

**Jerzy Kozyra, Andrzej Zaliwski, Anna Nieróbca, Jerzy Grabiński**

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

SYSTEM ZALECEŃ ROLNICZYCH ZWIĄZANYCH  
Z PRZEBIEGIEM POGODY\*

**Wstęp**

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

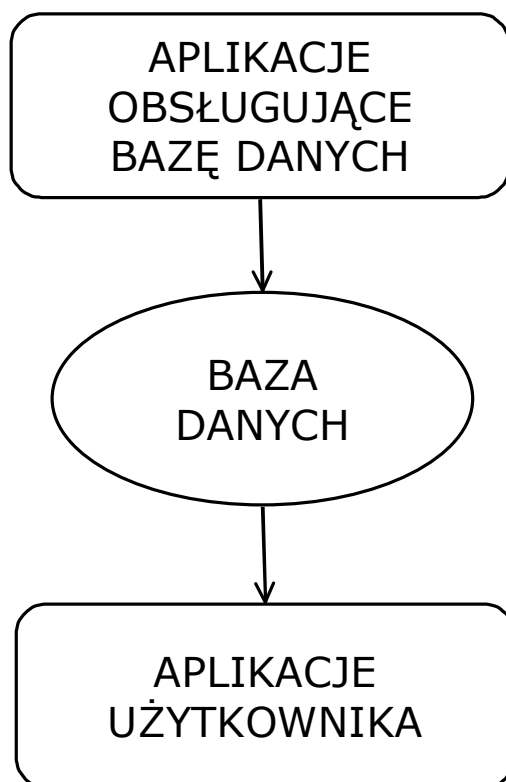
Celem pracy było przedstawienie organizacji systemu zaleceń rolniczych (SZR) oraz możliwości wykorzystania poszczególnych jego komponentów w praktyce rolniczej.

---

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

### Organizacja systemu

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



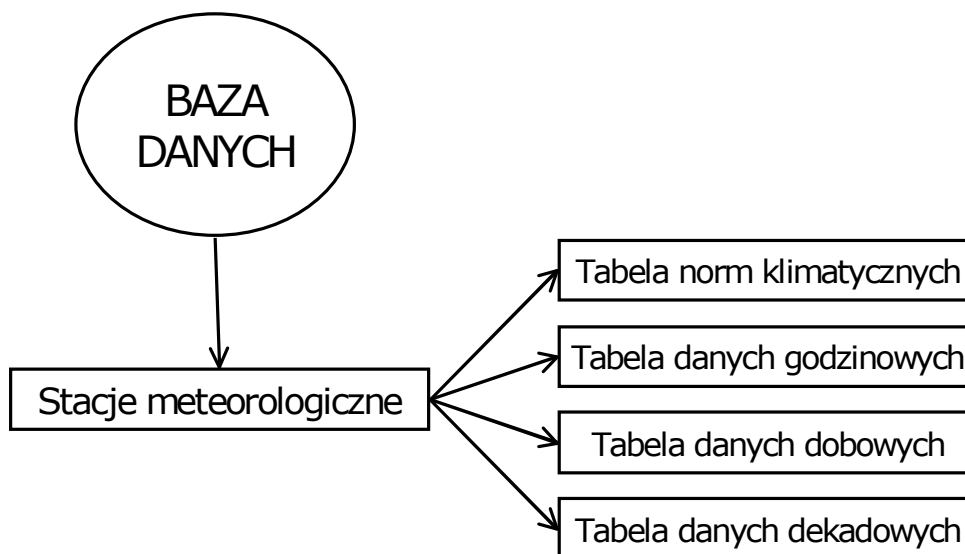
Rys. 1. Komponenty Systemu Zaleceń Rolniczych

Źródło: opracowanie własne.

### Baza danych i jej obsługa

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

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



Rys. 2. Organizacja bazy danych SZR

Źródło: opracowanie własne.

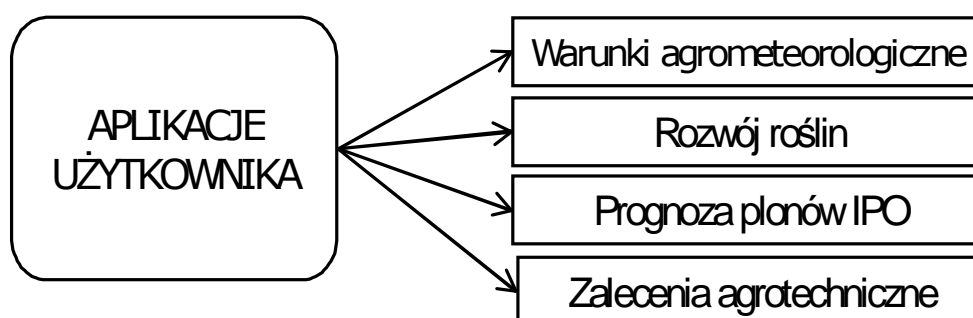
Tabela norm klimatycznych tworzona jest dla każdej stacji meteorologicznej dołączonej do systemu z wykorzystaniem Modelu Agroklimatu Polski (MAP); (9). Algorytmy MAP umożliwiają wyznaczenie dobowych norm klimatycznych dla dowolnego punktu w Polsce na podstawie współrzędnych geograficznych. Tabela ta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

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

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

### Aplikacje użytkownika

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

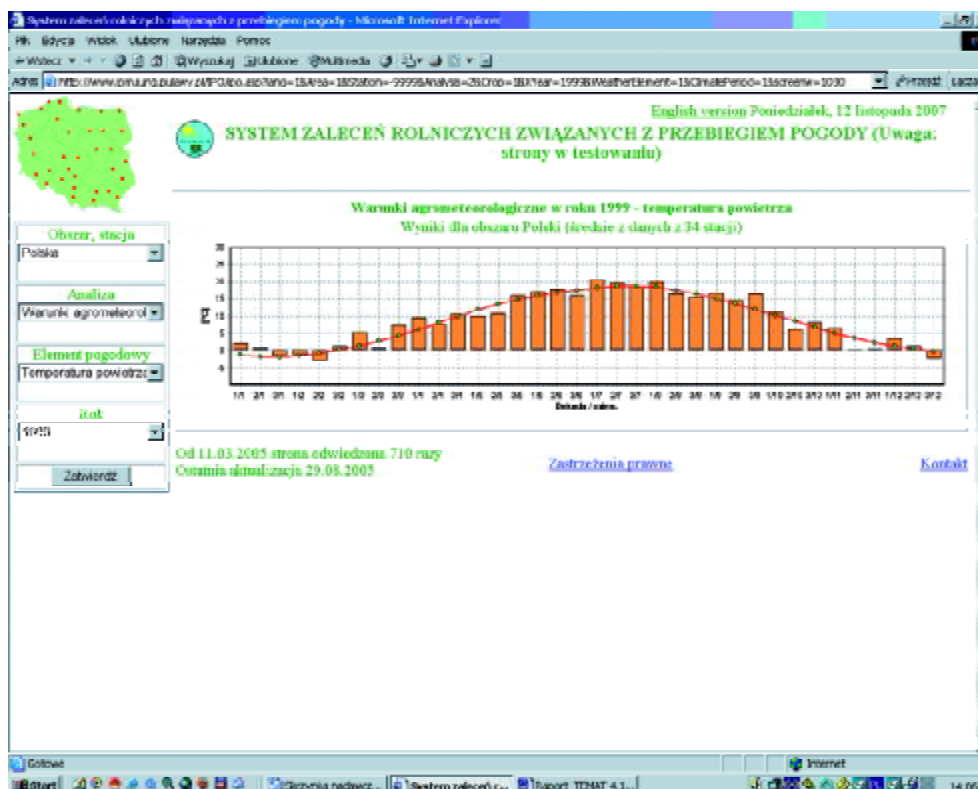


Rys. 3. Aplikacje użytkownika SZR

Źródło: opracowanie własne.

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

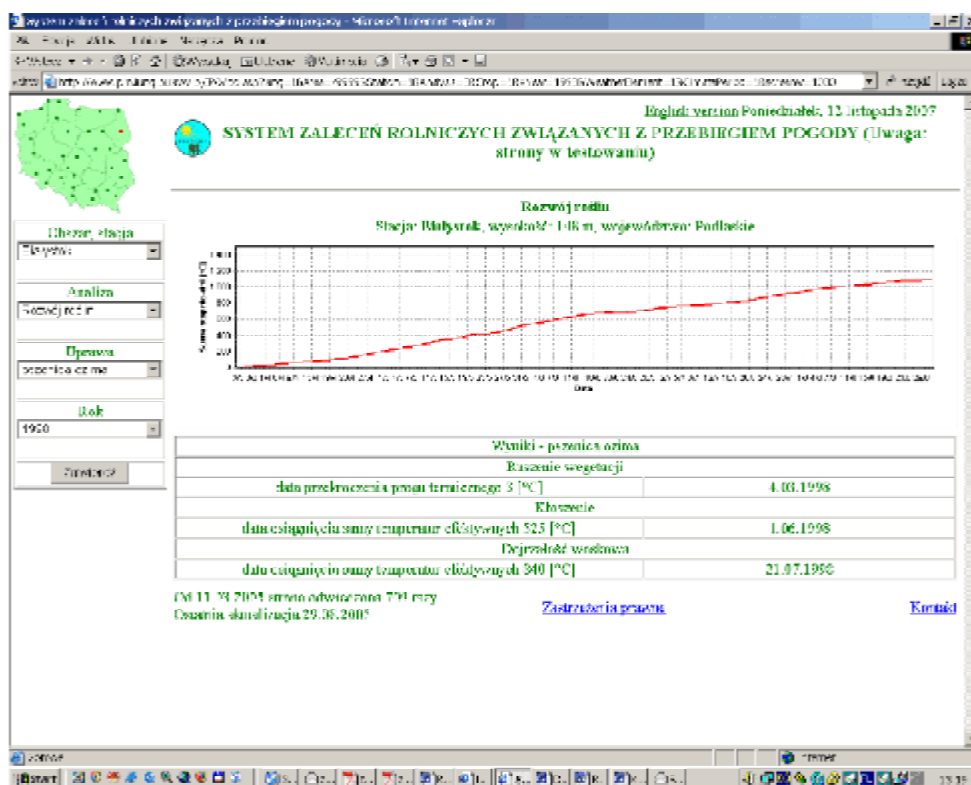
Aplikacja SZR „Rozwój roślin” przeznaczona jest do analizy warunków rozwoju roślin w danym roku na tle średnich warunków z wielolecia. Do określenia prędkości rozwoju roślin aplikacja wykorzystuje modele sum temperatur efektywnych (6, 13). W obliczeniach wykorzystywana jest średnia dobową temperatura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



Rys. 4. Analiza dekadowych średnich temperatury powietrza w Polsce w 1999 roku na tle wartości wieloletnich wykonana w aplikacji SZR „Warunki agrometeorologiczne”  
 Źródło: [www.ipo.iung.pulawy.pl](http://www.ipo.iung.pulawy.pl)

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

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



Rys. 5. Symulacja rozwoju pszenicy ozimej w 1998 roku w aplikacji SZR „Rozwój roślin” dla stacji w Białymstoku

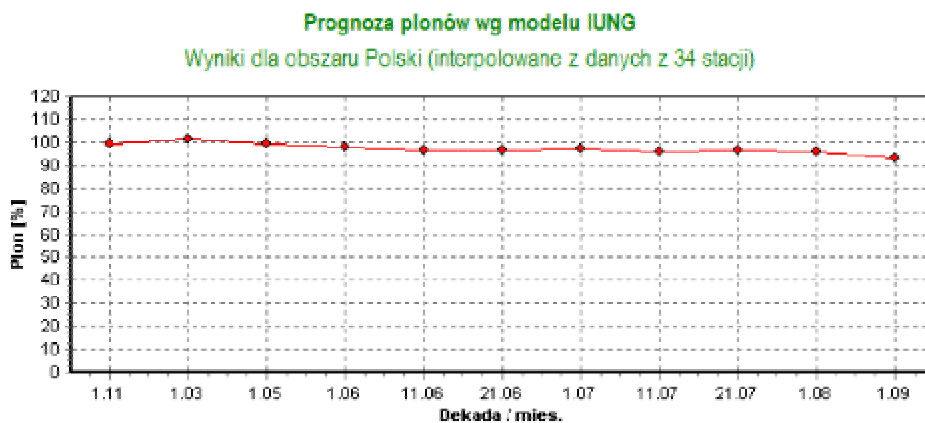
Źródło: [www.ipo.iung.pulawy.pl](http://www.ipo.iung.pulawy.pl)

plonowania dla obszaru obliczenie polega na uśrednieniu wyników końcowych dla stacji znajdujących się na tym terenie. Prognozy obliczane są kolejno dla wszystkich stacji obszaru i zapisywane do tabeli tymczasowej. Prognoza średnia obliczana jest w ostatnim kroku, a wyniki prezentowane są na wykresie (rys. 6). Użytkownik uzyskuje wartości tzw. indeksów pogodowych (IP) wyrażających dotychczasowy przebieg pogody jako procent plonu końcowego. Wartość IP równa „100” oznacza, że przebieg pogody nie odbiegał od warunków przeciętnych i można oczekiwać, iż plony w danym roku będą zbliżone do średnich. Gdy IP przyjmuje wartości niższe od „100” oznacza to, że warunki są mniej sprzyjające niż w roku przeciętnym i można spodziewać się plonów niższych od przeciętnych. W przypadku gdy IP przyjmuje wartości powyżej 100 można oczekiwać plonów wyższych od przeciętnych.

Aplikacja „Zalecenia agrotechniczne” ma za zadanie wskazać potencjalne działania w zakresie dostosowania prac polowych do warunków wynikających z aktualnego przebiegu pogody. Na potrzeby aplikacji wykonano przegląd dotychczasowych zaleceń agrotechnicznych ze szczególnym uwzględnieniem zaleceń w sytuacjach nie-sprzyjających warunków meteorologicznych, takich jak wystąpienie okresów suszy

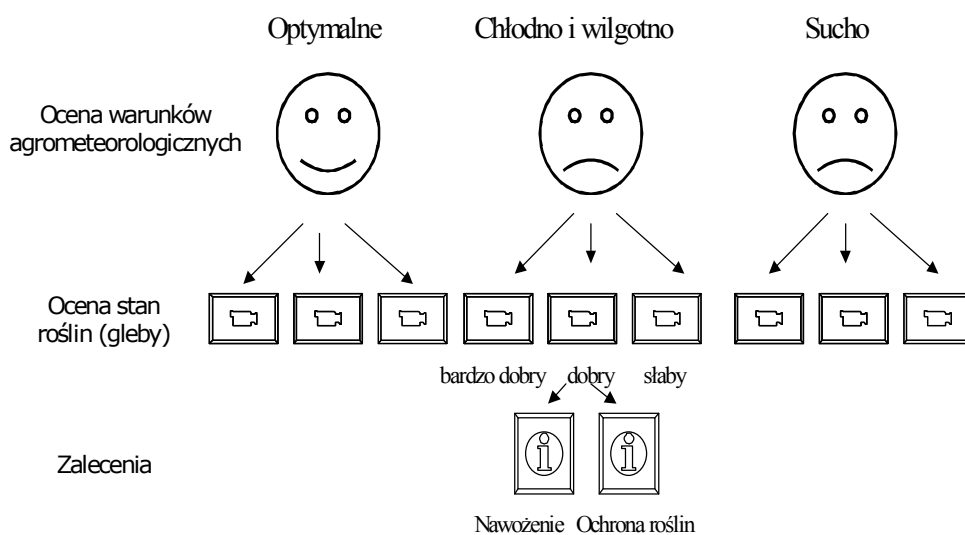


## SYSTEM ZALECEŃ ROLNICZYCH ZWIĄZANYCH Z PRZEBIEGIEM POGODY (Uwaga: strony w testowaniu)



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

Źródło: [www.ipo.iung.pulawy.pl](http://www.ipo.iung.pulawy.pl)



Rys. 7. Koncepcja działania aplikacji „Zalecenia agrotechniczne”

Źródło: opracowanie własne.

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

Tabela 1

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

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

Źródło: opracowanie własne.



## Podsumowanie

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

## Literatura

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

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

Adres do korespondencji:

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