

## PRAWDOPODOBIENSTWO DOJRZEWANIA KUKURYDZY - APLIKACJA INTERNETOWA

### Streszczenie

Kukurydza, jako roślina ciepłolubna, wymaga do dojrzenia stosunkowo długiego okresu z odpowiednio wysoką temperaturą. W naszym kraju jej uprawa jest więc związana z pewnym ryzykiem, polegającym na uzyskaniu plonów o niskim udziale kolb lub ziarna. Wybór odpowiednich rejonów uprawy, a także dobór odmian w tych rejonach, przeprowadza się porównując wymagania termiczne kukurydzy z warunkami klimatycznymi. Użycie metody sum temperatur umożliwia ilościowe określenie prawdopodobieństwa dojrzenia. W pracy przedstawiono internetową aplikację służącą do obliczania i prezentacji prawdopodobieństwa dojrzenia trzech typów użytkowych kukurydzy (na ziarno, na CCM i na kiszonkę) o różnej wczesności dla wybranego punktu Polski. Do budowy aplikacji wykorzystano algorytmy rozkładów statystycznych temperatury, opadów i długości dnia, skonstruowane w IUNG. Opisują one rozkłady przestrzenne tych charakterystyk, umożliwiając określenie ich wartości w dowolnym punkcie kraju i w dowolnym okresie. Podstawowymi danymi aplikacji są zawarte w bazie danych atrybuty punktów (długość i szerokość geograficzna, wysokość n.p.m.) w siatce 10x10km. Obsługa aplikacji polega na ustaleniu współrzędnych geograficznych pola (przez wybór punktu z mapy), wyborze typu użytkowego kukurydzy oraz określeniu charakteru otoczenia pola (teren płaski, poblize dużego miasta, akwenu itp.). Naciśnięcie przycisku „Oblicz wartości” uruchamia procedury obliczeniowe umieszczone na serwerze i wyniki przesyłane są do przeglądarki w komputerze użytkownika. Wyniki obliczeń prawdopodobieństwa dla kukurydzy o wybranym typie użytkowym dla kilku typów wczesności (określonych liczbą FAO) są podawane w formie tabelarycznej.

**Słowa kluczowe:** kukurydza, fenologia, prawdopodobieństwo dojrzenia, aplikacja internetowa

### Oznaczenia

- Atp* - suma temperatur wymagana przez kukurydzę
- Atn* - suma temperatur normalnych
- P* - prawdopodobieństwo dojrzenia kukurydzy
- Rn* - różnica standardowa
- Satn* - odchylenie standardowe sum temperatur
- Stn* - odchylenie standardowe temperatury normalnej
- D* - liczba dni od dnia siewu do dnia, w którym temperatura spada do 10°C

- $\varphi$  - szerokość geograficzna  
 $\lambda$  - długość geograficzna

## Wprowadzenie

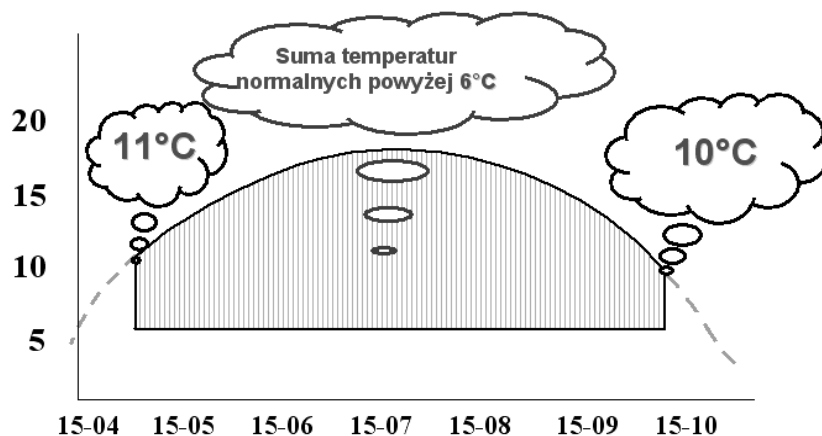
Warunki klimatyczne w Polsce są przestrzennie zróżnicowane. Miejsca korzystne dla uprawy kukurydzy można dość dokładnie ustalić, stosując kryterium sumy temperatur efektywnych [Górski, Górską 1998]. Kukurydza, będąc rośliną ciepłolubną, wymaga odpowiednio wysokich sum temperatur efektywnych [Jakacka 1985] i nawet na obszarach dogodnych klimatycznie jej uprawa związana jest z określonym ryzykiem [Zaliwski, Górski 1998, 1999; Zaliwski i in. 1999], co zależy także od wczesności odmiany. Ryzyko związane jest ze stratą plonu jaka może powstać przy zbiorze niedojrzałego ziarna, czyli z prawdopodobieństwem dojrzewania kukurydzy. Technika komputerowa umożliwia obecnie szybkie i łatwe określenie średnich warunków termicznych plantacji i dobór właściwego dla tych warunków typu użytkowego kukurydzy. Dzięki temu ryzyko daje się zminimalizować przez właściwe decyzje przed podjęciem produkcji, np. na etapie siewu przez wybór najkorzystniejszych odmian [Zaliwski, Górski 1999].

Celem pracy jest przedstawienie aplikacji internetowej generującej informację pomocną przy wyborze typu użytkowego i typu wczesności kukurydzy w dowolnym miejscu Polski. Opracowane narzędzie prezentuje następujące informacje: średni termin siewu kukurydzy, spodziewany termin osiągnięcia dojrzałości kukurydzy, prawdopodobieństwo dojrzewania.

## Metodyka

Rozwój roślin (w sensie następstwa faz rozwojowych) zależy niemal wyłącznie od temperatury i długości dnia. Dlatego jako podstawę obliczeń okresów fenologicznych kukurydzy (siew, dojrzewanie) i prawdopodobieństwa jej dojrzewania przyjęto metodę sum temperatur w postaci rozwiniętej w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki Instytutu Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach [Górski, Górską 1998]. Metoda ta umożliwia obiektywne (tzn. bez zakładania a priori) określenie progów termicznych na podstawie materiału empirycznego. Po obliczeniu sum temperatur ponad uzyskanym progiem, przedstawia się je w funkcji długości dnia w okresie odbierania bodźca fotoperiodycznego. Ponieważ kukurydza jest rośliną o krótkodniowym typie fotoperiodycznym, dodatkowo uwzględniono wpływ suszy przed wejściem w fazę generatywną.

Zalecany średni termin siewu kukurydzy w Polsce przypada na dzień, kiedy normalna temperatura osiągnie 11°C. Próg temperatury dla sumy temperatur efektywnych dla kukurydzy przyjęto 6°C. Okresu dojrzewania kukurydzy nie należy wydłużać ze względu na niekorzystny wpływ pogody jesienią (przyjęto tu próg dolny 10°C). Algorytm obliczania okresów fenologicznych ustala sumy temperatur efektywnych (powyżej 6°C) w zależności od współrzędnych geograficznych punktów od dnia, kiedy temperatura normalna osiąga 11°C do dnia kiedy spada ona poniżej 10°C (rys.1). Wartości progowe temperatur są wprowadzane jako parametry do modeli aplikacji.



Rys.1. Suma temperatur efektywnych dla kukurydzy - progi temperatur  
 Fig. 1. Degree-days effective for maize – temperature thresholds

### Wyniki badań i ich analiza

Ogólnie, wartość prawdopodobieństwa dojrzewania kukurydzy zależy od sumy temperatur wymaganych przez kukurydzę i sumy temperatur normalnych w danym punkcie w następujący sposób:

$$\text{If } A_{tp} < A_{tn} \text{ then } P > 0.5 \quad (1)$$

$$\text{If } A_{tp} > A_{tn} \text{ then } P < 0.5 \quad (2)$$

Dokładne wartości prawdopodobieństwa dojrzewania otrzymuje się z funkcji rozkładu normalnego po przyrównaniu sumy temperatur potrzebnych do dojrzewania do sumy temperatur normalnych w danym punkcie:

$$Rn = \frac{Atp - Atn}{Satn} \quad (3)$$

Odchylenie standardowe sum temperatur ( $Satn$ ) można otrzymać z następującego wzoru:

$$Satn = Stn * d \quad (4)$$

Odchylenie standardowe temperatury normalnej w okresie wegetacyjnym kukurydzy (od maja do października) można wyliczyć dla dowolnego położenia geograficznego w kraju ze wzoru opracowanego w Zakładzie Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki IUNG:

$$Stn = -6.875 + 0.1303 * \varphi - 0.00044447 * \varphi * \lambda + 0.36941 * \ln((55.8 - \varphi) * (\lambda - 9)) \quad (5)$$

Podane wzory zostały uwzględnione w procedurach obliczeniowych aplikacji. Prawdopodobieństwo dojrzewania oblicza się z dystrybucji rozkładu normalnego na podstawie różnicy standardowej ( $Rn$ ).

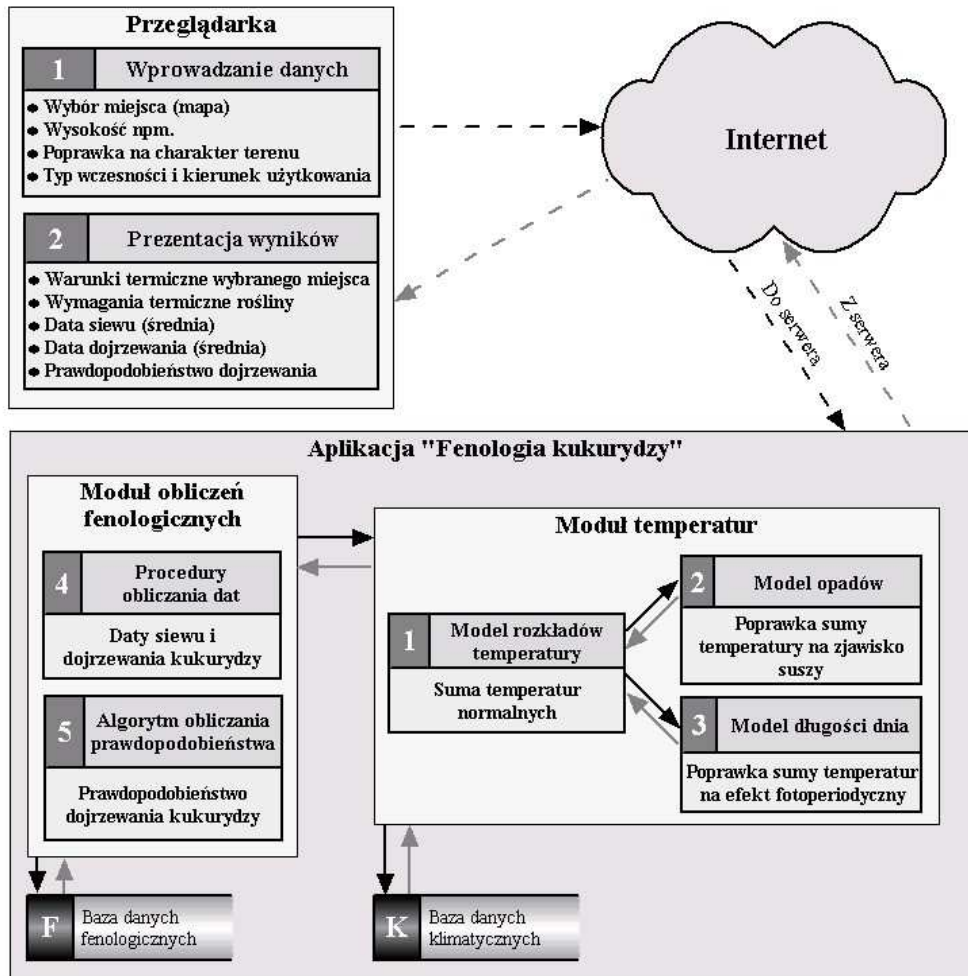
Schemat obiegu informacji w aplikacji przedstawiono na rysunku 2.

Interfejsem użytkownika aplikacji jest strona internetowa wyświetlona w przeglądarce. Użytkownik może wybrać określone miejsce z mapy i wprowadzić dane opisujące warunki uprawy (charakter terenu, typ wczesności i typ użytkowy oraz dodatkowo sprecyzować wysokość miejsca npm.) Dane te są następnie przesłane przez Internet do aplikacji uruchomionej na serwerze.

Aplikacja składa się z dwóch współpracujących ze sobą modułów. Moduł obliczeń fenologicznych po otrzymaniu parametrów wysłanych przez przeglądarkę sięga do bazy danych fenologicznych i pobiera z niej dane o wymaganiach termicznych kukurydzy. Następnie wysyła do modułu temperatur żądanie obliczenia sumy temperatur wg podanych przez użytkownika parametrów (współrzędnych, charakteru terenu itd.).

Moduł temperatur pobiera z bazy danych klimatycznych informacje o wybranym miejscu, uwzględniając przesłane parametry i oblicza sumę temperatur, datę siewu i dojrzewania zgodnie z wartościami progowymi temperatury i wymaganiami termicznymi kukurydzy. Następnie poprawia sumę temperatur wg danych otrzymanych z modelu opadów i długości dnia (rys.2). Poprawioną wartość sumy przesyła do pierwszego modułu, który oblicza prawdopodobieństwo dojrzewania kukurydzy, porównując tę sumę

z wymaganiami rośliny. Wyniki są przesyłane do przeglądarki i przedstawione użytkownikowi w formie tabelarycznej.



Rys.2. Schemat obiegu informacji w aplikacji „Fenologia kukurydzy” (Linie przerywane - przekaz informacji między klientem (przeglądarką) i serwerem (aplikacją), linie ciągłe - przekaz informacji w obrębie aplikacji, linie czarne - wysłanie danych, linie szare - otrzymanie danych)

Fig. 2. The information flow in the “Maize phenology” application (Broken lines – information transfer between the client (browser) and the server (application), solid lines – information transfer within the application, black lines – sending the data, grey lines – receiving data)

Suma temperatur potrzebnych do osiągnięcia dojrzałości kukurydzy zmienia się w zależności od liczby FAO i typu użytkowego kukurydzy i stanowi ona parametr dla modułów aplikacji odpowiednio do danych wybranych przez użytkownika (tab.1).

*Tabela 1. Suma temperatur efektywnych w zależności od liczby FAO i kierunku użytkowania kukurydzy (na podstawie kompilacji wielu źródeł)*

*Table 1. Maize requirements of degree-days as dependent on the FAO number and the utilisation mode (compiled from various sources )*

<b>Liczba FAO i kierunek użytkowania</b>	<b>Suma temperatur efektywnych (°C)</b>
FAO 210 na ziarno	1370
FAO 210 na CCM	1310
FAO 230 na ziarno	1395
FAO 240 na ziarno	1410
FAO 240 na CCM	1350
FAO 240 na kiszonkę	1200
FAO 260 na ziarno	1435
FAO 270 na ziarno	1450
FAO 270 na CCM	1380
FAO 270 na kiszonkę	1240
FAO 290 na ziarno	1480
FAO 300 na CCM	1420
FAO 300 na kiszonkę	1300
FAO 340 na kiszonkę	1380

## **Podsumowanie**

W pracy przedstawiono internetową aplikację służącą do obliczania i prezentacji prawdopodobieństwa dojrzewania trzech typów użytkowych kukurydzy (na ziarno, na CCM i na kiszonkę) o różnej wczesności dla wybranego punktu Polski.

Do budowy aplikacji wykorzystano algorytmy klimatyczne skonstruowane w IUNG: rozkładów statystycznych temperatury, opadów i długości dnia. Podstawowymi danymi aplikacji są zawarte w bazie danych atrybuty punktów (długość i szerokość geograficzna, wysokość n.p.m.) w siatce 10x10km.

## **Bibliografia**

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

Jakacka M. 1985. *Określenie dynamiki dojrzewania odmian kukurydzy o różnej wczesności za pomocą metody sum temperatur. Pam. Puławski, 86: 161-172*

Zaliwski A., Górski T. 1998. *Numerical Maps of Temperature Sums in Poland, Proc. 2-nd European Congress on Applied Climatology ECAC98, CD ROM, ZAMG, Wien*

Zaliwski A., Górski T. 1999. *Wykorzystanie przestrzennego modelu agroklimatu do określenia opłacalności uprawy kukurydzy na ziarno, Wydział Techniki Uniwersytetu Śląskiego, Stowarzyszenie SILGIS Centre, International Conference, Kraków. Materiały konferencyjne, ss. 198-204*

Zaliwski A., Górski T., Lipski S., Winiarski R., Wróblewska E. 1999. *Numerical Maps of Profit Probability for Maize Production in Poland. EFITA/99 conference: Perspectives of Modern Information and Communication Systems in Agriculture, Food Production and Environmental Control. University of Bonn, Department of Agricultural Economics, Bonn, Germany, Conference proceedings, vol. A ss. 217-224*

## **PROBABILITY OF MAIZE RIPENING – AN INTERNET APPLICATION**

### **Summary**

Maize, being a thermophilous plant, requires a relatively long vegetation period with appropriately high values of degree-days. Therefore its cultivation under the conditions of our country is connected with certain risk that consists in obtaining yields with low proportion of cobs or grain. The choice of suitable regions for its cultivation, as well as the selection of varieties for the regions are conducted by comparison of thermal requirements of maize with the climatic conditions. Application of the degree-days method makes it possible to quantify the probability of maize ripening. The article described Internet application to calculation and presentation of ripening probability for three utilization modes (for grain, CCM and silage) of various earliness maize types. The statistical distribution algorithms for temperature, precipitation and day length, constructed at IUNG, were used to create the application. They describe the spatial distribution of mentioned climatic elements making it possible to determine their values in any place of Poland within

any period. The basic application data are the attributes of points (longitude, latitude and altitude) evenly spread over the country in a grid of 10 x 10 km. Handling of the application consists in entering geographic co-ordinates (by selecting a point in the map), entering the terrain characteristics (flat terrain, neighborhood of a city, large reservoir etc.) and choosing the maize utilization mode. Pressing the "Calculate values" button starts the computation procedures on the server and the results are sent to the user's computer browser. The results (probability of maize ripening, mean dates of sowing and ripening) for utilization mode and the type of earliness (determined by the FAO number) selected by the user are presented in tabular form.

**Key words:** maize, phenology, probability of ripening, internet application

*Recenzent – Andrzej Roszkowski*