

**EDWARD S. GACEK**

Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka

## Modyfikacje prac hodowlanych i doświadczalnictwa odmianowego dla potrzeb zrównoważonych, niskonakładowych i ekologicznych systemów gospodarowania w rolnictwie

### **Modifications of plant breeding and variety testing work, aimed at sustainable, low-input and ecological agriculture requirements**

W zrównoważonych systemach gospodarowania w rolnictwie, produkcja rolnicza powinna być przyjazna dla środowiska, opłacalna ekonomicznie i jednocześnie akceptowana społecznie. Postęp odmianowy jest kluczowym czynnikiem umożliwiającym wprowadzanie do rolnictwa przyjaznych dla środowiska, zrównoważonych, niskonakładowych i ekologicznych systemów gospodarowania w rolnictwie. Dla poprawy efektywności wykorzystania postępu odmianowego w rolnictwie, niezbędna jest integracja hodowli roślin z doświadczalnictwem odmianowym i uprawą roślin. W uprawie roślin powinno dążyć się do maksymalnego zwiększania bioróżnorodności na polach, poprzez odpowiednie zarządzanie uprawą w monokulturach odmian odpornych na stropy biotyczne i abiotyczne. Innym sposobem zwiększania bioróżnorodności jest uprawa roślin w siewach mieszanych (mieszanki odmianowe i międzygatunkowe), oraz innych materiałów heterogenicznych (złożone populacje krzyżówkowe, odmiany miejscowe). Potencjalnie duże znaczenie w zwiększaniu bioróżnorodności powinny mieć porejestrowe doświadczalnictwo i rekomendacja odmian prowadzone w różnych środowiskach i warunkach uprawy.

**Słowa kluczowe:** hodowla odpornościowa roślin, doświadczalnictwo odmianowe, zrównoważone, niskonakładowe i ekologiczne systemy gospodarowania

In sustainable agricultural production systems, the agricultural production should be environment-friendly, economically justified and socially accepted. Biological progress constitutes the key factor enabling introduction of environment-friendly, sustainable, low-input and ecological production systems in agriculture. In order to improve effectiveness of variety in agriculture, the integration of plant breeding programmes with varietal testing and plant growing is needed. It is necessary to increase biodiversity in the fields by an adequate management of varieties resistant to biotic and abiotic stresses grown in monocultures. Another possibility to increase biodiversity is growing as

many as possible species on the farm as well as growing of mixtures (varietal mixtures, species mixtures) and other heterogeneous plant materials (composite cross populations, local varieties). Biodiversity in the production field can be potentially increased by wider post-registration variety testing and recommendation of diverse varieties in different environments and growing conditions.

**Key words:** plant disease resistance breeding, variety testing, sustainable, low-input, and ecological systems in agriculture

## WPROWADZENIE

Współczesne rolnictwo konwencjonalne jest uzależnione od stosowania energii, syntetycznych środków produkcji ( nawozów, pestycydów, regulatorów wzrostu.) i innych środków produkcji. Powszechnie wiadomo, że syntetyczne środki produkcji, a zwłaszcza pestycydy oddziałują negatywnie na biosferę, zwłaszcza na organizmy pożyteczne, w tym także na zdrowie ludzi i zwierząt. Zachwiania została równowaga biologiczna na współczesnych polach uprawnych.

Specjalizacja i intensyfikacja produkcji rolniczej doprowadziła do zawężenia bioróżnorodności w rolnictwie. Zmniejszenie bioróżnorodności doprowadziło do znaczącego ograniczenia funkcjonowania naturalnych mechanizmów samoregulacji na polach uprawnych. W ostatnich latach, coraz częściej mówi się o potrzebie szerszego stosowania bardziej przyjaznych dla środowiska systemów gospodarowania w rolnictwie.

Celem niniejszego opracowania jest omówienie kierunków prac badawczych, hodowlanych i rozwojowych, mając na względzie potrzebę zwiększania bioróżnorodności na polach uprawnych we współczesnym rolnictwie, a zwłaszcza w zrównoważonych, niskonakładowych i proekologicznych systemach gospodarowania.

## ZWIĘKSZANIE BIORÓŻNORODNOŚCI W UPRAWIE ROŚLIN

### **Znaczenie bioróżnorodności w ekosystemach**

Różnorodność biologiczna występująca w naturalnych zbiorowiskach roślin stanowiła podstawę selekcji naturalnej i ewolucji roślin. Bioróżnorodność występowała powszechnie w pierwotnych ekosystemach, po czym stopniowo ulegała zawężaniu, w miarę postępującej ingerencji człowieka w naturalne ekosystemy. Zawężanie różnorodności biologicznej na polach uprawnych następowało wraz z rosnącą specjalizacją i intensyfikacją produkcji rolniczej, (Ostergaard i in., 2009; Chakraborty, Newton, 2011).

Obecnie, na polach uprawnych w ograniczonym stopniu funkcjonują biologiczne mechanizmy samoregulacji, powszechnie występujące w zróżnicowanych biologicznie pierwotnych ekosystemach roślinnych, Ives i Carpenter (2007); Costanzo i Barberi (2014).

Na rysunku 1, przedstawiono podstawowe elementy koncepcji holistycznego systemu działań interdyscyplinarnych, w celu zwiększania różnorodności biologicznej w rolnictwie (Ostergaard i in., 2009).



różnorodność — diversity  
uprawa roślin — plant production  
zrównoważony rozwój — sustainable development  
prace badawcze i wdrożeniowe — research and application works  
hodowla roślin — plant breeding

**Rys. 1. Elementy koncepcji zwiększania bioróżnorodności**  
**Fig. 1. Elements of concept of increase in biodiversity**

### **Sposoby zwiększania bioróżnorodności w uprawie roślin**

Do najważniejszych z nich można zaliczyć:

- prowadzenie interdyscyplinarnych badań i prac rozwojowych nad opracowaniem oraz wdrażaniem do praktyki rolniczej zintegrowanych systemów zwiększania różnorodności biologicznej,
- hodowla zróżnicowanych genetycznie odmian roślin, odznaczających się wysokim i stabilnym plonowaniem oraz odpornością na stropy biotyczne i abiotyczne,
- wykorzystanie odmianowych właściwości buforujących skutki niekorzystnego oddziaływania zjawisk i czynników stresowych, wynikających ze zmian klimatu oraz innych stropów biotycznych i abiotycznych,
- opracowanie i wdrożenie do różnych systemach gospodarowania, efektywnych metod zwiększania bioróżnorodności,
- zrównoważonego wykorzystanie dostępnych środków produkcji.

W zwiększaniu bioróżnorodności upraw kluczową rolę mają odegrać zróżnicowane genetycznie gatunki roślin uprawnych oraz odmiany odporne i tolerancyjne na choroby i inne stropy biotyczne i abiotyczne. Zjawisko tolerancji odnosi się zarówno do stropów powodowanych przez organizmy żywe (patogeny roślin, szkodniki i in.), jak i do czynników nieożywionych (niedobór/nadmiar składnika, woda, pogoda). Tolerancja jest to genetycznie i środowiskowo uwarunkowana zdolność niektórych odmian do „wytrzymywania” dużego porażenia przez choroby lub przez inne organizmy szkodliwe albo przez stropy abiotyczne. Odmiany wyróżniające się tolerancją na stropy, znoszą działanie czynników stresowych bez reagowania spadkiem plonów, w przeciwieństwie do odmian nietolerancyjnych.

W ostatnim czasie w literaturze światowej, (Murphy i in., 2013 wprowadza się pojęcie zdolności niektórych odmian roślin do dalszego wzrostu i rozwoju, po wystąpieniu silnego stresu abiotycznego.(ang. resilience). Obejmuje ono właściwości roślin przyczyniające się do zwiększenia zdolności odmian do „buforowania” i do szybkiej ” regeneracji” roślin po wystąpieniu silnego stresu abiotycznego. Należy podkreślić, że

wspomniane wyżej właściwości odmian są obserwowane w większym natężeniu w warunkach zwiększonej bioróżnorodności i w zrównoważonych systemach gospodarowania w rolnictwie.

Głównymi sposobami zwiększania zdolności buforujących odmian roślin, są:

- hodowla odmian roślin o zróżnicowanych właściwościach genetycznych,
- zwiększona bioróżnorodność upraw na polach,
- wykorzystanie właściwości odmian do „buforowania” i szybkiej „regeneracji” po wystąpieniu stresu.

Dla osiągnięcia stawianych celów niezbędna jest integracja prac hodowlanych z doświadczalnictwem odmianowym i rekomendacją odmian, w powiązaniu z odpowiednimi działaniami agrotechnicznymi.

W ramach prac hodowlanych, poza ustawicznym stosowaniem zróżnicowanych genetycznie materiałów wyjściowych, niedrogim i łatwym sposobem zwiększania bioróżnorodności jest tworzenie heterogenicznych materiałów hodowlanych. Do najważniejszych z nich możemy zaliczyć złożone populacje krzyżówkowe (ZPK), wytwarzane zgodnie z zasadami ewolucyjnej hodowli roślin, Suneson (1956), Phillips, Wolfe (2005), Murphy i in. (2013). Złożone populacje krzyżówkowe tworzy się poprzez skrzyżowanie w pół-diallelu, 8–10 najwartościowszych odmian komercyjnych danego gatunku zbóż, a następnie rozmnażaniu uzyskanych populacji mieszańcowych w docelowych stresowych środowiskach uprawy. Postępowanie takie pozwala na oddziaływanie naturalnej selekcji na rozmnażane rozszczepiające się złożone populacje krzyżówkowe, przez kilka kolejnych lat, Doring i in. (2011). Złożone populacje krzyżówkowe odznaczają się znacznie większym zróżnicowaniem genetycznym, w porównaniu do innych znanych heterogenicznych materiałów roślinnych stosowanych w uprawie roślin (np. zasiewy mieszane). Uprawa ZPK może być skutecznym sposobem poprawy wielkości i stabilności plonowania zbóż, przy jednoczesnym zwiększeniu ich wrażliwości na różne stesy biotyczne i abiotyczne oraz niekorzystnego oddziaływania czynników pogodowych związanych ze zmianą klimatu, Finckh (2009).

W Polsce trwają rozmnożenia i prace selekcyjne ze złożonymi populacjami krzyżówkowymi pszenicy ozimej i jęczmienia jarego wytworzonymi przez spółki hodowlane „Grupa IHAR”, w latach 2015–2016, (Arseniuk, Gacek, 2016).

#### MODYFIKACJE KIERUNKÓW I TECHNIK HODOWLI ROŚLIN

Dzięki wprowadzaniu zróżnicowanych genetycznie materiałów wyjściowych do hodowli roślin oraz prowadzeniu odpowiednich prac selekcyjnych, można wyselekcjonować odmiany nadające się do zrównoważonych i nisko-nakładowych systemów gospodarowania w rolnictwie. Jednakże, Wolfe i in. (2008) podali, że ponad 95% odmian stosowanych w uprawie ekologicznej w Europie, to odpowiednio wyselekcjonowane intensywne odmiany konwencjonalne. Oznacza to, że o przydatności odmian do różnych warunków gospodarowania decydują ich właściwości fizjologiczno-morfologiczne i cechy fenologiczne odmian, niezależnie w jakich programach hodowlanych odmiany były wytwarzane. Należą do nich m.in. budowa systemu

korzeniowego, krzewistość, wigor roślin, wysokość roślin, odporność i/lub tolerancja na stropy biotyczne i abiotyczne, podwyższona zdolność odmian do buforowania i regeneracji po wystąpieniu silnych stresów abiotycznych, architektura łanu i wiele innych właściwości roślin. Wiele właściwości fenologiczno-morfologicznych roślin wykorzystywanych w intensywnych systemach gospodarowania znajduje też zastosowanie w rolnictwie ekologicznym.

Biorąc pod uwagę pogłębiające się negatywne skutki nadmiernej intensyfikacji uprawy roślin i potrzebę ekologizacji w rolnictwie, placówki hodowlane coraz częściej modyfikują swoje programy, a mianowicie:

- hodowla odmian do różnych kierunków gospodarowania, tj. intensywnego rolnictwa konwencjonalnego oraz zrównoważonych, niskonakładowych i ekologicznych systemów uprawy roślin,
- hodowla odmian, które zarówno w siewie czystym, jak i w siewach mieszanych pozwolą na ograniczanie stosowania syntetycznych środków produkcji, w tym zwłaszcza herbicydów i fungicydów,
- tworzenie heterogenicznych materiałów roślinnych oraz złożonych populacji krzyżówkowych (ZPK), w celu zwiększania bioróżnorodności na polach uprawnych, Wolfe i in. (2008); Doring i in. (2011).

#### HODOWLA ODPORNOŚCIOWA I ZARZĄDZANIE ODPORNOŚCIĄ NA CHOROBY W UPRAWIE ROŚLIN

Głównym celem hodowli roślin, w tym zwłaszcza hodowli odpornościowej jest wytwarzanie odmian odpornych i tolerancyjnych na choroby oraz tolerancyjnych na stropy abiotyczne i jednocześnie i odznaczających się zadawalającym plonowaniem, w różnych środowiskach ich uprawy.

W ostatnich latach zwraca się szczególną uwagę na wykorzystanie różnorodności genetycznej już na etapie stosowania materiałów wyjściowych do hodowli roślin. W programach hodowli odpornościowej jednocześnie stosuje się, wiele odrębnych źródeł odporności rasowo-specyficznej, warunkowanej głównymi genami odporności. W tym celu dąży się do równoczesnego wprowadzania kilku głównych genów odporności do nowych odmian, w tym także do odmian z podwyższonym poziomem odporności częściowej, Arseniuk (2013) i Gacek (1990).

#### **Rola doświadczalnictwa odmianowego i rekomendacji odmian w zwiększaniu bioróżnorodności**

Postęp odmianowy jest podstawowym czynnikiem utrzymania i wzrostu plonowania roślin uprawnych. Według Światowej Federacji Nasiennej (ISF), wzrost plonowania roślin uprawnych dzięki wprowadzaniu nowych odmian w ostatnich dziesięcioleciach wyniósł 1–2% rocznie. Obecnie, udział postępu odmianowego wśród innych czynników produkcji roślinnej wynosi 80-85 %, zależnie od gatunku rośliny uprawnej. Począwszy od połowy ubiegłego stulecia obserwuje się relatywny spadek udziału postępu technicznego, technologicznego i agrotechniki w przyrostach plonowania roślin.

Prace hodowlane, a następnie dobór odmian roślin dostosowanych do lokalnych warunków gospodarowania będą kluczowym czynnikiem dalszego wzrostu produkcji rolniczej. Cel ten można osiągnąć poprzez odpowiednio zorganizowane doświadczalnictwo odmianowe, połączone z rekomendacją odmian do praktyki (Bujak i in., 2013; Gacek i in., 2014; Studnicki i in., 2016).

Środowiska wybierane do testowania odmian muszą charakteryzować się dużą zmiennością w zakresie czynników glebowych i klimatycznych oraz występowania chorób roślin i szkodników, a także stresów abiotycznych. Z kolei odmiany dobierane do badań ich przydatności gospodarczej powinny reprezentować jak najszersze spektrum zmienności genetycznej w zakresie ich właściwości fizjologiczno-wzrostowych i uzdolnień adaptacyjnych.

W najbliższych latach przewiduje się wzrost znaczenia doboru odmian, w kontekście potrzeb różnych systemów gospodarowania w rolnictwie. Dzięki innowacyjnym modyfikacjom doświadczeń odmianowych i rekomendacji odmian, głównie dla potrzeb do rolnictwa konwencjonalnego, niezbędnym będzie jednoczesny wybór odmian do pozostałych kierunków gospodarowania oraz odmian pozwalających na zmniejszanie nakładów (nawozy, pestycydy, energia, woda i inne) i odpornych na stresy i skutki zmian klimatycznych.

Biorąc powyższe pod uwagę, niezbędnym jest podjęcie pogłębionej współpracy w promocji postępu odmianowego pomiędzy COBORU, wybranymi instytucjami naukowymi, ośrodkami doradztwa rolniczego oraz innymi instytucjami i podmiotami uczestniczącymi w realizacji porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego (PDO) i rekomendacji odmian do praktyki rolniczej (Mądry i in., 2011; Derejko i in., 2016).

#### **Porejestrowe doświadczalnictwo odmianowe i rekomendacja odmian**

Od prawie 20 lat funkcjonuje w Polsce system porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego (PDO) i rekomendacji odmian, utworzony i koordynowany przez COBORU, we współpracy z Urzędami Marszałkowskimi i Wojewódzkimi Izbami Rolniczymi, (Gacek, Behnke, 2013; Gacek i in., 2013, 2017), (<http://www.coboru.pl/dr/index.aspx>).

W ramach systemu doświadczalnego PDO prowadzi się rokrocznie około 1000 polowych doświadczeń odmianowych, w ponad 100 punktach doświadczalnych na terenie całego kraju. (patrz mapka). W realizacji PDO, współpracują ze sobą instytucje i podmioty zajmujące się doświadczalnictwem odmianowym, a mianowicie: COBORU, jednostki hodowli roślin, ośrodki doradztwa rolniczego, instytuty i uczelnie rolnicze oraz inne podmioty zainteresowane prowadzeniem profesjonalnych doświadczeń odmianowych (Krzyśko i in., 2013).

Zgodnie z zapisami ustawowymi, na podstawie wyników porejestrowego doświadczalnictwa odmianowego, corocznie na obszarze województw tworzone są Listy Odmian Zalecanych (LOZ) do uprawy.



**Rys. 2. Miejscowości doświadczalnictwa odmianowego w Polsce**  
**Fig. 2. Localization of experimental points investigating cultivars in Poland**

W systemie PDO i rekomendacji odmian w kraju, regularnie wprowadza się specjalistyczne modyfikacje doświadczalne, mające na celu:

- określanie plonowania i odporności odmian na stresy biotyczne i abiotyczne,
- określanie referencyjnych środowisk uprawowo-klimatycznych do testowania odmian,
- ocenę wysokości i stabilności plonowania oraz adaptacyjności odmian roślin uprawnych, na podstawie interakcji genotypowo-środowiskowych ( $G \times E$ ) oraz interakcji ( $G \times E \times M$ ), (gdzie  $M$  = intensywność uprawy odmiany)
- określanie przydatności odmian dla rolnictwa konwencjonalnego, niskonakładowego i ekologicznego
- doświadczenia z wewnątrz i międzygatunkowymi zasiewami mieszanymi
- selekcja odmian tolerancyjnych i odznaczających się uzdolnieniami buforującymi na abiotyczne, czynniki stresowe, związane ze zmianą klimatu

— doświadczenia z heterogenicznymi materiałami roślinnymi, w tym ze złożonymi populacjami krzyżówkowymi (ZPK).

W ramach prowadzonych badań i doświadczeń odmianowych niezbędne są działania i prace ukierunkowane na opracowanie zasad właściwego wykorzystania odporności odmian na choroby i inne stropy biotyczne, w celu zwiększenia jej trwałości w warunkach produkcyjnych. Zarządzanie odpornością na stropy należy rozpoczynać w ramach systemu rekomendacji odmian i kontynuować na polach uprawnych. Dla charakterystyki odmian rekomendowanych należy załączać informację o efektywności posiadanych przez nie odporności na choroby i inne stropy biotyczne.

#### ZARZĄDZANIE ODPORNOŚCIĄ ROŚLIN NA CHOROBY I STROPY BIOTYCZNE W WARUNKACH PRODUKCYJNYCH

Nie w pełni wykorzystywaną dotąd możliwością zwiększenia produktywności i zdrowotności upraw rolniczych jest odpowiednie zarządzanie uprawą odmian odpornych na choroby i na inne stropy biotyczne w praktyce produkcyjnej. W ramach zarządzania odpornością roślin na stropy biotyczne, można wyróżnić następujące kierunki działań:

- wprowadzanie do uprawy w danym gospodarstwie lub rejonie jak największej liczby odmian z różnymi genami i typami odporności na choroby i inne stropy,
- bieżące śledzenie struktury chorobotwórczości w populacjach patogenów oraz natury i natężenia występowania innych czynników stresogennych,
- zwiększanie bioróżnorodności na polach uprawnych poprzez wprowadzanie do uprawy jak największej liczby gatunków roślin uprawnych,
- uprawa wewnątrz- i międzygatunkowych zasiewów mieszanych, odmian miejscowych oraz złożonych populacji krzyżówkowych.

#### **Zwiększanie różnorodności biologicznej w uprawie roślin**

Dla poprawy trwałości odporności odmian na choroby w uprawie roślin należy stosować właściwe płodozmiany, zachowywać terminy siewu i zabiegów uprawowych oraz ustawicznie zwiększać różnorodność odporności genetycznej odmian na choroby. Cele te można osiągnąć poprzez równoczesną uprawę dużej liczby odmian w danym gospodarstwie, unikanie monokultur odmianowych, wprowadzanie do uprawy rozmaitych wewnątrz- i międzygatunkowych zasiewów mieszanych oraz złożonych populacji krzyżówkowych (ZPK) i innych heterogenicznych materiałów roślinnych.

Wysokość i stabilność plonowania odmian roślin uprawnych jest związana z ich właściwościami fenologicznymi, morfologicznymi oraz odpornością na stropy biotyczne i abiotyczne. O wysokości, a zwłaszcza stabilności plonowania upraw decyduje interakcja pomiędzy odmianą, środowiskiem i poziomem intensywności uprawy, określana powszechnie interakcją  $G \times E \times M$ . (Cooper i in., 2006; Paderewski i in., 2016). Stąd dla ujawnienia powyższych zależności niezbędnym rozwiązaniem jest prowadzenie odpowiedniego systemu doświadczalnictwa odmianowego i analizy statystyczne pozwalające na uwzględnienie interakcji, ułatwiających precyzyjny dobór odmian do uprawy w poszczególnych środowiskach i warunkach gospodarowania



### **Stosowanie zasiewów mieszanych roślin dla zwiększenia bioróżnorodności**

Sprawdzonym sposobem różnicowania i jednocześnie zwiększenia trwałości odporności genetycznej odmian w warunkach produkcyjnych może być uprawa odmian w rozmaitych typach zasiewów mieszanych. Pod pojęciem zasiewy mieszane rozumiemy zarówno międzygatunkowe mieszanki (głównie zbożowo-zbożowe i zbożowo-strączkowe), jak i wewnątrzgatunkowe mieszanki odmianowe.

Zwiększona bioróżnorodność w zasiewach mieszanych oddziałuje pozytywnie na uprawy poprzez:

- duży potencjał środowiskowy odmian roślin, wynikający z szerszego zakresu ich zmienności genotypowej i fenotypowej,
- zjawisko komplementacji, związane z wzajemnym uzupełnianiem się roślin podczas ich wzrostu i rozwoju w warunkach zróżnicowanego genetycznie ładu,
- zjawisko kompensacji, występuje w sytuacjach, gdy rośliny bardziej zaadaptowane do otaczających warunków wzrostu, efektywniej wykorzystują dane środowisko, kosztem sąsiadujących z nimi roślin, mniej dostosowanych do tego środowiska.

W przeciwieństwie do monokultur odmianowych, w genetycznie zróżnicowanych zasiewach mieszanych obserwuje się efekty działania rozmaitych epidemiologicznych mechanizmów redukcji chorób i czynników pozachorobowych (Finckh i Mundt, 1992; Finckh i in., 2000; Gacek i in., 1996; Michalski i in., 2004; Noworolnik, 2000; Rudnicki, 1994; Tratwal i Walczak, 2014; Tratwal i in., 2014; Szempliński i Budzyński, 2011; Newton i Guy, 2011; Walczak i in., 2011).

Do najważniejszych z nich zaliczamy:

- zmniejszenie ilości tkanki podatnej na jednostce powierzchni ładu,
- działanie roślin odpornych jako „barier” fizycznych dla części awirulentnego materiału zakaźnego,
- zjawisko indukowanej odporności (immunizacji biologicznej),
- efekty wynikające z istnienia dwóch poziomów odporności genetycznej (główne geny odporności + różne tła genetyczne) odmian w siewie mieszanym,
- istnienie różnic w poziomach odporności częściowej odmian komponentów,
- efekty epidemiologiczne, wynikające ze zjawisk auto- i alloinfekcji w łanie siewu mieszanego,
- interakcje pomiędzy zjawiskami chorobowymi (epidemicznymi) a czynnikami ekologicznymi „pozachorobowymi” (komplementacja, kompensacja, konkurencyjność, agresywność i in.).

Efekt komplementacji związany jest z wzajemnie korzystnym oddziaływaniem na siebie roślin poszczególnych składników siewu mieszanego w czasie sezonu wegetacyjnego. Zjawisko to przyczynia się do pełniejszego wykorzystania przestrzeni życiowej (woda, składniki pokarmowe, światło) przez rośliny w siewie mieszanym (Wolfe, 1990; Hajjar i in., 2008).

Efekt kompensacji polega na lepszym wykorzystaniu przez jeden z komponentów mieszanki przestrzeni życiowej, która z różnych powodów nie została w pełni wykorzystana przez pozostałe komponenty siewu mieszanego (Wolfe, 1990; Finckh i Mundt, 1992; Creissen i in., 2013).

Zjawiskiem konkurencji określamy właściwość odmiany, dzięki której odmiana w niektórych fazach wzrostu i rozwoju, np. w fazie krzewienia opanowuje przestrzeń życiową ograniczając rozwój pozostałych składników mieszanki. Udowodniono, że konkurencyjność pomiędzy roślinami różnych odmian może prowadzić do zwiększania się bądź zmniejszania się liczby roślin odpornych lub podatnych na choroby w mieszance, w zależności od ich uzdolnień konkurencyjnych (Finckh i Mundt, 1992; Wolfe i in., 2008).

Dobór odmian do zasiewów mieszanych nie może być przypadkowy. Komponowanie składów mieszanek odmianowych należy poprzedzić odpowiednimi badaniami epidemiologiczno-genetycznymi i doświadczeniami polowymi, mającymi na celu sprawdzenie przydatności odmian komercyjnych w danym gatunku do uprawy w zasiewach mieszanych. Komponenty mieszanki powinny odznaczać się właściwościami wzrostowymi, adaptacyjnymi, agronomicznymi i użytkowymi, pozwalającymi na uzyskanie oczekiwanych efektów, podczas ich uprawy w siewie mieszanym. Ważnym kryterium doboru odmian do siewu mieszanego powinno być ich zróżnicowanie pod względem odporności genetycznej na choroby. Powinny to być odmiany (gatunki) z różnymi typami odporności genetycznej na najważniejsze patogeny (Gacek i in., 1996).

W przypadku mieszanek międzygatunkowych, w których występuje bardzo duże zróżnicowanie komponentów, pod względem właściwości morfologiczno-wzrostowych potrzebna jest również pełniejsza znajomość ich reakcji na czynniki środowiskowe i interakcje pomiędzy roślinami takich siewów mieszanych.

#### PODSUMOWANIE

Współczesne odmiany roślin uprawnych są zbyt mało zróżnicowane pod względem właściwości genetycznych, fizjologicznych i fenotypowych i podczas uprawy wymagają dużych nakładów energii, wody i syntetycznych środków produkcji.

W Europie, placówki hodowlane, w których prowadzi się hodowlę podstawowych gatunków roślin, modyfikują swoje programy, w celu utrzymania wysokiej produktywności odmian w czasie i przestrzeni, w związku ze zmiennością występowania chorób, szkodników i stresów abiotycznych. Spektrum i nasilenie występowania chorób i innych organizmów szkodliwych oraz stresów abiotycznych jest w dużym stopniu uzależnione od fluktuacji czynników środowiskowych i pogodowych, związanych z postępującą zmianą klimatu.

Biorąc pod uwagę potrzebę zwiększania bioróżnorodności upraw i zrównoważone systemy gospodarowania, w tym integrowaną ochronę roślin, hodowla roślin, zwłaszcza hodowla odpornościowa powinna być coraz ściślej zintegrowana z systemami uprawy odmian w warunkach produkcyjnych. Kierunki prac hodowlanych są coraz bardziej powiązane z przewidywanymi docelowymi systemami i sposobami uprawy odmian w warunkach produkcyjnych.

W obliczu zachodzących zmian klimatu i coraz częstszym pojawianiem się silnych stresów biotycznych i abiotycznych, istnieje pilna potrzeba podjęcia dostosowawczych działań w hodowli roślin, doświadczałnictwie odmianowym i w systemach uprawy roślin.

## LITERATURA

- Arseniuk E. 2013. Hodowla odpornościowa i odporność roślin na choroby, szkodniki i niesprzyjające czynniki środowiska w systemach zrównoważonego rolnictwa i zrównoważonej ochrony. Konferencja naukowa „Nauka dla Hodowli i Nasiennictwa Roślin Uprawnych”, Zakopane, 4-8.02.2013, Streszczenia: 13 — 15.
- Arseniuk E., Gacek E. 2016. New trends in breeding and variety testing of cereals in Poland in the light of IPM sustainable and low-input agricultural requirements. Powerpoint Presentation at the Workshop “Breeding for IPM in Sustainable and Low-input Agricultural Systems”, IHAR-PIB Radzików, 4-6 July 2016.
- Bujak H., Tratwal G., Weber R., Kaczmarek J., Gacek E.S. 2013. An analysis of spatial similarity in the variability of yields of winter wheat cultivars in western Poland. “Zemdirbyste-Agriculture”, vol. 100, 3: 311 — 316.
- Chakraborty S., Newton A. C. 2011. Climate change, plant diseases and food security: an overview. *Plant Pathol.* 60: 2 — 14.
- Cooper J. M., Schmidt C. S., Wilkinson A., Lueck L., Hall C. M., Schotton P. N., Leifert C. 2006. Effect of organic, low-input and conventional production systems on disease incidence and severity in winter wheat. *Aspects of Applied Biology* 80: 121 — 126.
- Costanzo A., Barberi P. 2014. Functional agrobiodiversity and agroecosystem services in sustainable wheat production. A review. *Agron. Sustain. Dev.* 34: 327 — 348.
- Czembor H. J., Gacek E. 1995. Systemy zwiększania trwałości odporności odmian na choroby w hodowli i uprawie zbóż. Mat. 2-giego Krajowego Sympozjum „Odporność Roślin Na Choroby, Szkodniki i Niesprzyjające Czynniki Środowiska”, 12-14.09.1995. IHAR Radzików: 39 — 48.
- Derejko A., Studnicki M., Mądry W., Gacek E. S. 2016. A comparison of winter wheat cultivars rankings in groups of Polish locations. *Cereal Research Communications* 44: 628 — 638.
- Döring T. F., Kovacs G., Wolfe M. S., Murphy K. 2011. Evolutionary plant breeding in cereals — into new era. *Sustainability* 3: 1944 — 1971.
- Finckh M. R., Gacek E. S., Goyeau H., Lannou Ch., Merz U., Mundt C. C., Munk L., Nadziak J., Newton A. C., de Vallavieille-Poppe C., Wolfe M. S. 2000. Cereal variety and species mixtures in practice, with emphasis on disease resistance. *Agronomie* 20: 813 — 837.
- Finckh M. R. 2009. Integration of breeding and technology into diversification strategies for disease control in modern agriculture *European Journal of Plant Pathology* 121: 399 — 409.
- Finckh M. R., Mundt Ch. C. 1992. Plant competition and disease in genetically diverse populations. *Oecologia* 91: 82 — 92.
- Gacek E. 1990. Studia nad sposobami wykorzystania odporności genetycznej jęczmienia w zwalczaniu mączniaka prawdziwego (*Erysiphe graminis* DC f. sp. *hordei* Marchal.) *Hod. Rośl. Aklim.* 34 (5/6): 3 — 49.
- Gacek E., Behnke M. 2013. Sprawozdanie z realizacji porejestrowego doświadczałnictwa odmianowego w roku 2012, COBORU: 1 — 79.
- Gacek E. S., Behnke M., Zych J. 2013. Tworzenie zrębów oraz wdrażanie i upowszechnianie Porejestrowego Doświadczałnictwa Odmianowego i Rolniczego (PDOiR) na szczeblu centralnym w latach 1998-2013. Wydawnictwo Jubileuszowe z Okazji XV-lecia Porejestrowego Doświadczałnictwa Odmianowego, COBORU: 9 — 46.
- Gacek E. S., Pluto J., Behnke M. 2015. Informator. Porejestrowe doświadczałnictwo odmianowe i rekomendacja odmian w Polsce. COBORU: 1 — 36.
- Gacek E. S., Behnke M., Lubecka-Ziemińska J. 2017. Sprawozdanie z programu porejestrowego doświadczałnictwa odmianowego w roku 2016. COBORU: 1 — 80.
- Gacek E., Czembor H. J., Nadziak J. 1996. Wpływ zróżnicowania genetycznego w mieszaninach i mieszkach zbożowych na rozwój chorób i plonowanie. *Biul. IHAR* 200: 203 — 209.
- Hajlar R., Jarvis D. I., Gemmill-Herren B. 2008. The utility of crop genetic diversity in maintaining ecosystem services. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123: 261 — 270.
- Ives A. R., Carpenter S. R., 2007. Stability and diversity of ecosystems. *Science* 317: 58 — 62.

- Krzyśko M., Derejko A., Górecki T., Gacek E. S. 2013. Principal component analysis of functional data on grain yield of winter wheat cultivars. *Biometrical Letters* 50: 81 — 94
- Michalski T., Kowalik I., Idziak R., Horoszkiewicz-Janka J. 2004. Mieszanki jako ekologiczna metoda uprawy zbóż. Wybrane zagadnienia ekologiczne we współczesnym rolnictwie. Monografia. PIMR, Poznań: 28 — 36.
- Mądry W., Gacek E. S., Paderewski J., Gozdowski D., Drzazga T. 2011. Adaptive yield response of winter wheat cultivars across environments in Poland using combined AMMI and cluster analysis. *International Journal of Plant Production* 5 (3): 299 — 310.
- Murphy K. M., Dawson J., Jones S. S. 2008. Relationship among phenotypic growth traits, yield and weed suppression in spring wheat landraces and modern cultivars. *Field Crops Research*, 105: 107 — 115.
- Murphy K. M., Carter A. H., Jones S. S., 2013. Evolutionary Breeding and Climate Change. Genomics and Breeding for Climate — Resilient Crops. Springer Verlag: 377 — 389.
- Newton A. C., Guy D. C. 2011. Scale and spatial structure effects on the outcome of barley cultivar mixture trials for disease control. *Field Crops Research* 123: 74 — 79.
- Noworolnik K. 2000. Mieszanki zbożowo-strączkowe w systemie rolnictwa zrównoważonego. *Pamiętnik Puławski*. 120 (2): 325 — 329.
- Østergaard H., Finckh M. R., Fontaine L., Goldringer I., Hood S. P., Kristensen K., Lammerts van Bueren E.T., Mascher F., Munk L., Wolfe M. S. 2009. Time for a shift in crop production: embracing complexity through diversity at all levels. *Journal of Science of Food and Agriculture* 89: 1439 — 1445.
- Paderewski J., Gauch Jr. H.G., Mądry W., Gacek E. 2016. AMMI Analysis of four-way genotype × location × management × year data from the wheat trial in Poland. *Crop Science* 56: 2157 — 2164.
- Phillips S. L., Wolfe M. S. 2005. Evolutionary plant breeding for low input systems. *Journal of Agricultural Science* 143: 245 — 254.
- Rudnicki F. 1994. Biologiczne aspekty uprawy zbóż w mieszankach. *Mat. z Ogólnopolskiej. Konferencji. „Stan i Perspektywy Uprawy Mieszanek Zbożowych”*, Poznań: 7 — 15.
- Studnicki M., Mądry W., Noras K., Wójcik-Gront E., Gacek E. S. 2016. Yield response of winter wheat cultivars to environments, modeled by different variance structures-covariance in linear mixed models. *Spanish Journal of Agricultural Research* 14: e0703.
- Suneson C. A. 1956. An evolutionary plant breeding method. *Agronomy Journal* 48: 188 — 191.
- Szempliński W., Budzyński W. 2011. Cereal mixtures in Polish scientific literature in the period 2003-2007. Review article. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 10 (2): 127 — 140.
- Tratwal A., Roik K., Bocianowski J. 2014. The effect of growing mixtures of spring barley cultivars on pest occurrence and yields. *Polish Journal of Entomology Polskie Pismo Entomologiczne*, DOI: 10.2478/pjen-2014-0023VOL. 83: 295 — 311.
- Tratwal A., Walczak F. 2010. Powdery mildew (*Blumeria graminis*) and pest occurrence reduction in spring cereals mixtures. *Journal of Plant Protection Research*, Vol. 50 (3): 372 — 377.
- Walczak F., Tratwal A., Roik K., Bandyk A., Bocianowski J. 2011. Wpływ uprawy odmian pszenicy ozimej w formie mieszanek na występowanie szkodników i plonowanie. *Fragm. Agron.* 28 (4): 131 — 138.
- Wolfe M. S., Baresel J. P., Desclaux D., Goldringer I., Hoad S., Kovacs G., Löschenberger F., Miedaner T., Østergaard H., Lammerts van Bueren E. T. 2008. Developments in breeding cereals for organic agriculture. *Euphytica* 163: 323 — 346.
- Wolfe M.S. 1990. Intra-crop diversification: disease, yield and quality. *Monograph-British Crop Protection Council*, 45:105 — 114.