

Robert Borek, Arkadiusz Tujaka

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

**INNOWACYJNE SYSTEMY ROLNE DLA ROLNICTWA
DOSTOSOWANEGO DO ZMIAN KLIMATU***

Słowa kluczowe: inteligentne klimatycznie rolnictwo (CSA), systemy rolne, innowacje, zrównoważone rolnictwo, zmiany klimatu

Wstęp

Wiele prac związanych z problematyką antropologicznego efektu cieplarnianego Ziemi i globalnych zmian klimatu wskazuje, że rolnictwo posiada znaczący potencjał ograniczania emisji gazów cieplarnianych do atmosfery, będącej pochodną stosowanych środków produkcji i uprawy gleby oraz jednocześnie ma możliwości dostosowania się do obserwowanych w XX i na początku XXI wieku globalnych zmian klimatycznych. Potencjał ten jest zależny nie tylko od intensywności rolnictwa na danym terenie, ale również od zasobów środowiska w których to rolnictwo funkcjonuje. Zwraca się szczególną uwagę na potrzebę ochrony gleb i wód poprzez promowanie zrównoważonych metod uprawy i hodowli zwierząt, by w jak największym stopniu ograniczyć negatywne efekty związane z dostępnością tych zasobów w kontekście globalnego bezpieczeństwa żywnościowego. Model rolnictwa, w którym wdraża się zarówno działania nakierowane na ograniczanie antropologicznego efektu cieplarnianego Ziemi jak i działania związane z adaptacją do obserwowanych i prognozowanych zmian klimatu określany jest jako *Climate-Smart Agriculture* (CSA). Przymiotnik „smart” występuje w tym określeniu w znaczeniu „inteligentne klimatycznie rolnictwo”, rozumiane jako rolnictwo wykazujące szybką reakcję na problemy związane ze zmianą klimatu, ale również wdrażające najbardziej efektywne metody ograniczania antropologicznego efektu cieplarnianego atmosfery.

Celem pracy jest charakterystyka systemów produkcji rolniczej najczęściej wskazywanych przez ekspertów jako innowacyjne i dostosowane do obserwowanych

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 1.7 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

zmian klimatu w warunkach Europy. Zagwarantowanie opłacalności produkcji żywności oraz zrównoważony rozwój obszarów wiejskich może być zapewniony poprzez wdrożenie systemowych innowacyjnych technologii, które zwiększą konkurencyjność gospodarstw. Istotną rolę w innowacyjności gospodarstw odgrywa wymiana wiedzy z udziałem rolników, a w szczególności ich zaangażowanie w ten proces.

Inteligentne klimatycznie rolnictwo (CSA) a innowacje technologiczne

Model rolnictwa inteligentnego klimatycznie (CSA) próbuje wdrożyć innowacyjne technologie (Tab. 1) poprzez osiągnięcie trzech głównych celów:

1. Podniesienie wydajności produkcji rolnej, aby zapewnić wzrost dochodowości gospodarstw rolnych, bezpieczeństwo żywnościowe oraz rozwój obszarów wiejskich.
2. Zwiększenie dostosowania systemów rolnych i żywnościowych do zmian klimatu oraz odporność na ich konsekwencje na różnych poziomach zarządzania.
3. Zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa (w tym z produkcji roślinnej, hodowli zwierząt i rybołówstwa).

Rolnictwo inteligentne klimatycznie dąży do realizacji tych celów jednocześnie na różnych poziomach i w różnym horyzoncie czasowym (21).

Tabela 1

Innowacyjne technologie w rolnictwie CSA, pogrupowane wg. celów działań proklimatycznych

Ograniczanie ryzyka zmienności klimatu	Wskazywanie ograniczeń w systemach produkcji i sprzedaży	Optymalizacja gospodarowania zasobami	Określanie inteligentnych specjalizacji obszarów
Systemy informatyczne (regionalne modele agronomiczne)	LCA – analiza cyklu życia	Połączone systemy produkcji i przetwarzania żywności	Symulacje zmian zagospodarowania obszaru rolnego
Opcje ubezpieczeń	Optymalizacja logistyki	Systemy nawadniania i narzędzia optymalizujące gospodarowanie wodą	Strategie marketingowe sprzedaży (np. w spółdzielniach rolniczych)
Systemy ostrzegania dla ekstremalnych zjawisk	System informacji i kontroli (np. do stosowania nawozów organicznych)	Zrównoważone systemy uprawy gleby	Narzędzia symulacyjne do planowania zagospodarowania terenu na różnych poziomach, integrujące działania w rolnictwie z innymi aktywnościami
Prewencyjna infrastruktura		Narzędzia do modelowania relacji pomiędzy zasobami a ich rolniczym i nierolniczym wykorzystaniem	
Nowe odmiany i praktyki ochrony		Partycypacyjne podejście do gospodarowania zasobami	
Instytucjonalne zmiany np. kontrolowane oznaczenie pochodzenia produktów rolniczych, regulacje prawne w sklepach spożywczych			

Działania klimatyczne włączane są w szereg dokumentów politycznych Unii Europejskiej, a do akcji prewencyjnych w tym zakresie zobowiązane są kraje członkowskie, głównie w ramach uwzględniania działań proklimatycznych w ramach programów rozwoju obszarów wiejskich (Rural Development Programmes) RDP (PROW dla Polski 2014-2020 patrz: 24) oraz tzw. wymogów zazielenienia Wspólnej Polityki Rolnej. Obecnie realizowana Wspólna Polityka Rolna kładzie nacisk na promowanie zrównoważonego gospodarowania, które polega na wytwarzaniu zdrowej i bezpiecznej żywności w sposób poprawiający stan środowiska przyrodniczego. Wskazuje przy tym, że prowadzenie zrównoważonego rolnictwa możliwe jest w znacznej mierze dzięki innowacjom, które polegają na tworzeniu i stosowaniu w praktyce nowych technologii produkcji, nowych usług i produktów, jak również nowych sposobów organizacji pracy.

Działania związane z dostosowaniem rolnictwa do zmian klimatu ujęte są również w strategiach adaptacyjnych i w powiązanych z nimi aktach prawnych o charakterze wykonawczym. W Polsce istnieje jedynie dokument strategiczny (23), który zaleca następujące praktyki w sektorze rolnictwa:

1. Intensyfikacja prac badawczych mających na celu wskazanie nowych lub lepiej dostosowanych do zmieniających się warunków klimatycznych odmian roślin. Konieczne będzie sukcesywne zastępowanie nimi obecnych roślin uprawnych, co będzie kluczowe dla rozwoju stabilnej produkcji rolnej.
2. Dostosowanie terminów zabiegów agrotechnicznych do nowych warunków klimatycznych. W wielu przypadkach zmianie ulegną terminy siewu i zbioru, a także najbardziej odpowiedni czas i rodzaj wykonywania innych działań. Tam gdzie to będzie możliwe korzystnym będzie wykorzystanie szans jakie niesie ze sobą wydłużenie okresu wegetacyjnego.
3. Rozwój nowych sposobów radzenia sobie ze szkodnikami produkcji rolniczej, które będą pozytywnie reagować na zmiany klimatu, a co za tym idzie rozprzestrzeniać się i zagrażać uprawom.
4. Zwiększanie wiedzy i świadomości rolników w zakresie zmian klimatu tak, aby mogli dostosować produkcję rolniczą. Niezbędne będzie przygotowanie pakietu zaleceń agrotechnicznych dla rolników.
5. Rozwój systemów nawadniających na polach, co pozwoli na zapobieganie stratom w produkcji w przypadku występowania suszy.
6. Rozwój systemów monitoringu suszy rolniczej i serwisów agrometeorologicznych. Takie systemy częściowo już funkcjonują, niemniej w kolejnych latach konieczne będą dalsze prace rozwojowe i upowszechniające wiedzę o dostępnych w sieci danych. W tym kontekście ważny jest także rozwój szerokopasmowego Internetu na obszarach wiejskich tak, aby ułatwić dostęp rolników do najbardziej aktualnych danych pogodowych i zaleceń ekspertów.
7. Dostosowanie warunków hodowlanych zwierząt. W niektórych przypadkach, konieczna będzie rozbudowa systemów wentylacyjnych i klimatyzacyjnych na farmach zwierząt.

8. Dostosowanie systemów ubezpieczeń rolniczych. Wprowadzenie systemu obowiązkowych ubezpieczeń rolniczych, w tym zwłaszcza na terenach szczególnie narażonych na ekstremalne zjawiska pogodowe.
9. Działanie „Zalesianie i tworzenie terenu zalesionego” - zwrot kosztów założenia uprawy leśnej oraz roczna premia na hektar w celu refundacji kosztów utrzymania nowo założonych lasów, w tym ich pielęgnacji oraz pokrycia utraconych dochodów z wyłączenia gruntu z produkcji rolniczej priorytetu 5-go „Wspieranie efektywnego gospodarowania zasobami i przechodzenia na gospodarkę niskoemisyjną i oporną na zmianę klimatu w sektorach: rolnym, spożywczym i leśnym” PROW 2014-2020.

Jednak wdrażanie innowacyjnych praktyk proklimatycznych niesie ze sobą znaczne ryzyko. Analizy dotyczące barier hamujących wdrażanie niskoemisyjnych technologii wskazują, że występują zarówno po stronie producentów jak i odbiorców. Niedostosowanie rozwiązań do potrzeb użytkownika, trudności w dostępie do klientów i w demonstracji przydatności technologii, wysoki koszt efektywnie działających innowacji, brak zaangażowania odbiorców w proces projektowania i rozwoju technologii, brak wsparcia i ułatwień dla producentów na poziomie krajowym, także w kontekście występowania niskoemisyjnych systemów certyfikacji i etykietowania to tylko niektóre z problemów (21).

Artykuł koncentruje się na zrównoważonych systemach gospodarowania glebą jako studium przypadku technologii innowacyjnych dostosowanych do zmian klimatu. Nie wyklucza równoczesnego stosowania innych innowacji technicznych i organizacyjnych. Punktem wyjścia jest sposób zagospodarowania przestrzeni rolniczej w gospodarstwie wraz z technologią wytwarzania jego produktów i świadczeń środowiskowych w sposób zrównoważony. Pozwala to na systemowe podejście do zagadnienia w kontekście wprowadzania innowacyjnych praktyk dostosowanych do zmian klimatu oraz ułatwia podejmowanie decyzji na poziomie gospodarstwa.

Zrównoważone systemy rolnictwa

Szerzenie wiedzy na temat praktyk zrównoważonego gospodarowania glebą jest jednym z kluczowych czynników adaptacji do zmian klimatu w rolnictwie (27). Istotna wydaje się potrzeba zwiększania efektywności gospodarowania (maksymalizacja zysku przy minimalizacji nakładów) przy znaczącym ograniczeniu wpływu środowisko. Według B a u l c o m b e i in. (2) intensyfikacja produkcji rolniczej powinna mieć związek z rozwojem rolniczych systemów produkcyjnych, opartych na wiedzy, technologii, kapitale zasobów przyrody i ziemi, ale równocześnie zmniejszających zużycie nieodnawialnych zasobów i tym samym szkody wyrządzone w środowisku naturalnym. W opracowaniu systemowych, zoptymalizowanych i lokalnie zaadaptowanych rozwiązań, powinni uczestniczyć rolnicy. Oznacza to wykraczanie poza tradycyjne schematy agronomicznej i ekonomicznej wiedzy oraz potrzebę analizy interakcji pomiędzy glebą, wodą, atmosferą, bioróżnorodnością

i krajobrazem. Zwykle sektor badań i przemysłu rolnego koncentruje się jedynie na ulepszaniu systemów, które uznane są powszechnie za najbardziej opłacalne i wydajne. Ich skala i intensywność produkcji powoduje, że dochody z nich uzyskiwane decydują o wyniku gospodarczym rolnictwa w Europie, ale faktycznie są one reprezentatywne dla niewielkiej grupy rolników. Większość gospodarstw produkcyjnych jest zależna od specyfiki środowiska naturalnego, która wywiera decydujący wpływ na efektywność gospodarowania na roli. Różnorodność warunków środowiskowych i klimatycznych w Europie oraz różnorodność systemów uprawy w tych uwarunkowaniach daje szeroki wachlarz możliwości zrównoważonej i wydajnej produkcji dla tej grupy rolników (27).

Zalecenia ekspertów UE (22) kładą nacisk na zwiększanie efektywności nakładów w intensywnych systemach uprawy, w celu zarówno utrzymania lub poprawy poziomu plonowania roślin jak i ochrony środowiska, zwłaszcza zasobów glebowych. Priorytetem jest również intensyfikacja produkcji oraz pobudzenie społecznej i ekonomicznej żywotności na obszarach z gruntami uprawianymi ekstensywnie, ale w taki sposób aby proponowane działania były dostosowane do lokalnych środowiskowych i gospodarczych uwarunkowań. Zwraca się także uwagę na ważną rolę gospodarstw rolnych, próbujących funkcjonować poza głównym nurtem komercyjnym, poszukujących alternatywnych form sprzedaży (sprzedaż bezpośrednia, kooperatywy itp.) wysokiej jakości produktów, ponieważ ten segment producentów przyczynia się znacząco do rozwoju produkcji lokalnej, zaspokaja oczekiwania konsumentów oraz jest źródłem wiedzy o innowacyjnych i zrównoważonych praktykach uprawy dla innych rolników.

W kontekście powyższych rekomendacji, grupa ekspertów (22) wybrała 5 zrównoważonych systemów rolnictwa. Każdy z nich jest innowacyjnym systemowym rozwiązaniem, mającym własne cele i zasady, obejmującym całokształt działań w zakresie metod zarządzania glebą, wodą i składnikami pokarmowymi oraz regulacji chorób, szkodników i chwastów. Są to następujące systemy:

1. **System rolnictwa precyzyjnego,**
2. **System rolnictwa konserwującego,**
3. **System rolnictwa ekologicznego,**
4. **Agroleśnictwo (system rolno-leśny),**
5. **System (zintegrowanej) produkcji mieszanej.**

Powyższe systemy upraw nie wykluczają się wzajemnie i mogą być wdrażane w kombinacjach.

System rolnictwa precyzyjnego stanowi zespół technologii, dostosowujący poszczególne elementy agrotechniki do zmiennych warunków na poszczególnych polach uprawnych. Zastosowanie systemu jest możliwe w całym cyklu uprawy roślin. Prowadzenie produkcji opiera się na wykonywaniu odpowiednich zabiegów w odpowiednim czasie, przy zastosowaniu jak najmniejszej ilości nakładów. Znaczny postęp technologiczny, również poprzez zastosowanie technologii informatycznych (technologie sensoryczne, zdalna detekcja, systemy pozycjonowania satelitarne, systemy GPS), pozwala obecnie na bardziej racjonalne, bezpieczne

dla środowiska i zdrowia ludzi stosowanie nawożenia i środków ochrony roślin. W przypadku większych arealów (o powierzchni kilku i więcej hektarów) zmienność pola w zakresie np. odczynu gleby i jej zasobności w składniki pokarmowe z reguły jest znaczna. Uzasadnione jest więc stosowanie zróżnicowanego nawożenia azotem czy wapnowania na poszczególnych częściach pola. Wprowadzenie do uprawy nowych technologii, daje możliwość aplikacji nawozów i środków ochrony roślin w miejscu gdzie to jest niezbędne i w ilości, jaka jest konieczna. Takie postępowanie jest naczelną zasadą rolnictwa precyzyjnego.

Rolnictwo precyzyjne jako zaawansowany system produkcji wymaga z jednej strony sporej wiedzy, a z drugiej popularyzacji tego typu rozwiązań w rolnictwie. Technologia ta jest ważna nie tylko dla producenta, ale również dla konsumenta. Dzięki stałej kontroli produkcji polowej, dużej precyzji dawek i terminów zabiegów można otrzymać produkt odpowiadający wysokim wymaganiom konsumentów i przetwórców oraz spełniający wysoki poziom bezpieczeństwa żywności. Zawartość substancji niepożądanych, np. substancji śladowych z pestycydów czy azotanów lub chloru z nawozów syntetycznych, jest znikoma, a jednocześnie produkt jest wolny od mikotoksyn grzybowych, chorób czy szkodników. Tego typu produkcja jest też ważna ze względu na ochronę środowiska naturalnego (6, 27).

Rekomendacje dla efektywnego wdrażania precyzyjnego rolnictwa w Europie zalecane przez Grupę Zadaniową EPI-AGRI ds. Precyzyjnego Rolnictwa są następujące (11):

1. Rolnicy powinni być aktywnie włączeni w proces doskonalenia technik i narzędzi precyzyjnego rolnictwa w celu zagwarantowania jasnych korzyści na poziomie gospodarstwa z punktu widzenia poprawy plonowania, środowiskowego zrównoważenia, jak również uzyskiwanych zysków.
2. Doradcy rolniczy powinni odgrywać kluczową rolę w informowaniu rolników o metodach precyzyjnego rolnictwa. To wymaga rozwoju specyficznych narzędzi analizy danych ze szczególnym uwzględnieniem korzyści ekonomicznych.
3. Obecnie potencjał ekonomicznych korzyści wynikających z gospodarowania precyzyjnego nie jest łatwy do zmierzenia. Rolnikom często brakuje narzędzi do kalkulacji potencjalnych zysków. Jest to po części rezultat niejasnych modeli biznesowych dostawców technologii rolnictwa precyzyjnego. Powinny zostać opracowane wiarygodne kalkulatory gospodarowania w rolnictwie precyzyjnym, tzn. takie, które uwzględniają zróżnicowanie geograficzne i społeczno-ekonomiczne w całej Europie. Ponadto modele wsparcia decyzji w rolnictwie precyzyjnym powinny być zweryfikowane z praktyką i dostępne dla doradców rolniczych oraz samych rolników.
4. Technologie rolnictwa precyzyjnego powinny być również dostępne dla małych i średnich gospodarstw, przy założeniu, że zostaną opracowane sposoby redukcji kosztów i ryzyka inwestycyjnego.
5. Znaczny postęp został osiągnięty w technologii. Niemniej jednak powinny zostać podjęte dalsze kroki w celu wdrożenia i dalszego rozwoju: a) elektrycznych

napędów ułatwiających precyzyjną, elektroniczną kontrolę urządzeń i przyrządów; b) koncepcji Internetu Rzeczy (IoT – *Internet of Things*), tj. sieci wymiany danych online upraszczających komunikację rejestratorów, serwera i odbiorcy; c) nanotechnologii i biosensorów; d) dronów i autonomicznych platform.

6. Istnieje potrzeba prowadzenia badań aplikacyjnych uwzględniających rolników, doradców i partnerów handlowych z łańcucha dostaw, zamiast koncentrowania uwagi na tradycyjnych badaniach laboratoryjnych lub projektach badawczych bez możliwości rzeczywistej, potencjalnej aplikacji do praktyki.

System rolnictwa konserwującego to system produkcji rolnej, którego celem jest osiągnięcie zarówno wysokiej produkcji, jak i wysokiej wydajności, przy jednoczesnym poprawianiu bazy zasobów naturalnych, polegający na zastosowaniu trzech głównych zasad (17):

1. Minimalna mechaniczna ingerencja w glebę, pozwalająca zwiększać poziom glebowej materii organicznej i poprawiająca stosunki wodne. Oznacza ona nieodwracanie gleby (niestosowanie orki).
2. Zachowanie stałej okrywy roślinnej (co najmniej 30% gruntu musi być okryte roślinnością tuż po siewie): międzyplony, poplony, mulczowanie. Rozważa się trzy kategorie: 30-60%, 60-90%, >90% pokrywy roślinnej lub mulczu.
3. Stosowanie płodozmianu bogatego gatunkowo, redukującego rozwój chwastów, chorób i szkodników. Wprowadzenie do zmianowania roślin motylkowatych lub ich mieszanek z trawami.

Wiele publikacji wskazuje na korzystny wpływ rolnictwa konserwującego na akumulację węgla w glebie w porównaniu do uprawy tradycyjnej, wzrost aktywności biologicznej, poprawę struktury gleby itp. (29). Pomimo swoich zalet, system rolnictwa konserwującego posiada również pewne ograniczenia. Aby system ochrony gleby osiągnął równowagę, potrzebny jest na ogół 5-7-letni okres przejściowy, dlatego w pierwszych latach plony mogą być niższe. Jeżeli nie zostaną uwzględnione czynniki sezonowe, nieodpowiednie stosowanie środków produkcji może zwiększyć ryzyko ich wypłukiwania ze względu na szybkie przemieszczanie się wody przez pory glebowe. Ponadto jeśli płodozmian, okrywa gleby lub odmiany roślin uprawnych nie są dostosowane do aktualnych warunków, zwalczanie chwastów i organizmów szkodliwych będzie wymagało zastosowania większej ilości środków ochronnych. Trzeba się również liczyć ze wzrostem emisji podtlenku azotu w okresie przejściowym (27, 28).

Rekomendacje dotyczące efektywnego wzbogacania gleby w węgiel organiczny poprzez zastosowanie uprawy konserwującej zostały częściowo zawarte w raportach różnych grup zadaniowych EIP-AGRI – kilka z nich przytaczamy poniżej (8):

- efektywność zastosowania uprawy konserwującej i jej korzystny wpływ na poziom węgla w glebie zależy od terminu i techniki zastosowanych zabiegów, wyboru właściwych gatunków i odmian roślin do płodozmianu oraz sposobu i terminu zagospodarowania resztek pożywnych. Jest to o tyle trudne do ustalenia, że brak jest wystarczającej ilości wieloletnich danych doświadczalnych, które

wskazywałyby optymalne zasady prowadzenia tej uprawy z punktu widzenia ochrony zasobów glebowych. Różnorodność warunków glebowych (początkowa zawartość węgla, tekstura, wilgotność, typ gleby itp.) nie pozwala na liniową interpolację wyników z pól doświadczalnych. Zaleca się tworzenie grup operacyjnych PROW w zakresie uprawy konserwującej, które podejmowałyby badania w ścisłej współpracy z rolnikami z wykorzystaniem ich wiedzy i doświadczenia. Sieć obiektów demonstracyjnych pozwoli na szerzenie wiedzy o efektywnym sposobie gospodarowania przy zastosowaniu uprawy konserwującej i ułatwi adaptację tej praktyki do nowych warunków glebowo-wodnych;

- z uwagi na bardzo wysoki koszt maszyn do uprawy uproszczonej, konieczny jest rozwój technologii uprawowych dostosowanych do gleb o odmiennej teksturze, wilgotności oraz do roślin wybranych jako najbardziej korzystne w określonych uwarunkowaniach lokalnych;
- upowszechnianie prostych i przejrzystych narzędzi wsparcia decyzji, za pomocą których rolnik ma możliwość obliczenia bilansu węgla w gospodarstwie. Okazuje się, że jest on najbardziej zainteresowany korzystaniem z tego typu narzędzi jeśli występuje jakaś forma zewnętrznej motywacji (zachęty finansowe, wymogi odbiorców/klientów, systemy certyfikacji produktów itp.). Stąd też, rozwój tego typu systemów motywacji/wsparcia na rynku zwiększa popularność praktyk niskoemisyjnych w rolnictwie;
- organizacja szkoleń z zakresu uprawy konserwującej przez jednostki doradztwa rolniczego zwiększa świadomość środowiskową rolników, zwłaszcza potrzebę ochrony gleby w dłuższym okresie oraz ułatwia podejmowanie właściwych decyzji w planowaniu niskoemisyjnych działań w gospodarstwie. Szkolenia powinny obejmować wizytę w obiekcie demonstracyjnym, stosującym z powodzeniem uprawę konserwującą;
- opracowanie i rozwój prostych technik oceny jakości gleby i jej wilgotności na poziomie pola. Zainstalowany sprzęt pomiarowy powinien być połączony z internetowym systemem zbierania zarejestrowanych danych z możliwością podglądu w czasie rzeczywistym.

System rolnictwa ekologicznego określa się jako system gospodarowania o zrównoważonej produkcji roślinnej i zwierzęcej. Odnosi się do całości gospodarstwa rolnego. Produkcja ekologiczna powinna łączyć przyjazne środowisku praktyki gospodarowania, wspomagać wysoki stopień różnorodności biologicznej, wykorzystywać naturalne procesy oraz zapewnić właściwy dobrostan zwierząt. Kluczowymi technikami ekologicznego gospodarowania są: nawożenie organiczne (gnojowica i kompost) oraz krążenie składników nawozowych poprzez zastosowanie zróżnicowanego zmianowania roślin, stosowanie technik biologicznej kontroli zachwaszczenia, jak również zaniechanie stosowania syntetycznych pestycydów, nawozów czy organizmów transgenicznych (GMO).

Istotnym czynnikiem decydującym o rozwoju europejskiego rolnictwa ekologicznego, zwłaszcza w krajach o słabo zorganizowanym rynku, takich jak np. Polska, pozostaje wsparcie funkcjonujące w ramach Programu Rolnośrodowiskowego. Eliminacja chemicznych środków ochrony roślin i nawozów mineralnych czyni rolnictwo ekologiczne przyjaznym dla środowiska przyrodniczego, ale równocześnie jest ono mniej wydajne i bez odpowiednich subwencji produkcja ekologiczna nie jest konkurencyjna w porównaniu z gospodarowaniem konwencjonalnym. Każde gospodarstwo ekologiczne podlega corocznej kontroli (certyfikacji), potwierdzającej stosowanie tego sposobu gospodarowania. W dwóch pierwszych latach gospodarstwo jest przedstawiane na ekologiczny sposób gospodarowania (w okresie przedstawienia), natomiast od trzeciego roku uzyskuje status gospodarstwa ekologicznego z certyfikatem, które ma prawo znakowania swych produktów jako ekologiczne (25, 26)

Jedną ze słabych stron rolnictwa ekologicznego są niższe plony i wahania zmienności plonów. Plony różnią się w zależności od regionów, praktyk gospodarowania, głównych rodzajów upraw i warunków wzrostu. Grupa zadaniowa EIP-AGRI ds. rolnictwa ekologicznego (10) wskazała 5 głównych powodów wyżej wspomnianych rozbieżności oraz zaproponowała innowacyjne rozwiązania poprawy efektywności gospodarowania w warunkach rolnictwa ekologicznego.

Zidentyfikowane przyczyny problemów:

- niski poziom zarządzania żyznością gleby,
- niezadowalające zaopatrzenie w składniki pokarmowe,
- słabe odchwaszczanie,
- duże zagrożenie szkodnikami i chorobami roślin,
- zły dobór odmian.

Główne rozwiązania badawczo-naukowe (także do zastosowania w ramach grup operacyjnych PROW) sugerowane przez grupę EIP-AGRI:

- badania i analizy zawartości fosforu (P) i potasu (K) oraz badania nad poprawą ich dostępności; analizy powinny dotyczyć całości gospodarstwa;
- identyfikacja nowych rodzajów nawozów organicznych w celu ustalenia ich potencjalnego wykorzystania i optymalnego sposobu stosowania (np. czas aplikacji, dawki itp.);
- analiza wpływu praktyk gospodarowania ekologicznego na proces sekwestracji węgla, glebową pojemność wodną i ograniczenie procesów erozji;
- selekcja gatunków/odmian roślin ze zwiększoną odpornością na stres abiotyczny w celu uzyskania przyzwoitego poziomu produkcji w różnych warunkach glebowo-klimatycznych;
- przystosowanie praktyk uprawy konserwującej do systemów ekologicznych, gdzie np. zastosowanie herbicydów jest zabronione; wymaga to udoskonalenia innowacyjnych maszyn i urządzeń, jak również przebudowy systemów uprawy;
- usprawnienie maszyn dostosowanych do potrzeb rolnictwa ekologicznego, szczególnie w kontekście uprawy roli, jak również kontroli zachwaszczenia;

- usprawnienie technik kompostowania zaadoptowanych do różnych materiałów oraz ustalenie nowatorskich strategii współpracy rolników i innych zainteresowanych podmiotów; zwiększy to dostępność składników dla roślin uprawnych oraz ułatwi utylizację odpadów.

Agroleśnictwo lub system rolno-leśny jest to sposób użytkowania ziemi, który polega na jednoczesnej uprawie drzew oraz roślin polowych/zielnych na tym samym obszarze. Drzewa i krzewy są w celowy sposób zintegrowane z produkcją roślinną i zwierzęcą, dla odniesienia korzyści środowiskowych i ekonomicznych. Agroleśnictwo łączy cele rolnictwa (produkcja płodów rolnych) i cele leśnictwa (obejmujące zagospodarowanie, pielęgnowanie i użytkowanie lasów). System jest alternatywą dywersyfikacji produkcji rolniczej dla roślin uprawnych. Drzewa spełniają funkcję ochronną dla gleb (przeciwerozyjna, przeciwwietrzna, poprawiająca bilans wodny, zmniejszając ryzyko przymrozków itp.) i w ten sposób przyczyniają się do wzrostu poziomu plonów upraw rolnych w dłuższym okresie.

Wśród systemów rolno-leśnych możemy wyróżnić: leśno-orne systemy alejowe, w tym zawierające zagajniki krótkiej rotacji (topola, wierzba, robinia), żywopłoty, przeciwwietrzne szpalery drzew, uprawę współrzedną drzew owocowych, zadrzewienia przeciwerozyjne czy zadrzewione pastwiska.

Różnorodność typów w obrębie systemów rolno-leśnych świadczy o wielofunkcjonalności zastosowań drzew w skali pola, gospodarstwa jak i krajobrazu rolnego. Głównym celem uprawy drzew w połączeniu z tradycyjną produkcją roślinną lub wypasem zwierząt jest produkcja biomasy na cele energetyczne lub wysokogatunkowego drewna. Istnieje również wiele alternatywnych sposobów wykorzystania biomasy pochodzącej z drzewa, np. dodatek do kompostu, ściółka dla zwierząt czy produkty uboczne z produkcji owoców, pestek itp. (4).

O podjęciu decyzji o uprawie roślin wieloletnich decyduje zwykle koszt założenia plantacji, zakupu/wynajmu maszyn do zbioru oraz informacja o oczekiwanym zwrocie z inwestycji. Z tego względu w analizach ekonomicznych wykonuje się wieloletnie symulacje z uwzględnieniem zdyskontowanej wartości zysków i kosztów. Opłacalność systemów rolno-leśnych bazuje na współczynniku ekwiwalentu terenowego LER (ang. *Land Equivalent Ratio*), który definiuje stosunek sumy plonów roślin uprawnych oraz drzew w monokulturze do plonu upraw w systemie mieszanym - w tym przypadku agroleśnictwa. System ten jest bardziej opłacalny od monokulturowych upraw gdy jego wartość przekracza 1. Wartości powyżej tej granicy zostały uzyskane dla systemów rolno-leśnych z orzechem, wiśnią i topolą we Francji i Holandii (14). Innym ważnym elementem analizy porównawczej jest cena biomasy drewna, która decyduje o rentowności długoterminowej inwestycji. Niezbędne jest przeprowadzenie analizy rynku oraz zaplanowanie działań marketingowych dla innowacyjnych produktów o wysokiej wartości dodanej. W tym celu konieczna wydaje się współpraca z innymi rolnikami w grupie producenckiej, operacyjnej czy kooperatywie.

Uprawa roślin w systemach rolno-leśnych może stać się bardziej opłacalna poprzez podwyższenie wartości dodanej produktów na trzy różne sposoby (B o r e k i in., nie publik.):

- zorganizowana grupa rolników wytwarza i sprzedaje przetworzony innowacyjny produkt z drzew/drewna lokalnym odbiorcom. Dla upowszechnienia tego typu rozwiązań ważne są: organizacja wyjazdów zainteresowanych osób do działających pilotażowych obiektów, opracowanie narzędzi wsparcia decyzji dla działań w tym segmencie rynku oraz budowa sieci rolników i doradców, pozwalającej na wymianę doświadczeń;
- zidentyfikowanie kryteriów, mogących mieć zastosowanie do produktów o wysokiej wartości dodanej z systemów rolno-leśnych uprawianych w sposób zrównoważony oraz opracowanie systemu certyfikacji. Prace w tym zakresie podejmują międzynarodowe jednostki certyfikujące PEFC i FSC. Przeważająca część gospodarstw posiadających systemy rolno-leśne może być kwalifikowana jako ekologiczna, wytwarzająca regionalne czy tradycyjne produkty lub spełniająca wymogi niskoemisyjnych certyfikatów;
- tworzenie wartości dodanej przez wycenę świadczeń ekosystemowych dostarczanych przez systemy rolno-leśne. Metoda ta może mieć związek z opracowaniem przez firmy różnych modeli biznesowych sprzedaży, polityką sponsoringu lub pro-środowiskowym podejściem do społecznej odpowiedzialności biznesu.

System integrowanej produkcji mieszanej według FAO (20) jest systemem, w którym rośliny i zwierzęta oddziałują na siebie wzajemnie – produkcja roślinna jest wykorzystana jako pasza, a produkty uboczne produkcji zwierzęcej dostarczają nawozów naturalnych zwiększając produktywność roślin i ograniczając zużycie nawozów mineralnych. Pozwala to na maksymalne wykorzystanie zasobów dostępnych w gospodarstwie. Zintegrowane systemy mogą również dostarczyć dodatkowych produktów, wartości i funkcji – surowców nieżywnościowych, drewna, energii; zwiększają różnorodność genetyczną roślin, różnicują działalność rolnika, a także pełnią wiele funkcji środowiskowych (20). Zróżnicowane wykorzystanie gruntów i różnorodność uprawianych odmian zwiększa produktywność oraz zdolność adaptacji systemów rolniczych do zmian klimatu (13). Niegdyś popularne, rolnictwo o mieszanej produkcji jest coraz rzadziej stosowane w krajach UE z powodu tendencji specjalizacji produkcji. W roku 2013 według Eurostat, gospodarstwa łączące produkcję roślinną i zwierzęcą stanowiły 23% ogółu gospodarstw Unii Europejskiej i zajmowały jedynie 17% powierzchni użytków rolnych. W Polsce systemy te stanowiły 37% gospodarstw i około 29% powierzchni użytków rolnych (1).

Pomimo korzyści środowiskowych, ekonomiczne wyniki tego typu gospodarstw są znacznie niższe niż w gospodarstwach jednokierunkowych, szczególnie w odniesieniu do kosztów wynagrodzenia za pracę. Ponadto, są one często zlokalizowane na obszarach o niekorzystnych warunkach gospodarowania (ONW), które charakteryzują się niską opłacalnością produkcji w stosunku do pozostałych obszarów rolnych.

Z drugiej strony, mają przewagę konkurencyjną pod względem różnorodności oferowanych produktów.

Wzrost efektywności systemów mieszanych polega głównie na zwiększeniu powiązań pomiędzy różnymi elementami systemu, czyli, mówiąc inaczej, na optymalizacji produkcji w ramach gospodarstwa. Przykładowe rozwiązania w tym kierunku obejmują: optymalizacja zarządzania nawozami organicznymi (właściwy termin i dawka; separacja frakcji suchej i mokrej); nawożenie fosforem w oparciu o stan odżywienia i potrzeby nawozowe roślin; produkcja paszy w gospodarstwie; zróżnicowanie i optymalizacja roślin w płodozmianie; uprawa roślin okrywowych na cele paszowe; wykorzystanie produktów ubocznych na cele paszowe; poprawa bilansu azotu i fosforu w gospodarstwie poprzez zbilansowanie dawki paszowej; wprowadzenie drzew (uprawy rolno-leśne) w celu dywersyfikacji produkcji, ograniczenia strat wymywanych biogenów z gleby oraz wytwarzania alternatywnej paszy dla zwierząt. W tym celu pomocne jest wykorzystanie dedykowanych informatycznych systemów wsparcia decyzji.

Podobnie jak w przypadku innych zrównoważonych systemów uprawy, istotnym czynnikiem wzrostu dochodowości gospodarstwa w systemie integrowanej produkcji mieszanej jest opracowanie systemu sprzedaży produktu o wysokiej wartości dodanej oraz strategii budowania jego marki. W tym celu proponuje się utworzenie grup rolników współpracujących w zakresie lokalnych łańcuchów dostaw zintegrowanego produktu. Rolnicy mogą poprawić atrakcyjność swoich produktów przez ich etykietowanie w ramach wspólnego systemu jakości lub już istniejącego systemu śladu środowiskowego (istniejące systemy certyfikacji wydają się zbyt skomplikowane dla małych i średnich gospodarstw i z powodu licznych wymogów rolnicy często z nich rezygnują). Inną opcją jest zgłoszenie produktu na listę produktów lokalnych lub tradycyjnych.

Właściwa komunikacja z klientami decyduje w znacznej mierze o sukcesie przedsięwzięcia. Zaleca się prowadzenie kampanii reklamowej przy wykorzystaniu mediów społecznościowych, organizację wydarzeń, imprez połączonych ze sprzedażą bezpośrednią produktu czy zaproszenie zainteresowanych osób do udziału w pracach wykonywanych w gospodarstwie.

Członkowie grupy zadaniowej EIP-AGRI w zakresie systemów produkcji mieszanej przedstawili następujące rekomendacje dla podniesienia efektywności (9):

- adaptacja systemów edukacji i doradztwa do specyfiki systemu integrowanej produkcji mieszanej poprzez promocję wymiany wiedzy pomiędzy rolnikami, naukowcami i doradcami oraz uwzględnienie holistycznych podejść ukierunkowanych na samowystarczalność gospodarstwa;
- usprawnienie integracji zwierząt i roślin w gospodarstwie poprzez umożliwienie lokalnej współpracy pomiędzy wyspecjalizowanymi gospodarstwami;
- wspieranie innowacyjnych pomysłów rolników – doradztwo w zakresie nowych metod sprzedaży, optymalizacji pracy w gospodarstwie, wzmocnienia środowiskowej i ekonomicznej odporności gospodarstwa, a także poszerzanie praktycznej wiedzy w zakresie nowych technologii;

- promocja działań różnicujących produkcję rolniczą – tworzenie i rozwój sieci edukacyjnych, turystycznych, ekologicznych. Dobrym przykładem sieci prężnie rozwijającej się w Polsce jest Ogólnopolska Sieć Zagród Edukacyjnych;
- propagowanie „wielofunkcyjnego koszyka” produktów i usług oferowanego przez gospodarstwa poprzez tworzenie zachęt finansowych oraz tworzenie programów wsparcia budowania marki produktów pochodzących z integrowanych systemów produkcji mieszanej;
- uczestnictwo rolników w systemach jakości lokalnych i zrównoważonych produktów.

Omawiając zrównoważone systemy rolnictwa, należy również przybliżyć **konceptę integrowanego/zintegrowanego rolnictwa**. Zasady uprawy roślin w integrowanym systemie nie są powszechnie przyjęte i są opisane w odmienny sposób przez różne systemy i standardy, zupełnie niezależnie od koncepcji zintegrowanego rolnictwa promowanych przez FAO. Często są utożsamiane z pojęciem rolnictwa zrównoważonego. Europejska Inicjatywa dla Zrównoważonego Rozwoju w Rolnictwie (EISA); (16) opisuje integrowany system jako sposób zarządzania gospodarstwem, który obejmuje następujące elementy zrównoważenia: organizację i planowanie, kapitał ludzki i społeczny, efektywność energetyczną, zużycie wody i ochrona jej jakości, zmiany klimatyczne i jakość powietrza, zarządzanie glebą, nawożenie roślin, stan zdrowotny roślin i ich ochrona, hodowla zwierząt, zdrowotność zwierząt i dobrostan, ochrona krajobrazu i przyrody oraz zarządzanie odpadami i kontrola zanieczyszczeń. Celem EISA jest promocja i wdrażanie integrowanego rolnictwa w Europie. W 2014 roku opracowano w tym celu Europejski Kodeks Integrowanego Rolnictwa (12). Międzynarodowa Organizacja na Rzecz Biologicznej i Zintegrowanej Kontroli Szkodliwych Zwierząt i Roślin (IOBC); (18) zdefiniowała europejską normę rolnictwa integrowanego UNI 11233-2009 jako system rolny, wytwarzający żywność wysokiej jakości oraz inne produkty przez wykorzystanie naturalnych zasobów i mechanizmów regulujących w celu ograniczenia zewnętrznych środków produkcji zanieczyszczających środowisko i zapewnienia zrównoważonego gospodarowania. Podkreśla się również utrzymanie wielofunkcjonalności systemu rolnego, wiedzę rolnika, obieg składników pokarmowych w gospodarstwie, zasady integrowanej ochrony roślin oraz znaczenie biologicznej bioróżnorodności (3). Pomimo, że powyższe zasady odnoszą się do systemu zarządzania całym gospodarstwem, przez Komisję Europejską są rozumiane jako źródło reguł integrowanej produkcji na poziomie upraw (19).

Wieloznaczność pojęcia komplikuje fakt, że w wielu krajach, w tym krajach europejskich, przyjęte są regulacje, które definiują ten system według ściśle określonych reguł, ale dotyczą one tylko uprawy konkretnych roślin, a nie systemu obejmującego całe gospodarstwo. Jedynie Dania i Holandia przyjęły regulacje prawne, które pozwalają na uzyskanie znaku gwarancji i certyfikacji integrowanej produkcji jedynie na poziomie całego gospodarstwa stosującego ten model. Jedynym wiążącym aktem prawnym na poziomie UE jest Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/

WE (7) ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów, zawierająca wymóg dotyczący integrowanej ochrony roślin. Metodyki integrowanej produkcji roślin w Polsce, zatwierdzone przez Głównego Inspektora Ochrony Roślin i Nasiennictwa obejmują m.in. następujące praktyki: planowanie i zakładanie uprawy z uwzględnieniem doboru odmian, nawożenie z uwzględnieniem analiz gleby, stosowanie racjonalnych sposobów regulacji zachwaszczenia, pielęgnacja upraw, ochrona przed chorobami i szkodnikami z uwzględnieniem metod niechemicznych oraz zasady higieniczno-sanitarne (15). Certyfikat poświadczający stosowanie integrowanej produkcji roślin wydaje się na okres niezbędny do zbycia roślin jednak nie dłuższy niż na okres 12 miesięcy.

Podsumowanie

Uważa się, że rozwój efektywnych i zoptymalizowanych systemów gospodarowania glebą w rolnictwie jest jednym z podstawowych elementów strategii przeciwdziałania zagrożeniom środowiskowym i adaptacji do zmian klimatycznych. Wydaje się również ważnym kierunkiem dostosowania się do ryzyka rynkowego. Wdrażanie innowacji technologicznych w rolnictwie, które jest jednocześnie dostosowane do klimatu wymaga zmian organizacji produkcji rolnej, często ograniczanej do wyspecjalizowanej metody uprawy lub kierunku produkcji. Optymalizacja i integracja procesów oraz działań obecnych w gospodarstwie pozwala na zastosowanie systemowych rozwiązań w różnych skalach i ułatwia ich kontrolę. Z uwagi na kompleksowość tego typu inwestycji wymagana jest współpraca ekspertów z różnych dziedzin.

Przytoczone w pracy rekomendacje systemów gospodarowania wskazują na potrzebę dostosowania istniejących rozwiązań technologicznych do uwarunkowań środowiskowych i organizacyjnych gospodarstw w Polsce. W dostosowaniu tym należy uwzględnić szczególnie zmienność warunków glebowo-wodnych. Wielokierunkowość produkcji (wprowadzenie nowych roślin, wzbogacenie płodozmianu, łączona produkcja roślinna i zwierzęca) może wiązać się ze zwiększeniem nakładów pracy. Problemem mogą być również ograniczone możliwości zbytu towarów wyprodukowanych przy wyższych nakładach, a tym samym droższych. Jednak w dłuższej perspektywie proponowane systemy produkcji zwiększą stabilność produkcji pozwalając na funkcjonowanie gospodarstw w bardzo niestabilnej sytuacji klimatycznej i ekonomicznej. Postęp w informatyzacji umożliwia zastosowania systemów wsparcia decyzji podejmowanych przez rolnika w czasie rzeczywistym. Ma to doprowadzić do oszczędności środków produkcji i optymalizacji ich stosowania, co zmniejszy ryzyko zanieczyszczania środowiska i będzie podnosić odporność na stresy środowiskowe.

Kluczowymi czynnikami sukcesu wynikającego z inwestowania w zrównoważone systemy uprawy dostosowane do zmian klimatu są:

1. świadomość i wiedza rolnika w zakresie wykorzystania przestrzeni produkcyjnej w gospodarstwie w zrównoważony i innowacyjny sposób,

2. partnerskie relacje rolników lub grup rolników z odbiorcami towarów (przemysł rolno-spożywczy, dystrybutorzy, konsumenci) oraz z dostawcami technologii i środków produkcji,
3. wartość dodana zrównoważonych środowiskowo i społecznie systemów produkcji np. oszczędność energii, środków produkcji, ograniczenie emisji,
4. konieczność stworzenia marki dla produktów wytwarzanych z wykorzystaniem proponowanych systemów produkcji,
5. wykorzystanie do celów promocji mediów społecznościowych,
6. wysokiej klasy doradztwo, dostosowane do potrzeb rynku i sytuacji gospodarstwa,
7. działania rolników w celu budowania wzajemnego zaufania w ramach lokalnych grup wspieranych przez projekty o prostych i przejrzystych zasadach finansowania.

Literatura

1. Agri-environmental indicator – specialisation, dostępne na: http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Agri-environmental_indicator_-_specialisation, 2016.
2. Baulcombe D., Crute I., Davies B., Dunwell J., Gale M., Jones J., Pretty J., Sutherland W., Toulmin C.: Reaping the benefits: science and the sustainable intensification of global agriculture. London, UK: The Royal Society, 2009, ss. 86.
3. Boller E. F., Avilla J., Joerg E., Malavolta C., Wijnands F. G., Esbjerg P.: Integrated production. Principles and Technical Guidelines. 3rd Edition 2004, IOBC WPRS Bull., **27 (2)**, 2004, ss. 50.
4. Borek R.: Znaczenie systemów rolno-leśnych i możliwości wsparcia ich rozwoju w ramach Wspólnej Polityki Rolnej UE. Zagadnienia Doradztwa Rolniczego., 2016, **1**: 22-38.
5. CSA Booster, Pathfinder Report, Climate Smart Agriculture Booster, Wageningen, 2014, ss. 56.
6. Dominiak A.: System rolnictwa precyzyjnego, ODR Brwinów, oddział w Radomiu, 2010, ss. 18.
7. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady 2009/128/WE z dnia 21 października 2009 r. ustanawiająca ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów (Dz. Urz. UE, L 189/1).
8. EIP-AGRI Factsheet Soil Organic Matter, Soil organic matter content in Mediterranean regions, European Commission, 2015, ss. 2.
9. EIP-AGRI Focus Group Mixed Farming Systems: Livestock/Cash crops, Final Report, European Commission, 2017, ss. 34.
10. EIP-AGRI Focus Group Organic Farming – Optimising arable yields, Final Report, European Commission, 2013, ss. 84.
11. EIP-AGRI Focus Group Precision Farming, Final Report, European Commission, 2015, ss. 44.
12. European Initiative for Sustainable Development in Agriculture, A Common Codex for Integrated Farming, elaborated by EISA (the European Initiative for Sustainable Development in Agriculture), 2014, ss. 12, dostępna na: ec.europa.eu/environment/archives/ppps/pdf/ilubrochure.pdf
13. Frison E. A., Cherfas J., Hodgkin T.: Agricultural biodiversity is essential for a sustainable improvement in food and nutrition security. Sustainability, 2011, **3(1)**: 238-253.
14. Graves A. R., Burgess P. J., Palma J. H., Herzog F., Moreno G., Bertomeu M., Dupraz C., Liagre F., Keesman F., van der Werf W., de Nooy A. K., van den Briel J. P.: Development and application of bio-economic modelling to compare silvoarable, arable, and forestry systems in three European countries. Ecological Engineering, 2007, **29.4**: 434-449.
15. <http://piorin.gov.pl>
16. <http://sustainable-agriculture.org>
17. <http://www.fao.org/ag/ca/index.html>
18. <http://www.iobc-global.org>

19. Opinia Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego w sprawie integrowanej produkcji w Unii Europejskiej, 20014/C 214/02.
20. Schiere H., Kater L.: Mixed crop-livestock farming. A review of traditional technologies based on literature and field experience. FAO Animal Production and Health Papers, **152**, 2001, FAO Rome.
21. Long T. B., Blok V., Coninx I.: Barriers to the adoption and diffusion of technological innovations for climate-smart agriculture in Europe: evidence from the Netherlands, France, Switzerland and Italy. J. Cleaner Production, 2016, **112**: 9-16.
22. Meyer R., Rättinger T., Voss-Fels K. P.: (2013) Technology options for feeding 10 billion people – Plant breeding and innovative agriculture. Report prepared for STOA (Science and Technology Options Assessment), October 2013, ss. 211.
23. Nowicki M., Maćkowiak-Pandera J., Dziadkowiec M., Otawski P., Dyjak R., Zawadzka-Stępiak D., Sadowski M., Kindler J.: Strategia adaptacji Polski do zmian klimatu, Europejskie Centrum Klimatu i Środowiska, www.ecce.org.pl, 2014, ss. 45.
24. Program Rozwoju Obszarów Wiejskich 2014-2020, dostępne na: <http://www.minrol.gov.pl/Wsparcie-rolnictwa/Program-Rozwoju-Obszarow-Wiejskich-2014-2020>, ss. 807.
25. Rozporządzenie Rady (WE) nr 834/2007 z dnia 28 czerwca 2007 r. w sprawie produkcji ekologicznej i znakowania produktów ekologicznych i uchylające rozporządzenie (EWG) nr 2092/91 (Dz. Urz. UE, L 189/1)
26. Stalenga J., Kuś J.: Rolnictwo ekologiczne w Europie i Polsce, Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **6**: 9-18.
27. Underwood E., Baldock D., Aiking H., Buckwell A., Dooley E., Frelih-Larsen A., Naumann S., O'Connor C., Polakova J., Tucker G.: Technology options for feeding 10 billion people - Options for sustainable food and agriculture in the EU, The synthesis report prepared for STOA (Science and Technology Options Assessment), November 2013, ss. 129.
28. Uprawa konserwująca, broszura opracowana na potrzeby projektu pt. „Zrównoważone rolnictwo oraz ochrona gleby, (akronim projektu: SoCo), Agriculture and life sciences in the economy (Agrilife), JRC European Commission, 2009, **5**, ss. 4, dostępne na: <http://agrilife.jrc.ec.europa.eu>.
29. Żyłowski T.: Efektywność ekonomiczna i środowiskowa różnych systemów uprawy polowej, Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2017, **52(6)**: 119-138.

dr Robert Borek
Zakład Biogospodarki i Analiz Systemowych
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
tel. 81 4786763
email: rborek@iung.pulawy.pl