dwie hipotezy.

Hipoteza wrogów naturalnych przypisuje mniejszą gęstość szkodników większemu zróżnicowaniu środowiska, w którym to znajduje się większa liczba gatunków drapieżców i parazytoidów owadów oraz wyższa liczebność ich populacji [28, 30]. Zwolennicy tej teorii uznają wrogów naturalnych owadów za główny czynnik regulujący liczebność szkodników.

Alternatywną hipotezą jest teoria o koncentracji zasobów pokarmowych. W niejednolitych uprawach krótkotrwałych skuteczność wrogów naturalnych w ograniczaniu fitofagów może nie być aż tak efektywna, jak sam fakt mniejszej koncentracji pokarmu. W siewach mieszanych wyspecjalizowane szkodniki nie mają odpowiedniej bazy pokarmowej, lęgowej i dostatecznego schronienia, toteż preferują zwarte siewy jednogatunkowe, w których koncentracja roślin żywicielskich jest wystarczająca do podtrzymania wszystkich życiowych funkcji szkodników [34]. Większość badaczy zdecydowanie opowiada się za hipotezą koncentracji zasobów pokarmowych [5, 9, 14, 27, 33, 37].

Przeciwnicy uważają, że te dwie ogólne teorie wyjaśniające interakcje pomiędzy owadem a rośliną uprawianą w systemie wielokrotnym nie mogą być stosowane dla wszystkich wypadków pojedynczych szkodników oraz ich populacji. Helenius przeciwko hipotezie koncentracji zasobów podaje przykład mszycy zbożowej *Rhopalosiphum padi* w mieszance owsa z bobikiem, dla której rozrzedzenie roślin owsa (w mieszance) spowodowało większe zagęszczenie mszyc z powodu silniejszej agregacji kolonii zakładanych przez reemigrantki na jednej roślinie [18]. Aktywność wrogów naturalnych szkodników może także zmniejszyć się w uprawach gatunkowo zróżnicowanych, szczególnie jeśli za ich przywabianie odpowiadają jakieś określone sty-

mulatory wizualne lub zapachowe, których odbiór może zostać zakłócony z powodu „zamaskowania” przez inne rośliny [36]. Smith uważa, że działa tutaj ten sam mechanizm, który powoduje zaburzenia w prawidłowym odbiorze siedliska przez nalatujące owady roślinożerne.

## Podsumowanie

---

Przestrzenne lub czasowe rozdzielanie roślin żywicielskich dla szkodników na polach uprawnych jest ściśle powiązane z zachowaniem i rozwojem owadów roślinożernych. Im większą specjalizacją pokarmową charakteryzuje się dany szkodnik, tym większy można uzyskać efekt ograniczenia jego populacji, a tym samym spodziewać się mniejszego stopnia uszkodzeń roślin żywicielskich w siewach mieszanych. Specyficzne w tym względzie są owady monofagiczne, które w nieznacznie zmienionym łańcuchu określonego gatunku rośliny żywicielskiej często nie znajdują odpowiedniej bazy pokarmowej i lęgowej. Dla ograniczania populacji oligofagów (owadów, których spektrum roślin żywicielskich stanowi rodzina botaniczna) większych efektów można oczekiwać w przypadku mieszanek, w skład których wchodzi oddalone od siebie taksony botaniczne, np. zmniejszenia ograniczenia uszkodzeń zbóż przez skrzypionki w mieszankach zbożowo-strączkowych. Liczne dane empiryczne i kilka teoretycznych rozważań sugerują, że w uprawach mieszanych większą rolę w ograniczaniu populacji szkodników spełnia zasobność źródeł pokarmowych, mniejszą zaś ich wrogowie naturalni.

W uprawach wielokrotnych, a zwłaszcza w mieszankach różnogatunkowych, możliwe jest osiągnięcie krótkoterminowych korzyści, takich jak:

- zmniejszenie ryzyka gradacji ze strony szkodników,
- ograniczanie strat w plonie roślin,
- zmniejszenie zużycia owadobójczych środków ochrony roślin.

## Literatura

---

- [1] Aiyer A.K.Y.N. 1949. Mixed cropping in India. *Indian J. Agric. Sci.* 19: 439–543.
- [2] Aldrich R.J. 1997. Ekologia chwastów w roślinach uprawnych. Podstawy zwalczania chwastów. Towarzystwo Chemii i Inżynierii Ekologicznej, Opole: ss. 461.
- [3] Andrews D.J. 1972. Intercropping with guinea corn, a biological co-operative. Part I. *Samaru Agric. Newsl.* 14: 20–22.
- [4] Andrews D.J., Kassam A.H. 1976. The importance of multiple cropping in increasing world food supplies. *Am. Soc. Agron., Special Publication 27*, Wisconsin: ss. 32.
- [5] Bach C.E. 1980. Effects of plant diversity and time of colonisation on a herbivore-plant interaction. *Oecologia (Berl.)* 44: 319–326.

- [6] Barnes J.P., Putnam A.R. 1982. Weed suppression with rye cover crops in vegetable cropping systems. Abstrakty z konferencji WSSA 1982, Boston: ss. 67.
- [7] Bey-Bienko G.Y. 1961. On some regularities in the changes of the invertebrate fauna during the utilisation of virgin steppe. *Rev. Entomol. U.R.S.S.* 40: 763–775.
- [8] Budzyński W., Majkowski K., Nikiel A., Wróbel E. 1980. Wpływ sposobu siewu na plonowanie jęczmienia jarego i owsa na glebie kompleksu żytniego bardzo dobrego. *Zesz. Nauk. ART., Olsztyn, Rolnictwo* 30: 181–189.
- [9] Elmstrom K.M., Andow D.A., Barclay W.W. 1988. Flea beetle movement in a broccoli monoculture and diculture. *Environ. Entomol.* 17(2): 299–305.
- [10] Farrell J.A.K. 1976. Effects of intersowing with beans on the spread groundnut rosette virus by *Aphis craccivora* Koch (*Hemiptera:Aphididae*) in Malawi. *Bull. Entomol. Res.* 66: 331–333.
- [11] Fularowa K. 1967. Wyniki doświadczeń z siewami mieszanymi owsa z jęczmieniem. *Post. Nauk Roln.* 5: 43–50.
- [12] Gacek E. 1993. Wykorzystanie biologicznych mechanizmów służących do zapobiegania zakaźnym chorobom zbóż w mieszanych zasiewach. Mat. z Symp.: „Biotyczne środowisko uprawne a zagrożenie chorobowe roślin”, Olsztyn: 59–65.
- [13] Gacek E. 2000. Wykorzystanie różnorodności genetycznej roślin w zwalczaniu chorób roślin uprawnych. *Post. Nauk Roln.* 5: 17–25.
- [14] Garcia M.A., Altieri M.A. 1992. Explaining differences in flea beetle *Phyllotreta cruciferae* Goeze densities in simple and mixed broccoli cropping systems as a function of individual behaviour. *Entomol. Exp. Appl.* 62: 201–209.
- [15] Gonet I., Gonet Z. 1982. Wpływ częstotliwości uprawy jęczmienia jarego lub owsa na tym samym polu na plony ziarna i występowanie mątwika zbożowego (*Heterodera avenae*) w glebie. *Pam. Puł.* 77: 49–62.
- [16] Harborne J.B. 1997. Preferencje żywieniowe owadów. W: *Ekologia biochemiczna*, PWN: 154–186.
- [17] Helenius J. 1989. Plant size, nutrient composition and biomass productivity of oats and faba bean in intercropping, and the effect of controlling *Rhopalosiphum padi* (*Homoptera:Aphididae*) on these properties. *J. Agric. Sci. in Finland* 60: 1–20.
- [18] Helenius J. 1989. The influence of mixed intercropping of oats with field beans on the abundance and spatial distribution of cereal aphids (*Homoptera:Aphididae*). *Agric. Ecos. Environ.* 25: 53–73.
- [19] Helenius J., Ronni P. 1989. Yield, its components and pest incidence in mixed intercropping of oats (*Avena sativa*) and field beans (*Vicia faba*). *J. Agric. Sci. in Finland* 61: 15–31.
- [20] Kapoor P., Ramakrishnan P.S. 1975. Studies on crop-legume behaviour in pure and mixed stands. *Agro-Ecosystems* 2: 61–74.
- [21] Krebs C.J. 1996. Organizacja biocenozy II: drapieżnictwo i konkurencja w zrównoważonych biocenozach. *Ekologia*. Wyd. Nauk. PWN, Warszawa: 471–520.
- [22] MacArthur R.H., 1955. Fluctuations of animal populations and a measure of community stability. *Ecol.* 36: 533–536.
- [23] Majkowski K., Szempliński W., Budzyński W., Wróbel E., Dubis B. 1993. Uprawa międzyodmianowych i międzygatunkowych mieszanek jęczmienia jarego i owsa. *Rocz. AR Poznań CCXLIII*: 85–96.

- [24] Martin M.P.L.D., Snaydon R.W. 1982. Intercropping barley and beans I. Effects of planting pattern. *Expl. Agric.* 18:139–148.
- [25] Niewiadomski W. 1995. Nauka o płodozmianie — stan i perspektywy. *Post. Nauk Roln.* 3: 127–139.
- [26] Perrin R.M. 1977. Pest management in multiple cropping systems. *Agro-Ecosystems* 3: 93–118.
- [27] Perrin R.M., Phillips M.L. 1978. Some effects of mixed cropping on the population dynamics of insect pests. *Entomol. Exp. Appl.* 24: 385–393.
- [28] Pimentel D. 1991. Diversification of biological control strategies in agriculture. *Crop Prot.* 10: 243–253.
- [29] Price P., Waldbauer G.P. 1975. Ecological aspects of insect pest management. W: Introduction to insect pest management. Wiley, New York: 36–73.
- [30] Price P.W. 1976. Colonisation of crops by arthropods. Nonequilibrium communities in soybean fields. *Environ. Entomol.* 5: 605–611.
- [31] Price P.W., Bouton C.E., Gross P., McPheron B.A., Thompson J.N., Weis A.E. 1980. Interactions among three trophic levels: Influence of plants on interactions between insect herbivores and natural enemies. *Ann. Rev. Ecol. Syst.* 11: 41–65.
- [32] Probst G. 1997. Rośliny uprawy polowej. Podręcznik rolnictwa ekologicznego, pod redakcją Siebeneicher G.E., PWN, Warszawa: 136–230.
- [33] Risch S.J., Andow D., Altieri M.A. 1983. Agroecosystem diversity and pest control: data, tentative conclusions and new research directions. *Environ. Entomol.* 12: 625–629.
- [34] Root R.B. 1972. Organization of a plant–arthropod association in simple and diverse habitats: The fauna of collards (*Brassica oleracea*). *Ecol. Monogr.* 43(1): 95–124.
- [35] Rudnicki F., Wasilewski P. 1994. Porównanie wydajności jarych mieszanek zbożowych na glebie kompleksu żytniego dobrego. *Mat. Konf.: „Stan i perspektywy uprawy mieszanek zbożowych w Polsce”*, Poznań: 83–87.
- [36] Smith J.G. 1969. Some effects of crop background on populations of aphids and their natural enemies on brussels sprouts. *Ann. Appl. Biol.* 63: 326–330.
- [37] Tahvanainen J.O., Root R.B. 1972. The influence of vegetational diversity on the population ecology of a specialized herbivore, *Phyllotreta cruciferae* (Coleoptera: Chrysomelidae). *Oecologia* (Berl.) 10: 321–346.
- [38] Trenbath B.R. 1974. Biomass productivity of mixtures. *Adv. Agron.* 26: 177–210.
- [39] Trenbath B.R. 1976. Plant interactions in mixed crop communities. In Multiple cropping, ASA special publication. Madison, Wis.: *Am. Soc. Agron., Crop Sci. Soc.* 27: 129–169.
- [40] Wanic M. 1997. Mieszanka jęczmienia jarego z owsem oraz jednogatunkowe uprawy tych zbóż w płodozmianach. Rozprawa habilitacyjna, *Acta Acad. Agricult. Tech. Olst., Agricultura* 64D: ss. 50.
- [41] Wenda-Piesik A. 2000. Znaczenie mieszanek zbożowych i zbożowo-strączkowych w ograniczaniu występowania niektórych agrofagów zbóż jarych. Rozprawa doktorska, Akademia Techniczno-Rolnicza w Bydgoszczy: ss. 98.
- [42] Wien H.C., Littleton E.J. 1975. Grain legume improvement program, physiology subprogram. W: R.A. Luse and K.O. Rachie (red.), *proc. IITA Collaborators Meeting on Grain Legume Improvement*, Ibadan: 127–129.
- [43] Willey R.W. 1979. Intercropping — its importance and research needs. Competition and yield advantages. *Field Crop Abstracts* 32(1): 1–10.

- [44] Wolfe M.S. 1985. The current status and prospects of multiline cultivars and variety mixtures for disease resistance. *Ann. Rev. Phytopathol.* 23: 251–273.
- [45] Wolfe M.S. 1990. Intra-crop diversification: disease, yield and quality. *Crop Protection in Organic and Low Input Agriculture. BCPC Monogr.* 45: 105–114.

## Occurrence of specialistic herbivores and development of insect-pest populations in multiple cropping systems

---

**Key words:** multicropping, mixtures, population of pest

### Summary

The insects' behaviour and development of pest populations are closely related to the host plant separation in respect of the time or space. The more food-specialization of pests could mean the greater possibilities to control them and may affect less damages of host plants, when they are growing together with non-host plants. Monophagous insects, strictly connected with one species very often couldn't find out their food, shelter and oviposition requirements within the crops consisted of different species. Population densities of oligophagous insects (botanical family is spectrum of hosts) are strongly restricted by the mixtures composed with taxonomically unrelated species, such as *Poaceae* and *Papilionaceae*. For example, the cereal leaf beetles — dangerous pest for all cereal species may damage about 50% more cereal plants in pure stand than in the cereal-leguminous mixtures. The numerous empirical data and several theoretical arguments are presented that suggest that the differences in pest abundance between diverse and simple annual crops can be accounted for by the response of herbivore host-finding behaviour to the patterns of recourse availability rather than the activities of natural enemies. The multicropping systems, especially inter-species mixtures, may provide short-term benefits such as:

- reduced insect-pest populations,
- decreased losses of plant yield,
- decreased pest control costs.