

**Jerzy Kozyra, Anna Nieróbca, Katarzyna Mizak, Rafał Pudelko,  
Magdalena Borzęcka-Walker, Antoni Faber, Andrzej Doroszewski**

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

### ZMIANA KLIMATU – NOWE WYZWANIA DLA ROLNICTWA\*

Wobec globalnego ocieplenia, które jest przyczyną obserwowanych w ostatnich latach zmian w klimacie (1) podejmowane są dwa rodzaje działań zmierzających do: ograniczenia procesu globalnego ocieplenia (działania mitygacyjne) oraz dostosowania poszczególnych działów gospodarki do nowych warunków klimatycznych (działania adaptacyjne). Działania te są prowadzone na poziomie poszczególnych krajów w ramach porozumień międzynarodowych (Protokół z Kioto) lub regionalnych (np. Unia Europejska). Na Konferencji Narodów Zjednoczonych w 2009 roku w Kopenhadze zadeklarowano podjęcie działań na rzecz ograniczenia globalnego ocieplenia do 2°C w stosunku do okresu sprzed rozwoju przemysłu. Unia Europejska w zakresie łagodzenia zmian klimatu zobowiązała się do 2020 roku zredukować emisję gazów cieplarnianych o 20% w stosunku do jej stanu z roku 1990. Cel ten ma być zrealizowany poprzez zwiększenie efektywności energetycznej gospodarki o 20% oraz zwiększenie udziału energii ze źródeł odnawialnych o 20%. W przypadku przystąpienia do porozumienia światowego o redukcji emisji gazów cieplarnianych największych państw uprzemysłowionych UE zadeklarowała, że zwiększy cel redukcyjny z 20 do 30% (13). W sektorze rolnictwa ograniczenie emisji w UE ma wynieść 10% (4). Jednocześnie proponuje się, żeby rolnictwo obok produkcji żywności dostarczało dla energetyki tzw. paliwa alternatywne, co może mieć wpływ na strukturę produkcji (14). Działania adaptacyjne wobec zmian klimatu w większości krajów europejskich są w fazie planowania strategii, głównie na poziomie identyfikacji potrzeb adaptacyjnych (12). Nowe uwarunkowania rozwoju związane z regulacjami dotyczącymi polityki klimatycznej stanowią zupełnie nowe wyzwania dla rolnictwa. Odpowiednia identyfikacja potrzeb w zakresie adaptacji do obserwowanej zmiany klimatu, jak również możliwości mitygacji globalnego ocieplenia przez rolnictwo, może stać się jednym z głównych uwarunkowań dalszego jego rozwoju. Ocena możliwości polskiego rolnictwa w tym zakresie jest tym istotniejsza, że decyzja Parlamentu Europejskiego dopuszcza zróżnicowanie celów emisyjnych ze względu na konieczność zapewnienia zrównoważonego rozwoju krajom członkowskim, w których PKB jest stosunkowo niski (4).

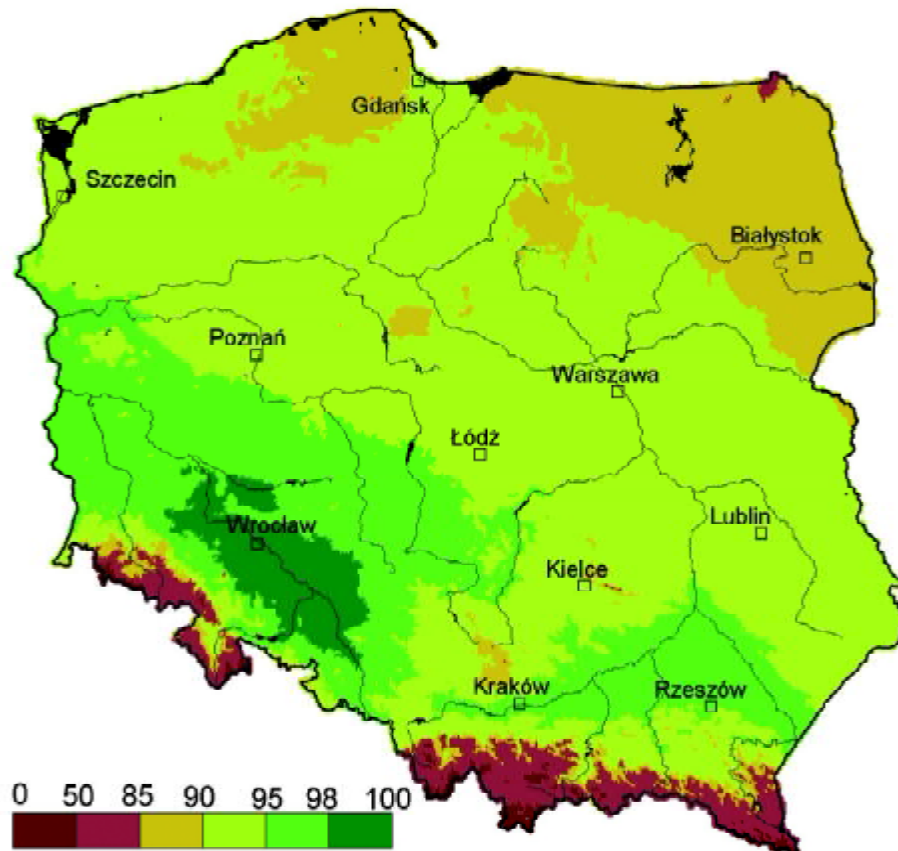
\* Opracowanie wykonano w ramach zadania statutowego IUNG-PIB 4.1 i Akcji COST 734

Celem pracy była analiza uwarunkowań wynikających z polityki klimatycznej oraz obserwowanej w XX wieku zmiany klimatu, jako nowych wyzwań dla rozwoju rolnictwa w Polsce.

### Ocena agroklimatu Polski

Jednym ze wskaźników oceny warunków agroklimatycznych w Polsce jest wskaźnik agroklimatu (8, 28). Wskaźnik ten opracowano, wykorzystując wieloletnie dane statystyczne o plonach i wyniki doświadczeń polowych, opisując plony w funkcji elementów meteorologicznych. Według wskaźnika agroklimatu wyrażonego w skali względnej (100 pkt.) najkorzystniejsze warunki klimatyczne dla rolnictwa w Polsce występują na Dolnym Śląsku i pogarszają się w kierunku północno-wschodnim, gdzie wskaźnik agroklimatu osiąga wartości zbliżone do 85 pkt. Według przyjętych przy konstrukcji wskaźnika agroklimatu założeń zróżnicowanie efektów klimatycznych dla rolnictwa w Polsce nie jest duże, bo wynosi tylko 15 pkt. (poza górami, gdzie wskaźnik osiąga wartości zbliżone do 0 pkt.); (rys. 1). Wiąże się to między innymi z regionalnym dostosowaniem produkcji (zróżnicowanie upraw, odmian) do lokalnych warunków klimatycznych. W przypadku wieloletnich plonów pszenicy ozimej w Polsce zróżnicowanie warunków agroklimatycznych wyrażone wahaniem średnich plonów jest jeszcze mniejsze, bo wynosi 10%. Cechą charakterystyczną klimatu Polski jest jednocześnie większa zmienność plonów w latach niż zróżnicowanie regionalne (10). Wobec prognoz zmian klimatu mówiących o wzrastającej zmienności warunków pogodowych z roku na rok (1), to właśnie ta cecha klimatu Polski powinna być szczególnie ważna przy planowaniu strategii adaptacyjnej w rolnictwie. Pewnym sygnałem większych niż dotychczas wahań plonowania w Polsce może być stwierdzona w ostatnich latach większa liczba susz oraz zjawisk ekstremalnych (9). W latach 1957–1980 znaczne straty plonów w produkcji krajowej z powodu suszy, przekraczające 15%, stwierdzono w 2 latach, natomiast w okresie 1990–2007 spadki plonów z powodu suszy odnotowano 5 razy. Równocześnie w okresie 1990–2007 w 3 przypadkach stwierdzono straty plonów z powodu niekorzystnych warunków zimowania (14).

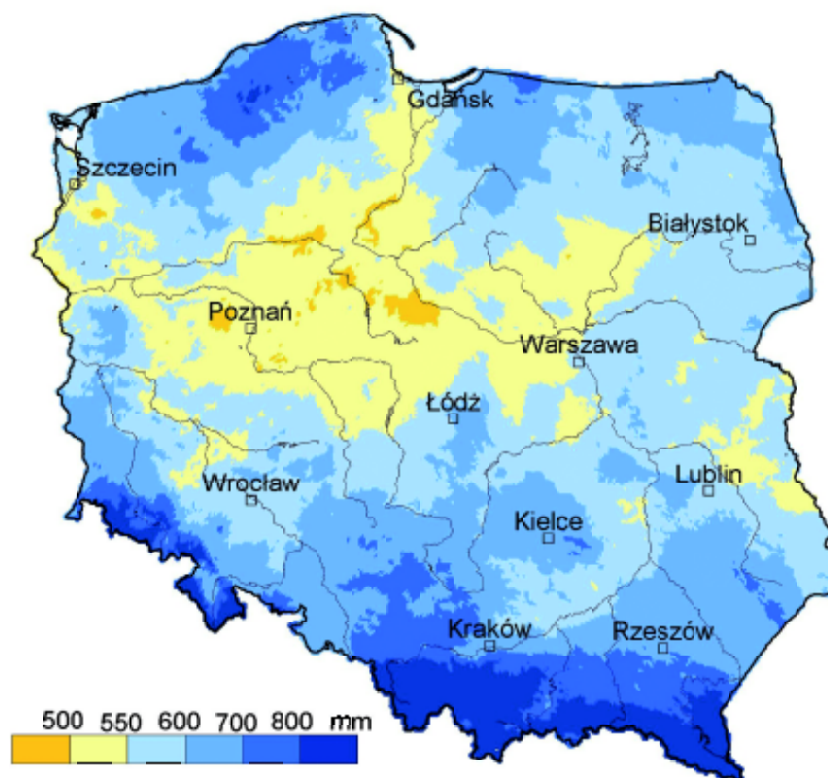
W prognozach zmian klimatu wskazuje się na możliwy wzrost średniej rocznej temperatury powietrza do końca XXI wieku o około 3°C (12). Spowoduje to przyspieszenie tempa rozwoju roślin, co ma szczególne znaczenie dla roślin ciepłolubnych (kukurydza, soja, proso, słonecznik), które już w obecnych warunkach klimatycznych mogą dojrzewać na znacznie większym obszarze Polski niż to było wcześniej. W ubiegłych latach uprawa kukurydzy na ziarno była ograniczona tylko do cieplejszych regionów Polski (Dolny Śląsk i Kotliny Sandomierska). Prawdopodobieństwo dojrzewania średnio wczesnej kukurydzy FAO 270 w tych rejonach w latach 1941–1990 przekraczało 80%, natomiast na północ od linii Szczecin – Białystok było mniejsze niż 20%. Z przeprowadzonych analiz wynika, że w latach 2001–2010 prawdopodobieństwo dojrzewania kukurydzy w centralnej Polsce wyraźnie przekroczy 80% (15). Oznacza to również, że zmniejszą się ograniczenia w uprawie innych roślin ciepłolubnych,



Rys. 1. Wskaźnik bonitacji agroklimatycznej Polski w skali względnej  
 Źródło: Górski, Zaliwski, 2002 (11), opracowanie mapy: Górski i Kozyra.

takich jak: soja, proso, słonecznik, winorośl, sorgo. Wzrost temperatury wpływa nie tylko na przyspieszenie tempa rozwoju roślin uprawnych, ale również chwastów i szkodników, których uciążliwość dla rolnictwa znacznie wzrosła. Jednocześnie łagodne zimy i wyższa temperatura podczas wiosny i lata sprzyjają rozwojowi szkodników roślin uprawnych. Obserwuje się w ostatnich latach w Polsce wzrost populacji chwastów ciepłolubnych oraz lepsze przetrwanie gatunków dotychczas bardzo słabo zimujących, takich jak przytulia czepna i przetacznik perski. Dużym problemem staje się zwalczanie chwastów w zasiewach kukurydzy w przypadku chłódów majowych i przy niskim uwilgotnieniu gleby (6). W uprawach pojawiają się szkodniki, które dotychczas nie miały większego znaczenia gospodarczego. Ekonomicznie istotne straty w plonach w uprawie kukurydzy zaczyna powodować stonka kukurydziana oraz omacnica prosowianka, dotychczas w małym zakresie uwzględniana w programach ochrony roślin (19).

Należy podkreślić, że w warunkach ocieplenia zwiększy się liczba dni ze stresem wodnym i termicznym dla roślin podczas sezonu wegetacyjnego (27). Dlatego w ocenie ryzyka plonowania roślin w Polsce należy obecnie zwrócić większą uwagę na rozkład opadów atmosferycznych kształtujących warunki wodne gleb (rys. 2). W centralnej Polsce, gdzie dotychczas uzyskuje się najlepsze wyniki produkcyjne przy niekorzystnych warunkach opadowych skutki wzrostu temperatury i sum ewapotranspiracji, nawet przy prognozowanych wyższych opadach w zimie (18) mogą stać się znaczącym problemem dla rolnictwa (7).

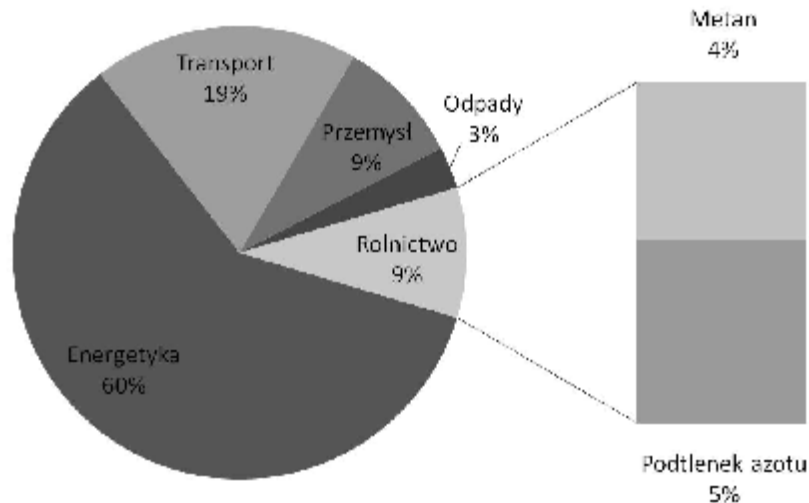


Rys. 2. Suma roczna opadu atmosferycznego w Polsce  
 Źródło: Górski i Zaliwski, 2002 (11), opracowanie mapy Kozyra, 2006 (17).

### Cele mitygacyjne rolnictwa

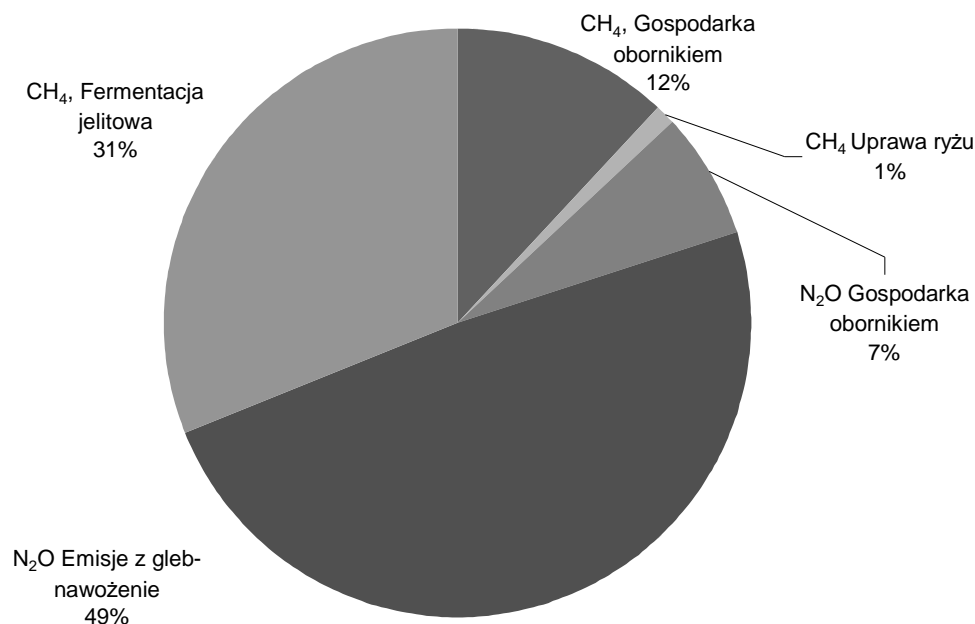
Działania światowe mające na celu zapobieganie procesowi antropogenicznego globalnego ocieplenia wprowadzają instrumenty polityczne obligujące poszczególne kraje do działań ograniczających zużycie paliw kopalnych oraz promowania energooszczędnych metod produkcji. Rolnictwo jako jeden z działów gospodarki ma również włączyć się do programów zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych do atmosfery.

Skala tych działań powinna wynikać z możliwości redukcji w poszczególnych sektorach rolnictwa przy zachowaniu możliwości dalszego zrównoważonego rozwoju (4). W skali globalnej udział rolnictwa w procesie antropogenicznego efektu cieplarnianego wynosi 13,5%, w Europie jest to odpowiednio 9,2% (rys. 3), a w Polsce 9% (24). W szacunkach wykorzystano tzw. równoważnik dwutlenku węgla, który wyraża efekt poszczególnych gazów cieplarnianych w wielkości powodowanego ocieplenia. Duży udział rolnictwa w ogólnej emisji wynika z faktu, że gazami cieplarnianymi pochodzącymi z rolnictwa są głównie metan i podtlenek azotu. Gazy te mają dużo większy potencjał w wywoływaniu efektu cieplarnianego niż dwutlenek węgla. Emisje podtlenku azotu (rys. 4) należy wiązać z gospodarką na użytkach rolnych, ponieważ są pochodną emisji z gleb powstałych w wyniku nawożenia mineralnego (43%) oraz z gospodarką obornikiem (7%). Natomiast emisja metanu jest pochodną procesów fermentacji jelitowej u bydła (31%) oraz gospodarki obornikiem (12%). Przyjmuje się, że przy zrównoważonym gospodarowaniu nie zachodzi uwalnianie dwutlenku węgla z gleby, natomiast powstające emisje w wyniku spalania paliw kopalnych (olej napędowy) wlicza się do emisji powstałych w transporcie oraz produkcji energii i stanowi to 1% (24). Jak wynika z powyższych danych strategię ograniczania emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa powinny dotyczyć metanu oraz podtlenku azotu i związane są głównie z produkcją zwierzęcą oraz gospodarką nawozową. Ograniczenie nawożenia lub zużycia innych środków produkcji w wyniku zastosowania innowacji w rol-



Rys. 3. Emisje gazów cieplarnianych w UE według sektorów wyrażone w ekwiwalencie dwutlenku węgla

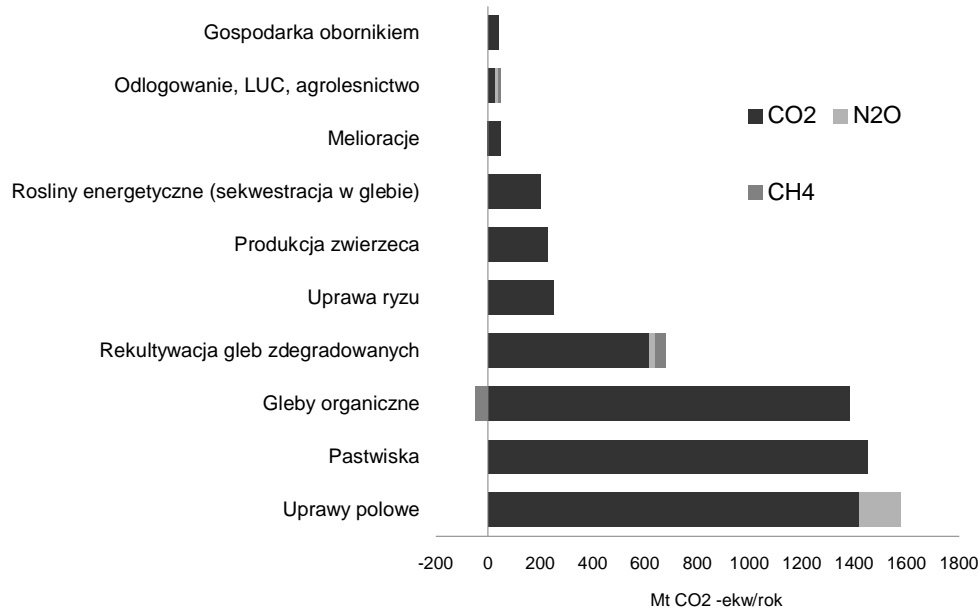
Źródło: SEC (2009) 1093 (24), opracowanie własne.



Rys. 4. Źródła emisji gazów cieplarnianych z rolnictwa w Europie – EU27 /  
 Źródło: SEC (2009) 1093 (24), opracowanie własne.

nictwie (np. komputerowe systemy wspomaganie decyzji) może mieć również pośredni wpływ na ograniczenie zużycia innych środków produkcji (np. oleju napędowego przez maszyny rolnicze).

Działania mitygujące, obok ograniczania dotychczasowych emisji, mają również za cel wychwytywanie (sekwestrację) gazów cieplarnianych z atmosfery, szczególnie dwutlenku węgla. W tym zakresie rolnictwo ma duży potencjał ze względu na możliwości wiązania węgla przez glebę. Należy podkreślić, że węgiel w postaci materii organicznej zmagazynowany w glebie stanowi drugi co do wielkości, po oceanach, rezerwuuar na Ziemi. Niewłaściwe gospodarowanie w rolnictwie, np. przez nadmierne odwodnienie gleb lub niezrównoważoną produkcję może prowadzić do znaczącej jego emisji (16). Jak wynika z analiz IPCC (26) w skali globalnej duży potencjał mitygujący posiada gospodarowanie na pastwiskach i użytkach rolnych oraz glebach organicznych i w tych obszarach rolnictwa należy poszukiwać stosownych innowacji zapobiegających emisji, jak również zwiększających stopień wiązania węgla (rys. 5). Znaczący potencjał sekwestracyjny ma również uprawa wieloletnich roślin energetycznych, które podobnie jak użytki zielone przyczyniają się do wiązania węgla w glebie (26). Do większej sekwestracji węgla może przyczynić się również poprawa systemów melioracji gleb, ponieważ gleby bardziej nawodnione mają większą zdolność wiązania węgla, a nadmierne przesuszenie powoduje utratę materii organicznej (16). Istnieje również pewien potencjał rolnictwa (rys. 5) w zakresie ograniczenia emisji podtlenku azo-



Rys. 5. Globalny techniczny potencjał mitygacyjny dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>), metanu (CH<sub>4</sub>) i podtlenku azotu (N<sub>2</sub>O) z rolnictwa do roku 2030. Symulacja wykonana dla scenariusza B2 z Czwartego Raportu IPCC. Skrót: LUC = zmiany użytkowania gruntów  
 Źródło: Smith i in., 2007 (26).

tu z gospodarowania na użytkach rolnych, związany z ograniczeniem nadmiernego lub nieefektywnego nawożenia. Natomiast działania zmierzające do zwiększenia wiązania węgla w glebach organicznych mogą doprowadzić do uruchomienia emisji z tych gleb podtlenku azotu. W zakresie emisji metanu innowacje w rolnictwie powinny dotyczyć przede wszystkim uprawy ryżu (nie dotyczy Polski), produkcji zwierzęcej i gospodarki obornikiem. Powyższe ustalenia mogą się jednak różnić przy uwzględnieniu specyfiki polskiego rolnictwa, dlatego podobna analiza powinna być wykonana przed wytyczaniem celów emisyjnych dla rolnictwa w Polsce.

### Cele adaptacyjne rolnictwa

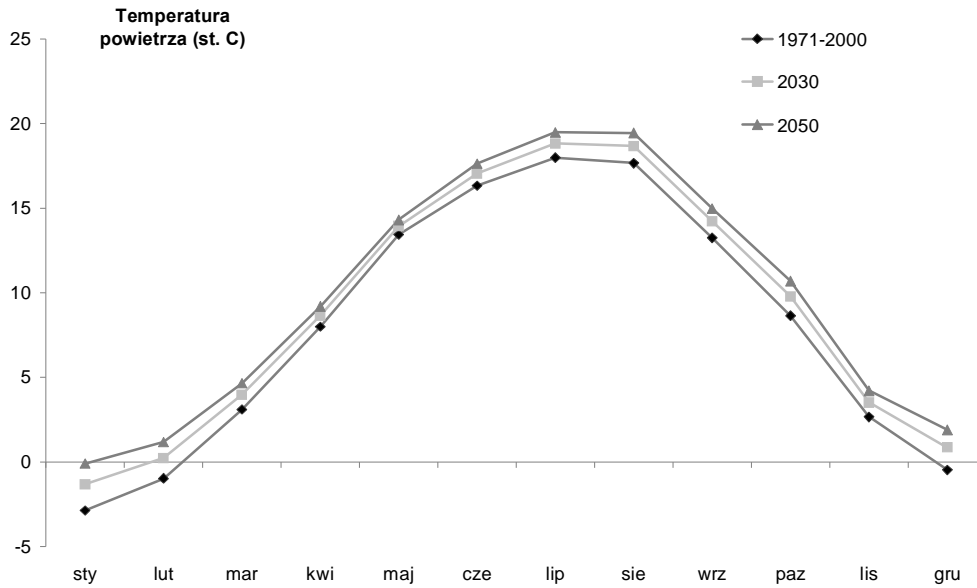
Celem adaptacji rolnictwa wobec zmiany klimatu powinno być ograniczenie powstających zagrożeń i szkód oraz wykorzystanie wynikających z tego procesu ewentualnych korzyści (3). Potrzeby adaptacyjne rolnictwa wobec zmian klimatycznych nie są łatwe do sprecyzowania, co wiąże się z szybkim postępem w zakresie wprowadzania do praktyki nowych środków produkcji oraz odmian roślin uprawnych (2). Dynamiczne zmiany w produkcji sprawiają, że rolnictwo na bieżąco dostosowuje się do obserwowanych zmian klimatu, a proces ten odbywa się w sposób autonomiczny, np. przez zmianę terminów prac polowych (21). Duże wahania warunków pogodowych w ostatnich latach, będące wynikiem globalnego ocieplenia, zmuszają rolników

do poszukiwania nowych rozwiązań w zakresie agrotechniki. Realizacja tych wyzwań jest możliwa przy odpowiednim poziomie dochodów gospodarstwa, niezależnym od warunków pogodowych, które w pewnym stopniu zabezpiecza w Europie Wspólna Polityka Rolna (12). Stabilne dochody rolników w warunkach większego ryzyka występowania zjawisk ekstremalnych zapewniają ciągłość produkcji w gospodarstwie, a tym samym mogą przyczyniać się do utrzymania dotychczasowych form użytkowania gruntów. Wobec postulatu, że działania adaptacyjne zachodzą głównie na poziomie gospodarstwa zadaniem państwa powinno być zapewnienie stabilności dochodów rolniczych oraz ułatwienie zbycia płodów rolnych. Istnieje potrzeba prowadzenia szkoleń o zachodzących zmianach w klimacie i potrzebnych z tego względu zmianach w gospodarowaniu (23). Na podstawie oceny potrzeb adaptacyjnych w województwie podlaskim nakreślono skalę działań w zakresie adaptacji rolnictwa w Polsce. W monografii podsumowującej prace autorzy zaznaczają, że przy dostosowaniu produkcji do zmieniających się warunków klimatycznych przeciętne plony w województwie podlaskim nie zmienią się znacząco do połowy XXI wieku. Na uwagę zasługuje szczególnie prognoza dotycząca stopniowego pogarszania się warunków dla uprawy kukurydzy w Polsce, chociaż wcześniejsze prognozy jej produkcji na ziarno, ze względu na wzrost zasobów ciepła, były optymistyczne (23). Pogorszenie warunków dla produkcji kukurydzy według przyjętych scenariuszy zmian klimatu wynika ze znacznego spadku sum opadów atmosferycznych w lipcu i sierpniu, kiedy roślina ta znajduje się w decydującym etapie tworzenia plonu (20).

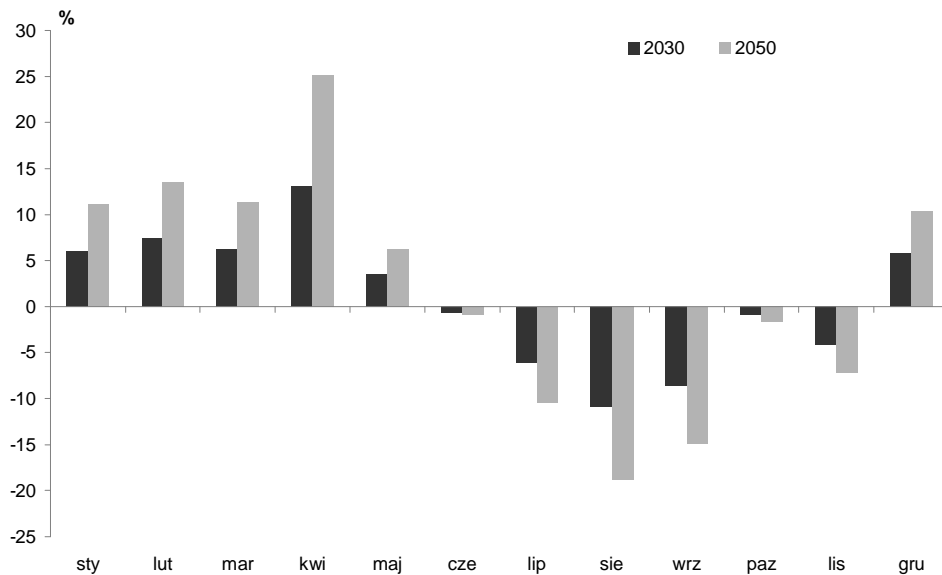
Istnieje potrzeba prowadzenia prac z wykorzystaniem najnowszych scenariuszy zmian klimatu, na podstawie których można kształtować pogląd o potrzebach w zakresie adaptacji. Analizy takie zostały wykonane między innymi w ramach prac akcji COST 734, dotyczącej oceny wpływu zmian klimatu i jego zmienności na rolnictwo w Europie (22). W programie tym opracowano scenariusze zmian klimatu dla Rolniczego Zakładu Doświadczalnego IUNG-PIB w Grabowie na podstawie danych z działającej tam stacji meteorologicznej (gmina Zwoleń, woj. mazowieckie). Przy założeniu, że emisje z działalności człowieka będą utrzymywały się na podobnym poziomie średnia roczna temperatura do 2030 r. w Grabowie wzrośnie o kolejny  $1^{\circ}\text{C}$ , natomiast do 2050 roku o  $1,5^{\circ}\text{C}$  w stosunku do średniej z lat 1971–2000 (rys. 6). Z prognozy normy klimatycznej na rok 2030 wynika, że o około  $1,5^{\circ}\text{C}$  będzie wyższa średnia temperatura miesięcy zimowych i letnich. Najmniejszy wzrost średniej temperatury oszacowano w maju, który wyniósł  $0,8^{\circ}\text{C}$ . Według scenariusza zmian temperatury na rok 2050 o około  $2,5^{\circ}\text{C}$  będą cieplejsze miesiące zimowe i w tej perspektywie tylko styczeń miałby średnią temperaturę powietrza poniżej  $0^{\circ}\text{C}$  ( $-0,1^{\circ}\text{C}$ ).

Scenariusze dotyczące opadów atmosferycznych nie przewidują znaczących zmian sumy rocznej opadu, natomiast będą zmiany w rozkładzie sum opadu w poszczególnych miesiącach (rys. 7). W stosunku do lat 1971–2000 w perspektywie normy na 2050 rok suma opadów może np. w kwietniu wzrosnąć nawet o 25%. W tej samej perspektywie czasowej scenariusze zmian klimatu przewidują spadek średnich sum opadu od maja do października, czyli w okresie intensywnego wzrostu roślin. Naj-





Rys. 6. Prognoza średniej temperatury powietrza w Grabowie dla scenariusza emisyjnego A2 IPCC (2007) wg modelu GFDL na lata 2030 i 2050  
 Źródło: baza danych akcji COST 734 WG4, opracowanie własne.



Rys. 7. Odchylenie sum opadów atmosferycznych dla scenariusza A2 IPCC (2007) na lata 2030 i 2050 w stosunku do normy 1971–2000 w Grabowie  
 Źródło: baza danych akcji COST 734 WG4, opracowanie własne.

większy spadek sumy opadu dochodzący do 20% normy z lat 1971-2000 ma nastąpić w sierpniu i wrześniu. Zmiana rozkładu opadów będzie najpoważniejszym problemem w dostosowaniu cyklu produkcyjnego oraz doboru roślin do uprawy w gospodarstwie.

### Podsumowanie

Regulacje prawne, które będą zmuszały do ograniczania emisji gazów cieplarnianych (dotyczące również rolnictwa) nie muszą oznaczać niekorzystnych uwarunkowań dla rozwoju rolnictwa. Aby zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych rolnictwo powinno dążyć do dalszej optymalizacji produkcji i efektywnego wykorzystania zasobów naturalnych. Cel ten może być osiągnięty przez mniejsze zużycie energii w rolnictwie oraz oszczędności środków produkcji w przeliczeniu na jednostkę uzyskiwanego plonu. Oznacza to potrzebę zwiększenia wydajności roślin oraz wprowadzenia bardziej efektywnych technologii produkcji. Potencjalne rozwiązania w zakresie mitygacji i adaptacji mogą być kontynuacją działań z Programu Rozwoju Obszarów Wiejskich, których celem jest ochrona zasobów wodnych i gleby oraz dalsza modernizacja gospodarstw rolnych. Przygotowywana reforma Wspólnej Polityki Rolnej po 2013 r. zaleca uwzględnienie w priorytetach polityki rolnej UE celów mitygacyjnych i adaptacyjnych rolnictwa (3, 25). Dla nauk rolniczych oznacza to potrzebę przedstawienia rozwiązań dla praktyki wspierających działania w tym zakresie.

### 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. Eds. M. L. Parry, O. F. Canziani, J. P. Palutikof, P. J. van der Linden, C. E. Hanson. Cambridge University Press, UK, 2007, 541-580.
2. Burton I., Lim B.: An adaptation policy framework: capacity building for stage II adaptation. UNDP-GEF, National Communications Support Programme, New York, 2001.
3. COM(2007) 354. Green Paper: Adapting to climate change in Europe – options for EU action. Brussels, 29.06 2007.
4. Decyzja Parlamentu Europejskiego i Rady nr 2009/406/WE z dnia 23 kwietnia 2009 r. w sprawie wysiłków podjętych przez państwa członkowskie, zmierzających do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych w celu realizacji do roku 2020 zobowiązań Wspólnoty dotyczących redukcji emisji gazów cieplarnianych.
5. Faber A.: Przyrodnicze skutki uprawy roślin energetycznych. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2008, **11**: 43-52.
6. Gołębiewska H., Snopczyński T.: Wzrost zagrożenia zachwaszczeniem wtórnym na tle zróżnicowanego przebiegu pogody. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2008, **48(2)**: 602-611.
7. Górski T.: Changes in Poland's agroclimatic condition over the last century. Papers on Global Change, 2007, **14**: 55-67.
8. Górski T., Demidowicz G., Deputat T., Jakacka M., Pać W.: Bonitacja agroklimatyczna Polski. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., 1979, 224.

9. Górski T., Kozyra J., Doroszewski A.: Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions – case studies. In: The Influence of extreme phenomena on the natural environment and human living conditions. Eds. Liszewski. Łódzkie Towarzystwo Naukowe, Łódź, 2008, 35-49.
10. Górski T., Krasowicz S., Kuś J.: Glebowo-klimatyczny potencjał Polski w produkcji zbóż. Pam. Puł., 1999, **114**: 127-142.
11. Górski T., Zaliwski A.: Model agroklimatu Polski. Pam. Puł., 2002, **130(1)**: 251-260.
12. 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/>)
13. KOM(2010) 86: Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów. Postkopenhaska międzynarodowa polityka przeciwdziałania zmianie klimatu: natychmiastowe kroki, aby ożywić globalne działania. Bruksela, dnia 09.03.2010.
14. Kozyra J., Doroszewski A., Nieróbcza A.: Zmiany klimatyczne i ich przewidywany wpływ na rolnictwo w Polsce. Studia i Raporty IUNG-PIB, 2009, **14**: 243-257.
15. 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.
16. Kozyra J., Stuczynski T.: Potrzeby adaptacyjne polskiego rolnictwa – identyfikacja zagrożeń wynikających ze zmian klimatycznych i mechanizmy adaptacji. W: Polityka rolna Unii Europejskiej po 2013 roku. UKIE, Warszawa, 2008, 175-198.
17. Kozyra J.: Zastosowanie modelu agroklimatu Polski (MAP) do tworzenia numerycznych map opadów atmosferycznych. W: Współczesna meteorologia i klimatologia w geografii i ochronie środowiska. Red. K. Migala, P. Ropuszyński. Wrocław, 2006, 69-76.
18. Kundzewicz Z., Szwed M., Pińskwar I., Radziejewski M.: Global change and extreme hydrological events. Papers on Global Change, 2007, **14**: 79-92.
19. Lisowicz F.: Narastająca szkodliwość omacnicy prosowianki (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) dla kukurydzy w południowo-wschodniej Polsce. Prog. Plant Prot./Post. Ochr. Rośl., 2003, **43**: 247-250.
20. Nieróbcza A., Kozyra J.: Wpływ warunków pogodowych na plonowanie kukurydzy w Polsce. Mat. Konf.: Produkcja i wykorzystanie kukurydzy uprawianej na cele spożywcze i przemysłowe. Sielinko, 2010, 29-30.
21. Olesen J.E., Bindt M.: Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. Eur. J. Agron., 2002, 239-262.
22. Olesen J.E., Trnka M., Kersebaum K.C. et al.: Risk assessment and foreseen impacts on agriculture. Eur. J. Agricult. (in print), 2010.
23. Sadowski M., Wyszynski Z., Górski T., Liszewska M., Olecka A., Łoboda T., Pietkiewicz S.: Adaptacja produkcji rolnej w województwie podlaskim do oczekiwanych zmian klimatu. IOŚ Warszawa, 2009.
24. SEC(2009) 1093.: Dokument roboczy Służb Komisji. The role of European agriculture in climate change mitigation. 23.7.2009.
25. SEC(2009) 417.: Dokument roboczy Służb Komisji uzupełniający Białą Księgę: Adaptacja do zmian klimatu: europejskie ramy działania. Adaptacja do zmian klimatu: wyzwanie dla europejskiego rolnictwa i obszarów wiejskich.
26. Smith P., Martino D., Cai Z., Gwary D., Janzen H., Kumar P., McCarl B., Ogle S., O'Mara F., Rice C., Scholes B., Sirotenko O.: Agriculture. In: Climate Change 2007: Mitigation. Contribution of Working Group III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Eds.: B. Metz, O. R. Davidson, P. R. Bosch, R. Dave, L. A. Meyer. Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA 2007.

27. Szwed M., Graczyk D.: Thermal seasons on Poland – present and future based on HadRM3-PRECIS results. *Papers on Global Change*, 2006, **13**: 59-77.
28. Witek T., Górski T.: *Przyrodnicza bonitacja rolniczej przestrzeni produkcyjnej w Polsce*. Wyd. Geologiczne, Warszawa, 1977, **21**.

Adres do korespondencji:

*dr Jerzy Kozyra*  
*Zakład Agrometeorologii i Zastosowań Informatyki*  
*IUNG-PIB*  
*ul. Czartoryskich 8*  
*24-100 Puławy*  
*tel.: (81) 886 34 21*  
e-mail: [kozyr@iung.pulawy.pl](mailto:kozyr@iung.pulawy.pl)

#### **Podziękowania:**

*Autorzy publikacji dziękują członkom czwartej grupy roboczej (WG4) akcji COST 734 z Instytutu Agroekosystemów i Bioklimatologii Uniwersytetu Mendla w Brnie za przygotowanie i udostępnienie wykorzystanej w pracy bazy danych scenariuszy klimatycznych.*