

Andrzej S. Zaliwski

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

SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI JAKO ŹRÓDŁO INFORMACJI DECYZYJNEJ W INTEGROWANEJ PRODUKCJI ROŚLINNEJ*

Słowa kluczowe: systemy wspomaganie decyzji (SWD), integrowana produkcja roślin, podejmowanie decyzji, upowszechnienie SWD, NegFry

Wstęp

Produkcja roślinna prowadzona jest w organizacjach zwanych gospodarstwami rolniczymi (21). Gospodarstwo rolnicze charakteryzuje się wyodrębnieniem organizacyjnym, co oznacza powierzenie realizacji celów gospodarstwa jednej osobie, kierownikowi lub rolnikowi. Rolnik realizuje cele gospodarstwa, podejmując decyzje.

Gospodarstwa produkujące na potrzeby rynku noszą nazwę przedsiębiorstw rolniczych. Uwzględnienie rynku wprowadza nowe relacje do otoczenia decyzyjnego gospodarstwa, znacząco zmieniając także relacje istniejące. Ostrzejsze są wymagania w odniesieniu do produktów i procesów technologicznych. Presja konkurencyjna wywołuje konieczność bardziej sprawnego i energicznego zarządzania, wykorzystania silnych i kompensowania słabych stron, dostrzegania zagrożeń i znajdowania optymalnych rozwiązań. Przedsiębiorstwa muszą przetrwać krytyczne okresy i utrzymać się, a ich rozwój wymaga działań twórczych i innowacji (83). Okoliczności te sprawiają, że przedsiębiorstwa rolnicze charakteryzują się znacznie bogatszą przestrzenią decyzyjną w stosunku do pozostałych gospodarstw, przez co ich potrzeby informacyjne są odpowiednio większe.

Nowoczesnym systemem uprawy jest Integrowana Produkcja Roślin (IPR) (64). Praktyczne wdrożenie IPR w gospodarstwie może zwiększyć jego konkurencyjność na rynku przez obniżenie kosztów (oszczędność środków ochrony roślin i nawozów), stabilizację plonowania, podniesienie jakości produktów i stworzenie warunków

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 4.1 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

do uzyskania wyższych cen (61). Idea integrowanej produkcji rolniczej zrodziła się w reakcji na działalność ruchów konsumenckich domagających się zwiększenia bezpieczeństwa żywności w latach 80. XX w. Według Bollera i in. (4), a także Mrówczyńskiego i Pruszyńskiego (50), podstawowym dokumentem dotyczącym integrowanej produkcji rolniczej są „Zasady i Zalecenia Techniczne Integrowanej Produkcji”. Pierwsze wydanie Zasad opublikowano w 1993 r. w biuletynie IOBC/WPRS wydawanym przez Międzynarodową Organizację Biologicznego i Integrowanego Zwalczenia (ang. *International Organisation for Biological and Integrated Control – IOBC*). Na stronach Organizacji dostępne jest trzecie wydanie „Zasad i Zaleceń Technicznych Integrowanej Produkcji” z roku 2004 (5).

W integrowanej produkcji rolniczej, w tym i roślinnej, naczelną zasadą jest wdrażanie zrównoważonego rozwoju, a nacisk położony jest na jakość produktów (50, 64), dlatego cały proces produkcyjny wymaga certyfikacji, musi być zgodny z zatwierdzoną metodyką i jest kontrolowany, z analizą pozostałości środków ochrony roślin i nawozów włącznie. Na stronach PIORiN zamieszczono 27 dokumentów zawierających metodyki integrowanej produkcji 29 roślin (64). Metodyki te zalecają stosowanie systemów wspomaganie decyzji ułatwiających podejmowanie bardziej racjonalnych decyzji produkcyjnych, np. dotyczących nawożenia (38) czy ochrony roślin (61).

W pracy przedstawiono potrzeby rolników w zakresie informacji niezbędnych do podejmowania decyzji zarządczych, korzyści ze stosowania systemów wspomaganie decyzji i problemy z ich upowszechnieniem. Omówiono przydatność modeli „Prognoza negatywna” i NegFry w zwalczaniu zarazy ziemniaka.

Wiedza rolnicza i potrzeby informacyjne rolnika

W produkcji roślinnej rolnik w bardzo szczególny sposób współdziała z przyrodą. W tabeli 1 przedstawiono porównanie cech produkcji przemysłowej i roślinnej. Wynika z niej, że warunki procesów produkcyjnych w produkcji roślinnej są pod wieloma względami znacznie bardziej złożone niż w produkcji przemysłowej, często niemożliwe do sterowania, charakteryzują się dużą zmiennością i różnorodnością.

Tabela 1

Porównanie produkcji przemysłowej i roślinnej

Lp.	Produkcja przemysłowa	Produkcja roślinna
	elementy procesu produkcji	
1.	<ul style="list-style-type: none"> • surowce • narzędzia • praca ludzka 	<ul style="list-style-type: none"> • surowce • narzędzia • praca ludzka • przyroda

cd. tab. 1

Lp.	Produkcja przemysłowa	Produkcja roślinna
	funkcje użytkowania ziemi	
2.	• miejsce produkcji	• miejsce produkcji • środek produkcji • przedmiot pracy
	charakter produkcji	
3.	• ciągły	• sezonowy (zmiennie zapotrzebowanie na pracę ludzi, narzędzi i maszyn) • przestrzenny
	cykl produkcyjny	
4.	• krótki • zgodny czasowo z cyklem pracy	• długi • niezgodny czasowo z cyklem pracy
	mechanizacja	
5.	• łatwa • mała liczba maszyn • maszyny stacjonarne	• względnie trudna • duża liczba maszyn • maszyny ruchome
	automatyzacja/robotyzacja	
6.	• łatwa • opłacalna	• trudna • często nieopłacalna
	zależność od pogody i warunków siedliskowych	
7.	• najczęściej niezależna (praca w pomieszczeniach)	• zależna od promieniowania słonecznego, temperatury powietrza i gleby, opadów atmosferycznych, wilgotności powietrza i gleby oraz wiatru • zależna od warunków glebowych i klimatycznych • praca najczęściej w terenie
	inne cechy charakterystyczne	
8.	• mała zmienność warunków pracy	• duża zmienność warunków pracy • różnorodność prac wykonywanych przez jedną osobę • praca z organizmami żywymi

Źródło: Gębska i Filipiak, 2006 (21)

Specyficzność i złożoność warunków produkcji roślinnej wymagają od rolnika kierującego przedsiębiorstwem rolniczym wysokich kompetencji (73). Zależność procesów produkcyjnych od procesów fizjologicznych w organizmach żywych oraz ich przebieg bezpośrednio w środowisku przyrodniczym (gleba i powietrze) powoduje konieczność znajomości biologii. W produkcji roślinnej szczególnie zaznacza się stały i nieunikniony wpływ czynników pogodowych, które decydują o jakości i ilości plonu. Od pogody zależy wzrost, rozwój i plonowanie roślin, rozwój agrofagów, sprawność przeprowadzenia prac polowych (15). Poważnym zagrożeniem dla plonu mogą być przymrozki, grad lub susza. Ocenia się, że ok. 75% wszystkich strat w produkcji roślinnej jest spowodowane bezpośrednio lub pośrednio przez czyn-

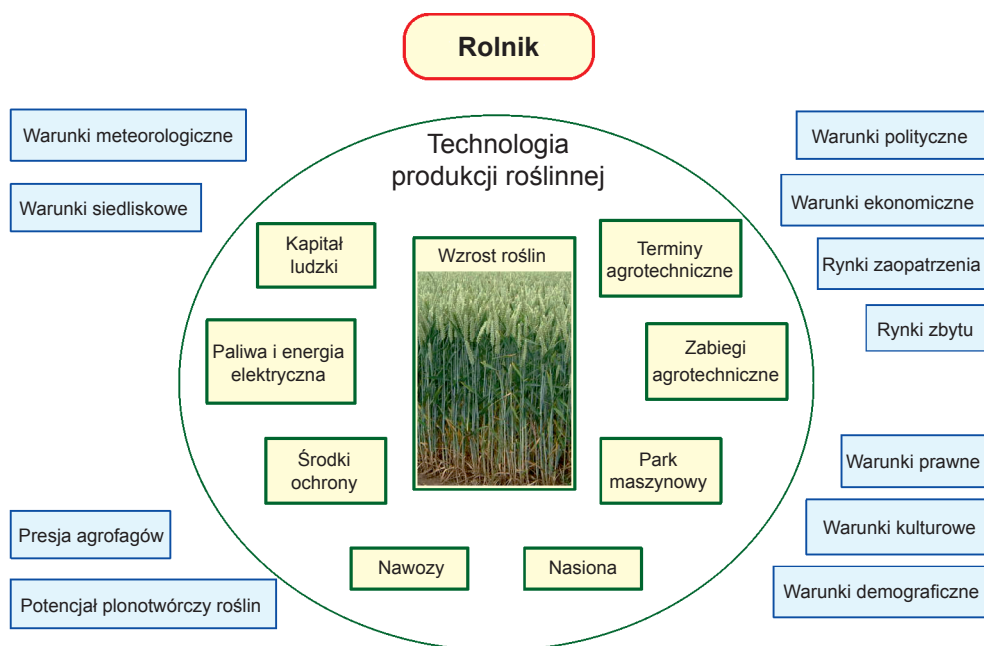
niki pogodowe (46). Rolnik powinien wobec tego orientować się w zagadnieniach klimatologii i meteorologii, gdyż produkcja roślinna odbywa się na ogół na terenie otwartym (tab. 1). Produkcję roślinną prowadzi się według określonych technologii, które mają charakter zarówno ogólny, jak i lokalny. Zmienność warunków produkcji stwarza konieczność ich rozpoznawania i ciągłego dostosowywania technologii, np. zabiegów ochrony roślin do występowania agrofagów. Rolnik musi dobrze znać agrotechnikę, zwłaszcza ochronę roślin i nawożenie, ale także ogólną i szczegółową uprawę roślin. Do czynników siedliskowych, które mają duży wpływ na procesy produkcyjne należą jakość gleby i ukształtowanie terenu (21). Niezbędna jest więc znajomość gleboznawstwa. Ponieważ zabiegi uprawowe są obecnie niemal wyłącznie wykonywane maszynowo, od rolnika wymaga się znajomości techniki rolniczej, zwłaszcza w zakresie eksploatacji narzędzi, maszyn i urządzeń. Często zachodzi konieczność wykonywania drobnych napraw; znajomość techniki rolniczej rozciąga się więc także na naprawy: mechaniczne, budowlane, stolarskie, hydrauliczne, elektryczne itd. Szczególnie ważne jest zarządzanie gospodarstwem rolnym w otoczeniu rynkowym, co wymaga wiedzy z zakresu rachunkowości, marketingu, negocjacji, a także umiejętności handlowych (73).

Przedsiębiorstwa rolnicze działają w skomplikowanym i zmiennym otoczeniu prawnym. Rolnik powinien więc znać podstawy prawa (cywilnego, handlowego, prawa pracy). Za ewentualne popełnione w decyzjach błędy sam ponosi odpowiedzialność, więc obok wymienionych dziedzin powinien też posiadać solidne podstawy organizacji i zarządzania. Ponieważ obecnie coraz szerzej w zarządzaniu przedsiębiorstwem rolniczym wykorzystywane są techniki komputerowe, rolnik musi znać przynajmniej podstawy informatyki, a także posiadać znajomość programów specjalistycznych. Wymagania odnośnie zrównoważenia produkcji rolniczej oraz wprowadzania integrowanych metod produkcji zobowiązują rolnika do dogłębnego poznania istoty i metod produkcji integrowanej.

Kompetencje rolnika można wyrazić jako posiadanie wiedzy z wielu dziedzin:

- biologii,
- szczegółowej uprawy roślin,
- gleboznawstwa,
- meteorologii z klimatologią,
- ogólnej uprawy roślin (zwłaszcza ochrony roślin i nawożenia),
- techniki rolniczej (eksploatacji i napraw maszyn),
- organizacji i zarządzania,
- prawa,
- rachunkowości,
- marketingu,
- informatyki rolniczej,
- metod produkcji zrównoważonej i integrowanej.

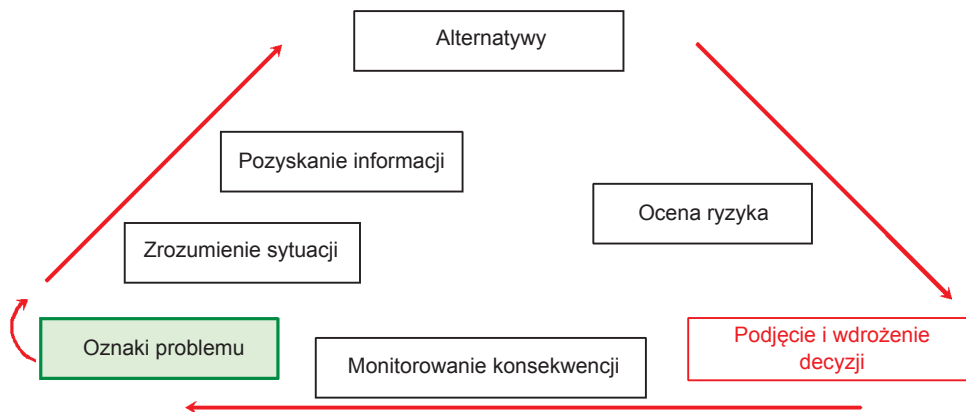
Wiedza rolnicza jest jednak przede wszystkim wiedzą pragmatyczną (58), łączącą doświadczenie i umiejętności z teorią. Jest bardzo skomplikowana, ponieważ zespala wiedzę z licznych dziedzin, różniących się poziomami abstrakcji (75). Decyzje rolnika mają szeroki zakres, poczynając od szczegółów wykonania zabiegu ochronnego przeciw chorobie lub szkodnikowi, przez plany wyboru roślin do uprawy, odmian do siewu, kolejności uprawy pól, aż po planowanie alternatywnych strategii na wypadek nieurodzaju. Wszystko niekiedy w odstępach minutowych. Otoczenie decyzyjne w gospodarstwie jest również wieloaspektowe, wymaga wzięcia pod uwagę wielu warunków i ograniczeń nawet przy dość rutynowych decyzjach, takich jak planowanie technologii produkcji (rys. 1).



Rys. 1. Wybrane elementy otoczenia decyzyjnego w gospodarstwie (produkcja roślinna)

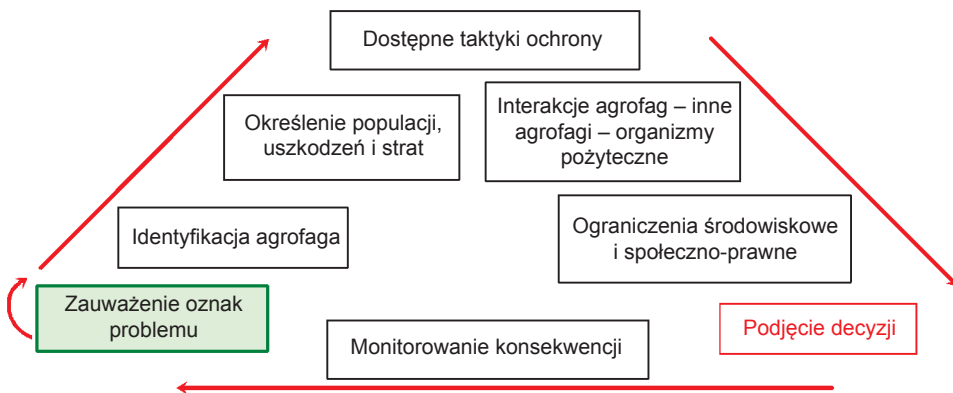
Źródło: opracowanie własne

Szeroki zakres decyzji wymaga dużej elastyczności w zastosowaniu posiadanej wiedzy ze względu na dostosowanie procesu podejmowania decyzji do sytuacji decyzyjnej. Dlatego w konkretnych sytuacjach ogólny model procesu podejmowania decyzji ulega dość radykalnemu przekształceniu (porównaj rysunek 2 i 3).



Rys. 2. Ogólny model procesu podejmowania decyzji w rolnictwie

Źródło: opracowanie własne na podstawie Zaliwskiego, 2013 (77)



Rys. 3. Model procesu podejmowania decyzji w integrowanej ochronie roślin

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Norris i in., 2003 (59)

Rolnik podejmuje wiele decyzji w warunkach dużej niepewności wynikającej ze złożoności i nieprzewidywalności przebiegu procesów produkcyjnych w produkcji roślinnej (tab. 1). Niepewność „brzemienną w skutkach”, czyli taką, której towarzyszy niepowodzenie lub strata określa się mianem ryzyka. Nie z każdej niepewności wynika więc sytuacja ryzykowna. Ryzyko i zarządzanie nim w rolnictwie stanowią rozległy temat; istnieje także poświęcona mu pokaźna literatura. Zagadnieniami tymi zajmowało się wielu autorów, wśród nich Baquet i in. (3), Harwood i in.

(24), Musser i Patrick (51) oraz Yost i in. (75), a na łamach Studiów i Raportów IUNG-PIB Matyka (45).

Ryzyko występujące w działalności przedsiębiorstw rolniczych można podzielić na pięć grup: produkcyjne, marketingowo-cenowe, finansowe, prawne oraz osobiste (24). Głównym źródłem ryzyka produkcyjnego jest przede wszystkim uzależnienie produkcji od zmiennych warunków atmosferycznych. Określone niebezpieczeństwo niosą zmiany technologiczne, bo chociaż nowe odmiany i technologie produkcji oferują lepsze plony i wyższą wydajność, to jednak czasami mogą nie spełniać oczekiwań. Ryzyko marketingowo-cenowe spowodowane jest zmiennością sytuacji gospodarczej. Uprawa roślin to rozciągnięty w czasie cykl produkcji na długo angażujący kapitał. Relacje cen płodów rolnych do cen środków produkcji mogą ulec w tym czasie dużym wahaniom. Ryzyko finansowe wyraża zagrożenie płynności finansowej gospodarstwa. Wynika ono ze sposobu, w jaki kapitał jest pozyskiwany i finansowany. Problemem może być np. fluktuacja oprocentowania kredytów. Ryzyko prawne stwarzają np. regulacje prawne wynikające z polityki dotyczącej rolnictwa i obszarów wiejskich, głównie ze Wspólnej Polityki Rolnej (WPR). Ryzyko osobiste, w odróżnieniu od wcześniej wymienionych grup, jest związane z osobą rolnika. Wynika po części z jego indywidualnych cech. Do tej kategorii zalicza się także ryzyko wynikające z możliwości nieszczęśliwych zdarzeń. Istnieją mechanizmy pozwalające na zarządzanie ryzykiem (np. ubezpieczenia), ale w wielu przypadkach rolnik musi podejmować decyzje w warunkach niepewności i sam ponosi konsekwencje nieudanych wyborów. Dotyczy to zwłaszcza decyzji produkcyjnych.

Rolnik jako prywatny przedsiębiorca mógłby do wszystkich lub niektórych funkcji zatrudnić fachowców. Jest to możliwe w przypadku bardzo dużych przedsiębiorstw. Jednak w przypadku większości przedsiębiorstw rolniczych skala produkcji jest mała. Niskie dochody zmuszają do szukania innych rozwiązań. Gospodarstwa rolnicze korzystają oczywiście z doradztwa rolniczego, jednak liczba gospodarstw przypadających na jednego doradcę jest wysoka i nie może on zaspokoić wszystkich potrzeb (73). Z tych powodów uzasadnione jest zastosowanie narzędzi informatycznych (82), takich jak programy doradcze i systemy wspomagania decyzji (SWD).

Wykorzystanie narzędzi informatycznych w podejmowaniu decyzji

Podstawowe znaczenie dla zdolności konkurencyjnej sektora rolno-spożywczego ma obniżenie kosztów wytwarzania produktów rolnych przez bardziej efektywne wykorzystanie czynników produkcji, postęp techniczny, technologiczny i biologiczny oraz dostęp do wiedzy i wdrażanie innowacji, w tym rozwój społeczeństwa informacyjnego. Wykorzystanie wiedzy oraz tworzenie społeczeństwa informacyjnego jest we współczesnym świecie bardzo istotnym czynnikiem rozwoju rolnictwa (60).

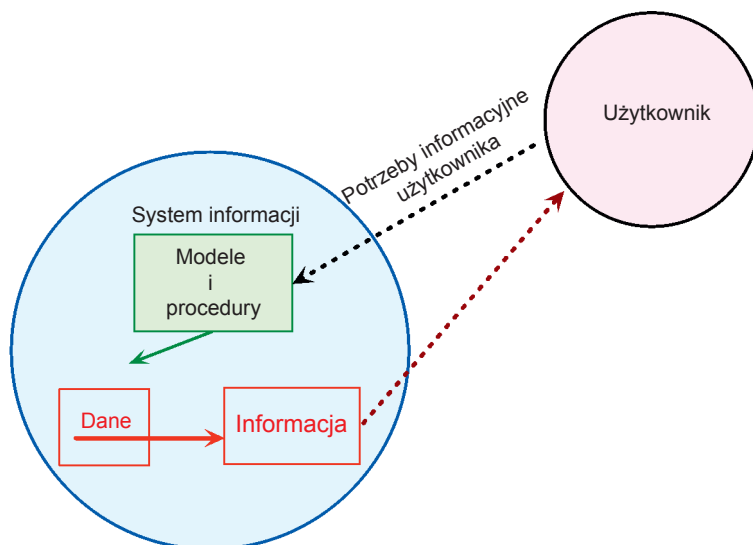
Nowoczesna produkcja roślinna zakłada poprawę efektywności wykorzystania ziemi przez zmiany w zakresie metod, sposobów i technologii produkcji (tab. 2). Wzrasta złożoność zarządzania gospodarstwami i poprawę jakości decyzji można uzyskać przez większą ilość informacji o lepszej jakości. Celów tych nie da się osiągnąć bez zastosowania narzędzi informatycznych, a zwłaszcza systemów informacyjnych. W stosunku do tradycyjnych źródeł informacji systemy informacyjne, w tym systemy wspomagania decyzji (SWD), pozwalają na ściśle dostosowanie do potrzeb informacyjnych odbiorców (rys. 4).

Tabela 2

Wybrane cechy nowoczesnej produkcji roślinnej

Lp.	Cecha	Stan obecny	Cel
1.	Energia nieodnawialna	wysokie zużycie	niskie zużycie
2.	Nawozy	sztuczne	naturalne
3.	System uprawy roli	plużny/uproszczony	zerowy
4.	Uprawy	roczne	roczne/trwałe
5.	Zróżnicowanie upraw	małe	duże
6.	Złożoność zarządzania	niska	średnia/wysoka
7.	Jakość informacji	niska/średnia	wysoka
8.	Liczba informacji	niska/średnia	wysoka
9.	Systemy informatyczne, SWD	niskie wykorzystanie	wysokie wykorzystanie

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Francis, 2003 (19)



Rys. 4. Proces pozyskiwania informacji decyzyjnej z systemu informacyjnego zgodnie z potrzebami użytkownika systemu (ekstrakcja informacji)

Źródło: opracowanie własne

Analizując tendencje w polskim rolnictwie w zakresie wykorzystania narzędzi informatycznych do pozyskania informacji decyzyjnych, można stwierdzić w ostatniej dekadzie znaczne postępy. Jeszcze przed rokiem 2006 głównymi źródłami informacji decyzyjnej dla rolników były: telewizja, prasa fachowa, ulotki reklamowe, poczta oraz radio (11, 65). Z Internetu korzystało tylko ok. 14% rolników. Przyczyną tego stanu rzeczy był brak komputerów, ale przede wszystkim brak dostępu do Internetu. Z badań przeprowadzonych kilka lat później (12) wynika, że 68% właścicieli gospodarstw umiało posługiwać się komputerem, a 59% gospodarstw posiadało komputery, z których dwie trzecie było podłączonych do Internetu. Potrzeby informacyjne gospodarstw zaspakajane były głównie przez programy ogólnego przeznaczenia (przeglądarki, edytory tekstów i arkusze kalkulacyjne). Udział programów specjalistycznych był znikomy (12, 37, 41). Potrzeby rolników w zakresie oprogramowania specjalistycznego obejmowały wypełnianie wniosków, wspomaganie ochrony roślin, przypominanie o terminach prac polowych oraz bazy cen.

Badania przeprowadzone w 2009 r. wykazały, że ponad 80% gospodarstw posiadało komputer, z czego większość z dostępem do Internetu. Liczba rolników używających specjalistyczne oprogramowanie wspomagające podejmowanie decyzji w procesach produkcyjnych gospodarstwa była nadal stosunkowo niewielka mimo posiadania sprzętu komputerowego (13). Sytuacja ta jednak szybko zmienia się. Wśród gospodarstw badanych przez Borusiewicza i Kapelę (8) nasycenie sprzętem komputerowym osiągnęło 92%, z tego trzy czwarte z dostępem do Internetu. Większość (81%) rolników posiadających dostęp do Internetu wykorzystuje go w poszukiwaniu fachowych informacji i doradztwa. Wydaje się więc, że istnieją obecnie właściwe warunki do przyspieszonego wchłaniania nowych technologii wspomagających podejmowanie decyzji.

Decyzje podejmowane przez rolnika są stosunkowo trudne z jednej strony ze względu na złożoność sytuacji decyzyjnej, z drugiej zaś z uwagi na jej niepewność. Tradycyjne metody podejmowania decyzji oparte na intuicji i doświadczeniu są obecnie mało efektywne. Wykorzystanie fachowej wiedzy redukuje niepewność, a analiza dostępnych danych pozwala na generowanie alternatywnych, zoptymalizowanych rozwiązań w stosunkowo krótkim czasie. Funkcje takie przy podejmowaniu decyzji pełnią systemy wspomaganie decyzji (39, 77). System wspomaganie decyzji oznacza system informatyczny rozszerzający intelektualny potencjał człowieka o możliwości komputera, opracowany z myślą o polepszeniu jakości decyzji (71). Zgodnie z doniesieniami wielu autorów, np. Boumy (7), Kozłowskiego i Weresa (39), Magarey'a i in. (43), Manosa i in. (44), McCowna (48, 49), Nieróbcy i Zaliwskiego (57) na świecie powstało już wiele takich systemów. Tym niemniej ich wykorzystanie nie jest powszechne, nawet w krajach rozwiniętych (2, 26, 32, 48, 54, 62, 63). Ponadto na każdy system wspomaganie decyzji będący w użyciu przypada co najmniej kilka, których wdrożenie nie powiodło się. Wśród SWD niewdrożonych są systemy nigdy niedokończone (zaniechane), ukończone, ale nigdy nie użyte w praktyce oraz takie,

których wykorzystanie ograniczyło się tylko do celów badawczych. Przykładem należącym do ostatniej grupy może być system Agroefekt (76).

Problemem słabego wykorzystania SWD w praktyce rolniczej zajmowało się wielu autorów. Parker i Champion (63) podają np., że na ponad 20 rolniczych SWD dostępnych w Wielkiej Brytanii w połowie lat 90. XX w. ani jeden nie był używany przez rolników – pomimo iż wykazywali oni duże zapotrzebowanie na informację. Jako główne przyczyny takiego stanu rzeczy podawano (10, 27, 63):

- brak komputera w gospodarstwie;
- zbyt złożona obsługa systemu;
- duża liczba danych do wprowadzenia (zależna od wielkości gospodarstwa);
- konieczność wprowadzenia danych trudnych do zdobycia;
- niespełnienie oczekiwań rolnika co do otrzymywanej informacji;
- konkurencyjne źródła informacji;
- brak nawyków używania komputera wśród starszej generacji;
- brak czasu w związku z wykonywaniem innych czynności;
- brak przykładu sąsiadów;
- złe uprzednie doświadczenia z oprogramowaniem niespełniającym oczekiwań;
- brak przekonującego dowodu przewagi SWD nad dotychczasową praktyką.

Gelb (20) na podstawie badań ankietowych prowadzonych wśród uczestników konferencji europejskich EFITA w latach 2001–2011 podaje, że liczba specjalistów – informatyków rolniczych utrzymujących, że wykorzystanie technologii informatycznych przez rolników stanowi problemem nie zmalała, lecz wzrosła (z 72% do 90%). Problem ten stał się więc bardziej zauważalny. Jako główne przyczyny podają oni brak umiejętności posługiwaniem się narzędziami informatycznymi, a z drugiej strony brak szkoleń.

W 2004 r. duński zespół zajmujący się rozwijaniem SWD o nazwie „Crop Protection Online” (CPO) przeprowadził badania ankietowe wśród rolników w celu poznania ich stylu podejmowania decyzji (32). CPO jest systemem wspomagania decyzji udostępnionym w Internecie do określania taktyki ochrony roślin przed chorobami, szkodnikami oraz chwastami i umożliwia zmniejszenie liczby zabiegów ochronnych i redukcję dawek środków ochrony roślin (33). Jest wykorzystywany niemal przez wszystkich doradców duńskich. Jednak, choć jego wartość została wykazana w wielu doświadczeniach polowych, liczba rolników wykorzystujących system (ok. 1000 osób, co stanowi mniej więcej 3% duńskich rolników) niemal nie wzrosła w ciągu 10 lat. Badania prowadzone przez zespół specjalistów nauk rolniczych, ekonomicznych i socjologicznych pozwoliły na identyfikację trzech grup rolników o wyraźnie odrębnym stylu podejmowania decyzji:

- preferujących podejście systemowe;
- bazujących na własnym doświadczeniu;
- polegających przede wszystkim na doradcy.

Podjęcie rolników z tych trzech grup zdecydowanie różniło się, jeśli chodzi o sposób wykorzystania systemu CPO. Przykładowo, Crop Protection Online wymaga określonych danych z lustracji każdego pola w celu oceny występowania agrofagów. Rolnicy o podejściu systemowym nie zbierają danych z lustracji, ponieważ wolą nie redukować liczby zabiegów ani dawek, co daje im wyższy poziom ochrony, umożliwiając elastyczne podejście przy planowaniu płodozmianu. Rolnicy bazujący na doświadczeniu posiadają dobrą znajomość pola i unikają wymaganych lustracji. Rolnicy korzystający z usług doradcy przeprowadzają lustrację wspólnie z doradcą, nie wykazując ochoty do samodzielnej obsługi systemu CPO. Rezultatem badań było stwierdzenie, że strategia optymalizacji ochrony roślin przyjęta w systemie nie odpowiadała strategiom dochodzenia do optymalnych decyzji stosowanym przez rolników. Założenia konstruktorów nie uwzględniły celów rolników, sposobów pozyskiwania przez nich wiedzy oraz sposobów wartościowania tej wiedzy. Zespół naukowców tworzących system zastosował w nim swój własny styl podejmowania decyzji, przecząc fakt, że rolnicy podejmują je wyraźnie w inny sposób. Stało się to przeszkodą w akceptacji systemu. Projektanci systemów muszą więc uwzględniać przyzwyczajenia użytkowników i dokonywać wstępnej analizy interakcji system–użytkownik.

Jak już wcześniej zauważono, barierą w wykorzystaniu systemu, zidentyfikowaną w badaniach grupy rolników z niego korzystających, była konieczność lustracji pól w celu pozyskania danych. Problem ten rośnie wraz z arealem gospodarstwa i liczbą pól. Identyfikacja chwastów i chorób również sprawiała sporo problemów. Natomiast rolnicy niekorzystający z systemu nie widzą powodu do jego używania. Informacja generowana przez system „nie trafia im do przekonania”. Dotychczasowe przyzwyczajenia mają dla nich większą wartość niż bodziec ekonomiczny.

Badania ankietowe dotyczące wykorzystania systemów wspomaganie decyzji przeprowadzono także w Australii w stanie Queensland w 2005 r. Odpowiedzi udzielili jednak nie rolnicy, ale grupa 19 specjalistów agronomów zajmujących się opracowywaniem SWD (55). Eksperci ci za najważniejsze wymagania przy projektowaniu i rozwoju SWD uznali:

- skupienie się na problemach najbardziej dokuczliwych: występujących w miarę często, których rozwiązanie przyniesie wymierne korzyści, a jednocześnie trudnych do rozwiązania przez rolnika;
- uwzględnienie specyfiki lokalnej;
- współpracę z rolnikami, szczególnie na etapie projektowania systemu;
- poznanie „punktu widzenia” rolników;
- uproszczenie samego SWD oraz jego obsługi, skrócenie czasu potrzebnego na jego obsługę do minimum;
- wykorzystanie łatwo dostępnych źródeł informacji;
- poznanie zakresu opcji, które wykorzysta rolnik;
- uwzględnienie innych rozwiązań sprzętowych niż komputer;
- niski koszt;

- uzyskanie poparcia ze strony pierwszych użytkowników wyłonionych w trakcie wdrożenia i upowszechnienia.

Specjaliści podkreślają, że SWD ma pomóc podjąć decyzję, a nie tylko dostarczyć informację. Projektant systemu powinien zwrócić baczniejszą uwagę w szczególności na specyfikę procesu podejmowania decyzji przez rolnika: uwzględnić czynniki ekonomiczne, środowiskowe i socjologiczne, które mogą wpływać na wynik decyzji i zawrzeć je w opcjach wyboru proponowanych przez system. Ważne jest, by SWD odzwierciedlał cele rolnika podejmującego decyzję. To ostatnie wymaganie jest zbieżne z ustaleniami poczynionymi przez zespół duński: proces podejmowania decyzji zaprogramowany w systemie powinien oddawać styl podejmowania decyzji przez rolnika.

Specjaliści australijscy zaznaczyli, że użytkownikami rolniczych SWD są przede wszystkim doradcy, natomiast rolnicy (szczególnie ze starszego pokolenia) korzystają z niego w małym stopniu. Doradcy używają SWD do zdobywania wiedzy, a więc można powiedzieć, iż w warunkach Australii głównym wkładem SWD do rolnictwa jest samoedukacja doradców rolniczych. Przeszkodą w upowszechnieniu SWD w mniemaniu specjalistów australijskich jest rozbieżność podejścia do rozwiązywanych problemów przez naukowców i rolników, brak wyraźnej przewagi zaleceń SWD nad decyzjami podejmowanymi przez rolników, złożoność SWD oraz zbyt długi czas niezbędny na szkolenie się w obsłudze i późniejsze użycie SWD. Stwierdzają oni, że choć nieuzasadnione są nadzieje na szersze wykorzystanie oferowanych systemów wspomagania decyzji, to jednak systemy o zademonstrowanej przydatności mają dużą szansę na akceptację i upowszechnienie.

Informacje „ze sceny amerykańskiej” odnośnie wykorzystania SWD w ochronie roślin dostarczają Magarey i in. (43). Stwierdzają oni, że przeszkodą w upowszechnieniu prostych SWD jest ograniczenie do rozwiązywania pojedynczych, specyficznych problemów, podczas gdy producenci rolni muszą zwalczać cały kompleks agrofagów występujących w ich systemach produkcji. Złożone SWD natomiast nie uzyskują większej akceptacji, ponieważ rozmiągają się z oczekiwaniami rolników. Wymagają np. ręcznego zbierania i wprowadzania wielu danych. Inną przyczyną jest niezrozumienie generowanych zaleceń. Sytuacja taka może zajść w przypadku niewystarczającego przeszkolenia w obsłudze. System po krótkim okresie stosowania zostaje wtedy oceniony jako nieprzydatny. Zagadnienia te Magarey zalicza do marketingu SWD. Oczekiwania użytkowników początkowo często rozmiągają się z rzeczywistymi możliwościami systemu. Jeżeli system jest upowszechniany bez właściwej informacji odnośnie jego przeznaczenia i obsługi, zostaje oceniony z perspektywy niespełnionych oczekiwań. Spełnienie ich powinno być uwzględnione już w projekcie. W przeciwnym razie istnieje niebezpieczeństwo pominięcia celów istotnych dla rolnika. Przykładowo, jeżeli jedynym celem systemu jest jak największa oszczędność na zabiegach ochrony roślin, a rolnikowi zależy przede wszystkim na utrzymaniu odpowiedniej jakości lub spełnieniu norm, to taki SWD już w punkcie wyjścia nie spełni oczekiwań odbiorcy.

Użytkownicy systemu różnią się pod względem potrzeb informacyjnych – dla niektórych dostarczana informacja może być zbyt złożona, podczas gdy inni odczuwają brak możliwości dokonywania wyboru z szerokiej gamy opcji. Wystarczającym powodem rezygnacji z usług SWD może być wrażenie zbyt długiego czasu na „zasięgnięcie rady”. Magarey proponuje tutaj zasadę „filiżanki kawy” – rolnik gotów jest spędzić z systemem nie więcej czasu, niż trwa wypicie jednej filiżanki kawy. Warunek ten nakazuje eliminowanie zbierania danych przez użytkownika i wprowadzania ich do systemu.

Jako rozwiązanie podanych trudności Magarey proponuje równoczesne dostarczenie co najmniej dwóch wersji SWD o różnej złożoności: wersję pełną i „okrojona”. Zaletami „okrojonej” wersji są przede wszystkim: prostota, krótki czas szkolenia w podstawach obsługi i niski koszt. Pełna wersja SWD dostarcza natomiast bardziej zaawansowanych narzędzi. Rolnicy, którzy decydują się na użycie systemu w pełnej wersji powinni mieć do dyspozycji wiele scenariuszy możliwych do wyboru ze względu na preferowane kryteria, np. poziom ryzyka. Magarey stwierdza, że rolnicy, którym zaoferowano na początku proste, ale efektywne wersje SWD, szybko poczuli potrzebę sięgnięcia po wersje pełniejsze. Prosty SWD służy tu jako „ścieżka nauki”, ułatwiając porzucenie dotychczasowych przyzwyczajeń i nabycie nowych, np. zrezygnowanie z rutynowego programu oprysków według kalendarza i codzienne korzystanie z zaleceń systemu. SWD powinien więc dostosowywać poziom złożoności do potrzeb rolnika.

Dość oryginalne podejście do upowszechnienia SWD zastosował inny zespół amerykański, wdrażając program osłony agrometeorologicznej o nazwie AgroClimate (1). Celem programu jest zapoznanie rolników z metodami zmniejszenia ryzyka produkcyjnego powstającego w wyniku zmienności klimatycznej. Systemy wspomaganie decyzji (17, 18) stanowią tylko część programu i są traktowane jako jedna z możliwych opcji. Dostępne narzędzia na portalu AgroClimate pozwalają na monitoring i prognozowanie sezonowych zmian klimatu oraz zarządzanie ryzykiem w produkcji roślinnej i zwierzęcej. Dane z monitoringu i prognozowania pogody (prognozy krótkoterminowe) zasilają SWD generujące zalecenia dotyczące aplikacji fungicydów i planowania nawodnień oraz raporty o fazach rozwojowych roślin i liczbie godzin zakumulowanego chłodu (ważne dla upraw sadowniczych). Zalecenia i raporty są dostarczane odbiorcom przez sieć telefonii komórkowej w postaci SMS. W celu upowszechnienia metod zmniejszenia ryzyka organizowane są cyklicznie szkolenia rolników i spotkania polowe z doradcami. Grupa najbardziej zaangażowanych rolników prowadzi demonstracje, co zachęca innych. Tematyka związana z SWD jest częścią programu szkoleń, stanowiąc bardziej zaawansowany stopień. Zainteresowanie systemem AgroClimate stopniowo wzrasta, jednak jak wynika z podanych informacji, wykorzystanie samych SWD wśród rolników nie jest duże (1).

W Polsce badania stopnia wykorzystania programów komputerowych do wspomaganie decyzji przez rolników prowadził np. Francik (16). Wśród właścicieli

135 gospodarstw położonych w powiecie nowosądeckim przeprowadzono badania ankietowe. Większość ankietowanych rolników (77%) doceniło znaczenie wspomagania komputerowego w prowadzeniu działalności rolniczej, ale tylko 17% słyszało o systemach wspomagania decyzji, a 11% korzystało z tych systemów. W grupie wiekowej do 30 lat swój własny stopień opanowania obsługi komputera 92% rolników oceniło jako dobry, natomiast w grupie powyżej 50 lat – 20% rolników. Najpopularniejszym SWD używanym przez ankietowanych rolników okazał się OTR-7 opracowany przez Cupiała (14), służący do optymalizacji wyposażenia technicznego gospodarstw rolniczych.

Z przeglądu światowej literatury dotyczącej wykorzystania SWD przez rolników wynika, że obecnie użycie tych narzędzi informatycznych nie jest duże, jednak systemy naprawdę przydatne mają dużą szansę na akceptację i upowszechnienie. Wyraźnie zarysowuje się potrzeba budowy SWD obejmującego wszystkie aspekty produkcji rolniczej. Powinien on wspomagać decyzje w takich działaniach, jak: ochrona roślin, nawożenie, organizacja prac, zarządzanie, zaopatrzenie, rachunkowość, finanse, itd. Najlepszą obecnie technologią do wdrożenia takiego SWD wydaje się Internet ze względu na niewątpliwe zalety. Zastosowanie przeglądarki umożliwi wyeliminowanie specjalistycznego oprogramowania po stronie użytkownika. Aktualizacja SWD odbywa się tylko na serwerach i jest od razu zauważalna dla użytkownika po odświeżeniu strony, natomiast niezbędna integracja różnych danych z rozproszonych baz danych (dane pogodowe, dane o odmianach, środkach ochrony roślin itd.) jest niedostrzegalna, co znacznie podnosi komfort obsługi. Internet ułatwia współpracę użytkowników, umożliwiając porównywanie wyników lustracji pól i programów zabiegów ochronnych. Ważne problemy mogą być poddawane dyskusji i konsultacji na wspólnym forum.

Niewątpliwie takim nowoczesnym złożonym systemem, uwzględniającym wiele upraw rolniczych oraz zagadnień i dobrze sprawdzonym praktycznie jest duński system Pl@nteInfo (29, 31). Powstał on w kooperacji Duńskiego Instytutu Nauk Rolniczych oraz Duńskiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego (ang. *Danish Agricultural Advisory Centre – DAAC*) i jest eksploatowany od 1996 r. Duński SWD przetwarza dane z wielu rozsianych źródeł w celu prezentacji aktualnej informacji dotyczącej sytuacji lokalnej (w konkretnym gospodarstwie), w postaci tekstowej i graficznej (mapy i wykresy). Informacja ta obejmuje lokalny komunikat pogodowy, ryzyko ataku chorób i szkodników obliczone na podstawie lokalnych danych pogodowych, informację z monitoringu wystąpienia chorób i szkodników na polu, itd. Producent rolny zarejestrowany w systemie ma możliwość przesłania własnych danych o warunkach polowych i pogodowych w celu uzyskania prognoz faz rozwojowych roślin, zaleceń dotyczących nawadniania, nawożenia azotem itd. Jensen i Thysen (30) podają, że określone zalecenia systemu Pl@nteInfo są także dostępne w sieci telefonii komórkowej w formie SMS. Są to np. godzinowe lokalne prognozy pogody (temperatura, opady, wilgotność względna, prędkość i kierunek wiatru), czterodniowe prognozy pogody, ryzyko wystąpienia zarazy ziemniaka, informacja z monitoringu

chorób i szkodników pszenicy ozimej. Przesyłanie SMS może być uruchamiane na żądanie użytkownika lub automatycznie – wywoływane aktualizacją bazy danych pogodowych, w cyklu czasowym określonym przez użytkownika. Różna może być także postać dostarczonej informacji. Może ona przybierać formę zalecenia (zawierającego całość niezbędnej informacji), powiadomienia o dostępności określonych informacji, alarmu dotyczącego wystąpienia szkodliwego zjawiska itd.

W systemach takich jak Pl@nteInfo czy AgroClimate zrealizowano dwa rodzaje oddziaływania informacji: przez emisję (ang. *transmission*) oraz ekstrakcję (ang. *extraction*). Według Burgina (9), są to dwa uzupełniające się rodzaje transmisji informacji. Emisja jest pasywna: system dostarcza informację, na której treść użytkownik nie ma wpływu, może ją tylko odebrać. Ekstrakcja (rys. 4) jest aktywna: system wymaga, by użytkownik sam wyszukał informację i ją pozyskał. Dobry SWD powinien realizować obydwa rodzaje transmisji, ponieważ emisja nadaje się bardziej do informacji często zmieniającej się (np. dzienne alerty), natomiast ekstrakcja umożliwia przeszukiwanie informacji zmieniającej się rzadziej (przeglądanie baz danych, źródeł informacji itd.).

Innym systemem o zasięgu krajowym jest niemiecki internetowy system wspomaganie decyzji ISIP – System Informacji w Integrowanej Produkcji Roślin (ang. *Information System for Integrated Plant Production*) (69). Wzorem do jego budowy był duński system Pl@nteInfo. Prace rozwojowe rozpoczęły się w 2001 r. ISIP jest ciągle rozwijany, dodawane są wciąż nowe składniki, a o jego zasięgu świadczy pokaźna liczba stacji meteorologicznych (których w roku 2007 było 566) zasilających system danymi pogodowymi. Odbiorcami informacji generowanej przez niemiecki system są rolnicy i doradcy. System koncentruje się na wspomaganie decyzji głównie w zakresie ochrony upraw rolniczych i ogrodniczych, ale nie tylko. Umożliwia np. optymalizację nawożenia i pomoc w wyborze odmiany zbóż, a także posiada modele do bilansowania składników pokarmowych w uprawach roślin strączkowych. Generowana informacja trafiająca do rolników to nie tylko wyniki pracy modeli, ale także informacje z monitoringu (lustracji pól) oraz komentarze doradców. System udostępnia narzędzia do wymiany informacji przez rolników, a ponadto generuje dokumenty w formacie PDF zawierające serwisy informacyjne i ostrzeżenia. Oferuje także encyklopedię z informacjami o ponad 20 roślinach uprawnych i ponad 200 chorobach i szkodnikach. Podobnie jak w Pl@nteInfo, określone zalecenia są przesyłane w formie SMS, a także przez pocztę elektroniczną.

Model „Prognoza negatywna”

Jak już wspomniano, poprawę jakości decyzji można osiągnąć przez większą ilość informacji o lepszej jakości i precyzyjniej ukierunkowanej na sytuację decyzyjną (istotniejszą dla rozwiązywanego problemu). W tym oraz w następnym rozdziale zostaną przedstawione dwa przykłady, w których zastosowanie systemu wspomaganie decyzji prowadzi do bardziej efektywnego wykorzystania czynników

produkcji, umożliwiając podjęcie decyzji o wysokiej jakości, z minimalnym tylko wprowadzaniem danych przez użytkownika. Mowa będzie o dwóch modelach ochrony ziemniaka przed zarzą ziemniaka: niemieckim modelu „Prognoza negatywna” oraz amerykańskim modelu Fry’a.

a)			b)		
Wtorek, 16 czerwca 2015	2,80	165,80	Wtorek, 16 czerwca 2015	2,80	160,82
Poniedziałek, 15 czerwca 2015	12,79	163,00	Poniedziałek, 15 czerwca 2015	12,79	158,02
Niedziela, 14 czerwca 2015	1,56	150,21	Niedziela, 14 czerwca 2015	1,56	145,23
Sobota, 13 czerwca 2015	1,05	148,65	Sobota, 13 czerwca 2015	1,55	143,67
Piątek, 12 czerwca 2015	5,59	147,00	Piątek, 12 czerwca 2015	5,59	142,02
Czwartek, 11 czerwca 2015	5,73	141,41	Czwartek, 11 czerwca 2015	5,73	136,43
Środa, 10 czerwca 2015	2,36	135,68	Środa, 10 czerwca 2015	2,36	130,70
Wtorek, 9 czerwca 2015	7,04	133,32	Wtorek, 9 czerwca 2015	7,04	128,34
Poniedziałek, 8 czerwca 2015	3,98	126,28	Poniedziałek, 8 czerwca 2015	3,98	121,30
Niedziela, 7 czerwca 2015	2,17	122,40	Niedziela, 7 czerwca 2015	2,17	117,42
Sobota, 6 czerwca 2015	1,26	120,23	Sobota, 6 czerwca 2015	1,26	115,25
Piątek, 5 czerwca 2015	1,80	118,97	Piątek, 5 czerwca 2015	1,80	113,99
Czwartek, 4 czerwca 2015	3,50	117,17	Czwartek, 4 czerwca 2015	3,50	112,19
Środa, 3 czerwca 2015	3,59	113,67	Środa, 3 czerwca 2015	3,59	108,69
Wtorek, 2 czerwca 2015	2,38	110,08	Wtorek, 2 czerwca 2015	2,38	105,10
Poniedziałek, 1 czerwca 2015	1,28	107,70	Poniedziałek, 1 czerwca 2015	1,28	102,72
Niedziela, 31 maja 2015	2,59	106,42	Niedziela, 31 maja 2015	2,59	101,44
Sobota, 30 maja 2015	2,15	103,73	Sobota, 30 maja 2015	2,15	98,75
Piątek, 29 maja 2015	2,05	101,58	Piątek, 29 maja 2015	2,05	96,60
Czwartek, 28 maja 2015	1,02	99,53	Czwartek, 28 maja 2015	1,02	94,55
Środa, 27 maja 2015	4,33	98,51	Środa, 27 maja 2015	4,33	93,53
Wtorek, 26 maja 2015	4,53	94,18	Wtorek, 26 maja 2015	4,53	89,20
Poniedziałek, 25 maja 2015	9,21	89,65	Poniedziałek, 25 maja 2015	9,21	84,67
Niedziela, 24 maja 2015	6,27	80,44	Niedziela, 24 maja 2015	2,95	75,46
Sobota, 23 maja 2015	1,59	74,17	Sobota, 23 maja 2015	1,00	73,41
Piątek, 22 maja 2015	9,98	72,58	Piątek, 22 maja 2015	9,52	72,32
Czwartek, 21 maja 2015	7,57	62,70	Czwartek, 21 maja 2015	7,57	62,70
Środa, 20 maja 2015	7,57	55,13	Środa, 20 maja 2015	7,57	55,13
Wtorek, 19 maja 2015	1,73	47,46	Wtorek, 19 maja 2015	1,73	47,46
Poniedziałek, 18 maja 2015	2,17	45,73	Poniedziałek, 18 maja 2015	2,17	45,73
Niedziela, 17 maja 2015	0,53	42,56	Niedziela, 17 maja 2015	0,53	43,36
Sobota, 16 maja 2015	1,94	43,00	Sobota, 16 maja 2015	1,94	43,03
Piątek, 15 maja 2015	2,41	41,09	Piątek, 15 maja 2015	2,41	41,09
Czwartek, 14 maja 2015	3,49	38,68	Czwartek, 14 maja 2015	3,49	38,68
Środa, 13 maja 2015	2,29	35,19	Środa, 13 maja 2015	2,29	35,19
Wtorek, 12 maja 2015	2,47	32,90	Wtorek, 12 maja 2015	2,47	32,90
Poniedziałek, 11 maja 2015	0,39	30,43	Poniedziałek, 11 maja 2015	0,39	30,43
Niedziela, 10 maja 2015	1,26	30,04	Niedziela, 10 maja 2015	1,26	30,04
Sobota, 9 maja 2015	2,54	28,78	Sobota, 9 maja 2015	2,54	26,78
Piątek, 8 maja 2015	2,22	26,14	Piątek, 8 maja 2015	2,22	26,14
Czwartek, 7 maja 2015	9,16	23,92	Czwartek, 7 maja 2015	9,16	23,92
Środa, 6 maja 2015	6,95	14,76	Środa, 6 maja 2015	6,95	14,76
Wtorek, 5 maja 2015	7,81	7,81	Wtorek, 5 maja 2015	7,81	7,81

Rys. 5. Wyniki pracy modelu „Prognoza negatywna”, tabele wartości dobowych i kumulowanych ryzyka: a) dla danych skorygowanych; b) dla danych oryginalnych. Oznaczenia: 1 – wartości dobowe ryzyka, 2 – wartości kumulowane ryzyka, 3 – zalecenie pierwszego zabiegu (dane skorygowane), 4 – data przekroczenia progu kumulowanych wartości ryzyka (130), 5 – data przekroczenia progu dobowych wartości ryzyka i zalecenie pierwszego zabiegu (dane oryginalne)

Źródło: opracowanie własne na podstawie modelu „Prognoza negatywna”, 2015 (67)

Zaraza ziemniaka jest groźną chorobą ziemniaka, której sprawcą jest grzyb *Phytophthora infestans* (6, 25, 61). W Polsce szkodliwość tej choroby jest duża ze względu na warunki klimatyczne sprzyjające rozwojowi grzyba (40), a także dużą liczbę gospodarstw (750 tys.) uprawiających ziemniaki (61). Straty plonu spowodowane chorobą wahają się od 2% do powyżej 20% w latach silnych epifitoz, do których dochodzi mniej więcej raz na 4 lata. Typ A1 patogenu rozmnaża się bezpłciowo, produkując zarodniki zwane sporami. Zarodniki te przenoszą się na inne rośliny z wiatrem i kiełkują na wilgotnych liściach i łodygach (infekcja liści i łodyg) lub są splukiwane przez deszcz do gleby (infekcja bulw). Zarodniki, które nie trafią na żywiciela, szybko giną. Rozmnażanie płciowe jest możliwe tylko z udziałem dwóch typów kojarzeniowych. W Polsce występowanie drugiego typu (A2) stwierdzono po raz pierwszy w 1988 r., a jego populacja stale wzrasta.

Naczelną zasadą w ochronie przed zarazą ziemniaka jest likwidacja źródeł infekcji: wysadzanie zdrowych sadzeniaków, staranne sortowanie, niszczenie bulw odrzuconych. Wyczerpujący opis zapobiegania chorobie podany jest np. w pracy Kapsy „Nowe podejście do zwalczania zarazy ziemniaka” (34).

Podczas wegetacji zaleca się stosowanie modeli prognostycznych do określenia ryzyka wystąpienia choroby, wyznaczenia daty pierwszego zabiegu i okresów pomiędzy kolejnymi zabiegami ochronnymi oraz koniecznej liczby zabiegów (34, 35, 66). We wszystkich opracowanych dotychczas modelach zarazy ziemniaka wykorzystano silne sprzężenie rozwoju grzyba z warunkami pogodowymi. Dzięki temu możliwe jest wykorzystanie danych pogodowych w celu określenia okresów wysokiego ryzyka (ale nie rzeczywistej infekcji). Skuteczne zabiegi ochrony redukują chorobę na początku sezonu albo zmniejszają tempo jej rozwoju.

W IUNG-PIB od 2003 r. na stronach „Internetowego systemu wspomagania decyzji dla integrowanej ochrony roślin” (28) dostępny jest model „Prognoza negatywna” (67); w celu jego uruchomienia należy kliknąć na opcję „Negatywna prognoza – termin wykonania pierwszego zabiegu”. Ustala on datę pierwszego zabiegu ochronnego przeciw zarazie ziemniaka na podstawie temperatury i wilgotności względnej powietrza. Model oblicza dobowe i kumulowane wartości ryzyka, poczynając od wschodów ziemniaka. Dopóki nie nastąpi przekroczenie ustalonych progów kumulowanego ryzyka (130 punktów) i dobowego ryzyka (7 punktów), zabieg ochronny nie jest zalecany. W dniu przekroczenia progów model zaleca przeprowadzenie zabiegu ochronnego. Stąd też nazwa „prognoza negatywna”, ponieważ jest ona stale negatywna, aż do pierwszej prognozy pozytywnej, która kończy pracę modelu. Dokładny opis działania i obsługi aplikacji „Prognoza negatywna” podano w „Kursie e-learningowym” (47) zamieszczonym na stronach portalu „Systemu doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej” IUNG-PIB.

Na rysunku 5 przedstawiono wyniki wygenerowane przez „Prognozę negatywną” dla danych ze stacji agrometeorologicznej w Puławach w 2015 r. Stacja ta należy do sieci stacji automatycznych IUNG-PIB w Puławach. Wygenerowane wyniki prezentowane są w tabeli o trzech kolumnach: data, dobowe wartości ryzyka – 1 i kumulowane wartości ryzyka – 2. Na rysunku 5 zestawiono obok siebie dwie tabele z wynikami w celu wyeksponowania wpływu jakości danych na jakość generowanych zaleceń. Tabela oznaczona a) dotyczy danych o lepszej jakości. Wykorzystany do wygenerowania tego zalecenia zestaw danych pogodowych został sprawdzony i uzupełniony (ręcznie uzupełniono brakujące dane). W tabeli b) podane są wyniki wygenerowane na podstawie oryginalnych danych pochodzących ze stacji, w których brakowało po 50 wartości temperatury i wilgotności względnej powietrza oraz 56 wartości opadów. Z porównania tych dwóch tabel wynika pojawienie się 6-dniowego opóźnienia zalecenia w przypadku braków danych. Model nie oblicza wartości ryzyka, jeżeli brakuje danych z określonej godziny, co pomniejsza dobową sumę ryzyka. W przypadku niewielkiej liczby brakujących danych nie mają one wielkiego

wpływu na ostateczny wynik zalecenia, jednak duża ich liczba może prowadzić do wyraźnie błędnych zaleceń. Zabieg ochronny wykonany zgodnie z takim błędnym zaleceniem (np. o 6 dni za późno) będzie już mało skuteczny. Problemem tym zajmowała się Nieróbca (56), która podaje, że dla jakości zaleceń modelu „Prognoza negatywna” najistotniejsza jest dokładność pomiarów wilgotności względnej powietrza. Z porównania dwóch czujników, nowego i zużytego (z błędem pomiarowym -5%), wynikało, że opóźnienie zalecanej daty pierwszego zabiegu może dochodzić nawet do 17 dni. Niewielkie odchyłki obserwacji ($1-5\%$) mogą powodować opóźnienie zalecanej daty pierwszego zabiegu ochronnego o 1–13 dni (80). Odchyłka do $\pm 3\%$ mieści się np. w granicach tolerancji czujnika wilgotności używanego w stacjach agrometeorologicznych IUNG-PIB, a więc w praktyce występuje często. Z badań symulacyjnych przeprowadzonych przez Zaliwskiego i Nieróbcę (81) wynika, że obserwacje obarczone błędem w granicy tolerancji pomiarowej czujnika (-2 i -3%) mogą opóźnić zalecenie daty pierwszego zabiegu ochronnego odpowiednio o 8 i 11 dni. Groźne w skutkach są tylko błędy zaniżające wartości wilgotności względnej w stosunku do rzeczywistych. Prowadzą bowiem do opóźnienia zalecanej daty zabiegu, umożliwiając niekontrolowany rozwój zarazy ziemniaka. Zawyżenie wartości wilgotności odwrotnie, przyspiesza zalecenie, czego ujemnym skutkiem może być co prawda zwiększenie liczby zabiegów ochronnych o jeden lub dwa, ale nie pozostawia plantacji bez ochrony w krytycznym okresie. Należy podkreślić, że podane błędy w zaleceniach, choć wydają się niepokojące, w praktyce występują w miarę rzadko, dotyczą bowiem ekstremalnej kumulacji błędów pomiarowych. Oprócz tego tzw. próg wysokiej wilgotności (po przekroczeniu którego model zwiększa czułość, obliczając wyższe ryzyko) w polskiej wersji modelu został obniżony z 90% do 87%, co kompensuje błędy zaleceń wynikające z tolerancji pomiarowej czujnika. Ponadto próg dla dobowych wartości ryzyka zmniejszono z 8 (dla modelu w wersji oryginalnej) do 7 punktów, a próg dla kumulowanych wartości ryzyka ze 150 do 130 punktów. Zmiany tych parametrów w polskiej wersji modelu wydają się być wystarczającym zabezpieczeniem przed błędami w danych pogodowych. Dla uzupełnienia należy dodać, że błędy pomiarowe temperatury mają tylko nieznaczny wpływ na zalecenia. Przyczyną tego jest przede wszystkim znacznie węższy zakres tolerancji pomiarowej czujnika temperatury ($\pm 0,1^\circ\text{C}$). Z wykonanej analizy wynika, że wśród danych z 27 stacji agrometeorologicznych IUNG-PIB w sezonie 2014 r. ani razu nie wystąpiła obserwacja mogąca mieć wpływ na jakość zaleceń przy założeniu zakresu tolerancji pomiarowej wynoszącym $\pm 0,1^\circ\text{C}$. Niemniej braki danych oraz błędy pomiarowe spowodowane różnymi czynnikami występują. Wysoka jakość danych musi być więc jednym z priorytetów przy wdrażaniu systemów wspomagania decyzji.

System wspomaganie decyzji NegFry online

System wspomaganie decyzji NegFry powstał w Duńskim Instytucie Nauk Rolniczych (ang. *Danish Institute of Agricultural Sciences – DIAS*, obecnie wchłoniętym

przez Aarhus University) w latach 1992–1993 (23). Wykorzystuje on model niemiecki o nazwie „Negative Prognosis” oraz model opracowany przez Fry’ a i in. (22). NegFry testowano w ok. 80-ciu doświadczeniach polowych w warunkach Danii, Norwegii i Szwecji w 1994 r. Parametry modeli zostały skorygowane do warunków skandynawskich. Użycie systemu pozwala w przeciętnych warunkach uzyskać dostateczną ochronę mimo zmniejszenia liczby zabiegów o 50% w porównaniu z ochroną tradycyjną. Taka oszczędność jest możliwa przede wszystkim dzięki opóźnieniu pierwszego zabiegu, a także na skutek wydłużenia okresów między następnymi zabiegami. Dane wprowadzane do systemu to godzinowe dane pogodowe (temperatura, wilgotność względna i suma opadów), poczynając od daty wschodów do zakończenia ochrony (ok. 90 dni) oraz dane polowe (data wschodów, odmiana ziemniaka, podatność, informacje odnośnie nawadniania plantacji). Zalecenie dotyczące daty pierwszego zabiegu ochronnego jest generowane przez model „Prognoza negatywna” (zgodnie z opisem podanym w poprzednim rozdziale). Zalecenia odnośnie okresów pomiędzy następnymi zabiegami są generowane przez model wykorzystujący metodę Fry’ a (opracowaną w 1983 roku). Określenie zaleceń jest oparte na epidemiologii zarazy ziemniaka (temperatura, liczba godzin o wysokiej wilgotności względnej, a także odporność odmiany) oraz ocenie splukiwania fungicydu przez deszcz. Kolejne zabiegi ustalane są przez model Fry’ a na podstawie sumy tzw. jednostek zarazowych (ang. *blight units*) obliczanych w cyklu dobowym. Po przekroczeniu określonego progu zalecany jest zabieg ochronny i następuje wyzerowanie obliczeń – naliczanie zaczyna się od początku. W miarę szczegółowy opis SWD NegFry podany został przez Zaliwskiego i Kozyrę (79) na stronach portalu „Systemu doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej” IUNG-PIB.

Przydatność systemu NegFry w warunkach Polski została sprawdzona w 1997 r. w doświadczeniach mikropoletkowych (74). W 2001 r. podjęto prace nad wprowadzeniem systemu w Polsce w ramach międzynarodowej współpracy z naukowcami duńskimi (36). Z polskiej strony w pracach uczestniczyły m.in. instytuty naukowe: IUNG, IOR, IHAR i IMGW. Wstępne doświadczenia na polach produkcyjnych przeprowadzone w 2001 r. w Boninie i Raduszcze potwierdziły przydatność NegFry do prognozowania daty pierwszego i kolejnych zabiegów ochronnych przeciw zarazie ziemniaka w warunkach polskich. Zastosowanie systemu pozwoliło zmniejszyć liczbę zabiegów o 1–2 w porównaniu z intensywną ochroną rutynową. Zmniejszenie liczby zabiegów fungicydowych nie wpłynęło ujemnie na skuteczność ochrony.


Rysak (70) donosi natomiast o pomyślnym, praktycznym zastosowaniu systemu NegFry w Polsce w województwie lubelskim. W pierwszym okresie wdrażania systemu w latach 2001–2002 prowadzono ochronę na 8 niewielkich plantacjach o łącznej powierzchni 5,8 ha w miejscowości Osiny k. Puław w 3 gospodarstwach indywidualnych. W latach 2003–2006 z użyciem programu NegFry 2002 (ostatnia, najnowocześniejsza wersja systemu dla komputerów PC, jaka powstała) przeprowadzono ogółem 54 wdrożenia na łącznej powierzchni 50,8 ha w rejonie Lublina, a w 2008 r. do wdrożeń wykorzystano 13 plantacji o łącznej powierzchni 8,05 ha.

Badania wykazały przydatność SWD NegFry 2002 w praktyce rolniczej. Istotną przeszkodą w jego szerszym upowszechnieniu była trudność w pozyskiwaniu danych, ponieważ większość rolników nie miała dostępu do Internetu. Rolnicy posiadający dostęp do Internetu wykorzystywali model „Prognoza negatywna” na stronie internetowej IUNG (67).

W 2015 r. w IUNG-PIB, wykorzystując kod źródłowy programu NegFry 2002 dla PC napisany przez programistę duńskiego Poula Lassena w 2003 r. (42), opracowano aplikację internetową NegFry online (rys. 6). Jest ona częścią składową Serwisu Administracji portalu IPO (78). W związku z tym dostęp do aplikacji wymaga posiadania konta w Serwisie.

NegFry online - stacje

Wybierz miejscowość z mapy lub pola wyboru.



Rys. 6. Aplikacja NegFry online, strona Stacje

Źródło: opracowanie własne

Opracowując aplikację starano się zachować funkcjonalność programu dla komputerów PC, dodając jednocześnie ułatwienia, takie np. jak wygodny interfejs umożliwiający zmianę stacji agrometeorologicznej (wybór z mapy wg rys. 6). Bezsprzeczną wadą aplikacji jest brak możliwości wykorzystania lokalnych danych dla całej przestrzeni kraju, ponieważ uwzględnia ona tylko 27 stacji agrometeorologicznych. Jak podaje Solarska (72), dane pogodowe ze stacji wykorzystywane do prognozowania rozwoju grzyba *Peronospora humuli* na chmielu stanowią podstawę do sygnalizacji zabiegów na plantacjach położonych w promieniu do 5 km. Może to być wskazówką, że pełna personalizacja informacji w NegFry online wymagałaby pokrycia kraju siecią stacji o rozdzielczości ok. 10 x 10 km, czyli użycia ok. 3000 stacji. Ograniczając stacje

tylko do rejonów uprawy ziemniaka, liczba ta byłaby z pewnością mniejsza, nie należy jednak sądzić, że wyniosłaby mniej niż kilkaset. Problem interpolacji danych pogodowych do siatki 10 x 10 km widnieje jako jedno z zadań badawczych we wspólnym projekcie duńsko-polskim zgłoszonym do finansowania przez Ministerstwo Rolnictwa Danii w 2000 r. (68), jednakże zadanie to zostało rozwiązane inaczej. Interpolację wykonywała „w locie” procedura dołączona do modelu „Prognoza negatywna”. Wystarczyło kliknięcie na dowolny punkt na mapie w granicach Polski.

Aplikacja NegFry online wyświetla wyniki w tabeli skonstruowanej na podobieństwo tabeli w modelu „Prognoza negatywna” (rys. 5), ale posiadającej więcej kolumn, tak by pomieścić dodatkowo informacje pochodzące z modelu Fry’a: sumę opadów, kumulowaną sumę opadów, jednostki zarazowe, zabiegi ochronne i nawadnianie (rys. 7). Podobnie jak program NegFry 2002 dla komputerów PC (53), aplikacja generuje wykresy ryzyka oraz infekcji, a więc posiada niemal pełną funkcjonalność tego programu. Jej ograniczeniem jest to, że nie interpoluje brakujących danych pogodowych ze stacji. W razie napotkania braków w danych wyświetla ich listę. W sumie ograniczenie to jest pozorne, bowiem przeglądanie i uzupełnianie danych powinno być prowadzone przez administratorów „Internetowego systemu wspomaganie decyzji dla integrowanej ochrony roślin” (28).

a)

NegFry online - wyniki



Czas pozostały do końca sesji: 07:55

Pola Stacje Nawadnianie/Fungicyd Parametry Oblicz Tabela ryzyka Wykres ryzyka Wykres infekcji Pomoc

Aktualnie wybrane pole: Puławy 2015 (nr 14), stacja: Puławy, data wschodów ziemniaka: wtorek, 5 maja 2015

Wyniki prognozy NegFry w okresie od wtorku, 5 maja 2015 do poniedziałku, 13 lipca 2015

Pierwszy zabieg należy wykonać w dniu, w którym kumulowane wartości ryzyka przekroczą poziom 130 punktów i aż do czasu, aż wartość ryzyka wyniesie powyżej 7 punktów (pomarańczowe tło wiersza). Zielonym tłem oznaczono dzień, w którym kumulowane wartości ryzyka przekroczyły poziom 130 punktów.

Data	Dobowe wartości ryzyka	Kumulowane wartości ryzyka	Suma opadów	Kumulowana suma opadów	Jednostki zarazowe	Zabieg ochronny	Deszczowanie
Poniedziałek, 13 lipca 2015	7,98	268,00	10,1	0,0	0		
Niedziela, 12 lipca 2015	1,77	260,02	0,0	49,3	35		
Sobota, 11 lipca 2015	3,39	258,25	0,0	49,3	35		
Piątek, 10 lipca 2015	1,26	254,87	0,0	49,3	35		
Czwartek, 9 lipca 2015	2,40	253,61	0,2	49,3	35		
Środa, 8 lipca 2015	1,82	251,20	3,6	49,1	35		
Wtorek, 7 lipca 2015	3,66	249,39	0,0	45,5	35		

b)

Czwartek, 11 czerwca 2015	5,73	139,33	0,0	10,4	5		
Środa, 10 czerwca 2015	2,36	133,60	0,0	10,4	0		
Wtorek, 9 czerwca 2015	7,04	131,24	10,4	10,4	0		
Poniedziałek, 8 czerwca 2015	3,88	124,20	0,0	0,0	0		
Niedziela, 7 czerwca 2015	2,17	120,32	0,0	0,0	0		
Sobota, 6 czerwca 2015	1,26	118,15	0,0	0,0	0		
Piątek, 5 czerwca 2015	1,80	116,90	0,0	0,0	0		
Czwartek, 4 czerwca 2015	3,50	115,10	0,0	0,0	0		
Środa, 3 czerwca 2015	3,59	111,60	0,1	0,0	0		
Wtorek, 2 czerwca 2015	2,38	108,01	0,0	0,0	0		

Rys. 7. NegFry online, strona Wyniki: a) model Fry’a, b) model „Prognoza negatywna”.

Oznaczenia: 1 – zalecenie pierwszego zabiegu, 2 – zalecenie kolejnego (drugiego) zabiegu

Źródło: opracowanie własne na podstawie aplikacji "NegFry online"

NegFry online został przetestowany przez porównanie wyników generowanych dla tych samych zestawów danych przez model „Prognoza negatywna” (67) oraz program NegFry 2002.

Modele, które wykorzystuje program NegFry mają obecnie już długą historię. Nærstad i in. (52) donoszą o pracach mających na celu opracowanie następcy NegFry’a. Nowy model będzie prognozował ryzyko rozwoju zarodników oraz ryzyko ich uwalniania, przeżywania i infekcji. Zaletą modelu jest większa dokładność, a wadą zwiększone wymagania dotyczące liczby i jakości danych, np. konieczny jest pomiar czasu zwilżenia liści na roślinach ziemniaka.

Podsumowanie

W pracy przedstawiono problemy związane z wdrażaniem rolniczych systemów wspomagania decyzji na świecie na tle potrzeb dotyczących wiedzy wykorzystywanej w produkcji rolniczej. Należy stwierdzić, że choć istnieją różnice w wiedzy rolniczej odnośnie treści, spowodowane odmiennymi warunkami lokalnymi, to wszędzie jest ona niezwykle różnorodna pod względem dziedzin naukowych i dziedzin działalności praktycznej, które obejmuje. Niektórzy autorzy podkreślają, że systemy wspomagania decyzji powinny odzwierciedlać zarówno różnorodność tej wiedzy, jak i uwzględniać różnice lokalne. O ile z drugim postulatem należy się bezsprzecznie zgodzić (wiedza pozyskiwana z SWD musi być spersonalizowana), to jednak Autor nie uważa, że jeden SWD musi serwować całość wiedzy niezbędnej do prowadzenia gospodarstwa. Raczej powinien skupiać się na najtrudniejszych problemach, takich np. jak zalecenia dotyczące zabiegów ochrony ziemniaka przed zarazą ziemniaka.

Ogólnie wykorzystanie SWD rolniczych we wszystkich krajach świata nie jest duże, a główną przyczyną tego stanu rzeczy wydają się być po prostu dotychczasowe przyzwyczajenia w pozyskiwaniu informacji decyzyjnej. Ciekawym rozwiązaniem wydaje się zastosowanie telefonii komórkowej do dostarczenia informacji. Nie wszyscy bowiem rolnicy posiadają komputer, ale raczej trudno dziś spotkać takiego, który nie korzysta z telefonu komórkowego. Jest to z pewnością przykład jak można rozwiązać problem z obsługą sprzętu komputerowego.

Zresztą, nie wszystko od razu się przyjęło, jak np. mechanizacja rolnictwa. Śledząc gwałtowny rozwój SWD w innych dziedzinach, zwłaszcza w biznesie (ang. *business intelligence*), można jednak nabrać przekonania, że choćby ze znacznym opóźnieniem, to samo stanie się w sektorze rolnym. A jedną z przyczyn jest sama złożoność integrowanej produkcji rolniczej. Do jej prawidłowego wdrażania potrzeba będzie coraz więcej spersonalizowanej informacji decyzyjnej odpowiednio przetworzonej do możliwości odbioru użytkowników i o wysokiej jakości. Dlatego nie należy zaprzestawać prac badawczych nad tym tematem, ale wprost przeciwnie, zwiększać należy wysiłki, bowiem można oczekiwać, że sukces dopiero przyjdzie.

Literatura

1. AgroClimate. Southeast Climate Extension. <http://www.agroclimate.org>. Dostęp 27.07.2015.
2. Alvarez J., Nuthall P.: Adoption of computer based information systems The case of dairy farmers in Canterbury, NZ, and Florida, Uruguay. *Computers and Electronics in Agriculture*, 2006, **50**: 48-60.
3. Baquet A., Hambleton R., Jose D.: Introduction to Risk Management. U.S. Department of Agriculture, Risk Management Agency, 1997.
4. Boller E.F., Avilla J., Gendrier J.P., Jøerg E., Malavolta C. (eds): Integrated Production in Europe: 20 years after the declaration of Ovranaz. IOBC/WPRS Bulletin, 1998, **21(1)**. https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/04011_IOBC_Ovrannaz.pdf. Dostęp 17.07.2015.
5. Boller E.F., Avilla J., Jøerg E., Malavolta C., Wijnands F.G., Esbjerg P. (eds): Integrated Production Principles and Technical Guidelines. 3rd Edition. IOBC/WPRS Bulletin, 2004, **27(2)**. https://www.iobc-wprs.org/ip_ipm/iobc_bas.pdf. Dostęp 17.07.2015.
6. Borecki Z.: Nauka o chorobach roślin. PWRiL, Warszawa 1996.
7. Bouma E.: Computer aids for plant protection, historical perspective and future developments. *Bulletin OEPP/EPPO*, 2007, **37**: 247-254.
8. Borusiewicz A., Kapela K.: Ocena wykorzystania technologii IT w gospodarstwach specjalizujących się w produkcji mleka na terenie powiatu kolneńskiego w woj. podlaskim. *Inżynieria Rolnicza*, 2012, **2(137)**: 7-16.
9. Burgin M.: Theory of Information. Fundamentality, Diversity and Unification. World Scientific Publishing, Singapore 2010.
10. Cox P.G.: Some issues in the design of agricultural decision support systems. *Agricultural Systems*, 1996, **52(2/3)**: 355-381.
11. Cupiał M.: Potrzeby informacyjne gospodarstw rolnych Małopolski. *Inżynieria Rolnicza*, 2006, **2(77)**: 185-190.
12. Cupiał M.: Zapotrzebowanie na programy komputerowe w rolnictwie na przykładzie gospodarstw województwa małopolskiego. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, **9(107)**: 55-60.
13. Cupiał M.: Wykorzystanie źródeł informacji w gospodarstwach rolniczych Małopolski o różnym kierunku produkcji. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, **4(122)**: 37-42.
14. Cupiał M., Kobuszewski M.: Optymalizacja wyposażenia technicznego wybranych gospodarstw przy pomocy programu OTR-7. *Inżynieria Rolnicza*, 2011, **8(133)**: 69-74.
15. Falińska K.: Ekologia roślin. PWN, Warszawa 2004.
16. Francik S.: Analiza wykorzystania przez rolników programów komputerowych do wspomaganie decyzji. *Inżynieria Rolnicza*, 2010, **7(125)**: 47-54.
17. Fraisse C.W., Andreis J.H., Pavan W.: AgroClimate Decision Support System: From Web-based Solutions to Mobile Apps. EFITA 2013 Conference "Sustainable Agriculture through ICT Innovation", Turin, Italy, 24-27 June 2013.
18. Fraisse C.W., Breuer N., Zierden D., Bellow J.G., Paz J.O., Cabrera V., Garcia y Garcia A., Ingram K., Hatch U., Hoogenboom G., Jones J.W., O'Brien J.: AgroClimate: a climate forecast information system for agricultural risk management in the southeastern USA. *Comput. Electron. Agr.*, 2006, **53(1)**: 13-27.
19. Francis C.A.: Advances in the design of resource-efficient cropping systems. In: *Cropping systems: trends and advances*, A. Shrestha (ed). Food Products Press, Binghamton NY, USA, 2003, pp. 15-32.

20. Gelb E.: The EFITA ICT Adoption Questionnaire – 1999-2011 Priority Indicators for the Future. Hebrew University, Center for Agricultural Economic Research. <http://departments.agri.huji.ac.il/economics/gelb-table.html>. Dostęp 08.07.2015.
21. Gębska M., Filipiak T.: Podstawy ekonomiki i organizacji gospodarstw rolniczych. Wydawnictwo SGGW, Warszawa, 2006. ISBN 83-7244-756-X.
22. Hansen J.G.: NegFry 99. A decision support system for scheduling the chemical control of potato late blight. User Manual. Danish Institute of Agricultural Sciences, Dept. of Agricultural Systems, Research Centre Foulum, 8830 Tjele, Denmark, 1999.
23. Hansen J.G., Andersson B., Hermansen A.: NEGFY – A system for scheduling chemical control of late blight in potatoes. In: Proceedings “PHYTOPHTHORA 150 Sesquicentennial Scientific Conference”, L.J. Dowley, E. Bannon, L.R. Cooke, T. Keane, E. O’Sullivan (eds). 10-16 September 1995, Dublin, Ireland, Boole Press Ltd., pp. 201-208.
24. Harwood J., Heifner R., Coble K., Perry J., Somwaru A.: Managing Risk in Farming: Concepts, Research, and Analysis. Market and Trade Economics Division and Resource Economics Division, Economic Research Service, U.S. Department of Agriculture. Agricultural Economic Report No. 774, 1999.
25. Häni F., Popow G., Reinhard H., Schwarz A., Tanner K., Vorlet M.: Ochrona roślin rolniczych w uprawie integrowanej. PWRiL, Warszawa, 1998.
26. Hochman Z., Carberry P.S.: Emerging consensus on desirable characteristics of tools to support farmers’ management of climate risk in Australia. *Agr. Systems*, 2011, **104**: 441-450.
27. Iddings R.K., Apps J.W.: What influences farmers’ computer use? *Journal of Extension*, Spring 1990, **28(1)**.
28. IPM DSS. Internetowy system wspomagający podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin. IUNG-PIB, Puławy 2014. www.ipm.iung.pulawy.pl. Dostęp 08.07.2015.
29. Jensen A.L., Boll P.S., Thyssen I., Pathak B.K.: Pl@ntelInfo® - a web-based system for personalised decision support in crop management. *Comput. Electron. Agr.*, 2000, **25**: 271-293.
30. Jensen A.L., Thyssen I.: Agricultural Information and Decision Support by SMS. Proceedings of the “EFITA 2003 Conference”, pp. 286-292. 5-9 July 2003, Debrecen, Hungary. <http://www.efita.net>. Dostęp 08.07.2015.
31. Jensen A.L., Thyssen I., Boll P.S., Hansen J.G., Secher B.J.M., Juhl O.: Pl@ntelInfo – using the Internet for custom tailored crop information. Proceedings of the First European Conference for Information Technology in Agriculture, Copenhagen, 15–18 June, 1997. <http://www.efita.net>. Dostęp 08.07.2015.
32. Jørgensen L.N., Noe E., Langvad A.M., Jensen J.E., Ørum J.E., Rydahl P.: Decision support systems: barriers and farmers’ need for support. *Bulletin OEPP/EPPO*, 2007, **37**: 374-377.
33. Jørgensen L.N., Noe E., Nielsen G.C., Jensen J.E., Ørum J.E., Pinnschmidt H.O.: Problems with disseminating information on disease control in wheat and barley to farmers. *Eur. J. Plant Pathol.*, 2008, **121**: 303-312.
34. Kapsa J.: Nowe podejście do zwalczania zarazy ziemniaka. *Ziemniak Polski*, 2008, **(2)**: 39-44.
35. Kapsa J., Bernat E., Kasprzak M.: Przydatność systemu decyzyjnego NegFry w ochronie ziemniaka przed zarazą w różnych warunkach meteorologicznych. *Biuletyn IHAR*, 2007, t. 28, **(2)**: 177-186.
36. Kapsa J., Osowski J.: Wprowadzanie i ocena systemu decyzyjnego NegFry w strategii ochrony przed zarazą ziemniaka w warunkach polskich. *Biuletyn IHAR*, 2002, t. 27, **2(223/224)**: 351-360.

37. Kocira S., Lorencowicz E.: Wykorzystanie komputerów w wybranych gospodarstwach rodzinnych Lubelszczyzny. *Inżynieria Rolnicza*, 2008, **7(105)**: 109-115.
38. Korbas M., Mrówczyński M.: *Metodyka integrowanej produkcji pszenicy ozimej i jarej*. Wydanie drugie zmienione. PRIORiN, Warszawa 2014.
39. Kozłowski R.J., Weres J.: Komputerowe systemy wspomaganie decyzji w zarządzaniu gospodarstwem rolniczym. W: *Współczesna inżynieria rolnicza – osiągnięcia i nowe wyzwania*, R. Hołownicki, M. Kuboń (red.). PTIR, Kraków 2013, t. 3.
40. Kryczyński S. (Red): *Choroby roślin w uprawach rolniczych*. Wydawnictwo SGGW, Warszawa 2002.
41. Kuboń M.: Poziom wyposażenia i wykorzystania elementów infrastruktury informatycznej w gospodarstwach o różnym typie produkcji rolniczej. *Inżynieria Rolnicza*, 2007, **9(97)**: 95-102.
42. Lassen P.: C++ source code of NegFry2002.exe program. Danish Institute of Agricultural Sciences, 2003.
43. Magarey R.D., Travis J.W., Russo J.M., Seem R.C., Magarey P.A.: Decision support systems: quenching the thirst. *Plant Disease*, 2002, **86**: 4-14.
44. Manos B.D., Ciani A., Bournaris T., Vassiliadou I., Papatthanasidou J.: A taxonomy survey of decision support systems in agriculture. *Agr. Econ. Rev.*, 2004, **5(2)**: 80-94.
45. Matyka M.: Ryzyko jako element produkcji rolniczej. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2012, **29(3)**: 157-163.
46. Mavi H.S., Tupper G.J.: *Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture*. Food Products Press, New York, 2004.
47. Mazur A.D.: Kurs e-learningowy modelu Negatywna Prognoza. System doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. IUNG-PIB, Puławy 2013. www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ior/negprogcourse.html. Dostęp 09.07.2015.
48. McCown R.L.: Changing systems for supporting farmers' decisions: problems, paradigms, and prospects. *Agr. Systems*, 2002, **74**: 179-220.
49. McCown R.L., Hochman Z., Carberry P.S.: Probing the enigma of the decision support system for farmers: Learning from experience and from theory. *Agr. Systems*, 2002, **74**: 1-10.
50. Mrówczyński M., Pruszyński S. (red): *Integrowana produkcja rzepaku ozimego i jarego*. IOR, Poznań 2008.
51. Musser W.N., Patrick G.F.: How much does risk really matter to farmers? In: *A comprehensive assessment of the role of risk in U.S. Agriculture*, R.E. Just, R.D. Pope (eds). Springer Science+Business Media, LLC, New York, 2002.
52. Nærstad R., Le V.H., Hermansen A., Hannukkala A., Nielsen B.J., Hansen J.G., Grönberg L., Anderson B., Yuen J.: Improvement of potato late blight forecasting. *Proceedings of the Eleventh EuroBlight workshop*, Hamar, Norway, 28-31 October 2008, pp. 103-105.
53. NegFry 2002. Program komputerowy dla komputerów PC. Duński Instytut Nauk Rolniczych, Foulum, 2003.
54. Newman S., Lynch T., Plummer A.A.: Success and failure of decision support systems: Learning as we go. *J. Animal Sci.*, 2000, **77**: 1-12.
55. Nguyen N.C., Wegener M., Russell I.: Decision support systems in Australian agriculture: state of the art and future development. *Proceedings of the "International Association of Agricultural Economists Conference"*, Gold Coast, Queensland, Australia, August 12-18, 2006. <http://ageconsearch.umn.edu/bitstream/25581/1/cp060198.pdf>. Dostęp 09.07.2015.
56. Nieróbcza A.: Znaczenie jakości danych meteorologicznych w systemach wspomaganie decyzji w ochronie roślin. Referat wygłoszony na 54. Sesji Naukowej IOR-PIB w Poznaniu, 6-7 lutego 2014.

57. N i e r ó b c a A., Z a l i w s k i A.S.: Expert systems as a tool for decision support in integrated pest management. *Inżynieria Rolnicza*, 2014, **4(152)**: 185-193.
58. N i e r ó b c a A., Z a l i w s k i A.S.: Informacja i wiedza w rolnictwie. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2014, **38(12)**: 9-28.
59. N o r r i s R.F., C a s w e l l - C h e n E.P., K o g a n M.: Concepts in Integrated Pest Management. Prentice Hall. Pearson Education, Upper Saddle River, NJ, USA, 2003.
60. N o s e c k a B., P a w l a k K.: Czynniki konkurencyjności polskiego rolnictwa na tle Unii Europejskiej. W: *Analiza uwarunkowań i wyzwań rozwoju sektora rolno-żywnościowego w Polsce na tle tendencji światowych (Synteza)*, A. Kowalski, R. Grochowska, B. Nosecka (red). IERiGŻ-PIB, Warszawa 2014, s. 64-90.
61. N o w a c k i W. (red): *Metodyka integrowanej produkcji ziemniaka*. Wydanie III zmienione. PIORIN, Warszawa 2014.
62. Ö h l m é r B.: The need and design of computerized farm management tools. Lessons learned from a Swedish case. Swedish University of Agricultural Sciences, Uppsala, 2007. <http://pub.epsilon.slu.se/3027/1/OhlmerBookChapterWP07-5Original.pdf>. Dostęp 07.07.2015.
63. P a r k e r C.G., C a m p i o n S.: Improving the uptake of decision support systems in agriculture. In: *Proceedings First European Conference for Information Technology in Agriculture (EFITA)*, H. Kure, I. Thysen, A.R. Kristensen (eds). Copenhagen, 15–18 June, 1997, pp. 129-134.
64. PIORiN. *Integrowana produkcja roślin*. PIORiN, Warszawa. <http://piorin.gov.pl/integrowana-produkcja>. Dostęp 17.07.2015.
65. P i w o w a r A.: Transfer wiedzy w zakresie nowych nawozów mineralnych. *Studia i materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*. Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą, Bydgoszcz, 2008, s. 44-50.
66. P l i a c h n i e w i c z M.P.: Modern methods of potato late blight disease forecasting. *Proceedings of the National Academy of Sciences of Belarus, Agrarian Sciences Series*, **2006(5)**: 138-140 (*in Russian*). <http://vesti.belar.by/vesti/pdf/20060540.pdf>. Dostęp 13.07.2015.
67. Prognoza negatywna. Prognoza negatywna wystąpienia zarazy ziemniaka. <http://www.ipm.iung.pulawy.pl/NegProg/NegProg.asp>. IUNG-PIB, Puławy, 2015. Dostęp 07.07.2015.
68. Project DIAS. Development and Implementation of an Internet based Decision Support System for Integrated Pest Management in Poland. Danish Institute of Agricultural Sciences, Research Centre Foulum, Denmark, 2000.
69. R ö h r i g M.: www.isip.de – online plant protection information in Germany. *Bulletin OEPP/EPPO*, 2007, **37**: 350-352.
70. R y s a k W.: Praktyczne zastosowanie systemu wspomaganie decyzji w ochronie ziemniaka na terenie woj. lubelskiego. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2009, **16**: 59-68.
71. S h a r d a R., D e l e n D., T u r b a n E.: *Business Intelligence and Analytics: Systems for Decision Support*. 10th edition. Pearson Education, Harlow, Essex, England, 2014.
72. S o l a r s k a E.: Zwalczanie mączniaka rzekomego chmielu na podstawie prognozowania porażenia. *Instrukcja wdrożeniowa*, IUNG, Puławy 1988, **155/88**.
73. U r b a n S.: Zarządzanie wiedzą w gospodarstwach rolnych. *Studia i Materiały Polskiego Stowarzyszenia Zarządzania Wiedzą*. Polskie Stowarzyszenie Zarządzania Wiedzą, Bydgoszcz, 2008, s. 142-149.
74. W ó j t o w i c z A., P i e k a r c z y k J.: Porównanie skuteczności wybranych systemów wspierających podejmowanie decyzji w zwalczaniu zarazy ziemniaka. *Prog. Plant Prot./ Post. Ochr. Roślin*, 1998, **38(2)**: 358-361.

75. Y o s t R., A t t a n a n d a n a T., C o l f e r C.J.P., I t o g a S.: Decision Support Systems in Agriculture: Some Successes and a Bright Future. In: Efficient decision support systems – practice and challenges from current to future, Chiang Jao (ed). InTech, 2011. <http://cdn.intechopen.com/pdfs-wm/19345.pdf>. Dostęp 09.07.2015.
76. Z a l i w s k i A.S.: System Agroefekt-2012-online (prototyp). System doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. IUNG-PIB, Puławy, 2012. www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ipr/AgroefektOnline.html. Dostęp 07.07.2015.
77. Z a l i w s k i A.S.: Informacja, wiedza, decyzje i systemy wspomaganie decyzji. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2013, **33(7)**: 45-68.
78. Z a l i w s k i A.S.: Oprogramowanie narzędziowe portalu IPO. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2014, **38(12)**: 89-114.
79. Z a l i w s k i A., K o z y r a J.: NegFry – system wspomaganie decyzji w zwalczaniu zarazy ziemniaka. System doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej. IUNG-PIB, Puławy, 2006. www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ior/negfry.html. Dostęp 10.07.2015.
80. Z a l i w s k i A.S., N i e r ó b c a A.: The Negative Prognosis Plant Protection Model and Weather Data Quality. Book of abstracts. “IPM Innovation in Europe Conference”, 14–16 January 2015, IOR-PIB, Poznań, p. 144.
81. Z a l i w s k i A.S., N i e r ó b c a A.: Data quality and information quality – the case of the negative prognosis plant protection model. Paper presented at the “EFITA 2015” Conference, 29 June–2 July 2015, Poznań.
82. Z a l i w s k i A., P i e t r u c h C.: Narzędzia informatyczne w produkcji roślinnej. Inżynieria Rolnicza, 2007, **2(90)**: 333-339.
83. Z i ę t a r a W.: Zasób informacji niezbędnych do podejmowania decyzji w gospodarstwach i przedsiębiorstwach rolniczych. Pamiętnik Puławski, 2001, **124**: 465-477.

Adres do korespondencji:

dr inż. Andrzej S. Zaliwski
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
IUNG-PIB
24-100 Puławy
ul. Czartoryskich 8
tel. 81 47 86 758
e-mail: Andrzej.Zaliwski@iung.pulawy.pl

