

Andrzej S. Zaliwski*, Jacek Hołaj**

*Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki w Puławach

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach

ZEASOFT - SYSTEM WSPOMAGANIA DECYZJI W UPRAWIE KUKURYDZY

Streszczenie

Przedstawiono metodę doboru odmiany i wyboru kierunku użytkowania kukurydzy w określonych warunkach środowiskowych, z uwzględnieniem aspektu ekonomicznego technologii produkcji. Metoda pozwala na symulację zmian technologii w zakresie zastosowania środków obrotowych. Ocenę doboru odmiany przeprowadza się na podstawie porównania oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej produkcji kukurydzy o różnych typach wczesności, określonych liczbą FAO. Metoda znalazła zastosowanie w systemie wspomaganie decyzji w integrowanej uprawie kukurydzy Zeasoft. System wykorzystuje modele technologii produkcji i model prawdopodobieństwa dojrzenia różnych typów wczesności kukurydzy. Bazy danych systemu obejmują m.in. odmiany, technologie produkcji i ceny. Użytkownik może podać położenie geograficzne gospodarstwa, powierzchnię uprawy, cenę kukurydzy, technologię, odmianę itd. Kalkulowane są koszty bezpośrednie produkcji, wartość produkcji i oczekiwana nadwyżka bezpośrednia.

Słowa kluczowe: system wspomaganie decyzji, kukurydza, odmiana, model fenologiczny, technologia, analiza ekonomiczna

Wprowadzenie

Areał uprawy kukurydzy w Polsce od 1996 roku zwiększa się nieustannie, stale wzrastają również plony ziarna i zielonki (Lipski 2004]. Jest to niewątpliwie reakcja producentów na zwiększający się popyt na rynku, wywołany koncentracją produkcji zwierzęcej. Producenci zmuszeni są do nieustannego przystosowywania się do aktualnych wymogów produkcji, określanych głównie przez rynek. Wyższe poziomy produkcji w skali kraju oznaczają wzrost presji konkurencyjnej. W celu sprostania konkurencji, każdy producent podejmujący decyzje produkcyjne musi liczyć się z ekonomiczną stroną produkcji (posługiwać się rachunkiem ekonomicznym).

Najkorzystniejsze decyzje w rozumieniu rachunku ekonomicznego są to decyzje prowadzące do maksymalnego efektu przy możliwie najlepszym wykorzystaniu posiadanych zasobów rzeczowych, finansowych i kapitału ludzkiego [Bernacki 2004]. Prawidłowy rachunek ekonomiczny musi uwzględniać możliwości produkcyjne (np. warunki środowiska, ceny) i ograniczenia produkcyjne (koszt stosowanych technologii, ryzyko, wymagany poziom jakości itd.). Nie może także pomijać społecznych kosztów produkcji (ekologiczne aspekty produkcji, wymagania jakościowe produktów istotne z punktu widzenia interesu społecznego). Spełnienie wszystkich warunków jest trudne ze względu na zachodzące sprzeczności, pożądana jest więc rozległa wiedza, bez której niemożliwy jest wybór najlepszego wariantu, tzn. podjęcie trafnej decyzji [Ziętara 2001].

Działania bezpośrednio związane z produkcją są określone metodą wytwarzania, tzn. technologią produkcji. Najtańszymi, i w związku z tym najczęściej stosowanymi, są zmiany technologii polegające na zastosowaniu nowoczesnych środków obrotowych (wysokoplennych i odpornych odmian, skuteczniejszych środków ochrony roślin) oraz zmiany dostosowujące efekty produkcyjne do warunków środowiskowych (dobór odmian, precyzyjne dawki nawozów sztucznych). Bardziej gruntowne zmiany technologii oznaczają nowe inwestycje i wymagają odpowiednich środków finansowych [Manteuffel 1984]. W naszym kraju w uprawie kukurydzy ważna jest znajomość warunków klimatycznych. Wskazana jest lokalizacja upraw w regionach o wyższej średniej temperaturze w okresie wegetacji i siew odmian kukurydzy wcześniej dojrzewających. Dobór odmian jest więc zagadnieniem kluczowym.

Celem opracowania jest przedstawienie systemu ZeaSoft, który służy do wyboru odmiany, symulacji zmian obrotowych środków produkcji i przeprowadzenia ekonomicznej analizy efektu zmian.

Modelowanie technologii

Planowanie ekonomicznie uzasadnionych zmian technologii wymaga stosowania kryteriów umożliwiających ich ocenę, np. drogą symulacji. Wygodnie jest posłużyć się w tym celu modelem gospodarstwa. W pracy wykorzystano model gospodarstwa opracowany w programie Agroefekt [Zaliwski, Hołaj 2001]. Głównymi elementami tego modelu są technologie przedstawione w postaci kart technologicznych. Karty odwzorowują w stałej strukturze i w sposób uproszczony (uogólniony) technologie produkcji. Stanowią one modele technologii, zawierając jedynie dane niezbędne do prowadzenia analiz ekonomicznych. Mimo całego uproszczenia, z punktu widzenia pozyskiwania danych do ich budowy i późniejszej aktualizacji cechuje je duża złożoność. Moralne zużycie technologii prowadzi do

„starzenia się” modeli - dość szybko przestają one być adekwatnym odwzorowaniem rzeczywistości. Jeszcze szybciej zmieniają się ceny (materiałów, narzędzi, ciągników, maszyn itd.), dlatego ważne jest ich wyodrębnienie z modeli technologii w celu umożliwienia aktualizacji w odrębnym toku.

Jak już powiedziano wcześniej, producenta interesuje ocena proponowanych zmian w technologii, ograniczonych głównie do środków obrotowych ze względu na korzystny stosunek efektów do nakładów (większą opłacalność). Zbiór modeli technologicznych pozwala tworzyć statyczne modele gospodarstw. Na potrzeby systemu Zeasoft należało zaprojektować mechanizmy umożliwiające modelowanie zmian - bezpośrednio odwzorowywanie zmian technologii w modelach technologicznych prowadziłyby do dużej liczby modeli. Konieczne było także uproszczenie modeli technologicznych w celu zmniejszenia wspomnianych wcześniej uciążliwości. Zaproponowano zastosowanie syntetycznych modeli technologicznych, o szczególności wymaganej do porównania oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej produkcji kukurydzy o różnym typie wczesności (zawierających przede wszystkim składniki kosztów bezpośrednich produkcji).

Syntetyczne modele systemu Zeasoft są pochodnymi szczegółowych modeli opracowanych w programie Agroefekt. Ich struktura zakłada, że koszty większości środków produkcji (głównie trwałych, takich jak maszyny, ciągniki itd.) są stałymi cechami technologii, natomiast koszty określonych kategorii środków obrotowych (nawozy i środki ochrony roślin) będą zmieniane przez użytkownika programu. Syntetyczne modele zawierają składniki kosztów bezpośrednich produkcji wg podstawowych zabiegów uprawowych (koszt zabiegów ochrony, nawożenia, koszt zbioru przy dwóch wartościach plonu: niskim i wysokim). Pozostałe zabiegi zgrupowano w jedną kategorię i ich koszt jest podawany łącznie. Wymienione koszty są to cechy stałe technologii. Modele te mają ponadto atrybuty wyznaczające granice stosowalności technologii w analizach ekonomicznych: kierunek użytkowania kukurydzy, plon i zakres plonów, areał i zakres areału. Cechy zmienne, a więc parametry modelu, to koszt środków ochrony roślin i koszt nawozów. Dwie wielkości, plon i areał, są zarazem atrybutami i parametrami. Użytkownik, obsługując system Zeasoft, dobiera model technologii z listy technologii na podstawie atrybutów (kierunek użytkowania, plon i areał). Następnie, „przystosowując” technologię do własnych potrzeb, może zmienić jej parametry (w określonych granicach), a więc plon, areał, koszt środków ochrony roślin i koszt nawozów. Plon i areał są to parametry umożliwiające „przybliżenie” modelu technologii do technologii rzeczywistej, natomiast koszt środków ochrony roślin i koszt nawozów umożliwiają symulowanie zmian technologii, które najczęściej mogą być stosowane przez producentów (zastosowanie innych środków obrotowych).

Wykorzystanie modelu prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy

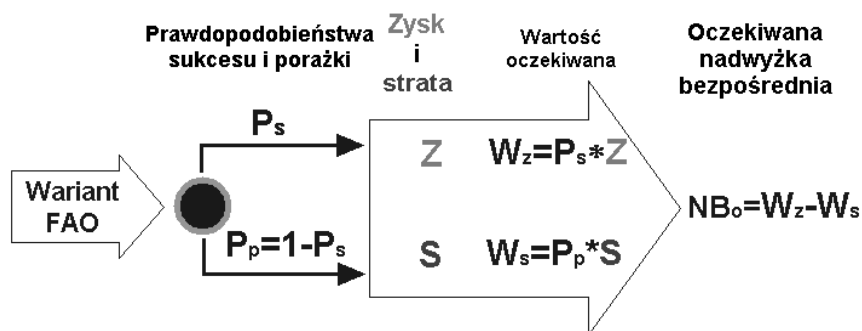
Kukurydza jest rośliną ciepłolubną. W Polsce nawet na obszarach o korzystnych warunkach termicznych jej uprawa związana jest z pewnym ryzykiem uwarunkowanym stratą plonu. W wielu wypadkach ryzyko to daje się zminimalizować poprzez właściwe decyzje we wczesnych etapach produkcji, tzn. na etapie siewu poprzez wybór najkorzystniejszych odmian o najwyższym prawdopodobieństwie dojrzewania ziarna, kolb lub zielonki. Prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości kukurydzy dla różnych typów wczesności i kierunków użytkowania można dość dokładnie ustalić stosując kryterium sumy temperatur efektywnych [Górski, Górka 1998].

Do obliczenia prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy system Zeasoft wykorzystuje algorytmy klimatyczne opracowane w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG [Górski 2004; Górski, Górka 1998]. Ich istotną cechą jest możliwość wyznaczenia charakterystyk meteorologicznych (np. temperatury powietrza) w punktach o znanym położeniu geograficznym. Algorytmy służące do wyznaczania różnych elementów klimatu zastosowano wcześniej w Modelu Agroklimatu [Górski, Zaliwski 2002], w którym zbiorem danych są współrzędne geograficzne punktów zawarte w warstwie punktowej w siatce 2 x 2 km. System Zeasoft różni się od tej wcześniejszej konstrukcji. Ze względu na interfejs graficzny do wprowadzania współrzędnych geograficznych z mapy Polski, użyto zbioru danych w rzadszej siatce 10 x 10 km. Punkty nie są skojarzone z warstwą punktową, ale z tekstowym plikiem rekordowym o swobodnym dostępie. Plik z danymi (współrzędne geograficzne: długość, szerokość i wysokość n.p.m.) jest w całości wczytywany do pamięci operacyjnej komputera. Rzadsza siatka umożliwia upakowanie danych w niewielkiej przestrzeni pamięci komputera. Algorytm wyznaczania numeru rekordu ze współrzędnych prostokątnych punktu, wskazanego przy pomocy myszki na mapie Polski wyświetlanej na ekranie komputera, zapewnia dużą szybkość dostępu do danych. Powyższe rozwiązania zmniejszają czas potrzebny na znalezienie i odczytanie rekordu (opóźnienie jest niezauważalne przez użytkownika).

W systemie Zeasoft zastosowano interfejs umożliwiający wybór kierunku użytkowania kukurydzy i odmiany. Model prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy umożliwia obliczenie, oprócz prawdopodobieństwa, średniej daty siewu i osiągnięcia dojrzałości. Wartości prawdopodobieństwa pozwalają wstępnie wyznaczyć najkorzystniejszy typ wczesności kukurydzy i wybrać odmianę na ziarno, CCM lub kiszonkę dla dowolnego, wybranego przez użytkownika punktu Polski.

Obliczenie oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej

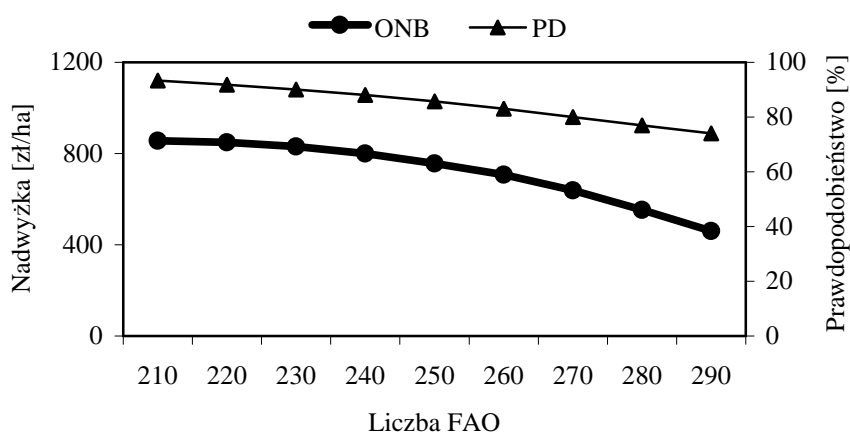
Wynik wyznaczenia odmiany na podstawie prawdopodobieństwa dojrzenia w systemie Zeasoft użytkownik traktuje jako wstępny. Ponieważ odmiany różnie plonują, znajomość samego prawdopodobieństwa dojrzenia kukurydzy poszczególnych odmian nie pozwala na ustalenie właściwej odmiany z wystarczającą dokładnością [Zaliwski, Górski 1999]. Konieczne jest porównanie wartości oczekiwanych zysków i strat kilku odmian o różnych typach wczesności, biorąc pod uwagę prawdopodobieństwo dojrzenia, wysokość plonu i koszty bezpośrednie produkcji [Zaliwski i in. 1999]. Odbywa się to w osobnym module obliczeniowym, który wykorzystuje wstępne wyniki wyboru odmiany i dane dotyczące technologii. Porównuje on wynik ekonomiczny dla kilku typów wczesności kukurydzy (zbiór wariantów), wśród których wstępnie wybrana odmiana ma położenie centralne (środek zbioru pod względem wartości liczby FAO). Porównywanym wynikiem ekonomicznym jest oczekiwana nadwyżka bezpośrednia, do obliczenia której służą m.in. wartości nadwyżki bezpośredniej (przy założeniu 100% sukcesu) i wartości ryzyka (rys. 1).



Rys. 1. Schemat obliczeń oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej. Oznaczenia: P_s - prawdopodobieństwo sukcesu (równe prawdopodobieństwu dojrzenia kukurydzy), P_p - prawdopodobieństwo porażki, Z - zysk (równy nadwyżce bezpośredniej), S - strata (równa kosztom bezpośrednim produkcji bez kosztów zbioru), W_z , W_s - oczekiwane wartości zysku i straty, NB_o - oczekiwana wartość nadwyżki bezpośredniej (źródło: opracowanie własne, na podstawie [Edwards 1989])

Fig. 1. Diagram of the calculation of expected direct income. Description: P_s - probability of success (equal to the probability of maize), P_p - probability of failure, Z - gain (equal to the direct income), S - loss (equal to the direct costs of production minus the harvest cost), W_z , W_s - expected values of gain and loss, NB_o - expected value of the direct income (elaborated by author after [Edwards, 1989])

Wartość plonu (dla wybranej wstępnie odmiany) jest sugerowana przez program i jej sprecyzowanie leży w gestii użytkownika. Na podstawie wartości plonu wstępnie wybranej odmiany program oblicza wysokość plonu dla pozostałych wariantów wykorzystując równania regresyjne zależności między liczbą FAO a plonem i uwzględniając ewentualne zmiany plonu wprowadzone przez użytkownika. Plon każdego wariantu służy do obliczenia wartości produkcji i interpolacji kosztów bezpośrednich zbioru przy dwóch wartościach plonu: niskim i wysokim, które są stałymi cechami wybranego przez użytkownika modelu technologii. Na podstawie położenia geograficznego wybranego punktu, kierunku użytkowania i liczby FAO ustalane są prawdopodobieństwa osiągnięcia dojrzałości dla każdego wariantu. Wszystkie powyższe dane są wykorzystane do obliczenia oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej dla wszystkich porównywanych wariantów. Przykład obliczeń wg przeprowadzonej w programie Zeasoft symulacji przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Wartość oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej (ONB) i prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy (PD) w zależności od wczesności odmiany (liczby FAO). Parametry symulacji: lokalizacja plantacji w okolicach Kraśnika, areal 10 ha, cena ziarna 50 zł/d, plon ziarna 90 dt/ha

Fig. 2. Value of the expected direct surplus (ONB) and probability of maize ripening (PD) as influenced by the variety earliness (FAO number). Parameters of the simulation: field localization in the neighbourhood of Kraśnik, area 10 ha, maize grain price 50 zł/dt, the yield of grain 90 dt/ha

Ryzyko związane z uprawą kukurydzy jest określone stratą plonu jaka może powstać przy zbiorze np. niedojrzałego ziarna. Stopień ryzyka zależy także od przyczynowości rolnika i jego umiejętności właściwego zagospodarowania niedojrzałego

plonu. Przykładowo, jeśli ziarno kukurydzy nie osiągnie wymaganej do zbioru dojrzałości, ale możliwy jest jej zbiór na kiszonkę, może to zmniejszyć wielkość poniesionej straty. Takie przypadki uwzględnione są w trzech opcjach obliczeniowych dotyczących uprawy kukurydzy na ziarno (plon może być zebrany na ziarno, na kiszonkę z kolb lub na kiszonkę z całych roślin) i w dwóch opcjach obliczeniowych dla uprawy kukurydzy na CCM (plon może być zebrany na kiszonkę z kolb lub na kiszonkę z całych roślin).

Podsumowanie

Każdy producent podejmujący decyzje produkcyjne musi liczyć się z ekonomiczną stroną produkcji i przez racjonalne zmiany w technologii dążyć do najlepszego efektu przy możliwie najmniejszym nakładzie środków. Szczególne znaczenie mają tutaj zmiany polegające na zastosowaniu nowoczesnych środków obrotowych (odmiany, środki ochrony roślin) oraz zmiany dostosowujące technologię do warunków środowiskowych (dobór odmian, dawek nawozów sztucznych, itd.).

Dokonanie trafnej decyzji jest czasami trudne. Do szukania lepszych rozwiązań sytuacji decyzyjnej można zastosować system Zeasoft. Pozwala on na przeprowadzenie symulacji zmian w technologii na tle wybranej odmiany i ekonomicznej analizy efektu tych zmian. Zalecenia dotyczące wstępnego kierunku zmian zawiera elektroniczny podręcznik uprawy kukurydzy będący komponentem systemu.

Bibliografia

Bernacki A. 2004. Informatyka w gospodarstwie rolniczym. Materiały konferencyjne „Nowoczesne techniki informacyjne w nauce, edukacji i doradztwie dla wsi i rolnictwa”, Brwinów - Warszawa, 16-18.09.2004. Dokument elektroniczny.

http://demeter.cbr.edu.pl/informatyka_w_gospodarstwie/inf_w_gosp.doc,
pozyskany 15.11.2004.

Edwards B.R. 1988. Understanding maths and statistics in business. Unwin Hyman Ltd, London.

Górski T. 2004. Fenologia kukurydzy. IUNG. Dokument elektroniczny, www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Mais_probtxt.asp?lang=1, pozyskany 5.11.2004.

Górski T., Górski K. 1998. An algorithm for evaluating the temperature sums in Poland. Proc. 2-nd European Congress on Applied Climatology ECAC98, 19-23 Oct. 1998 (CD ROM). ZAMG, Wien.

Górski T., Zaliwski A. 2002. Model Agroklimatu Polski, *Pam. Puł.* 130(1): 251-260. Puławy.

Lipski S. 2004. Kukurydza w Polsce - statystyka. Cz. I. Powierzchnia uprawy i plony kukurydzy. Polski Związek Producentów Kukurydzy. Dokument elektroniczny, www.kukurydza.org.pl, pozyskany 5.11.2004.

Manteuffel R. 1984. *Ekonomika i organizacja gospodarstwa rolniczego*. PWRiL, Warszawa.

Zaliwski A., Górski T. 1999. Wykorzystanie przestrzennego modelu agroklimatu do określenia opłacalności uprawy kukurydzy na ziarno. Materiały konferencyjne „Zarządzanie Informacją Przestrzenną w Nowym Tysiącleciu”, Kraków, 15-17.11.1999, s. 198-204. Wydział Techniki Uniwersytetu Śląskiego, Stowarzyszenie SILGIS Centre, Katowice.

Zaliwski A., Górski T., Lipski S., Winiarski R., Wróblewska E. 1999. Numerical Maps of Profit Probability for Maize Production in Poland. Proc. EFITA/99 conference, 27-30 Sept. 1999, vol. A: 217-224. University of Bonn, Department of Agricultural Economics, Bonn.

Zaliwski A., Hołaj J. 2001. Wybrane aspekty wspomaganie decyzji technologicznych w gospodarstwie rolnym. *Pam. Puł.* 124: 421-428, Puławy.

Ziętara W. 2001. Zasób informacji niezbędnych do podejmowania decyzji w gospodarstwach i przedsiębiorstwach rolniczych. *Pam. Puł.* 124: 465-477, Puławy.

ZEASOFT – DECISION SUPPORT SYSTEM FOR MAIZE CULTIVATION

Summary

A method of selection of the variety and the utilisation mode of maize in the environmental conditions specified is presented. The method takes into account the economic side of the production technology and makes it possible to simulate changes in the current assets used in the technology. Based on the comparison of the expected direct income from cultivation of various earliness types of maize, corresponding to the FAO number, the method gives solutions in the decision situations concerned with the selection of variety. The method has been employed in the Zeasoft DSS for integrated maize growing. The system incorporates models of production technology of maize and the model of probability of maize ripening. The system's databases comprise, among others, varieties, production technologies and prices. The user can enter the geographic location of the farm, the area under maize, price of maize, technology, variety etc. The direct costs of production, value of production and expected direct income are calculated.

Key words: decision support system, maize, variety, phenology model, technology, economic analysis