

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 wspomaganie 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 wspomaganie decyzji ZeaSoft

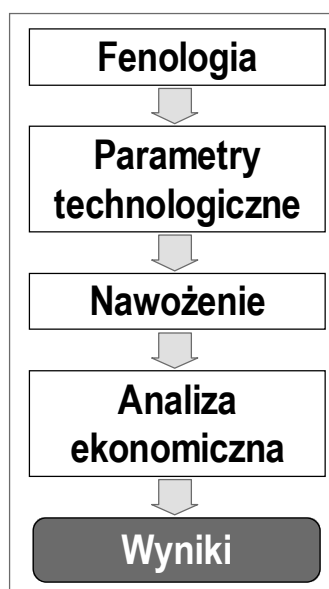
Typ wczesności kukurydzy jest określany liczbą FAO; odmiany są grupowane według jej wartości (17, 18). Dobór odmiany do warunków klimatycznych panujących w rejonie położenia gospodarstwa można sprowadzić do podania liczby FAO charakteryzującej grupę odmian, co wykorzystano w systemie wspomaganie decyzji 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 kisonki ($\text{zł} \cdot \text{ha}^{-1}$)	718
18.	Plon CCM ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)*	9,2
19.	Plon kisonki ($\text{t} \cdot \text{ha}^{-1}$)*	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).

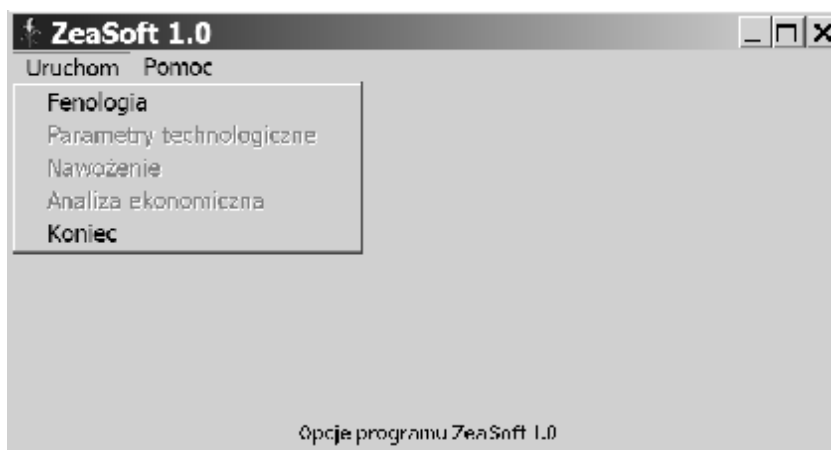
Należy pamiętać, że przy konstrukcji nowego modelu technologii produkcji plony ziarna, CCM i kiszonki należy podać w przeliczeniu na wilgotność 14%. Wartość plonu i wielkość areалу są atrybutami danego modelu technologii, ale użytkownik może je zmienić podczas symulacji. Aby uniemożliwić użycie modelu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

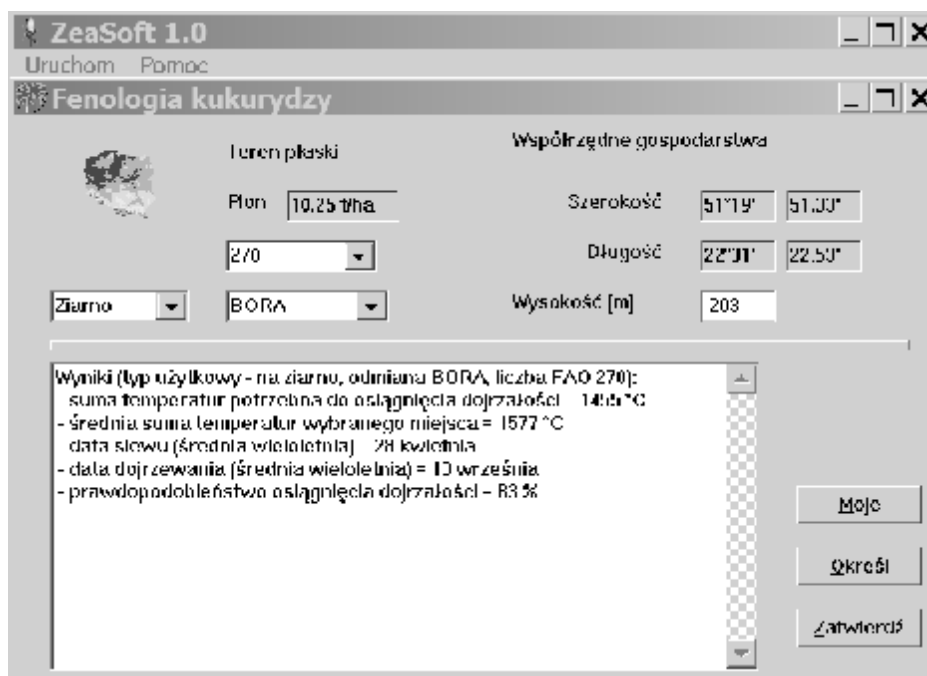
W pierwszym kroku, w module „Fenologia” (rys. 3), następuje ustalenie położenia geograficznego gospodarstwa, którego dotyczy symulacja, kierunku użytkowania i odmiany kukurydzy (liczby FAO). Do dalszych obliczeń brana jest pod uwagę liczba FAO odmiany; grupy odmian charakteryzujące się taką samą liczbą 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”

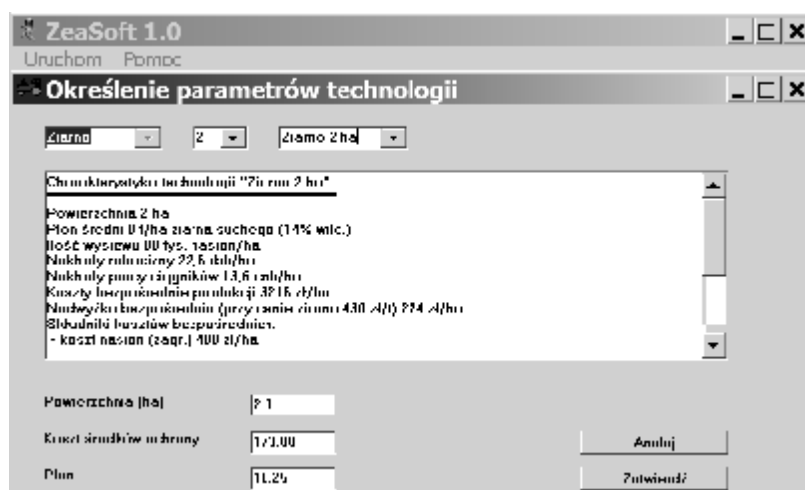
Źródło: opracowanie własne.

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 areału (rys. 4). Następnie, jeżeli zachodzi duża różnica między modelem a technologią rzeczywistą, zmienia w określonych granicach plon i areał 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).

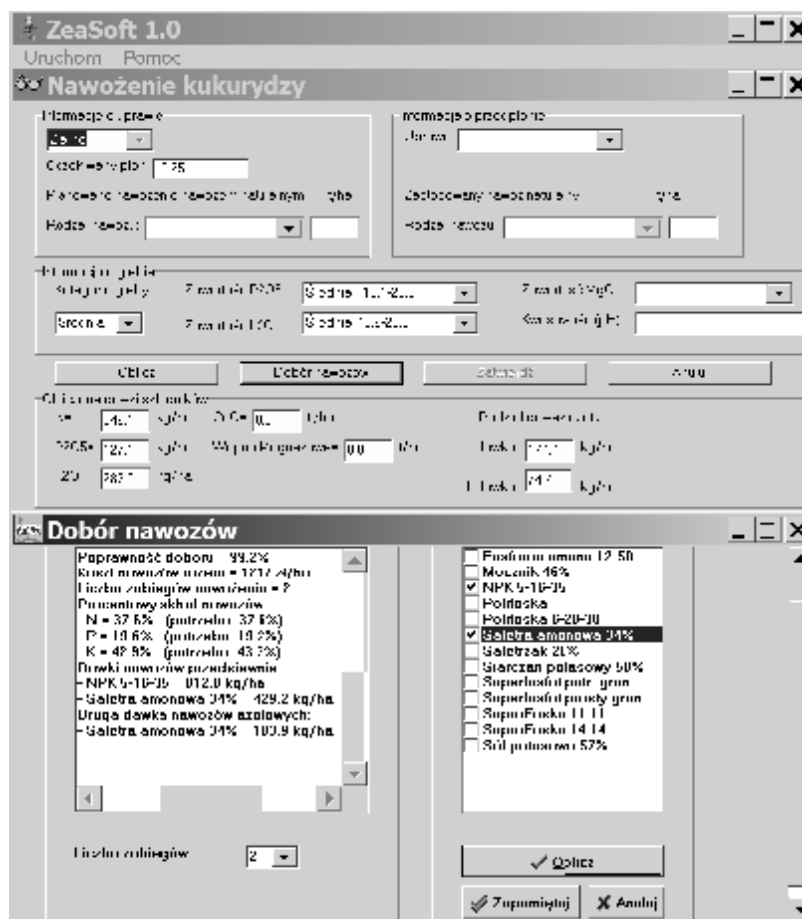
Trzecim krokiem symulacji jest określenie potrzeb pokarmowych kukurydzy, a następnie ustalenie dawek NPK, Ca i Mg oraz dobór nawozów mineralnych (rys. 5). Użytkownik podaje informacje o planowanym nawożeniu nawozem naturalnym (rodzaj nawozu i dawka), o glebie: rodzaj, zawartość P_2O_5 , K_2O , MgO i 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.

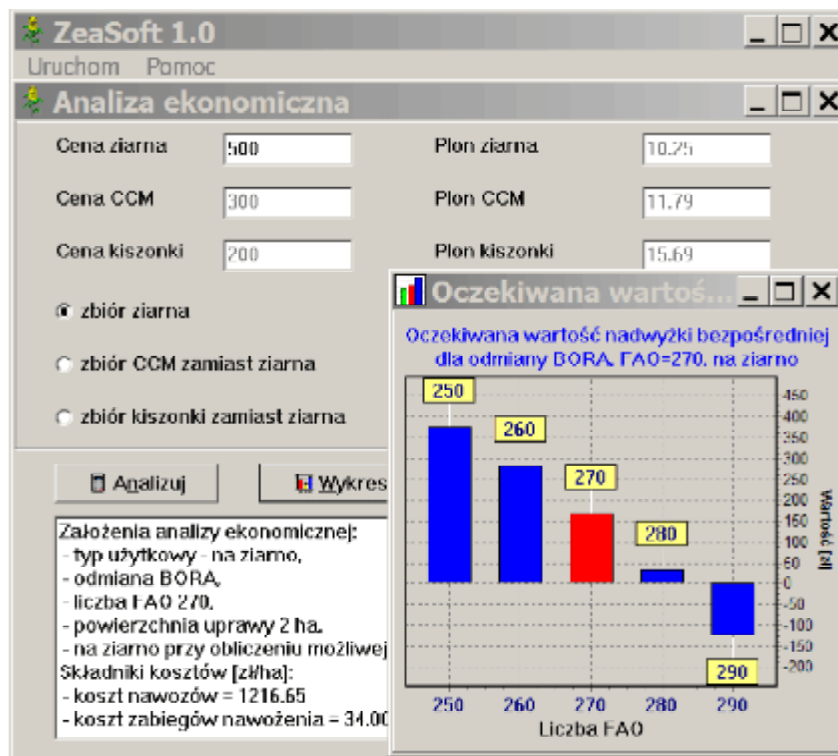


Rys. 5. Interfejs użytkownika modułu „Nawożenie”

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 te mogą zostać uwzględnione 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.: Ekonomika 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

