

Jerzy Dwornikiewicz, Czesław Pietruch, Jerzy Kozyra

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

SYSTEM SYGNALIZACJI ZAGROŻENIA PLANTACJI CHMIELU
PRZEZ MĄCZNIAKA RZEKOMEGO*

Wstęp

Chmielarstwo polskie, podobnie jak inne branże, poddane jest procesowi dostosowywania ekonomicznych celów plantatorów do wymogów ekologicznych i społecznych. W procesie produkcji upowszechnia się nowe elementy oszczędne w zużyciu przemysłowych środków produkcji. Muszą one uwzględniać takie przesłanki, jak wieloletnia uprawa chmielu (20 i więcej lat) w jednym miejscu oraz koncentracja uprawy w niektórych rejonach, często w rejonach krajobrazu chronionego (1).

Duże skupiska plantacji chmielu notuje się na Lubelszczyźnie w rejonach parków krajobrazowych i ich otulin (np. kazimierskiego, wrzelowieckiego, Pojezierza Łęczyńskiego, Roztocza). Tylko w samej gminie Wilków, w zlewni Wisły, uprawia się około 883 ha chmielu, co stanowi około 40% krajowej powierzchni uprawy tej rośliny (1).

Aktualny poziom ochrony chmielu przed mączniakiem rzekomym to:

- stosowanie (średnio) 6 rutynowych oprysków w ciągu sezonu wegetacyjnego,
- zużycie średnio 50 kg fungicydów (np. Miedzian, Curzate, Kupromet) na ha plantacji,
- duże koszty stosowania fungicydów i obciążenie środowiska ich pozostałościami.

W zrównoważonym systemie rolnictwa powstała potrzeba opracowania i upowszechnienia nowoczesnego komputerowego systemu sygnalizacji pojawiania się zagrożenia plantacji chmielu przez mączniaka rzekomego (*Pseudoperonospora humuli* (Miy. and Tak.) Wilson). Może on poprawić efektywność ekonomiczną produkcji chmielu oraz zmniejszyć obciążenie środowiska pozostałościami chemicznych środków ochrony roślin (2).

Celem pracy jest opis programu ProgChmiel, który jest narzędziem wspierającym działania producenta chmielu w ocenie zagrożenia plantacji przez mączniaka rzekomego.

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.7 w programie wieloletnim IUNG - PIB

Material

System wspomaganie decyzji ProgChmiel opracowano w latach 2004–2006 w ramach tematu statutowego IUNG-PIB nr 2.25 pt. „Opracowanie komputerowej sygnalizacji zagrożenia plantacji chmielu przez mączniaka rzekomego”. Do jego konstrukcji wykorzystano wyniki badań polowych wykonanych w latach 1999–2003 na plantacjach chmielu w rejonie Wilkowa, największego w Polsce rejonu uprawy chmielu. Idea projektu korespondowała z założeniami tematu „Food quality and safety” realizowanego w ramach 6. Programu Ramowego UE oraz nawiązywała do opracowanego w 1998 roku „Programu ochrony środowiska gmin nadwiślańskich 1999–2010” prowadzonego przez Urząd Wojewódzki w Lublinie. Z inicjatywy IUNG w 1999 roku zakupiono z funduszy WFOŚiGW dla Gminy Wilków automatyczną stację meteorologiczną Campbell CR10 X z przeznaczeniem do perspektywicznego prognozowania wystąpienia mączniaka rzekomego chmielu. W celu określenia zgodności wskazań programu z rzeczywistą potrzebą wykonania oprysku w latach 2004–2006 prowadzono w rejonie Wilkowa, w okresach 5-dniowych, obserwacje zdrowotności roślin chmielu według metody IUNG (7).

Założenia systemu wspomaganie decyzji

Opracowany program komputerowy ProgChmiel obok automatycznej stacji meteorologicznej jest integralnym komponentem systemu sygnalizacji. W programie wykorzystano opracowany w Instytucie Chmielarskim w Hüll (Niemcy - Bawaria) algorytm do sygnalizacji zagrożenia plantacji chmielu mączniakiem rzekomym (5, 6). Metodę tę walidowano w warunkach czeskich i polskich z wykorzystaniem klasycznych obserwacji meteorologicznych (3, 7). Nowością opracowanego krajowego systemu jest wykorzystanie automatycznej stacji meteorologicznej oraz programu komputerowego.

Algorytm do sygnalizacji zagrożenia ma trzyetapowy (w systemie kroczącym) sposób oceny okresów krytycznych, sprzyjających rozwojowi choroby. W pierwszym etapie na podstawie wskazań automatycznej stacji meteorologicznej obliczany jest dobowy indeks zagrożenia, tzw. mały indeks. Metoda obliczenia tego indeksu przyjmuje różną postać dla dni z opadem atmosferycznym i dla dni bez opadu atmosferycznego:

$$\begin{aligned} \text{a/ dla dni z opadami:} & \quad i = 100 + 10 (t - 15) + 2 (h - 60) + r \\ \text{b/ dla dni bez opadów:} & \quad i = [100 + 10 (t - 15) + 2 (h - 60)] : S \end{aligned}$$

gdzie:

i – mały indeks

t – średnia dobowa temperatura powietrza (°C)

h – średnia dobowa wilgotność względna powietrza (%)

r – suma dobowa opadu atmosferycznego (mm)

S – liczba dni bez opadu atmosferycznego

W drugim etapie wartości indeksu małego są (w systemie kroczącym) sumowane za okres ostatnich pięciu dni, w celu obliczenia tzw. indeksu dużego. W trzecim etapie, w przypadku wystąpienia w kolejnych jedenastu dniach indeksu dużego o wartości krytycznej równej lub większej od 500 pkt. należy wykonać zabieg ochrony roślin.

Taki etapowy sposób obliczania indeksów pogodowych wymagał od plantatorów dużego zaangażowania. Korzystanie z automatycznej stacji meteorologicznej i programu komputerowego ogranicza się do uruchomienia programu i przeanalizowania wygenerowanych przez program ProgChmiel wyników obliczeń lub obrazów wykresów.

Funkcjonalność programu ProgChmiel

Zadaniem programu ProgChmiel jest analiza danych pogodowych, obliczanie indeksów ryzyka i sygnalizowanie potrzeby wykonania zabiegów ochrony chmielu przed mączniakiem. Dane wykorzystywane przez program to godzinowe odczyty: temperatury powietrza na wysokości 2 m, wilgotności względnej powietrza na wysokości 2 m i opadu atmosferycznego.

Program posiada również moduły umożliwiające graficzną prezentację pomiarów ze stacji automatycznej, obliczonych wskaźników oraz wprowadzania do systemu potrzebnych danych o plantacji oraz o datach wykonania zabiegów.

Operacyjne wykorzystanie systemu ochrony

W zwalczaniu choroby ważny jest początkowy okres wzrostu roślin chmielu, kiedy często stwierdza się występowanie tzw. infekcji pierwotnej. W terminie od fazy wybijania pędów do około 20 maja należy prowadzić obserwacje występowania infekcji, według metody podanej przez S o l a r s k ą (7): w trzech do pięciu punktach plantacji należy losowo wytypować po 100 roślin; jeżeli w tym okresie na 100 badanych roślin więcej niż 10 posiada pędy kłosowate należy przeprowadzić oprysk. W dalszych fazach okresu wegetacji chmielu terminy zabiegów powinny być wyznaczane zarówno na podstawie wskazań programu komputerowego, jak i na podstawie obserwacji zdrowotności roślin. Program ProgChmiel zaleca wykonanie zabiegu przeciwko mączniakowi rzekomemu, gdy w okresie 11 kolejnych dni wyznaczony „indeks duży” osiąga lub przekracza wartość 500 pkt.

Równocześnie w strategii ochrony zakłada się bieżącą w okresie wegetacji obserwację plantacji i wykonanie zabiegu, gdy na 100 liściach występuje więcej niż 100 plam lub obserwuje się minimalne porażenie kwiatów względnie szyszek (7).

Może zaistnieć taka sytuacja, że wyznaczony komputerowo indeks nie będzie przez kolejnych 11 dni przekraczał wartości 500 punktów, a na roślinach wystąpią symptomy porażenia, np. wystąpi 100 lub więcej plam na 100 liściach bądź wystąpi minimalne porażenie kwiatów albo szyszek. W takich sytuacjach zaleca się wykonanie zabiegu wyłącznie na podstawie oceny biologicznej. Jeżeli podane warunki nie są spełnione oprysku można nie przeprowadzać.

Praca z programem ProgChmiel

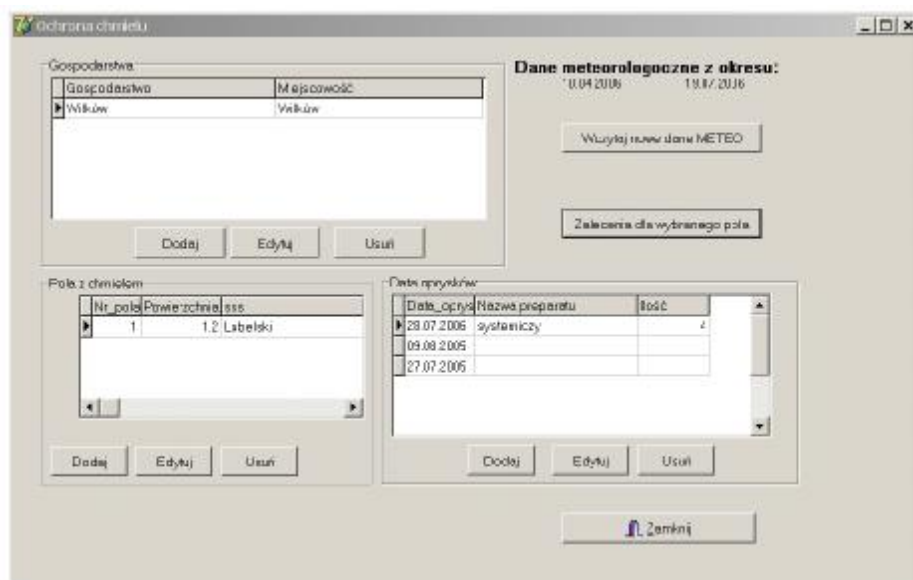
Po uruchomieniu programu pojawia się okno programu do wprowadzenia danych dotyczących gospodarstwa (rys. 1). Panel „**Gospodarstwa**” służy do zarządzania gospodarstwami obsługiwanyymi przez program. Umożliwia dodanie gospodarstwa do bazy programu, edycję danych dla już wprowadzonego gospodarstwa, a także usuwanie gospodarstwa z bazy programu.

Do panelu „**Data oprysków**” należy wprowadzić dane dotyczące daty wykonanych zabiegów, rodzaju zastosowanego środka i jego dawki. Dane te umożliwiają rejestrację wykonanych zabiegów na danym polu w wybranym gospodarstwie (rys. 1).

Przycisk „**Wczytaj dane METEO**” umożliwia pobranie do programu aktualnych danych ze stacji meteorologicznej.

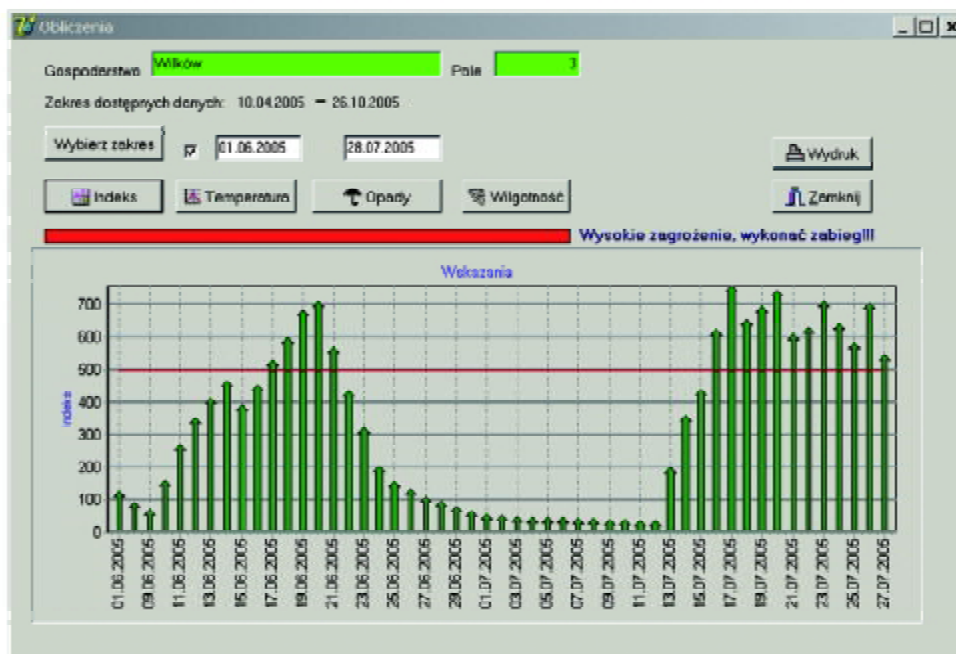
Po wybraniu pola w danym gospodarstwie przyciskiem „**Zalecenia dla wybranego pola**” uruchamiamy proces obliczania wskaźników niezbędnych do prognozowania wystąpienia choroby na danym polu. Po obliczeniu wskaźników program wyświetla ekran wynikowy (rys. 2). W przypadku wystąpienia ryzyka zdefiniowanego w algorytmie programu pokazuje się komunikat „**Wysokie zagrożenie, wykonać zabieg !!!**”.

Program umożliwia również zarządzanie zabiegami na danym polu przez dodanie do bazy danych terminów wykonanych zabiegów (rys. 1). Dodanie do bazy danych terminu wykonanego zabiegu wyznacza datę, od której program ponownie analizuje



Rys. 1. Okno programu ProgChmiel do wprowadzenia danych dotyczących gospodarstwa i chronionych pól oraz wczytania danych meteorologicznych

Źródło: Opracowanie własne.



Rys. 2. Okno programu ProgChmiel z wynikami obliczeń dla konkretnego pola
Przykład: dnia 27.07.2005 program sygnalizował „Wysokie zagrożenie, wykonać zabieg!!! 11 dni”
Źródło: Opracowanie własne.

dane meteorologiczne. Po każdorazowym dodaniu daty wykonanego zabiegu należy powtórnie wykonać prognozę zagrożenia.

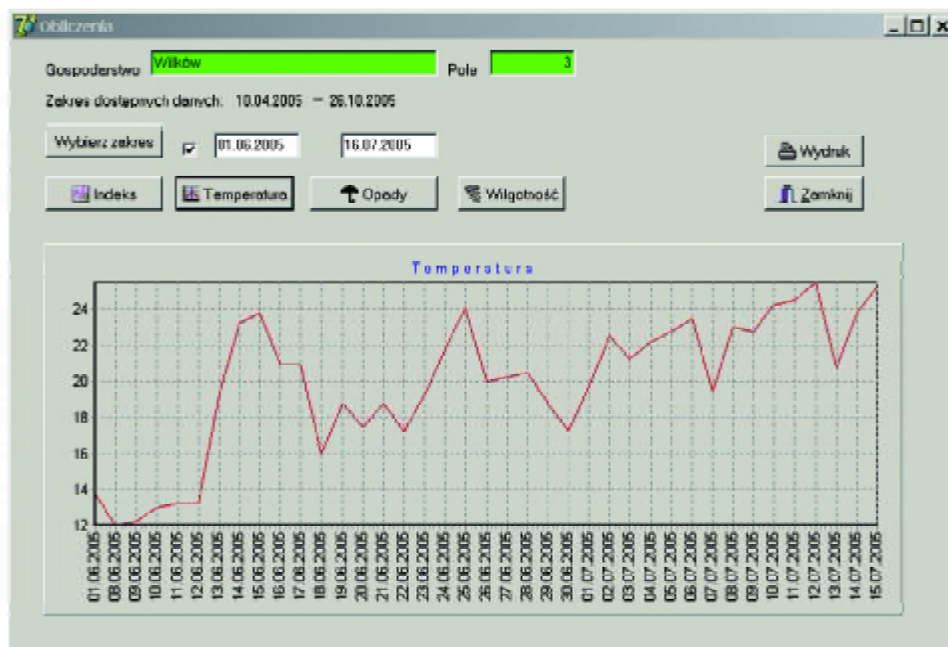
Program umożliwia przeglądanie i analizę z ostatnich 20 dni wartości obliczanych indeksów zagrożenia („Indeks”) oraz przebiegu mierzonych przez stację meteorologiczną parametrów („Temperatura”, „Opady” i „Wilgotność”); (rys. 3).

Wymagania sprzętowe i instalacja programu

Do uruchomienia systemu ProgChmiel konieczna jest automatyczna stacja meteorologiczna połączona linią przesyłu informacji z komputerem obsługującym program. Może to być samodzielny zestaw (stacja + komputer) zlokalizowany w bezpośrednim sąsiedztwie plantacji lub też stacja przy plantacji chmielu oraz komputer zlokalizowany dalej, ale mający dostęp do danych meteorologicznych, np. dostarczonych na odległość drogą internetową.

Stacja meteorologiczna powinna być zlokalizowana w bezpośrednim sąsiedztwie plantacji chmielu z czujnikami umieszczonymi w łanie roślin, do pomiaru: temperatury na wysokości 2 m, wilgotności względnej powietrza i opadów atmosferycznych.

Program instalacyjny ProgChmiel znajduje się na dysku CD i może być zainstalowany w komputerze z systemem operacyjnym Windows 98, NT, 2000, XP. Wymaga-



Rys. 3. Okno programu ProgChmiel do prezentacji danych meteorologicznych; przykład analizy średniej dobowej temperatury

Źródło: Opracowanie własne.

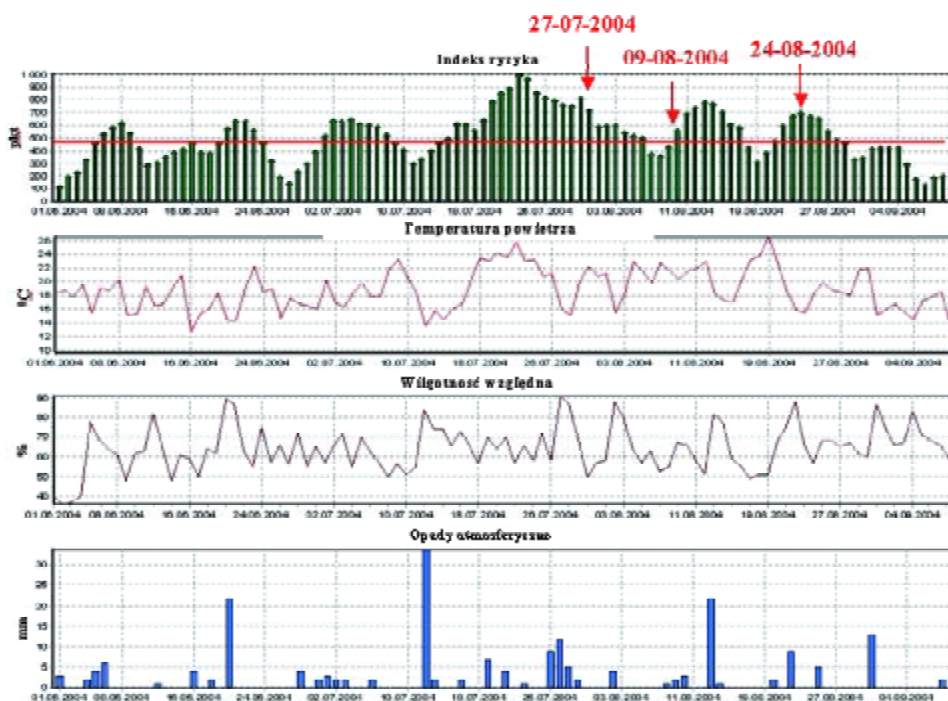
na ilość pamięci operacyjnej wynosi 32 MB, a ilość wolnej przestrzeni na dysku min. 10 MB.

Wyniki walidacji systemu

W sezonach 2004–2006 analizowano wskazania programu komputerowego na tle szczegółowych obserwacji porażenia liści, kwiatów i szyszek zarodnikami konoidalnymi mączniaka rzekomego chmielu. W okresie badań stwierdzono zgodność wskazań programu komputerowego z biologią rozwoju mączniaka rzekomego. W okresie tym dokonywano również korekt kodu i interfejsu komputerowego programu ProgChmiel.

Najbardziej złożonym co do oceny potencjalnego ryzyka wystąpienia choroby w latach 2004–2006 był rok 2004 (rys. 4). W czerwcu i lipcu 2004 roku indeks pogody kilkakrotnie przekraczał wartość progową 500 pkt. Spowodowane to było występowaniem kilku dni z opadem atmosferycznym przy relatywnie niskiej średniej temperaturze powietrza. Zgodnie ze wskazaniem programu w sezonie 2004 wykonano trzy zabiegi ochronne. Potrzebę pierwszego zabiegu w 2004 roku prognozowano na 27 lipca, drugiego na 9 sierpnia, a trzeciego na 24 sierpnia (tab. 1).

W latach 2005 i 2006 obserwowano podobny przebieg pogody związany z wystąpieniem w czerwcu i lipcu suszy, więc wykonano zaledwie po dwa zabiegi ochronne, zgodnie ze wskazaniem programu ProgChmiel (tab. 1); (4).



Rys. 4. Wygenerowane przez program ProgChmiel obrazy wykresów. Przykład roku 2004; linia wyznacza próg 500 pkt., strzałka wskazuje zalecaną datę wykonania zabiegu przeciwko mączniakowi rzekomemu

Źródło: Kozyra J. i in., 2007 (4).

Tabela 1

Liczba zabiegów ochronnych zalecanych przez program ProgChmiel w latach 2004–2006 w porównaniu z liczbą zabiegów wykonywanych tradycyjnie

Sezon wegetacyjny	Liczba zabiegów wg ochrony standardowej	Liczba zabiegów wg programu ProgChmiel	Daty zabiegów wg ProgChmiel
2004	6	3	26-VII, 09-VIII, 24-VIII
2005	6	2	26-VII, 09-VIII
2006	6	2	15-VIII, 25-VIII

Źródło: Opracowanie własne.

Ochrona chmielu według założeń systemu ProgChmiel była tak samo skuteczna, jak przy zastosowaniu ochrony standardowej, kiedy rutynowo wykonywano sześć zabiegów ochronnych. Podczas trwania wdrożenia w latach 2004–2006 nie zaobserwowano różnic w liczbie plam z mączniakiem (na liściach, kwiatach, szyszkach) pomiędzy plantacjami chronionymi standardowo a plantacją chronioną według wskazań programu ProgChmiel.

Uzyskane wyniki potwierdzają możliwość precyzyjnego wyznaczenia terminu zabiegu na podstawie analizy danych meteorologicznych, co znacznie ogranicza liczbę wykonywanych zabiegów przeciwko mączniakowi rzekomemu na plantacjach chmielu. Podobny system sygnalizacji (metodologia i sposób graficzny prezentacji wykresów) stosowany jest obecnie na plantacjach niemieckich (8).

Podsumowanie

Opracowany krajowy system sygnalizacji zagrożenia plantacji przez mączniaka rzekomego ProgChmiel oparty na komputerowej analizie danych meteorologicznych jest nowoczesnym narzędziem wspierającym plantatorów chmielu w ocenie ryzyka wystąpienia choroby na danej plantacji.

Zakłada się, że upowszechnienie komputerowej sygnalizacji pojawiania się zagrożenia chmielników przez mączniaka wpłynie na racjonalne gospodarowanie fungycydami na około 500 ha chmielników w gminie Wilków, zlokalizowanych w promieniu około 7 km od stacji meteorologicznej. Zmniejszy się w ten sposób średnie zużycie fungicydów do ilości zależnej od przebiegu warunków pogodowych, średnio o około 30%. Zakładając, że tradycyjnie wykonuje się 6 rutynowych oprysków używając średnio (w zależności od fazy rozwojowej chmielu) około $8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ fungicydu, to roczny efekt ekonomiczny zastosowania systemu sygnalizacji w rejonie Wilkowa można szacować na około 250 tys. zł. Wynika to obliczeń:

$6 \text{ oprysków} \times \text{dawka } 8 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1} \times \text{śr. } 35 \text{ zł} \cdot \text{kg}^{-1} \times 500 \text{ ha} \times 0,3 \text{ (oszczędność)} = 252000 \text{ zł}$.

Stosowanie zabiegów ochrony według sygnalizacji komputerowej poprawi opłacalność produkcji i dochodowość indywidualnych gospodarstw chmielarskich. Równocześnie osiągnie się efekt środowiskowy w postaci mniejszego obciążenia pozostałościami fungicydów. W przypadku wykorzystania pilotowej stacji meteorologicznej i programu komputerowego ProgChmiel w rejonie Wilkowa ograniczy się skażenie gleby, wód gruntowych i powierzchniowych w zlewni Wisły. Jako proces ciągły należy traktować podnoszenie świadomości ekologicznej plantatorów.

Komputerowa sygnalizacja wyznaczenia okresów krytycznych w zwalczaniu mączniaka rzekomego może być w przyszłości wdrażana również w innych rejonach kraju, charakteryzujących się koncentracją uprawy chmielu (ponad 100 ha), np. w sześciu powiatach woj. lubelskiego (Lublin, Łęczna, Puławy, Świdnik, Krasnystaw, Zamość) oraz w powiatach Nowy Tomyśl (woj. wielkopolskie) i Nysa (woj. opolskie).

Literatura

1. Dwornikiewicz J.: Regionalizacja produkcji chmielu w Polsce. Pam. Puł., 2002, **130/I**: 125-135.
2. Dwornikiewicz J., Jastrzębski A.: Wspomaganie decyzji w technologii uprawy chmielu na poziomie pola i rejonu na przykładzie lubelskiego Powiśla. Pam. Puł., 2001, **124**: 49-57.
3. Fric V. i in.: Pestovani chmele v soudobych ekonomickych podminkach. Chmelarstvi, 1996, **2**: 19-20 oraz **3**: 40-42.
4. Kozyra J., Dwornikiewicz J., Nieróbca A., Pietruch Cz.: Agrometeorologiczny system ochrony plantacji chmielu przed mączniakiem rzekomym (*Pseudoperonospora humuli* Miy. et Tak.). Prz. Nauk. Inż. Kształt. Środ., 2007, **3(37)**: 48-54.
5. Kremheller H. Th.: Untersuchungen zur Epidemiologie und Prognose des Falschen Mehltaus an Hopfen (*Pseudoperonospora humuli* Miy. et Tak.) Wilson. Diss. Techn. Univ. Munchen, 1979.
6. Kremheller H. Th., Diercke R.: Epidemiologie und Prognose des Falschen Mehltaus (*Pseudoperonospora humuli*) an Hopfen. Zeit. Pflanzenkran. Pflanzen., 1983, **6(90)**: 599-616.
7. Solarzka E.: Prognozowanie i sygnalizacja występowania mączniaka rzekomego chmielu. Instr. upow., IUNG Puławy, 1989.
8. TTL Dornburg. Winterschulung 2006 in Höfgen. www.ttl.de/ainfo/pdf/wsch0107.pdf 20.11.2008

Adres do korespondencji:

dr Jerzy Dwornikiewicz
Zakład Hodowli i Biotechnologii Roślin
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 081 886 34 21 w. 551
e-mail: dwornik@iung.pulawy.pl

