

Jerzy Kozyra, Andrzej Doroszewski, Anna Nieróbca

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

ZMIANY KLIMATYCZNE I ICH PRZEWIDYWANY WPŁYW
NA ROLNICTWO W POLSCE*

Wstęp

Pierwsze prace dotyczące potencjalnych skutków zmian klimatycznych w polskim rolnictwie oraz wstępne założenia metod adaptacji opracowane zostały już w 1993 r. (3) i uszczegółowione w 1997 r. (11). Jednak duża niepewność dostępnych w tych latach scenariuszy zmian klimatu spowodowała, że nie przystąpiono do realizacji opracowanych zaleceń. Problem adaptacji do obserwowanych zmian klimatu staje się obecnie jednym z najważniejszych wyzwań dla rolnictwa. Inicjatywy polegające na ocenie zagrożeń powodowanych zmianami klimatycznymi oraz budowaniu polityki klimatycznej podejmowane są obecnie w poszczególnych krajach, jak również w ramach Unii Europejskiej (5, 14). Jednocześnie działania światowe związane z przeciwdziałaniem globalnemu ociepleniu wprowadzają instrumenty polityczne obligujące do ograniczania zużycia paliw kopalnych. Cel ten ma być osiągnięty przez promowanie energooszczędnych metod produkcji oraz większe wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. Powyższe uwarunkowania sprawiają, że współczesne rolnictwo w celu utrzymania dotychczasowego poziomu produkcji jest „zmuszone” do adaptacji nie tylko do „nowych” warunków klimatycznych, ale do wymogów tworzonej polityki klimatycznej. Ograniczanie zużycia energii w rolnictwie ma polegać między innymi na upraszczaniu orki, racjonalnym zużyciu nawozów mineralnych i innych środków produkcji (16). Rolnictwo oprócz produkcji żywności ma również wytwarzać surowce wykorzystywane na cele energetyczne (9).

Celem pracy był przegląd dotychczasowych badań nad oceną wpływu zmian klimatycznych na rolnictwo w Polsce na tle głównych wniosków dotyczących rolnictwa w Czwartym Raplocie Międzyrządowego Zespołu do Spraw Zmian Klimatu (Intergovernmental Panel on Climate Change – IPCC) oraz wskazanie potencjalnych metod adaptacji rolnictwa do obserwowanych i prognozowanych zmian klimatycznych.

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

Rolnictwo w Czwartym Raporcie IPCC

Opublikowany w 2007 roku Czwarty Raport IPCC (1) dostarczył kolejnych dowodów na zachodzące w ostatnich latach zmiany klimatu. Raport wskazuje na wzrost temperatury powietrza na powierzchni Ziemi, podnoszenie się poziomu wody w oceanach, zanikanie lodowców górskich oraz zmniejszanie się zasięgu lodu w obszarach arktycznych i antarktycznych (2, 22, 33). Autorzy raportu podkreślają, że obserwowane globalne ocieplenie zwiększa ryzyko wystąpienia i intensywność zjawisk niekorzystnych dla rolnictwa, takich jak: susza, fale upałów, burze lub gwałtowne spadki temperatury i śnieżyce (1).

Ocena wpływu zmian klimatycznych na rolnictwo jest jednym z głównych tematów Czwartego Raportu IPCC. W przedstawionym podsumowaniu rozdziału dotyczącego rolnictwa w Europie zamieszczono syntetyczną ocenę wpływu zmian klimatycznych na rolnictwo (tab. 1). Obszar Polski w tym zestawieniu został zakwalifikowany do obszaru Europy Centralnej. W obszarze tym stwierdzono pozytywne, jak i negatywne skutki zmian klimatycznych w rolnictwie. W wyniku wzrostu temperatury w Europie Centralnej poprawie ulegnie potencjalna przydatność obszarów do celów rolniczych. Spowodowane to będzie wprowadzeniem do uprawy roślin ciepłolubnych oraz stosowaniem w większym zakresie poplonów. Poprawa warunków uprawy roślin ciepłolubnych nastąpi wraz ze wzrostem zasobów ciepłych. Natomiast zwiększenie produktywności roślin energetycznych oraz pastwisk spowodowane będzie

Tabela 1

Syntetyczna ocena wpływu zmian klimatycznych na rolnictwo w Europie wykonana w Czwartym Raporcie Międzyrządowego Zespołu do Spraw Zmian Klimatu

Wyszczególnienie	Obszar Europy				
	północny	atlantyczny	centralny (Polska)	śródziemnomorski	wschodni
Przydatność obszarów dla rolnictwa	↑↑↑	↑↑	↑	↓↓	↓
Rośliny ciepłolubne (kukurydza, słonecznik)	↑↑↑	↑↑↑	↑	↓↓↓	↓↓
Rośliny ozime (pszenica ozima)	↑↑↑	↑↑	↑/↓	↓↓	↑
Rośliny energetyczne	↑↑↑	↑↑	↑	↓↓	↓
Chów zwierząt	↑/↓	↓	↓↓	↓↓	↓↓
Produktywność pastwisk	↑↑↑	↑↑↑	↑	↓↓↓	↓↓
Produktywność łąk	↑↑↑	↑↑↑	↑/↓	↓↓↓	↓↓
Potrzeby nawadniania	-	↑/↓	↓↓	↓↓↓	↓
Dostępność wody	↑↑	↑↑	↓	↓↓↓	↓↓

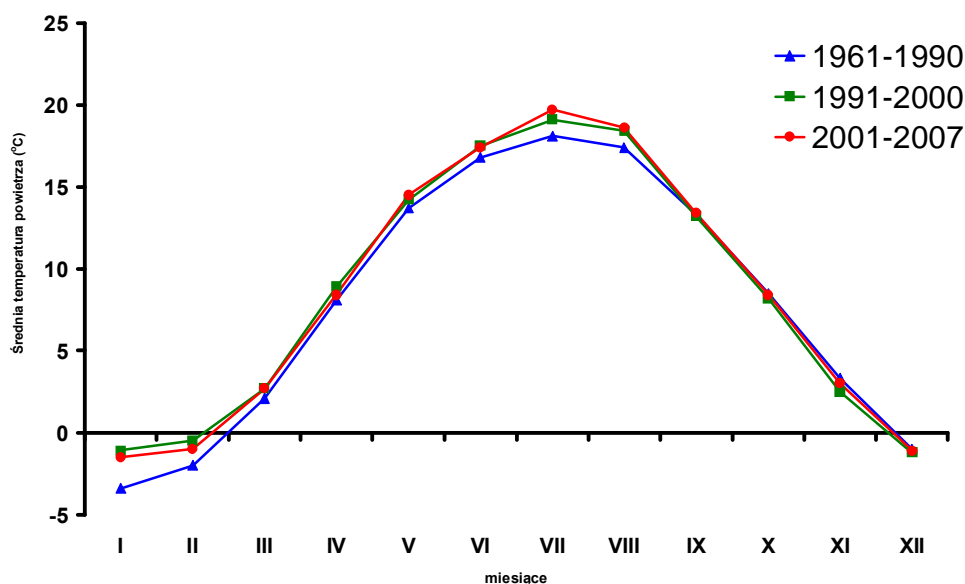
Objaśnienia: Symbole występujące w tabeli oznaczają kierunek i siłę wpływu postępujących zmian klimatycznych. Strzałka skierowana w górę oznacza pozytywny efekt zmian klimatycznych, natomiast strzałka skierowana w dół efekt negatywny. Liczba strzałek symbolizuje siłę obserwowanych zmian (3 strzałki oznaczają bardzo znaczące zmiany).

Źródło: Alcamo i in., 2007 (1) i opracowanie własne.

wydłużeniem się okresu wegetacyjnego i wzrostem sumy opadu atmosferycznego w zimie. Negatywne skutki zmian klimatycznych nastąpią według zaprezentowanej oceny dla chowu zwierząt (większy stres cieplny dla zwierząt). Zwiększą się potrzeby nawadniania w wyniku częściej występujących susz w miesiącach letnich, a równocześnie zmniejszy się dostępność wody w wyniku zwiększonego zapotrzebowania innych działów gospodarki. W przedstawionej ocenie znacznego pogorszenia lub poprawy warunków klimatycznych nie oczekuje się dla roślin ozimych i łąk. Jest to wynikiem częściowej poprawy warunków zimowania, a pogorszenia się warunków wegetacji z powodu częstszego występowania susz i innych zjawisk ekstremalnych (1).

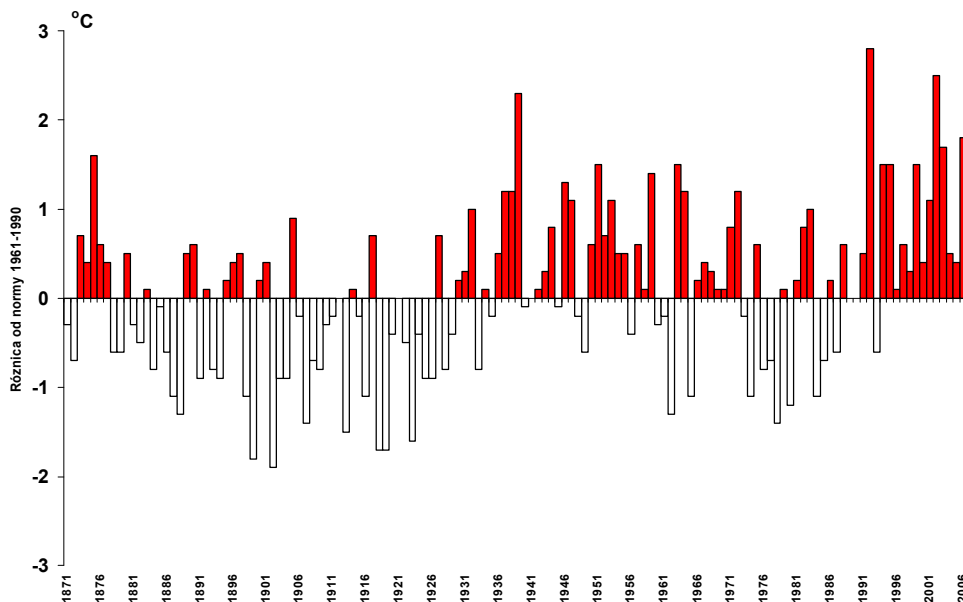
Ocena tendencji klimatycznych w Polsce

Na podstawie notowań stacji meteorologicznych z obszaru Polski szacuje się, że wzrost średniej temperatury powietrza w XX wieku wyniósł około $0,9^{\circ}\text{C}$ (13, 21, 35). Trend ten potwierdzają notowania temperatury powietrza w ostatnich latach; np. w Puławach od stycznia do sierpnia w dziesięcioleciu 1991–2000 średnia miesięczna temperatura powietrza była wyższa o $1,1^{\circ}\text{C}$ niż w latach 1961–1990 (rys. 1). Mniejsze zmiany nastąpiły w okresie jesieni, w miesiącach od września do grudnia średnia temperatura powietrza różniła się tylko nieznacznie od temperatury w latach 1961–1990 (18). Od 1994 roku temperatura lata w każdym kolejnym roku była wyższa od średniej wieloletniej z lat 1961–1990 (rys. 2).



Rys. 1. Średnia temperatura powietrza w Puławach w latach 1961–1990 określanych jako „okres normalny” oraz 1991–2000 i 2001–2007

Źródło: Kozyra J., Górski T., 2008 (18).

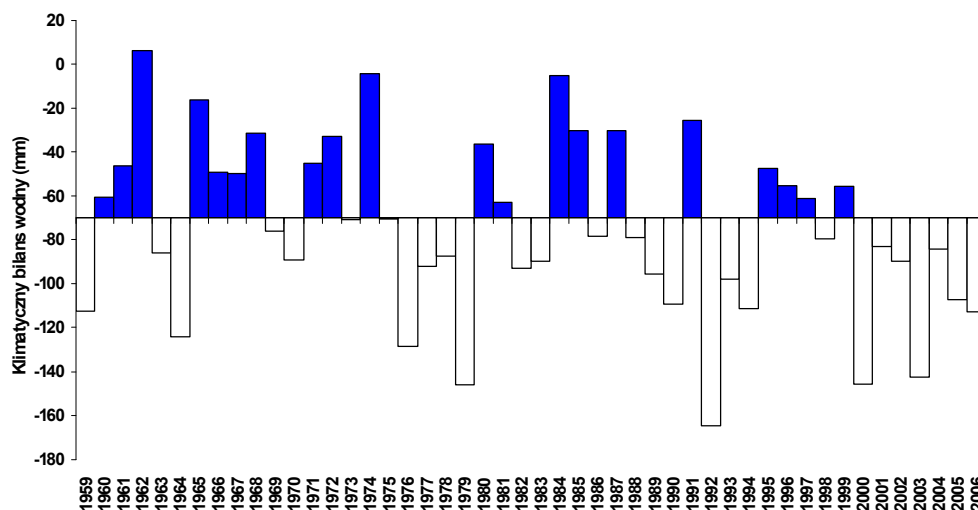


Rys. 2. Odchylenie od normy 1961–1990 średniej temperatury powietrza w miesiącach od lipca do sierpnia w Puławach w latach 1871–2007

Źródło: opracowanie własne.

Stwierdzono również, że w ostatnich latach znacznie wzrosło usłonecznienie w maju i sierpniu (12). Nie stwierdzono natomiast wyraźnych tendencji w sumie opadu atmosferycznego, który pozostaje na podobnym poziomie, jak w latach 1961–1990 (12, 15, 25). Wzrost temperatury oraz liczby godzin ze słońcem, nawet bez istotnych zmian w opadach atmosferycznych, wyraźnie wpłynęły na obniżenie klimatycznego bilansu wodnego (różnica sumy opadu atmosferycznego i ewapotranspiracji potencjalnej zależnej głównie od temperatury i usłonecznienia), który w ostatnich latach wiosną i wczesnym latem wykazuje wyraźną tendencję spadkową (rys. 3). Po 2000 r. wskaźnik klimatycznego bilansu wodnego dla miesięcy od maja do czerwca w Polsce przyjmuje wartości niższe niż średnia w latach 1961–1990. Skutkuje to częstszym niż wcześniej wystąpieniem niedoborów wody w glebie, a w konsekwencji występowaniem susz powodujących znaczne straty w plonach (10).

Prognozy klimatyczne opracowane dla Europy na lata 2071–2100 wskazują na dalszy wzrost średniej temperatury powietrza. W stosunku do lat 1961–1990 na większości obszaru Polski średnia temperatura roczna ma wzrosnąć o ok. 3,5°C. W południowej i wschodniej części Polski wzrost ten może osiągnąć 4°C. W przypadku opadu atmosferycznego scenariusze dla obszaru Polski nie są jednoznaczne. Według jednego z nich średnia roczna suma opadu atmosferycznego może wzrosnąć na obszarze Polski o 10% w stosunku do sumy z lat 1961–1990, a w górach pozostać na obecnym poziomie. Inne prognozy wskazują na zmniejszenie sumy opadu atmosferycznego w okresie od lipca do sierpnia o około 40%, przy jednoczesnym wzroście częstości



Rys. 3. Klimatyczny Bilans Wodny (KBW) od maja do czerwca w Polsce w latach 1959–2006, obliczony na podstawie danych z 30 stacji meteorologicznych położonych poniżej 500 m n.p.m. w Polsce

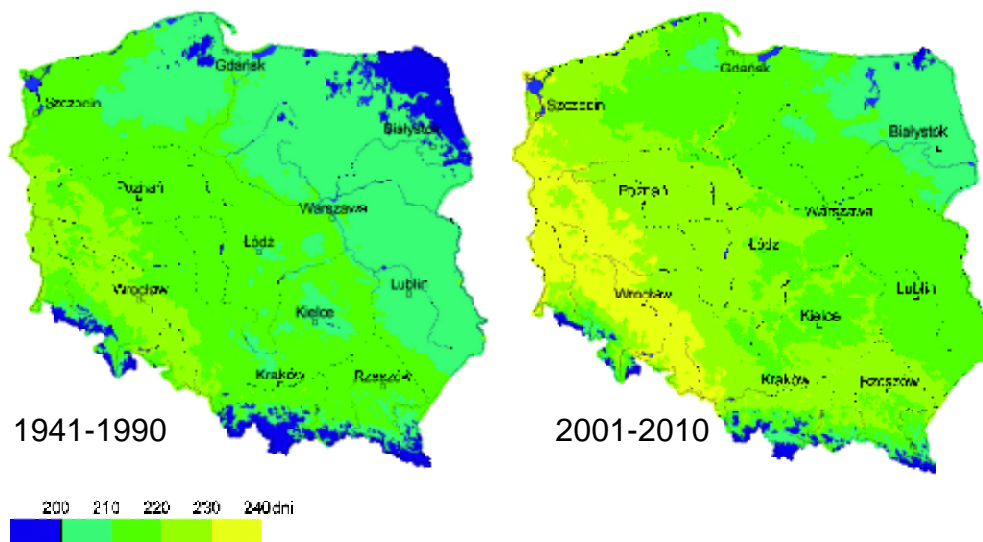
Źródło: Dane IMGW i opracowanie własne.

opadów ekstremalnych (<http://prudence.dmi.dk>) (37). Rozbieżności scenariuszy dotyczące tendencji związanych z opadem atmosferycznym są głównym źródłem niepewności w prognozowaniu warunków dla rolnictwa (18).

Wpływ zmian klimatu na warunki wegetacji

Obserwowany w XX wieku wzrost temperatury powietrza spowodował wydłużenie okresu wegetacyjnego (12, 13, 25, 35). Ekstrapolując na podstawie trendu normalną temperaturę na lata 2001–2010 otrzymujemy termiczny okres wegetacyjny ($t_{sr} > 5^{\circ}\text{C}$) wydłużony o około 10 dni (rys. 4). Temperatura powietrza w warunkach klimatycznych prognozowanych na lata 2001–2010 wcześniej przekracza wymagane dla uprawy roślin progi termiczne, np. odpowiednią temperaturę do wysiewu kukurydzy (ok. $t_{sr} > 10^{\circ}\text{C}$). Prosty model obrazujący wpływ ocieplenia na rozwój roślin wskazuje, że wzrost temperatury o 1°C na 100 lat przyspiesza dojrzewanie podstawowych zbóż (pszenicy, żyta, jęczmienia) w Polsce o jeden tydzień, natomiast kukurydzy o dwa tygodnie (13). Wydłużenie okresu wegetacyjnego wpłynie nie tylko na zmianę terminów siewu roślin, ale również na zmiany pozostałych terminów prac agrotechnicznych (17). Dłuższy okres wegetacyjny stwarza możliwość uprawy w większym zakresie międzyplonów i poplonów ścierniskowych.

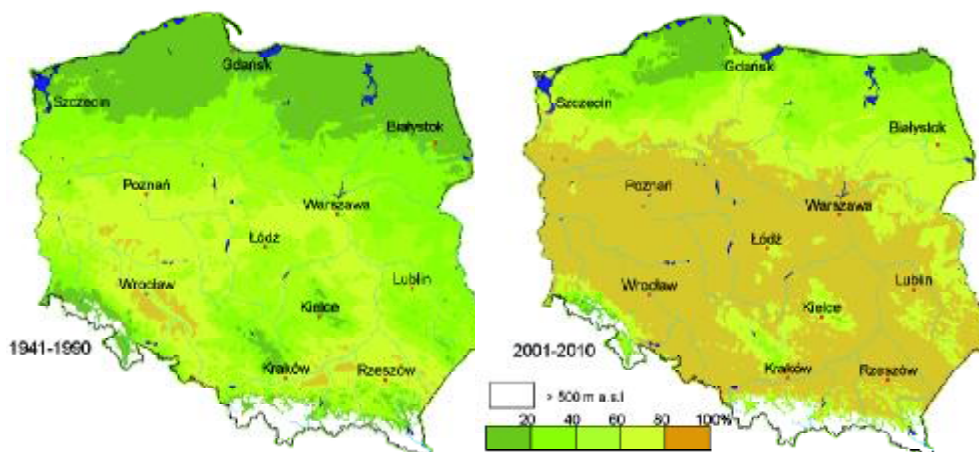
Przyspieszenie prędkości rozwoju ma szczególne znaczenie w przypadku roślin ciepłolubnych (kukurydza, soja, proso, słonecznik); (6). Uprawa tych roślin była ograniczona tylko do cieplejszych regionów w Polsce – prowadzona była na Dolnym Śląsku i w Kotlinie Sandomierskiej. Prawdopodobieństwo dojrzewania średnio wczesnej



Rys. 4. Długość termicznego okresu wegetacyjnego ($t_{\text{śr}} > 5^{\circ}\text{C}$) w Polsce w latach 1941–1990 i prognozowana na lata 2001–2010

Źródło: Kozyra J., Górski T., 2004 (17).

kukurydzy w tych rejonach w latach 1941–1990 przekraczało 80%, natomiast na północ od linii Szczecin - Białystok było mniejsze niż 20%. Z przeprowadzonej analizy wynika, że w latach 2001–2010 prawdopodobieństwo dojrzenia kukurydzy w całej Polsce wyraźnie przekroczy 80% (rys. 5). Wskazuje to, że w wyniku wzrostu temperatury zmniejszyły się ograniczenia w uprawie także pozostałych roślin ciepłolubnych,



Rys. 5. Prawdopodobieństwo dojrzenia kukurydzy FAO 270 w Polsce dla warunków termicznych w latach 1941–1990 i wg prognozy warunków termicznych na lata 2001–2010

Źródło: Kozyra J., Górski T., 2004 (17).

takich jak: soja, proso, słonecznik, winorośl i sorgo. Jest to potwierdzenie prognozy przesunięcia ku północy strefy, w której możliwa będzie uprawa roślin ciepłolubnych (6, 12, 20). Wzrost temperatury wpłynie nie tylko na przyspieszenie tempa rozwoju roślin uprawnych, ale również chwastów i szkodników, których uciążliwość dla rolnictwa znacznie wzrośnie. W związku z obserwowanymi zmianami klimatycznymi trzeba będzie rozwiązać problemy wynikające ze wzrostu temperatury zarówno w zależnościach agrotechnicznych, jak i w ochronie roślin.

Wpływ zmian klimatycznych na plony

Scenariusze zmian klimatu przewidują, że im większy wzrost temperatury powietrza tym większa liczba anomalii pogodowych, które skutkują stratami w plonach (7, 26). Sygnałami globalnego ocieplenia w rolnictwie są obserwowane po 2000 roku znaczne straty w produkcji rolnej w Polsce (10). Zjawiskiem klimatycznym mającym coraz większe znaczenie dla upraw jest susza (tab. 2). W latach 1957–1980 znaczne straty plonów w produkcji krajowej z powodu suszy stwierdzono w 2 latach, natomiast w latach 1990–2007 spadki plonów z powodu suszy odnotowano w 5 latach. Równocześnie w okresie 1990–2007 w 3 przypadkach stwierdzono straty plonów z powodu warunków zimowania (10), czyli nie zmniejsza się zagrożenie upraw z powodu niekorzystnych warunków podczas zimy. Wyniki prac nad zmiennością plonów w Polsce wskazują, że wzrosła zmienność plonów, co można wiązać z obserwowanym ociepleniem klimatu (13).

W opracowaniach dotyczących wpływu zmian klimatycznych na plony w Polsce (3, 11) wykorzystano dostępne wówczas dwa scenariusze klimatyczne, zakładające podwojenie się ilości dwutlenku węgla w atmosferze. Scenariusz GFDL zakładał znaczny spadek sum opadów atmosferycznych w stosunku do wielolecia 1961–1990, natomiast scenariusz GISS tylko nieznaczne zmiany sum opadu atmosferycznego w stosunku do tego wielolecia. Oba scenariusze przewidywały wzrost średniej rocznej temperatury – scenariusz GISS o 3,5°C, a scenariusz GFDL o 5°C (11). Przeprowadzone analizy wpływu zmian klimatycznych na plony wskazały, że w przypadku zrealizowania się scenariusza GFDL plony pszenicy i żyta w Polsce obniżą się o około 10% w stosunku do uzyskiwanych w latach 1970–1995. Natomiast według scenariusza GISS średnie plony tych roślin niewiele się zmieniają w stosunku do ich obecnego poziomu. Prognozy zarówno dla scenariusza GFDL, jak i GISS wskazują na wzrost plonów buraka cukrowego o kilka procent, natomiast w przypadku roślin ciepłolubnych, takich jak kukurydza, soja i słonecznik – o kilkadziesiąt procent. Duże obniżki przewiduje się w plonach ziemniaka – w przypadku scenariusza GISS o około 30%, a przy realizacji scenariusza GFDL o około 60% (rys. 6). Z analizy prognoz klimatycznych publikowanych w ostatnich latach wynika, że bardzo realne jest spełnienie prognozy zbliżonej do szacunków z wykorzystaniem scenariusza GISS.

Prognozy plonów na lata 2071–2100 wykonane dla Europy w projekcie PESETA różnią się również w zależności od wykorzystywanego scenariusza klimatycznego.

Tabela 2

Wykaz lat ze stratami w krajowej produkcji roślinnej z powodu suszy, nadmiernych opadów i warunków zimowania

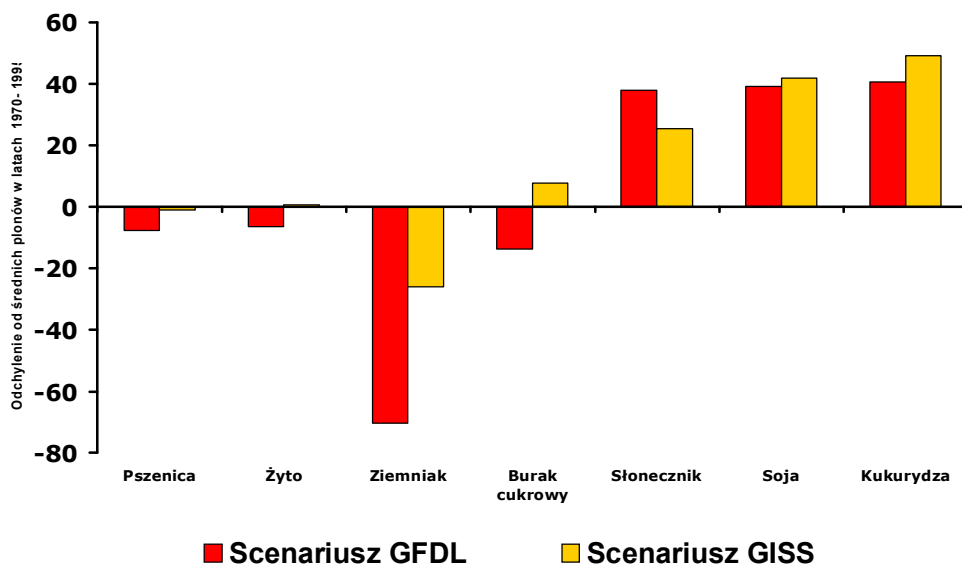
Rok	Przebieg zimy	Żywy	Ścisłość ściły	Śnieg	Ścisłość ściły	Śnieg	Ścisłość ściły	Rok	Przebieg zimy	Żywy	Ścisłość ściły	Śnieg	Ścisłość ściły	Śnieg	Ścisłość ściły
1967								1992							
1968								1993							
1969								1994							
1970								1995							
1971								1996							
1972								1997							
1973								1998							
1974								1999							
1975								2000							
1976								2001							
1977								2002							
1978								2003							
1979								2004							
1980								2005							
1981								2006							

Objaśnienia:

Susza
Nadmierne opady
Niska temperatura lub długo zalegająca pokrywa śnieżna

Źródło: Górski T. i in., 2008 (10) i opracowanie własne.

Prognoza dla scenariusza HadCM3/HRHAM szacuje, że średnie plony roślin na obszarze Polski ulegną tylko nieznacznym zmianom. Według tego scenariusza przewiduje się, że w centralnej części Polski średnie plony obniżą się o około 5% w stosunku do osiągniętych w latach 1961–1990, a w północnej wzrosną o 5%. Istotny wzrost plonów wynoszący 30% ma nastąpić na obszarach górskich. Zupełnie inny obraz przestrzenny przedstawia analiza z wykorzystaniem scenariusza ECHAM4/RCA3. Zgodnie z tym scenariuszem prognozuje się znaczne obniżki plonów na większości obszaru Polski. Na północy Polski zmniejszenie plonów względem aktualnych ma dochodzić do 5%, w centralnej części do 10%, a w południowej i południowo-zachodniej części Polski do 15%. W obszarach górskich, podobnie jak w poprzednim scenariuszu prognozuje się wzrost plonów do 30% (<http://peseta.jrc.es/docs/Agriculture.html>); (18).



Rys. 6. Prognozy plonów pszenicy, żyta, ziemniaka, buraka cukrowego, słonecznika, soi i kukurydzy w stosunku do uzyskiwanych w latach 1970–1995 dla dwóch scenariuszy klimatycznych GFDL i GISS zakładających podwojenie się ilości dwutlenku węgla w atmosferze

Źródło: Górski T. i in. 1997, za Kozyra J., Górski T., 2008 (18).

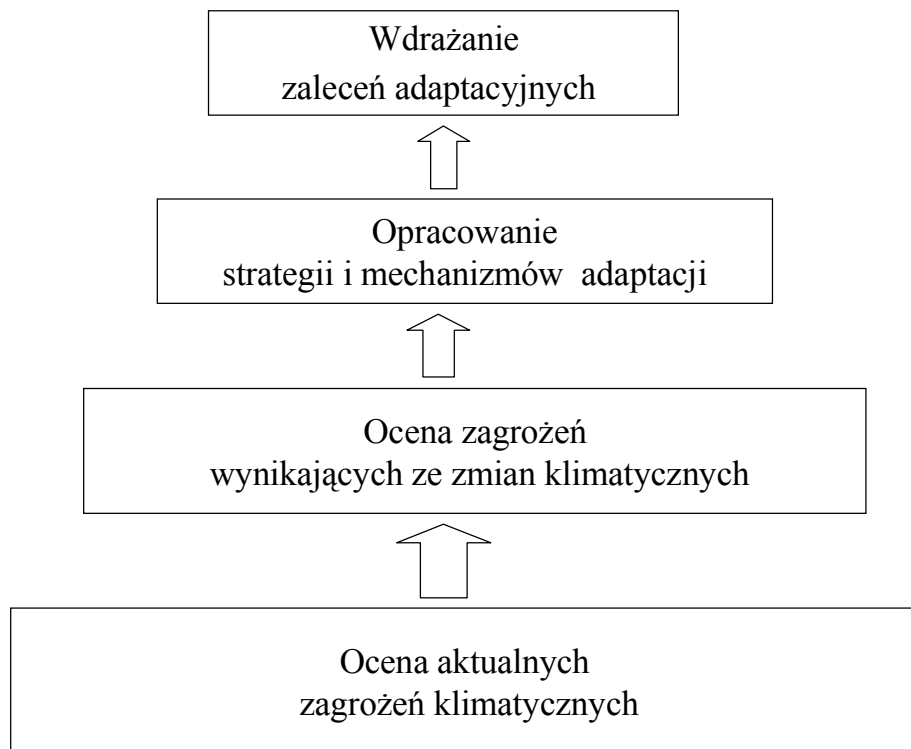
Potencjalne działania adaptacyjne

Adaptacja do obserwowanych zmian klimatycznych polega na dostosowywaniu produkcji do już obserwowanych zmian (strategie krótkookresowe) oraz na wdrażaniu strategii długookresowych, obejmujących działania w dłuższej perspektywie czasowej (10-20 lat). Wskazuje się, że rolnicy jako uważni obserwatorzy pogody bardzo sprawnie reagują na zmiany w klimacie i dostosowują na bieżąco kalendarz prac w gospodarstwie do przebiegu pogody (30).

Zgodnie z ogólnymi założeniami przygotowania mechanizmów adaptacji do zmian klimatycznych prace powinny być rozpoczęte od oceny obecnych zagrożeń klimatycznych. Drugim krokiem jest dopiero ocena zagrożeń wynikających z opracowanych scenariuszy zmian klimatu. Przeprowadzone analizy uprawniają do stawiania zaleceń odnośnie adaptacji (rys. 7); (4).

Wnioski z przeprowadzonych dotychczas prac nad agrotechnicznymi metodami adaptacji polskiego rolnictwa do „nowych” warunków klimatycznych wskazują, że konieczne będą następujące zmiany:

- dostosowanie terminów zabiegów polowych do warunków wegetacji roślin (daty siewu, aplikacji nawozów i środków ochrony roślin),
- dostosowanie doboru roślin w płodozmianie do wprowadzanych nowych odmian i gatunków roślin uprawnych,



Rys. 7. Etapy procesu adaptacji

Źródło: Spanger-Siegfried i Dougherty, 2004, za (4).

- wymiana odmian roślin uprawnych na lepiej przystosowane do zmienionego klimatu,
- zwiększenie nawadniania roślin,
- optymalizacja wielkości i sposobu stosowania nawozów mineralnych (34).

Strategie długoterminowe dostosowania rolnictwa do przyszłych warunków klimatycznych obejmują dostosowanie struktury upraw, systemów produkcji, hodowli roślin oraz zmian w sposobie wykorzystania rolniczej przestrzeni produkcyjnej. Zmiany zasobów ciepłych oraz większa zmienność warunków meteorologicznych spowodują potrzebę wprowadzania do produkcji nowych roślin uprawnych lub zwiększenie arealu obecnie uprawianych roślin. Przykładem roślin, które w wyniku wzrostu temperatury będą miały korzystniejsze niż dotychczas warunki klimatyczne w Polsce są kukurydza produkowana na ziarno, sorgo, słonecznik i winorośl. Są też rośliny, dla których warunki klimatyczne znacznie się pogorszą, np. ziemniak i zboża jare. Na strukturę zasiewów niewątpliwie wpłynie wprowadzenie do uprawy roślin energetycznych, które mają zapewnić zasoby energii odnawialnej. Należy podkreślić, że podjęcie decyzji o promowaniu zwiększenia arealu poszczególnych roślin powinno być poprzedzone

oceną kosztów podjęcia uprawy przy szczególnym uwzględnieniu ochrony środowiska, nakładów energetycznych i potrzeb rynkowych. Przykładowo, wprowadzenie do uprawy wierzby na cele energetyczne w Wielkopolsce może doprowadzić do pogorszenia stosunków wodnych gleb (9).

Obserwowane działania adaptacyjne

Pomimo że w Polsce nie istnieje program adaptacyjny do zmian klimatu, to działania związane z identyfikacją zagrożeń wynikających ze zmian klimatycznych (pierwszy etap tworzenia strategii adaptacyjnej) rozpoczęto bardzo wcześnie; pierwsze wyniki przedstawiono w 1993 roku, czyli 3 lata po pierwszym raporcie IPCC. W ramach projektu (PBZ-KBN-086/P04/2003) nt. „Ekstremalne zdarzenia meteorologiczne i hydrologiczne w Polsce” przeprowadzono ocenę wpływu zjawisk ekstremalnych na rolnictwo (10). Równolegle w programie wieloletnim IUNG-PIB prowadzonych jest szereg prac, których wyniki można wykorzystać w strategii adaptacyjnej. Przykładowo, mogą to być wyniki uzyskiwane w zadaniach PIB 2.9. – „Doskonalenie systemów doradztwa w zakresie zrównoważonej produkcji roślinnej” i 2.8. – „Ocena możliwości produkcji, opracowanie i wdrażanie technologii uprawy roślin na cele energetyczne”. IUNG-PIB jest jednym z uczestników sieci naukowej AGROGAS: „Redukcja gazów cieplarnianych i amoniaku w rolnictwie” (<http://agrogas.ipan.lublin.pl>). Przedstawiciele polski uczestniczą również w akcji COST 734: „Wpływ zmian klimatu i zmienności klimatycznej na europejskie rolnictwo: CLIVAGRI” (<http://www.cost734.eu/>). Natomiast Instytut Ochrony Środowiska w Warszawie we współpracy z innymi jednostkami realizuje projekt dotyczący opracowania metodycznych podstaw adaptacji produkcji roślinnej w województwie podlaskim (34). Ze środków europejskich prowadzony jest przez Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu projekt ADAGIO, który ma zebrać dotychczasowe rezultaty badań z zakresu oceny potencjalnych skutków zmian klimatycznych w polskim rolnictwie, a następnie je rozpowszechnić i popularyzować (24). Odbywają się konferencje naukowe i spotkania informacyjne o tematyce dotyczącej zmian klimatu (32). Powstają serwisy informacyjne, których celem jest pomoc w dostosowywaniu prac w gospodarstwie do warunków pogodowych w danym roku (19, 33). Dobrym przykładem serwisu agrometeorologicznego w Polsce o zasięgu regionalnym jest Wielkopolski Internetowy Serwis Informacji Agrometeorologicznej (WISIA), wykorzystujący dane meteorologiczne z rozmieszczonej w gospodarstwach rolnych lokalnej sieci automatycznych stacji meteorologicznych (24). Innym przykładem systemu wspomagania decyzji jest System Monitoringu Suszy Rolniczej (SMSR), który działa jako instrument ograniczania negatywnych skutków zjawisk klimatycznych (rys. 8). System ten wykorzystuje najnowsze technologie Systemów Informacji Geograficznej i numeryczną mapę gleb w Polsce, aby na podstawie bieżących danych meteorologicznych (dostarczanych przez IMGW) wskazywać obszary (gminy), gdzie należy skierować gminne komisje szacowania strat w plonach, jest także narzędziem wykorzystywanym przez firmy ubezpieczeniowe (8). Utworzenie Systemu Monito-

gii adaptacyjnych w 2008 roku nie posiadały takie kraje, jak Niemcy i Czechy, znajdujące się w tej samej strefie klimatycznej co Polska (14). W celu wytyczenia dalszych działań odnośnie zmian klimatycznych i rolnictwa w Polsce istnieje potrzeba jak najszybszego utworzenia programu adaptacyjnego również w Polsce. Znaczna część pracy związana z oceną potrzeb adaptacyjnych została już wykonana (29, 32). W pracach adaptacyjnych, podobnie jak w innych krajach, powinni uczestniczyć nie tylko rolnicy, ale również przedstawiciele producentów środków produkcji (oferując nowe produkty i technologie) oraz przemysłu rolno-spożywczego (odbiorca produkcji rolnej). Dostosowywanie produkcji do warunków klimatycznych jest procesem ciągłym i odbywa się w sposób niezależny od ogólnych mechanizmów polityki rolnej. Dlatego ważne jest przekazanie rolnikom oraz podmiotom zainteresowanym produkcją rolą informacji o zagrożeniach i pożądanych kierunkach rozwoju rolnictwa. W długookresowych strategiach adaptacyjnych należy dążyć do ograniczania klimatycznego ryzyka strat w plonach i łagodzenia konsekwencji ekstremalnych zjawisk klimatycznych. Działania te powinny być realizowane przez wzmacnianie doradztwa rolniczego oraz wdrażanie systemów wspomaganie decyzji i osłony agrometeorologicznej. W celu realizacji zaleceń adaptacyjnych należy zwiększać świadomość zmian klimatycznych wśród wszystkich zainteresowanych produkcją rolą.

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. Bindoff N. L., Willebrand J., Artale V., Cazenave A., Gregory J., Gulev S., Hanawa K., Quéré C. Le, Levitus S., Nojiri Y., Shum C. K., Alley L. D., Unnikrishnan A.: Observations: oceanic climate change and sea level. In: Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
3. Bis K., Demidowicz G., Deputat T., Górski T., Harasim A., Krasowicz S.: Ekonomiczne konsekwencje zmian klimatu w rolnictwie polskim (ocena wstępna). Probl. Agrofiz., Ossolineum Wrocław, 1993, 68.
4. Burton I., Lim B.: An adaptation policy framework: Capacity building for stage II adaptation. UNDP-GEF, National Communications Support Programme, New York, 2001.
5. COM (2007) 354. Adapting to climate change in Europe – options for EU action. Brussels, 29.06.2007. (http://eurlex.europa.eu/LexUriServ/site/en/com/2007/com2007_0354en01.pdf).
6. Deputat T.: Konsekwencje zmian klimatu w fenologii wybranych roślin uprawnych. (W:) Zmiany i zmienność klimatu Polski. Mat. Ogólno. Konf. Nauk. UŁ, 1999, 49-56.
7. Dolińska R., Zabiełski J., Klockiewicz-Kamińska E.: Skład chemiczny i aktywność biologiczna ziarna owsa nowych rodów w odniesieniu do warunków glebowo – klimatycznych w latach 1997–1999. Acta Sci. Pol., Echn. Aliment., 2003, **2(1)**: 5-20.

8. Doroszewski A., Kozyra J., Pudełko R., Stuczyński T., Jadczyński J., Kozłowska P., Łopatkowa A.: Monitoring suszy rolniczej w Polsce. *Wiad. Mel. Łąk.*, 2008, **51(1)**: 35-38.
9. Faber A.: Przyrodnicze skutki uprawy roślin energetycznych. *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 2008, **11**: 43-52.
10. Górski T., Kozyra J., Doroszewski A.: Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions - case studies. (In:) Liszewski (eds.) *The influence of extreme phenomena on the natural environment and human living conditions*. Łódź. Tow. Nauk., Łódź, 2008, 35-49.
11. Górski T., Deputat T., Górka K., Marcinkowska I., Spoz-Pań W.: Rozkłady statystyczne plonów głównych roślin uprawnych dla stanu aktualnego i dwóch scenariuszy klimatycznych. Raport IUNG Puławy, 1997.
12. Górski T.: Współczesne zmiany agroklimatu Polski. *Pam. Puł.*, 2002, **130**: 242-250.
13. 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.
14. Iglesias A., Avis K., Benzie M., Fisher P., Harley M., Hodgson N., Horrocks L., Moneo M., Webb J.: Adaptation to climate change in the agricultural sector. European Commission DG AGRI, AEA/ED05334/Issue 1, 2007. (<http://ec.europa.eu/agriculture/analysis/external/climate/>)
15. Kaczmarek Z.: Water resources management. In: Watson R. T., Zinyowera M. C., Moss R. H. (eds.) *Cambridge U. Press, Cambridge Climate Change*, 1995, 469-486.
16. Karaczun M.: Wpływ rolnictwa na zmiany klimatu – jak można go zmniejszyć. (W:) *Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie*. FDPA Warszawa, 2008, 63-74.
17. 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.
18. Kozyra J., Górski T.: Wpływ zmian klimatycznych na rolnictwo w Polsce. (W:) *Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie*. FDPA Warszawa, 2008, 35-40.
19. Kozyra J., Zaliwski A., Nieróbca A.: Internetowy model sum temperatur w fenologii. *Post. Ochr. Rośl.*, 2003, **43(2)**: 749-751.
20. Kozyra J.: Climatic conditions for millet cultivation in Poland. CAgM Report No. 94, WMO, Geneva, Switzerland, 2004, 34-35.
21. Kożuchowski K., Żmudzka E.: Ocieplenie w Polsce: skala i rozkład sezonowy zmian temperatury powietrza w drugiej połowie XX wieku. *Prz. Geof.*, 2001, **46(1-2)**: 281-90.
22. Lemke P., Ren J., Alley R. B., Allison I., Carrasco J., Flato G., Fujii Y., Kaser G., Mote P., Thomas R. H., Zhang T.: Observations: changes in snow, ice and frozen ground. In: *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H. L. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
23. 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.
24. Leśny J., Juszczyk R., Serba T., Olejnik J.: Przystosowanie rolnictwa krajów europejskich do zagrożeń wynikających ze zmian klimatycznych. (W:) *Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie*. FDPA Warszawa, 2008, 41-50.
25. Liszewska M., Osuch M.: Analiza wyników globalnych modeli klimatu dla Europy Środkowej i Polski. (W:) *Zmiany i zmienność klimatu Polski*. *Mat. Ogólnop. Konf. Nauk. UŁ*, Łódź, 1999, 129-142.
26. Liszewska M., Osuch M.: Assessment of impact of global climate change simulated by the ECHAM/LSG general circulation model onto hydrological regime of three Polish catchments. *Acta Geoph. Pol.*, 1997, **45(4)**: 363-386.

27. Martyniak L., Kaczyński L.: Niedobory i nadmiary opadów a produktywność pszenicy ozimej. *Acta Sci. Pol. Agric.*, 2002 **1**: 73-79.
28. Menzel A., Pabian P.: Growing season extended in Europe. *Nature*, 1999, **397**: 659.
29. Olecka A., Sadowski M.: Strategia adaptacji rolnictwa do zmian klimatu w świetle dokumentów UE i światowych – w tym IV raportu IPCC. Zmiany klimatu a rolnictwo i obszary wiejskie. FDPA Warszawa, 2008, 26-34.
30. Olesen J. E., Bindt M.: Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron.*, 2002, 239-262.
31. Trenberth K. E., Jones P. D., Ambenje P., Bojariu R., Easterling D., Klein Tank A., Parker D., Rahimzadeh F., Renwick J. A., Rusticucci M., Soden B., Zhai P.: Observations: surface and atmospheric climate change. In: *Climate change 2007: The physical science basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change* (Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K. B., Tignor M., Miller H.L. (eds.)). Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 2007.
32. Wilkin J.: Komu bije dzwon? Podsumowanie, wnioski i refleksje dotyczące konferencji: „Zmiany klimatu a rolnictwo i obszary wiejskie. Jak przygotować się do nieuchronnych zmian? Jak zmniejszyć ich negatywny wpływ? Zmiany klimatu a rolnictwo i obszary wiejskie. FDPA Warszawa, 2008, 95-101.
33. Wolny S., Horoszkiewicz-Janka J., Sikora H., Kapsa J., Zaliwski A., Nieróbcza A., Kozyra J., Domaradzki K.: Wyniki prac badawczych i adaptacyjnych nad polskim internetowym systemem wspomaganie decyzji w ochronie roślin w 2003 roku. *Progr. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl.*, 2004, **44(1)**: 513-522.
34. Wyszynski Z., Pietkiewicz S., Łoboda T., Sadowski M.: Opracowanie metodycznych podstaw adaptacji produkcji roślinnej w gospodarstwach rolniczych o różnych typach gospodarowania i skali produkcji do oczekiwanych zmian klimatycznych. (W:) *Zmiany klimatu, a rolnictwo i obszary wiejskie*. FDPA Warszawa, 2008, 52-62.
35. Zawora T.: Temperatura powietrza w Polsce w latach 1991–2000 na tle okresu normalnego 1961–1990. *Acta Agroph.*, 2005, **6**: 281-287.
36. Żmudzka E., Dobrowolska M.: Termiczny okres wegetacyjny w Polsce – zróżnicowanie przestrzenne i zmienność czasowa. *Prz. Nauk. SGGW, Inż. Kszt. Środ.*, 2001, **21**: 75-80.
37. <http://prudence.dmi.dk>
38. www.susza.iung.pulawy.pl

Adres do korespondencji:

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

