

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA
I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT
BADAWCZY



**STUDIA
I
RAPORTY
IUNG - PIB**

16

PROGRAM WIELOLETNI
2005–2010

PULAWY, 2009

**SYSTEMY WSPOMAGANIA
DECYZJI W ZRÓWNOWAŻONEJ
PRODUKCJI ROŚLINNEJ**

KSZTAŁTOWANIE
ŚRODOWISKA ROLNICZEGO POLSKI
ORAZ ZRÓWNOWAŻONY ROZWÓJ
PRODUKCJI ROLNICZEJ

INSTYTUT UPRAWY NAWOŻENIA I GLEBOZNAWSTWA
PAŃSTWOWY INSTYTUT BADAWCZY

Dyrektor: *prof. dr hab. Seweryn Kukula*

Redaktor: *prof. dr hab. Adam Harasim*

Recenzenci: *dr Andrzej Doroszewski*
prof. dr hab. Tadeusz Górski
doc. dr hab. Jerzy Grabiński
doc. dr hab. Janusz Igras
dr Jerzy Kozyra
dr Anna Nieróbca
prof. dr hab. Henryk Terelak
dr Andrzej Zaliwski

Opracowanie redakcyjne i techniczne: *dr Irena Marcinkowska*

ISBN 978-83-7562-033-7

Egzemplarz bezpłatny

Nakład 300 egz., B-5, zam. 66/F/09
Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG - PIB w Puławach
tel. (081) 8863421 w. 301 i 307; fax (081) 8864547
e-mail: iung@iung.pulawy.pl; <http://www.iung.pulawy.pl>

SYSTEMY WSPOMAGANIA
DECYZJI W ZRÓWNOWAŻONEJ
PRODUKCJI ROŚLINNEJ

SPIS TREŚCI

Wstęp	7
1. Tamara Jadczyżyn – Planowanie nawożenia w gospodarstwie z wykorzystaniem programu NawSald	9
2. Anna Podleśna – Elementy wspomagania decyzji w tworzeniu planu nawożenia roślin siarką	19
3. Anna Nieróbca – Systemy wspomagania decyzji w ochronie roślin jako element integrowanej produkcji	31
4. Małgorzata Jędrzycka i in. – SPEC – system wspomagania decyzji w ochronie rzepaku przed suchą zgnilizną kapustnych w Polsce	45
5. Wojciech Rysak – Praktyczne zastosowanie systemu wspomagania decyzji w ochronie ziemniaka na terenie woj. lubelskiego	59
6. Jacek Hołaj – Potrzeby informacyjne producentów kukurydzy	69
7. Andrzej S. Zaliwski – System wspomagania decyzji w wyborze odmiany kukurydzy (ZeaSoft)	83
8. Jerzy Kozyra, Andrzej S. Zaliwski, Anna Nieróbca, Jerzy Grabiński – System zaleceń rolniczych związanych z przebiegiem pogody	97
9. Andrzej S. Zaliwski – Organizacja modułu pogodowego krajowego systemu doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej	107

Wstęp

W dniu 30.09.2008 r. odbyły się w IUNG - PIB w Puławach warsztaty naukowe nt. „Systemy wspomaganie decyzji w zrównoważonej produkcji roślinnej” zorganizowane w ramach zadania 2.9 pt. „Doskonalenie systemów doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej” w wieloletnim programie badawczym IUNG - PIB. Na warsztatach wygłoszono 9 referatów poświęconych zagadnieniom danych, informacji, narzędzi informatycznych i ich wykorzystaniu w doradztwie w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej.

Zrównoważona produkcja roślinna wymaga, aby wszystkie decyzje o znaczących konsekwencjach rozpatrywać w ujęciu gospodarczym, społecznym i przyrodniczym. Aspekt gospodarczy dotyczy konieczności przetrwania i rozwoju przedsiębiorstw w trudnych warunkach konkurencji. Aspekt społeczny związany jest z osiąganiem wysokiej jakości i zadowolenia konsumenta. Analiza skutków decyzji w aspekcie przyrodniczym powinna określać wpływ podejmowanych działań na stan środowiska.

Powyższe założenia powodują, że wiele sytuacji decyzyjnych musi być rozpatrywanych w kontekście multidyscyplinarnym, z analizą wielu kryteriów i wykorzystaniem obszernych zbiorów informacji. Dlatego w sterowaniu procesami produkcji roślinnej coraz powszechniej doceniana jest rola nowoczesnych metod zarządzania z wykorzystaniem technik przetwarzania informacji do podejmowania optymalnych decyzji i lepszej organizacji prac. Wydaje się, że epoka powszechnego stosowania systemów informatycznych w przedsiębiorstwach rolnych nie jest odległa. Warto więc chyba zainteresować się ważnym źródłem informacji decyzyjnych jakim są systemy wspomaganie decyzji. Zespół realizujący zadanie 2.9 w wieloletnim programie badawczym IUNG - PIB przygotował szereg prac zamieszczonych w zeszycie nr 16 z serii wydawniczej „Studia i Raporty IUNG - PIB”, aby choć w pewnym stopniu zaspokoić potrzeby wszystkich zainteresowanych tym tematem.

*Kierownik zadania 2.9
dr Andrzej S. Zaliwski*

Tamara Jadczyszyn

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

**PLANOWANIE NAWOŻENIA W GOSPODARSTWIE
Z WYKORZYSTANIEM PROGRAMU NawSald***

Wstęp

Celem nawożenia jest dostarczenie roślinom składników pokarmowych w ilościach niezbędnych dla uzyskania plonu osiągalnego (jest to plon uzyskiwany w określonych warunkach naturalnych – glebowo-klimatycznych – i przy zastosowaniu poprawnej agrotechniki) w warunkach gospodarstwa oraz utrzymanie zasobności gleby na poziomie co najmniej średnim. Źródłem składników pokarmowych dla roślin oprócz nawozów mineralnych mogą być: nawozy naturalne i organiczne, pozostające na polu produkty uboczne przedplonu, resztki poźniwne, podlegająca procesowi mineralizacji glebowa materia organiczna i inne. W systemie zrównoważonego gospodarowania nawozy mineralne powinny być stosowane w takich dawkach, aby dopływ składników łącznie ze wszystkich źródeł pokrywał potrzeby pokarmowe roślin i zapewniał utrzymanie optymalnej zasobności gleb. Podstawą zrównoważonego doradztwa nawozowego jest zatem bilans składników pokarmowych, w którym po stronie rozchodu uwzględnia się pobranie składników mineralnych z plonem, a po stronie przychodu ich dopływ z nawozów i innych źródeł. Dawki nawozów mineralnych wyznacza się jako różnicę pomiędzy potrzebami nawożenia i dopływem składników z innych źródeł.

W systemie zaleceń nawozowych NawSald do obliczania dawek nawozów mineralnych stosuje się metodę bilansu składników na powierzchni gleby w skali pola produkcyjnego. W pracy przedstawiono sposób obliczania poszczególnych elementów bilansu oraz wewnętrzne bazy danych programu, które mogą znaleźć zastosowanie do samodzielnego planowania nawożenia, a także do innych celów związanych z gospodarką składnikami mineralnymi, np. do szacowania produkcji nawozów naturalnych itp.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Pobranie składników mineralnych z plonem

Pobranie składników mineralnych zależy od gatunku rośliny oraz wielkości plonu osiągalnego w gospodarstwie. W tabeli 1 przedstawiono pobranie składników na jednostkę plonu głównego z odpowiednią ilością plonu ubocznego, uwzględniające stosunek masy produktów głównych i ubocznych dla różnych roślin uprawnych. Mnożąc odpowiednią wartość z tabeli przez wielkość osiągalnego plonu rośliny wyrażoną w tonach z 1 ha obliczamy wielkość pobrania składnika w kilogramach z powierzchni 1 ha pola.

Tabela 1

Pobranie składników pokarmowych na 1 tonę plonu głównego z odpowiednią ilością plonu ubocznego

Gatunek rośliny	Azot (N)	Fosfor (P)	Potas (K)	Magnez (Mg)
Zboża				
Pszenica ozima	23,7	4,3	12,6	2,2
Pszenica jara	25,1	4,5	13,6	2,2
Jęczmień ozimy	22,3	4,3	15,6	2,3
Jęczmień jary	21,0	4,2	13,7	2,3
Żyto	21,6	4,4	18,0	2,1
Pszenżyto	24,1	4,7	17,6	2,1
Owies	22,2	4,7	18,3	2,2
Kukurydza na ziarno	28,4	5,4	23,3	4,4
Mieszanki zbożowe na ziarno	22,0	5,0	17,3	2,2
Gryka	41,7	9,1	44,9	7,8
Strączkowe				
Bobik,	54,2	7	30,3	3,1
Grochy	48,6	5,9	27	3,8
Łubiny	67	8,5	28,3	2,7
Soja	68	8,5	28,2	5,7
Mieszanki zbożowo-strączkowe na ziarno	35,3	5,4	22,1	3,0
Oleiste i przemysłowe				
Rzepak	44,5	9,6	33,3	4,5
Len oleisty na nasiona	40,3	8,8	26,3	5,8
Gorczyca	60,5	10,2	38,9	3,1
Korzeniowe				
Wczesny ziemniak	3,3	5,0	4,8	0,25
Ziemniak	3,9	0,6	5,5	0,4
Burak cukrowy	4,0	0,7	5,4	1,0
Burak pastewny	3,3	0,6	5,2	0,5
Inne korzeniowe	3,2	0,5	4,5	0,5
Pastewne				
Kukurydza na zieloną masę	3,7	0,6	3,8	0,7
Koniczyna	5,1	5,0	4,4	0,5
Lucerna	6,1	0,6	4,7	0,5
Koniczyna z trawami	4,8	0,5	4,7	0,6
Lucerna z trawami	5,2	0,7	4,9	0,5

cd. tab. 1

Gatunek rośliny	Azot (N)	Fosfor (P)	Potas (K)	Magnez (Mg)
Pastewne				
Mieszkanki zbożowo-strączkowe na zieloną masę	4,8	0,7	5,4	0,5
Trawy	5,1	0,6	4,9	0,3
Owies na zieloną masę	4,0	0,6	4,6	0,26
Żyto na zieloną masę	4,1	0,6	4,4	0,2
Słonecznik na zieloną masę	4,2	0,7	4,3	0,6
Kapusta pastewna	4,2	0,5	5,0	0,3
Inne motylkowe na zieloną masę	4,8	0,6	3,9	0,3
Rzepak na zieloną masę	4,5	0,6	4,8	0,3
Seradela na zieloną masę	4,5	0,6	3,9	0,3
Warzywa w polu				
Kalafior	8,1	1,2	7,1	0,5
Ogórek	4,6	0,7	6,6	0,8
Kapusta	5,3	0,7	4,6	0,5
Cebula	2,4	0,5	2,1	0,2
Marchew, pietruszka	2,7	0,6	4,7	0,6
Burak ćwikłowy	4,7	0,8	6,5	0,4
Użytki zielone				
Pastwisko (zielona masa)	4,5	0,6	4,8	0,5
Łąka (siano)	19,1	2,55	20,4	2,1

Źródło: dane IUNG.

Potrzeby nawożenia fosforem, potasem i magnezem

Potrzeby nawożenia P, K i Mg oprócz potrzeb pokarmowych roślin obejmują również potrzeby nawożenia gleby. Za optymalną ze względów produkcyjnych i środowiskowych uważa się średnią zawartość składników w glebie według przyjętej w Polsce skali 5-stopniowej (tab. 2, 3 i 4). Przy ocenie zasobności w potas i magnez uwzględnia się także kategorię agronomiczną gleby. Warunkiem zrównoważonego nawożenia jest zatem regularne (co 4-5 lat) badanie zasobności gleby w składniki pokarmowe.

Tabela 2

Liczby graniczne do wyceny zawartości fosforu przyswajalnego w glebach mineralnych

Ocena zawartości	Zawartość P_2O_5 (mg/100 g gleby)
Bardzo niska	$\leq 5,0$
Niska	5,1-10,0
Średnia	10,1-15,0
Wysoka	15,1-20,0
Bardzo wysoka	$> 20,0$

Źródło: Zalecenia nawozowe, 1990 (3).

Tabela 3

Liczby graniczne do wyceny zawartości potasu przyswajalnego w glebach mineralnych
(K₂O w mg/100 g gleby)

Ocena zawartości	Kategoria agronomiczna gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
Bardzo niska	≤ 2,5	≤ 5,0	≤ 7,5	≤ 10,0
Niska	2,6-7,5	5,1-10,0	7,6-12,5	10,1-15,0
Średnia	7,6-12,5	10,1-15,0	12,6-20,0	15,1-25,0
Wysoka	12,6-17,5	15,1-20,0	20,1-25,0	25,1-30,0
Bardzo wysoka	> 17,5	> 20,0	> 25,0	> 30,0

Źródło: Zalecenia nawozowe, 1990 (3).

Tabela 4

Liczby graniczne do wyceny zawartości magnezu przyswajalnego w glebach mineralnych
(Mg w mg/100 g gleby)

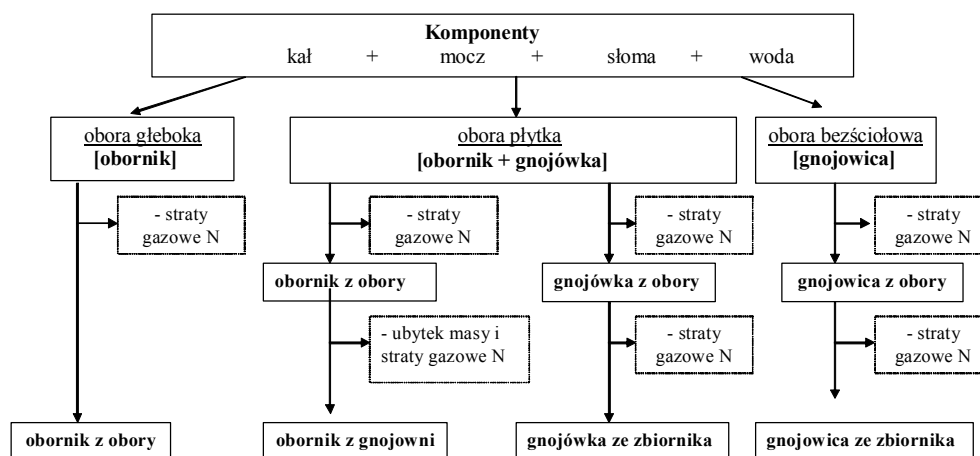
Ocena zawartości	Kategoria agronomiczna gleby			
	bardzo lekka	lekka	średnia	ciężka
Bardzo niska	≤ 1,0	≤ 2,0	≤ 3,0	≤ 4,0
Niska	1,1-2,0	2,1-3,0	3,1-5,0	4,1-6,0
Średnia	2,1-4,0	3,1-5,0	5,1-7,0	6,1-10,0
Wysoka	4,1-6,0	5,1-7,0	7,1-9,0	10,1-14,0
Bardzo wysoka	> 6,0	> 7,0	> 9,0	> 14,0

Źródło: Zalecenia nawozowe, 1990 (3).

W warunkach średniej zasobności gleby dopływ składników z nawozów i innych źródeł powinien rekompensować ich pobranie z plonem. Niska lub bardzo niska zawartość składników w glebie wskazuje na potrzebę bardziej intensywnego nawożenia. Zakłada się, że w tych warunkach dopływ składników powinien być większy od pobrania z plonem o 25-50%. Nadwyżki składników zastosowane w nawozach prowadzą do systematycznej poprawy zasobności gleby. Na glebach o wysokiej i bardzo wysokiej zawartości P, K i Mg rośliny mogą częściowo zaspokoić potrzeby pokarmowe kosztem zasobów glebowych. Przyjmuje się, że w takich warunkach potrzeby nawożenia są o 25-50% mniejsze niż potrzeby pokarmowe roślin. W wyniku stosowania zredukowanych dawek nawozów zasobność gleby będzie zmniejszać się stopniowo. W przypadku gdy obniży się do poziomu średniego należy zintensyfikować nawożenie. Dlatego przed przystąpieniem do planowania nawożenia należy zweryfikować zasobność gleby w składniki mineralne, tj. wprowadzić do programu komputerowego aktualne wyniki badania próbek glebowej.

Nawozy naturalne jako źródło składników pokarmowych roślin

Jednym z trudniejszych elementów doradztwa nawozowego jest określenie ilości i składu nawozów naturalnych. W doradztwie komputerowym zastosowano rozwiązanie modelowe. Schemat modelu przedstawiono na rysunku 1.



Rys. 1. Schemat produkcji nawozów naturalnych i ich przemian

Źródło: Jadczyszyn i in., 2000 (1).

W oborze głębokiej z odchodów zwierzęcych, ściółki i wody powstaje obornik. Jest on usuwany z pomieszczeń inwentarskich bezpośrednio przed zastosowaniem, dlatego straty azotu zachodzą głównie na stanowisku. W systemie utrzymywania zwierząt na płytkej ściółce powstaje nawóz stały (obornik) i płynny (gnojówka). Model uwzględnia określone proporcje rozdziału odchodów i wody pomiędzy nawozem stałym i płynnym, przy uwzględnieniu ilości stosowanej ściółki oraz jej chłonności. W programie komputerowym ilość ściółki obliczana jest na podstawie powierzchni zasiewów zbóż i uzyskanego plonu oraz informacji pochodzącej od rolnika o sposobie zagospodarowania produktów ubocznych (słomy) oraz o ewentualnych zakupach słomy spoza gospodarstwa. Z obory płytkej nawozy są systematycznie usuwane i przechowywane na płycie gnojowej i w zbiorniku na gnojówkę, aż do momentu zastosowania. Straty azotu zachodzą częściowo na stanowisku, lecz głównie w trakcie przechowywania nawozów. W oborze bezściółkowej z odchodów zwierząt i wody powstaje gnojowica. Straty azotu występują częściowo już na stanowisku, a w większości podczas przechowywania w zbiorniku na gnojowicę.

Podstawą obliczania wielkości produkcji nawozów naturalnych w gospodarstwie są standardowe ilości odchodów od poszczególnych gatunków i grup użytkowych zwierząt oraz zawartości azotu, fosforu i potasu w odchodach (tab. 5). Podane w tabeli 5 wartości odnoszą się do całorocznego utrzymywania alkiejrowego zwierząt.

Symulowane przez model zawartości składników mineralnych w nawozach mogą być korygowane przez użytkownika programu na podstawie posiadanych wyników analiz chemicznych nawozów. Składniki zawarte w nawozach naturalnych są trudniej dostępne dla roślin niż z nawozów mineralnych. Dla celów bilansowania ogólna ich zawartość w nawozach naturalnych przeliczana jest przy wykorzystaniu tzw. równo-

Tabela 5

Wartości równoważników nawozowych NPK z nawozów naturalnych

Rodzaj nawozu	W 1 roku po zastosowaniu			W 2 roku po zastosowaniu		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Obornik	0,3	0,4	0,8	0,1	0,3	0,1
Gnojowica	0,5-0,7*	0,7	0,0	0,1	0,1	0,1
Gnojówka	0,5-0,7*	-	0,5	-	-	0,1

* wartości większe przy stosowaniu wiosną, mniejsze jesienią
 Źródło: dane IUNG

ważników nawozowych (tab. 6) na składniki działające, czyli równoważne pod względem działania składnikom pochodzącym z nawozów mineralnych. Wartość równoważnika określa jaką ilość składnika z nawozów mineralnych może zastąpić 1 kg składnika z nawozów naturalnych. W programie uwzględniane jest działanie nawozów naturalnych w okresie 2 lat po zastosowaniu.

W okresie pastwiskowym produkcja nawozów jest o 66% mniejsza, ponieważ część odchodów pozostaje na pastwisku.

Przyorane produkty uboczne jako źródło składników pokarmowych

Pozostawione na polu produkty uboczne przedplonu są dodatkowym źródłem składników pokarmowych dla rośliny następczej. Ilość składników nagromadzonych w produktach ubocznych oblicza się na podstawie uzyskanego plonu i pobrania składników na jednostkę plonu ubocznego według danych z tabeli 7, z uwzględnieniem stosunku plonu ubocznego do plonu głównego. Równoważniki nawozowe składników pokarmowych z produktów ubocznych przedstawiono w tabeli 8. Ujemna wartość równoważników azotu oznacza, że potrzeby nawożenia tym składnikiem na stanowisku po zaoranych produktach ubocznych (słomie) są większe.

Inne źródła azotu dostępnego dla roślin

Innymi źródłami azotu uwzględnianymi w bilansie składnika są przyorane resztki poźniwne roślin motylkowatych uprawianych w przedplonie. Ilość azotu z tego źródła szacuje się na podstawie uzyskanego plonu rośliny motylkowatej. Przyjmuje się, iż ilość azotu w resztkach poźniwnych roślin strączkowych jest równa ok. 20% ilości N nagromadzonego w ich biomasie nadziemnej, a w przypadku motylkowatych drobnonasiennych – ok. 30% N. Ilość azotu zakumulowanego w masie nadziemnej szacuje się na podstawie uzyskanego plonu i pobrania N na jednostkę plonu według danych zawartych w tabeli 1. Równoważnik nawozowy azotu z resztek poźniwnych przyjmuje się na poziomie 0,3 dla roślin motylkowatych drobnonasiennych i 0,2 dla roślin strączkowych (2).

Tabela 6

Ilość składników mineralnych w odchodach zwierząt (od sztuki w roku)

Zwierzęta	Kal			Mocz				
	świeża masa (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)	świeża masa (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
Bydło								
Cielęta (0-3 miesięcy)	220	5,300	1,225	0,760	0,400	5,240	0,008	1,350
Cielęta (3-6 miesięcy)	470	10,610	2,425	1,520	0,844	10,470	0,018	2,700
Jałówki i bukaty (6-12 mies.)	231	10,620	3,900	4,170	1,739	9,370	0,150	9,060
Jałówki i bukaty (12-24 mies.)	439	22,020	8,950	9,100	2,669	18,390	0,325	19,400
Jałówki (ponad 24 miesiące)	734	47,770	17,400	16,260	2,635	27,700	0,425	24,320
Opasy (ponad 24 miesiące)	130	56,160	20,880	12,590	4,677	36,290	0,500	45,680
Krowy	109	46,800	17,400	10,490	3,898	30,240	0,425	38,070
Trzoda								
Maciory luźne i prośne	112	5,670	2,990	1,350	1,850	18,870	1,216	6,835
Maciory z prosiętami	117	14,060	8,230	3,190	4,410	31,820	3,518	16,165
Warchlaki (do 30 kg)	240	1,620	1,300	0,190	0,480	3,820	0,415	0,759
Tuczniaki (30-70 kg)	740	4,590	3,704	0,512	1,230	10,850	1,573	2,152
Tuczniaki (70-110 kg)	112	5,945	3,504	0,546	1,860	14,060	1,459	2,282
Konie								
Żrebaki do 6 miesięcy	880	3,119	1,380	0,729	0,320	6,630	0,760	1,549
Konie lekkie	175	6,246	2,760	1,459	0,640	13,280	1,550	3,099
Konie ciężkie	196	6,993	3,090	1,633	0,720	14,850	1,740	3,473

cd. tab. 6

Zwierzęta	Kał			Mocz				
	świeża masa (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)	świeża masa (kg)	N (kg)	P (kg)	K (kg)
Owce								
Macioriki	480	2,928	1,660	3,338	0,960	5,280	0,850	7,116
Jagnięta (6-12 miesięcy)	240	0,889	0,490	1,012	0,480	1,600	0,270	2,153
Owce (ponad 12 miesięcy)	380	1,748	1,000	2,030	0,760	3,200	0,510	4,316
Drońb								
Kury mioski	60	0,382	0,068	0,165	-	-	-	-
Broilery	30	0,262	0,029	0,082	-	-	-	-
Indyki	80	0,916	0,118	0,353	-	-	-	-
Gęsi	60	0,447	0,084	0,327	-	-	-	-
Kaczki	60	0,408	0,168	0,218	-	-	-	-

Źródło: dane IUNG

Tabela 7

Pobranie składników pokarmowych w kg na 1 tonę produktu ubocznego

Rośliny uprawne	Azot (N)	Fosfor (P)	Potas (K)	Magnez (Mg)
Zboża				
Pszenica ozima	5,2	0,8	10,0	1,0
Pszenica jara	5,5	0,8	10,7	1,0
Jęczmień ozimy	5,0	0,9	11,6	1,2
Jęczmień jary	5,5	1,0	12,0	1,2
Żyto	5,5	0,9	11,8	0,8
Pszenżyto	5,9	1,0	12,1	0,9
Owies	5,9	1,2	15,7	1,75
Kukurydza na ziarno	10,9	2,0	15,7	1,6
Mieszkanki zbożowe na ziarno	6,1	1,3	13,6	1,0
Gryka	10,6	2,9	19,2	2,8
Strączkowe				
Bobik	13,4	1,4	17,2	2,0
Grochy	16,8	1,8	17,6	2,5
Łubiny	12,0	1,6	15,4	1,4
Soja	10,0	1,3	9,5	3,9
Mieszkanki zbożowo-strączkowe na ziarno	11,4	1,5	15,6	1,2
Oleiste i przemysłowe				
Rzepak	6,9	1,5	17,0	1,3
Len oleisty na nasiona	5,3	1,4	12,0	0,8
Gorzycza	7,0	1,7	20,8	0,9
Korzeniowe				
Ziemniak wczesny	2,1	0,2	3,0	0,36
Ziemniak	2,6	0,3	3,4	0,5
Burak cukrowy	3,6	0,4	4,4	0,8
Burak pastewny	3,3	0,4	4,1	0,7
Inne korzeniowe	3,5	0,4	6,1	0,6
Warzywa w polu				
Kalafior	6,5	0,9	5,4	0,5
Ogórek	6,6	0,7	6,0	1,1
Kapusta	5,0	0,6	5,0	0,6
Cebula	3,7	0,7	4,3	0,7
Marchew, pietruszka	3,4	0,6	5,0	0,9
Burak ćwikłowy	4,2	0,3	5,9	0,5

Źródło: dane IUNG.

Tabela 8

Równoważniki nawozowe składników pokarmowych z produktów ubocznych przedplonu

Rodzaj produktu	N	P	K
Słoma zbóż	-1,0	0,4	0,5
Słoma roślin oleistych	-0,7	0,4	0,5
Liście korzeniowych	0,5	0,7	0,9
Resztki poźniwne motylkowatych drobnonasiennych	0,3	-	-
Resztki poźniwne strączkowych	0,2	-	-

Źródło: dane IUNG.

W bilansie azotu uwzględnia się także ilość składnika udostępnionego dla roślin w procesie mineralizacji materii organicznej gleby. Przyjmuje się następujące wartości dla gleb: ciężkich – 25 kg N, średnich – 20 kg N, lekkich – 10 kg N i bardzo lekkich – 5 kg N z 1 ha. Dopływ azotu z opadem atmosferycznym szacuje się na 17 kg N · ha⁻¹ średnio w Polsce.

Dawki nawozów mineralnych oblicza się jako różnicę pomiędzy potrzebami nawożenia i ilością składników działających dostępnych dla roślin na danym polu.

Literatura

1. J a d c z y s z y n T., M a ć k o w i a k C z., K o p i ń s k i J.: Model SFOM narzędziem symulacji ilości i jakości nawozów organicznych wytwarzanych w gospodarstwie. Pam. Puł., 2000, **120/I**: 169-175.
2. J a d c z y s z y n T.: Podstawy naukowe doradztwa nawozowego. Nawozy i Nawożenie, 2000, **4**: 185-200.
3. Zalecenia nawozowe. Cz. I. Liczby graniczne do wyceny zawartości w glebach makro- i mikroelementów. IUNG Puławy, 1990, **P (44)**.

Adres do korespondencji:

dr Tamara Jadczyzyn
IUNG - PIB
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (081) 886-34-21 w. 298
e-mail: tj@iung.pulawy.pl

Anna Podleśna

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

ELEMENTY WSPOMAGANIA DECYZJI W TWORZENIU PLANU NAWOŻENIA ROŚLIN SIARKĄ*

Wstęp

Siarka, obok azotu, fosforu i potasu, jest jednym z głównych składników pokarmowych niezbędnych dla normalnego wzrostu roślin (20). Nieznaczny niedobór siarki często pozostaje niezauważony, ale niska jej zawartość w glebach prowadzi do wielorakich zmian w metabolizmie roślin uprawnych. Objawiają się one często deformacją roślin i w konsekwencji prowadzą do spadku plonów (22). Natomiast zbilansowane nawożenie, uwzględniające siarkę, wpływa na utrzymanie prawidłowego metabolizmu, w tym właściwego stosunku N : S, co warunkuje uzyskanie odpowiednich plonów i korzystnie oddziałuje na ich jakość. Pozytywne oddziaływanie nawożenia siarką na cechy jakościowe stwierdzono w uprawie wielu roślin (21), w tym rzepaku (9), pszenicy (23), ziemniaka (11), roślin strączkowych (16), kukurydzy (1), traw (10). Rośliny optymalnie zaopatrzone w ten składnik odznaczają się również większą odpornością na stresy biotyczne, tj. występowanie chorób i szkodników (13, 24) i abiotyczne – susza, wysoka temperatura lub chłód (26).

Przedstawione w skrócie fakty świadczą o ważnej roli siarki jako składnika pokarmowego roślin uprawnych, który powinien być uwzględniany przy planowaniu ich nawożenia. Przystępując do ustalenia dawki, formy oraz terminu stosowania siarki należy uwzględnić przede wszystkim zróżnicowane zapotrzebowanie roślin uprawnych na siarkę, zawartość form siarki w glebach użytkowanych rolniczo oraz przemiany, którym podlegają, a także rodzaje nawozów mineralnych i naturalnych zawierających ten pierwiastek. Złożoność tych procesów wymaga szerszego omówienia.

Zapotrzebowanie roślin na siarkę

Potrzeby pokarmowe w stosunku do siarki zależą od gatunku rośliny oraz wielkości przewidywanego plonu. Pod względem wymagań w stosunku do siarki rośliny uprawne można podzielić na 3 grupy (25):

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

- Rośliny o bardzo dużym zapotrzebowaniu na siarkę, pobierające 40-80 kg S · ha⁻¹ (rzepak, kapusta, gorczyca, rzodkiew, rzepa, czosnek, cebula).
- Rośliny o dużym zapotrzebowaniu na siarkę, pobierające 30-40 kg S · ha⁻¹. Zalicza się tu rośliny motylkowate, a zwłaszcza lucernę i koniczynę. Stosunkowo wysokie wymagania tych roślin w stosunku do siarki wynikają z symbiozy z bakteriami wiążącymi azot atmosferyczny oraz z produkcji dużych ilości białka. Do tej grupy roślin należy także kukurydza, potrzebująca dużo siarki ze względu na tworzenie znacznej ilości biomasy.
- Rośliny o stosunkowo niewielkim zapotrzebowaniu na siarkę, pobierające 15-25 kg S · ha⁻¹ – trawy łąkowe i pastwiskowe, zboża oraz ziemniak.

Zasobność gleb Polski w siarkę

Pokrywa glebowa Polski jest zróżnicowana pod względem właściwości chemicznych, fizycznych i biologicznych (17). W naszych warunkach glebowo-klimatycznych podstawowym czynnikiem decydującym o zasobności gleb w siarkę jest zawartość w nich materii organicznej. Gleby zasobne w materię organiczną zawierają znacznie więcej tego pierwiastka niż gleby mineralne. Przeważające w Polsce gleby piaskowe, jako utwory gruboziarniste, są z natury uboższe w składniki biologicznie czynne, w tym w siarkę, niż gleby wytworzone z glin, pyłów i ilów.

Oceny stanu zawartości siarki w glebach oraz zaopatrzenia roślin w ten składnik dokonuje się uwzględniając trzy formy występowania tego pierwiastka: siarkę ogólną, siarkę organiczną i siarkę siarczanową (17).

Siarka ogółem (S_{og}) – to całkowita zawartość organicznych i mineralnych związków S występujących w glebie. Całkowitą zawartość siarki w glebach determinują fizyczne i chemiczne właściwości gleby, klimat, roślinność i użytkowanie rolnicze (15). Kombinacja tych czynników wpływa na znaczne zróżnicowanie zawartości siarki całkowitej w glebach. Z badań prowadzonych przez Motowicką-Terelą i Terelą (17) wynika, że większość gleb mineralnych Polski odznacza się niską zawartością siarki ogółem. Jako zawartość średnią przyjmuje się wartość 15-20 mg S/100 g gleby. Najwięcej siarki zawierają rędziny i mady oraz gleby wytworzone z glin ciężkich i średnich. Z reguły poziomy powierzchniowe zawierają więcej siarki niż poziomy głębsze, a ilość tego pierwiastka systematycznie maleje wraz z głębokością profilu glebowego. Wynika to z zawartości glebowej materii organicznej, która jest podstawowym źródłem S oraz imisji związków siarki z zanieczyszczeń atmosferycznych w latach 80. ubiegłego wieku.

Siarka organiczna (S_{org}) jest dominującą formą tego składnika w glebach Polski. Jej udział w S ogółem w poziomach próchnicznych gleb mineralnych wynosi 50-80%, a w glebach organicznych dochodzi do 97% (14). Siarka organiczna w glebie jest składnikiem komórek żywych organizmów, częściowo rozłożonych roślin, zwierząt i pozostałości mikrobiologicznych oraz złożonych struktur cząsteczek związków organicznych, głównie połączeń z węglem o typie wiązań C-S, wchodzących w skład próch-

nicy. Koncentracja siarki organicznej w glebie zmniejsza się wraz z głębokością, ponieważ spada zawartość materii organicznej (15). Materia organiczna w glebie, a wraz z nią związki siarki podlegają ciągłym zmianom w wyniku równocześnie przebiegających procesów immobilizacji i mineralizacji:

Immobilizacja siarki zwykle odnosi się do procesów, w których nieorganiczna forma siarki (siarczanowa) włączana jest w związki organiczne w wyniku reakcji biologicznych. To może oddziaływać na dostępność S dla roślin w krótkim czasie, bowiem składniki zawarte w materii organicznej nie są łatwo pobierane przez rośliny. Okazuje się, że immobilizacja siarczanów w glebie może być znaczna, a potencjał tego procesu wzrasta wraz ze wzrostem zawartości C organicznego i uwilgotnienia gleby.

Mineralizacja jest procesem, w którym substancja organiczna jest rozkładana, co prowadzi do uwalniania się S do formy nieorganicznej. Ilość potencjalnie mineralizowanej siarki organicznej oraz tempo mineralizacji to dwa główne czynniki oddziałujące na dostępność S glebowej dla roślin. Mineralizacja przebiega według kolejności: związki organiczne → produkty rozpadu → siarczany. Aby opisany proces rozkładu związków organicznych mógł zachodzić muszą zaistnieć odpowiednie warunki: udział specyficznych mikroorganizmów, temperatura 10-20°C oraz odpowiednia wilgotność gleby (17, 30). Zdaniem W i e l e b s k i e g o (30) to siarczany powstające w wyniku mineralizacji siarki organicznej stanowią główne źródło siarki dla roślin w okresie wegetacji, a wolne tempo mineralizacji jest często przyczyną niedoboru siarki w okresie wczesnej wiosny. Dochodzi wówczas do sytuacji, w której wegetacja już ruszyła, ale temperatura gleby jest jeszcze za niska, aby nastąpiła mineralizacja materii organicznej uwalniająca ilość siarki zabezpieczającą bardzo szybko rosnące potrzeby roślin na ten pierwiastek.

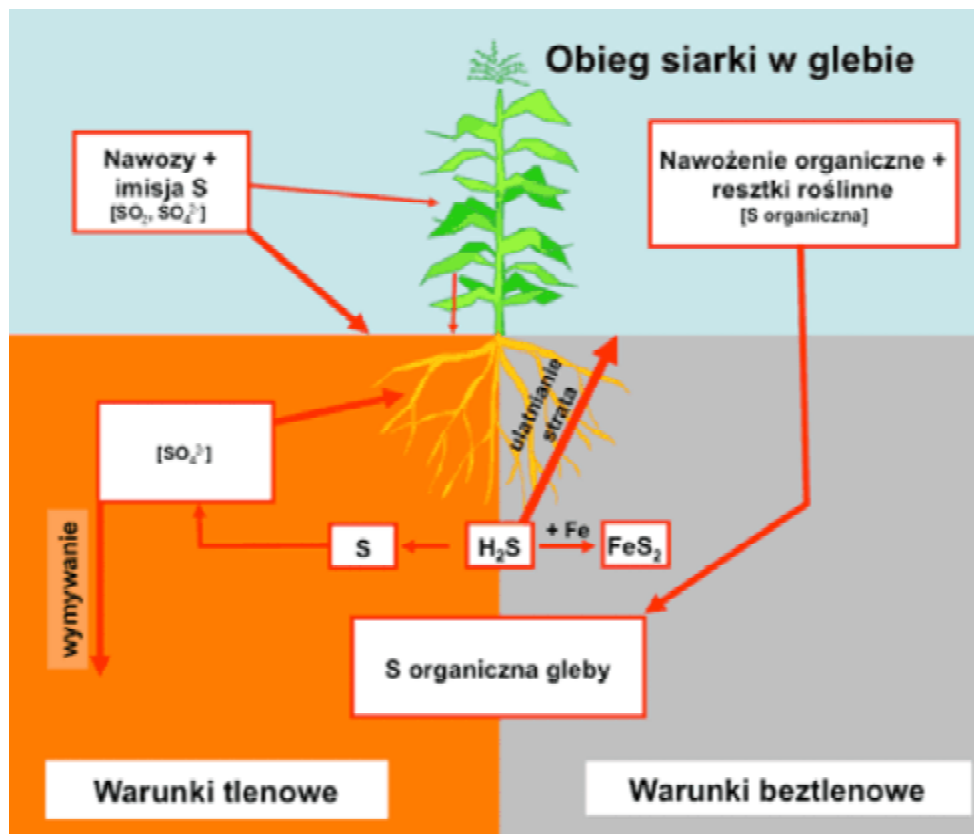
Siarka siarczanowa ($S-SO_4$) jest pierwiastkiem występującym w glebach w formie siarczanów będących produktami tlenowych przemian siarki uwalnianej w procesach wietrzenia skał i mineralizacji substancji organicznej oraz dopływającej do gleb z nawozami, opadami atmosferycznymi i imisją SO_2 (17). Siarczany, ze względu na swoją rozpuszczalność, są bezpośrednim źródłem siarki dla roślin. W warunkach wysokich stężeń stanowią główną przyczynę zakwaszania gleb. Do najuboższych pod względem zawartości siarczanów należą gleby piaszkowe i gliniaste lekkie, natomiast

Tabela 1

Immobilizacja i mineralizacja siarki w glebach w czasie 132-dniowej inkubacji

Czynnik	S organiczna w glebie (mg S · kg ⁻¹)	Immobilizacja	Mineralizacja	Bilans netto
		(mg S · kg ⁻¹ gleby)		
Kontrola	168	4,0 ± 0,09	3,3 ± 0,24	- 0,7
N	198	6,8 ± 0,05	2,9 ± 0,11	- 3,9
NPKSMg	188	5,3 ± 0,36	4,7 ± 0,01	- 0,6
Obornik	517	7,9 ± 0,04	8,5 ± 0,03	+ 0,6
Łąka	484	13,0 ± 0,53	13,9 ± 0,02	+ 0,9

Źródło: Mc Grath S. P. i in., 2003 (15).



Rys. 1. Dynamika siarki w glebie

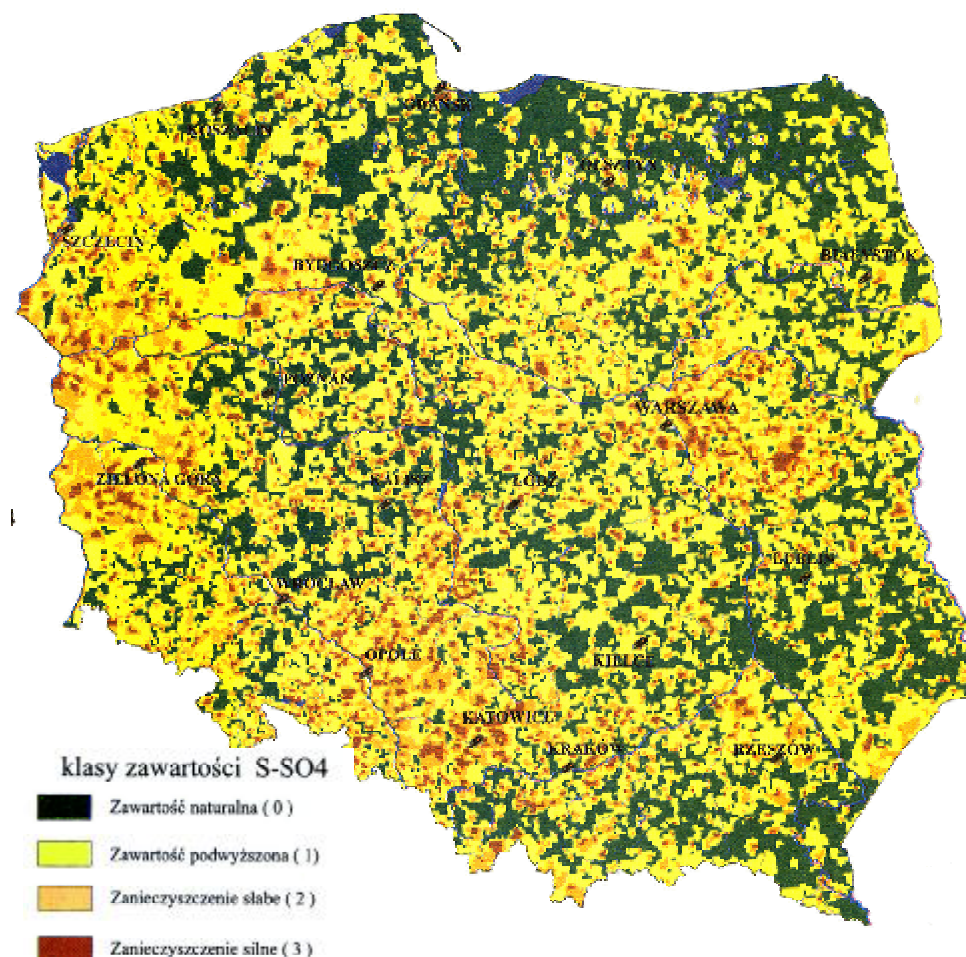
Źródło: [http \(6\)](http://...).

najzasobniejsze są gleby wytworzone z glin ciężkich (17). Do gleb średnio zasobnych w siarkę siarczanową należą utwory lessowe, mady i rędziny. Siarczany mogą się akumulować w podglebiu w wyniku ich wymywania z warstwy ornej i większej możliwości adsorpcji przez podglebie oraz stwierdza się je w wodzie gruntowej, przez co mają znaczny udział w zaopatrzeniu roślin w siarkę dostępną (15). H a n e k l a u s i S c h n u g (5) oszacowali w latach 90. ubiegłego wieku, że wody gruntowe mogą dostarczyć w warunkach północnych Niemiec $20\text{--}50 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$. Igras (7) stwierdza, że w warunkach Polski wody z drenów i rowów melioracyjnych znajdują się w około 80% w I, a w ponad 10% w II klasie czystości wód powierzchniowych, czyli zawierają odpowiednio poniżej 20 i $20\text{--}40 \text{ mg} \cdot \text{dm}^{-3} \text{ S-SO}_4$.

Zawartość siarki w glebach użytkowanych rolniczo

Największe znaczenie w rolnictwie mają siarczany, są one bowiem podstawowym źródłem siarki dla roślin wyższych. Ze względu na to, że większość polskich gleb to

utwory lekkie i średnie (> 60% użytków rolnych), zawierające około 2% próchnicy, a więc nie są one z natury zasobne w siarkę (17). Ponadto w warunkach glebowo-klimatycznych Polski zawartość $S-SO_4$ jest na ogół niska ze względu na łatwość wymywania siarczanów. Mimo długotrwałego wpływu zanieczyszczeń atmosferycznych w Polsce w latach 70-80. ubiegłego wieku około 75% gleb w połowie lat 90. znajdowało się w klasie zawartości naturalnej, czyli wykazywało niską zasobność w siarkę przyswajalną (rys. 2). Na podstawie wieloletnich badań Motowicka-Terelak i Terelak opracowali tabelę zawierającą graniczne zawartości siarki w powierzchniowej warstwie gleb, która służy ocenie zasobności danej gleby zarówno w siarkę siarczanową, jak i ogólną. W latach ubiegłych donoszono o niedoborach siarki w glebach niektórych rejonów kraju (30). W ostatnio prowadzonych badaniach, w punktach kontrolnych, mających na celu ocenę stanu właściwości gleb gruntów



Rys. 2. Stan zanieczyszczenia gleb Polski siarką

Źródło: Motowicka-Terelak i Terelak, 1998 (17).

ornych oraz ich zanieczyszczenia m.in. siarką siarczanową (w stosunku do stanu z roku 1995 – stan wyjściowy) w latach 2000 i 2005 stwierdzono, iż zawartość S-SO₄ jest mało zróżnicowana w latach badań, a zaistniałe zmiany mieszczą się praktycznie w jednej klasie (27). Informacja ta jest ważna, oznacza bowiem, że nadal przeważający odsetek gleb użytkowanych rolniczo w Polsce stanowią gleby o niskiej zawartości siarki siarczanowej.

Czynniki wpływające na ubożenie gleb Polski w siarkę

Chociaż do tej pory nie stwierdzono spadku zasobności gleb Polski w siarkę to można przypuszczać, że udział gleb o niskiej zawartości siarki siarczanowej może stopniowo ulegać zwiększeniu. Zmniejszający się stale, od lat 80. ubiegłego wieku, dopływ gazowych związków siarki jako zanieczyszczeń atmosfery (19) oraz nowe zalecenia UE odnośnie dalszych ich redukcji zawarte m.in. w dyrektywie Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2001/80/WE spowodują znaczne ograniczenie dopływu siarki z tych źródeł. Ponadto niedoborów tego składnika można spodziewać się w glebach piaszczystych o małej zawartości próchnicy, przy częstej uprawie roślin pobierających duże ilości siarki, braku dostatecznego nawożenia naturalnego oraz w warunkach stosowania bezsiarkowych nawozów mineralnych. Aby poznać zasobność gleb uprawnych w podstawowe składniki pokarmowe oraz ich kwasowość i zawartość próchnicy należy raz na kilka lat wykonywać analizy gleb w uprawnionych do tego celu laboratoriach lub Stacjach Chemiczno-Rolniczych.

Nawożenie roślin uprawnych siarką

Nawozy mineralne

Wybór właściwego nawozu siarkowego i dawki zależną od terminu stosowania, jego właściwości oraz od innych składników pokarmowych towarzyszących siarce (2).

Siarczan amonu należy do najstarszych syntetycznych nawozów azotowo-siarkowych. Chociaż jest to typowy nawóz przedsiewny może być także stosowany jako uzupełnienie siarki i azotu w wiosennej dawce pod rzepak ozimy. Jest to nawóz o powolniejszym, długotrwałym i zakwaszającym działaniu. Należy go zatem stosować na gleby o uregulowanym odczynie i pod rośliny w dobrej kondycji po zimie. Zaleca się, aby po wysiewie nawóz był wymieszany z glebą (siew roślin w szerokiej rozstawie rzędów), co zapobiega stratom amoniaku. Skuteczność działania siarczanu amonu potwierdzają badania T o b o ł y i J a k u b u s (28), zwłaszcza w warunkach gleb o bardzo niskiej zawartości siarki.

Siarczan potasu to wysoko skoncentrowany nawóz, zawierający 50% K₂O i 18% S w formie siarczanowej, który spełnia ważną rolę w nawożeniu roślin. Ze względu na dużą zawartość siarki jest szczególnie przydatny dla roślin o wysokim zapotrzebowaniu na siarkę (np. rzepak, gatunki kapustne, cebula, czosnek) oraz dla roślin wrażli-

wych na obecność chlorków, szczególnie w okresie kiełkowania i początkowego wzrostu (6), takich jak: groch, ziemniak, tytoń oraz niektóre owoce i warzywa. Nawożenie ziemniaka skrobiowego siarczanem potasu powoduje, że transport asymilatów z liści do bulw może odbywać się bez zakłóceń i w efekcie można uzyskać dobre plony oraz wysoką zawartość skrobi. Siarczan potasu przeznaczony jest zarówno do nawożenia podstawowego, jak i pogłównego. Jest to nawóz całkowicie rozpuszczalny w wodzie, dzięki czemu potas i siarka są łatwo przyswajane przez rośliny. W celu uniknięcia strat w stanowiskach narażonych na wypłukiwanie powinien być stosowany wczesną wiosną.

Superfosfat pojedynczy jest ważnym nawozem fosforowym, który dodatkowo zawiera 10-14% siarki i 18-21% wapnia, przez co jest doskonałym źródłem tych trzech składników. Superfosfaty w formie pylistej i granulowanej są typowymi nawozami przedsięwnymi, nadającymi się pod wszystkie rośliny. Największą efektywność (głównie w odniesieniu do fosforu) uzyskuje się na glebach o odczynie obojętnym i słabo kwaśnym.

Siarczan magnezu (kizeryt – $\text{MgSO}_4 \cdot \text{H}_2\text{O}$ i inne nawozy na bazie siarczanu magnezu) stosowany jest głównie na gleby niewymagające wapnowania. Nawóz ten zawiera S i Mg w formie całkowicie rozpuszczalnej w wodzie, przez co składniki te są szybko pobierane przez rośliny. Na glebach lekkich siarczan magnezu należy wysiewać na wiosnę, natomiast dla stanowisk ubogich w magnez zalecane jest stosowanie jesienią z jednoczesnym przykryciem glebą. Nawozy tego typu mogą być aplikowane same lub w mieszkankach oraz na sucho, jak i w formie płynnej.

Gips (siarczan wapnia) jest najtańszym nawozem zawierającym siarkę i jednocześnie dobrym jej źródłem dla roślin (28). W gipsie siarka występuje w postaci CaSO_4 , który charakteryzuje się stosunkowo małą rozpuszczalnością w wodzie i przez to uwalnianie z niego siarki dostępnej dla roślin jest powolne. Pomimo że gips jest mniej rozpuszczalny niż siarczan amonu to jednak dostępność siarki dla roślin jest taka sama w obu tych nawozach. Aby zwiększyć wykorzystanie składników gipsu można go stosować po odpowiednim rozdrobnieniu.

Siarka elementarna ma dwie główne cechy, które predestynują ją szczególnie do nawożenia użytków zielonych i roślin uprawy polowej. Po pierwsze jest ona najbardziej skoncentrowaną formą siarki, co obniża koszty jej transportu i aplikacji, a po drugie podkreśla się umiarkowaną jej dostępność, ponieważ jest przekształcana w siarczany w ciągu pewnego czasu. Zatem dostępność siarki z tego źródła jest funkcją procesu przekształcania oraz czynników środowiska. Efektywność siarki elementarnej jako nawozu jest regulowana przez wskaźnik jej utleniania, który jest procesem biologicznym prowadzonym przez bakterie z rodzaju *Thiobacillus* oraz grzyby. W wyniku „żywienia się” drobnoustrojów siarką elementarną następuje utlenianie jej do formy siarczanowej, przez co staje się ona dostępna dla korzeni roślin. Utlenialność siarki elementarnej zależy od temperatury, uwilgotnienia gleby i stopnia jej rozdrobnienia. Stwierdzono, że im mniejsza jest wielkość cząsteczek nawozu tym silniej wzrasta proces utleniania. Głównym czynnikiem chemicznym wpływającym na proces utle-

niania siarki elementarnej jest pH gleby, które warunkuje aktywność bakterii siarkowych (1). Wolą one warunki kwaśne i mogą być nieaktywne lub nawet nieobecne w glebach alkalicznych z niedoborem siarki. Powolny proces udostępniania roślinom siarki z formy elementarnej do przyswajalnej pozwala na stosowanie jej przedsięwzięcie jesienią oraz na glebach lżejszych bez obawy dużych strat poprzez wymywanie. Jest ona wtedy tak dobrze pobierana przez rośliny, jak z gipsu lub siarczanu amonu (8).

Obecnie dostępne są także liczne **nawozy wieloskładnikowe** zawierające pewne ilości siarki dostosowane do nawożenia wybranych roślin uprawnych.

Należy podkreślić, iż zgodnie z Rozporządzeniem 2092/91/EWG z dnia 24.06.1991 r., siarczan potasu, siarczan magnezu (kizeryt), gips i siarka elementarna są dopuszczone do stosowania w rolnictwie ekologicznym.

Ustalanie dawki nawozu siarkowego

Dawkę nawozu można orientacyjnie określić na podstawie wymagań pokarmowych roślin względem siarki z uwzględnieniem strat wymycia. Należy pamiętać, iż wykorzystanie siarki z nawozów mineralnych kształtuje się na poziomie 30-60% i jest mniejsze niż azotu. Zróżnicowanie wielkości wykorzystania siarki zależy w dużym stopniu od wymywania. Nawożenie roślin „na zapas” nawozami siarczanowymi rozpuszczalnymi w wodzie nie jest wskazane, a gipsem ograniczone tylko do gleb ciężkich przy niezbyt dużych opadach atmosferycznych. Do zapobiegawczego nawożenia ozimin lub rzepaku należy stosować nawozy zawierające siarkę w formie słabo rozpuszczalnej w wodzie, jak superfosfaty proste, najlepiej w formie granulowanej, aby przedłużyć ich działanie. Natomiast do nawożenia roślin jarych i do nawożenia głównego przydatne są formy siarczanowe rozpuszczalne w wodzie.

Rośliny można również dokarmiać siarką dolistnie. Do tego celu nadają się szczególnie nawozy magnezowo-siarczanowe, a przede wszystkim sól gorzka (siarczan magnezu), ze względu na łatwą rozpuszczalność w wodzie.

Ustalenie dawki siarki nie jest proste. G r z e b i s z (3) proponuje, aby na gleby z niedoborem siarki jej dawka stanowiła w przypadku zbóż 1/5, rzepaku 2/5, kukurydzy 1/6, a buraka 1/3 wielkości dawki azotu. Natomiast W a ł k o w s k i (29) na podstawie doświadczeń stwierdza, że dawka siarki pod rzepak ozimy powinna stanowić 15-20% całkowitej dawki azotu. Z badań P o d l e ś n e j (20) prowadzonych w warunkach kontrolowanych wynika, że nawet rzepak, znany z dużego zapotrzebowania na siarkę, nie potrzebuje jej szczególnie dużo. Najwyższe plony nasion uzyskiwano, gdy S stanowiła 20-30% zastosowanej dawki azotu, przy czym przedstawione rozbieżności wynikały z różnic międzyodmianowych. Większe zapotrzebowanie na siarkę uzyskane przez autorkę (20), w porównaniu z danymi W a ł k o w s k i e g o (29), wynikają prawdopodobnie z warunków prowadzenia doświadczenia; w wazonach jest niewielka ilość gleby i rośliny nie mają dostępu do zasobnych w siarkę wód glebowych (7), co ma miejsce w warunkach pola uprawnego. Ponadto do doświadczeń wazonowych bierze się glebę ubogą w siarkę siarczanową. Dawka siarki nie powinna być jednak zbyt duża, ponieważ zwiększa to koszty związane z zakupem i wysiewem nawozu, a często obniża plony roślin i pogarsza ich jakość (19). A więc

zarówno niedobór siarki, jak też jej nadmiar są szkodliwe dla roślin uprawnych. Należy podkreślić, iż korzystnego oddziaływania siarki należy się spodziewać w przypadku gleb ubogich w ten składnik i uprawy na nich roślin o dużym na nią zapotrzebowaniu (22). Zatem dla oceny stanu zasobności gleb w pierwiastki nawozowe oraz planów odnośnie uprawy roślin i ich nawożenia wskazane jest wykonywanie analiz gleb przynajmniej raz na kilka lat.

Termin stosowania nawozów siarkowych

Jesienią jest raczej trudno zdiagnozować potrzeby rzepaku lub innych roślin ozimych względem siarki, aczkolwiek jest oczywiste, że pierwiastek ten może być użyteczny do utrzymania naturalnej odporności roślin (18). Na glebach lżejszych w okresie jesienno-zimowym może nastąpić wymycie jonów siarczanowych, przez co płytko korzeniące się rośliny nie będą w stanie z nich skorzystać. Stąd przed siewem roślin zaleca się stosować superfosfat prosty, gips lub siarkę elementarną. Wiadomo jest, że rzepak ma duże zapotrzebowanie na siarkę w ciągu całego okresu wegetacyjnego, chociaż okres krytyczny przypada w okresie wiosennym (BBCH 30-79), tj. od fazy wydłużania pędu poprzez pąkowanie, aż do zawiązywania łuszczyń (21). A zatem jeśli odczyn gleby jest uregulowany można zastosować siarkę wraz z pierwszą wiosenną dawką azotu w formie siarczanu amonu, kizerytu, soli gorzkiej lub siarczanu potasu (4). Jakubowski i Tobiś (8) wykazali, że zastosowanie siarki w terminie wiosennym zwiększało jej zawartość w roślinach w porównaniu do stosowanej w terminie jesiennym. Aby zapobiec spadkowi plonu pszenicy ozimej, wynikającemu z widocznych symptomów deficytu siarki w glebie, należy zastosować nawóz zawierający siarkę – najpóźniej do końca fazy krzewienia. Można to zrobić przez zastosowanie siarki elementarnej w formie oprysku, w dawce $5-10 \text{ kg S} \cdot \text{ha}^{-1}$. Objawy deficytu S obserwowane w późniejszych fazach rozwojowych zbóż ozimych, limitujące wypełnianie ziarna, wymagają także korzystnie działającego zabiegu dokarmiania dolistnego (18). W przypadku zbóż jarych zaleca się aplikację siarki w fazie ich krzewienia. Zastosowana w tej fazie działa skuteczniej plonotwórczo niż zaaplikowana w fazie strzelania w źdźbło.

Nawozy naturalne

Nawozy naturalne, w tym obornik i gnojowica, zawierają wszystkie niezbędne dla roślin składniki pokarmowe, ale w stężeniach znacznie mniejszych niż nawozy mineralne. Przyjmuje się, że obornik zawiera średnio 0,08, a gnojowica 0,05% siarki w formie SO_3 (12). Jednakże skład nawozów naturalnych, jak też zawartość w nich siarczanów może ulegać zmianie w zależności od żywienia zwierząt i sposobu przechowywania nawozów. Z badań wynika, że efektywność działania gnojowicy bydlęcej wynosi od 5 do 55% w porównaniu z gipsem. Natomiast dostępność siarki z gnojowicy jest określana na $0,02-0,03 \text{ kg S} \cdot \text{t}^{-1}$. Chociaż siarka zawarta w oborniku lub gnojowicy występuje w formie różnych związków, to tylko siarka siarczanowa z puli nieorganicznej jest dostępna dla roślin bezpośrednio po zastosowaniu nawozu. Natomiast pozostałe związki siarkowe mogą ulatniać się jako H_2S lub wiązać w metalo-

siarczki, które bez procesu mineralizacji nie są bezpośrednio dostępne dla roślin. W efekcie tylko 5-7% siarki pochodzącej z tych nawozów jest pobierane przez rośliny. Przedstawiona sytuacja wskazuje, że stosowanie samych nawozów naturalnych nie zabezpiecza potrzeb roślin względem siarki. Mała dostępność siarki z tych nawozów w ujęciu krótkoterminowym powoduje, że w niektórych krajach europejskich nie zaleca się zmniejszania dawek nawozów mineralnych w roku stosowania obornika lub gnojowicy.

Uzupełniające nawożenie roślin siarką

W sytuacji braku analiz chemicznych, niekorzystnych warunków pogodowych (nadmiar opadów w okresie jesienno-zimowym, susza) lub wystąpienia symptomów deficytu siarki w czasie wegetacji można pobrać części wskaźnikowe głównych roślin uprawnych do oceny jej zawartości, opierając się na wyznaczonych dla nich zawartościach optymalnych (tab. 2).

Tabela 2

Optymalne zawartości siarki i azotu w organach wskaźnikowych roślin uprawnych

Roślina	Faza pobierania próbki	Optymalna zawartość (%)		
		N	S	N/S
Rzepak ozimy	przed kwitnieniem, młode liście z górnej części łodygi	4,8	0,55-0,65	8,7-7,4
Pszenica ozima	całe rośliny tuż przed kwitnieniem	1,6	0,18-0,30	8,9-5,3
Burak cukrowy	środkowe, w pełni rozwinięte liście; początek lipca	4,7	0,4	11,8
Trawy	pełen odrost w dojrzałości do koszenia lub spasanania	2,4	0,3	8,0

Źródło: Grzebisz W., 1997 (3).

Wartości kształtujące się poniżej przedstawionych w tabeli 2 zawartości optymalnych wskazują na konieczność szybkiej interwencji. Można wówczas wykonać zabieg dolistnego dokarmiania roślin 5% roztworem siarczanu magnezu lub innym dostępnym nawozem płynnym zawierającym siarkę. Badania wazonowe prowadzone z rzepakiem ozimym wykazały wysoką efektywność pobierania siarki z oprysku, a następnie włączanie jej do metabolizmu i dużą skuteczność plonotwórczą (22).

Podsumowanie

Siarka jest zaliczona do składników pokarmowych niezbędnych dla roślin, co oznacza, że w swoich funkcjach fizjologicznych nie może być zastąpiona przez żaden inny pierwiastek. Jej rola w kształtowaniu wielkości i jakości plonu roślin uprawnych została wielokrotnie potwierdzona. W sytuacji znacznej przewagi w Polsce gleb o niskiej

zawartości siarki siarczanowej, jak również stałego zagrożenia jej wymycia z profilu glebowego do wód gruntowych i immobilizacji należy zwracać uwagę na dostępność tego składnika dla roślin uprawnych. Znajomość tych czynników oraz procesów chemicznych zachodzących w glebach i aktualnej zasobności gleb w składniki pokarmowe, jak również obserwacja warunków pogodowych pozwala na optymalne zabezpieczenie roślin w ten pierwiastek. A więc warunkiem uzyskiwania zadowalających efektów plonotwórczych jest świadome działanie rolnika oraz podejmowanie decyzji na podstawie oceny potrzeb żywienia roślin siarką w celu właściwej interwencji nawozowej.

Literatura

1. Bouranis D. L., Buchner P., Chorianopoulou S. N., Hopkins L., Protonotarios V. E., Siyiannis V. F., Hawkesford M. J.: Responses to sulfur limitation in maize. In: Sulfur assimilation and abiotic stress in plants. Khan N. A. et al. (Ed.), Springer, 2008, 1-19.
2. Gorlach E., Mazur T.: Chemia rolna. PWN Warszawa, 2001, 229-230.
3. Grzebisz W.: Czy nawożenie siarką jest już konieczne? Top Agrar Polska, 1997, **1**: 20-23.
4. Grzebisz W.: Potrzeby pokarmowe i zasady nawożenia. W: Technologia produkcji rzepaku. Muśnicki i in. (red.), Wieś Jutra, Warszawa, 2005, 74-83.
5. Haneklaus S., Schnug E.: Diagnosis of crop sulphur status and application of X-Ray fluorescence spectroscopy for the sulphur determination in plant and soil materials. Sulph. Agric, 1994, **18**: 31-40.
6. http://www.kali-gmbh.com/plpl/fertiliser/advisory_service/nutrients/sulphur.html
7. Igras J.: Zawartość składników mineralnych w wodach drenarskich z użytków rolnych w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe, IUNG Puławy, 2004, **13**.
8. Jakubus M., Toboła P.: Zawartość siarki ogólnej i siarczanowej w rzepaku ozimym w zależności od nawożenia. Rośliny Oleiste, 2005, **1**: 149-161.
9. Jankowski K., Budzyński W., Szymanowski A.: Effect of sulfur on the quality of winter rape seeds. J. Element., 2008, **13**(4): 521-534.
10. Jones M. B., Rendig V. V., Torell D. T., Inouye T. S.: Forage quality for sheep and chemical composition associated with sulfur fertilization an a sulfur deficient site. Agron. J., 1982, **74**: 775-780.
11. Klikocka H., Haneklaus S., Bloem E., Schnug E.: Ocena potrzeb nawożenia ziemniaka siarką. Nawozy i Nawożenie, 2003, **4**(17): 143-150.
12. Koter M.: Chemia rolna. PWN Warszawa, 1987.
13. Kruse C., Jost R., Lipschis M., Kopp B., Hartmann M., Hell R.: Sulfur-enhanced defence: effects of sulfur metabolism, nitrogen supply, and pathogen lifestyle. Plant Biol., 2007, **9**: 608-619.
14. Lityński T., Jurkowska H.: Żyzność gleby i odżywianie się roślin. PWN Warszawa, 1982.
15. McGrath S. P., Zhao F., Blake-Kalff M. M. A.: Sulphur in soils: processes, behaviour and measurement. Nawozy i Nawożenie, 2003, **2**(15): 28-54.
16. Mortensen J., Eriksen J.: Effect of sulphur deficiency on amino acid composition. Norweg. J. Agric. Sci., Suppl., 1994, **15**: 135-142.
17. Motowicka-Terelak T., Terelak H.: Siarka w glebach Polski – stan i zagrożenie. Bibl. Monit. Środ., Warszawa, 1998.
18. Pedersen C. A., Knudsen L., Schnug E.: Sulphur fertilization. In: Sulphur in Agroecosystems, E. Schnug (Ed.), Kluwer Academic Publisher, 1998, 115-134.

19. Podleśna A.: Air pollution by sulfur dioxide in Poland – impact on agriculture. *Phyton*, Special issue “Global change”, 2002, **42(3)**: 65-71.
20. Podleśna A.: Reakcja rzepaku ozimego na zróżnicowane nawożenie siarką. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 2002, **481**: 335-339.
21. Podleśna A.: Nawożenie siarką jako czynnik kształtujący metabolizm roślin uprawnych i jakość plodów rolnych. *Pam. Puł.*, 2005, **139**: 161-174.
22. Podleśna A.: Wzrost, rozwój i plonowanie odmian rzepaku ozimego w zależności od nawożenia siarką. *Nawozy i Nawożenie*, 2006, **1(26)**: 157-170.
23. Podleśna A., Cacak-Pietrzak G.: Kształtowanie plonu oraz parametrów przemiałowych i wypiekowych pszenicy jarej poprzez nawożenie azotem i siarką. *Pam. Puł.*, 2006, **142**: 381-392.
24. Podleśna A., Jędryczka M., Lewartowska E.: Występowanie chorób grzybowych na rzepaku ozimym w warunkach zróżnicowanego nawożenia siarką i azotem. *Rośliny Oleiste/ Oilseed Crops*, 2005, **26**: 173-184.
25. Seidler M., Gawliński S., Goźliński H.: Siarka w organizmach roślin wyższych. W: Siarka w biosferze. J. Siuta, M. Rejman-Czajkowska (red.). PWRiL Warszawa, 1980, 168-193.
26. Srivelli S., Khanna-Chopra R.: Role of glutathione in abiotic stress tolerance. In: *Sulfur assimilation and abiotic stress in plants*. N. Khan et al. (Ed.), Springer, 2008, 207-225.
27. Terelak H., Stuczyński T., Motowicka-Terelak T., Maliszewska-Kordybach B., Pietruch Cz.: Ocena zanieczyszczenia gleb siarką metoda IUNG. W: *Monitoring chemizmu gleb ornych Polski w latach 2005–2007*. Bibl. Monit. Środ., Warszawa, 2008, 121-122.
28. Toboła P., Jakubus M.: Ocena wartości nawozowej gipsu oraz siarczanu amonu jako źródeł siarki dla rzepaku. *Nawozy i Nawożenie*, 2003, **4**: 56-63.
29. Wałkowski T., Bartkowiak-Broda I., Krzymąński J.: Rzepak ozimy. IHAR Poznań, 2007/2008.
30. Wielebski F.: Aktualne problemy nawożenia rzepaku w Polsce. W: *Zbilansowane nawożenie rzepaku – aktualne problemy*. W. Grzebisz (red.). AR Poznań, 2000, 261-276.

Adres do korespondencji:

dr Anna Podleśna
IUNG-PIB

Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (081) 886 34 21
e-mail: ap@iung.pulawy.pl

Anna Nieróbca

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

SYSTEMY WSPOMAGANIA DECYZJI W OCHRONIE ROŚLIN JAKO ELEMENT INTEGROWANEJ PRODUKCJI*

Wstęp

W ostatnim latach w całej Europie odchodzi się od intensyfikacji produkcji rolniczej na korzyść produkcji integrowanej (IP). Ideą IP jest dążenie do osiągnięcia równowagi w agroekosystemie poprzez właściwe wykorzystanie postępu technicznego i biologicznego, optymalizację zużycia środków produkcji (nawozów i środków ochrony roślin), łącznie z zabezpieczeniem dobrostanu zwierząt gospodarskich. Zrównoważony rozwój całego gospodarstwa to podstawowa zasada produkcji rolniczej (6, 21, 22).

Wdrożenie zasad integrowanej produkcji z uwzględnieniem integrowanej ochrony roślin w skali kraju obejmuje tylko znikomy odsetek powierzchni przeznaczonych pod uprawę roślin. W okresie 2004–2006 powierzchnia upraw objęta certyfikacją wynosiła zaledwie 26 661 ha, z tego aż 80% to areal zajęty pod uprawę jabłoni. Na pozostałych 20% powierzchni certyfikowanej prowadzona jest produkcja owoców, warzyw i ziemniaka (6). Duży udział jabłek w certyfikowanej produkcji jest efektem wieloletniej współpracy sadowników z pracownikami Instytutu Sadownictwa i Kwiaciarnictwa w Skierniewicach. W efekcie tej współpracy już w roku 1991 został opracowany i wdrożony system integrowanej produkcji owoców, jeszcze zanim Polska stała się członkiem UE (18).

Proces wdrażania integrowanej produkcji dla pozostałych upraw rolniczych jest obecnie w trakcie przygotowań. Szczególnie dużym wyzwaniem dla polskiego rolnictwa jest opracowanie i wdrożenie zasad IP w uprawach zbożowych, których powierzchnia uprawy w kraju wynosi ponad 8 mln ha. W opracowaniach założeń IP dla zbóż istotne jest to, aby korzystać z wyników prowadzonych w kraju badań nad integrowaną produkcją oraz ochroną roślin (21). Na uwagę zasługuje opracowany system wspomagania decyzji w integrowanej ochronie roślin (8, 9, 21–23, 26, 30, 31). Kilkuletnie doświadczenia zdobyte podczas opracowania i testowania takich systemów mogą stanowić podstawę do opracowania krajowych systemów wspomagania decyzji. W systemie wspomagania decyzji zabiegi ochrony roślin są wykonywane,

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

gdy istnieje realne zagrożenie ze strony patogenów, co pozwala ograniczyć liczbę zabiegów i ilość stosowanych środków ochrony roślin (2-4, 7-10, 16, 17, 19, 25, 27, 31-33, 35, 36).

Celem pracy było wskazanie roli systemów wspomagania decyzji w ochronie roślin jako elementu integrowanej produkcji.

Założenia prawne integrowanej produkcji

W Polsce według ustawy o ochronie roślin z 2003 r. nadzór nad integrowaną produkcją prowadzi Państwowa Inspekcja Ochrony Roślin i Nasiennictwa (29). W dniu 14 czerwca 2007 roku decyzją Ministra Rolnictwa i Rozwoju Wsi (cyt. za Gorzałą) integrowana produkcja w rozumieniu art. 5 ust. 1 ustawy o ochronie roślin została uznana za krajowy system jakości żywności.

W Unii Europejskiej w ramach wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania środków ochrony roślin zasady produkcji usankcjonowane zostały Dyrektywą Parlamentu Europejskiego z dnia 13 stycznia 2009 r. (5). Według tych ustaleń wszystkie kraje członkowskie do 2014 roku są zobligowane wprowadzić system integrowanej produkcji do praktyki rolniczej. Ponadto zgodnie z art. 14 tej dyrektywy państwa członkowskie UE powinny podjąć wszelkie działania w celu zachęcania rolników do stosowania systemów ochrony roślin z małym zużyciem preparatów. W szczególności powinny zapewnić usługi doradcze w zakresie integrowanej ochrony roślin oraz umożliwić dostęp użytkownikom do informacji i narzędzi monitorujących występowanie organizmów szkodliwych oraz ułatwić podejmowanie odpowiednich decyzji w zakresie ich zwalczania. Do dnia 30 czerwca 2013 r. państwa członkowskie powinny posiadać opracowane rozwiązania do wdrożenia integrowanej ochrony roślin (5).

W chwili obecnej w naszym kraju zostały opracowane i wdrożone instrukcje integrowanej produkcji dla większości upraw sadowniczych i warzywniczych. Znacznie mniej zaawansowane są prace wdrożeniowe integrowanej produkcji w uprawach rolniczych. Do 2009 roku zatwierdzone zostały przez Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa instrukcje integrowanej produkcji dla: ziemniaka, kukurydzy, rzepaków jarego i ozimego (6, 22). W trakcie opracowań przez pracowników IOR są instrukcje dla zbóż (tab. 1); (21).

Ochrona roślin w integrowanej produkcji upraw rolniczych

Ochrona roślin zawsze zajmowała ważne miejsce w technologii produkcji roślin uprawnych i aktualnie jest ona również strategicznym elementem IP. Każdego roku powszechne stosowanie środków ochrony roślin przyczynia się do wprowadzenia tysięcy ton substancji chemicznych do środowiska (21). Pomimo dużego postępu w technice stosowania zabiegów ochroniarskich i wycofania z produkcji środków ochrony roślin z najbardziej niebezpiecznymi substancjami aktywnymi nadal niewłaściwe zastosowanie środka ochrony roślin stwarza zagrożenie zarówno dla osób wy-

konujących zabiegów, jak i dla środowiska. Obecnie w praktyce rolniczej zastosowanie środków ochrony roślin następuje w sytuacji realnego zagrożenia dla uprawy, a koszty poniesione na ochronę powinny być uzasadnione ekonomicznie. Dyrektywa UE (w

Tabela 1

Ogólne zasady integrowanej ochrony roślin

Nr	Założenia integrowanej ochrony roślin	Realizacja założeń
1.	Zapobieganie występowaniu organizmów szkodliwych lub minimalizowanie ich negatywnego wpływu na rośliny uprawne	Optymalizacja uprawy: - dobór właściwego płodozmianu; - stosowanie właściwych technik uprawy (np. zwalczanie chwastów przed siewem lub sadzeniem roślin, optymalizacja terminu i normy wysiewu, stosowanie wsiewek, uprawa bezorkowa i siew bezpośredni); - stosowanie do uprawy kwalifikowanego materiału siewnego i sadzeniowego; - wybór odmian odpornych i tolerancyjnych; - stosowanie zrównoważonego nawożenia, wapnowania i nawadniania/odwadniania; - stosowanie środków higieny (np. regularne czyszczenie maszyn i sprzętu), aby zapobiec rozprzestrzenianiu się organizmów szkodliwych; - stwarzanie warunków dla występowania ważnych organizmów pożytecznych i ich ochrona (np. poprzez stosowanie metod ochrony roślin selektywnych lub wykorzystywanie ekologicznych metod w miejscu produkcji i poza nim).
2.	Monitoring organizmów szkodliwych za pomocą odpowiednich metod i narzędzi	Wykorzystanie dostępnych systemów wspomagających decyzje w ochronie roślin opracowanych na podstawie badań naukowych do: monitoringu pól, ostrzegania i prognozowania zagrożenia i wczesnego diagnozowania zagrożenia, a także korzystanie z doradztwa osób o odpowiednich kwalifikacjach zawodowych.
3.	Podjęcie decyzji o metodzie ochrony roślin i potrzebie stosowania zabiegu na podstawie wyników monitoringu pól	Podstawą decyzyjną są pewne i oparte na solidnych podstawach naukowych progi szkodliwości występowania organizmów szkodliwych, jeśli jest taka możliwość przed zabiegiem ochrony roślin należy uwzględnić wartości progów szkodliwości dla danego regionu, konkretnego obszaru, uprawy i lokalnych warunków pogodowych.
4.	Wykorzystywanie do ochrony roślin w pierwszej kolejności metod przyjaznych dla środowiska	Należy do ochrony roślin wykorzystywać zrównoważone metody biologiczne, fizyczne i inne metody niechemiczne; jeżeli te metody nie zapewnią właściwej ochrony wówczas należy zastosować metody chemiczne.
5.	Stosowanie środków ochrony roślin najmniej szkodliwych dla środowiska	Stosowane środki ochrony roślin muszą być jak najbardziej ukierunkowane na osiągnięcie danego celu (zwalczanie patogena), a jednocześnie powodujące najmniejsze skutki uboczne dla zdrowia ludzi i organizmów niebędących celem zwalczania i dla środowiska (np. stosowanie środków ochrony roślin selektywnie zwalczających danego patogena).
6.	Ograniczenie stosowania środków ochrony roślin do niezbędnego poziomu	Ograniczenie stosowania środków ochrony roślin należy osiągnąć poprzez: zredukowanie dawek, ograniczenie liczby wykonywanych zabiegów, stosowanie dzielonych dawek, a wielkość dawki powinna uwzględniać poziom zagrożenia roślin i ocenę czy interwencje te nie zwiększają ryzyka rozwoju odporności organizmów szkodliwych.

cd. tab. 1

Nr	Założenia integrowanej ochrony roślin	Realizacja założeń
7.	Stosowanie środków ochrony roślin w sposób ograniczający rozwój odporności patogenów roślin w celu zachowania skuteczności tych produktów	Jeżeli wiadomo, że istnieje ryzyko powstania odporności na dany preparat, a nasilenie występowania organizmów szkodliwych wymaga wielokrotnego stosowania środków ochrony roślin w danych uprawach, należy zastosować dostępne strategie przeciwdziałające rozwojowi odporności (np. może to obejmować stosowanie wielu preparatów o różnych mechanizmach działania).
8.	Weryfikacja efektów zastosowanych metod ochrony roślin w praktyce	Należy prowadzić zapisy o przeprowadzonych zabiegach, zastosowanych środkach ochrony roślin oraz organizmach szkodliwych występujących na monitorowanym polu.

Źródło: opracowanie własne na podstawie dyrektywy UE (5).

załączniku III) przedstawia w 8 punktach ogólne zasady integrowanej ochrony roślin (tab. 1); (5):

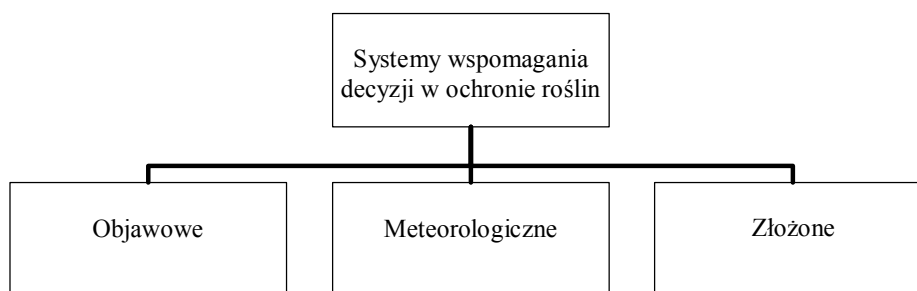
Istotą zaproponowanej integrowanej ochrony roślin jest ograniczenie stosowania środków ochrony roślin do niezbędnego minimum. Według tych założeń do ograniczania rozwoju populacji chorób, szkodników i chwastów w pierwszej kolejności należy wykorzystać metody bezpieczne dla środowiska (5). Dotychczas według zasad dobrej praktyki ochrony roślin decyzja o potrzebie wykonania zabiegu podejmowana jest na podstawie opracowanych progów ekonomicznej szkodliwości, lecz dawka powinna być zgodna z etykietą (22). Natomiast według dyrektywy EU (załącznik III, punkt 6) należy stosować zredukowane dawki, ograniczyć liczbę wykonywanych zabiegów lub stosować dzielone dawki środków ochrony roślin (5). W obecnej sytuacji prawnej istnieje potrzeba opracowania nowoczesnych programów ochrony roślin według nowych założeń integrowanej ochrony roślin, ze szczególnym uwzględnieniem bezpieczeństwa stosowania środków chemicznych dla zdrowia ludzi i wpływu na środowisko oraz aspektu ekonomicznego użycia tych środków (1, 24).

Systemy doradcze w ochronie roślin

Już w latach dziewięćdziesiątych w krajach takich, jak Niemcy, Anglia i Francja prowadzono prace nad systemami wspomaganie decyzji do oceny celowości i intensywności chemicznych zabiegów ochrony roślin. Dużo badań w tym zakresie prowadzono w Holandii i Danii – w krajach realizujących programy obniżenia zużycia środków ochrony roślin (17). Wieloletnie doświadczenia w użytkowaniu systemów wspomaganie decyzji umożliwiły zorganizowanie krajowych centrów systemów wspomaganie decyzji w ochronie roślin (9, 10, 32).

Termin system wspomaganie decyzji (Decision support system - DSS) jest pojęciem szerokim, obejmuje zarówno proste zasady (prawa) wykorzystywane w podejmowaniu decyzji, takie jak np. progi szkodliwości lub systemy eksperckie, a także

interaktywne programy komputerowe korzystające z baz danych i algorytmów decyzyjnych, które umożliwiają precyzyjnie wyznaczyć termin zabiegu oraz dawkę preparatu na podstawie analizy wielu, często wzajemnie zależnych od siebie, czynników. W ochronie roślin, ze względu na sposób określania potrzeb zastosowania środków ochrony roślin, wyróżnia się trzy kategorie systemów – objawowe, meteorologiczne i złożone (rys. 1); (13).



Rys. 1. Schemat systemów wspomagania decyzji w ochronie roślin w zależności od sposobu określania potrzeb ochrony

Zródło: Wójtowicz A., 1999 (13).

Elementem operacyjnym każdego zaawansowanego DSS są modele prognozujące: ryzyko wystąpienia agrofagów, potrzebę stosowania zabiegów ochronnych, optymalny termin aplikacji środka ochrony roślin, wybór preparatu i podział jego dawki (7, 9, 19, 20, 36). Informacje dostępne w systemach wspomagania decyzji oprócz modeli prognostycznych często zawierają dodatkowe informacje przydatne użytkownikom do podejmowania decyzji, takie jak: wyniki lustracji polowych, komentarze pracowników służby ochrony roślin, kompleksowe informacje o patogenach oraz łącza do stron z informacją pogodową (32).

W Polsce w Instytucie Ochrony Roślin prowadzona jest sygnalizacja agrofagów, a informacje z monitorowanych pól uprawnych umieszczone są na stronach internetowych. Dodatkowo system zawiera opisy morfologii, biologii i zwalczania agrofagów, które stanowią pomoc w samodzielnym prowadzeniu monitoringu agrofagów (rys. 2); (<http://stanfit.ior.agro.pl/szukaj/>). Od niedawna uruchomiony jest przez Państwową Inspekcję Ochrony Roślin i Nasiennictwa system sygnalizacji o konieczności stosowania zabiegów ochrony roślin i terminach ich przeprowadzania. Sygnalizacja opiera się na krótkoterminowych prognozach rozwoju chorób i szkodników www.piorin.gov.pl (1).

Wieloletnie badania wskazują, że o efektywności ochrony roślin decyduje w dużym stopniu trafne określenie terminu zabiegu, co często ma większy wpływ na skuteczność zwalczania agrofagów niż wielkość zastosowanej dawki preparatu (7-9, 31).



Rys. 2. Strona internetowa sygnalizacji agrofagów IOR (<http://stanfit.ior.agro.pl/>)
Źródło: opracowanie własne.

Progi szkodliwości agrofagów jako wskaźnik decyzyjny

W praktyce rolniczej progi szkodliwości stanowią najprostszy wskaźnik wykorzystywany w podejmowaniu decyzji o potrzebie wykonania zabiegu ochrony roślin. W ochronie zbóż przed chorobami progi ekonomicznej szkodliwości są zróżnicowane dla faz rozwojowych (34). W zależności od patogena progi szkodliwości wyrażane są w procentach roślin lub liści z pierwszymi objawami sprawców chorób lub procentem porażonej powierzchni liści (tab. 2). Ustalone progi są wartościami orientacyjnymi, nie zawsze odzwierciedlają właściwy poziom zagrożenia i spodziewanych strat plonu przy różnym poziomie produkcyjnym, warunkach glebowych, przebiegu pogody, zagęszczeniu łanu, poziomie nawożenia (2, 3, 15).

W podjęciu decyzji o potrzebie wykonania zabiegu użytkownik powinien uwzględnić również spodziewany plon oraz przebieg i prognozy warunków meteorologicznych. Ocena warunków sprzyjających rozwojowi chorób (tab. 3) pozwala z dużym prawdopodobieństwem przewidzieć wielkość zagrożenia oraz spodziewane straty w plonie spowodowane przez patogena. W przypadku przewidywanych wysokich plonów częściej wymagana jest bardziej intensywna ochrona roślin, szczególnie gdy producentowi zależy na dobrej jakości plonu (11-14).

Wyznaczone wartości progów szkodliwości należy traktować jako wskaźniki orientacyjne (15). W podejmowaniu decyzji należy uwzględnić konkretne warunki przy-

Tabela 2

Orientacyjne progi ekonomicznej szkodliwości chorób pszenicy

Choroby	Termin obserwacji	Progi szkodliwości
Łamliwość źdźbła zbóż (<i>Oculimacula yallundae</i> , <i>O. acutiformis</i>)	od początku strzelania w źdźbło do fazy pierwszego kolanka	20-30% źdźbeł z objawami porażenia
Mączniak prawdziwy (<i>Blumeria graminis</i>)	w fazie krzewienia	50-70% roślin z pierwszymi objawami porażenia (pojedyncze, białe skupienia struktury grzyba)
	w fazie strzelania w źdźbło	10% roślin z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie kłoszenia	pierwsze objawy porażenia na liściu podflagowym, flagowym lub na kłosie
Rdza brunatna (<i>Puccinia recondita</i>)	w fazie krzewienia	10-15% liści z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie strzelania w źdźbło	10% źdźbeł z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie kłoszenia	pierwsze objawy porażenia na liściu podflagowym, flagowym
Rdza żółta zbóż i traw (<i>Puccinia striiformis</i>)	w fazie krzewienia	30% roślin z pierwszymi objawami
	w fazie strzelania w źdźbło	10% porażonej powierzchni liścia
	w fazie kłoszenia	pierwsze objawy porażenia na liściu podflagowym lub flagowym
Septorioza paskowana liści pszenicy (<i>Septoria tritici</i>)	w fazie krzewienia	30-50% liści z pierwszymi objawami porażenia lub 1% liści z owocnikami
	w fazie strzelania w źdźbło	10-20% porażonej powierzchni liścia podflagowego lub 1% liści z owocnikami
	w fazie kłoszenia	5-10% porażonej powierzchni liścia podflagowego lub 1% liści z owocnikami
Septorioza plew pszenicy (<i>Phaeosphaeria nodorum</i>)	w fazie krzewienia	20% roślin z pierwszymi objawami porażenia
	w fazie strzelania w źdźbło	20% porażonej powierzchni liścia podflagowego lub 1% liści z owocnikami

Źródło: Korbas M. i in., 2008 (15).

rodniczo-ekonomiczne danego pola i gospodarstwa. W praktyce uwzględnienie wielu elementów w ocenie zagrożenia upraw przez agrofagi wymaga dużej wiedzy i doświadczenia od producenta/rolnika. Opracowanie w formie komputerowych programów (systemów wspomagania decyzji) precyzyjnych założeń stosowania środków ochrony roślin, uwzględniających kompleksowo czynniki oddziałujące na stopień zagrożenia ze strony patogenów, może ułatwić stosownie integrowanej ochrony roślin w praktyce (4, 31, 36).

Tabela 3

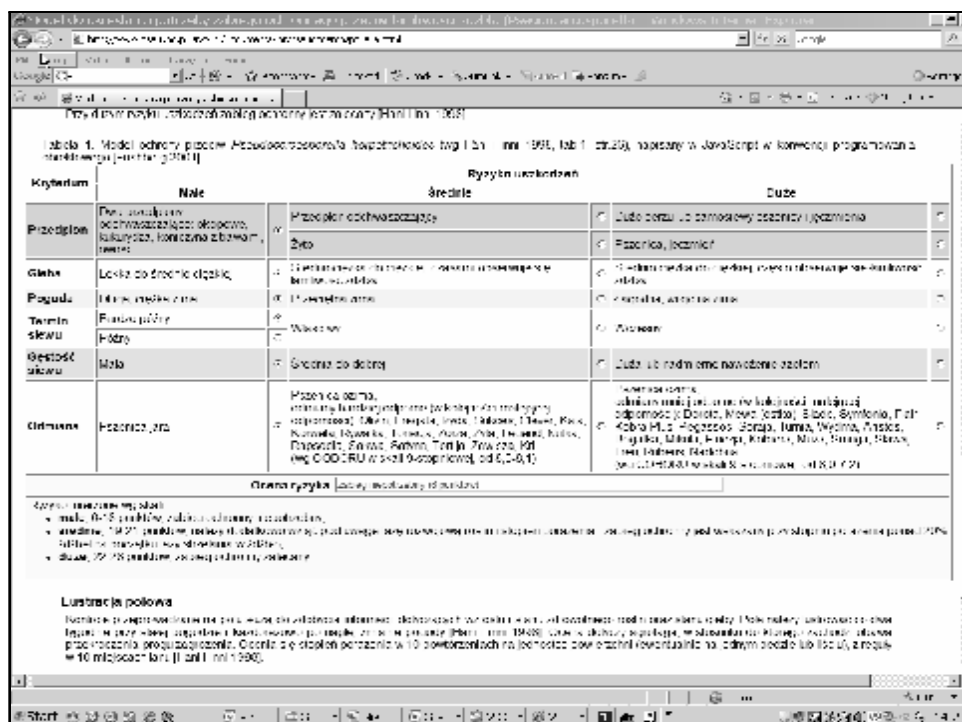
Orientacyjne warunki sprzyjające rozwojowi wybranych chorób pszenicy

Choroba	Temperatura (°C)		Deszcz (wilgoć)	Nasłonecznienie
	dzień	noc		
Łamliwość źdźbła zbóż (<i>Oculimacula yallundae</i> , <i>O. aciformis</i>)	4-12	0-4	konieczny (duża wilgotność)	-
Fuzaryjna zgorzeł podstawy źdźbła i korzeni (<i>Fusarium</i> spp.)	0-20	0	niekonieczny	powyżej 5 godzin
Mączniak prawdziwy zbóż i traw (<i>Blumeria graminis</i>)	12-20	5-12	niekonieczny (zarodnikuje w warunkach suchych i ciepłych, infekcja – duża wilgotność łanu)	mniej niż 5 godzin słońca
Rdza brunatna pszenicy (<i>Puccinia recondita</i>)	12-24	0-12	niekonieczny (rosa, duża wilgotność ok. 100%)	powyżej 5 godzin
Septorioza paskowana liści pszenicy (<i>Septoria tritici</i>)	10-16	0-10	konieczny (duża wilgotność 24–48 godz., wilgotne liście)	-
Septorioza plew pszenicy (<i>Phaeosphaeria nodorum</i>)	14-24	0-14	konieczny (rosa, duża wilgotność, wilgotne liście)	światło rozproszone
Fuzarioza kłosów (<i>Fusarium</i> spp.)	12-24	5-12	niekonieczny (długa, duża wilgotność)	-

Źródło: Korbas M. i in., 2008 (15).

System ekspercki

Decyzja o zagrożeniu wystąpienia chorób może być podejmowana również na bazie wiedzy eksperckiej, opracowanej w formie aplikacji komputerowej. Przykładem takiego rozwiązania jest prosty internetowy system do określania potrzeby zabiegu ochronnego przeciwko łamliwości podstawy źdźbła dostępnego na stronach www.dss.iung.pulawy.pl (rys. 3). System ten ocenia ryzyko (prawdopodobieństwo) uszkodzeń pszenicy przez grzyba *Pseudocercospora herpotrichoides* (syn. *Oculimacula yallundae*, *O. aciformis*). Zagrożenie szacowane jest na podstawie analizy oceny wpływu czynników na rozwój grzyba, np: przedplonu, gleby, przebiegu warunków pogodowych, terminu siewu, gęstości siewu i odmiany. Każdy czynnik ryzyka wyrażony jest w kilkustopniowej skali opisowej, np. skala pogody dotycząca zimy ma trzy wartości: zima ciężka, zima przeciętna i zima łagodna. Wartościom każdego czynnika przypisana jest określona liczba punktów wyrażających wielkość jego wpływu na uszkodzenie roślin. Ryzyko uszkodzeń wyrażane jest jako wypadkowa wpływu wszystkich czynników. Zagrożenie wzrasta wraz ze zwiększaniem się sumy punktów wszystkich kryteriów. Ryzyko uszkodzeń roślin uprawnych mierzone jest według skali opisowej mającej trzy wartości: małe (do 18 punktów), średnie (19-21 punktów) i duże (powyżej 21 punktów). Zalecenie dotyczące zabiegu ochronnego zależy od obliczonej wielkości ryzyka uszkodzeń danej uprawy. Przy małym ryzyku uszkodzeń zabieg ochronny jest zbędny. W przypadku średniego ryzyka należy dodatkowo uwzględnić fazę rozwojową roślin i stopień ich porażenia. Wykonanie zabiegu jest wskazane wtedy,



Rys. 3. System ekspercki oceny ryzyka wystąpienia łamliwości podstawy żdźbła
(www.dss.iung.pulawy.pl)

Źródło: opracowanie własne (35).

gdy porażonych jest ponad 20% żdźbeł na początku fazy strzelania w żdźbło. Ocena porażenia wymaga w tym przypadku kontroli przeprowadzonej na polu. Zabieg ochronny zalecany jest przy dużym ryzyku uszkodzeń (35).

Systemy meteorologiczne

W ochronie roślin coraz częściej wykorzystywane są systemy meteorologiczne. Systemy te bazują na modelach matematycznych opisujących rozwój chorób i szkodników w zależności od zaistniałych warunków meteorologicznych. Systemy te ze względu na łatwość w obsłudze i precyzję oceny zyskują coraz większe uznanie rolników. Niestety ich wykorzystanie jest uzależnione od dostępności danych meteorologicznych. Natomiast ich przydatność jest szczególnie duża do monitorowania zagrożenia agrofagami, których rozwój ściśle zależy od przebiegu warunków meteorologicznych, na przykład sprawców chorób, takich jak zaraza ziemniaka i mączniak rzekomy chmielu (16, 19, 27). W Polsce od kilku lat systemy meteorologiczne z powodzeniem są stosowane w ochronie sadów jabłoniowych przed parchem jabłoni (*Venturia inaequalis*). Na podstawie analizy przebiegu warunków meteorologicznych (temperatury i wilgotności powietrza, opadu oraz czasu zwilżenia liści) wyznaczane jest

prawdopodobieństwo zaistnienia infekcji, a tym samym określa się datę wykonania oprysku w optymalnym terminie (4). Sygnalizator parcha jabłoni jest przykładem najprostszego meteorologicznego systemu DSS wykorzystywanego w ochronie roślin.

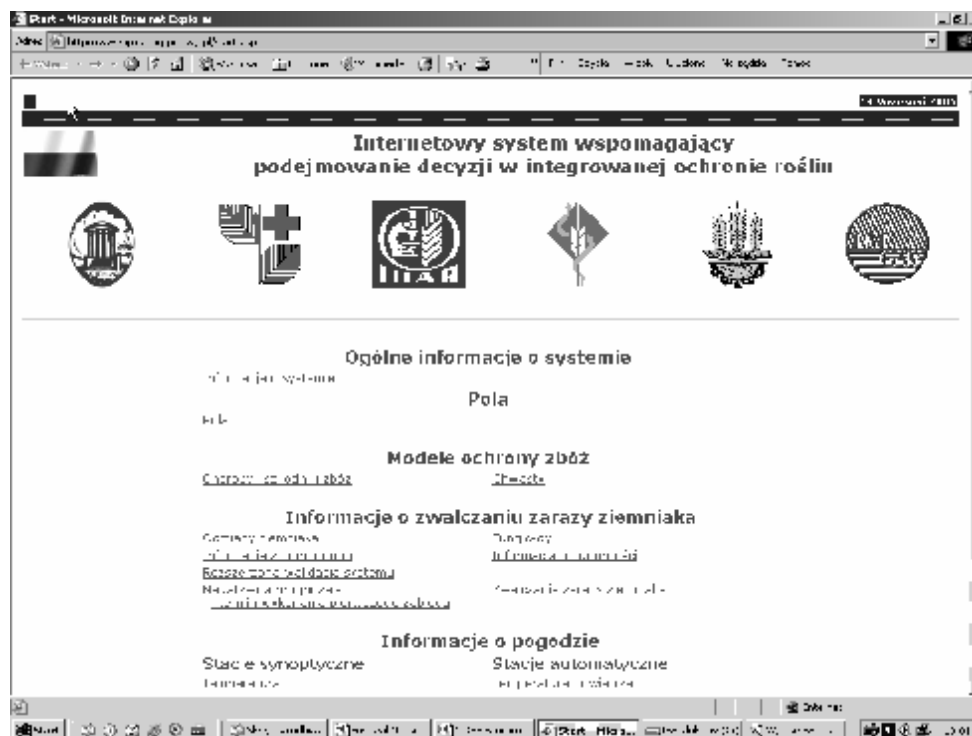
Ocena warunków meteorologicznych wykorzystywana jest również w uprawach roślin zbożowych. W Instytucie Ochrony Roślin prowadzone są badania nad możliwością wyznaczania terminu zabiegu na podstawie wartości zsumowanych temperatur dobowych. Wstępne wyniki badań T r a t w a l (28) wskazują, że termin zwalczania grzyba *Blumeri graminis* f. sp. *tritici* w jęczmieniu ozimym można wyznaczyć na podstawie wartości skumulowanych temperatur, licząc od 1 stycznia. Wyniki takich badań mogą posłużyć do tworzenia złożonych systemów wspomagania decyzji, które w swych założeniach uwzględniają ocenę zagrożenia kilkoma patogenami.

Systemy złożone

W ochronie roślin zbożowych przed chorobami największe praktyczne znaczenie mają systemy złożone, które w ocenie zagrożenia uwzględniają występowanie kilku patogenów. Takie systemy najczęściej są połączeniem systemów (modeli) opracowanych na podstawie progów szkodliwości i systemów meteorologicznych. Algorytmy decyzyjne tych systemów najczęściej oceniają zagrożenia występującymi chorobami oraz zależności wzajemnego oddziaływanie chorób w łanie. W niektórych systemach uwzględniany jest wpływ innych elementów środowiska związanych z rozwojem chorób i szkodników, jak również czynnik ekonomiczny, czyli opłacalność stosowania środków ochrony roślin (7, 9, 10).

W Polsce w 2002 roku opracowany został prototyp internetowego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin (<http://www.ipm.iung.pulawy.pl/>); (rys. 4). W opracowaniu tego systemu wykorzystano doświadczenia i rozwiązania zastosowane w duńskim systemie wspomagania decyzji (8, 9). System ten był testowany w warunkach polskich w ochronie zbóż i ziemniaka. Prowadzone doświadczenia polowe potwierdziły przydatność systemu, szczególnie do ochrony ziemniaka oraz pszenic ozimej i jarej. W przypadku jęczmienia jarego zastosowana strategia ochrony według tego systemu nie wykazała uzasadnienia ekonomicznego (7, 8, 9, 26, 31). W ochronie pszenic ozimej i jarej system umożliwia zwalczanie najważniejszych chorób: mączniaka prawdziwego traw i zbóż, rdzy żółtej, rdzy brunatnej, łamliwości podstawy źdźbła i septoriozy.

Głównym założeniem tego systemu jest precyzyjne wykorzystywanie wartości progowych do podejmowania decyzji o konieczności wykonania zabiegu ochrony roślin. Prototyp systemu posiada interaktywny dostęp do informacji zawartych w bazach danych (odmian roślin i środków ochrony roślin) i do modeli chorób. Kolejność wykonywanych analiz w systemie przedstawiono na rysunku 5. Podstawą decyzyjną systemu są opracowane progi szkodliwości, które są ustalane i weryfikowane w doświadczeniach polowych w różnych warunkach środowiskowych. Przy wyznaczaniu progów szkodliwości założono, że wartość spodziewanych strat plonu przekroczy koszt zabiegu. Progi szkodliwości określone są odsetkiem roślin z symptomami choroby.



Rys. 4. Główna strona Internetowego Systemu Wspomagania Decyzji

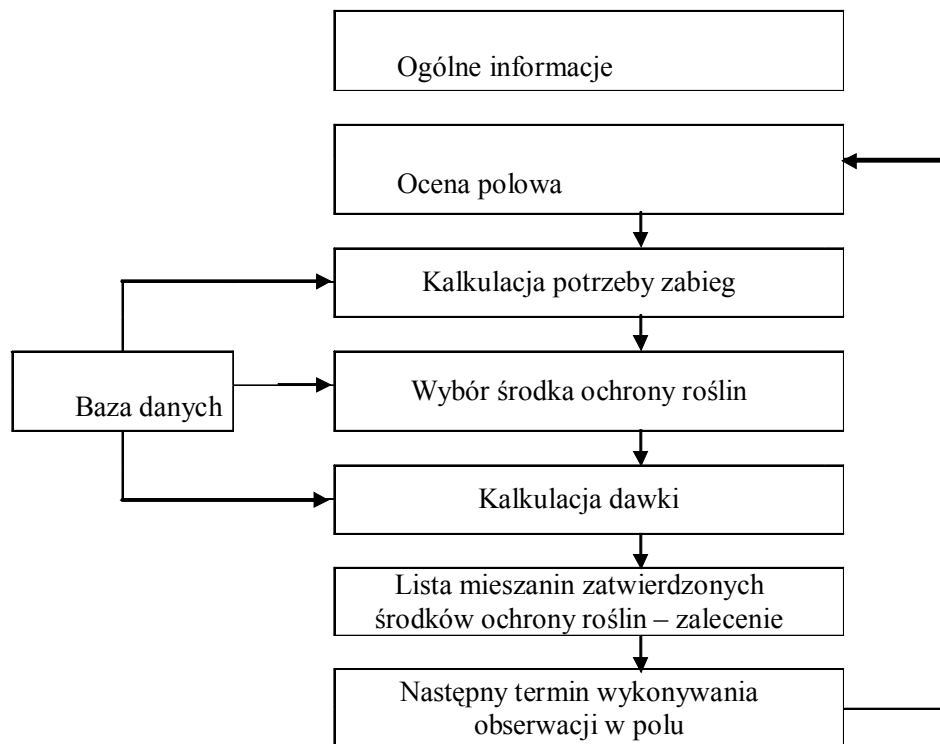
Zródło: <http://www.ipm.iung.pulawy.pl/>; opracowanie własne.

Zarówno progi szkodliwości, jak i zalecana dawka środka ustalane są dla konkretnej odmiany i fazy rozwojowej roślin. Wymaga to od producentów dużej wiedzy z zakresu fitopatologii i entomologii, aby poprawnie określić występowanie i nasilenie agrofaga. Precyzyjna ochrona wymaga na bieżąco analizowania czynników środowiskowych wpływających na występowanie, rozwój i szkodliwość chorób lub szkodników (1, 8).

Podsumowanie

W ramach Wspólnej Polityki Rolnej UE do dnia 30 czerwca 2013 r. państwa członkowskie zobligowane są opracować i wdrożyć system integrowanej ochrony roślin dla wszystkich roślin uprawnych (5). Do tego czasu każde państwo powinno zapewnić rolnikom dostęp do informacji i narzędzi do monitorowania organizmów szkodliwych i podejmowania odpowiednich decyzji w zakresie stosowania środków ochrony roślin, jak również usług doradczych odnośnie integrowanej ochrony roślin.

Opracowanie zasad integrowanej produkcji wymaga wykorzystania dostępnej wiedzy zdobytej w badaniach prowadzonych na przestrzeni kilkudziesięciu lat nad integrowaną produkcją i ochroną roślin. Realizacja tych zadań wymaga współpracy i transferu wiedzy od naukowców przez doradców do rolników. Opracowanie wiary-



Rys. 5. Kolejność wykonywanych operacji w systemie wspomaganie decyzji

Źródło: Horoszkiewicz-Janka J. i in., 2005 (8).

godnych metod szacowania zagrożenia roślin oraz szybkiego udostępniania informacji użytkownikom w formie systemów wspomaganie decyzji w ochronie roślin stanowi warunek wprowadzenia zasady integrowanej produkcji. Opracowany prototyp „Internetowego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin” może stanowić podstawę do opracowania krajowego systemu wspomaganie decyzji z uwzględnieniem wymagań UE.

Literatura

1. Dąbrowski Z. T.: Metody prognozowania, sygnalizacji i monitoringu pojawiania się szkodników oraz prognozy ich zagrożenia i ekonomicznej szkodliwości. W: Integrowana produkcja roślinna. Zagadnienia wybrane. Red. J. Podleśny. IUNG-PIB Puławy, 2007, ss. 212.
2. Dąbrowski Z. T.: Znaczenie partnerskich powiązań przy opracowywaniu i wdrażaniu integrowanych programów ochrony roślin. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 1999, **39(1)**: 190-202.
3. Dąbrowski Z. T., Kropczyńska-Linkiewicz D.: Systemy wspomaganie decyzji w ochronie roślin. Metodyka podejmowania decyzji w różnych systemach ochrony roślin. Pam. Puł., 2001, **124**: 25-35.

4. Doruchowski G.: Elementy rolnictwa precyzyjnego w ochronie roślin. Inż. Rol., 2005, **6**: 131-138.
5. Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady ustanawiającej ramy wspólnotowego działania na rzecz zrównoważonego stosowania pestycydów <http://www.europarl.europa.eu/sides/getDoc.do?pubRef=-//EP//TEXT+TA+20090113+ITEMS+DOC+XML+V0//PL&language=PL#sdocal10>
6. Gorzala G.: Proces wdrażania urzędowo kontrolowanej integrowanej produkcji w Polsce. Mat. konf. „Racjonalna technika ochrony roślin”. IOR Poznań, 2007, 9-14. http://www.ior.poznan.pl/aktualizacja/data/pliki/27_VII_-_Racjonalna_Technika_Ochrony_Roslin.pdf
7. Horoszkiewicz-Janka J., Czembor J. H., Nieróbca A., Leszczyńska D., Sikora H.: Wstępna ocena przydatności duńskiego systemu wspomagania decyzji w ochronie zbóż w warunkach polskich. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2002, **42(1)**: 291-300.
8. Horoszkiewicz-Janka J., Nieróbca A., Czembor J. H., Sikora H.: Porażenie pszenicy ozimej przez grzyby chorobotwórcze w zależności od zastosowanej strategii ochrony. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2005, **45(2)**: 708-711.
9. Hosstgaart M. B., Wolny S.: Założenia duńskiego systemu w ochronie roślin i możliwość jego wdrożenia w Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2002, **42(1)**: 283-290.
10. Hossy H., Henriksen K., Jørgensen L.: PC-Plant Protection - a decision support system for Danish agriculture the disease and pest module. Pam. Puł., 2000, **120**: 159-168.
11. Jacewska-Kalicka A.: The influence of pathogenic fungi and weather conditions on winter wheat yield. J. Plant Prot. Res., 2007, **47**: 147-160.
12. Jacewska-Kalicka A.: Aspekty ekonomiczne zwalczania chorób grzybowych pszenicy ozimej w latach 2000–2002. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2003, **43(2)**: 686-688.
13. Kaniuczak Z.: Badania nad opłacalnością chemicznego zwalczania chorób i szkodników zbóż jarych. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 1997, **37(2)**: 110-113.
14. Kaniuczak Z.: Ocena ekonomicznej efektywności stosowania fungicydów w zbożach. Rocz. AR Poznań, Ogrodnictwo, 2000, **321(30)**: 49-54.
15. Korbas M., Horoszkiewicz-Janka J., Jajor E.: Integrowana metoda ograniczania sprawców chorób. W: Integrowana ochrona pszenicy. Red. M. Korbas, S. Pruszyński. IOR Poznań, 2008, 44-88.
16. Kozyra J., Dwornikiewicz J., Nieróbca A., Pietruch Cz.: Agrometeorologiczny system ochrony chmielu przed mączniakiem rzekomym. Prz. Nauk. WIKŚ, 2007, **37**: 48-54.
17. Lipa J. J.: Nowoczesna ochrona zbóż. Pam. Puł., 1999, **114/I**: 241-259.
18. Niemczyk E.: Jedenaście lat integrowanej produkcji owoców w Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2002, **42(1)**: 33-38.
19. Nieróbca A.: Prognozowanie chorób na podstawie bieżących danych meteorologicznych. Pam. Puł., 2002, **130/II**: 495-502.
20. Nieróbca A., Leszczyńska D.: Systemy wspomagania decyzji w ochronie roślin zbożowych przed chorobami i szkodnikami. Pam. Puł., 2001, **124**: 333-339.
21. Pruszyński S., Mrówczyński M., Pruszyński G.: Ochrona roślin w integrowanej technologii produkcji rolniczej. Probl. Inż. Rol., 2008, **1**: 87-97.
22. Pruszyński S., Mrówczyński M., Kaniuczak Z.: Proces wdrażania urzędowo kontrolowanej integrowanej produkcji w Polsce. Mat. VII Konf. „Racjonalna technika ochrony roślin” IOR Poznań, 2007, 9-14. http://www.ior.poznan.pl/aktualizacja/data/pliki/27_VII_-_Racjonalna_Technika_Ochrony_Roslin.pdf
23. Pruszyński S., Wolny S.: Przewodnik dobrej praktyki ochrony roślin. IOR Poznań, 2007.
24. Pruszyński S., Zych A., Nawrot J.: Prawne i praktyczne aspekty integrowanych technologii produkcji upraw rolniczych w Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2004, **44(1)**: 300-305.
25. Robak J.: Próby monitorowania i sygnalizacji najgroźniejszych chorób warzyw oraz możliwości ich wdrożenia do praktyki. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2002, **42(1)**: 308-313.

26. Sikora H., Horoszkiewicz-Janka J., Nieróbca A.: Wpływ sterowanej strategii ochrony pszenicy jarej na jej zdrowotność i plonowanie w latach 2001–2003. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2005, **45(2)**: 435–440.
27. Solarska E.: Prognozowanie i sygnalizacja występowania mączniaka rzekomego chmielu. *Instr. upowszech.*, IUNG Puławy, 1989, 27.
28. Tratwal A.: Stopniodni jako uzupełniający element systemu wspomagającego podjęcie decyzji o ochronie jęczmienia i pszenicy ozimej przed mączniakiem prawdziwym. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(4)**: 241–244.
29. Ustawa o ochronie roślin z dnia 18 grudnia 2003. *Dz. U.* Nr 11 z dnia 27.01.2004, poz. 94.
30. Wojtowicz A., Jakubowska M.: Ochrona pszenicy ozimej odmiany Maltanka przed grzybami z rodzaju *Septoria* na podstawie wskazań wybranych systemów wspomagających podejmowanie decyzji. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2001, **41(2)**: 752–754.
31. Wolny S., Horoszkiewicz-Janka J., Sikora H., Kapsa J., Zaliwski A., Nieróbca A., Kozyra J., Domaradzki K.: Wyniki prac badawczych i adaptacyjnych nad polskim internetowym systemem wspomagania decyzji w ochronie roślin w 2003 roku. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 513–522.
32. Wojtowicz A., Krasinski T., Lepkowski M.: Internetowy system wspomagania decyzji w ochronie ziemniaka przed sprawcą zarazy ziemniaka. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2008, **48(4)**: 1552–1555.
33. Wojtowicz A.: TAMER – System wspomagający podejmowanie decyzji w zakresie zwalczania septoriozy pszenicy. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 1999, **39(1)**: 116–119.
34. Zadoks J. C., Chang T. T., Konzak C. F.: A decimal code for the growth stages of cereals. *Weed Res.*, 1974, **14**: 415–421.
35. Zaliwski A., Nieróbca A.: Internetowy system wspomagania decyzji do oceny ryzyka występowania *Pseudocercospora herpotrichoides*. *Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(2)**: 358–390.
36. Zaliwski A.: Systemy wspomagania decyzji w nowoczesnej produkcji roślinnej. W: *Integrowana produkcja roślinna. Zagadnienia wybrane*. Red. J. Podleśny. IUNG-PIB Puławy, 2007, ss. 212.

Adres do korespondencji:

dr Anna Nieróbca
IUNG - PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. (081) 8863421 w. 204
mail: szewc@iung.pulawy.pl

**Małgorzata Jędrzycka¹, Andrzej Brachaczek², Joanna Kaczmarek¹, Adam Dawidziuk¹,
Agnieszka Mączyńska³, Anna Podleśna⁴, Idalia Kasprzyk⁵, Zbigniew Karolewski⁶,
Andrzej Lewandowski⁷**

¹ Instytut Genetyki Roślin PAN, Poznań; ² DuPont Poland, Warszawa; ³ Instytut Ochrony Roślin - PIB, Oddział Sośnicowice; ⁴ Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - PIB, Puławy; ⁵ Uniwersytet Rzeszowski, Rzeszów; ⁶ Uniwersytet Przyrodniczy, Poznań; ⁷ Centralny Ośrodek Badania Odmian Roślin Uprawnych, Słupia Wielka

SPEC – SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI W OCHRONIE RZEPAKU PRZED SUCHĄ ZGNILIZNĄ KAPUSTNYCH W POLSCE

Wstęp

Ze względu na stale rosnący popyt na żywność i energię odnawialną w ostatnich latach obserwuje się duże zapotrzebowanie na oleje pochodzenia roślinnego. Zgodnie z prognozą podawaną przez Agencję Rynku Rolnego w sezonie 2008/2009 światowe zbiory nasion i owoców siedmiu najważniejszych roślin oleistych wyniosą 410 mln ton i będą o 27 mln ton większe niż w sezonie poprzednim. Zgodnie z tą prognozą światowe zbiory rzepaku wzrosną aż o 5 mln ton, a produkcja nasion tej rośliny osiągnie pułap 53 mln ton.

Unia Europejska jest obecnie największym producentem nasion rzepaku na świecie. W sezonie 2007/2008 zbiory rzepaku w krajach UE-27 wyniosły 18,2 mln ton, co stanowiło 37,8% światowej produkcji nasion tej rośliny (15). Kolejnymi znaczącymi producentami rzepaku były Chiny (21,6%), Kanada (18,7%) i Indie (12,0%).

Wzrost produkcji rzepaku osiągany jest poprzez intensyfikację uprawy skutkującą zwiększeniem areалу oraz poziomu plonowania. Dzieje się to poprzez wprowadzanie rzepaku na nowe tereny uprawne, czego przykładem są Ukraina i Białoruś, jak również z częstszej uprawy tej rośliny w płodozmianie. Rzepak jest wartościowym elementem płodozmianu, pozostawia bowiem glebę w dobrej strukturze dzięki palowemu systemowi korzeniowemu, a jako roślina nienależąca do rodziny *Poaceae* przerywa cykle życiowe wielu groźnych patogenów zbóż.

W Polsce w całej grupie roślin uprawnych najbardziej wzrosła powierzchnia uprawy rzepaku; w ciągu ostatnich dwóch lat areal zwiększył się z 0,5 do 0,8 mln ha. Po raz pierwszy nasz kraj uzyskał trzecie miejsce (12%) jako producent nasion tej rośliny w Unii Europejskiej, po Niemczech (30%) i Francji (26%). Zarówno w 2007, jak też w 2008 roku produkcja nasion rzepaku w Polsce przekroczyła 2 mln ton. Zgodnie z prognozami Instytutu Ekonomiki Rolnictwa i Gospodarki Żywnościowej - PIB (15) łączne zapotrzebowanie na olej rzepakowy zużywany na cele spożywcze i energe-

tyczne wymaga zwiększenia produkcji nasion aż do 3,2 mln ton w 2013 roku, co spowoduje nasycenie płodozmianu rzepakiem i zmniejszy odległości między plantacjami. Uprawa rzepaku w Polsce koncentruje się w większych gospodarstwach rolnych (14), co dodatkowo sprawia, że jego plantacje stanowią duże powierzchnie w monokulturowej uprawie. Taka sytuacja – choć korzystna dla usprawnienia organizacji pracy w danym gospodarstwie – przyczynia się jednak do nagromadzania inokulum wielu grzybów chorobotwórczych, wpływających na znaczne obniżenie plonowania rzepaku.

Jedną z najbardziej rozpowszechnionych i najgroźniejszych chorób rzepaku w Polsce (7) i na świecie (3, (20)) jest sucha zgnilizna kapustnych. Jej przyczyną są dwa gatunki grzybów z rodzaju *Leptosphaeria*: *L. maculans* (Desm.) Ces. et de Not. i *L. biglobosa* (17). Grzyby te posiadają stadium konidialne *Phoma lingam* (Tode ex Fr.) Desm. Porażenie roślin rzepaku najczęściej następuje w okresie jesiennym, poprzez zarodniki stadium workowego (askospory). Zarodniki powstają w owocnikach zwanych pseudotecjami na resztkach słomy rzepakowej z poprzedniego sezonu wegetacyjnego (2). Po wydobyciu się z owocników askospory mogą się przemieszczać z wiatrem i zakażać rośliny w promieniu kilku kilometrów od miejsca, w którym znajdowało się źródło porażenia. Stwierdzono, iż owocniki z dojrzałymi zarodnikami pękają wyłącznie wtedy, gdy zwilżą je krople deszczu. Warunki te są jednocześnie niezbędne do kiełkowania spor na powierzchni mokrych liści. Zarodniki konidialne *P. lingam* powstające w piknidiach są przyczyną wtórnego porażenia innych fragmentów tych samych lub sąsiednich roślin. Zarodniki te przenoszone są z kroplami deszczu na niewielkie odległości. Po wnikięciu do rośliny grzyb kolonizuje tkanki liści i przerasta do łodygi (5).

Nasilenie objawów i szkodliwość choroby zależą od terminu porażenia i tempa wzrostu grzyba w tkankach rośliny (13). Spośród dwóch wymienionych grzybów gatunek *L. maculans* występujący z coraz większym nasileniem (9) uważany jest za bardziej szkodliwy. Gatunek ten poraża podstawę łodygi, co powoduje przerwanie wiązek przewodzących i zamieranie całej rośliny, często już w stadium kwitnienia. Natomiast gatunek *L. biglobosa* przyczynia się do powstania rozległych plam na łodydze; przeważnie porażenie tkanek jest powierzchniowe (6), lecz może także być na tyle głębokie, by powodować znaczne straty plonu nasion (7). Progi ekonomicznej szkodliwości suchej zgnilizny kapustnych wskazują, iż znaczne zmniejszenie plonu rzepaku następuje w przypadku porażenia 10-20% roślin, a straty mogą sięgać aż 50-60% plonu nasion (4). Pierwsze infekcje roślin następują jesienią poprzez askospory, a zatem zabiegi ochronne należy wykonać już w okresie jesiennym. Celem zabiegów fungicydowych w tym okresie jest zahamowanie wzrostu patogena w tkankach liści i zapobieganie przedostaniu się grzyba do łodyg rzepaku. Ze względu jednak na odmienny układ warunków pogodowych w różnych regionach Polski istnieją duże trudności w ustaleniu jednego optymalnego terminu ochrony rzepaku przed suchą zgnilizną kapustnych. Jednym ze sposobów wyznaczenia optymalnego terminu ochrony rzepaku przed tą chorobą jest znajomość rozwoju stadium generatywnego grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa*, stanowiącego inokulum pierwotne, przyczyniające się do

porażenia roślin. Monitorowanie rozwoju patogenów wywołujących suchą zgniliznę kapustnych w Polsce jest istotą Systemu Prognozowania Epidemii Chorób.

Działanie systemu prognozowania chorób

System Prognozowania Epidemii Chorób (SPEC) działa nieprzerwanie od 1 września 2004 roku. System ten powstał z inicjatywy Instytutu Genetyki Roślin PAN i firmy DuPont Poland. Jest to pierwszy w Polsce system monitorowania rozwoju stadium generatywnego patogenów powodujących suchą zgniliznę kapustnych oraz prognozowania zagrożenia rzepaku przez tę chorobę. Określenie okresu powstawania askospor grzybów *Leptosphaera maculans* i *L. biglobosa* jest ważnym elementem w podejmowaniu decyzji dotyczących zwalczania choroby, bowiem efektywność wykorzystania fungicydów zależy od terminu ich aplikacji (11).

W 2004 roku system SPEC obejmował pięć regionów klimatycznych położonych w zachodniej części Polski. Od 2005 roku system objął swym zasięgiem cały kraj. Obecnie jest to największy na świecie system monitorowania inokulum pierwotnego powodującego suchą zgniliznę kapustnych i jest jednym z trzech największych systemów stosujących metody aerobiologiczne (19). Jest to możliwe dzięki współpracy licznych instytucji, w tym głównie Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), Instytutu Ochrony Roślin (IOR-PIB), Uniwersytetu Rzeszowskiego (UR), Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa (IUNG-PIB), Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu (UP-P), kilku ośrodków doradztwa rolniczego (ODR), a także dwóch dużych przedsiębiorstw rolno-produkcyjnych: „Arenda” w Charbielinie (Opolszczyzna) i „Agro Fundusz Mazury” w Drogoszach (Mazury). System działa pod patronatem Krajowego Zrzeszenia Producentów Rzepaku (KZPR).

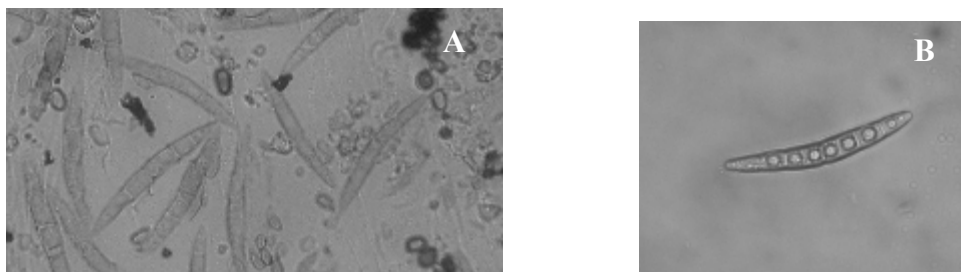
System SPEC kierowany jest do rolników producentów rzepaku, doradców w zakresie ochrony plantacji roślin uprawnych, firm zajmujących się dystrybucją środków ochrony roślin, a także studentów i pracowników naukowych prowadzących prace badawcze z zakresu fitopatologii i ochrony roślin. System SPEC jest finansowany przez firmę DuPont Poland, a korzystanie z jego danych jest bezpłatne.

Monitoring zarodników

Monitorowanie stężenia zarodników workowych grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa* jest wykonywane od 1 września do 30 listopada (okres jesienny) oraz od 1 marca do 31 maja (okres wiosenny), za pomocą 7-dniowych pułapek wolumetrycznych typu Hirsta. Pułapki w aktywny sposób zasysają powietrze (10 l/min.) wraz ze znajdującymi się w nim zarodnikami i ziarnami pyłku, które potem osadzają się w środku pułapki, na taśmie pokrytej lepką substancją na bazie wazeliny. Taśma przyczepiona jest do bębna, który obraca się z prędkością 2 mm na godzinę (10). Pełny obrót bębna trwa 7 dni. Po upływie tygodnia taśma jest cięta w poprzek na odcinki 48 mm, z których każdy odpowiada jednej dobie. Każdy z odcinków jest także dodat-

kowo przecięty wzdłuż – połowa dobowego odcinka taśmy przeznaczana jest do obserwacji mikroskopowych, a połowa do detekcji molekularnej.

Obserwacja zarodników pod mikroskopem pozwala na ustalenie, w którym dniu i o której godzinie zarodniki znajdowały się w powietrzu. Znając prędkość przepływu powietrza można z dużą dokładnością ustalić średnie dobowe stężenie zarodników w 1 m³ powietrza. Zarodniki *L. maculans* i *L. biglobosa* mają charakterystyczną budowę, kształt i określoną wielkość, w związku z tym można je odróżnić od innych sporomorf (fot. 1). Askospory obu gatunków są tej samej wielkości (40-70 µm x 6-7 µm) i są identyczne pod względem kształtu (17), dlatego obserwacje mikroskopowe nie pozwalają na identyfikację przynależności gatunkowej. Wnioskowanie na podstawie analiz mikroskopowych oparte na morfologii dotyczy obu gatunków chorobotwórczych.



Fot. 1. Zarodniki workowe grzybów typu *Leptosphaeria maculans* – *L. biglobosa*
A – zarodniki wśród innych obiektów w polu widzenia mikroskopu; B – pojedynczy zarodnik
Źródło: opracowanie własne.

Lokalizacja pułapek wolumetrycznych na terenie Polski

Pułapki wolumetryczne umieszczono we wszystkich regionach intensywnej uprawy rzepaku w Polsce (rys. 1). Każda z pułapek otoczona jest resztkami pożywnymi z objawami porażenia przez grzyby *L. maculans* i *L. biglobosa*. Słoma rzepakowa pochodzi z plantacji zlokalizowanych w pobliżu danego punktu badawczego. Lokalizacja poszczególnych pułapek jest następująca:

- 1) Region Nadmorski (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Rarwinie koło Kamienia Pomorskiego);
- 2) Pojezierze Pomorskie i Region Pomorsko-Warmiński (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Radostowie koło Tczewa);
- 3) Region Mazursko-Białostocki (Agro-Fundusz Mazury w Drogoszach koło Kętrzyna);
- 4) Wielkopolska (Instytut Genetyki Roślin PAN w Poznaniu);
- 5) Kujawy i Mazowsze (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Głębokim koło Kruszwicy);
- 6) Region Sudecki – województwo dolnośląskie (Stacja Doświadczalna Oceny Odmian w Tarnowie koło Ząbkowic Śląskich);



Rys. 1. Lokalizacja punktów badawczych systemu SPEC w Polsce. Trójkątami oznaczono położenie stanowisk monitoringu stężenia zarodników workowych grzybów kompleksu *Leptosphaeria maculans* – *L. biglobosa*. Punktami oznaczono miejsca pobierania prób porażonej słomy rzepakowej
Źródło: opracowanie własne.

- 7) Region Sudecki – województwo opolskie (PPHiU „Arenda” w Charbielinie koło Głucholaz);
- 8) Region Lubusko-Dolnośląski (Instytut Ochrony Roślin - Państwowy Instytut Badawczy, Oddział Sośnicowice, koło Gliwic).
- 9) Region Krakowsko-Sandomierski i Region Karpacki (Krasne koło Rzeszowa; Katedra Biologii Środowiska UR w Rzeszowie);
- 10) Region Lubelsko-Zamojski, Mazowiecko-Podlaski i Łódzko-Wieluński (Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa - Państwowy Instytut Badawczy w Puławach).

Zasięg prognozowania z wykorzystaniem danej pułapki opracowano na podstawie regionów klimatycznych w Polsce (22), z korektą własną (tab. 1) w przypadku umieszczenia dwóch pułapek w tym samym regionie lub umieszczenia pułapki na granicy kilku regionów (rys. 2).

Tabela 1

Wprowadzone zmiany w stosunku do oryginalnej mapy klimatycznej autorstwa Wiszniewskiego i Chechłowskiego

Typ korekty	Nazwa regionu	Lokalizacja pułapek	Przyczyna
Łączenie regionów	lubelsko-zamojski	Puławy	lokalizacja pułapki wolumetrycznej na granicy regionów
	mazowiecko-podlaski		
	łódzko-wieluński		
Podział regionów	pomorsko-warمیński	Radostowo	umieszczenie dodatkowej pułapki w regionie
	pojezierza pomorskiego		
	krakowsko-sandomierski	Krasne	
Podział regionów	karpacki	Tarnów Śląski	umieszczenie dodatkowej pułapki w regionie
	sudecki	Charbielin	
	wielkopolsko-mazowiecki	Poznań Głębokie	

Źródło: Wiszniewski i Chechłowski, 1987 (22).



Rys. 2. Regiony klimatyczne Polski zastosowane w systemie SPEC

Źródło: lokalizacja i nazewnictwo wg Wiszniewskiego i Chechłowskiego, 1987 (22).

Monitorowanie dojrzałości owocników

W celu dokładniejszego monitorowania rozwoju stadium generatywnego grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa* w powietrzu, w ramach systemu SPEC prowadzone są obserwacje dojrzałości owocników, które rozwijają się na resztkach poźniwnych rzepaku. Fragmenty słomy rzepakowej z objawami porażenia przez grzyby *L. maculans* i *L. biglobosa* zebrane tuż po żniwach rzepakowych na jednym polu w okolicy Poznania są cięte na fragmenty długości ok. 10 cm i natychmiast umieszczane na powierzchni gleby w naturalnych warunkach pogodowych występujących w 34 różnych lokalizacjach w Polsce. Ponadto w 10 miejscach lokalizacji pułapek wolumetrycznych także wykładana jest słoma rzepakowa zebrana na polu w pobliżu lokalizacji pułapki. Różnica polega zatem na pochodzeniu słomy i wiąże się z: I) odmiennym składem populacji patogenów; II) różną liczbą owocników; III) inną odmianą rzepaku; IV) innym terminem zbioru. Fragmenty słomy umieszczone w tej samej lokalizacji znajdują się w tych samych warunkach środowiskowych.

Na terenie Polski badania owocników obejmują 44 miejscowości zlokalizowane we wszystkich województwach (tłustą czcionką zaznaczono lokalizacje, w których umieszczono zarówno porażoną słomę rzepakową, jak też pułapki wolumetryczne):

- dolnośląskie: **Tarnów**, Złoty Potok;
- kujawsko-pomorskie: **Głębokie**, Nakło;
- lubelskie: Bezek, Leśniowice, **Puławy**;
- lubuskie: Małyszyn, Szprotawa, Świebodzin;
- łódzkie: Kościerzyn, Masłowice, Skierniewice, Walewice;
- małopolskie: Wieliczka;
- mazowieckie: Radom, Radzików, Siedlce;
- opolskie: Namysłów, **Charbielin**;
- podkarpackie: **Krasne**;
- podlaskie: Łyski, Suwałki;
- pomorskie: Karżniczka, **Radostowo**;
- śląskie: Sosnowiec, **Sośnicowice**, Zawada, Żory;
- świętokrzyskie: Modliszewice;
- warmińsko-mazurskie: Biała Piska, **Drogosze**, Warkały;
- wielkopolskie: Cerekwica, Dachowo, Jerka, Jeziory, Pawłowice, Piła, **Poznań**, Strzałkowo, Turew;
- zachodniopomorskie: Szczecin-Dąbie, **Rarwino**.

W okresie od 1 września do 31 listopada każdego roku w wymienionych miejscowościach raz w tygodniu pobierano po 6 fragmentów porażonej słomy rzepakowej. Fragmenty te suszono w celu zatrzymania owocników w aktualnym stadium rozwojowym. W IGR PAN w Poznaniu oznaczano typ owocników i oceniano stopień dojrzałości pseudotecjów. Z każdego fragmentu słomy rzepakowej izolowano po 8-12 owocników, a następnie obserwowano je pod mikroskopem pod stokrotnym powiększeniem. Owocniki dzielono na: piknidia – owocniki stadium niedoskonałego i pseudote-

cja – owocniki stadium generatywnego. Dla każdego momentu czasowego w danym punkcie doświadczalnym badano ok. 60 owocników. W zależności od roku (różna liczba pełnych tygodni) badano od 780 do 840 owocników rocznie. W sumie w każdym roku określano rodzaj i badano dojrzałość ok. 35-37 tys. owocników.

W piknidiach dojrzewają zarodniki konidialne niezdolne do porażania roślin na oddalonych plantacjach. Do wytworzenia zarodników workowych niezbędne są pseudotecja – owocniki stadium workowego. Stopień ich dojrzałości oznaczano na podstawie obecności i budowy worków oraz askospor.

Zgodnie z metodyką opisaną przez T o s c a n o - U n d e r w o o d i in. (18) pseudotecja dzielono na pięć klas (A-E):

- A – pseudotecja bez wykształconych worków (*ascus*);
- B – pseudotecja z częściowo wykształconymi workami, ale bez askospor;
- C – pseudotecja z workami, w każdym worku mniej niż 8 askospor, a każda askospora zbudowana z mniej niż czterech komórek;
- D – pseudotecja z workami, w których znajduje się po 8 sześciokomórkowych askospor;
- E – puste pseudotecja, z których uwolniły się zarodniki.

Badania wykazały, że w obrębie stopni dojrzałości pseudotecjów największą potencjalną szkodliwość wykazuje klasa D; są to owocniki zawierające w pełni dojrzałe zarodniki workowe. Po opadach deszczu zarodniki te uwalniane są na zewnątrz pseudotecjów i są zdolne do porażania roślin rzepaku na sąsiednich plantacjach (20).

W dwóch regionach klimatycznych: na Wyżynie Krakowsko-Częstochowskiej i w Regionie Gór Świętokrzyskich nie umieszczono pułapek wolumetrycznych. Powodem były zbyt wysokie koszty pułapek w stosunku do niewielkiego areалу rzepaku w tych regionach. O zagrożeniu roślin w tych regionach wnioskowano na podstawie stopnia dojrzałości i udziału dojrzałych pseudotecjów na słomie rzepakowej.

Zakres terminów uzyskania dojrzałości przez pseudotecja pochodzące z miejscowości znajdujących się w tym samym regionie klimatycznym świadczył o stopniu jednolitości warunków pogodowych w danym regionie. W większości przypadków różnica pomiędzy terminami początku dojrzewania owocników nie przekraczała jednego tygodnia, co świadczy o przyjęciu poprawnych założeń doświadczalnych.

W badaniach owocników pomocą służą stacje doświadczalnictwa odmianowego COBORU, Stacja Hodowli Roślin Strzelce Oddział w Małyszynie, stacje doświadczalne IGR PAN, ZBŚRiL PAN i IUNG - PIB, Stacja Ekologiczna UAM, ośrodki doradztwa rolniczego na Mazowszu oraz w woj. świętokrzyskim i łódzkim, a także liczne osoby prywatne, które udostępniły własne gospodarstwa rolne i ogrody.

Doświadczenia polowe

Przez cztery sezony wegetacyjne – w latach od 2004/2005 do 2007/2008 – prowadzono doświadczenia polowe, których celem było określenie skuteczności zabiegów fungicydowych w zależności od terminu ich wykonania. Doświadczenia wykonywano na polach Instytutu Genetyki Roślin PAN w Cerekwicy koło Szamotuł i Oddziału

Instytutu Ochrony Roślin - PIB w Sośnicowicach koło Gliwic. Ponadto na polach Instytutu Zootechniki - PIB, Zakładu Doświadczalnego w Pawłowicach prowadzono doświadczenia łanowe. Porównywano skuteczność zabiegów wykonanych w terminie 4-6 liści rzepaku oraz w okresie pierwszego i masowego uwalniania zarodników workowych. W Cerekwicy i Sośnicowicach testy polowe prowadzono w układzie bloków losowanych całkowicie zrandomizowanych na poletkach o powierzchni 30 m² (7,5 m x 4 m). W Pawłowicach doświadczenia prowadzono na polach produkcyjnych o powierzchni 2 ha.

Do oceny objawów zewnętrznych stosowano skalę 9°, w której kryterium podziału stanowi rozległość objawów na powierzchni łodygi i ogólna kondycja rośliny (7). Ocenę porażenia roślin rzepaku po przecięciu łodygi na wysokości szyjki korzeniowej wykonywano w skali 0-6 zgodnie z indeksem G2 (12) w modyfikacji A u b e r t o t i i n. (1). Każdorazowo oceniano także plon nasion rzepaku. W każdym badanym sezonie, niezależnie od lokalizacji, największy odsetek porażonych roślin obserwowano w wariantach kontrolnych, gdzie nie wykonywano zabiegów ochronnych przeciwko suchej zgniliźnie kapustnych. W zależności od sezonu i lokalizacji udział porażonych roślin w obiektach kontrolnych wynosił od 32 do 82%.

Każdorazowo najmniejszą skutecznością zabiegów fungicydowych charakteryzowały się warianty, w których zabiegi wykonano na podstawie fazy rozwojowej roślin rzepaku. Natomiast największą skuteczność stwierdzano po wykonaniu zabiegów w czasie masowego uwalniania zarodników workowych. Termin wykonania zabiegów ochronnych miał istotny wpływ na plon nasion rzepaku. We wszystkich badanych sezonach najniższy plon uzyskano w wariantcie kontrolnym, a najwyższy w przypadku wykonania zabiegów grzybobójczych w okresie masowego uwalniania zarodników workowych. Zakładając konieczność jednokrotnego zabiegu fungicydowego przeciwko suchej zgniliźnie kapustnych w okresie jesiennym ekonomiczna opłacalność traktowania roślin preparatem grzybobójczym w okresie masowego uwalniania askospor była związana z optymalizacją terminu zastosowania substancji aktywnej. Wartości te różniły się w poszczególnych latach i lokalizacjach, lecz zawsze dowodziły ekonomicznej opłacalności podjęcia takiej decyzji. Rodzaj zastosowanej substancji aktywnej i formulacji środka grzybobójczego miał drugoplanowe znaczenie w stosunku do terminu zastosowania preparatu.

Zgodnie z uzyskanymi wynikami decyzja o doborze preparatu zależy od powiązań pomiędzy terminem uwalniania zarodników a fazą rozwojową rzepaku. W przypadku zbieżności pomiędzy terminem masowego uwalniania askospor a fazą 4-6 liści, przy potrzebie regulacji pokroju, zaleca się środki o jednoczesnym działaniu grzybobójczym i skracającym. Rozbieżność tych terminów lub brak potrzeby regulacji pokroju roślin, np. przy uprawie półkarłowych odmian rzepaku, dają podstawę do zastosowania substancji o wyłącznym działaniu grzybobójczym.

Weryfikacja modelu SimMat do warunków polskich

Na bazie wyników zgromadzonych w systemie SPEC trwają prace nad opracowaniem modelu matematycznego pozwalającego na określenie terminu uzyskania przez pseudotecję określonych faz i poziomów dojrzałości, a także prace na prognozowaniu terminu początku i masowego uwalniania zarodników workowych grzybów *L. maculans* i *L. biglobosa* w warunkach klimatycznych Polski.

Podstawą określania szybkości dojrzewania pseudotecji jest model Blackleg Sporacle opracowany dla Australii (16). Utworzono moduł SimMat zawierający siedem następujących parametrów: liczbę dni sprzyjających dojrzewaniu pseudotecji (N_{FD}), odchylenie standardowe od liczby dni sprzyjających dojrzewaniu pseudotecji (s_{FD}), temperatury progowe (q_{max} i q_{min}), opady progowe (r_{min}), skumulowaną liczbę dni z opadami powyżej wartości progowej (n_r) oraz stałą a (mm-1) uwzględniającą uwilgotnienie słomy. Model ten zawiera trzy zmienne wejściowe: termin żniw, średnią dobową temperaturę powietrza i sumaryczny opad deszczu na dobę. Początkowo model SimMat testowano, stosując wartości parametrów ustalonych dla warunków australijskich w ramach Blackleg Sporacle. Dla oszacowania zdolności prognozowania opracowywanych modeli wykorzystywano dwie miary statystyczne: średni pierwiastek kwadratowy dla błędu (RMSE) oraz średni pierwiastek kwadratowy dla błędu prognozy (RMSEP).

Warunki ustalone dla Australii nie były właściwe dla prawidłowego prognozowania terminu dojrzewania pseudotecji w Polsce. W celu dostosowania modelu SimMat do polskich warunków klimatycznych przeprowadzono kalibrację modelu, testując 128 kombinacji w/w parametrów. Wykonana kalibracja zapewnia znaczną poprawę prognozowania terminu dojrzałości pseudotecji mierzoną spadkiem wartości RMSE i RMSEP. Przy oznaczaniu błędu prognozowania zastosowano także procedurę testowania krzyżowego (ang. cross validation) umożliwiającą przeprowadzanie obliczeń bez uszczuplania baz danych. W wyniku przeprowadzonych analiz oszacowano wartości parametrów dla terenu Polski.

Model SimMat i jego obecna parametryzacja stanowią podwaliny skutecznego prognozowania cyklu życiowego grzybów kompleksu *L. maculans* – *L. biglobosa*, choć w dalszym ciągu jest wiele niewiadomych dotyczących różnic pomiędzy szybkością dojrzewania owocników oraz zarodników obu gatunków.

Detekcja molekularna

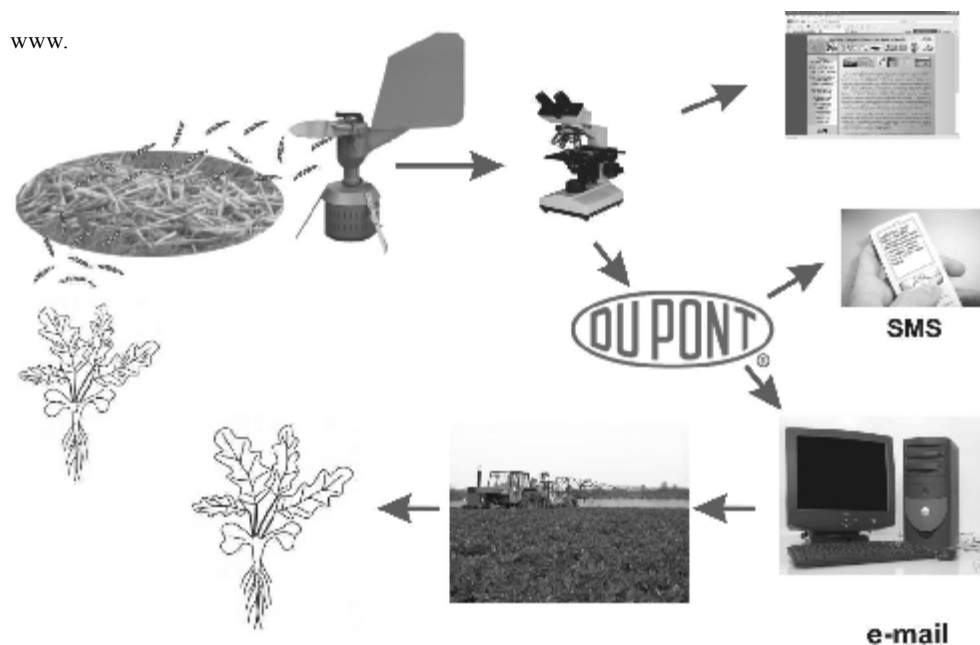
Pseudotecja obu gatunków, choć różne w warunkach *in vitro* podczas krzyżowania izolatów na pożywkach sztucznych (17), w warunkach polowych na porażonej słomie rzepakowej są nierozróżnialne. Także askospory obu gatunków grzybów mają ten sam kształt i wielkość. Z tego względu obserwacje mikroskopowe nie pozwalają na ustalenie gatunku. Jednakże dzięki zastosowaniu detekcji molekularnej przy użyciu metody Real-time PCR istnieje możliwość rozłożenia kompleksu *L. maculans* – *L. biglobosa* na poszczególne gatunki grzybów. W przeprowadzonych dotychczas

doświadczeniach wykazano wysokie korelacje pomiędzy wynikami detekcji mikroskopowej i molekularnej w latach charakteryzujących się dużym stężeniem askospor w metrze sześciennym powietrza (8). Z trzech badanych sezonów w Regionie Nadmorskim zarodniki *L. maculans* dwukrotnie przewyższały swą liczebnością gatunek *L. biglobosa*, natomiast w jednym z sezonów obserwowano sytuację odwrotną.

Przekaz informacji

Dane uzyskane w ramach systemu SPEC są przykazywane jego użytkownikom na trzy sposoby: za pomocą stron WWW, pocztą elektroniczną i z telefonów komórkowych poprzez wiadomości tekstowe SMS (rys. 3).

Na edukacyjnej stronie internetowej IGR PAN (www.spec.edu.pl) przedstawiane są wyniki dotyczące stężenia zarodników workowych w metrze sześciennym powietrza w 10 regionach Polski oraz zaawansowanie dojrzewania pseudotecjów w dwóch regionach. Dane te umieszczane są w dziale „Aktualności” i są systematycznie uaktualniane w okresie jesiennym i wiosennym, z 10-dniowym przesunięciem związanym z trybem działania systemu i pułapek na zarodniki. Dotychczas odnotowano około 20 tys. wejść na tę stronę internetową. Oprócz języka polskiego edukacyjna strona systemu SPEC została przetłumaczona na 10 języków. Na komercyjnej stronie internetowej DuPont Poland (www.dupont.pl) ukazują się rozbudowane komunikaty za-



Rys. 3. Schemat działania i przekazywania informacji w systemie SPEC

Źródło: opracowanie własne.

wierające analizę uzyskanych danych oraz zalecenia dla producentów rzepaku w poszczególnych regionach kraju. W sezonie 2007/2008 firma DuPont Poland rozesłała około 15 tys. komunikatów SMS do zarejestrowanych odbiorców systemu.

Literatura

1. Aubertot J. N., Sohbi Y., Brun H., Penaud A., Nutter F. W.: Phomadiadacte: A computer-aided training program for the severity assessment of phoma stem canker of oilseed rape. IOBC Bulletin, 2006, **29(7)**: 247-254.
2. Brun H., Levivier S., Somda I., Ruer D., Renard M., Chèvre A. M.: A field method for evaluating the potential durability of new resistance sources: application to the *Leptosphaeria maculans* – *Brassica napus* pathosystem. Phytopathology, 2000, **90**: 961-966.
3. Fitt B. D. L., Brun H., Barbetti M. J., Rimmer S. R.: World-wide importance of phoma stem canker (*Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa*) on oilseed rape (*Brassica napus*). Europ. J. Plant Pathol., 2006, **114**: 3-15.
4. Gwiazdowski R., Korbas M.: Zwalczenie chorób. W: Technologia produkcji rzepaku. Red. Cz. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński. Wieś Jutra, Warszawa, 2005, 111.
5. Hammond K. E., Lewis B. G., Musa T. M.: A systemic pathway in the infection of oilseed rape plants by *Leptosphaeria maculans*. Plant Pathol., 1985, **34**: 557-565.
6. Jędrzycka M.: Genetyczna i molekularna charakterystyka populacji *Leptosphaeria maculans* i *L. biglobosa* oraz ocena ich chorobotwórczości względem rzepaku w Polsce i na świecie. W: Genetyka w ulepszaniu roślin użytkowych, red. P. Krajewski, Z. Zwierzykowski, P. Kachlicki. Rozprawy i Monografie IGR PAN, 2004, **11**: 293-308.
7. Jędrzycka M.: Epidemiologia i szkodliwość suchej zgnilizny kapustnych na rzepaku ozimym w Polsce. Rozprawy i Monografie IGR PAN, 2006, **17**: 1-150.
8. Kaczmarek J., Fitt B. D. L., Jędrzycka M., Latunde-Dada A. O.: Detection by real-time PCR and quantification of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa* in air samples from north Poland. Aspects of Applied Biology, Applied Aspects of Aerobiology, 2008, **89**: 71-76.
9. Karolewski Z., Kosiada T., Hylak-Nowosad B., Nowacka K.: Changes in population of *Leptosphaeria maculans* in Poland. Phytopathol. Pol., 2002, **25**: 27-34.
10. Lacey M., West J. S.: The air spora; a manual for catching and identifying airborne biological particles. Springer-Verlag GmbH, 2006, 156.
11. Mączyńska A., Głazek M., Krzyżińska B., Banachowska J.: Porażenie przez grzyby chorobotwórcze roślin rzepaku ozimego w latach 1999 i 2000. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops, 2001, **22(1)**: 127-138.
12. Pierre J. G., Renault Y.: Contribution à la mise au point d'une méthode de plein champ destinée à mesurer la sensibilité des variétés de colza au Phoma. Informations techniques du CETIOM, 1982, **81**: 3-18.
13. Podleśna A., Jędrzycka M., Lewartowska E.: Występowanie chorób grzybowych na rzepaku ozimym w warunkach zróżnicowanego nawożenia siarką i azotem. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops, 2005, **26(1)**: 169-180.
14. Rośiak E.: Produkcja rzepaku w Polsce i na świecie. W: Technologia produkcji rzepaku. Red. Cz. Muśnicki, I. Bartkowiak-Broda, M. Mrówczyński. Wieś Jutra, Warszawa, 2005, 7-17.
15. Rośiak E.: Rynek rzepaku – prognoza sezonu 2007/2008. Biul. Inf. ARR, 2008, **8(206)**: 23-33.
16. Salam M. U., Khangura R. K., Diggle A. J., Barbetti M. J.: Blackleg sporacle: A model for predicting onset of pseudothecia maturity and seasonal ascospore showers in relation to blackleg of canola. Phytopathology, 2003, **93**: 1073-1081.
17. Shoemaker R. A., Brun H.: The teleomorph of the weakly aggressive segregate of *Leptosphaeria maculans*. Can. J. Botany, 2001, **79**: 412-419.

18. Toscano - Underwood C., Huang Y. J., Fitt B. D. L., Hall A. M.: Effects of temperature on maturation of pseudothecia of *Leptosphaeria maculans* and *Leptosphaeria biglobosa* on oilseed rape stem debris. Plant Pathology, 2003, **52**: 726-736.
19. West J. S., Atkins S., McCartney A., Fitt B. D. L.: Detecting airborne inoculum to forecast arable crop diseases. Aspects of Applied Biology, Applied Aspects of Aerobiology: 2008, **89**: 1-6.
20. West J. S., Jędrzycka M., Leech P. K., Dakowska S., Huang Y. J., Steed J. M., Fitt B. D. L.: Biology of *Leptosphaeria maculans* ascospore release in England and Poland. IOBC Bulletin, 2002, **25**: 21-29.
21. West J. S., Jędrzycka M., Penaud A., Fitt B. D. L.: Comparing fungal diseases on oilseed rape in England, France and Poland. IOBC Bulletin, 2004, **27(10)**: 39-44.
22. Wiszniewski W., Chełchowski W.: Regiony klimatyczne. W: Atlas hydrologiczny Polski. Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1987.

Bibliografia prac na temat systemu SPEC

2004

- Jędrzycka M.: Wyprzedź suchą zgniliznę rzepaku. Rolnik Dzierż., 2004, **11(92)**: 40-42.
- Jędrzycka M., Matysiak R., Bandurowski R., Rybacki D.: SPEC – system wspierający ochronę rzepaku przed suchą zgnilizną kapustnych w Polsce. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops, 2004, **25(2)**: 637-644.
- Jędrzycka M., Matysiak R., Graham K.: LeptoNet and SPEC – new projects supporting the control of stem canker of oilseed rape in Poland. IOBC Bulletin, 2004, **27(10)**: 125-130.
- Kaczmarek J., Dakowska S., Jędrzycka M.: Co powiedział tej jesieni SPEC? Rolnik Dzierż., 2004, **12(93)**: 38-39.

2005

- Huang Y. J., Fitt B. D. L., Jędrzycka M., Dakowska S., West J. S., Gladders P., Steed J. M., Li Z. Q.: Patterns of ascospore release in relation to phoma stem canker epidemiology in England (*Leptosphaeria maculans*) and Poland (*Leptosphaeria biglobosa*). Eur. J. Plant Pathol., 2005, **111**: 263-277.
- Jędrzycka M.: Wykorzystaj SPEC. Nasz Rzepak, 2005, **9**: 16-19.
- Jędrzycka M.: Model dla rolnika. Rolnik Dzierż., 2005, **9(102)**: 56-58.
- Jędrzycka M.: Wraz ze SPECem dbajmy o zdrowotność rzepaku w Polsce. Ochr. Rośl., 2005, **10**: 21-23.

2006

- Aubertot J. N., Salam M. U., Diggle A. J., Dakowska S., Jędrzycka M.: SimMat, a new dynamic module of Blackleg Sporacle for the prediction of pseudothecia maturation of *L. maculans*/*L. biglobosa* species complex. Parameterisation and evaluation in Polish conditions. IOBC Bulletin, 2006, **29(7)**: 279-287.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Czernichowski J.: Development of a decision support system for control of stem canker of oilseed rape in Poland. IOBC Bulletin, 2006, **29(7)**: 269-278.
- Jędrzycka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: SPEC – największy na świecie system prognozowania zagrożenia rzepaku przez suchą zgnilizną kapustnych – wspólny projekt DuPont oraz IGR PAN Poznań. Mat. VII Konf. firmy DuPont, 2006, **7**: 44-46.
- Kaczmarek J., Mączyńska A., Kasprzyk I., Lewandowski A., Jędrzycka M.: Patterns of *Leptosphaeria maculans*/*L. biglobosa* ascospore release in the season 2004/2005 in Poland. Bulletin IOBC, 2006, **29(7)**: 261-266.
- Dawidziuk A., Kaczmarek J., Aubertot J. N., Salam M. U., Jędrzycka M.: SimMat – a mathematical model for forecasting maturity of pseudothecia and ascospore release of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa*, two fungal pathogens causing stem canker of winter oilseed rape in Poland. AEROTOP – Data Base, Quality Control and Statistic in Aerobiology, Poznań, 2006.

2007

- Dawidziuk A., Kaczmarek J., Jędryczka M.: Dlaczego warto korzystać z systemu SPEC. Polska Wieś, 2007, **5(14)**: 5.
- Jędryczka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: SPEC dla rolnika. Top Agrar Polska, 2007, 108-110.
- Kaczmarek J., Dawidziuk A., Jędryczka M.: Zagrożenie z powietrza – ochrona rzepaku przed suchą zgnilizną kapustnych. Rolnik Dzierż., 2007, **3(120)**: 86-88.
- Salam M. U., Fitt B. D. L., Aubertot J. N., Diggle A. J., Huang Y. J., Barbetti M. J., Gladders P., Jędryczka M., Khangura R. K., Wratten N., Fernando W. G. D., Pinochet X., Penaud A., Sivasithamparan K.: Two weather-based models for predicting the onset of seasonal release of ascospores of *Leptosphaeria maculans* or *L. biglobosa*. Plant Pathol., 2007, **56(3)**: 412-423.

2008

- Dawidziuk A., Kaczmarek J., Jędryczka M.: Dojrzewanie pseudotecjów i uwalnianie zarodników workowych grzybów kompleksu *L. maculans*-*L. biglobosa* w rejonie Kujaw (2005–2007). Rośliny Oleiste/Oilseed Crops, 2008, **29(2)**: w druku.
- Jędryczka M.: Nasz mały jubileusz – pięć lat systemu SPEC w Polsce. Rolnik Dzierż., 2008, **9**: 58-62.
- Jędryczka M.: Uchwycić moment porażenia. Nowoczesna Uprawa, 2008, **10(24)**: 26.
- Jędryczka M., Kaczmarek J.: Uwaga Dolny Śląsk: choroby rzepaku znów w natarciu! Polska Wieś, 2008, **8(29)**: 6.
- Jędryczka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: Powiedz mi skąd jesteś, a powiem Ci jak zwalczyć suchą zgniliznę kapustnych! Mat. IX Konf. firmy DuPont, 2008, **9**: 11-15.
- Jędryczka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A.: Sucha zgnilizna kapustnych – analiza zagrożenia rzepaku jesienią 2007 w Polsce. Polska Wieś, 2008, **6(27)**: 10.
- Jędryczka M., Kaczmarek J., Dawidziuk A., Brachaczek A.: System for forecasting disease epidemics - Aerobiological methods in Polish agriculture. Ann. Appl. Biol., Applied Aspects of Aerobiology, 2008, **89**: 65-70.
- Kaczmarek J., Fitt B. D. L., Jędryczka M., Latunde-Dada A. O.: Detection by real-time PCR and quantification of *Leptosphaeria maculans* and *L. biglobosa* in air samples from north Poland. Ann. Appl. Biol., Applied Aspects of Aerobiology, 2008, **89**: 71-76.
- Kaczmarek J., Jędryczka M.: Zagrożenie rzepaku przez suchą zgniliznę kapustnych na Dolnym Śląsku w latach 2004–2007. Rośliny Oleiste/Oilseed Crops, 2008, **29(1)**: 23-36.

Podziękowanie

Składamy serdeczne podziękowanie wszystkim osobom i instytucjom wspomagającym działanie systemu SPEC w Polsce zarówno w zakresie obsługi pulapek wolumetrycznych, jak też regularnego dostarczania prób porażonych resztek poźniwnych rzepaku.

Adres do korespondencji:

dr hab. Małgorzata Jędryczka
Instytut Genetyki Roślin PAN
ul. Strzeszyńska 34
60-479 Poznań
tel.: (0-61) 655-02-48
e-mail: mjed@igr.poznan.pl

Wojciech Rysak

Lubelski Ośrodek Doradztwa Rolniczego w Końskowoli

PRAKTYCZNE ZASTOSOWANIE SYSTEMU WSPOMAGANIA DECYZJI
W OCHRONIE ZIEMNIAKA NA TERENIE
WOJEWÓDZTWA LUBELSKIEGO

Wstęp

Unowocześnianie procesów produkcyjnych w gospodarstwie rolnym wymaga posiadania odpowiedniej wiedzy i instrumentów, które pozwalają na precyzyjne i trafne podejmowanie decyzji, dzięki możliwości dokładnej analizy danych niezbędnych do realizacji zamierzonego celu (14). Od szeregu lat w Europie opracowywane są tzw. systemy wspomagania decyzji w zarządzaniu gospodarstwem rolnym, które mogą być stosowane na poziomie strategicznym, taktycznym lub operacyjnym. Na poziomie operacyjnym mogą być one wykorzystane np. w ochronie roślin, w celu lepszego wyboru terminu, dawki preparatu i częstotliwości wykonywania niezbędnych zabiegów. Systemy wspomagania decyzji wprowadza się do praktyki w sytuacjach, gdy podjęcie decyzji wymaga analizy wielu danych oraz gdy niezbędna jest precyzyjna informacja o rozmiarach ryzyka w związku z występującymi zagrożeniami. Stosuje się je również w celu optymalizacji liczby zabiegów chemicznych i zmniejszenia uciążliwości ochrony roślin dla środowiska.

Uprawa ziemniaka wiąże się z potrzebą zminimalizowania ryzyka utraty znacznej części plonu wskutek wystąpienia zarazy ziemniaka (*Phytophthora infestans*). Jest to jedna z najgroźniejszych chorób ziemniaka. W przypadku braku lub nieskutecznej ochrony roślin może ona spowodować znaczne straty związane z redukcją plonu przeciętnie o 20-25%, w skrajnych przypadkach do 80% oraz znacznym pogorszeniem jakości bulw i przydatności ich do dłuższego przechowywania. Dotychczasowe wskazówki dotyczące terminów rozpoczynania ochrony chemicznej dotyczyły praktycznej oceny plantacji przez rolnika od chwili, gdy spodziewane jest zagrożenie. Zabiegi rozpoczynano wówczas, gdy na odmianach wczesnych – o większej podatności części nadziemnych na zarazę – następowało zwieranie się roślin w rzędach, zaś na odmianach późniejszych – bardziej odpornych – gdy występowały pierwsze symptomy choroby na odmianach podatnych. Stosowanie zabiegów grzybobójczych na podstawie tych wskazówek wymaga dużej praktyki i czasem nie udaje się rozpocząć ochrony we właściwym momencie. Zarodniki zarazy ziemniaka rozprzestrzeniają się w sprzyjających warunkach bardzo szybko i mogą być przenoszone na duże odległości (6).

Praktycznie nawet niewielkie opóźnienie rozpoczęcia zabiegów może znacznie pogorszyć efekty późniejszej ochrony. Ograniczenie ryzyka strat w wyniku rozwoju choroby jest szczególnie istotne dla większych obszarowo, nowoczesnych, specjalistycznych gospodarstw, w których uprawia się ziemniaki na cele jadalne, na sadzeniaki i dla przetwórstwa, ponieważ każdy błąd w ochronie pociąga za sobą duże straty materialne (8). Ochronę komplikuje dodatkowo fakt większej szkodliwości choroby w związku z nowym typem kojarzeniowym patogena A2 i występowaniem tzw. zarazy łądługowej, która często przełamuje naturalną odporność odmian ziemniaka. Zaraza łądługowa wywołuje objawy na roślinach wcześniej lub równoległe z tradycyjnymi formami tej choroby, powodując plamy na liściach. Objawem formy łądługowej jest zamieranie szczytowych lub środkowych części łądług. Zarodnikowanie odbywa się na całej powierzchni plam, a nie tylko na obwodzie wokół martwej tkanki, zarodniki mogą rozprzestrzeniać się również w wysokich temperaturach powyżej 21°C, co powoduje, iż rozwija się ona szybciej niż tradycyjne formy tej choroby. Istotne przeszkody w skutecznym jej opanowaniu w Polsce mogą stanowić: brak działań profilaktycznych, duże rozdrobnienie plantacji i niedostateczna liczba zabiegów w trakcie wegetacji, zwłaszcza w gospodarstwach stosujących ekstensywne metody produkcji (6, 8).

Uwarunkowania wdrażania systemów wspomagania decyzji (SWD) w Polsce

Ocenę skuteczności systemów wspomagania decyzji w ochronie ziemniaków przed zarazą rozpoczęto w latach 80. ubiegłego stulecia w wielu krajach Europy Zachodniej. W tym celu na podstawie danych meteorologicznych opracowano szereg modeli prognozujących ryzyko wystąpienia choroby. W krajach anglosaskich (Wielka Brytania, Irlandia) testowano model oparty na tzw. okresach Smitha. Okres Smitha wyznaczają dwa kolejne dni o temperaturze minimalnej 10°C, podczas których wilgotność względna powietrza przekracza 90% przez 10 godzin pierwszego dnia i 11 godzin drugiego dnia. Z uwagi na znaczne zróżnicowanie warunków klimatycznych system ten stosowany poza Wielką Brytanią wymagał wprowadzenia pewnych poprawek. Kombinacja modelu prognozy negatywnej, opracowanego przez Schrödera i Ullricha, oraz tzw. skumulowanych jednostek zarazy (FRY Blight Units Model) umożliwia wskazanie daty pierwszego zabiegu i wyznacza okresy pomiędzy kolejnymi zabiegami (1, 2). Na przełomie wieku w wielu krajach Europy testowano szereg modeli komputerowych: Simphyt, Plant-Plus, NegFry, ProPhy, Guntz/Divoux/Milsol i PhytoPre+2000. System NegFry w tej grupie zaliczał się do skuteczniejszych i oszczędnych (4). W roku 2000 w ramach współpracy z Duńskim Instytutem Nauk Agrotechnicznych (DIAS) rozpoczęto prace nad adaptacją duńskiego programu NegFry w Polsce, na Litwie, Łotwie i w Estonii w związku z realizacją wspólnego programu ochrony Morza Bałtyckiego (2). Od 2000 r. rozpoczęto prace adaptacyjne w Polsce, a w woj. lubelskim podjęto je w 2001 r. Prace były realizowane przez IUNG we współpracy z Lubelskim Ośrodkiem Doradztwa Rolniczego (LODR), w zachodniopomorskim przez Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin O/Bonin oraz w wielkopolskim przez Instytut

Ochrony Roślin w Poznaniu. W ramach programu istniała również bieżąca współpraca z Instytutem Meteorologii i Gospodarki Wodnej w Warszawie w zakresie pozyskiwania danych meteorologicznych. Prace w celu adaptacji programu NegFry do warunków Polski miały charakter ścisłych doświadczeń polowych w województwach zachodniopomorskim i wielkopolskim oraz demonstracji wdrożeniowych w indywidualnych gospodarstwach rolnych na Lubelszczyźnie.

Wdrożenia systemu NegFry w latach 2001–2002

W pierwszym okresie wdrażania systemu w latach 2001–2002 przeprowadzono prace na 8 niewielkich plantacjach o łącznej powierzchni 5,8 ha w miejscowości Osiny k. Puław w 3 gospodarstwach indywidualnych. Głównym celem prac było porównanie tradycyjnego systemu ochrony przeciwko zaraze z systemem NegFry w zakresie skuteczności ochrony i jej efektów ekonomicznych. Potrzebne do obliczeń dane meteorologiczne pozyskiwane były z automatycznej stacji meteorologicznej IUNG w Osinach, a następnie przesyłane do IUNG w Puławach, gdzie program był zainstalowany. Do systemu wprowadzano następujące dane pogodowe: temperatura powietrza, wilgotność względna powietrza i suma opadów atmosferycznych dla okresu wegetacji, poczynając od daty wschodów ziemniaka aż do terminu zakończenia jego ochrony. Zalecenia dotyczące daty I zabiegu były generowane przez model Negative Prognosis, natomiast do wyznaczania terminu następnych zabiegów wykorzystywano metodę Fry’a. Określanie zaleceń do ochrony ziemniaka uwzględniało także informacje odnoszące się do odporności danej odmiany i rodzaju zastosowanego fungicydu (kontaktowy, wgłębny lub systemiczny). Informacje o terminach zabiegów uzyskiwano i przekazywano rolnikom drogą telefoniczną. Układ poletek wdrożeniowych w Osinach był taki, że obok obszaru objętego systemem NegFry na plantacjach pozostawiono obiekty kontrolne, na których rolnicy wykonywali zabiegi według własnego uznania, przy użyciu dostępnych preparatów i w datach określonych na podstawie własnego doświadczenia. Wdrożenia były prowadzone na glebach średnich, zaliczanych do kompleksu żyniego bardzo dobrego i dobrego (kl. IV a – V). Program testowano na odmianach o różnej wczesności i zróżnicowanej podatności części nadziemnych na zarazę ziemniaka (tab. 1). W trakcie wegetacji dokonywano systematycznych obserwacji szerzenia się zarazy ziemniaka, zgodnie z metodyką obserwacji (11), na kolejnych 100 roślinach ziemniaka w 2 miejscach każdej plantacji, na części objętej programem NegFry oraz w 2 miejscach na obiekcie kontrolnym. Oba sezony wegetacyjne znacznie różniły się układem warunków agrometeorologicznych. Pod względem opadów atmosferycznych sezon 2001 charakteryzował się przewagą miesięcy o sumie opadów wyższej od przeciętnej z wielolecia, zwłaszcza w lipcu i wrześniu, oraz średnią temperaturą dobową wyższą od średniej wieloletniej. Wczesna wiosna i dużo dni z opadami w miesiącach letnich przyczyniły się do bujnego rozwoju roślin i stwarzały warunki do wczesnego wystąpienia zarazy ziemniaka. Choroba ta rozwijała się w sierpniu i we wrześniu (duże opady) dość intensywnie i plantacje zostały porażone

w większym stopniu. Ochronę rozpoczęto w połowie I dekady lipca, zgodnie z terminem wyznaczonym w ramach NegFry, natomiast ochronę tradycyjną podjęto w 2 przypadkach z kilkudniowym wyprzedzeniem, a w przypadku odmiany odpornej – Bzura – dopiero w połowie III dekady lipca. We wszystkich przypadkach w momencie rozpoczęcia ochrony na plantacjach nie zaobserwowano jej objawów. Na odmianie podatnej (Irga) początki choroby wystąpiły w I dekadzie sierpnia. Odmiana ta dojrzała i została zebrana najwcześniej, wskutek krótszego okresu wegetacji niż w przypadku pozostałych odmian. Z powodu krótszego okresu akumulacji plonu objawy zarazy ujawniły na 20% roślin i nie zaobserwowano większych różnic w tempie szerzenia się choroby, a następnie w plonowaniu tej odmiany. Na tej plantacji dość istotne było towarzyszące zarazie porażenie roślin alternariozą, która dodatkowo wpłynęła na zmniejszenie wielkości plonu. Natomiast na odmianach Ania i Bzura zarazę obserwowano od połowy sierpnia i w obu przypadkach stwierdzono szybsze tempo szerzenia się choroby na obiektach z ochroną tradycyjną. Do momentu zbioru około 75% roślin było porażone zarazą na obiektach chronionych według programu NegFry, podczas gdy na obiektach chronionych tradycyjnie choroba ta opanowała 95-100% roślin. We wszystkich przypadkach większe plony zebrano na obiektach z zastosowaniem ochrony według systemu NegFry. Sezon 2002 charakteryzował się innym układem warunków pogodowych. Temperatura powietrza, zwłaszcza w miesiącach letnich, przewyższała normę wieloletnią, a opady atmosferyczne w okresie od maja do września były znacznie niższe w stosunku do średniej z wielolecia. W związku z tym w 2002 r. pierwsze objawy choroby na roślinach zaobserwowano w połowie sierpnia, a tempo szerzenia się choroby było wolniejsze (suchy wrzesień). Podobnie jak w 2001 r. stwierdzono, iż we wszystkich przypadkach choroba rozwijała się wolniej na obiektach chronionych według systemu NegFry. Plony bulw wszystkich odmian chronionych według tego systemu były wyższe w porównaniu z plonami uzyskanymi w wyniku ochrony tradycyjnej. Pomimo potrzeby większej ilości zabiegów system NegFry przyczynił się do lepszej ochrony ziemniaka w porównaniu z ochroną tradycyjną. W większości przypadków okazał się również bardziej uzasadniony ekonomicznie. Warto dodać, iż podczas przechowywania stwierdzono mniejszą podatność na gnicie ziemniaków intensywniej chronionych. W niewielkim stopniu system ten wpływał na zwiększenie udziału w plonie frakcji ziemniaka o większym kalibrze. Pewien wpływ na jakość ochrony miał również dobór preparatów. Mimo iż alternarioza nie była przedmiotem dokładnych obserwacji, jednak wybór do pierwszych zabiegów preparatów skutecznych zarówno przeciwko zarazie, jak i alternariozie zapewniał lepszą skuteczność ochrony. Stwierdzono to we wdrożeniach w r. 2001. Natomiast w 2002 rolnicy do pierwszych zabiegów w ramach ochrony tradycyjnej stosowali preparaty przeciwdziałające rozwojowi alternariozy. Wyniki wdrożeń przedstawiono w tabelach 1 i 2.

Tabela 1

Porównanie skuteczności ochrony ziemniaka przed zarazą prowadzonej według systemu NegFry z metodą tradycyjną w Osinach koło Puław w latach 2001–2002

Odmiana (odporność cz. nadziemnych na zarazę)*	Liczba zabiegów grzybobójczych		Porażenie roślin przez zarazę w końcu wegetacji (%)		Plon bulw (t·ha ⁻¹)	
	System ochrony					
	NegFry	tradycyjny	NegFry	tradycyjny	NegFry	tradycyjny
2001						
Irga (2)	4	4	20	20	28,5	25,5
Ania (6)	3	2	78	100	26,5	20,0
Bzura (8)	4	2	75	100	31,5	20,5
2002						
Tokaj (5)	4	2	50	75	41,0	40,0
Ania (6)	3	1	20	50	31,0	29,0
Ania (6)	3	2	50	75	28,0	26,5
Grot (7)	3	1	50	75	24,0	21,0
Bzura (8)	3	1	25	50	26,4	25,0

* stopień odporności w skali 10°
Źródło: opracowanie własne.

Tabela 2

Porównanie kosztów ochrony przeciwko zarazie ziemniaka według systemu NegFry z metodą tradycyjną na plantacjach ziemniaka w Osinach koło Puław w latach 2001–2002

Odmiana ziemniaka	Wartość plonu handlowego (zł · ha ⁻¹)		Łączne koszty ochro- ny (fungicydy + koszt zabiegu) (zł · ha ⁻¹)		Wartość plonu handlowego po odję- ciu kosztów ochrony (zł · ha ⁻¹)		Efekt finansowy systemu NegFry w stosunku do trady- cyjnego sposobu ochrony ziemniaka	
	System ochrony							
	NegFry	tradycyjny	NegFry	tradycyjny	NegFry	tradycyjny	zł · ha ⁻¹	%
2001								
Irga	6840	5738	681	542	6159	5196	963	+ 18,5
Ania	6240	4500	543	334	5697	4166	1531	+ 36,7
Bzura	7440	4613	665	292	6775	4321	2454	+ 56,8
2002								
Tokaj	9840	9600	685	350	9155	9250	- 95	- 1,0
Ania	7440	6960	494	163	6946	6797	150	+ 2,2
Ania	6720	6360	542	252	6178	6108	70	+ 1,1
Grot	3240	2835	542	125	2698	2710	- 12	- 0,4
Bzura	6336	6000	478	125	5858	5792	66	+ 1,1

Przyjęto, że plon handlowy stanowił 80% plonu ogólnego, a w przypadku odm. Grot (zagospodarowanej na cele paszowe) – 90% plonu ogólnego
Źródło: opracowanie własne.

Wdrożenia NegFry w latach 2003–2006

W latach 2003–2006 przeprowadzono ogółem 54 wdrożenia o łącznej powierzchni 50,8 ha w rejonie Lublina, w gminach Konopnica, Strzyżewice i Niedrzwica. Wdrożeniami objęto większe gospodarstwa specjalizujące się w produkcji ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa. Podobnie jak w latach ubiegłych ochronę prowadzono na odmianach o różnej podatności na zarazę, jednak nie stosowano porównania jej z ochroną tradycyjną, ponieważ rolnicy stosowali system NegFry na całości plantacji chronionych. Informacje o datach zabiegów pozyskiwano za pośrednictwem IUNG ze stacji synoptycznej IMGW w Radawcu k. Lublina i telefonicznie przekazywano rolnikom. Plantacje zlokalizowane były w promieniu do 10 km od tej stacji.

Wdrożenia NegFry w roku 2008

Po wznowieniu prac nad wdrażaniem systemu NegFry w 2008 r. przeprowadzono 2 wdrożenia w Stasinie (gm. Wojciechów), na podstawie danych przekazywanych rolnikom za pośrednictwem internetu z polowej stacji meteorologicznej (zakupionej przez IUNG-PIB w Puławach) zainstalowanej w Palikijach, odległej o 4 km od gospodarstw. Plantacje zlokalizowano w 2 gospodarstwach; do wdrożeń wykorzystano 13 plantacji o łącznej powierzchni 8,05 ha z 11 odmianami o różnej podatności na zarazę. Ziemniaki w obu gospodarstwach uprawiane były na cele jadalne, a częściowo dla przetwórstwa na sucho, na zasadzie kontraktacji z Zakładami Przemysłu Ziemniaczanego w Lublinie. W sezonie 2008 duża ilość opadów w maju wpłynęła na konieczność wczesnego podjęcia ochrony ziemniaka przed zarazą; w zależności od terminu wschodów i odporności odmian pierwsze opryski wykonano już 6 czerwca na bardzo wczesnej odmianie Lord. W większości przypadków ochronę podjęto w II dekadzie czerwca. Rozkład opadów w miesiącach letnich był dość równomierny, a średnia temperatura powietrza była zbliżona do przeciętnej z wielolecia, dzięki temu rośliny ziemniaka rozwijały się prawidłowo i nie wystąpiło bardzo duże zagrożenie wystąpienia zarazy. Dopiero w okresie poprzedzającym dojrzewanie pojawiły się warunki bardziej sprzyjające infekcji, toteż ostatnie zabiegi wykonano na odmianach średnio wczesnych 26 sierpnia. Ogółem w sezonie wykonano w większości przypadków 4 zabiegi, a w uprawie odmian o krótszym okresie wegetacji 3 zabiegi. Do pierwszych zabiegów stosowano preparaty przeciwdziałające alternariozie i zarazie ziemniaka o działaniu układowym lub układowo-wgłębnym (Tattoo C 750 SC, Ridomil Gold MZ 68 WG, Pyton Consent 450 SC), zaś do kolejnych wgłębne lub kontaktowe (Curzate M 72,5 WP, Sancozeb 80 WP).

Dzięki zastosowaniu systemu NegFry zdrowotność plantacji była dobra do okresu poprzedzającego zbiór ziemniaka. Zaobserwowano niewielki stopień porażenia roślin przed zbiorem na plantacjach odmian bardziej wrażliwych na tę chorobę (Denar, Lord, Fresco i Irga). Zadowalająca jakość ziemniaków została osiągnięta dzięki systematycznej ochronie prowadzonej od momentu wystąpienia ryzyka porażenia aż do osią-

gnięcia fazy naturalnej dojrzałości roślin, z zachowaniem odpowiedniego terminu karencji.

Jak wynika z tabeli 3 termin rozpoczęcia ochrony chemicznej występował z reguły w połowie czerwca, był on uzależniony od układu warunków pogodowych w danym sezonie i często przypadał przed zwarciem roślin w rzędach. W praktyce rolnicy, którzy stosują tradycyjne sposoby ochrony roślin wykonują I zabieg zbyt wcześnie, co powoduje niepełną skuteczność lub opóźniają go, kierując się wskazówkami obserwacji fenologicznych, co stwarza ryzyko wniknięcia choroby do tkanki liściowej. Komunikaty Wojewódzkiego Inspektoratu Ochrony Roślin i Nasiennictwa (WIORiN) sygnalizujące potrzebę ochrony przed zarazą odnoszą się do większych obszarów i są często zbyt zgeneralizowane, by w konkretnych przypadkach zapobiec skutkom porażenia ziemniaka. Ponadto rolnicy często zaniedbują systematyczną ochronę plantacji w późniejszych terminach lub stosują ją rutynowo, niezależnie od warunków agrometeorologicznych. Dostosowanie się do systemu ochrony narzuca większą dyscyplinę oprysków i zapobiega nadmiernemu ryzyku wynikającemu z opóźnienia zabiegów. Rolnicy korzystający z programu zainstalowanego we własnym komputerze mają ponadto możliwość stałej kontroli zagrożenia, ponieważ widzą w jakim tempie narasta ryzyko związane ze stopniem porażenia roślin przez chorobę. Wskutek tego liczba zabiegów może być optymalna dla warunków konkretnych plantacji.

Tabela 3

Ochrona ziemniaka na plantacjach wdrożeniowych w latach 2001–2008

Rok	Data I zabiegu	Ilość zabiegów
2001	07.07	4–3
2002	07.06–20.06	3–4
2003	24.06–09.07	3–4
2004	23.06–09.07	3–5
2005	24.06–07.07	4–2
2006	14.06–07.08	2–1
2008	06.06–11.07	4–3

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Prace wdrożeniowe prowadzone w latach 2001–2008 wykazały, iż system ochrony NegFry okazał się przydatny w praktyce rolniczej. Istotną przeszkodą w jego szerszym upowszechnianiu była trudność w pozyskiwaniu danych, ponieważ większość rolników nie posiadała dostępu do internetu. Dużą pomocą była natomiast możliwość korzystania z tzw. „prognozy negatywnej”, która była dostępna dla naszego województwa na stronie internetowej IUNG. Rolnicy chętnie korzystali z tej oferty, niewątpliwie wzorem szeregu innych regionów, takich jak Wielkopolska, należałoby od-

tworzyć obecnie tę możliwość, ponieważ termin I zabiegu odgrywa ogromną rolę w całości systemu ochrony (5). Zastosowanie systemu NegFry we wszystkich przypadkach zapewniało zachowanie ulistnienia do okresu dojrzewania roślin, przedłużało okres wegetacji ziemniaka o 1-2 tygodnie, przyczyniając się tym samym do dłuższej akumulacji plonu. W wyniku zastosowania systemu NegFry w latach 2001–2002 stwierdzono zwiększenie plonu handlowego i poprawę przechowywania bulw o 2-5% w stosunku do wartości tych wskaźników w ochronie tradycyjnej. Zwiększenie liczby zabiegów w stosunku do stosowanych w tradycyjnej, dość ekstensywnej ochronie nie musi powodować wzrostu kosztów uprawy, ponieważ są one rekompensowane większym plonem ogólnym i udziałem plonu handlowego w plonie ogólnym oraz lepszą jego jakością.

Niewątpliwie system ten jest przydatny dla gospodarstw, w których ziemniak uprawiany jest na dużej powierzchni na cele towarowe. Tam ryzyko niepowodzenia ochrony przyczynia się do większych strat. Posiadanie własnej stacji polowej usytuowanej w większym skupisku plantacji zapewnia łatwiejszy dostęp do danych dla konkretnego terenu, co może być szczególnie przydatne w rejonach kontraktacji ziemniaka dla dużych odbiorców (zakłady przetwórcze, sieci sklepów itp.). Istotnym elementem zastosowania programu wspomagania decyzji jest także ochrona środowiska, bowiem w wyniku optymalizacji liczby zabiegów nie występuje obawa jego nadmiernego skażenia. Ustawa o ochronie roślin w obecnym kształcie nie stwarza możliwości stosowania obniżonych dawek fungicydów, natomiast w wielu krajach Europy stosowanie obniżonych lub dzielonych dawek środków w przypadku ograniczonego zagrożenia przyczynia się do pełniejszego wykorzystania możliwości systemu. W Polsce oprócz zarazy ziemniaka poważne zagrożenie stanowi również alternarioza. Program NegFry nie uwzględnia tej choroby, być może w przyszłości konieczne będzie opracowanie innego programu dla ochrony przed alternariozą lub włączenie go w istniejący system wspomagania decyzji (10). System ten powinien zostać włączony do elementów wyposażenia doradców rolniczych, znaleźć się w dostępnej formie wśród innych programów ułatwiających podejmowanie decyzji w gospodarstwach rolnych. Obecnie kontynuowane są prace nad rozszerzeniem zastosowań tego rodzaju systemów (3).

Literatura

1. D e n z e r H., P e s s l G.: Doświadczenia z modelami prognostycznymi „Smith Periods”, „Schröder and Ullrich negative prognosis” i „Fry blight units” współpracującymi z elektroniczną stacją meteorologiczną eMetos. Mat. Konf. „Nasiennictwo i ochrona ziemniaka”. IHAR O/Bonin, Kołobrzeg, 24-25.04.2003.
2. DIAS Report Plant Production no. 96. Proceedings of the crop protection. Conference for the Baltic Sea Region 28-29 th April 2003 – IOR Poznań, December 2003.
3. I g n a c z e w s k i G.: Zastosowania wyników projektu Interreg IIIC 4E0018R-eFarmer. Podprojekt: Doradca na odległość. MODR w Warszawie, O/Poświętne w Płońsku, 2007.
4. H a n s e n J. G. i in.: Results of validation trials of phytophthora DSSs in Europe. Edinburgh, 26-30.09.2001.

5. K r a s i ń s k i T., W ó j t o w i c z A., R o g a l i ń s k i M., J a w o r s k i R., Ł e p k o w s k i M.: Współpraca IOR i ODR w latach 2007–2008 nad monitoringiem zarazy ziemniaka oraz perspektywy jej dalszego rozwoju w latach następnych. Mat. Konf. CDR Brwinów z V Festiwalu Nauki Rolniczej – Brwinów 2008.
6. K a p s a J.: Zwalczanie zarazy ziemniaka – stare i nowe problemy. Bonin, 2000.
7. K a p s a J.: Program ochrony ziemniaków przed chorobami. W: Ziemniaki – nowe perspektywy. Agro Serwis Warszawa, 2008, 76-79.
8. K a p s a J., R y s a k W.: Systemy wspomagające podejmowanie decyzji w ochronie ziemniaka przed zarazą. Sem. Szkol. X Krajowe Dni Ziemniaka. IHAR Radzików, WODR w Lublinie z s. w Końskowoli, 2003.
9. K o z y r a J.: System NegFry pozwala taniej zwalczać zarazę ziemniaka. TopAgrar Polska, 2008, 4: 96-98.
10. O s o w s k i J.: Alternarioza coraz częściej obniża plony. W: Ziemniaki – nowe perspektywy. Agro Serwis Warszawa, 2008, 80-81.
11. R o z t r o p o w i c z S. (red.): Metodyka obserwacji i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakami. Bonin, 1985.
12. R y s a k W., K o z y r a J., Z a l i w s k i A., K ę p i ń s k a - K a s p r z a k M.: Praktyczne wykorzystanie systemów wspomagania decyzji w ochronie ziemniaka przed zarazą (na podstawie wyników wdrożeń w gospodarstwach na terenie woj. lubelskiego w latach 2001–2006. Mat. XLVII Sesji Nauk. IOR, Poznań, 2007, 20-22.
13. S a m b o r s k i S.: Produkcja ziemniaków. W: Polska wieś w Europie. Fundacja Fundusz Współpracy, Biuro Programów Wiejskich. Warszawa, 2005, 1-19.
14. Z a l i w s k i A., H o ł a j J.: Wybrane aspekty wspomagania decyzji technologicznych w gospodarstwie rolnym. Pam. Puł., 2001, 124: 421-428.

Adres do korespondencji:

mgr Wojciech Rysak
Lubelski Ośrodek Doradztwa Rolniczego
ul. Pożowska 8
24-130 Końskowola
tel.: (081) 889 06 00
e-mail: wrysak@wodr.konskowola.pl

Jacek Hołaj

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

POTRZEBY INFORMACYJNE PRODUCENTÓW KUKURYDZY*

Wstęp

Kukurydza może być uprawiana na ziarno, kiszonkę z rozdrobnionych kolb kukurydzy (kukurydza na CCM) i kiszonkę z całych roślin. Produkowana jest zarówno w gospodarstwach, jak i przedsiębiorstwach rolnych. W małych gospodarstwach rolnicy nastawieni są głównie na zabezpieczenie bytu swoich rodzin i produkcję na własne potrzeby. W dużych gospodarstwach i przedsiębiorstwach ich właściciele (producenci rolni) koncentrują się przede wszystkim na produkcji płodów (surowców, półproduktów i produktów), które przeznaczone są do sprzedaży na rynku zewnętrznym (12).

Rola informacji w potrzebach producentów rolnych jest ważna, stanowi bowiem jeden z czterech czynników produkcji – obok ziemi, ludzi i środków technicznych oraz pieniędzy (3). Producenci potrzebują zarówno informacji wewnętrznych pochodzących z gospodarstwa (przedsiębiorstwa), jak i zewnętrznych z jego otoczenia (12).

Do informacji wewnętrznych w produkcji rolniczej zalicza się informacje technologiczne, w których zakres wchodzi informacje techniczne, techniczno-eksploatacyjne, organizacyjne i ekonomiczne. Informacje techniczne dotyczą np. parametrów technicznych ciągnika, takich jak: moc znamionowa, obroty WOM, pojemność zbiornika paliwa, średnie zużycie paliwa, prędkość na poszczególnych biegach, masa własna, rozstaw osi, wymiary (długość, szerokość, wysokość). Do informacji techniczno-eksploatacyjnych zalicza się m.in.: powierzchnię pól, rodzaj, liczbę i szacunkową wartość maszyn i urządzeń znajdujących się na wyposażeniu gospodarstwa, roczne koszty zakupu nowych maszyn, roczne koszty obsługi technicznej i napraw (7). Informacje organizacyjne związane są np. z zaplanowaniem liczby potrzebnych najemnych pracowników, rozplanowaniem zabiegów na określonych polach. Informacje ekonomiczne dotyczą m.in. kosztu zatrudnienia pracowników najemnych, kosztu nawozów, środków ochrony roślin, paliw i innych materiałów, usług, wysokości dopłat bezpośrednich i dochodu.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Informacje powinny obejmować również otoczenie gospodarstwa (przedsiębiorstwa), np. dane meteorologiczne, które określają terminy wykonywania zabiegów technologicznych i mogą być pomocne producentowi rolnemu przy planowaniu zabiegów uprawowych (11). Do informacji zewnętrznych zalicza się również m.in.: dane rynkowe, regulacje prawne, uwarunkowania gospodarcze i polityczne.

Informacje w procesie zarządzania, z uwagi na perspektywę czasową, sklasyfikowane są na trzech poziomach decyzyjnych: strategicznym, taktycznym i operacyjnym. Podejmowanie decyzji w dłuższej perspektywie czasowej to działania strategiczne, takie jak: przewidywane udoskonalenia technologii produkcji, trendy w postępie odmianowym kukurydzy. Z kolei taktyka określa działania związane z realizacją przyjętej strategii, np. opracowanie planu produkcyjnego. Działania operacyjne podejmowane są w krótkiej perspektywie czasowej i odnoszą się do prac bieżących, których przykładem są terminy przeprowadzania zabiegów uprawowych (8, 9).

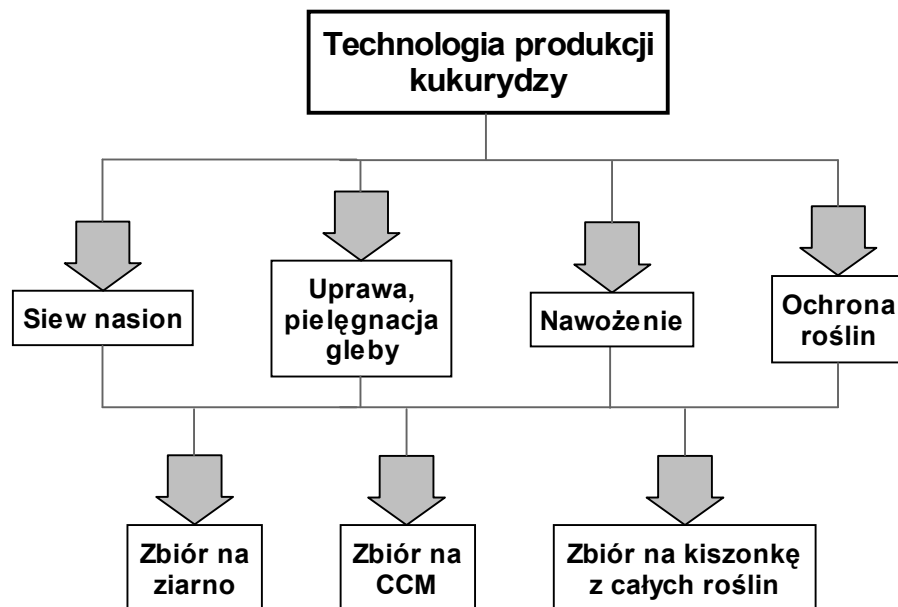
Celem opracowania było przedstawienie potrzeb informacyjnych producentów kukurydzy uprawianej na ziarno, kiszonkę z rozdrobnionych kolb kukurydzy i kiszonkę z całych roślin.

Potrzeby informacyjne

Producent rolny potrzebuje szerokiego zakresu informacji dla zapewnienia dobrej organizacji prac i właściwego poziomu technicznego i technologicznego produkcji. W warunkach niskodochodowego gospodarstwa rolnego jego właściciel, na podstawie analizy stosowanych technologii produkcji, określa zakres niezbędnych informacji. Z kolei producent rolny zmuszony jest do przeprowadzenia znacznie szerszej analizy zależności występujących wewnątrz gospodarstwa (przedsiębiorstwa) rolnego i na rynku zewnętrznym. W tym celu potrzebuje on większej liczby, ale również precyzyjniejszych informacji, np.: analiz rynku rolnego w ostatnich latach, trendów cenowych na następne lata w Polsce i w skali światowej. Pełny zakres uzyskanych informacji pozwoli producentowi na zaplanowanie produkcji w różnych okresach czasowych (11).

W produkcji kukurydzy na ziarno, CCM i kiszonkę z całych roślin agrotechnika od siewu do momentu poprzedzającego rozpoczęcie zbioru jest podobna. Potrzeby informacyjne dla zabiegów siewu nasion i pielęgnacyjnych roli oraz nawożenia i ochrony roślin będą omówione wspólnie dla trzech kierunków uprawy kukurydzy (rys. 1). Ze względu na różnice w technologii produkcji potrzeby informacyjne dla procesów zbioru kukurydzy na ziarno (rys. 2), CCM (rys. 3) i kiszonkę z całych roślin (rys. 4) zostaną omówione oddzielnie.

Analiza technologii pozwala wyznaczyć zakres informacji operacyjnych, taktycznych i strategicznych pomocnych producentowi kukurydzy we właściwym przeprowadzaniu wszystkich zabiegów uprawowych, co zostało niżej przedstawione w podziale na procesy technologiczne.



Rys. 1. Schemat podziału na procesy technologiczne w uprawie kukurydzy na ziarno, CCM i kiszonkę z całych roślin

Źródło: opracowanie własne.

Informacje potrzebne do przeprowadzenia siewu

Uprawa kukurydzy obarczona jest ryzykiem nie osiągnięcia pełnej dojrzałości (najwyższym dla uprawy na ziarno), co może spowodować obniżkę ilościową i jakościową plonu. Mieszańce późniejsze mogą nie zawiązywać kolb lub ich zaziarnienie może być niepełne. Dlatego wybór nasion określonej odmiany stanowi krytyczny element, szczególnie w uprawie kukurydzy na ziarno.

Do informacji operacyjnych zalicza się:

- termin przeprowadzenia siewu,
- krótkoterminowe prognozy pogody,
- odmianę kukurydzy (liczba FAO),
- rodzaj nasion (krajowe lub zagraniczne),
- ilość wysianych nasion (tys. sztuk · ha⁻¹),
- cenę nasion.

Do informacji taktycznych zalicza się:

- długoterminowe prognozy pogody,
- płodozmian i przedplon,
- typ agregatu siewnego,
- siew usługowy (np. użycie siewnika punktowego z aplikatorem nawozów mineralnych).

Do informacji strategicznych zalicza się informacje meteorologiczne opracowane na podstawie danych – średnich wieloletnich:

- temperaturę gleby na głębokości 5 cm (°C); (wpływa na tempo kiełkowania nasion),
- temperaturę powietrza 5 cm nad gruntem (°C); (analogicznie jak przy temperaturze gleby na głębokości 5 cm),
- wilgotność gleby na głębokości 5 cm (%); (wpływa na poślizg agregatu siewnego, jak również na tempo kiełkowania nasion),
- wilgotność powietrza (%); (duża wilgotność powietrza może powodować zlepienie się nasion w zbiorniku siewnika i sekcjach wysiewających),
- opad (mm); (wystąpienie deszczu utrudnia lub uniemożliwia przeprowadzenie siewu nasion),
- liczba dni z opadem powyżej 5 mm · m⁻² (analogicznie jak przy opadzie),
- temperatura powietrza na wysokości 2 m nad gruntem (°C); (wyższa temperatura wpływa na lepszą sypkość wysiewanych nasion),
- usłonecznienie (°C); (analogicznie jak przy temperaturze powietrza na wysokości 2 m nad gruntem).

Informacje meteorologiczne, takie jak:

- wilgotność gleby na głębokości 5 cm (%),
- wilgotność powietrza (%),
- opad (mm),
- liczba dni z opadem powyżej 5 mm · m⁻²,

będą się powtarzały w większości zabiegów i prac uprawowych. Informacje te w dalszej części pracy zostaną określone jako „grupa standardowych informacji meteorologicznych”.

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zabiegów pielęgnacyjnych roli

Informacje operacyjne:

- termin przeprowadzenia zabiegu.

Informacje taktyczne dotyczące:

- określenia rodzaju agregatu rolniczego,
- ustawienia głębokości elementów roboczych maszyn.

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- wilgotność gleby na głębokości 5 cm (%),
- wilgotność gleby na głębokości 20 cm (%); (dotyczy ewentualnego przeprowadzenia orki),
- opad (mm),
- liczba dni z opadem powyżej 5 mm · m⁻².

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zabiegów nawożenia

Informacje operacyjne:

- termin przeprowadzenia zabiegu,
- nawóz, dawka i jego cena.

Informacje taktyczne dotyczące:

- określenia typu rozsiewacza nawozów,
- zawartości pierwiastków w glebie (wyniki przeprowadzonych analiz glebowych),
- obowiązkowych badań osób i sprzętu uprawniających do przeprowadzania zabiegów nawożenia (wymóg UE).

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- grupa standardowych informacji meteorologicznych.

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zabiegów ochrony roślin

Informacje operacyjne:

- termin przeprowadzenia zabiegu,
- środek ochrony roślin i jego cena,
- dawka,
- kierunek wiatru.

Informacje taktyczne dotyczące:

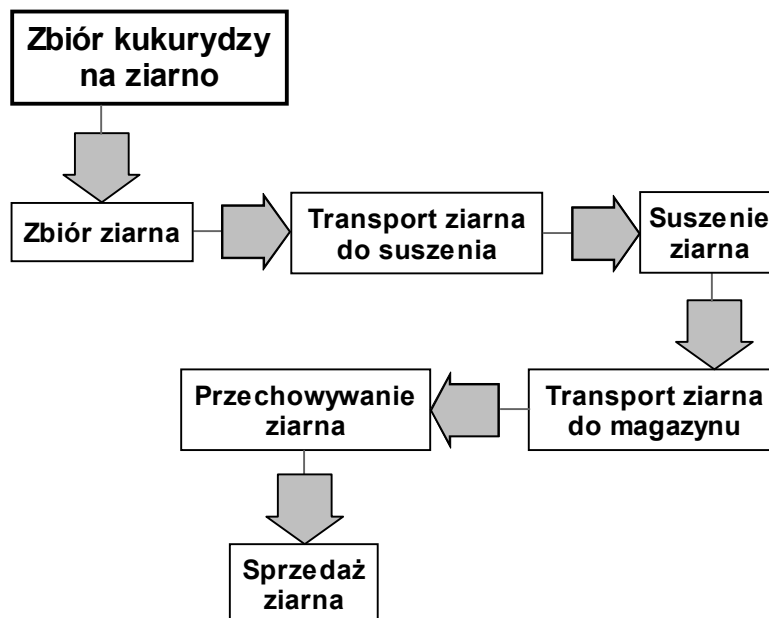
- określenia typu opryskiwacza,
- monitoringu chorób grzybowych,
- monitoringu nalotu szkodników,
- zawartości szkodliwych substancji w roślinach kukurydzy (wyniki analiz),
- obowiązkowych badań osób i sprzętu uprawniających do przeprowadzenia zabiegów ochrony roślin (wymóg UE).

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- grupa standardowych informacji meteorologicznych,
- temperatura powietrza na wysokości 2 m nad gruntem ($^{\circ}\text{C}$); (wpływa na skuteczność działania niektórych środków ochrony roślin),
- usłonecznienie (h); (analogicznie jak przy temperaturze powietrza na wysokości 2 m nad gruntem),
- prędkość wiatru ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$).

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zbioru kukurydzy na ziarno

Kukurydza na ziarno powinna być zbierana przy zawartości suchej masy w ziarnie powyżej 60%. Najkorzystniej jest rozpoczynać zbiór, gdy wynosi ona 70-75%, co ma wpływ na obniżenie kosztów suszenia ziarna. Wysuszone ziarno kukurydzy stanowi cenny energetycznie składnik w produkcji mieszanek paszowych dla drobiu (6).



Rys. 2. Podprocesy technologiczne przy zbiorze kukurydzy na ziarno

Źródło: opracowanie własne.

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zbioru ziarna

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia zbioru (faza dojrzałości pełnej ziarna),
- wilgotność ziarna (%).

Informacje taktyczne dotyczące:

- zastosowania kombajnu (obrywanie kolb i młócenie ziarna), transportu ziarna do suszarni;
- zastosowania kombajnu z przystawką do rozdrabniania łodyg (obrywanie kolb i młócenie ziarna z równoczesnym rozdrabnianiem łodyg), transportu ziarna do suszarni;
- usługowego zbioru ziarna kukurydzy: częściowego (np. użycie kombajnu, ciągnika z przyczepą) lub całościowego.

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- suma temperatur efektywnych (°C); (wymagania termiczne do osiągnięcia pełnej dojrzałości przez określone odmiany kukurydzy),
- grupa standardowych informacji meteorologicznych,
- usłonecznienie (h).

Informacje potrzebne do przeprowadzenia suszenia ziarna

Koszty suszenia mają duży udział w kosztach bezpośrednich produkcji ziarna kukurydzy. Producent kukurydzy powinien dążyć do racjonalnej gospodarki nakładami energetycznymi ponoszonymi na suszenie ziarna.

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia suszenia (zapewnienie ciągłości zbioru ziarna z suszeniem),
- wilgotność ziarna (%).

Informacje taktyczne dotyczące:

a) warunków suszenia:

- wczesności odmianowej,
- areалу uprawy (ha),
- plonu ($t \cdot ha^{-1}$),
- wymaganej wydajności suszenia ($t \cdot h^{-1}$).

b) metody suszenia:

- wysokotemperaturowego: w suszarni stacjonarnej lub przewoźnej,
- dwuetapowego: I etap w suszarni stacjonarnej lub przewoźnej oraz II etap w silosie,
- dwuetapowego: w dwuetapowym silosie,
- usługowego: częściowego (np. użycie suszarni przewoźnej, dzierżawa silosu) lub całościowego.

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- wilgotność powietrza (%),
- opad (mm),
- liczba dni z opadem powyżej $5 mm \cdot m^{-2}$,
- temperatura powietrza na wysokości 2 m nad gruntem ($^{\circ}C$),
- usłonecznienie (h).

Informacje potrzebne do transportu ziarna do magazynu

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia transportu ziarna (zapewnienie ciągłości suszenia ziarna z transportem do magazynu).

Informacje taktyczne dotyczące:

- taśmowego wyładunku wysuszonego ziarna z suszarni na przyczepę, przewożu ziarna do pomieszczeń magazynowych i jego rozładunku (np. przy użyciu taśmociągu lub dmuchawy z rękawem),
- bezpośredniego taśmowego transportu wysuszonego ziarna z suszarni do pomieszczeń magazynowych (przy niewielkiej odległości suszarni od magazynu).

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- analogicznie jak przy suszeniu ziarna.

Informacje potrzebne do przechowywania ziarna

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia przechowywania ziarna.

Informacje taktyczne dotyczące przechowywania wysuszonego ziarna w:

- magazynie pomieszczenia gospodarczego,

- wyodrębnionym zabudowanym magazynie,
- silosie (silosach).

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- analogicznie jak przy suszeniu ziarna.

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zbioru kukurydzy na CCM

Kukurydza na CCM powinna być zbierana przy zawartości suchej masy w kolbach na poziomie 50-55%. Kiszonka z ześrutowanych kolb kukurydzy stanowi cenną energetycznie paszę dla trzody chlewnej (6).

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zbioru i rozdrabniania kolb kukurydzy

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia zbioru (faza początku dojrzałości pełnej ziarna).

Informacje taktyczne dotyczące:

- użycia zrywacza kolb, transportu kolb do stanowiska rozdrabniacza i ich rozdrabniania, transportu śruty do zakiszania;
- użycia sieczkarni (obrywanie kolb z równoczesnym ich rozdrabnianiem), transportu śruty do zakiszania;
- usługowego zbioru i rozdrabniania kolb: częściowego (np. użycie zrywacza albo sieczkarni) lub całościowego.

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- suma temperatur efektywnych (°C),
- grupa standardowych informacji meteorologicznych.

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zakiszania ześrutowanych kolb kukurydzy

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia zakiszania ześrutowanych kolb (zapewnienie ciągłości zbioru i rozdrabniania kolb z zakiszaniem śruty).

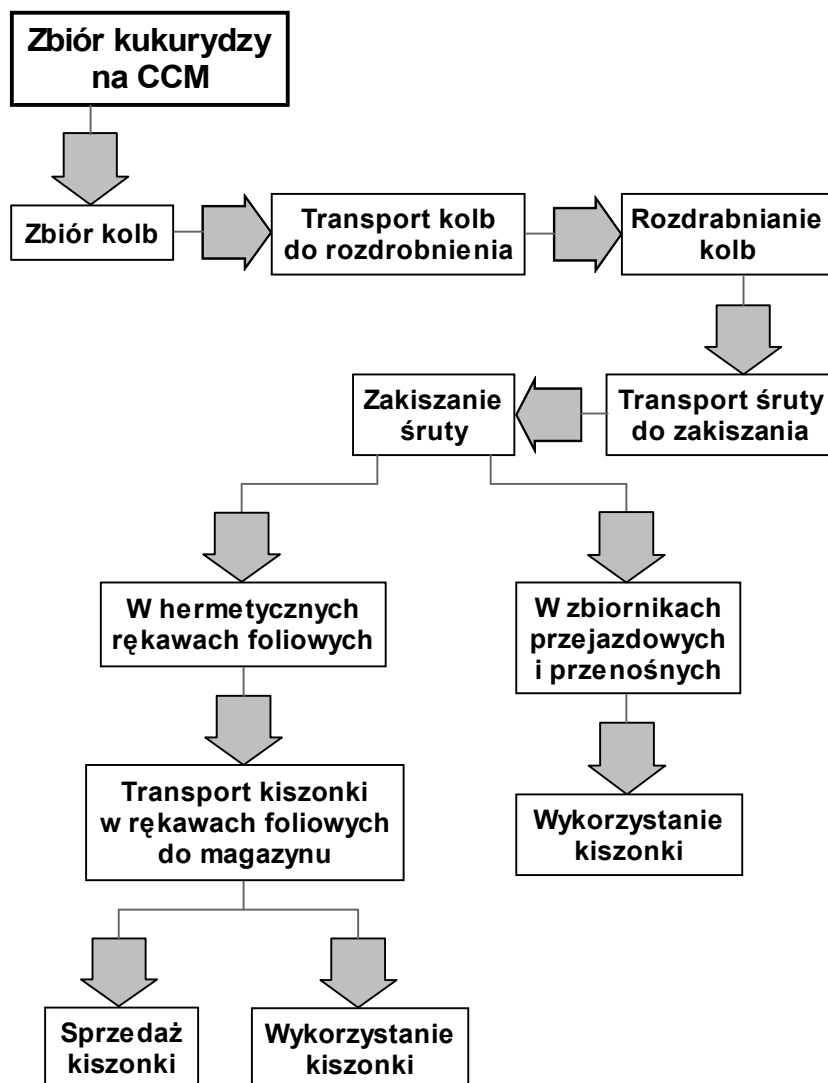
Informacje taktyczne dotyczące sposobu zakiszania śruty w:

- zbiornikach przejazdowych lub przenośnych, przy użyciu ciągnika kołowego lub gąsiennicowego do ugniatania śruty;
- zbiornikach przejazdowych lub przenośnych, przy usługowym użyciu ciągnika kołowego lub gąsiennicowego do ugniatania śruty;
- hermetycznych rękawach foliowych i transportu napełnionych kiszonką rękawów foliowych do magazynu.

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- grupa standardowych informacji meteorologicznych.

Zakiszanie ześrutowanych kolb kukurydzy w hermetycznych rękawach foliowych jest kosztowniejszym elementem technologii niż w zbiornikach przejazdowych i przenośnych, wymaga większej ilości informacji, ale zapewnia optymalne warunki zaki-



Rys. 3. Podprocesy technologiczne przy zbiorze kukurydzy na CCM
Źródło: opracowanie własne.

szania i możliwość całorocznego okresu przechowywania pełnowartościowej kiszonki. Ześrutowane kolby kukurydzy przechowywane w rękawach foliowych mogą podlegać obrotowi towarowemu na rynku produktów rolnych (1).

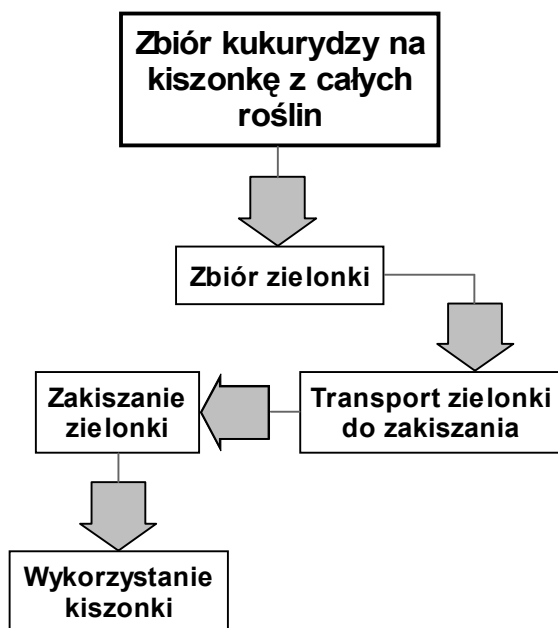
Informacje potrzebne do wykorzystania kiszonki z ześrutowanych kolb kukurydzy

Informacje taktyczne dotyczące wykorzystania kiszonki:

- na potrzeby własne producenta,
- w ramach pomocy – współpracy sąsiedzkiej,
- sposób mieszany: na potrzeby własne oraz na sprzedaż (kiszonka przechowywana w rękawach foliowych),
- na sprzedaż (kiszonka przechowywana w rękawach foliowych).

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zbioru kukurydzy na kiszonkę z całych roślin

Kukurydza na kiszonkę z całych roślin powinna być zbierana przy zawartości suchej masy w roślinach kukurydzy na poziomie 33-35% i udziale kolb w plonie suchej masy wynoszącym 44-48%. Kiszonka sporządzona z roślin o takich parametrach zawartości suchej masy stanowi wysokoenergetyczną paszę w żywieniu przeżuwaczy (2, 5).



Rys. 4. Podprocesy technologiczne przy zbiorze kukurydzy na kiszonkę z całych roślin
Źródło: opracowanie własne.

Informacje potrzebne do przeprowadzenia zbioru zielonki

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia zbioru (faza woskowej dojrzałości ziarna).

Informacje taktyczne dotyczące:

- zastosowania sieczkarni zbierającej i transportu zielonki do zakiszania,
- zastosowania silosokombajnu i transportu zielonki do zakiszania,
- usługowego zbioru zielonki: częściowego (np. użycie silosokombajnu, ciągnika z przyczepą) lub całościowego.

Informacje strategiczne (meteorologiczne):

- suma temperatur efektywnych (°C),
- grupa standardowych informacji meteorologicznych.

Informacje potrzebne do zakiszania zielonki

Informacje operacyjne:

- termin rozpoczęcia zakiszania zielonki (zapewnienie ciągłości zbioru roślin z zakiszaniem zielonki).

Informacje taktyczne dotyczące sposobu zakiszania zielonki w:

- silosach przejazdowych lub przenośnych, przy użyciu ciągnika kołowego lub gąsiennicowego do ugniatania zielonki;
- silosach przejazdowych lub przenośnych, przy usługowym użyciu ciągnika kołowego lub gąsiennicowego do ugniatania zielonki.

Informacje strategiczne:

- grupa standardowych informacji meteorologicznych.

Informacje potrzebne przy wykorzystaniu kiszonki z kukurydzy

Informacje taktyczne dotyczące wykorzystania kiszonki:

- na potrzeby własne producenta,
- w ramach pomocy – współpracy sąsiedzkiej.

Informacje potrzebne do sprzedaży wysuszonego ziarna kukurydzy oraz kiszonki z ześrutowanych kolb kukurydzy przechowywanej w rękawach foliowych

Wysuszone ziarno kukurydzy i kiszonka z ześrutowanych kolb kukurydzy przechowywana w hermetycznych rękawach foliowych podlegają obrotowi towarowemu na rynku produktów rolnych.

Informacje taktyczne dotyczące:

a) terminu odbioru ziarna i paszy w:

- krótkim terminie po zbiorze,
- wydłużonym terminie po zbiorze, co wiąże się z dodatkowymi kosztami przechowywania.

b) potencjalnych odbiorców o zasięgu:

- lokalnym,
- regionalnym,
- krajowym.

Podsumowanie

Producent rolny powinien prowadzić pełną analizę stosowanych technologii produkcji w gospodarstwie (przedsiębiorstwie) rolnym, co pozwoli na określenie dokładnego zakresu potrzebnych informacji (4). Obecnie najczęściej korzysta z takich źródeł informacji, jak: doniesienia prasowe, radiowe, telewizyjne, internetowe. Są to jednak informacje rozproszone i tylko wykorzystanie systemu wspomagania decyzji pozwoliłoby na integrację wielu informacji zawartych w jednym źródle.

Wskazane jest, aby system wspomagania decyzji wdrażany był u producentów rolnych przez służby doradztwa rolniczego. Służby te powinny wykazywać zainteresowanie w pozyskiwaniu takich systemów. Dodatkowo w przypadku gospodarstw wielkoobszarowych od producentów kukurydzy można oczekiwać większego zaangażowania w poznawaniu i zdobywaniu umiejętności korzystania z systemów wspomagania decyzji. Pozwoliłoby to producentom kukurydzy na podejmowanie trafnych decyzji dotyczących technologii produkcji od etapu przygotowania pól i siewu nasion do etapu zbioru (10).

Planowanie produkcji kukurydzy na różne kierunki użytkowania (ziarno, CCM, kiszonka z całych roślin) z wykorzystaniem analizy systemowej może przyczynić się do obniżenia kosztów, wzrostu plonu i poprawy jego jakości oraz osiągnięcia korzystnych cen przy sprzedaży ziarna i kiszonki z ześrutowanych kolb (przechowywanej w hermetycznych rękawach foliowych).

Literatura

1. Hołaj J.: Potrzeby informacyjne producentów kiszonki z kukurydzy. *J. Res. Appl. Agric. Eng.*, 2008, **53(2)**: 58-60.
2. Hołaj J., Machul M.: Modelowanie kosztów produkcji kiszonki z kukurydzy. *Pam. Puł.*, 2005, **140**: 69-78.
3. Karbowski K., Wyrzykowska B.: Podstawy teorii organizacji i zarządzania. SGGW Warszawa, 2009.
4. Lewis T.: Evolution of farm management information systems. *Comp. Electr. Agric.*, 1998, **19**: 233-248.
5. Machul M., Lipski S., Brzóska F., Kęsik K., Górski T., Hołubowicz-Kliza G., Madej A.: Uprawa kukurydzy pastewnej na kiszonkę z całych roślin. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG Puławy, 2004, **99**.
6. Machul M., Lipski S., Brzóska F., Kęsik K., Górski T., Hołubowicz-Kliza G., Madej A.: Uprawa kukurydzy pastewnej na ziarno i CCM. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG Puławy, 2004, **100**.

7. Stężala S., Ambroziak W., Wojdak J., Małkiewicz A.: Techniczno-ekonomiczna ocena efektywności obsługi konserwacyjnej maszyn rolniczych. *Probl. Inż. Rol.*, 2008, **3**: 143-152.
8. Werner A., Bachinger J., Sadtke R., Roth R., Jarfe A., Zander P., Schuler J.: Decision support systems in crop production on the farm and field level. *Pam. Puł.*, 2000, **120**: 511-535.
9. Zaliwski A., Hołaj J.: Wybrane aspekty wspomaganie decyzji technologicznych w gospodarstwie rolnym. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 421-428.
10. Zaliwski A. S., Hołaj J.: System wspomaganie decyzji w produkcji kiszonki z kukurydzy. *Inż. Rol.*, 2007, **2(90)**: 327-332.
11. Zaliwski A., Hołaj J., Nieróbca A.: Potrzeby informacyjne w zarządzaniu przedsiębiorstwem rolnym. 2007. <http://www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ipr/eneeds.html>
12. Ziętara W.: Zasób informacji niezbędnych do podejmowania decyzji w gospodarstwach i przedsiębiorstwach rolniczych. *Pam. Puł.*, 2001, **124**: 465-477.

Adres do korespondencji:

mgr Jacek Hołaj
IUNG - PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (081) 886-34-21 w. 376
e-mail: jholaj@iung.pulawy.pl

Andrzej S. Zaliwski

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

**SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI W WYBORZE
ODMIANY KUKURYDZY (ZEASOFT)***

Wstęp

Wymagania rynku i konkurencja zmuszają producentów do poszukiwania i wprowadzania ulepszonych rozwiązań w procesach wytwórczych. Działania bezpośrednio związane z wytwarzaniem są określone technologią produkcji. Producent podejmujący decyzje produkcyjne posługuje się rachunkiem ekonomicznym przy ocenie ich następstw. Z punktu widzenia ekonomii najlepsze decyzje powinny prowadzić do maksymalnego efektu przy możliwie najoszczędniejszym wykorzystaniu posiadanych zasobów rzeczowych, finansowych i kapitału ludzkiego (2). Efektywność procesu produkcji zależy od wartości uzyskanej produkcji i poniesionych kosztów. Producenci mają dwie zasadnicze drogi doskonalenia technologii produkcji – obniżanie kosztów oraz właściwy dobór odmian roślin do siedliskowych i ekonomiczno-organizacyjnych warunków produkcji (14).

Najczęściej wprowadzane udoskonalenia technologii polegają na zastosowaniu nowoczesnych środków obrotowych (wysokoplennych i odpornych odmian, skuteczniejszych środków ochrony roślin). Są one najłatwiejsze do wprowadzenia ze względu na niski koszt, a ponadto charakteryzują się korzystnym stosunkiem efektów do nakładów (opłacalnością). Bardziej gruntowne zmiany technologii oznaczają nowe inwestycje, wymagające odpowiednich środków finansowych i dlatego są trudniejsze do zastosowania (19).

Drogą do zwiększenia efektywności produkcji może być nie tylko lepsza jakość środków obrotowych, ale także ich precyzyjniejsze stosowanie w danych warunkach produkcyjnych. Precyzja ma aspekt zarówno jakościowy, jak i ilościowy, czasowy i przestrzenny. Na przykład dysponując dokładniejszą informacją można korzystniej dobrać odmiany do warunków siedliskowych, dostosować normę wysiewu nasion do jakości gleby, ustalić najkorzystniejszy termin siewu i najlepsze położenie nasion (rozstawę i głębokość) w zależności od warunków lokalnych (3, 7). Podobnie rzecz ma się z nawozami sztucznymi i środkami ochrony roślin (6). Podnoszenie precyzji zabiegów

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

produkcyjnych jest uzależnione od możliwości pozyskiwania dokładniejszych informacji we wszystkich wymienionych aspektach. Ponieważ jest to często związane ze zwiększaniem rozdzielczości pomiarowej w czasie i przestrzeni rośnie liczba niezbędnych danych. Wprowadzane są wobec tego nowe metody ich pozyskiwania, np. nowe lub ulepszone czujniki (4, 5, 6), i przetwarzania – nowe, udoskonalone algorytmy i modele (8, 9, 16, 21, 22, 23).

Informacja umożliwiająca korzystniej dobrać odmiany pozwala podnieść precyzję technologii produkcji w najprostszy sposób, nie wymaga wprowadzania nowej techniki. Jest ponadto ważna ze względu na konieczność dostosowania uprawy do zróżnicowanych warunków klimatycznych naszego kraju (1, 17, 18). W literaturze podaje się, że wskazana jest lokalizacja upraw roślin w regionach o wyższej średniej temperaturze okresu wegetacji i siew odmian wcześniej dojrzewających (13); dostępne są także mapy prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy (1, 17, 18). Nie jest to jednak informacja w pełni wystarczająca do podjęcia decyzji, która z odmian wcześniej dojrzewających będzie właściwa w konkretnym przypadku. Odmiany bowiem różnie plonują i znajomość samego prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy nie pozwala na ustalenie najwłaściwszej odmiany z wystarczającą dokładnością (21). Pełniejsze wyniki może dać rachunek ekonomiczny uwzględniający prawdopodobieństwo dojrzewania kukurydzy oraz wartość i koszty produkcji. Metoda taka została opracowana w IUNG i wykorzystano ją do konstrukcji map opłacalności produkcji kukurydzy (21, 22). W konkretnych przypadkach źródłem dokładniejszych informacji pomocnych przy wyborze odmiany może być system ZeaSoft¹, który pozwala szybko przeprowadzić symulację wpływu typu wczesności na wynik ekonomiczny produkcji kukurydzy z uwzględnieniem warunków środowiskowych i zastosowanych obrotowych środków produkcji (26).

Celem opracowania była prezentacja systemu wspomagania decyzji ZeaSoft generującego informację pomocną przy wyborze kukurydzy według typu wczesności dla określonego kierunku użytkowania (na ziarno, CCM lub kiszonkę) w gospodarstwie położonym w dowolnym miejscu Polski. System graficznie przedstawia wyniki porównania kilku wariantów produkcji kukurydzy różniących się typem wczesności. Kryterium ekonomicznym porównania jest oczekiwana nadwyżka bezpośrednia.

System wspomagania decyzji ZeaSoft

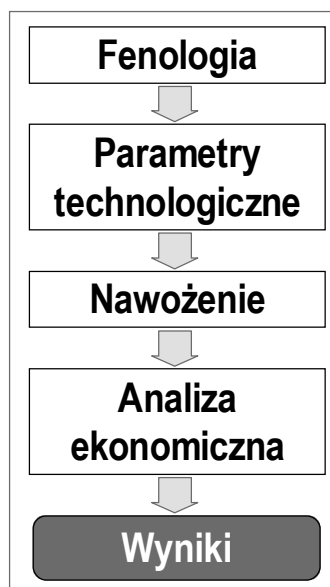
Typ wczesności kukurydzy jest określany liczbą FAO; odmiany są grupowane według jej wartości (17, 18). Dobór odmiany do warunków klimatycznych panujących w rejonie położenia gospodarstwa można sprowadzić do podania liczby FAO charakteryzującej grupę odmian, co wykorzystano w systemie wspomagania decyzji ZeaSoft (opracowanym w postaci programu na komputery PC). System ten dostarcza informacji o bardzo ważnym elemencie technologii produkcji, jakim jest typ wczesno-

¹ Aktualna wersja ZeaSoft (darmowa) jest dostępna na stronach serwisu IUNG-PIB www.dss.iung.pulawy.pl/Documents/ftp.html.

ści kukurydzy dla określonego kierunku jej użytkowania (15). Informacja przedstawiona jest jako porównanie efektu ekonomicznego (oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej) kilku wariantów technologicznych produkcji kukurydzy (na ziarno, CCM lub kiszonkę) różniących się typem wczesności. Użytkownik programu może dokonać wyboru, kierując się najkorzystniejszą wartością nadwyżki i zwracając uwagę na jej różnice między wariantami technologii.

Do obliczenia efektu ekonomicznego system wykorzystuje koszty bezpośrednie produkcji obliczane w modelu technologii produkcji, wartość plonu podawaną przez model indeksu klimatycznego kukurydzy (IKK) i wartość prawdopodobieństwa osiągnięcia dojrzałości generowaną przez model prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy. Ważną cechą systemu ZeaSoft jest możliwość symulacji zmian technologii w zakresie stosowania nawozów i środków ochrony roślin.

W skład systemu wchodzi cztery moduły obliczeniowe oraz moduł prezentacji wyników (rys. 1). Są one uruchamiane w kolejności zaznaczonej strzałkami, a wyniki obliczeń są przekazywane jako dane wejściowe do następnego modułu. W module „Fenologia” zastosowano algorytmy klimatyczne umożliwiające obliczenie prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy oraz model indeksu klimatycznego kukurydzy do obliczenia wstępnej wartości plonu ziarna. Moduł „Parametry technologiczne” pobiera dane charakteryzujące technologię produkcji z modelu technologii (wybranego przez użytkownika). Moduł „Nawożenie” oblicza dawki NPK w czystym składniku i dawki nawozów na podstawie danych wprowadzonych przez użytkownika. W module „Analiza ekonomiczna” następuje zebranie wyników przekazanych z trzech pierw-



Rys. 1. Moduły systemu ZeaSoft

Źródło: opracowanie własne.

szych modułów i wygenerowanie oceny ekonomicznej dla kilku wariantów produkcji kukurydzy różniącej się liczbą FAO. W każdej chwili możliwe jest cofnięcie się do dowolnego poprzedniego kroku i powtórzenie symulacji z innymi parametrami (26).

Algorytmy klimatyczne do określania prawdopodobieństwa dojrzenia kukurydzy

Kukurydza jest rośliną ciepłolubną. W Polsce nawet na obszarach o korzystnych warunkach termicznych jej uprawa związana jest z pewnym ryzykiem straty plonu. Siew odmian charakteryzujących się najwyższym prawdopodobieństwem dojrzenia pozwala to ryzyko zmniejszyć, ale często za cenę obniżonej wartości produkcji. Prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości kukurydzy dla różnych typów wczesności i kierunków użytkowania można dość dokładnie ustalić, stosując kryterium sumy temperatur efektywnych (8, 9, 13). Niezbędne do obliczenia prawdopodobieństwa charakterystyki meteorologiczne (średnie dobowe temperatury powietrza i sumy dobowe opadów), w punkcie o określonym położeniu geograficznym, można wygenerować wykorzystując algorytmy klimatyczne opracowane w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG-PIB (9, 20).

Modelowanie technologii produkcji

Wynik wyznaczenia odmiany na podstawie prawdopodobieństwa dojrzenia należy traktować jako przybliżony, ponieważ odmiany plonują różnie. Znajomość samego prawdopodobieństwa dojrzenia kukurydzy poszczególnych odmian nie pozwala wobec tego na ustalenie najwłaściwszej odmiany z wystarczającą dokładnością (21). Konieczne jest porównanie efektu ekonomicznego kilku typów wczesności kukurydzy z uwzględnieniem prawdopodobieństwa dojrzenia oraz wartości i kosztów produkcji (22).

Koszty produkcji kukurydzy dla różnych kierunków użytkowania można obliczyć wykorzystując uproszczony model gospodarstwa. Modele takie można konstruować w programie Agroefekt (12, 24) opracowanym w IUNG w latach 1988–1995. Model gospodarstwa zbudowany w programie zawiera plan produkcji z listą pól uprawnych. Przebieg produkcji na każdym polu jest opisany przez technologię produkcji w formie karty technologicznej. Karty tworzy się osobno, poza planem produkcji, a następnie przypisuje do pól. Karty zawierają wszystkie dane niezbędne do przeprowadzenia analiz ekonomicznych. Model gospodarstwa jest typu analitycznego o dużej dokładności. Utworzenie dużej liczby wariantów technologii pozwala na symulację efektu zmian.

Dokładność może mieć również ujemną stronę, zwiększa bowiem szczegółowość modelu i objętość zbiorów danych potrzebnych do jego konstrukcji. Dane z kolei muszą być okresowo aktualizowane w celu zachowania dostatecznej wierności odwzorowania rzeczywistości przez model. Najszybciej dezaktualizują się ceny (środków obrotowych, narzędzi, ciągników, maszyn itd.). Karty technologiczne wymagają rzadszej aktualizacji, w tempie zgodnym z moralnym starzeniem się technologii. Program Agro-

efekt nie wyszedł poza ramy zastosowań badawczych przede wszystkim ze względu na dużą pracochłonność aktualizacji danych.

Mając na uwadze problemy wynikłe przy upowszechnianiu programu Agroefekt w systemie ZeaSoft zaproponowano zastosowanie prostych modeli technologicznych, zawierających przede wszystkim składniki kosztów bezpośrednich produkcji. Ich szczegółowość umożliwia porównanie wariantów produkcji kukurydzy różniących się typem wczesności pod względem oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej. Strukturę modelu technologii produkcji wykorzystywanego w systemie ZeaSoft przedstawiono w tabeli 1. Model zbudowano wykorzystując dane wygenerowane automatycznie w programie Agroefekt.

Model technologii produkcji zawiera przede wszystkim dane dotyczące kierunku użytkowania (ziarno, CCM lub kiszonka), areалу uprawy i składniki kosztów bezpośrednich produkcji: koszt zabiegów ochrony roślin, nawożenia, zbioru i pozostałych zabiegów uprawowych oraz koszt materiałów: nasion, nawozów i środków ochrony roślin.

Koszty zabiegów, podane w modelu, zależą od zastosowanych trwałych środków produkcji (maszyny, ciągniki itd.). Przyjęto, że są to stałe elementy technologii, tzn. nie będą zmieniane przez użytkownika programu ZeaSoft. Koszty określonych rodzajów środków obrotowych (nawozy i środki ochrony roślin) oraz wartość plonu i wielkość

Tabela 1

Model technologii produkcji kukurydzy w systemie ZeaSoft (wg cen obowiązujących w 2004 r.)

Lp.	Atrybut technologii	Wartość
1.	Typ użytkowy	ziarno
2.	Powierzchnia (ha)	2
3.	Koszt nasion ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	400
4.	Koszt zabiegów ochrony roślin ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	26
5.	Koszt środków ochrony roślin ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	173
6.	Koszt zabiegów nawożenia ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	68
7.	Liczba zabiegów nawożenia	4
8.	Koszt nawozów ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	554
9.	Koszt pozostałych zabiegów uprawowych ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	429
10.	Koszt zbioru ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	1741
11.	Plon ziarna ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)	8
12.	Zakres zmiany powierzchni (%)	-50 ÷ 50
13.	Zakres zmiany kosztów środków ochrony (%)	-92 ÷ 302
14.	Zakres zmiany plonu (%)	-50 ÷ 50
15.	Koszt zbioru min. - max. (%)	-41 ÷ 50
16.	Koszt zbioru CCM ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	1017
17.	Koszt zbioru kiszonki ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	718
18.	Plon CCM ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)*	9,2
19.	Plon kiszonki ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)*	15,3

* plony przy wilgotności 14%

Źródło: opracowanie własne.

areалу mogą być zmieniane w celu przeprowadzenia symulacji. Zmiana kosztów środków ochrony roślin i nawozów umożliwia symulację zmian, które mogą być wprowadzane w technologii przez producentów (np. w związku z zastosowaniem innych środków obrotowych).

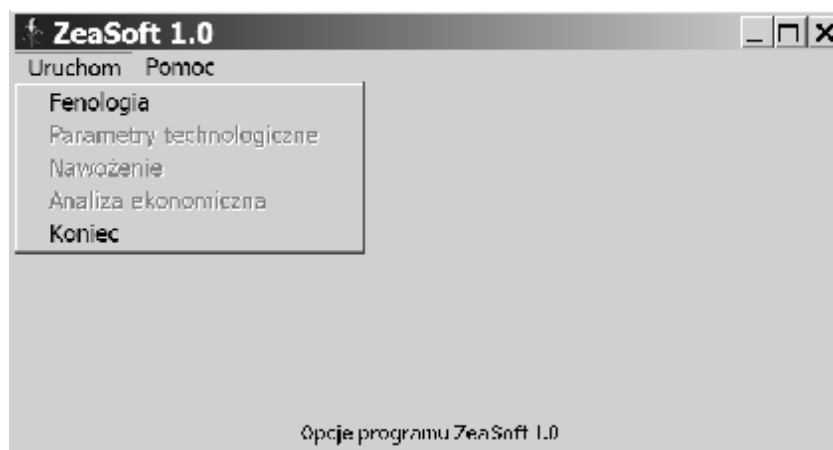
Należy pamiętać, że przy konstrukcji nowego modelu technologii produkcji plony ziarna, CCM i kiszonki należy podać w przeliczeniu na wilgotność 14%. Wartość plonu i wielkość areалу są atrybutami danego modelu technologii, ale użytkownik może je zmienić podczas symulacji. Aby uniemożliwić użycie modelu przy wartościach dotyczących plonu i areалу znacznie odbiegających od założeń (ze względu na niedopuszczalny błąd obliczeniowy) każdy model posiada dopuszczalne zakresy zmiany plonów i areалу. Wyznaczają one granice „stosowalności” technologii produkcji w analizach ekonomicznych (tab. 1).

W przypadku gdy celem symulacji jest ocena porównawcza wariantów produkcyjnych kukurydzy w kategoriach jakościowych (ranking wariantów) modele technologiczne nie wymagają częstej aktualizacji danych. Względne różnice między wariantami, które zależą od rodzaju i wielkości plonu oraz prawdopodobieństwa dojrzenia zostaną wykazane prawidłowo niezależnie od aktualności danych w modelu technologii. Natomiast jeżeli intencją użytkownika jest ustalenie ilościowej różnicy między wariantami, wtedy aktualizacja modeli jest konieczna zgodnie ze zmianami cen na rynku. W przeciwnym przypadku pojawi się błąd obliczeniowy o wielkości zależnej od rozbieżności między cenami użytymi do konstrukcji modeli technologicznych a cenami rzeczywistymi.

Przeprowadzenie symulacji

Symulację przeprowadza się w czterech krokach (rys. 1). Każdy krok symulacji jest wykonywany w osobnym module obliczeniowym. Dostęp do modułów zapewnia menu główne programu (rys. 2). Po uruchomieniu programu aktywny jest dostęp tylko do pierwszego modułu – „Fenologia”. Kolejne moduły zostaną uaktywnione po wykonaniu poprzedzającego kroku symulacji (po wykonaniu obliczeń w module „Fenologia” zostanie uaktywniony dostęp do modułu „Parametry technologiczne” itd.). System zapewnia w ten sposób zachowanie kolejności obliczeń, nie dopuszczając do pomijania kroków symulacji. Po wykonaniu kroku „Analiza ekonomiczna” aktywny jest dostęp do wszystkich modułów, umożliwiając cofnięcie się do dowolnego kroku poprzedniego.

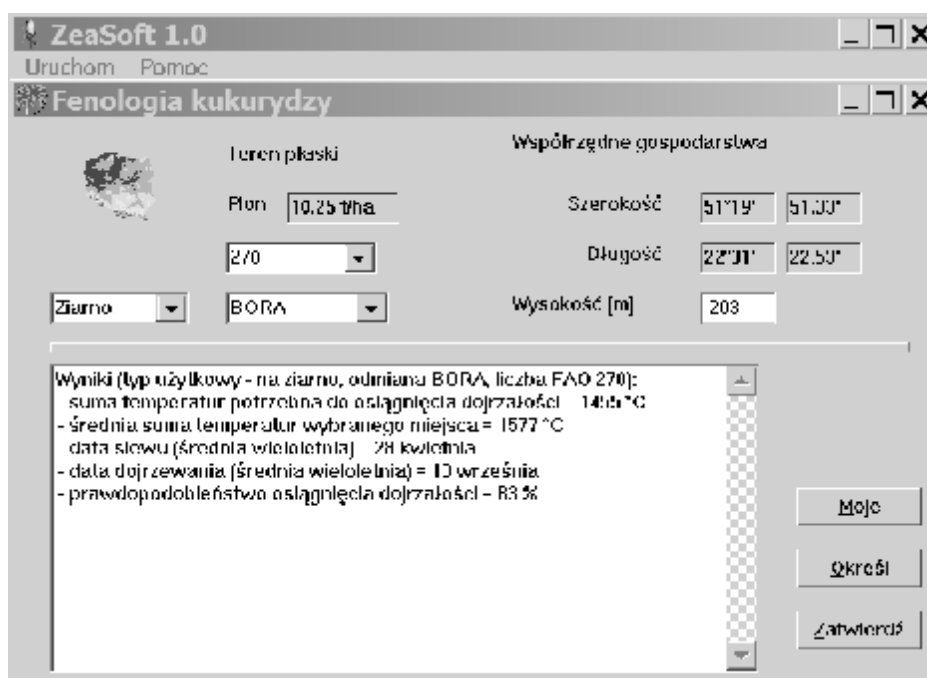
W pierwszym kroku, w module „Fenologia” (rys. 3), następuje ustalenie położenia geograficznego gospodarstwa, którego dotyczy symulacja, kierunku użytkowania i odmiany kukurydzy (liczby FAO). Do dalszych obliczeń brana jest pod uwagę liczba FAO odmiany; grupy odmian charakteryzujące się taką samą liczbą FAO są oceniane jednakowo. Najważniejszym wynikiem obliczanym w tym kroku i przekazywanym do następnych modułów systemu jest prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości przez rośliny i wstępna wartość plonu. Prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości jest obliczane w modelu prawdopodobieństwa. Do obliczenia wstępnej wartości plonu



Rys. 2. Menu główne systemu ZeaSoft

Źródło: opracowanie własne.

wykorzystano model indeksu klimatycznego kukurydzy (IKK) opracowany w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG. Parametrami modelu są współrzędne geograficzne (długość, szerokość i wysokość n.p.m.) oraz średnia wartość plonu. Średnie wartości plonu ziarna, kolb i zielonej masy są obliczane zgodnie z mo-



Rys. 3. Interfejs użytkownika modułu „Fenologia”

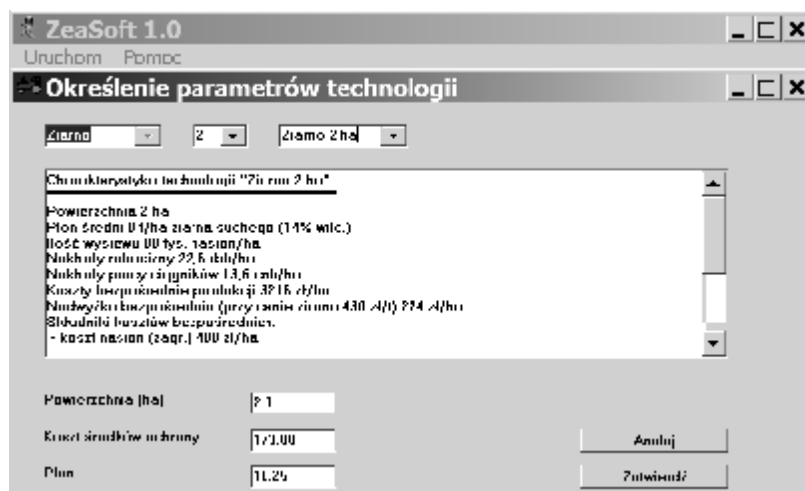
Źródło: opracowanie własne.

delami regresyjnymi, których parametrem jest liczba FAO. Modele te zostały opracowane w Zakładzie Uprawy Roślin Pastewnych IUNG-PIB w Puławach.

W drugim kroku użytkownik systemu ZeaSoft dobiera model technologii z listy technologii na podstawie atrybutów: plonu i areалу (rys. 4). Następnie, jeżeli zachodzi duża różnica między modelem a technologią rzeczywistą, zmienia w określonych granicach plon i areal oraz koszt środków ochrony roślin. Wartości zmienione stają się w tym momencie parametrami technologii (różnica między atrybutami i parametrami polega na tym, że atrybuty są właściwościami modelu, natomiast parametry wprowadza użytkownik – jeżeli nie wprowadzi parametrów, to do obliczeń wykorzystane będą wartości atrybutów jako wartości domyślne).

Trzecim krokiem symulacji jest określenie potrzeb pokarmowych kukurydzy, a następnie ustalenie dawek NPK, Ca i Mg oraz dobór nawozów mineralnych (rys. 5). Użytkownik podaje informacje o planowanym nawożeniu nawozem naturalnym (rodzaj nawozu i dawka), o glebie: rodzaj, zawartość P_2O_5 , K_2O , MgO i kwasowość, a także informacje o przedplonie. Po wprowadzeniu tych danych można przejść do obliczenia dawek NPK (i ewentualnie Ca i Mg, jeśli były wprowadzone dane o zawartości MgO w glebie i o kwasowości gleby). Zalecenia dawek nawozowych opierają się na bilansie składników mineralnych, zgodnie z założeniami zrównoważonego nawożenia.

Po wybraniu nawozów można przejść do czwartego kroku symulacji realizowanego przez moduł „Analiza ekonomiczna” (rys. 6). Moduł ten wykorzystuje jako dane wejściowe wyniki z poprzednich trzech modułów (rys. 1). Porównuje on wynik ekonomiczny dla zbioru zawierającego kilka wariantów technologii produkcji różniących się typem wczesności kukurydzy, wśród których wstępnie wybrana odmiana ma położenie centralne (środek zbioru pod względem wartości liczby FAO). Porównywanym



Rys. 4. Interfejs użytkownika modułu „Parametry technologiczne”

Źródło: opracowanie własne.

ZeaSoft 1.0
Uruchom Pomoc

Nawożenie kukurydzy

Informacje o uprawie
 Odmiana: 25
 Cechy: 25
 Porównanie: 25
 Rodzaj:

Informacje o gospodarstwie
 Nazwa:
 Adres:
 Kod pocztowy:

Liczba upraw: 25
 Liczba nawozów: 25

Oblicz Dobór nawozów Zapisz Wydruk

Dobór nawozów

Poprawność doboru: 99.2%
 Koszt nawozów: 127.1 zł/ha
 Liczba zabiegów nawożenia: 2
 Procentowy skład nawozów:
 N = 37.5% (główny składnik)
 P = 18.6% (główny składnik)
 K = 48.9% (główny składnik)
 Dawkowanie nawozów:
 NPK 5-10-20 112.0 kg/ha
 Główny składnik 14% 429.2 kg/ha
 Urząd dawka nawozów azotowych:
 Główny składnik 14% 103.9 kg/ha

Liczba upraw: 25

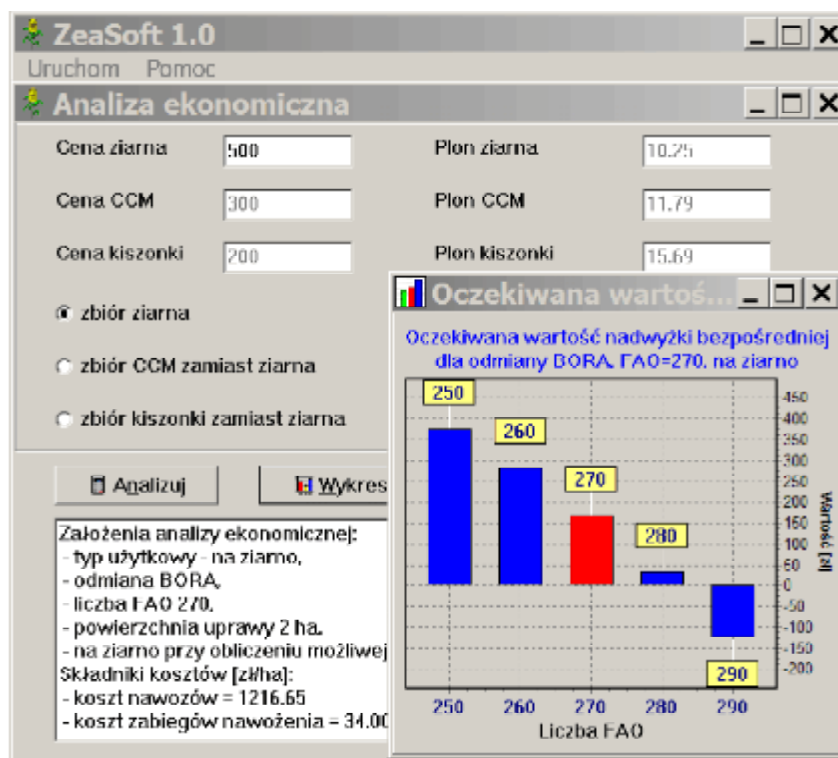
✓ Zapisz
 Zapisz Anuluj

Rys. 5. Interfejs użytkownika modułu „Nawożenie”

Źródło: opracowanie własne.

wynikiem ekonomicznym jest oczekiwana nadwyżka bezpośrednia (10, 21, 22), z uwzględnieniem wartości prawdopodobieństwa dojrzenia kukurydzy.

Na podstawie wartości plonu wybranej odmiany program oblicza wielkość plonu dla pozostałych wariantów, wykorzystując równania regresyjne zależności między liczbą FAO a plonem. Plon każdego wariantu służy do obliczenia wartości produkcji i interpolacji kosztów bezpośrednich zbioru. Do interpolacji wykorzystane są koszty zbioru przy dwóch wartościach plonu: niskim i wysokim, które obliczane są z atrybutów (plonu i zakresu plonu) wybranego przez użytkownika modelu technologii produkcji kukurydzy (tab. 1). Na podstawie położenia geograficznego gospodarstwa oraz kierunku użytkowania i liczby FAO (podanych w pierwszym kroku symulacji) ustalone jest prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości dla każdego wariantu użytkowania kukurydzy. Powyższe dane wykorzystane są do obliczenia oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej dla każdego wariantu technologii.



Rys. 6. Interfejs użytkownika modułu „Analiza ekonomiczna”.

Wartości plonów odnoszą się do wilgotności 14%

Źródło: opracowanie własne.

Walidacja systemu ZeaSoft

W systemie ZeaSoft zastosowano kilka modeli do generowania danych niezbędnych do symulacji. Każdy model jest określoną transformacją rzeczywistości. Niedoskonałość transformacji stanowi źródło błędów, których wielkość rośnie wraz ze zwiększaniem się liczby uwzględnionych czynników i ich wzajemnych relacji. Błędy takie są minimalizowane przez walidację i poprawienie modelu. Innym źródłem błędów może być niepoprawność obliczeniowa programu realizującego algorytmy modelu („błędy programowania”). Tego rodzaju błędy są wykrywane i usuwane podczas pisania i testowania programu. Łączenie modeli w „tandem”, co ma miejsce w ZeaSoft, powoduje z reguły kumulację błędów. Stąd wynika duże znaczenie procesu walidacji systemu w celu ewentualnej korekcji i ostatecznie określenia jego przydatności.

Ze względu na fakt, że system ZeaSoft generuje informacje o charakterze strategicznym jego doświadczalne sprawdzenie wymagałoby wieloletnich badań, ponieważ generowany błąd jest największy dla zaleceń w roku o warunkach pogodowych najbardziej odbiegających od średniej. Całościowa walidacja systemu wymagałaby także

powtórzenia doświadczeń w wielu punktach. Wybrano wobec tego inną metodę sprawdzenia systemu.

Przed wszystkim walidacji poddano każdy model z osobna. Wyniki pochodzące ze statystycznych algorytmów modelu prawdopodobieństwa dojrzwania kukurydzy zostały porównane z wcześniejszymi opracowaniami. Należy stwierdzić, że model jest co najmniej tak **samo dokładny**. Modele technologii produkcji są modelami analitycznymi, dlatego dokładność wyników zależy od dokładności danych. Źródłem błędów może być tu dezaktualizacja danych użytych do budowy modeli szczegółowych (cen i danych eksploatacyjnych trwałych środków produkcji). Błędy te jednak mają tylko ograniczony wpływ na wynik końcowy działania systemu, ponieważ te same dane są użyte przy porównaniu wszystkich wariantów technologii. Przyczyną błędu może być natomiast niedokładność modelu plonów (w kosztach zbioru uwzględnia się różnice w plonie między porównywanymi odmianami). Może to stanowić istotny problem, bowiem od wyników plonowania zależy końcowa ocena wybranej odmiany. Planuje się wobec tego, że model ten zostanie poddany walidacji przy użyciu danych historycznych z ostatnich 10 lat, które nie były wykorzystane do konstrukcji modelu.

Trzecim modelem systemu jest model potrzeb nawozowych. Został on sprawdzony na podstawie wieloletnich doświadczeń IUNG i błędy samego modelu są niewielkie. Błąd może tu wynikać ewentualnie z założenia, że potrzeby nawozowe różnych typów wczesności kukurydzy są takie same.

Jak podaje H a r s h (11), liczba czynników, które należy uwzględnić tylko przy ocenie plonu przekracza 100. Są to m.in. znajomość warunków glebowych i meteorologicznych, potrzeby siedliskowe roślin, plonowanie odmian w danych warunkach, presja patogenów, odporność odmian, wymagania rynku, ceny itd. System ZeaSoft uwzględnia wiele z tych czynników, ale wiele także pomija. Może to być źródłem dalszych błędów, jeżeli rola tych czynników jest różna dla porównywanych odmian. Niemniej uproszczenia przy konstrukcji modeli są konieczne, a celem modelowania nie jest wzięcie pod uwagę każdej lokalnej zmienności, ale raczej identyfikacja podstawowych czynników i ich generalizacja do skali, którą można użyć w praktyce (16).

Podsumowanie

Duże znaczenie przy zwiększaniu konkurencyjności produkcji mają zmiany polegające na dostosowaniu technologii produkcji do warunków środowiskowych (dobór odmian, dawek nawozów i środków ochrony roślin). Wydaje się, że przy ocenie zmian w zastosowaniu środków obrotowych w technologii nie można poprzestać na obliczeniu efektu ekonomicznego i pominąć wpływ tych zmian na pozostałe zabiegi uprawowe. Przykładowo, jeżeli zmiana dotyczy zastosowania bardziej plennej, ale później dojrzewającej odmiany kukurydzy na ziarno może dojść do konieczności użycia specjalnego kombajnu ze względu na wysoką wilgotność ziarna. Zwiększenie plonu może w skrajnych przypadkach zakłócić przebieg zbioru. Skutecznym rozwiązaniem jest podział pola uprawnego na części i wysiew na nich oddzielnie odmian o różnej wcze-

sności dojrzewania (25). Sytuacje takie powinny być przewidywane przy analizie celowości zmian, lecz wymaga to dysponowania informacją prognostyczną odnośnie prawdopodobieństwa ich wystąpienia. Wtedy można ocenić celowość ponoszenia wydatków na zmiany. Z programu Agroefekt nie można takich informacji uzyskać. Natomiast model prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy nie zawiera oceny ekonomicznej. Dopiero połączenie modelu prawdopodobieństwa i modeli technologicznych pozwala uzyskać pełniejszą informację. System ZeaSoft jest realizacją takiej koncepcji.

System ZeaSoft uwzględnia wiele czynników niezbędnych do przeprowadzenia wyboru odmiany kukurydzy i analizy poprawności tego wyboru. Do ważnych czynników, które pominięto należy zaliczyć, m.in., odporność odmian na patogeny. Czynniki ten może zostać uwzględniony przy dalszym rozwoju systemu. Jednak wcześniej planuje się walidację systemu na danych historycznych pochodzących z okresu ostatnich dziesięciu lat.

Literatura

1. Atlas agroklimatyczny. www.zazi.iung.pulawy.pl/Documents/MA_Mapy_pl.htm.
2. B e r n a c k i A.: Informatyka w gospodarstwie rolniczym. Mat. konf. „Nowoczesne techniki informacyjne w nauce, edukacji i doradztwie dla wsi i rolnictwa”. Brwinów - Warszawa, 2004. demeter.cbr.edu.pl/informatyka_w_gospodarstwie/inf_w_gosp.doc.
3. B u l l o c k D. S., B u l l o c k D. G.: From agronomic research to farm management guidelines: A primer on the economics of information and precision technology. Precision Agriculture, 2000, **1(2)**: 71-101.
4. C o x S.: Information technology: the global key to precision agriculture and sustainability. Comp. Electr. Agricult., 2002, **36**: 93-111.
5. D o r u c h o w s k i G.: Elementy rolnictwa precyzyjnego w ochronie roślin. Inż. Rol., 2005, **6(66)**: 131-139.
6. D o r u c h o w s k i G.: Postęp i nowe koncepcje w rolnictwie precyzyjnym. Inż. Rol., 2008, **9(107)**: 19-31.
7. G o z d o w s k i D., S a m b o r s k i S., S i o m a S.: Rolnictwo precyzyjne. SGGW Warszawa, 2007.
8. G ó r s k i T.: Fenologia kukurydzy. IUNG Puławy, 2004. www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Ma-is_probtxt.asp?lang=1.
9. G ó r s k i T., G ó r s k a K.: An algorithm for evaluating the temperature sums in Poland. Proc. 2nd European Congress on Applied Climatology ECAC98, Wien. Book of Proceedings (CD ROM), ZAMG Wien, 1998.
10. E d w a r d s B. R.: Understanding maths and statistics in business. Unwin Hyman Ltd, London, 1988.
11. H a r s h S. B.: Agricultural Information Systems: Current applications and future prospects. Proc. First Asian Conference for Information Technology in Agriculture, Agricultural Information Technology in Asia and Oceania, 1998. zoushoku.narc.affrc.go.jp/ADR/AFITA/afita/afita-conf/1998/S02.pdf.
12. H o ł a j J., Z a l i w s k i A.: Zastosowanie programu „Agroefekt” do modelowania technologii uprawy chmielu. Inż. Rol., 1999, **1(7)**: 17-22.
13. J a k a c k a M.: Określenie dynamiki dojrzewania odmian kukurydzy o różnej wczesności za pomocą metody sum temperatur. Pam. Puł., 1985, **86**: 161-172.
14. K r a s o w i c z S.: Organizacyjne i ekonomiczne aspekty produkcji pasz. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2007, **9**: 209-216.

15. K s i ę ż a k J.: Badania naukowe jako podstawa technologii uprawy roślin pastewnych. Pam. Puł., 2006, **142**: 225-242.
16. L a r k R. M.: Some tools for parsimonious modelling and interpretation of within-field variation of soil and crop systems. Soil Till. Res., 2001, **58**: 99-111.
17. M a c h u l M., L i p s k i S., B r z ó s k a F., K ę s i k K., G ó r s k i T., H o ł u b o w i c z - K l i z a G., M a d e j A.: Uprawa kukurydzy pastewnej na kiszonkę z całych roślin. Instrukcja upowsz., IUNG Puławy, 2004, **99**.
18. M a c h u l M., L i p s k i S., B r z ó s k a F., K ę s i k K., G ó r s k i T., H o ł u b o w i c z - K l i z a G., M a d e j A.: Uprawa kukurydzy pastewnej na ziarno i CCM. Instrukcja upowsz., IUNG Puławy, 2004, **100**.
19. M a n t e u f f e l R.: Ekonomia i organizacja gospodarstwa rolniczego. PWRiL Warszawa, 1984.
20. Z a l i w s k i A., G ó r s k i T.: Prawdopodobieństwo dojrzewania kukurydzy - aplikacja internetowa. Inż. Rol., 2005, **8(68)**: 401-408.
21. Z a l i w s k i A., G ó r s k i T.: Wykorzystanie przestrzennego modelu agroklimatu do określenia opłacalności uprawy kukurydzy na ziarno. Mat. konf. „Zarządzanie informacją przestrzenną w nowym tysiącleciu”, Kraków. Wydział Techniki Uniwersytetu Śląskiego, Stowarzyszenie SIL-GIS Centre, Katowice, 1999, 198-204.
22. Z a l i w s k i A., G ó r s k i T., L i p s k i S., W i n i a r s k i R., W r ó b l e w s k a E.: Numerical maps of profit probability for maize production in Poland. Proc. EFITA/99, Bonn. Book of Proceedings, University of Bonn, Department of Agricultural Economics, Bonn, 1999, **A**, 217-224.
23. Z a l i w s k i A., H o ł a j J.: Modelowanie technologii produkcji kukurydzy na ziarno w aspekcie efektywności ekonomicznej. Inż. Rol., 2006, **6(81)**: 407-414.
24. Z a l i w s k i A., H o ł a j J.: Wybrane aspekty wspomagania decyzji technologicznych w gospodarstwie rolnym. Pam. Puł., 2001, **124**: 421-428.
25. Z a l i w s k i A. S., H o ł a j J.: System wspomagania decyzji w produkcji kiszonki z kukurydzy. Inż. Rol., 2007, **2(90)**: 327-332.
26. Z a l i w s k i A., L i p s k i S., G ó r s k i T., J a d c z y s z y n T., M a c h u l M., P i e t r u c h C z., H o ł a j J.: Interaktywny program zintegrowanej uprawy kukurydzy (ZEASOFT). Raport końcowy z badań. IUNG Puławy, 2004. www.zazi.iung.pulawy.pl/Documents/Raport_2-01_2004.pdf.

Adres do korespondencji:

dr Andrzej S. Zaliwski
IUNG - PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (081) 886-34-21 wew. 202
e-mail: Andrzej.Zaliwski@iung.pulawy.pl

Jerzy Kozyra, Andrzej Zaliwski, Anna Nieróbca, Jerzy Grabiński

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

SYSTEM ZALECEŃ ROLNICZYCH ZWIĄZANYCH Z PRZEBIEGIEM POGODY*

Wstęp

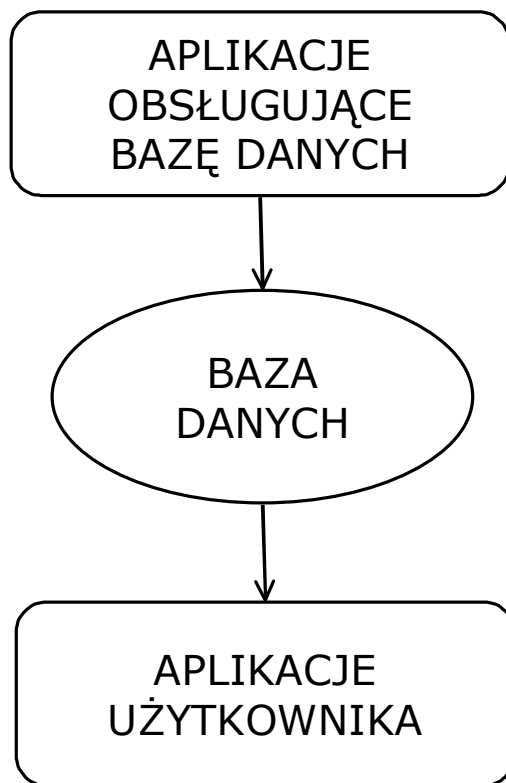
Dostosowanie terminów wykonywania prac polowych do warunków wynikających z przebiegu pogody jest jednym ze sposobów adaptacji do obserwowanych zmian klimatycznych (2, 11). Głównym skutkiem tych zmian jest wzrost temperatury powietrza na powierzchni Ziemi, w Polsce szacowany na około 1°C (7, 20). Ocenia się, że ocieplenie spowodowało wydłużenie się okresu wegetacyjnego o około 10 dni, co znacznie zmienia warunki agroklimatyczne w Polsce w stosunku do występujących w latach 1961–1990 (8). Wyższa temperatura okresu wegetacyjnego przyspiesza rozwój roślin (3), zmieniając terminy kolejnych faz fenologicznych. Jednak zmiany klimatyczne to nie tylko wzrost temperatury, to również większa zmienność warunków pogodowych z roku na rok (1). Większa zmienność warunków meteorologicznych utrudnia wprowadzenie wynikających ze zmian klimatycznych nowych zaleceń w agrotechnice. W takich uwarunkowaniach bieżąca ocena aktualnego przebiegu pogody i jej wpływu na warunki wegetacji staje się coraz bardziej potrzebna w praktyce rolniczej (12). Podjęcie decyzji o dostosowaniu agrotechniki do aktualnych warunków wegetacji możliwe jest przy wykorzystaniu komputerowych systemów wspomagania decyzji (SWD); (10, 18, 19). Zadaniem systemu zaleceń rolniczych (SZR) jest pomoc w dostosowaniu terminów wykonywania zabiegów agrotechnicznych przez rozpoznanie zagrożeń dla upraw wynikających z przebiegu pogody. Prace nad systemem prowadzono w latach 2004–2007 w ramach programu statutowego IUNG-PIB. Wdrażanie SZR oraz dalszy jego rozwój następuje w ramach programu wieloletniego IUNG-PIB w zadaniu 2.9 – „Doskonalenie systemów doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej”.

Celem pracy było przedstawienie organizacji systemu zaleceń rolniczych (SZR) oraz możliwości wykorzystania poszczególnych jego komponentów w praktyce rolniczej.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Organizacja systemu

SZR jest układem współdziałających ze sobą programów komputerowych budowanych jako aplikacje internetowe. Głównym komponentem systemu jest baza danych meteorologicznych opracowywana w programie SQL Serwer. Oprócz bazy danych na SZR składają się dwie grupy aplikacji – pierwszą grupę stanowią aplikacje służące do zarządzania bazą danych, a drugą aplikacje przeznaczone dla użytkowników. Aplikacje przeznaczone do obsługi bazy danych mają za zadanie pozyskiwanie danych meteorologicznych, konwersję tych danych do odpowiedniego formatu, wykonanie kontroli jakości danych oraz ich archiwizację. Drugą grupę stanowią aplikacje korzystające z bazy danych, a służące do oceny warunków wegetacji oraz formułowania zaleceń agrotechnicznych (rys. 1).



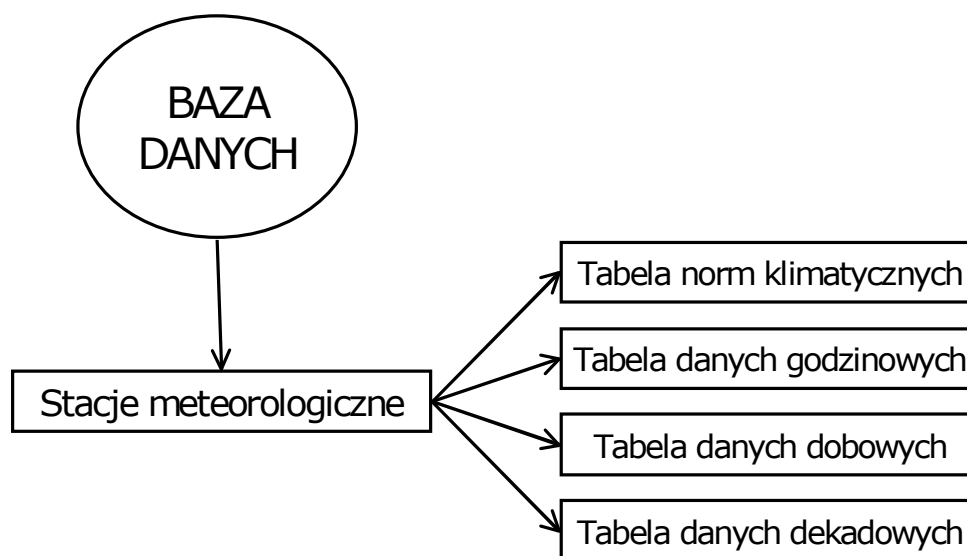
Rys. 1. Komponenty Systemu Zaleceń Rolniczych

Źródło: opracowanie własne.

Baza danych i jej obsługa

Dane meteorologiczne SZR składowane są w czterech tabelach bazy danych SQL, czyli: norm klimatycznych, danych godzinowych, danych dobowych i danych dekad-

wych (rys. 2). Takie rozwiązanie uzasadnione jest pozyskiwaniem danych o różnym poziomie agregacji, z różnych źródeł. Nadrzedną tabelą dla wyżej wymienionych jest tabela zawierająca spis stacji meteorologicznych, dla których można wykonać analizy w SZR.



Rys. 2. Organizacja bazy danych SZR

Źródło: opracowanie własne.

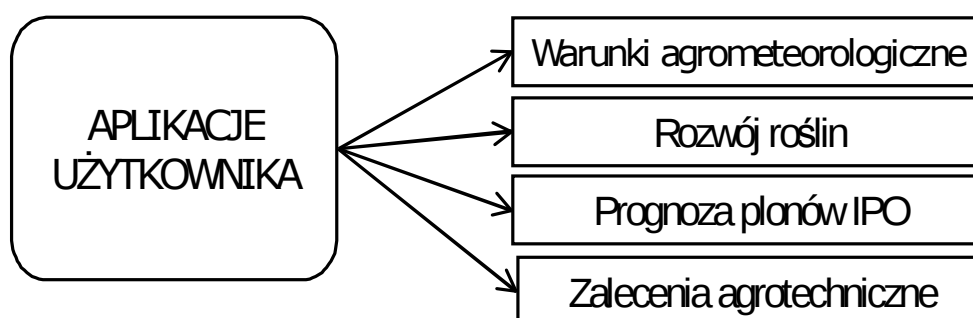
Tabela norm klimatycznych tworzona jest dla każdej stacji meteorologicznej dołączonej do systemu z wykorzystaniem Modelu Agroklimatu Polski (MAP); (9). Algorytmy MAP umożliwiają wyznaczenie dobowych norm klimatycznych dla dowolnego punktu w Polsce na podstawie współrzędnych geograficznych. Tabela ta zawiera dane dotyczące temperatury powietrza, opadu atmosferycznego, prędkości wiatru, usłonecznienia i ewapotranspiracji potencjalnej. Normy klimatyczne wykorzystywane są przez aplikacje użytkownika SZR do określania odchylenia wartości parametrów meteorologicznych w danym roku od warunków przeciętnych.

Tabela danych godzinowych przeznaczona jest do składowania danych z automatycznych stacji meteorologicznych IUNG-PIB. Tabela ta tworzona jest w sposób automatyczny i jest aktualizowana w cyklu godzinowym. Aplikacje służące do importu nowych danych posiadają szereg reguł logicznych umożliwiających kontrolę jakości danych oraz ciągłości pomiarów. Po dołączeniu do bazy danych nowych wartości dobowych kolejne procedury automatycznie wykonują ich agregację (sumowanie lub uśrednianie) i dołączają je do tabeli danych dobowych i dekadowych.

Tabela danych dekadowych uzupełniana jest również danymi ze stacji synoptycznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW). W tym przypadku administrator SZR wprowadza te dane co 10 dni po ich pozyskaniu od IMGW.

Aplikacje użytkownika

Podstawowymi aplikacjami SZR udostępnianymi w internecie dla użytkowników są: warunki agrometeorologiczne, rozwój roślin, prognoza plonów i zalecenie agrotechniczne. Dostęp do tych aplikacji możliwy jest przez przeglądarkę internetową (rys. 3).

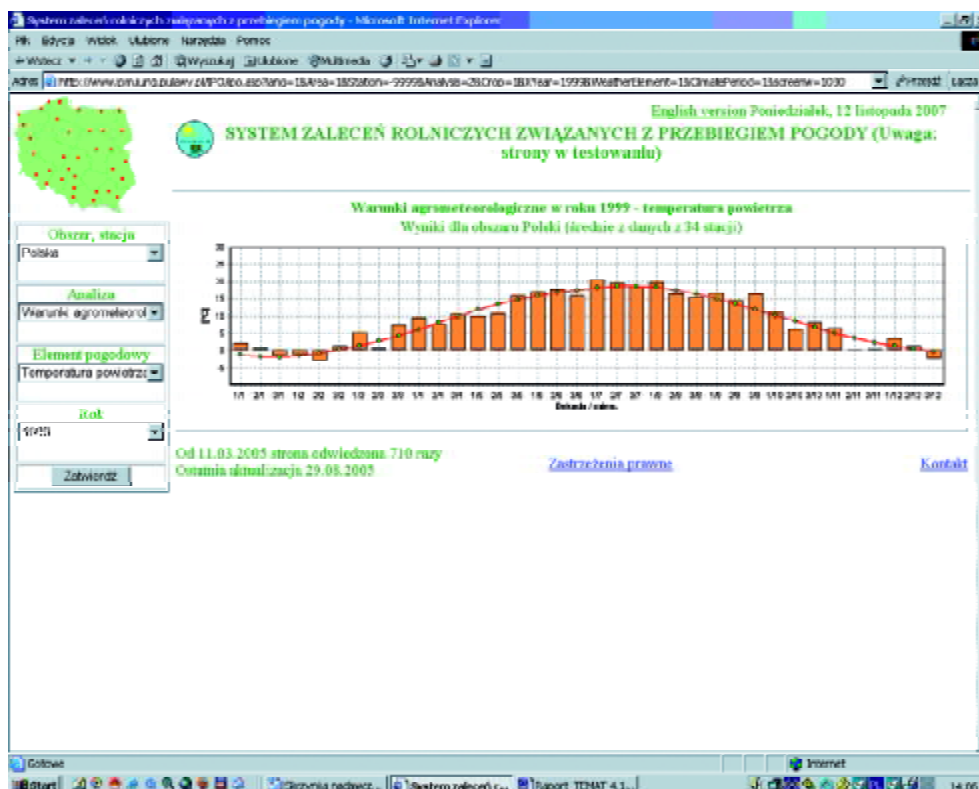


Rys. 3. Aplikacje użytkownika SZR

Źródło: opracowanie własne.

Aplikacja „Warunki agrometeorologiczne” umożliwia analizę przebiegu pogody w danym roku na tle norm klimatycznych. Aplikacja ta wykorzystuje w analizie dane klimatyczne pobierane z tabeli norm klimatycznych oraz dane dla bieżącego roku z tabeli odpowiadającej agregacji wyświetlanych danych. Użytkownik uzyskuje informacje, w postaci graficznej (rys. 4) oraz tabelarycznej, w jakim stopniu warunki analizowanego okresu odbiegają od warunków „normalnych”, przedstawione jako odchylenia od normy klimatycznej. Analiza warunków agrometeorologicznych może dotyczyć punktu (wybór lokalizacji jednej z kilkudziesięciu stacji meteorologicznych z interfejsu graficznego) lub obszaru (województwo lub Polska). Warunki dla obszaru są uśredniane z danych ze stacji meteorologicznych znajdujących się na tym terenie. Istnieje możliwość wykonania analizy dla danych dekadowych i miesięcznych.

Aplikacja SZR „Rozwój roślin” przeznaczona jest do analizy warunków rozwoju roślin w danym roku na tle średnich warunków z wielolecia. Do określenia prędkości rozwoju roślin aplikacja wykorzystuje modele sum temperatur efektywnych (6, 13). W obliczeniach wykorzystywana jest średnia dobową temperatura powietrza (T_{sr}). W pierwszym kroku działania aplikacji wyznaczany jest dzień, w którym średnia dobową temperatura powietrza przekracza tzw. zero fizjologiczne rośliny (T_0), co przyjmowane jest za dzień ruszenia wegetacji. Kolejne obliczenia polegają na sumowaniu tzw. dobowej temperatury efektywnej ($T_{\text{sr}} - T_0$) i określaniu terminów przekroczenia sumy temperatur oznaczającej wystąpienie określonej fazy fenologicznej. Np. dla pszenicy ozimej za zero fizjologiczne przyjmuje się przekroczenie średniej dobowej temperatury 3°C , a osiągnięcie dojrzałości woskowej po przekroczeniu sumy tempe-



Rys. 4. Analiza dekadowych średnich temperatury powietrza w Polsce w 1999 roku na tle wartości wieloletnich wykonana w aplikacji SZR „Warunki agrometeorologiczne”

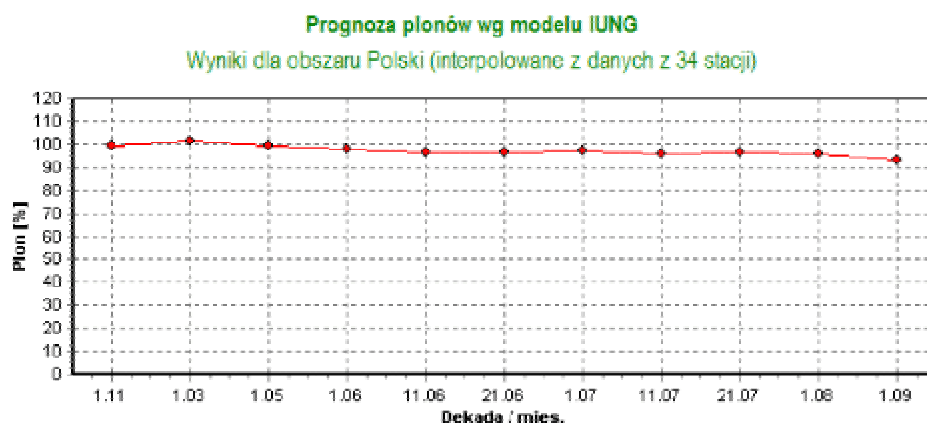
Źródło: www.ipo.iung.pulawy.pl

ratury efektywnej 1210°C (4). W przypadku kukurydzy zero fizjologiczne, zgodnie z przyjętym modelem, wynosi 6°C, a osiągnięcie dojrzałości technicznej wyznacza, np. u kukurydzy typu wczesności FAO 270, suma temperatury efektywnej 1450°C (17). Użytkownik aplikacji „Rozwój roślin” otrzymuje informację, w zależności od wykorzystywanego modelu, o kolejnych terminach faz fenologicznych, np. o terminie ruszenia wegetacji, rozpoczęcia kwitnienia, kłoszenia, dojrzałości woskowej. Wyniki analiz prezentowane są w formie graficznej i tabelarycznej (rys. 5). W tabeli wynikowej wyświetlane są informacje o terminach faz fenologicznych w warunkach normy klimatycznej oraz w warunkach bieżącego roku.

Aplikacja „Prognoza plonów” umożliwia ocenę warunków meteorologicznych dla plonowania roślin. Wykorzystywane w aplikacji modele plonów pszenicy ozimej, żyta i ziemniaka opracowane zostały w ramach wcześniejszych prac w IUNG-PIB (5). Na aplikację składają się procedury SQL opracowane na podstawie wcześniejszych algorytmów w arkuszu kalkulacyjnym. Aplikacja umożliwia wykonanie obliczeń dla jednej stacji meteorologicznej lub dla grupy stacji znajdujących się na terenie jednego województwa bądź dla wszystkich stacji w Polsce. W przypadku oceny warunków

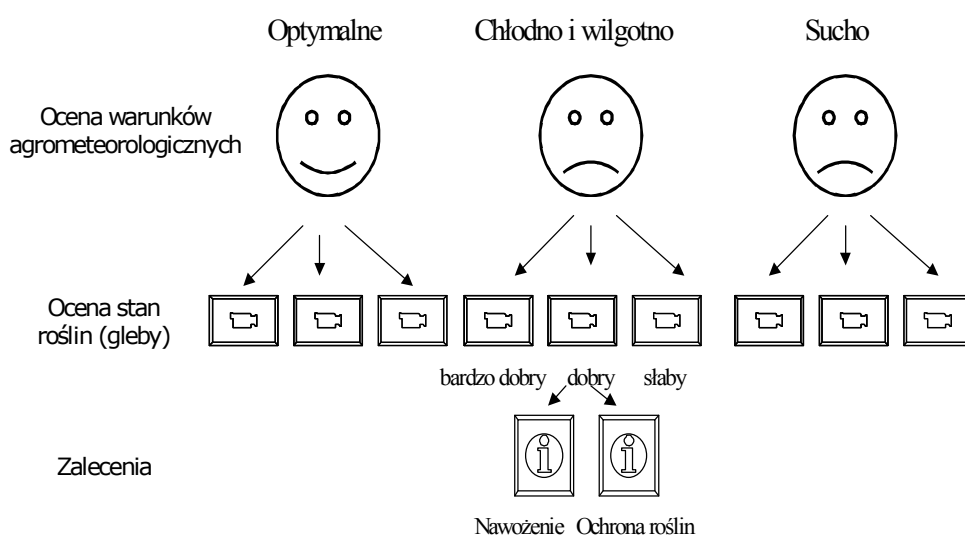


SYSTEM ZALECEŃ ROLNICZYCH ZWIĄZANYCH Z PRZEBIEGIEM POGODY (Uwaga: strony w testowaniu)



Rys. 6. Wyniki obliczeń indeksu pogodowego plonu pszenicy ozimej w aplikacji „Prognoza plonów” wg IUNG SZR

Źródło: www.ipa.iung.pulawy.pl



Rys. 7. Koncepcja działania aplikacji „Zalecenia agrotechniczne”

Źródło: opracowanie własne.

i nadmiaru opadów. Podstawą działania aplikacji jest analiza warunków meteorologicznych opisanych w bazie danych systemu (rys. 5). Aplikacja ta wymaga od użytkownika określenia kondycji roślin na polu. Ocena ta jest trzystopniowa: od bardzo dobrej, przez dobrą do słabej. Takie wariantowe rozwiązanie pozwoliło na zróżnicowanie zaleceń odnośnie nawożenia i ochrony roślin (rys. 7). Przykładowy algorytm zaleceń dla pszenicy ozimej w fazie strzelania w źdźbło, w przypadku wystąpienia warunków optymalnych, chłódów przy dużej wilgotności i suszy zaprezentowano w tabeli 1.

Tabela 1

Zalecenia według SZR dla pszenicy ozimej w fazie strzelania w źdźbło w zakresie nawożenia

Ocena warunków agrometeorologicznych SZR	Stan roślin	Zalecenia SZR
Warunki optymalne	b. dobry	Możliwe zastosowanie 30-60 kg N · ha ⁻¹ w fazie BBCH 31
	dobry	Zastosować 50-70 kg N · ha ⁻¹ w fazie BBCH 31
	słaby	Zastosować 60-80 kg N · ha ⁻¹ w fazie BBCH 30; w przypadku gdy stan ładu nie warunkuje uzyskania dobrego zagęszczenia pędów dawkę obniżyć o 10-50%
Bardzo ciepło i wilgotno	b. dobry	Możliwe zastosowanie 30-40 kg N · ha ⁻¹ w fazie BBCH 31; w przypadku bardzo silnego zagęszczenia ładu i silnie ciemnozielonego zabarwienia roślin możliwa rezygnacja z zastosowania azotu w tym terminie
	dobry	Zastosować 40-50 kg N · ha ⁻¹ w fazie BBCH 31
	słaby	Zastosować 50-60 kg N · ha ⁻¹ w fazie BBCH 30; w przypadku gdy stan roślin nie warunkuje uzyskania dobrego zagęszczenia pędów dawkę obniżyć o 10-50%
Duże niedobory opadów	b. dobry	Jeśli z prognoz wynika szybkie nadejście opadów zastosować nawożenie w standardowych dawkach 30-50 kg N · ha ⁻¹ , jeżeli przewiduje się pogłębienie warunków suszy zmniejszyć dawkę o 20-30%
	dobry	Jeśli z prognoz wynika, że w najbliższych dniach wystąpią opady atmosferyczne zastosować nawożenie w dawce 40-60 kg N · ha ⁻¹ , jeżeli przewiduje się pogłębienie warunków suszy zmniejszyć dawkę o 20-30%
	słaby	Jeśli z prognoz wynika, że w najbliższych dniach wystąpią opady atmosferyczne, a stopień rozkrzewienia roślin daje szansę na uzyskanie dobrego zagęszczenia kłosów na jednostce powierzchni zastosować nawożenie 50-70 kg N · ha ⁻¹ , jeżeli przewiduje się pogłębienie warunków suszy i stopień rozkrzewienia roślin nie warunkuje uzyskania odpowiednio dużej zwartości ładu dawkę azotu ograniczyć o 30-50%, zaś w szczególnych przypadkach (rośliny pszenicy w widocznym stresie suszy) z zastosowania dawki w tym okresie zrezygnować

Źródło: opracowanie własne.

Podsumowanie

Dotychczas dużym problemem we wdrażaniu systemów wspomaganie decyzji w rolnictwie był brak dostępu do bieżących danych meteorologicznych (15). Obecne możliwości wykonywania pomiarów za pomocą automatycznych stacji meteorologicznych i przesyłu tych danych z wykorzystaniem technik telemetrycznych (telefonia komórkowa, Internet) poprawiły sytuację w tym zakresie. Stwarza to nowe możliwości dla upowszechnienia SWD w praktyce. System zaleceń rolniczych (SZR) nie jest jedynym systemem przeznaczonym do wspomaganie decyzji w rolnictwie rozwijanym w Polsce. Równolegle powstaje Wielkopolski Internetowy Serwis Informacji Agrometeorologicznej (WISIA); (14). Funkcjonuje również Internetowy System Wspomaganie Decyzji w Integrowanej Ochronie Roślin (16). Opracowywane systemy wspomaganie decyzji mogą się wzajemnie uzupełniać w działaniach adaptacyjnych rolnictwa w Polsce wobec zmian klimatu.

Literatura

1. Alcamo J., Moreno J. M., Nováky B., Bindi M., Corobov R., Devoy R. J. N., Giannakopoulos C., Martin E., Olesen J. E., Shvidenko A.: Europe. Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. M. L. Parry, Canziani O. F., Palutikof J. P., van der Linden P. J., Hanson C. E., Eds. Cambridge University Press, Cambridge, UK, 2007, 541-580.
2. Bis K., Demidowicz G., Deputat T., Górski T., Harasim A., Krasowicz S.: Ekonomiczne konsekwencje zmian klimatu w rolnictwie polskim (ocena wstępna). Probl. Agrofizyki, 1993, 68.
3. Deputat T.: Konsekwencje zmian klimatu w fenologii wybranych roślin uprawnych. W: Zmiany i zmienność klimatu Polski. UŁ, Łódź, 1999, 49-56.
4. Deputat T., Marcinkowska I.: Wymagania termiczne pszenicy ozimej. Pam. Puł., 1999, **118**: 87-98.
5. Górski T., Deputat T., Górski K., Marcinkowska I., Spoz-Pać W.: Rozkłady statystyczne plonów głównych roślin uprawnych dla stanu aktualnego i dwóch scenariuszy klimatycznych. IUNG Puławy (maszynopis), 1997.
6. Górski T., Jakubczak Z.: W sprawie metody sum temperatur w agrometeorologii. Rocz. Nauk. Rol., 1965, A, **90(2)**: 215-231.
7. Górski T.: Współczesne zmiany agroklimatu Polski. Pam. Puł., 2002, **130**: 242-250.
8. Górski T.: Zmiany warunków agroklimatycznych i długość okresu wegetacyjnego w ostatnim stuleciu. W: Długotrwałe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania ziemi. IGBP-Global Change, Poznań, 2006, 65-77.
9. Górski T., Zaliwski A.: Model agroklimatu Polski. Pam. Puł., 2002, **130/I**: 251-260.
10. Kozyra J., Dwornikiewicz J., Nieróbca A., Pietruch Cz.: Agrometeorologiczny system ochrony chmielu przed mączniakiem rzekomym. Prz. Nauk. WIKŚ, 2007, **37**: 48-54.
11. Kozyra J., Górski T.: Wpływ zmian klimatu na uprawę roślin w Polsce. W: Klimat – Środowisko – Człowiek. Polski Klub Ekologiczny, Okręg Dolnośląski, Wrocław, 2004, 41-50.
12. Kozyra J., Górski T.: Wpływ zmian klimatycznych na rolnictwo w Polsce. W: Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie. FDPA, 2008, 35-40.
13. Kozyra J., Zaliwski A., Nieróbca A.: Internetowy model sum temperatur w fenologii. Post. Ochr. Rośl., 2003, **43(2)**: 749-751.

14. Leśny J., Juszczyk R., Ratajkiewicz H., Chojnicki B., Urbaniak M., Olejnik J.: Możliwości wspomagania podejmowania decyzji w rolnictwie z wykorzystaniem Wielkopolskiego Serwisu Informacji Agrometeorologicznej. *Prz. Nauk. WIKŚ*, 2007, **37**: 39-47.
15. Matthews K. B., Shwars G., Buchan K., Rivington N., Miller D.: Wither agricultural DSS? *Comput. Electron. Agric.*, 2008, **61**: 149-159.
16. Wolny S., Horoszkiewicz-Janka J., Sikora H., Kapsa J., Zaliwski A., Nieróbca A., Kozyra J., Domaradzki K.: Wyniki prac badawczych i adaptacyjnych nad polskim internetowym systemem wspomagania decyzji w ochronie roślin w 2003 roku. *Prog. Plant. Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 513-522.
17. Zaliwski A., Górski T.: Prawdopodobieństwo dojrzewania kukurydzy – aplikacja internetowa. *Inż. Rol.*, 2005, **8(68)**: 401-408.
18. Zaliwski A., Nieróbca A.: Internetowy system wspomagania decyzji do oceny ryzyka występowania *Pseudocercospora herpotrichoides*. *Post. Ochr. Rośl.*, 2007, **47(2)**: 358-390.
19. Zaliwski A., Pietruch Cz.: Narzędzia informatyczne w produkcji roślinnej. *Inż. Rol.*, 2007, **2(90)**: 333-339.
20. Zawora T.: Temperatura powietrza w Polsce w latach 1991–2000 na tle okresu normalnego 1961–1990. *Acta Agroph.*, 2005, **6**: 281-287.

Adres do korespondencji:

dr Jerzy Kozyra
IUNG - PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (081) 886-34-21, w. 228
e-mail: kozyr@iung.pulawy.pl

Andrzej S. Zaliwski

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

**ORGANIZACJA MODUŁU POGODOWEGO KRAJOWEGO SYSTEMU
DORADZTWA W ZAKRESIE ZRÓWNOWAŻONEJ
PRODUKCJI ROŚLINNEJ***

Wstęp

Warunki pogodowe mają dominujące znaczenie dla produkcji roślinnej, decydują bowiem o wzroście, rozwoju i plonowaniu roślin uprawnych oraz o współegzystencji agrofagów, wpływają ponadto na organizację prac polowych (1, 8). Ocenia się, że około 75% wszystkich strat w produkcji roślinnej powodowane jest bezpośrednio lub pośrednio przez czynniki pogodowe (6). Najważniejszymi elementami pogody są: promieniowanie słoneczne, temperatura powietrza i gleby, opady atmosferyczne, wilgotność powietrza i gleby oraz wiatr. Poznanie wzajemnych relacji pogoda – rośliny – agrofagi umożliwiło budowę modeli prognostycznych wykorzystywanych w systemach wspomagania decyzji do generowania informacji przydatnych na różnych poziomach decyzyjnych: strategicznym, taktycznym i operacyjnym. Modele te, w zależności od poziomu decyzyjnego, wymagają zasilania danymi w różnej skali przestrzennej i czasowej. Modele strategiczne przeznaczone są do wspomagania planowania produkcji roślinnej i są konstruowane z wykorzystaniem danych historycznych (2, 4). Natomiast modele dostarczające prognoz na poziomie taktycznym (plony, fazy fenologiczne) i operacyjnym (ochrona roślin) wymagają obecności stacji meteorologicznych monitorujących przebieg pogody. Dla modeli tych potrzebne są precyzyjne i aktualne dane, które mogą zapewnić stacje lokalne umieszczone w pobliżu plantacji, wyposażone we wszystkie potrzebne czujniki wykonujące pomiary odpowiednio często (np. w cyklu godzinowym) i przesyłające dane na bieżąco. Wymaganą aktualność danych mogą zapewnić tylko stacje automatyczne. Niespełnienie wymagań co do jakości danych pogodowych prowadzi do generowania przez modele błędnych wyników (7).

Krajowy system doradztwa w zrównoważonej produkcji roślinnej (KSDPR), rozwijany w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG-PIB, wykorzystuje modele pracujące przede wszystkim na poziomie taktycznym i operacyjnym, które wymagają danych dekadowych, dobowych i godzinowych. Modele te w latach ubie-

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG - PIB

głych były zasilane danymi pogodowymi z sieci stacji synoptycznych nadzorowanych przez Instytut Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW) i tylko z jednej stacji agrometeorologicznej lokalnej. Rozwiązanie takie nie zapewniało wystarczającego pokrycia obszaru stacjami w systemie obejmującym cały kraj. Z tego powodu sieć stacji zasilających KSDPR zostanie w najbliższych latach uzupełniona przez znaczną liczbę agrometeorologicznych stacji lokalnych, należących do IUNG-PIB i innych instytucji.

Ze względu na ścisłe powiązanie operacji zasilania danymi pogodowymi z pracą modeli w systemie KSDPR, dodawanie nowych informacji ze stacji różnych typów – podczas jego eksploatacji w sezonie – zakłócałoby jego pracę i powodowało przerwy. Postanowiono więc oddzielić operacje związane z przesyłaniem i agregowaniem danych pogodowych od pozostałych funkcji systemu, tworząc oddzielny (tzn. pracujący niezależnie), centralny (tzn. dostarczający dane pogodowe w wymaganych formatach i cyklach czasowych do wszystkich modeli) moduł pogodowy.

Celem opracowania było przedstawienie koncepcji oddzielnego centralnego modułu pogodowego zasilającego system KSDPR.

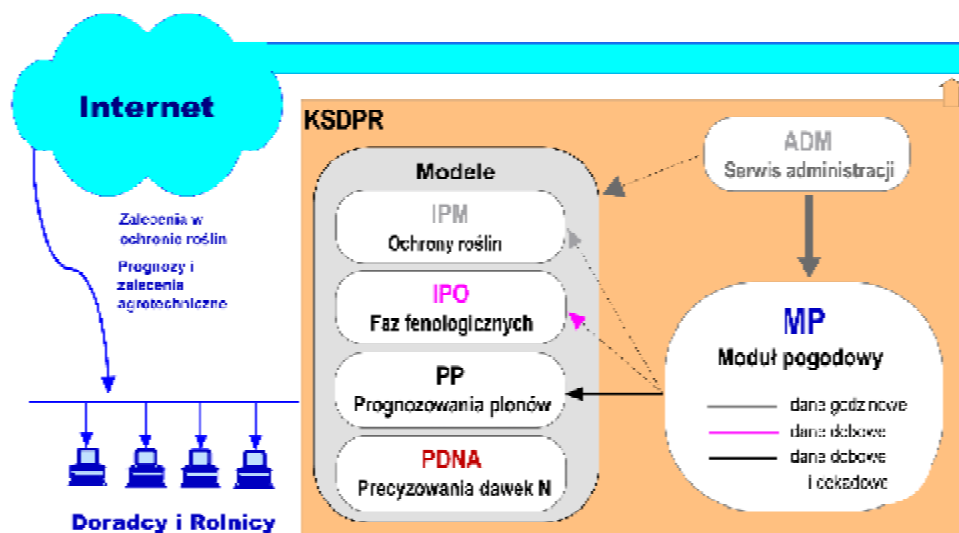
Komponenty systemu doradztwa

Koncepcja krajowego systemu doradztwa w zrównoważonej produkcji roślinnej zakłada integrację:

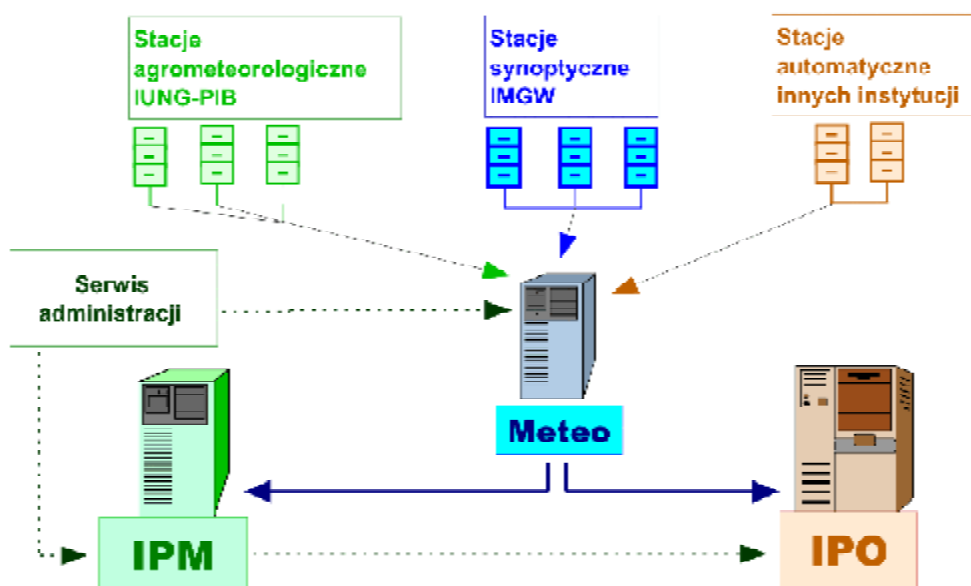
- istniejących modeli ochrony roślin „Internetowego systemu wspomagającego podejmowanie decyzji w integrowanej ochronie roślin” (komponent IPM, rys. 1);
- modeli prognozowania plonów wybranych roślin uprawnych (komponent PP), zrealizowanych w projekcie na podstawie istniejących algorytmów (3) opracowanych w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG-PIB;
- nowo opracowanych modeli fenologicznych roślin uprawnych (komponent IPO);
- modelu precyzowania dawek nawożenia azotem (PDNA).

System IPM jest w eksploatacji od 2002 roku (10). Jego prototyp (5) został opracowany w latach 2000–2002 przy współpracy IUNG-PIB w Puławach, IOR w Poznaniu i IHAR (Radzików i Bonin) oraz obecnego Wydziału Nauk Rolniczych Uniwersytetu w Aarhus w Danii (dawniej Duński Instytut Nauk Rolniczych). Komponenty IPO, PP, ADM i MP są obecnie testowane, a model precyzowania dawek azotu PDNA jest w stadium projektu.

W chwili obecnej wszystkie komponenty systemu KSDPR są umieszczone na serwerze IPM. Koncepcja zakłada, że system będzie wykorzystywał trzy serwery: IPM, Meteo i IPO (rys. 2). Wszystkie dane pogodowe są przesyłane ze stacji meteorologicznych do serwera Meteo, którego zadaniem jest gromadzenie danych z pomiarów i ich przetworzenie do formatów wymaganych przez modele. Dane przetworzone mogą być weryfikowane ręcznie z wykorzystaniem stron internetowych serwisu administracji (rys. 5), a zmiany zapisywane są do tabel danych agregowanych na serwerze Meteo, powodując jednocześnie automatyczną aktualizację ich odpowiedników na serwerach IPM i IPO.



Rys. 1. Główne komponenty systemu KSDPR: modele, moduł pogodowy i serwis administracji
Źródło: opracowanie własne.

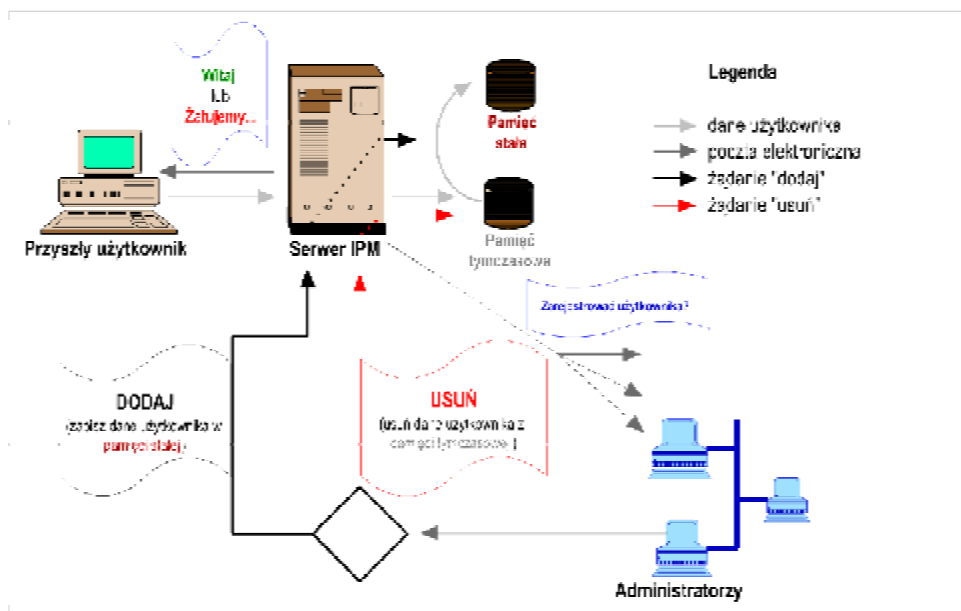


Rys. 2. Schemat zasilania danymi pogodowymi „Krajowego systemu doradztwa w zrównoważonej produkcji roślinnej” (konceptcja)
Źródło: opracowanie własne.

Modele ochrony roślin „Internetowego systemu wspomagania decyzji dla integrowanej ochrony roślin” pozostaną na serwerze IPM, natomiast moduł pogodowy tego systemu zostanie przeniesiony na serwer Meteo, który przeznaczony jest do przetwarzania danych meteorologicznych. Modele faz fenologicznych IPO oraz modele prognozowania plonów PP (tworzące wspólnie „System zaleceń rolniczych związanych z przebiegiem pogody”) zostaną przeniesione na serwer IPO. Na serwerze tym zostanie również zainstalowany model precyzowania dawek azotu (PDNA). Wszystkie trzy serwery będą wyposażone we własne bazy danych.

System KSDPR posiada serwis administracji, który służy do zdalnego zarządzania bazami danych modeli IPM, IPO i PP oraz bazami danych modułu pogodowego (rys. 1). Serwis administracji składa się z szeregu aplikacji internetowych rezydujących na serwerze IPM, które umożliwiają rejestrację (rys. 3) i logowanie użytkowników, edycję danych (rys. 4 i 5) oraz ręczną aktualizację (przez przysyłanie plików z danymi) określonych tabel w bazach danych systemu. Opracowanie serwisu miało na celu rozdzielenie obowiązków administracyjnych na większą liczbę osób, umożliwiając skrócenie czasu aktualizacji danych w systemie.

Przyszły użytkownik, aby móc korzystać z usług serwisu administracji, musi zarejestrować się w systemie. Wypełnia w tym celu formularz rejestracji na stronie internetowej i przesyła go do serwera (rys. 3). Dane użytkownika zostają zapisane w tabeli danych tymczasowych i do administratorów systemu wysyłane jest pocztą elektroniczną zgłoszenie. Administrator podejmuje decyzję o zarejestrowaniu nowego



Rys. 3. Schemat działania aplikacji obsługującej rejestrację nowych użytkowników w serwisie administracji

Źródło: opracowanie własne.

użytkownika. Jeżeli decyzja jest pozytywna, dane użytkownika zostają zapisane do tabeli użytkowników zarejestrowanych, w przeciwnym razie są usuwane z bazy danych. Wiadomość o decyzji przesyłana jest pocztą elektroniczną osobie rejestrującej się oraz pozostałym administratorom. Użytkownicy zarejestrowani mogą logować się do systemu oraz uruchamiać aplikacje zgodnie z posiadanymi uprawnieniami (nadawanymi na poziomie aplikacji).

Na rysunku 4 przedstawiono edycję danych dotyczących stacji meteorologicznych w bazie danych IPO. Pierwszy rekord tabeli jest w stanie edycji (szarym kolorem zaznaczone są pola tylko do odczytu). Współrzędne geograficzne stacji służą do pozycjonowania jej na mapie oraz do obliczania określonych elementów pogodowych na podstawie elementów mierzonych (np. ewapotranspiracji na podstawie temperatury, wilgotności, uśłonecznienia, prędkości wiatru i szerokości geograficznej). Przyciskami „Ukryj” można ukrywać stacje – stają się one niewidoczne dla modeli IPO (dane z nich pochodzące nie są uwzględniane w obliczeniach) i dla użytkowników systemu. W aplikacji można także dodawać nowe stacje do tabeli (stacje synoptyczne IMGW i stacje agrometeorologiczne IUNG-PIB – służą do tego przyciski „Dodaj synop” i „Dodaj agro”). Przycisk „Województwa” wyświetla pomoc dotyczącą numeru województwa – numery te są wprowadzane w kolumnie „Wojew”.

Serwis administracji został zbudowany w IUNG-PIB z wykorzystaniem nowoczesnej technologii ASP.NET i języka C#, z wyjątkiem aplikacji służącej do rejestracji

Nr stacji	Lokalizacja	WMO ID	Sz. geog. [DU]	Dł. geog. [DU]	Wys. nrm. [m]	Typ	Wzrjaw	Widoczna		
1014	Malyszyn	1014				3			/Zapoz	Ukryj/Pokaż
1013	Kromowo	1013				3			Edytuj	Ukryj/Pokaż
1012	Zelazów	1012	50.000000	20.000000	0.00	3	3		Edytuj	Ukryj/Pokaż
1011	Wierzbowa	1011	50.000000	23.758889	188.00	3	3	*	Edytuj	Ukryj/Pokaż
1010	Rogów	1010	50.003330	23.492777	239.00	3	3	*	Edytuj	Ukryj/Pokaż
1009	Falków	1009	51.130000	22.301110	205.00	3	3	*	Edytuj	Ukryj/Pokaż
1008	Rogów	1008	51.317220	22.143810	203.00	3	3	*	Edytuj	Ukryj/Pokaż
1007	Łaskowice	1007	51.083330	17.333330	134.00	3	1		Edytuj	Ukryj/Pokaż
1006	Turów	1006	50.800000	17.050000	120.00	3	1		Edytuj	Ukryj/Pokaż
1005	Olszyna	1005	51.560000	22.086667	155.00	3	3		Edytuj	Ukryj/Pokaż
1004	Łaskowice	1004	52.583330	18.833330	75.00	1	1		Edytuj	Ukryj/Pokaż

Rys. 4. Aplikacja służąca do edycji danych dotyczących stacji meteorologicznych w bazie danych IPO

Źródło: opracowanie własne.

Edycja średnich / sum dobowych. Suma opadów [mm] - Mozilla Firefox

Edycja średnich / sum dobowych. Suma opadów [mm], stacja: Baborówko (1004)

Czas pozostały do końca sesji: 09:21

Data pomiaru	Suma opadów [mm]	Liczba pomiarów	Redaktor	Data aktualizacji
2009.05.10	0.10	1438		
2009.05.09	0.10	1439		
2009.05.08	0.10	1436		
2009.05.07	0.20	1436		
2009.05.06	1.70	1434		
2009.05.05	0.20	1438		
2009.05.04	0.10	1437		
2009.05.03	0.00	1440		
2009.05.02	0.00	1440		
2009.05.01	0.00	1436		
2009.04.30	0.00	1437		

Rys. 5. Aplikacja służąca do edycji danych dobowych agregowanych z danych ze stacji meteorologicznych w bazie danych AgroMeteo. Pierwszy rekord tabeli jest w stanie edycji (zawartość pól szarych tylko do odczytu). Wartości w kolumnach „Redaktor” i „Data aktualizacji” stanowią informację, kto i kiedy dokonał poprawek i są aktualizowane samoczynnie przez aplikację

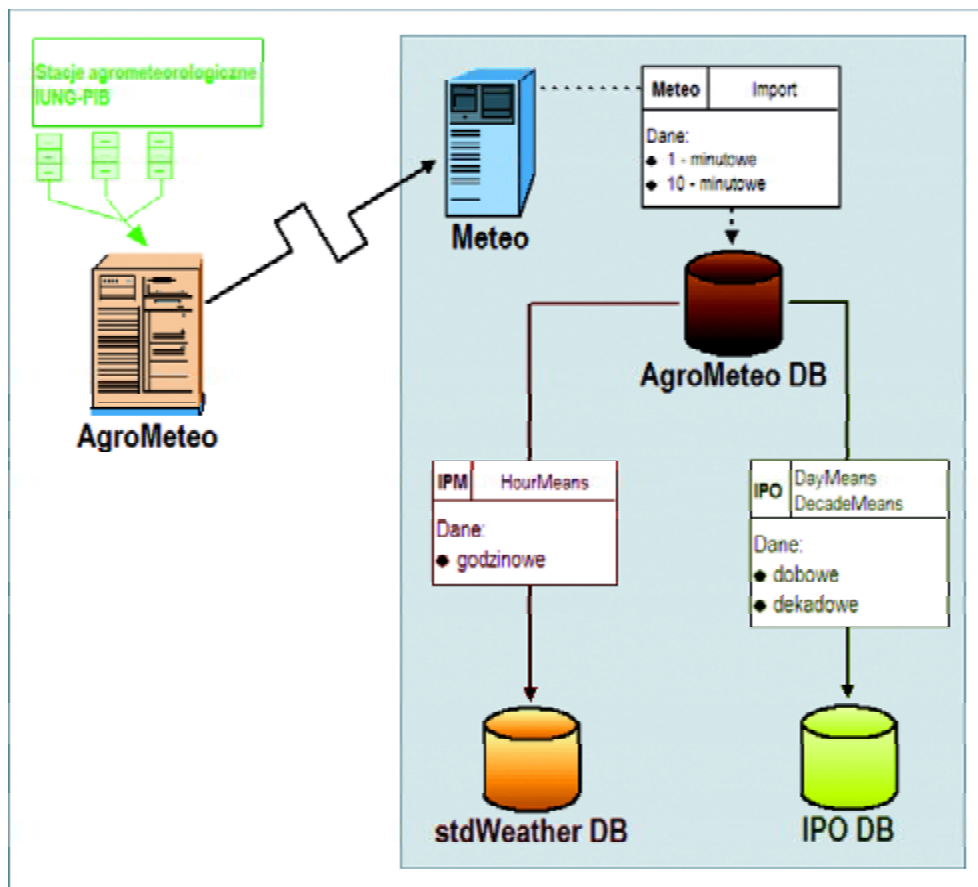
Źródło: opracowanie własne.

(napisanej w języku PHP). Jakikolwiek operacje na bazach danych wykonywane są za pomocą procedur składowanych zapisanych lokalnie w poszczególnych bazach uruchamianych zdalnie przez aplikacje serwisu pracujące na serwerze IPM. Dostęp do funkcji administracyjnych jest ograniczony na poziomie aplikacji do osób zarejestrowanych w serwisie. Wszystkie aplikacje serwisu (a także programy konsolowe obsługujące moduł pogodowy) posiadają instrukcje obsługi w formacie elektronicznym.

Moduł pogodowy systemu doradztwa

Na moduł pogodowy systemu KSDPR składają się bazy do gromadzenia danych nieprzetworzonych pochodzących ze stacji meteorologicznych, bazy z danymi przetworzonymi (zagregowanymi) oraz oprogramowania do ich przesyłania i przetwarzania (rys. 6).

Moduł pogodowy zasilany jest obecnie danymi z automatycznych stacji agrometeorologicznych IUNG-PIB i ze stacji synoptycznych IMGW. W najbliższym czasie planowane jest sukcesywne dołączanie dalszych stacji agrometeorologicznych, a także kilku stacji agrometeorologicznych Instytutu Ochrony Roślin w Poznaniu oraz stacji innych instytucji (rys. 2).



Rys. 6. Komponenty modułu pogodowego (konceptcja). Moduł będzie zainstalowany na wydzielonym do tego celu serwerze Meteo. Będzie posiadał bazę danych (AgroMeteo) do gromadzenia danych z pomiarów ze stacji meteorologicznych oraz odpowiedniki baz danych obsługujących modele IPM (baza danych stdWeather) i modele IPO (baza danych IPO)

Źródło: opracowanie własne.

Stacje agrometeorologiczne IUNG-PIB są obsługiwane przez serwer z bazą danych MySQL, do której przesyłają na bieżąco wszystkie dane z pomiarów w cyklu 1-minutowym lub 10-minutowym (rys. 6).

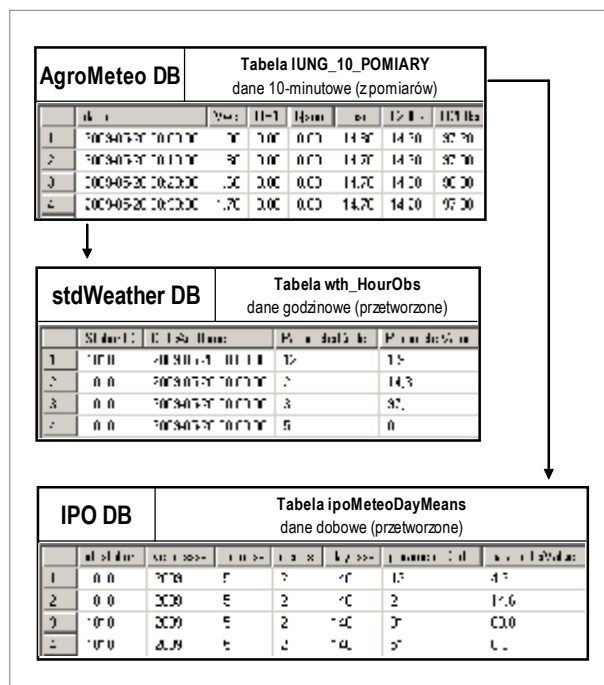
W ramach modułu pogodowego testowane jest obecnie przesyłanie danych z serwera AgroMeteo (z bazy danych AgroMeteo) do serwera IPM (do bazy danych również o nazwie AgroMeteo). Przesyłanie danych realizowane jest przez program Import, pracujący w cyklu 10-minutowym (rys. 6). Według koncepcji systemu KSDPR moduł pogodowy na serwerze Meteo będzie gromadził dane z pomiarów w osobnych tabelach (tabelach stacji), o strukturze odpowiedniej dla każdej stacji meteorologicznej lub dla grupy stacji tego samego typu. Modele IPM, IPO i PP (na serwerach IPM i IPO) wykorzystują różne dane pogodowe zarówno pod względem długości cyklu, jak

i elementów pogodowych. Z tego względu modele te mają swoje własne tabele danych różniące się strukturą rekordów.

Zakłada się, że każda stacja lub grupa stacji będzie miała własną tabelę danych na serwerze Meteo. Wszystkie tabele danych agregowanych również będą miały swoje odpowiedniki na serwerze Meteo. Zadaniem modułu pogodowego będzie pobieranie danych z serwerów obsługujących stacje w ustalonych dla tych stacji formatach i tworzenie ich kopii w tabelach stacji na serwerze Meteo. Następnie programy modułu będą agregowały i przetwarzały dane z tabel stacji do formatów wymaganych przez modele wraz z zapisem do tabel danych agregowanych. Przetworzone dane z tabel danych agregowanych będą trafiały do ich odpowiedników na serwerach IPM oraz IPO i stąd będą pobierane przez modele.

Sposób przetwarzania danych przez moduł pogodowy obrazuje rysunek 7. W bazie danych AgroMeteo składowane są dane z pomiarów, skąd po przetworzeniu przesyłane są do baz danych stdWeather i IPO. Na rysunku 7 przedstawiono fragment tabeli IUNG_10_Pomiary w bazie AgroMeteo z danymi ze stacji Rogów w woj. lubelskim. Każdy rekord w tabeli zawiera wszystkie elementy pogodowe mierzone przez czujniki stacji meteorologicznej wraz z datą i czasem pomiaru zapisanym z rozdzielczością 10-minutową, jako typ DateTime – dokładny opis typów danych, np. Vieira (9). Przetwarzanie danych oznacza nie tylko ich agregację, ale także zmianę struktury rekordów, odpowiednio do potrzeb modeli korzystających z tych danych. W tabeli wth_HourObs zapisywane są dane godzinowe agregowane z sześciu rekordów 10-minutowych. Każdy rekord tabeli wth_HourObs zawiera wartość tylko jednego elementu pogodowego i zostaje przyporządkowany jednoznacznie do stacji meteorologicznej za pomocą indeksu (kolumna StationID) oraz elementowi pogodowemu za pomocą kodu (kolumna ParameterCode). Data i czas pomiaru są nadal zapisane jako typ DateTime, ale inna jest ich interpretacja, bowiem rozdzielczość czasowa danych zmienia się z 10-minutowej na godzinową. W tabeli ipoMeteoDayMeans struktura rekordów jest jeszcze inna. Sposób przyporządkowania rekordów stacjom i elementom pogodowym jest analogiczny, jak w tabeli wth_HourObs, ale data ma rozdzielczość dobową i jest zakodowana w postaci roku i kolejnego dnia. Podane są także miesiąc i dekada, zgodnie z wymaganiami modeli IPO.

Ważną częścią modułu pogodowego, oprócz baz danych, jest oprogramowanie obsługujące operacje przesyłania, agregacji i składowania danych. Oprogramowanie to stanowią programy konsolowe uruchamiane przez harmonogram zadań systemu operacyjnego serwera Meteo. Wszystkie programy napisano w języku C#. Pracują one w sposób cykliczny z częstotliwością określoną przez wymagania stacji lub modeli: 10-minutową, godzinową, dobową i dekadową. Każdy program rejestruje swoją pracę w dwóch plikach tekstowych. W jednym z nich rejestrowane są błędy (wynikające z usterek przesyłu oraz nieprzewidziane przez programistę), a w drugim komunikaty o postępie pracy. Pliki rejestracji pracy są okresowo kompresowane i archiwizowane w sposób automatyczny, stanowiąc cenne źródło informacji do analizy działania modułu pogodowego, np. w sytuacjach awaryjnych.



Rys. 7. Przetwarzanie danych pogodowych ze stacji Rogów w woj. lubelskim w module pogodowym. Oznaczenia kolumn w tabeli IUNG_10_POMIARY: Vwsr – prędkość wiatru, OP1 – opad, Qsum – radiacja, T5sr – temperatura powietrza na wysokości 5 cm, T200sr – temperatura powietrza na wysokości 2 m, U200sr – wilgotność powietrza na wysokości 2 m. Oznaczenia kolumn w tabeli wth_HourObs: StationID – indeks stacji (1010 dla stacji w Rogowie), DateAndTime – data i czas, ParameterCode – kod elementu pogodowego (12 – średnia prędkość wiatru, 21 – średnia temperatura powietrza na wysokości 2 m, 31 – średnia wilgotność powietrza na wysokości 2 m, 51 – suma opadów), ParameterValue – wartość elementu pogodowego. Oznaczenia kolumn w tabeli ipoMeteoDayMeans: id_station – indeks stacji (1010 dla stacji w Rogowie); year_xxx, mon_xx, dec_x, day_xxx – dane określające datę (rok, miesiąc, dekada, kolejny dzień roku), ParameterCode i ParameterValue – kod elementu pogodowego i jego wartość (analogicznie, jak w tabeli wth_HourObs).

Źródło: opracowanie własne.

Modele IPM wykorzystują przede wszystkim dane godzinowe: temperaturę i wilgotność powietrza na wysokości 2 m nad powierzchnią gruntu oraz sumę opadów. Dane te są agregowane z danych pomiarowych przez program HourMeans pracujący w cyklu godzinowym i są zapisywane bezpośrednio w bazie danych stdWeather modeli IPM. Docelowo operacje te będą wykonywane na serwerze Meteo, a zagregowane dane (pochodzące z różnych źródeł i wymagające odmiennych algorytmów agregowania ze względu na różne formaty i cykle zasilania) zapisywane będą w bazie danych stdWeather serwera Meteo i następnie przesyłane do serwera IPM w cyklu godzinowym. Pozostałe dane wymagane przez modele IPM są obliczane z danych godzinowych przez odpowiednie programy przygotowujące dane dla modeli (umieszczone na serwerze IPM).

Modele faz fenologicznych IPO (rys. 1) wymagają danych dobowych, natomiast modele prognozowania plonów PP danych dobowych i dekadowych. Dane te (temperatura i wilgotność powietrza, temperatura gleby, radiacja, prędkość wiatru, suma opadów i pokrywa śnieżna) są agregowane przez programy DayMeans i DecadeMeans pracujące odpowiednio w cyklu dobowym oraz dekadowym i zapisywane są w bazie danych IPO do tabel ipoMeteoDayMeans (rozdzielczość dobową) oraz ipoMeteo (rozdzielczość dekadową). Wynikiem agregacji są także usłonecznienie i ewapotranspiracja, w przypadku których algorytmy agregujące mają postać bardziej złożoną. Usłonecznienie obliczane jest na podstawie radiacji, a ewapotranspiracja na podstawie szerokości geograficznej, usłonecznienia oraz elementów mierzonych przez czujniki stacji meteorologicznych: temperatury, wilgotności i prędkości wiatru. Wszystkie algorytmy agregowania opracowano w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG-PIB.

Podsumowanie

System KSDPR, budowany w ramach zadania 2.9 w programie wieloletnim IUNG-PIB, składa się z wielu modeli dostarczających prognoz i zaleceń przede wszystkim na poziomie taktycznym i operacyjnym. Modele te wymagają ciągłego dopływu precyzyjnych przestrzennie danych pogodowych w czasie rzeczywistym w cyklu dekadowym, dobowym lub nawet godzinowym. Ze względu na zbyt rzadką sieć stacji meteorologicznych nadzorowanych przez IMGW w stosunku do potrzeb systemu KSDPR konieczne jest wykorzystanie agrometeorologicznych stacji automatycznych (przesyłających dane na bieżąco) umieszczonych w okolicach pól uprawnych. Przewidując przyszłe problemy techniczne przesyłania danych w odmiennych formatach za pomocą rozmaitych protokołów z dużej liczby stacji różnych producentów, zespół realizujący zadanie 2.9 opracował koncepcję oddzielenia od systemu KSDPR modułu pogodowego. Koncepcja ta realizowana jest od 2008 roku i zakłada, że moduł pogodowy przejmie wszystkie operacje związane z przesyłem danych ze stacji, ich przetwarzaniem i zasilaniem modeli. Tylko operacje na danych pogodowych specyficzne dla poszczególnych modeli będą nadal obsługiwane przez lokalne aplikacje. Moduł pogodowy ma za zadanie ujednolicić format danych pochodzących ze stacji meteorologicznych różnych typów, podłączonych do systemu KSDPR, zgodnie z potrzebą modeli. Składa się on z baz danych i oprogramowania działającego automatycznie. Jedynie weryfikacja danych agregowanych przeprowadzana jest ręcznie ze względu na zapewnienie wysokiej jakości danych (w ograniczonym zakresie weryfikację przeprowadzają także procedury automatyczne, ale interwencja człowieka jest nadal konieczna).

Ważną częścią modułu pogodowego i całego systemu jest serwis administracji, który umożliwi rozdzielenie obowiązków przy pracach administracyjnych na większą liczbę osób, bez utraty kontroli nad całością. Jedynie operacje o kluczowym znaczeniu muszą być wykonywane przez głównego administratora.

Wykorzystanie nowoczesnej platformy programistycznej jaką jest ASP.NET i konsekwentne stosowanie zasad programowania obiektowego znacznie przyspieszyło proces realizacji koncepcji centralnego modułu pogodowego.

Literatura

1. F a l i ń s k a K.: Ekologia roślin. PWN Warszawa, 2004.
2. G ó r s k i T.: Model średniej temperatury powietrza w Polsce. Acta Agroph., 2005, **125**: 73-83.
3. G ó r s k i T., D e m i d o w i c z G., D e p u t a t T., G ó r s k a K., M a r c i n k o w s k a I., S p o z - P a ć W.: Empiryczny model plonowania pszenicy ozimej w funkcji czynników meteorologicznych. Zesz. Nauk. AR Wrocław, seria Konf., 1997, **313**: 99-109.
4. G ó r s k i T., G ó r s k a K.: An algorithm for evaluating the cycle of sunshine duration in Poland. Proc. 2nd ISES - Europe Solar Congress, Portowo. Book of Proceedings, 1998, I. 1, **4**: 1-6.
5. H o s t g a a r d M. B., W o l n y S.: Założenia duńskiego systemu wspomagania decyzji w ochronie roślin i możliwości jego wdrożenia w Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2002, **42(1)**: 358-390.
6. M a v i H. S., T u p p e r G. J.: Agrometeorology: principles and applications of climate studies in agriculture. Food Products Press, New York, 2004.
7. R i v i n g t o n M., M a t t h e w s K. B., B e l l o c c h i G., B u c h a n K.: Evaluating uncertainty introduced to process-based simulation model estimates by alternative sources of meteorological data. Agricult. Systems, 2006, **88**: 451-471.
8. S z w e j k o w s k i Z.: Podstawy agrometeorologii. Wyższa Szkoła Agrobiznesu w Łomży, 1999. www.wsa.edu.pl/baza/pobierz/AgroMeteorologia.pdf.
9. V i e i r a R.: SQL Server 2005. Programowanie od podstaw. Helion, Gliwice, 2007.
10. Z a l i w s k i A. S., H o ł a j J.: System wspomagania decyzji w ochronie roślin udostępniony w Internecie. Inż. Rol., 2002, **2(35)**: 341-350.

Adres do korespondencji:

dr Andrzej S. Zaliwski
IUNG - PIB
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel.: (081) 886-34-21 wew. 202
e-mail: Andrzej.Zaliwski@iung.pulawy.pl

WSKAZÓWKI DLA AUTORÓW

W serii wydawniczej „STUDIA I RAPORTY IUNG-PIB” publikowane są recenzowane prace z zakresu agronomii i kształtowania środowiska rolniczego, wykonane w ramach zadań programu wieloletniego pn. „Kształtowanie środowiska rolniczego Polski oraz zrównoważony rozwój produkcji rolniczej”. W zeszytach problemowych wydawanych w ramach tej serii mogą być zamieszczane również prace autorów spoza IUNG - PIB, które merytorycznie mieszczą się w tematyce zadań programu wieloletniego. **Publikowane są prace problemowe, głównie mające charakter przeglądowy, z podkreśleniem znaczenia omawianych zagadnień dla rolnictwa polskiego.**

Wydruk tekstu do recenzji:

czcionka 12 p., z odstępem 1,5-wierszowym.

Przygotowanie do druku:

- tekst i tabele w programie Word, wersja 6.0 lub wyższa
- czcionka – Times New Roman
- układ pracy: wstęp, wyniki i dyskusja bądź omówienie wyników, podsumowanie, literatura

tekst

- czcionka – 11 p. (spis pozycji literatury – 9 p.)
- wcięcie akapitowe – 0,5 cm

tabele

- podział na wiersze i kolumny (z funkcji tworzenia tabel)
- szerokość dokładnie 13 cm (tabele w pionie) lub 19 cm (tabele w poziomie)
- czcionka 9 p., pojedyncze odstępy międzywierszowe
- umieszczone w oddzielnych plikach
- pod tabelą przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

rysunki

- czarno-białe
- wykresy w programie Word lub Excel
- wymiary w zakresie 13 cm × 19 cm
- w podpisach czcionka 9 p.
- na dyskietce w oddzielnych plikach
- pod rysunkiem przypis ze wskazaniem źródła danych (autorstwa)

jednostki miary

- system SI
- jednostki zapisywać potęgowo (np. $t \cdot ha^{-1}$)

literatura

- spis literatury na końcu pracy w układzie alfabetycznym wg nazwisk autorów, w kolejności: nazwisko (pismo rozstrzelone), pierwsza litera imienia, tytuł pracy, miejsce publikacji: tytuł wydawnictwa (wg ogólnie przyjętych skrótów tytułów czasopism), rok, numer (pismo pogrubione), strony
- cytowanie w tekście – jako numer pozycji ze spisu literatury (w nawiasach okrągłych) lub dodatkowo z nazwiskiem autora (pismo rozstrzelone).

Pracę do recenzji należy składać w 2 egzemplarzach. Po recenzji oryginalny egzemplarz recenzowany i ostateczną wersję pracy, uwzględniającą uwagi recenzenta i redaktora, składać do Redakcji w 1 egzemplarzu i na dyskietce lub przesłać e-mailem na adres:

Dział Upowszechniania i Wydawnictw IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8, 24-100 Puławy
e-mail: imarcinkowska@iung.pulawy.pl

W serii wydawniczej „**RAPORTY PIB**”, a od 2007 r. „**STUDIA I RAPORTY IUNG - PIB**” ukazały się następujące pozycje:

1. *Wybrane aspekty agrochemicznych badań gleby*. Puławy, 2006.
2. *Zasady wprowadzania nawozów do obrotu*. Puławy, 2006.
3. *Regionalne zróżnicowanie produkcji rolniczej w Polsce*. Puławy, 2006.
4. *Monitoring skutków środowiskowych planu rozwoju obszarów wiejskich*. Puławy, 2007.
5. *Sprawdzenie przydatności wskaźników do oceny zrównoważonego gospodarowania zasobami środowiska rolniczego w wybranych gospodarstwach, gminach i województwach*. Puławy, 2007.
6. *Możliwości rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce*. Puławy, 2007.
7. *Współczesne uwarunkowania organizacji produkcji w gospodarstwach rolniczych*. Puławy, 2007.
8. *Efektywne i bezpieczne metody regulacji zachwaszczenia, nawożenia i uprawy roli*. Puławy, 2007.
9. *Wybrane elementy technologii produkcji roślinnej*. Puławy, 2007.
10. *Problem erozji gleb w procesie przemian strukturalnych na obszarach wiejskich*. Puławy, 2008.
11. *Uprawa roślin energetycznych a wykorzystanie rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*. Puławy, 2008.
12. *Wybrane zagadnienia systemów informacji przestrzennej i obszarów problemowych rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2008.
13. *Tworzenie postępu biologicznego w hodowli tytoniu i chmielu*. Puławy, 2008.
14. *Kierunki zmian w produkcji roślinnej w Polsce do roku 2020*. Puławy, 2009.
15. *Wybrane elementy regionalnego zróżnicowania rolnictwa w Polsce*. Puławy, 2009.