

**Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa**

**RAPORT KOŃCOWY**  
z tematu badawczego nr 2.01

pt. Interaktywny program zintegrowanej uprawy kukurydzy  
(ZEASOFT)

zrealizowanego w ramach działalności statutowej  
w podprogramie badawczym nr 2

**Koordinator podprogramu badawczego**

Dr Janusz Igras

**Kierownik tematu** Dr inż. Andrzej Zaliwski

**Zespół badawczy tematu**

Dr Andrzej Zaliwski, dr Sylwester Lipski, prof. Tadeusz Górski, dr Tamara Jadczyzyn, dr Marian Machul, mgr Czesław Pietruch, mgr Jacek Hołaj

**Zakłady Naukowe wykonujące temat**

Zakład Uprawy Roślin Pastewnych  
Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki  
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia

**Okres realizacji tematu 2002-2004**

**Puławy, listopad 2004**

## **Zakres wykonanych prac**

W temacie badawczym zrealizowano następujące zadania:

1. Przygotowanie zaleceń agrotechnicznych uprawy kukurydzy
2. Opracowanie założeń programu komputerowego ZEASOFT
  - 2.1. Założenia ogólne
  - 2.2. Założenia projektowe
  - 2.3. Założenia metodyczne
3. Przygotowanie danych i modeli dla potrzeb programu
  - 3.1. Odmiany (aktualizacja i weryfikacja bazy danych)
  - 3.2. Fenologia kukurydzy
  - 3.3. Technologie
  - 3.4. Nawożenie
4. Opracowanie programu komputerowego do generowania zaleceń
  - 4.1. Część interaktywna
  - 4.2. Część opisowa

## **Realizacja zadań i wyniki badań**

### **Wprowadzenie**

Istnieje powszechna zgodność, że decyzje produkcyjne podejmowane przez zarządzających organizacjami nie mogą być trafne, jeśli nie są oparte o rzetelną wiedzę i aktualne informacje [1]. Dotyczy to także procesu zarządzania gospodarstwami i przedsiębiorstwami rolnymi. Najczęściej podejmowane decyzje należą do poziomu operacyjnego [2]. Ich trafność wynika z wiedzy i doświadczenia osoby zarządzającej, ale w wielu przypadkach może być zwiększona przez bardziej dokładne i szczegółowe informacje. Granicę zakreśla tu zwykle czas do dyspozycji i koszt pozyskania dokładniejszych informacji.

Niektóre informacje mogą pojawić się dopiero w wyniku przetworzenia dużych zbiorów danych [3, 4]. Samo przetworzenie nie trwa długo, barierą efektywności narzędzi informatycznych (systemów wspomagania decyzji) jest czas potrzebny na pozyskanie i wprowadzenie potrzebnych do ich działania danych. Bazy danych i modele generujące dane o dokładności dostosowanej do potrzeb sytuacji decyzyjnej, jak i odpowiednie interfejsy użytkownika pozwalają obniżyć tę barierę.

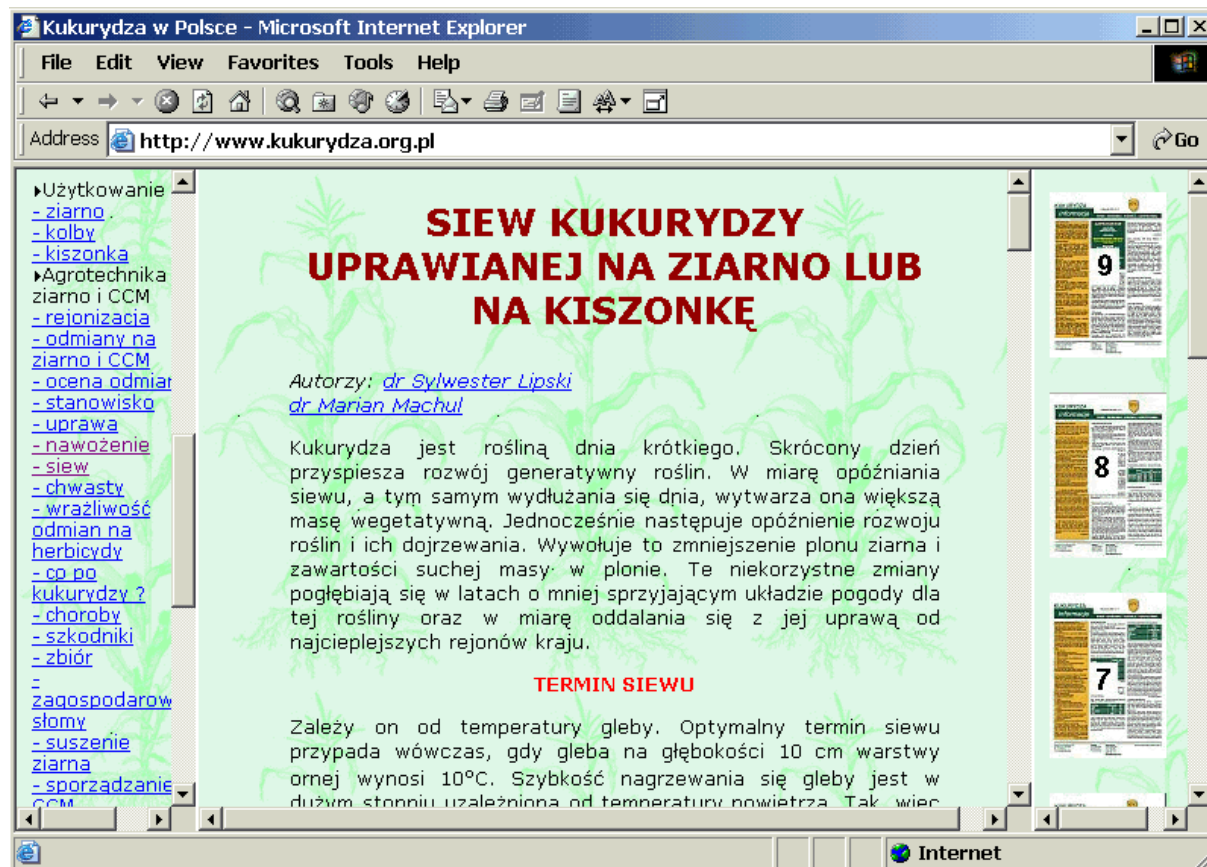
Programem uwzględniającym powyższe przesłanki jest system Zeasoft, wspomagający podejmowanie decyzji w integrowanej uprawie kukurydzy. Gromadzi on pokaźne zbiory danych w bazach danych i w postaci przetworzonej w formie modeli (część interaktywna systemu) a także w plikach tekstowych (część opisowa systemu). W części interaktywnej generowane są zalecenia i informacje uprawowe na podstawie danych programu i parametrów wprowadzonych przez użytkownika. Do części opisowej należy m.in. Pomoc programu (zawierająca instrukcję obsługi programu i podręcznik dotyczący uprawy kukurydzy, opracowany na podstawie zaleceń uprawowych IUNG).

W dalszej części raportu przedstawiono wyniki realizacji poszczególnych zadań tematu badawczego, którego celem było opracowanie systemu Zeasoft.

## Przygotowanie zaleceń agrotechnicznych uprawy kukurydzy

Celem zadania było przygotowanie aktualnych zaleceń agrotechnicznych uprawy kukurydzy uwzględniających najnowsze zagadnienia uprawowe.

Zalecenia agrotechniczne uprawy kukurydzy zostały zamieszczone w Internecie i mogą być przeglądane na stronach internetowych pod adresem: <http://www.kukurydza.org.pl>, rys.1).



Rys.1 Portal [www.kukurydza.org.pl](http://www.kukurydza.org.pl).

## Opracowanie założeń programu komputerowego ZEASOFT

### Założenia ogólne

Program Zeasoft podzielono na część interaktywną (w formie programu komputerowego) i opisową (w formie dokumentu elektronicznego w formacie HTML).

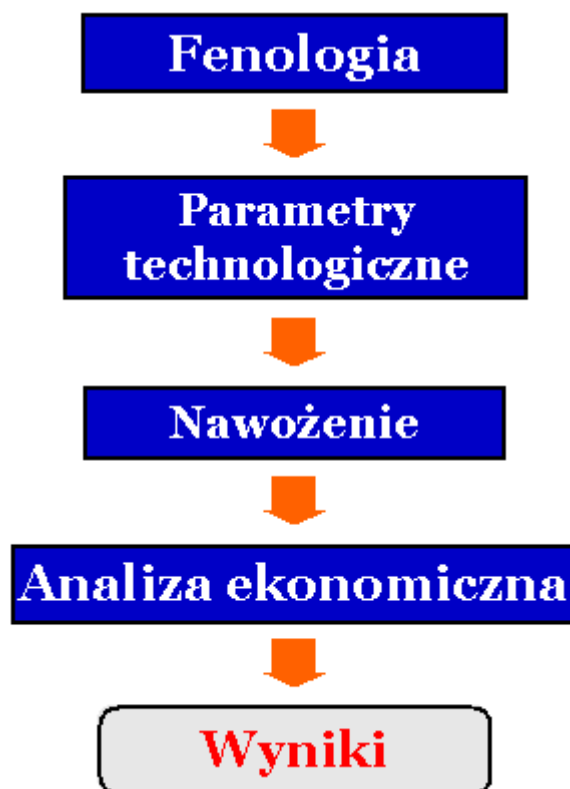
Ze względu na bardzo szeroką gamę zagadnień, jakie występują w uprawie kukurydzy, należało wybrać tematy dla części interaktywnej. Przy wyborze kierowano się ważnością problemu, możliwością realizacji i wpływem na spójność systemu. Założono, że część interaktywna programu będzie dotyczyła wyboru kierunku użytkowania kukurydzy z doбором typu wczesności do określonych warunków środowiskowych z uwzględnieniem aspektu ekonomicznego technologii jej produkcji. Program pozwoli na symulację zmian technologii w zakresie odmiany i zastosowanych środków obrotowych produkcji (zmiany najtańsze i najskuteczniejsze []). Będzie posiadał wobec tego możliwość wyboru odmiany, technologii (kierunek użytkowania, areał, plon) oraz możliwość zmiany kosztów zastosowanych środków obro-

towych (nawozów i środków ochrony). Program ma także umożliwiać ekonomiczną ocenę skuteczności zmian.

Część opisowa programu (tzw. system pomocy) będzie złożona z dwóch tomów, z których jeden zostanie poświęcony obsłudze programu a drugi będzie poradnikiem uprawy kukurydzy o niezbędnej szczegółowości.

### Założenia projektowe

Na podstawie założeń ogólnych opracowano założenia projektowe systemu. Program podzielono na cztery moduły obliczeniowe (rys.2). Pracują one w układzie szeregowym, tzn. generowane wyniki są przekazywane w jednym kierunku - do następnego modułu. W związku z założonym szeregowym przepływem informacji obsługa programu polegać będzie na sekwencyjnym uruchamianiu modułów przez Użytkownika, w kolejności określonej przez program, poczynając od modułu pierwszego. W celu zapewnienia elastyczności program możliwy będzie powrót do dowolnego poprzedniego modułu (np. w celu zmiany parametrów i powtórzenia obliczeń). Obliczenia wykonywane w ostatnim module stanowią ocenę ekonomiczną i porównanie wariantów technologii ustalonej przez Użytkownika.



Rys.2. Interaktywna część programu podzielona jest na cztery moduły. Wyniki generowane w określonym module wchodzi jako dane do obliczeń wykonywanych w module następnym. Obliczenia wykonywane w ostatnim module stanowią ocenę ekonomiczną i porównanie wariantów technologii ustalonej przez Użytkownika.

### Założenia metodyczne dotyczące fenologii kukurydzy

Przyjęto, że podstawę wszystkich obliczeń dotyczących fenologii kukurydzy (dat siewu, dojrzewania i prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy) będzie stanowiła metoda sum temperatur [ , ]. Metoda ta umożliwi obiektywne (tzn. bez zakładania *a priori*) określe-

nie progów termicznych na podstawie materiału empirycznego. Dokładny opis założeń metodycznych obliczeń dotyczących fenologii kukurydzy jest opublikowany w Internecie (Górski T.: Fenologia kukurydzy []). Założenia te wykorzystano także w systemie Zeasoft.

### **Założenia metodyczne dotyczące modelowania technologii**

Ekonomicznie racjonalna zmiana technologii wymaga wprowadzenia kryteriów jej oceny []. Kryteria takie powinny umożliwiać ocenę dostosowania zmian do posiadanych możliwości oraz ocenę efektu zmian. Zmiany powinny być symulowane w modelu gospodarstwa. Wybór najlepszego wariantu do zastosowania w praktyce powinien być oparty o analizę ich dostosowania i efektu.

Modelowanie technologii umożliwia np. program Agroefekt [, ], w którym modele mają postać kart technologicznych o stałej strukturze, określonej m.in. przez zbiory danych niezbędne do prowadzenia analiz ekonomicznych. Metodyka analiz ekonomicznych w programie Agroefekt została oparta o dostępną literaturę [, , ].

Karty technologiczne programu Agroefekt cechuje duża dokładność odwzorowania rzeczywistości (szczegółowość), co prowadzi do pokaznych zbiorów danych i konieczności ich częstej aktualizacji. Dla potrzeb systemu Zeasoft zaproponowano zastosowanie syntetycznych modeli technologicznych, o szczegółowości nie większej niż potrzebnej do porównania oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej produkcji kukurydzy o różnym typie wczesności.

Modele systemu Zeasoft są więc „synteza” modeli o dużej szczegółowości, opracowanych w programie Agroefekt. Zawierają one przede wszystkim składniki kosztów bezpośrednich produkcji wg podstawowych zabiegów uprawowych (m.in. koszt zabiegów ochrony, nawożenia, koszt zbioru przy dwóch wartościach plonu: niskim i wysokim). 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) mogą być zmieniane przez użytkownika programu.

Modele systemu Zeasoft mają atrybuty wyznaczające granice stosowalności technologii w analizach ekonomicznych: typ użytkowy kukurydzy, plon i zakres plonów, areał i zakres areału. Cechy zmienne (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 (typ użytkowy, 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 tych zmian technologii, które najczęściej mogą być stosowane przez producentów (zastosowanie innych środków obrotowych).

### **Założenia metodyczne dotyczące nawożenia**

Zalecenia nawozowe opierają się na bilansie składników mineralnych, zgodnie z założeniami zrównoważonego nawożenia [, ].

Dawki nawozów mineralnych obliczane są jako różnica pomiędzy potrzebami nawożenia i dopływem składników z innych źródeł (nawozy naturalne i organiczne, przyorane produkty uboczne przedplonu, mineralizacja substancji organicznej, azot w opadzie atmosferycznym):

nawozy mineralne = potrzeby nawożenia N/P/K – dopływ N/P/K z innych źródeł

Potrzeby nawożenia w przypadku azotu są równe potrzebom pokarmowym roślin, a w przypadku fosforu i potasu są to potrzeby pokarmowe roślin z uwzględnieniem zasobności gleby (powiększone lub pomniejszone w zależności od zasobności gleby).

Potrzeby pokarmowe roślin wyznacza się jako iloczyn plonu i pobrania składników na wyprodukowanie jednostki plonu (tab.1):

potrzeby pokarmowe = plon • pobranie na jednostkę plonu

Potrzeby nawożenia fosforem i potasem koryguje się mnożąc potrzeby pokarmowe przez współczynnik równy: 0.5, 0.75, 1.0, 1.25, 1.5 odpowiednio w warunkach bardzo wysokiej, wysokiej, średniej, niskiej i bardzo niskiej zawartości P lub K w glebie.

potrzeby nawożenia N = potrzeby pokarmowe

potrzeby nawożenia P/K = potrzeby pokarmowe • współczynnik korygujący

Tabela 1. Pobranie jednostkowe składników na wyprodukowanie jednostki plonu:

Kierunek użytkowania kukurydzy	N kg/t	P kg/t	K kg/t
Kukurydza ziarno	24,3	12,4	28
Kukurydza kiszonka	3,7	1,4	4,6
Kukurydza CCM	15	7,1	20

Nawozy naturalne i organiczne. W bilansie uwzględnia się ilość „składników działających” w I-szym i II-gim roku po zastosowaniu, zgodnie z zasadami przyjętymi w doradztwie nawozowym (tab.2):

N działający w nawozach naturalnych = dawka • zaw. N • równoważnik azotowy

P/K działający w nawozach naturalnych = dawka • zaw. P/K • współcz. wykorzystania

Tabela 2. Zawartość składników w nawozach naturalnych i organicznych

Rodzaj nawozu	% N	% P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	% K <sub>2</sub> O
Obornik	0,5	0,3	0,5
Gnojowica	0,3	0,2	0,3
Gnojówka	0,3	0,0	0,4
Kompost	0,6	0,3	0,35

Przyorane produkty uboczne przedplonu zawierają ilości „składników działających” według tabeli 3.

Tabela 3. Ilości składników „działających” w przyoranych produktach ubocznych przedplonu

Przedplon	N	K
Słoma zbóż	-30	30
Słoma kukurydzy	-30	60
Słoma rzepaku	-20	40
Liście buraczane	50	140
Słoma strączkowych	20	40
Resztki późniwne motylkowatych	50	-

Inne źródła azotu dla roślin to azot pochodzący z opadów atmosferycznych (19 kg N/ha) i z mineralizacji glebowej substancji organicznej: 10 kg N/ha na glebach lekkich.

Dawki wapna zaleca się zgodnie z zasadami przyjętymi w doradztwie nawozowym, w zależności od kategorii agronomicznej i odczynu gleby (tab.4).

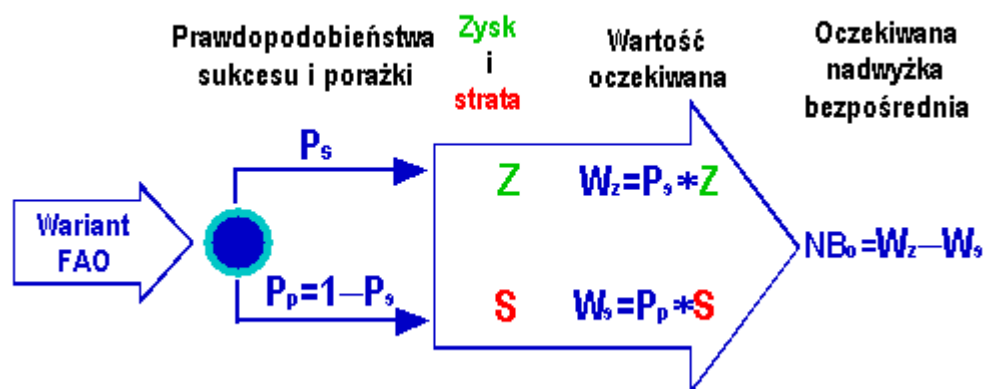
Tabela 4. Dawki wapna w t CaO/ha

Kategoria gleby	b.kwaśna		kwaśna		lekko kwaśna	
	pH<4	pH 4.1-4.5	pH 4.5-5.0	pH 5.1-5.5	pH 5.6-6.0	pH 6.0-6.5
b. lekka	3	2	1	1	-	-
lekka	4	4	3	2	-	-
średnia	5	5	4	3	2	1
ciężka	6	6	5	4	3	2

Jeśli zawartość magnezu jest bardzo niska i liczona jest dawka wapna należy połowę wyliczonej dawki zalecić w postaci wapna magnezowego.

### Założenia metodyczne dotyczące analizy ekonomicznej

Ponieważ odmiany różnie plonują, znajomość samego prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy poszczególnych odmian nie pozwala na ustalenie właściwej odmiany z wystarczającą dokładnością. Do dokonania właściwego wyboru konieczne jest zastosowanie kryterium ekonomicznego. W systemie Zeasoft wybór odmiany na podstawie prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy jest traktowany jako wstępny. Wybór ten można uściślić na podstawie porównania kilku typów wczesności kukurydzy, biorąc pod uwagę, oprócz prawdopodobieństwa dojrzewania takie kryteria jak wysokość plonu i koszty bezpośrednie produkcji. Dane niezbędne do porównania są generowane w osobnym module obliczeniowym ANALIZA EKONOMICZNA, który, będąc ostatnim modulem w szeregu, wykorzystuje wyniki ze wszystkich poprzednich modułów (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. Metodę obliczania wartości oczekiwanej zamieszczono na rys.3.



Rys.3. Metoda obliczenia oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej. Oznaczenia:  $P_s$  - prawdopodobieństwo sukcesu (równe prawdopodobieństwu dojrzewania kukurydzy),  $P_p$  - prawdopodobieństwo poraż-

ki, 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: Edwards, 1989 [1]).

## **Przygotowanie danych i modeli dla potrzeb programu**

### **Odmiany (aktualizacja i weryfikacja bazy danych)**

Uprawiane dziś odmiany kukurydzy nie są odmianami populacyjnymi, są mieszańcami pokolenia  $F_1$ , powstałymi w wyniku skrzyżowania dwóch lub więcej linii wsobnych. W związku z tym wyróżniamy mieszańce pojedyncze (SC) – powstałe ze skrzyżowania dwóch linii wsobnych, mieszańce potrójne (TC) – powstałe przez skrzyżowanie trzech linii wsobnych i mieszańce podwójne czyli czteroliniowe (DC). Na ogół materiał siewny typu SC jest najdroższy, a DC najtańszy. Nie należy sądzić, że każdy mieszaniec SC jest lepszy od dowolnego mieszańca TC, a ten od każdego DC. Każdy mieszaniec ma indywidualne cechy, które czynią go odpowiednim do uprawy w określonym środowisku. Powszechnie mieszańce nazywane są odmianami kukurydzy.

W doborze odmian do uprawy brane są przede wszystkim pod uwagę dwie cechy: wczesność i poziom plonowania. Wczesność odmian kukurydzy określana jest liczbą FAO. W Polsce wyróżniamy następujące klasy wczesności:

- wczesne                      FAO do 220,
- średnio wczesne      FAO 230-250,
- średnio późne        FAO 260-290,
- późne o liczbie        FAO 300-350.

Odmiany wczesne i średnio wczesne są przydatne do wszystkich celów użytkowania, jednak niektóre cechy mogą je bardziej predysponować do określonego kierunku użytkowania, np. większa masa vegetatywna – bardziej do uprawy na kiszonkę, mniejszy udział rdzeni kolbowych – do produkcji CCM. Odmiany średnio późne mają zastosowanie głównie w produkcji kiszonek. W uprawie na ziarno, w mniej korzystnych warunkach termicznych mogą one nie osiągnąć odpowiedniej dojrzałości. W warunkach naszego kraju nie należy uprawiać odmian późnych o liczbie FAO powyżej 300 ze względu na zbyt długi ich okres wegetacji i duże ryzyko uprawy (nie osiągnięcia odpowiedniej dojrzałości). Odmiany późniejsze na ogół lepiej plonują niż odmiany wcześniejsze, dają wyższe plony ziarna i suchej masy, chociaż zdarzają się odstępstwa od tej reguły. W rejonach korzystnych dla uprawy kukurydzy możemy uprawiać odmiany późniejsze, lepiej plonujące, natomiast w rejonach mniej sprzyjających zaleca się uprawiać na ziarno odmiany wcześniejsze.

W Rejestrze Odmian w 2003 roku były wpisane 123 odmiany, w tym 32 polskie i 91 zagranicznych. Okres użytkowania odmian w produkcji trwa krótko, zaledwie kilka lat. Najstarszych pięć odmian pozostaje w Rejestrze od 1993 roku, a 66 zarejestrowano w latach 2000-2003. Zmienia się też udział poszczególnych typów w doborze odmian: udział mieszańców pojedynczych (SC) zwiększa się, a maleje udział podwójnych (DC), inaczej czteroliniowych, oraz mieszańców trójliniowych (TC).

Odmiany zalecane na kiszonkę powinny charakteryzować się wysokim poziomem plonowania, dużym plonem ogólnym suchej masy i wysokim plonem kolb. Ponadto odmiany kiszonkowe winny mieć dobrą strawność masy organicznej i wysoki udział kolb w suchej masie. Charakteryzować się powinny odpornością na chłody, wyleganie korzeniowe i łodygowe.

Z kolei odmiany uprawiane na ziarno lub CCM powinny mieć wyraźne wskazania do tego kierunku użytkowania. Powinny odznaczać się dobrą plennością (wysokim plonem ziarna) i

odpowiednią wczesnością – dopasowaną do danego rejonu uprawy. A odmiany z przeznaczeniem na CCM dodatkowo – niski udział rdzenia w masie kolby.

Ocenę plonowania odmian kukurydzy z przeznaczeniem na ziarno i na kiszonkę prowadzi Porejestrowe Doświadczalnictwo Odmianowe (PDO). Ocenie tej podlega w roku tylko około 1/3 zarejestrowanych odmian. Wyniki porejestrowych doświadczeń z kukurydzą są publikowane w wydawnictwach COBORU i w fachowej prasie rolniczej. Są wykorzystywane w aktualizacji i weryfikacji bazy danych programu ZEASOFT oraz są pomocne dla producentów kukurydzy w doborze odmian do właściwego kierunku użytkowania i rejonu uprawy.

## Fenologia kukurydzy

Zmienność warunków pogodowych w Polsce sprawia, że terminy zabiegów agrotechnicznych w różnych latach mogą się różnić nawet o kilka tygodni [1]. Wczesna wiosna może przyspieszać ruszenie wegetacji, a przedłużająca się zima może je znacznie opóźnić. W latach o wyższej średniej temperaturze można zaobserwować szybszy rozwój roślin niż w latach chłodniejszych. Prędkość rozwoju roślin zależy od ilości dostarczanego ciepła. Osiąganie kolejnych faz rozwojowych następuje po spełnieniu wymagań cieplnych tych roślin, które są stałe dla danego gatunku. Matematycznie rozwój roślin opisuje metoda sum temperatur efektywnych [2, 3, 4]. Na bazie tej metody powstają modele fenologiczne, które określają próg termiczny ("zero życiowe rośliny") niezbędny roślinie do rozpoczęcia wegetacji, liczbę jednostek cieplnych (stopnio-dni) potrzebnych do przejścia faz rozwojowych, datę dojrzewania i prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości przez rośliny itd.

Do obliczenia dat siewu, dojrzewania i prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy system Zeasoft wykorzystuje algorytmy klimatyczne opracowane w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG [5, 6]. 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 [7], w którym zbiorem danych są współrzędne geograficzne punktów zawarte w warstwie punktowej w siatce 2 × 2 km. W systemie Zeasoft wzorowano się na tej wcześniejszej konstrukcji wprowadzając niezbędne zmiany. Ze względu na interfejs graficzny do wprowadzania współrzędnych geograficznych z mapy Polski, użyto zbioru danych w rzadszej siatce 10 × 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, zadanych przy pomocy myszki z ekranu komputera, na którym wyświetlana jest mapa Polski (plik graficzny), zapewnia dużą szybkość dostępu do danych. Powyższe rozwiązania powodują, że czas potrzebny na znalezienie i odczytanie rekordu jest znikomy (opóźnienie jest niezauważalne przez Użytkownika).

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

Do obliczeń wstępnej wartości plonu wykorzystano algorytm obliczenia względnego plonu ziarna kukurydzy IKK (model indeksu klimatycznego kukurydzy). Parametrami modelu są współrzędne geograficzne (długość, szerokość i wysokość n.p.m.) oraz średnia wartość plonu. Model został opracowany w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG. Średnie wartości plonu w zależności od liczby FAO dla różnych kierunków użytkowania kukurydzy są obliczane na podstawie modeli regresyjnych, w których parametrem jest liczba FAO. Należy pamiętać, że wartości plonu w ten sposób uzyskane mają charakter orientacyjny ze względu na uproszczone i niepełne odwzorowanie warunków środowiskowych w modelach a także przez to, że wyniki (plony) mają charakter średniej wartości. Należy także pamiętać, że modele regresyjne plonów jako parametr przyjmują liczbę FAO, a nie odmianę.

## Technologie

W celu opracowania technologii uprawy kukurydzy i obliczeń ekonomicznych posłużono się programem Agroefekt [ , ]. W programie tym przygotowano karty technologiczne uprawy kukurydzy na ziarno, CCM i kiszonkę, na podstawowych arealach 1, 3, 9 i 27 ha. Dla potrzeb przeprowadzenia obliczeń składników kosztów bezpośrednich produkcji na podstawie kart technologicznych opracowane zostały cenniki materiałów, ciągników i maszyn wg cen obowiązujących w 2004 roku. Koszty bezpośrednie obliczone w programie Agroefekt (osobno dla każdego zabiegu z podziałem na koszty robocizny, materiałów, ciągników, maszyn i urządzeń) były następnie rozdzielone w pięciu kategoriach jako koszty: nawożenia, ochrony, siewu, zbioru i pozostałe koszty (rys.4).

Wiersz polecenia - agroef  
 Nr Czynności 1(18)/3 Przesuwanie: ↓  
 Karta wynikowa: D:\AG2\AGEF\W\KW15\_073.DBF

Nr	Czynność Technologiczna	Kategoria kosztów
7	UPRAWA AGREGATEM UPRAWOWYM.....	POZOSTALE
8	NAWOZENIE N.....	NAWOZENIE
9	SIEW + NAWOZENIE P.....	SIEW
10		SIEW
11		NAWOZENIE
12	OPRYSK HERBICYDAMI.....	OCHRONA
13		OCHRONA
14	NAWOZENIE N.....	NAWOZENIE
15	ZBIOR ZIARNA.....	ZBIOR
16	TRANSPORT ZIARNA.....	ZBIOR
17	SUSZENIE.....	ZBIOR
18	ROZDRABNIANIE.....	POZOSTALE
1	PODORYWKA.....	POZOSTALE
2	BRONOWANIE.....	POZOSTALE
3	NAWOZENIE PKMg.....	NAWOZENIE

Zapamiętać Zmiany ? [T/N]

Rys.4. Program Agroefekt, edycja karty technologicznej w celu rozdzielenia kosztów bezpośrednich na kategorie: nawożenia, ochrony, siewu, zbioru i pozostałych kosztów. Rozdzielenie odbywa się automatycznie na podstawie wartości parametru wstawianego w kolumnie **Kategoria kosztów**.

W kolejnym kroku obliczeniowym koszty otrzymały podział obowiązujący w syntetycznym modelu technologii programu Zeasoft (koszty w przeliczeniu na 1 ha):

- koszt nasion,
- koszt zabiegów ochrony,
- koszt środków ochrony,
- koszt zabiegów nawożenia,

- koszt nawozów,
- koszt pozostałych zabiegów uprawowych,
- koszt zbioru.

Modele syntetyczne muszą następnie być uzupełnione (ręcznie) o następujące dane:

- typ użytkowy (Z – ziarno, C – CCM, K – kiszonka),
- powierzchnia [ha],
- liczba zabiegów nawożenia,
- plon [t/ha],
- zakres zmiany powierzchni [%],
- zakres zmiany kosztów środków ochrony [%],
- zakres zmiany plonu [%],
- koszt zbioru przy plonie niskim i wysokim.

W zależności od kierunku użytkowania (ziarno lub CCM), w każdej karcie mogą być również podane koszty zbioru [zł] i plon [t/ha] pozostałych kierunków użytkowania kukurydzy (w przypadku ziarna - dla CCM i kiszonki, w przypadku CCM - kiszonki). Wynika to z przyjętej metody analizy ekonomicznej (kukurydza na ziarno w razie nie osiągnięcia dojrzałości może być np. przeznaczona na CCM lub kiszonkę, wobec czego model technologii musi zawierać plony dla wszystkich kierunków użytkowania i odpowiednio, koszty zbioru).

Przy przygotowaniu danych niezbędnych do opracowania technologii i budowy kart technologicznych wykorzystano m. in. z materiałów dot. uprawy kukurydzy [ , ]. Przygotowanie danych wykorzystanych do opracowania kart technologicznych i technologii przeprowadzono zgodnie z zaleceniami IUNG [ , , ].

## Nawożenie

Algorytmy obliczania dawek oparto o założenia metodyczne nawożenia (str.7). Dane dotyczące nawozów mineralnych pochodzą z aktualnych katalogów producentów nawozów.

## Opracowanie programu komputerowego do generowania zaleceń

W oparciu o założenia projektowe i metodyczne opracowano program komputerowy Zeasoft w wersji prototypowej. Do programowania wykorzystano język programowania Delphi 3.05. System pomocy przygotowano wykorzystując edytor tekstowy Gasp 2.0 oraz Microsoft HTML Help Workshop 4.74. Program instalacyjny utworzono przy pomocy programu NSIS 2.02 (Nullsoft Scriptable Install System, nsis.sourceforge.net).

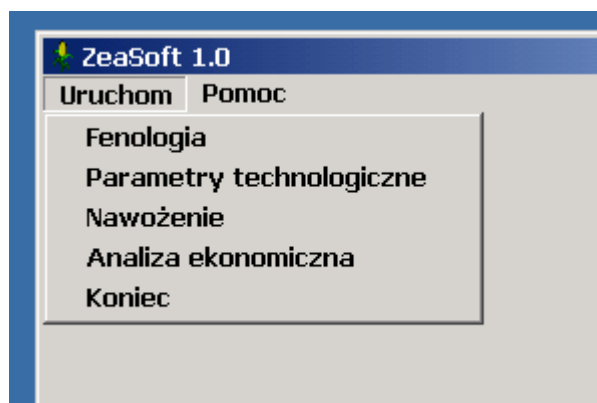
## Część interaktywna

Interaktywna część programu, ze względu na złożoność obliczeń, podzielona jest na moduły. Praca z programem polega na uruchomieniu modułów w kolejności określonej przez program. W skład interaktywnej części programu wchodzi następujące moduły:

- fenologia kukurydzy,
- parametry technologiczne,
- nawożenie,

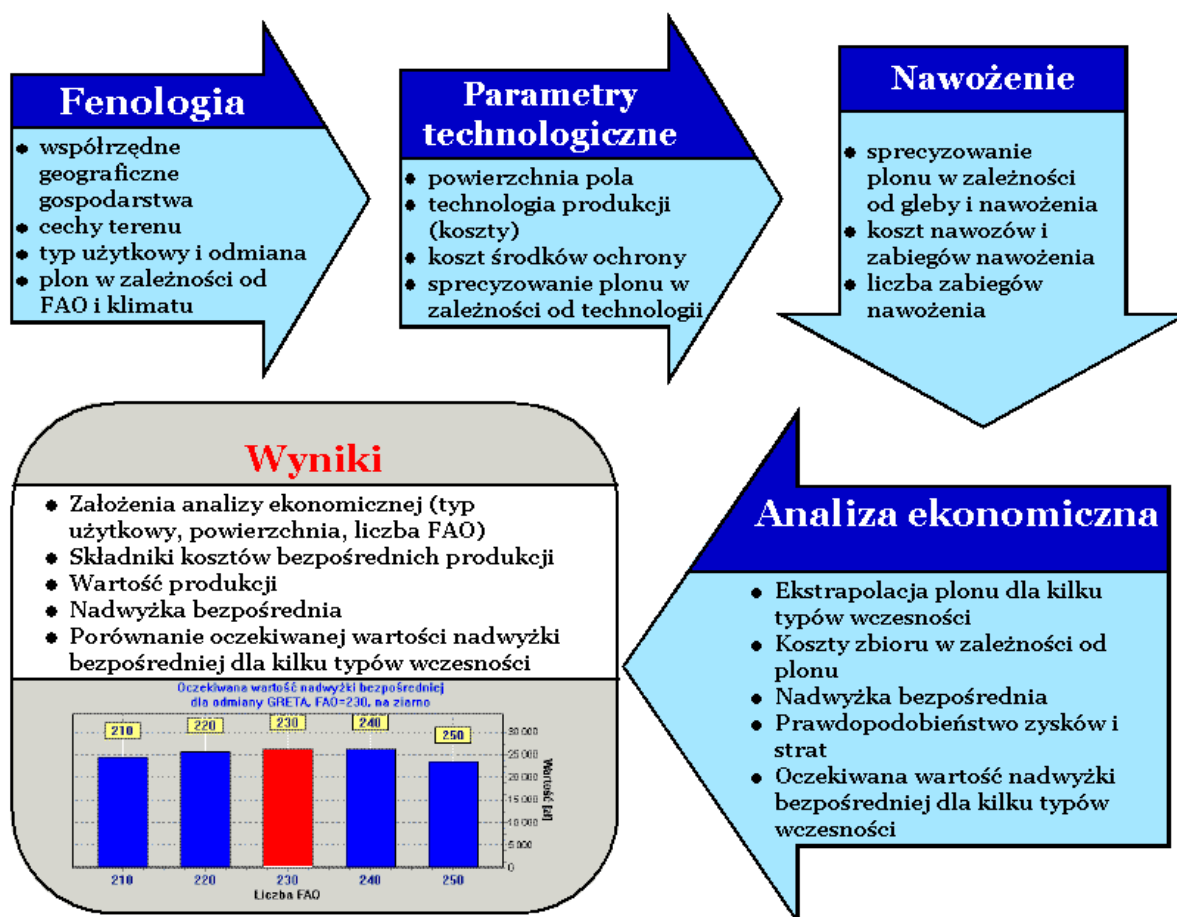
- analiza ekonomiczna.

Kolejne moduły wywołuje się z menu Uruchom (rys.5).



Rys.5. Menu Uruchom umożliwiające dostęp do modułów programu Zeasoft.

Praca z modułami ma charakter sekwencyjny, tzn. przechodzenie do kolejnego modułu staje się możliwe po zatwierdzeniu danych wprowadzonych do poprzedniego (rys.6).



Rys.6. Sekwencja modułów programu Zeasoft (kolejność uruchamiania modułów zaznaczono strzałkami). W blokach schematu opisano dane wprowadzane przez Użytkownika i generowane wyniki. Praca modułu ANALIZA EKONOMICZNA kończy się wyświetleniem wyników w formie tekstowej i graficznej (blok WYNIKI).

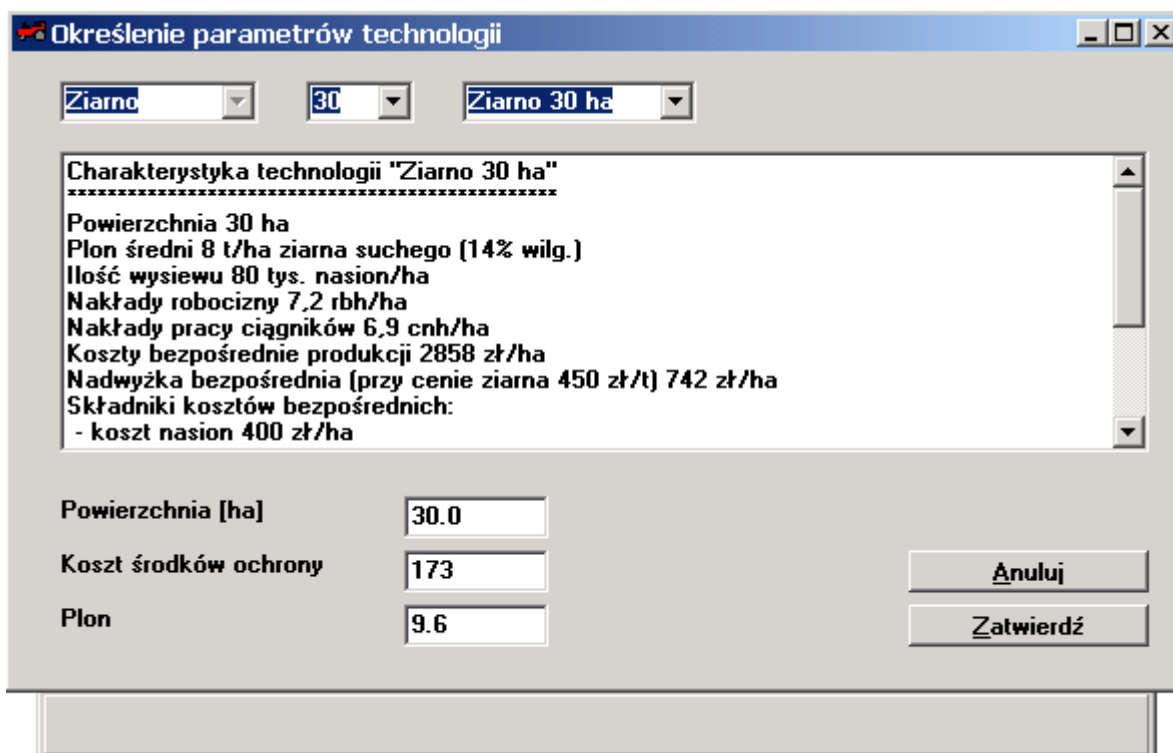
Celem takiego rozwiązania jest zachowanie integralności danych, bowiem wyniki generowane w określonym module wchodzi jako dane do obliczeń wykonywanych w module następnym. Po wystartowaniu programu aktywny jest więc tylko pierwszy moduł FENOLOGIA (rys.7).

W module FENOLOGIA (rys.7) określa się datę siewu, datę dojrzewania, prawdopodobieństwo osiągnięcia dojrzałości i przybliżony plon wybranej odmiany kukurydzy.



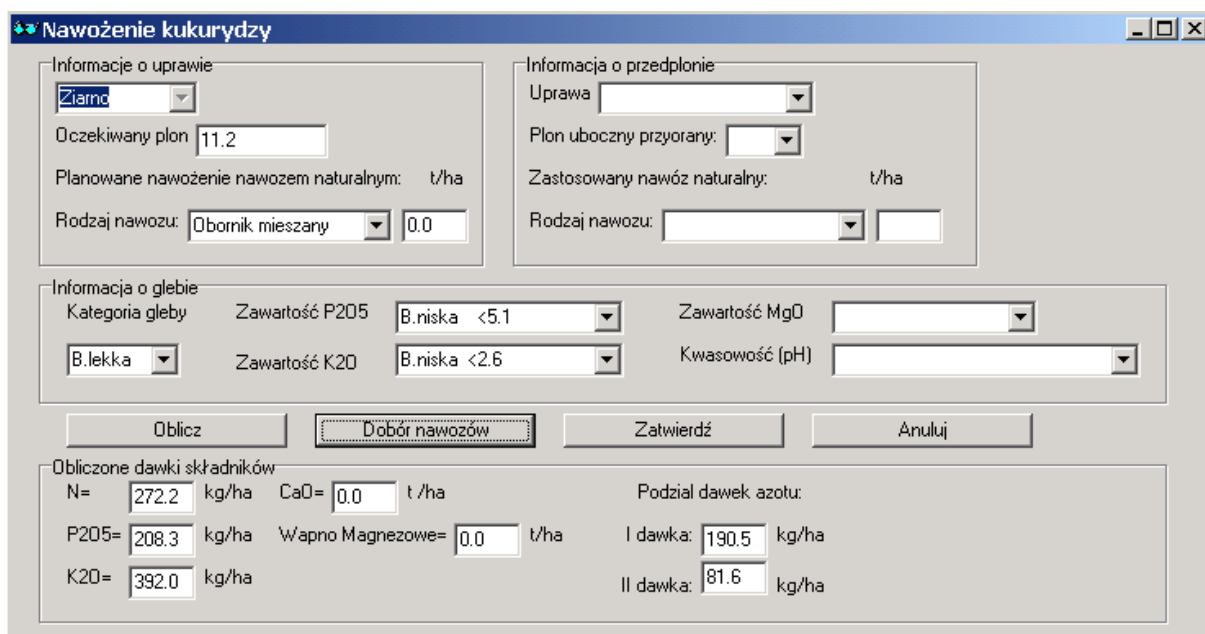
Rys.7. Moduł FENOLOGIA programu Zeasoft (interfejs użytkownika - okno "Fenologia kukurydzy"). Ikona Polski z lewej strony służy do wprowadzania współrzędnych geograficznych gospodarstwa (po kliknięciu ikony pojawia się mapa, wybrane wartości wpiszą się w okienkach po prawej stronie okna "Fenologia kukurydzy", wysokość npm. można poprawić ręcznie). Cechy terenu określa się z menu wywołanego przez kliknięcie napisu **Teren płaski**. Trzy menu poniżej ikony służą do wyboru typu użytkowego i odmiany kukurydzy (przez określenie liczby FAO można zawęzić liczbę odmian). Po wprowadzeniu danych naciśnięcie (kliknięcie) przycisku **Określ** powoduje obliczenie daty siewu, daty dojrzewania, prawdopodobieństwa osiągnięcia dojrzałości i przybliżonego plonu wybranej odmiany kukurydzy. Obliczone są także suma temperatur potrzebna do osiągnięcia dojrzałości i średnia suma temperatur wybranego miejsca. Przycisk **Moje** służy do wprowadzenia danych dotyczących gospodarstwa domyślnego (dane zapisane w pliku Zeasoft.ini). Przycisk **Anuluj** (niewidoczny na rysunku) zamyka okno bez zapamiętania danych. Po wykonaniu obliczeń nazwa przycisku **Anuluj** zmienia się na **Zatwierdź**. Kliknięcie przycisku **Zatwierdź** powoduje zapamiętanie wprowadzonych danych i zamyka okno "Fenologia kukurydzy". Możliwe staje się przejście do następnego modułu PARAMETRY TECHNOLOGICZNE z menu Uruchom.

Moduł PARAMETRY TECHNOLOGICZNE (rys.8) służy do wyboru technologii uprawy i bardziej precyzyjnego określenia powierzchni pola, plonu (zielonki, CCM lub ziarna) i kosztów środków ochrony roślin.



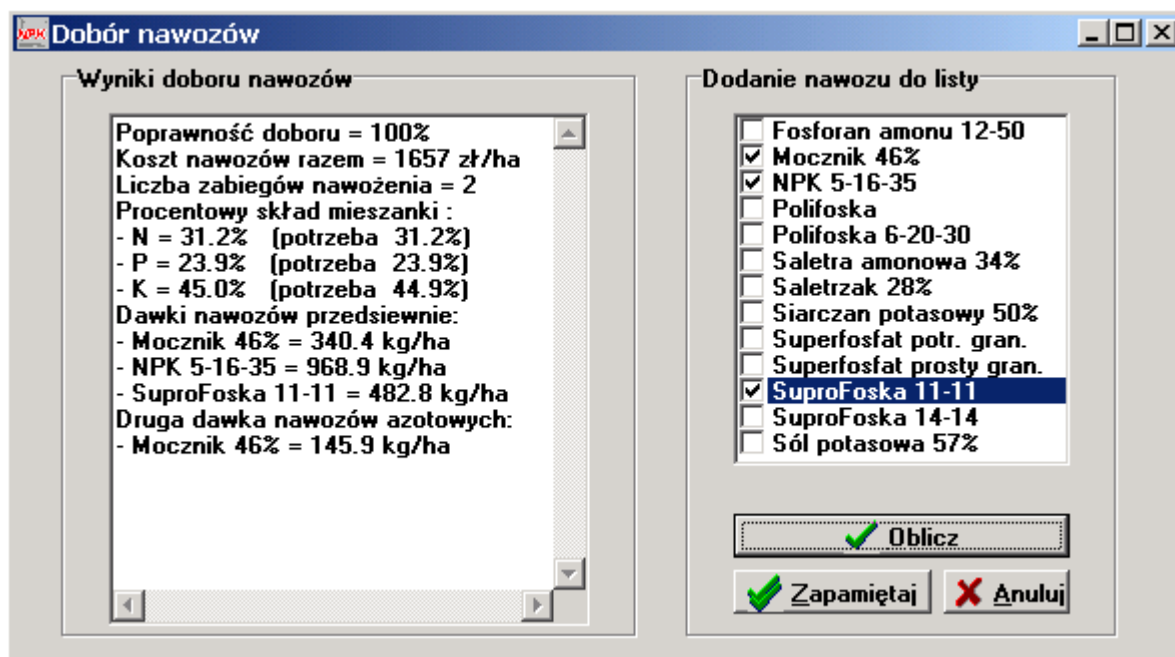
Rys.8. PARAMETRY TECHNOLOGICZNE programu Zeasoft (interfejs użytkownika - okno "Określenie parametrów technologii").

W module NAWOŻENIE określa się dokładnie potrzeby pokarmowe kukurydzy, ustala dawki NPK, Ca i Mg oraz dobiera się nawozy mineralne (rys.9 i 10).



Rys.9. Okno "Nawożenie kukurydzy". Zaczynamy od planowanego nawożenia nawozem naturalnym - wybieramy rodzaj nawozu i obok wpisujemy dawkę [t/ha]. Następnie podajemy informacje o glebie: rodzaj gleby, zawartość P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O, MgO, kwasowość gleby, a także informacje o przedplonie. Po wprowadzeniu tych danych przycisk **Oblicz** staje się aktywny, co umożliwia wyliczenie dawek NPK. Jeśli były wprowadzone dane o zawartości MgO w glebie i kwasowości gleby, podawane są także

dawki Ca i Mg. Naciśnięcie przycisku **Oblicz** uaktywnia następny przycisk - **Dobór nawozów**. Naciśnięcie przycisku **Dobór nawozów** wyświetla okno **Dobór nawozów** (rys.10). Po wybraniu nawozów i zapamiętaniu wyników doboru przycisk **Zatwierdź** staje się aktywny. Jego naciśnięcie powoduje zapamiętanie wprowadzonych danych i po przejściu do menu Uruchom (rys.5) można wejść do ostatniego modułu programu - ANALIZA EKONOMICZNA.



Rys.10. Okno "Dobór nawozów". Dobór Użytkownik zaczyna od listy nawozów po prawej stronie - myszką zaznacza nawozy, które chce zastosować. Jeśli była wyliczona dawka Mg i Ca, w dolnej części listy pojawiają się nawozy wapniowe i wapniowo-magnezowe. Po wybraniu nawozów naciśnięcie przycisku **Oblicz** oblicza ilości nawozów, wyniki doboru wyświetlone są w okienku po lewej stronie. Po osiągnięciu prawidłowego doboru (poprawność doboru > 95%) aktywny staje się przycisk **Zapamiętaj**, którym Użytkownik wraca do okna "Nawożenie kukurydzy".

Moduł ANALIZA EKONOMICZNA (rys.11) służy do przedstawienia oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej dla wybranej odmiany na tle kilku typów wczesności kukurydzy (określonych liczbą FAO) oraz kosztów bezpośrednich produkcji i wyniku ekonomicznego. Obliczenia wykonywane są natychmiast i można je powtarzać wielokrotnie aż do uzyskania zadawalającego rezultatu (wybór wariantu o najwyższej wartości oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej).

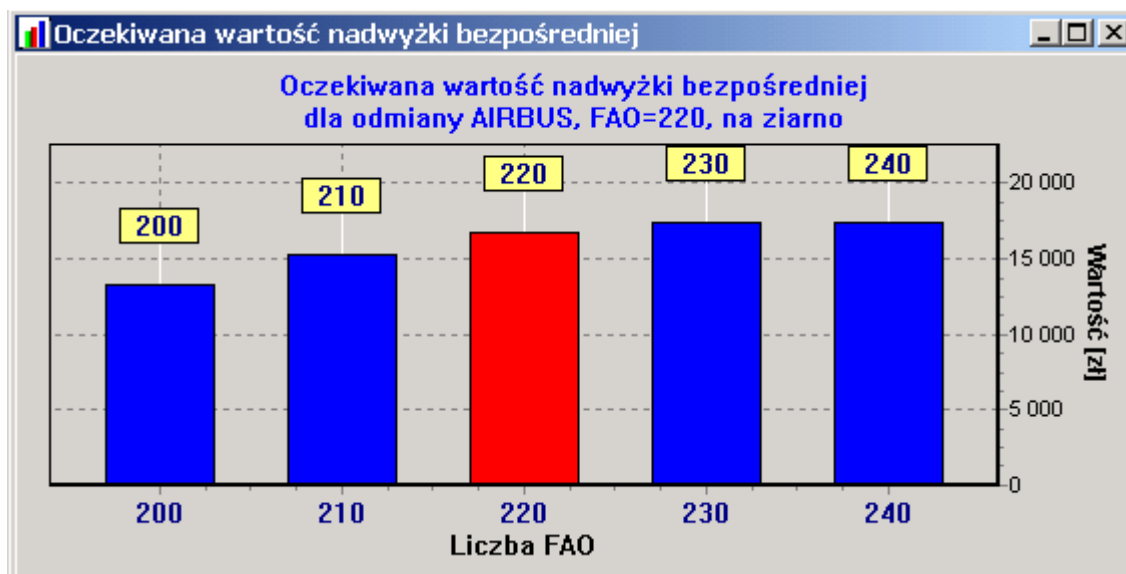
**Analiza ekonomiczna**

Cena ziarna	500	Plon ziarna	11.2
Cena CCM	300	Plon CCM	12.9
Cena kiszonki	100	Plon kiszonki	21.5

zbiór ziarna  
 zbiór CCM zamiast ziarna  
 zbiór kiszonki zamiast ziarna

**Założenia analizy ekonomicznej:**  
 - typ użytkowy - na ziarno,  
 - odmiana AIRBUS,  
 - liczba FAO 220,  
 - powierzchnia uprawy 55 ha,  
 - na ziarno przy obliczeniu możliwej straty.  
**Składniki kosztów [zł/ha]:**

Rys.11. Okno "Analiza ekonomiczna". W górnej części po lewej stronie okna widnieją okienka z cenami ziarna, CCM i kiszonki a po prawej stronie plon ziarna, CCM i kiszonki. Okienka plonów są nieaktywne. Plon docelowego kierunku użytkowania kukurydzy (wybranego w module FENOLOGIA) może być zmieniony we wcześniejszych modułach PARAMETRY TECHNOLOGICZNE i NAWOŻENIE (w module ANALIZA EKONOMICZNA nie można już dokonywać zmian plonu, w razie potrzeby zmiany plonu należy wrócić się do jednego z wcześniejszych modułów). Należy przy tym pamiętać, że powrót do wcześniejszego modułu "z przeskokiem" powoduje konieczność powtórzenia obliczeń w modułach "przeskoczonych". Np. jeśli wracamy się do modułu PARAMETRY TECHNOLOGICZNE, niezbędne będzie powtórzenie obliczeń także w module NAWOŻENIE i ANALIZA EKONOMICZNA. Plony pozostałych kierunków użytkowania są obliczane przez program stosownie do wysokości plonu docelowego kierunku użytkowania kukurydzy (podanego przez Użytkownika). Pod okienkami z cenami i plonami znajdują się przyciski opcji obliczeniowych - liczba opcji zależy od docelowego kierunku użytkowania. Jeśli jest nim uprawa kukurydzy na ziarno, możliwe są trzy opcje: zbiór na ziarno, na CCM lub zielonkę. Jeśli docelowym kierunkiem użytkowania jest uprawa kukurydzy na CCM, możliwe są dwie opcje: zbiór na CCM lub zielonkę. Kukurydza uprawiana na kiszonkę może być zbierana tylko na zielonkę, nie ma więc opcji umożliwiającej wybór (brak przycisków wyboru opcji). Zaznaczenie którejś opcji uaktywnia zarazem odpowiednie okienka z cenami, umożliwiając zmianę cen (domyślne ceny można zmienić w pliku Zeasoft.ini). Wyniki obliczeń modułu ANALIZA EKONOMICZNA prezentowane są w oknie umieszczonym pod przyciskami opcji. Pod oknem wyników widnieją cztery przyciski: **Analizuj**, **Wykres**, **Koniec** i **Pomoc**. Przycisk **Wykres** staje się aktywny po wykonaniu obliczeń (po naciśnięciu przycisku **Analizuj**). Przykładowy wykres przedstawiono na rys.12. Ostateczne wyniki pracy z programem są dostępne po wyjściu z programu w pliku wyniki.txt i można je obejrzeć w notatniku wybierając opcję **Raport o wynikach** w menu Start.

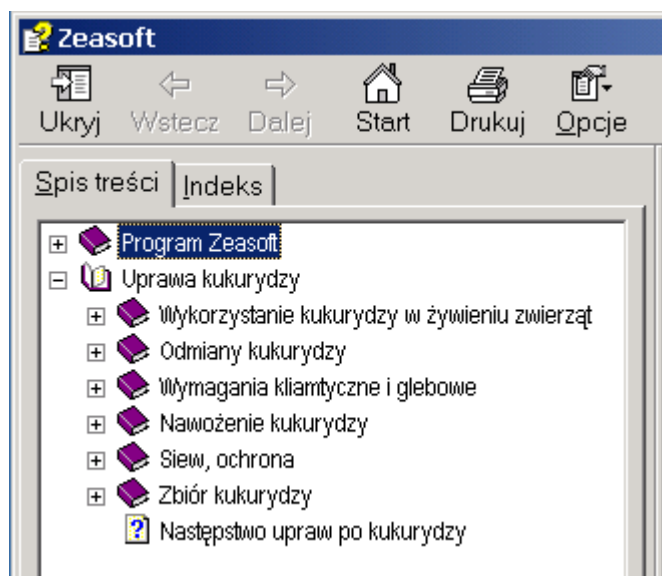


Rys.12. Przykładowy wykres - porównanie oczekiwanej nadwyżki bezpośredniej (wariant z odmianą wstępnie wybraną przez użytkownika zaznaczono kolorem czerwonym)

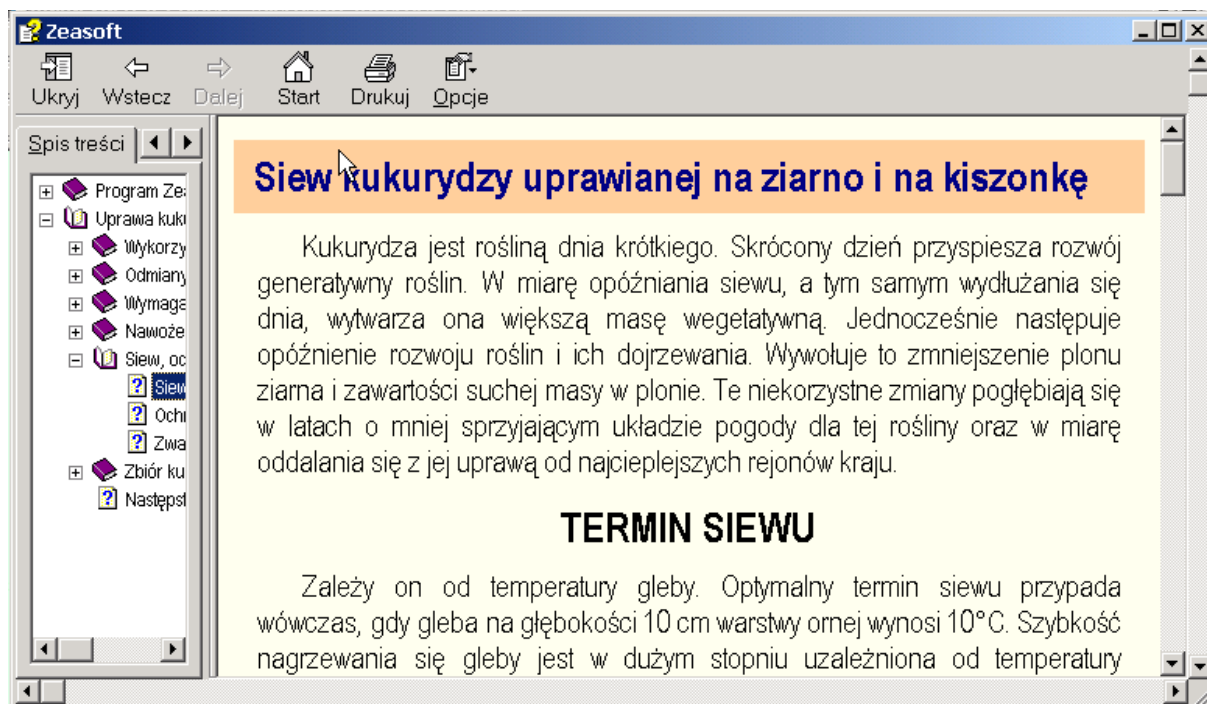
Wyniki obliczeń w formie tekstowej i graficznej wyświetlane są na ekranie (rys.11 i 12). Raport o dokonanych obliczeniach zapisywany jest także do pliku, który można odczytać np. w notatniku (aplikacja Windows NOTEPAD.EXE).

### Część opisowa

Część opisową systemu Zeasoft stanowi tzw. system pomocy, złożony z dwóch tomów (rys.13). Pierwszy tom, "Program Zeasoft", jest poświęcony obsłudze programu a drugi, "Uprawa kukurydzy", jest poradnikiem uprawy kukurydzy. W skład poradnika wchodzi m.in. rozdziały traktujące o rejonizacji uprawy kukurydzy, wymaganiach glebowych, odmianach, siewie, nawożeniu, ochronie, itd. (rys.13 i 14). Szybki dostęp do tematów pomocy zapewnia spis treści i indeks (rys.13).



Rys.13. Okno pomocy programu Zeasoft - spis treści podręcznika uprawy kukurydzy.



Rys.14. Okno pomocy programu Zeasoft - przykładowa strona (Siew kukurydzy).

## Podsumowanie i wnioski

W wyniku zrealizowania założonych zadań badawczych osiągnięto stan rozwoju systemu Zeasoft, który można określić jako prototyp wersji użytkowej. Program Zeasoft integruje wyniki badań realizowanych w IUNG w okresie ostatnich 15 lat w zakresie uprawy, nawożenia, ochrony, modelowania technologii i modelowania klimatu oraz twórczy dorobek specjalistów IUNG w zakresie informatyki i geoinformatyki. W części interaktywnej systemu generowane są zalecenia i informacje uprawowe na podstawie wprowadzonych przez użytkownika danych. Tutaj użytkownik może dokonać wyboru odmian, technologii, ustalić potrzebne dawki składników nawozowych, dobrać nawozy i przeprowadzić analizę ekonomiczną proponowanej technologii. Część opisową stanowi zwięzły podręcznik uprawy kukurydzy, w skład którego wchodzi m.in. rozdziały traktujące o rejonizacji uprawy kukurydzy, wymaganiach glebowych, odmianach, nawożeniu, ochronie, zbiorze, itd. Poniżej przedstawiono najważniejsze, zdaniem zespołu realizującego temat, wnioski, uwagi i propozycje wynikłe podczas realizacji tematu badawczego.

1. Prototyp systemu Zeasoft wymaga jeszcze intensywnego testowania (poza okresem trwania tematu badawczego 2.01). Po zakończeniu testowania można będzie go skierować do sprzedaży (seria informacyjna).
2. Dla dalszego rozwoju systemu najważniejsza będzie opinia użytkowników programu. Można przewidywać różne scenariusze marketingowe (brak zainteresowania, duże zainteresowanie, itd.). W przypadku braku zainteresowania rozwój systemu zostanie najprawdopodobniej wstrzymany. Duże zainteresowanie będzie podstawą do kontynuowania badań.
3. Opracowanie systemu Zeasoft wymagało dużego wkładu pracy z zakresu agronomii i informatyki (projektowanie i programowanie). "Szkielet" systemu może być wykorzy-

stany ze względnie mniejszym nakładem pracy programistycznej do budowy systemów wspomagania decyzji w uprawie innych roślin.

## Cytowana literatura

1. Brzóska F., Górski T., Kęsik K., Lipski S., Machul M., Madej A., 2001. Kukurydza pastewna na ziarno i CCM. Uprawa i użytkowanie. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG i IZ, 78/2001.
2. Brzóska F., Górski T., Kęsik K., Lipski S., Machul M., Madej A., 2002. Kukurydza, produkcja ziarna i CCM. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG i IZ, 91/02.
3. Edwards, B.R.: Understanding maths and statistics in business. Unwin Hyman Ltd, London, 1988.
4. Górski T.: Fenologia kukurydzy. IUNG. Dokument elektroniczny, [www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Mais\\_probtxt.asp?lang=1](http://www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Mais_probtxt.asp?lang=1). (5.11.2004)
5. Górski T., Górka K.: 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, 1998.
6. Górski T., Jakubczak Z., 1965: W sprawie metody sum temperatur w agrometeorologii. Roczn. Nauk. Roln., ser. A, 90 (2): 215-231.
7. Jadczyzyn T.: Model for calculation the amount of nutrients in manure "SFOM". Nawozy i Nawożenie, 1(6):40-50, 2001.
8. Jadczyzyn T., Pietruch C.: System doradztwa nawozowego NawSald. Wieś Jutra, 10:21-22, 2003.
9. Górski T., Zaliwski A., 2002. Model Agroklimatu Polski, Pam. Puł., 130 (1): 251-260.
10. Kozyra J.: Kalkulator sum temperatur efektywnych. Dokument elektroniczny, [www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Temp\\_EFtxt.asp?lang=1](http://www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Temp_EFtxt.asp?lang=1). (5.11.2004)
11. Lipski S., Machul M., Brzóska F., Kęsik K., Górski T., Madej A.: Kukurydza, produkcja kiszonki z całych roślin. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG i IZ, 90/02, 2002.
12. Lorencowicz E.: Określanie kosztów użytkowania maszyn rolniczych w zależności od powierzchni gospodarstwa. Roczniki Nauk Rolniczych, 77-C-2, 1987.
13. Manteuffel R.: Ekonomia i organizacja gospodarstwa rolniczego. PWRiL, Warszawa, 1984.
14. Witney B.: Choosing and Using Farm Machines. Longman Scientific & Technical. Harlow, Essex, 1984.
15. Zaliwski A.: Instrukcja obsługi programu Agroefekt. IUNG, Puławy, 1995.
16. Zaliwski A.: Program komputerowy AGROEFEKT. Dokument elektroniczny, [www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Mais\\_probtxt.asp?lang=1](http://www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Mais_probtxt.asp?lang=1). (5.11.2004)
17. Zaliwski A., Górski T.: 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, 1999.
18. Zaliwski A., Górski T., Lipski S., Winiarski R., Wróblewska E.: 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, 1999.
19. Zaliwski A., Hołaj J.: Wybrane aspekty wspomagania decyzji technologicznych w gospodarstwie rolnym. Pam. Puł. 124:421-428. Puławy, 2001.

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

### **Wykaz publikacji opracowanych w ramach tematu badawczego**

1. Brzóska F., Górski T., Kęsik K., Lipski S., Machul M., Madej A., 2001. Kukurydza pastewna na ziarno i CCM. Uprawa i użytkowanie. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG i IZ, 78/2001.
2. Brzóska F., Górski T., Kęsik K., Lipski S., Machul M., Madej A., 2002. Kukurydza, produkcja ziarna i CCM. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG i IZ, 91/02.
3. Górski T.: Fenologia kukurydzy. IUNG. Dokument elektroniczny, [www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Mais\\_probtxt.asp?lang=1](http://www.ipm.iung.pulawy.pl/Text/Mais_probtxt.asp?lang=1).
4. Lipski S., Machul M., Brzóska F., Kęsik K., Górski T.: Kukurydza w Polsce. Serwis internetowy poświęcony produkcji kukurydzy. [www.kukurydza.org.pl](http://www.kukurydza.org.pl). 2002-2004.
5. Lipski S., Machul M., Brzóska F., Kęsik K., Górski T., Madej A., 2002. Kukurydza, produkcja kiszonki z całych roślin. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG i IZ, 90/02.
6. Zaliwski A.S., Pietruch C.: Narzędzia Informatyczne Wspomagające Producentów Kukurydzy. Pam.Puł. (oddane do druku).
7. Zaliwski A.S.: Od modelowania technologii do modelowania opłacalności - system wspomagania decyzji w wyborze odmiany kukurydzy. Pam.Puł. (oddane do druku).
8. Zaliwski A., Górski T.: Prawdopodobieństwo dojrzewania kukurydzy - aplikacja internetowa. Inżynieria Rolnicza. (oddane do druku).
9. Zaliwski A.S, Wilkos S., Górski T.: Fenologia kukurydzy. Aplikacja internetowa, [www.ipm.iung.pulawy.pl/MA/Mais\\_prob.asp](http://www.ipm.iung.pulawy.pl/MA/Mais_prob.asp), 2004.