

Ograniczanie wpływu zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do rolnictwa i obszarów wiejskich

¹Zbigniew W. Kundzewicz, ²Jerzy Kozyra*

¹Instytut Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu

²Instytut Uprawy, Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy w Puławach

Abstrakt. W ostatnim 50-leciu zaobserwowano znaczące zmiany klimatu – ocieplenie w każdej skali przestrzennej (globalnej, kontynentalnej, regionalnej i lokalnej), zmiany opadów atmosferycznych i szeregu ekstremów pogodowych, kurczenie się kriosfery i wzrost poziomu morza. Większość zaobserwowanego ocieplenia jest najprawdopodobniej wynikiem wzrostu atmosferycznego stężenia gazów cieplarnianych, wywołanego przez człowieka. Projekcje na przyszłość zwiastują jeszcze silniejsze zmiany klimatu, które trzeba wziąć pod uwagę również w Polsce. Rolnictwo silnie zależy od warunków klimatycznych, ale też wpływa na zmiany klimatu, pełniąc różnorakie role: ofiary, beneficjenta, współsprawcy zmian i sprzymierzeńca w przeciwdziałaniu zmianom.

Choć projekcje klimatyczne są niepewne ilościowo, pod względem jakościowym zmiany są przewidywalne. Istnieje w Polsce szereg zagrożeń klimatycznych dla rolnictwa i rozwoju wsi, którym trzeba zapobiec. Rolnictwo podlega ryzyku wzrostu częstotliwości wystąpienia niekorzystnych warunków klimatycznych, a przez to – silniejszej zmienności plonowania z roku na rok. Niedobory wody w sezonie wegetacyjnym stają się częstsze i bardziej dotkliwie, a dramatyczne susze będą występowały częściej. Istnieje też szereg innych zagrożeń jak: fale upałów, opady intensywne, powodzie i osuwiska, silne wiatry, rozwój patogenów związany z ociepleniem. Wielu niekorzystnych konsekwencji zmian klimatu można uniknąć, osłabić je czy też opóźnić poprzez realizację skutecznej polityki przeciwdziałania zmianom klimatu. Rolnictwo posiada znaczący potencjał ograniczania emisji gazów cieplarnianych i wiązania (sekwestracji) węgla. Redukcja emisji jest niezbędna dla spełnienia obowiązków, jakie wzięły na siebie każdy kraj Unii Europejskiej.

Potrzebne jest dostosowanie (adaptacja) istniejących systemów rolnictwa do zmieniających się warunków klimatycznych. Polska na pewno nie będzie wielkim przegranym w zmieniającym się klimacie. Trzeba będzie optymalnie „zagospodarować” zmiany korzystne; a skutecznie zaadaptować się do zmian niekorzystnych.

Potrzebna jest jednak wielka rozważa i dyplomatyczna zręczność, by wynegocjować w Unii Europejskiej takie warunki zobowiązań dotyczących polskiego wkładu w przeciwdziałanie zmianom klimatu, które nie przyhamują społeczno-gospodarczego rozwoju kraju. Nie może być tak, że dla Polski kuracja (ograniczenie atmosferycznego stężenia gazów cieplarnianych) jest gorsza od choroby (skutki zmian klimatu).

słowa kluczowe: rolnictwo, rozwój trwały i zrównoważony, zmiany klimatu, skutki zmian klimatu, przeciwdziałanie zmianom klimatu, adaptacja

WSTĘP

Ważnym podsumowaniem wieloletnich prac nad oceną zagrożeń klimatycznych dla rolnictwa w Polsce jest Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa (Atlas..., 1990), opracowany we współpracy między Instytutem Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa w Puławach a Akademią Rolniczą w Szczecinie. Według autorów tego opracowania sprzed 21 lat, przeprowadzona analiza wskaźników agroklimatycznych „dawała podstawę do planowania i przewidywania rozwoju produkcji rolnej w Polsce”. Jednak wobec wzrostowych tendencji temperatury powietrza, stosowanie norm opartych na warunkach z przeszłości prowadzi do dużych błędów w analizach agroklimatycznych (Górski, Kozyra, 2011). Dlatego bardziej uprawnione jest wnioskowanie o zagrożeniach dla produkcji na podstawie tzw. scenariuszy klimatycznych. Dotychczasowe wyniki oparte na starej „normie” klimatycznej można więc traktować jako punkt odniesienia, a nie jako podstawę w rozważaniach o rozwoju produkcji rolniczej w Polsce w przyszłości. Podobnie jak w innych dziedzinach (np. gospodarka wodna, patrz: Milly i in., 2008), założenie stacjonarności („będzie tak, jak było”) nie jest odpowiednie w świetle już zaobserwowanych i oczekiwanych w przyszłości zmian globalnych, w tym zmian klimatycznych.

Autor do kontaktu:

Zbigniew W. Kundzewicz
e-mail: kundzewicz@yahoo.com
tel. +48 (61) 8475601 w. 24

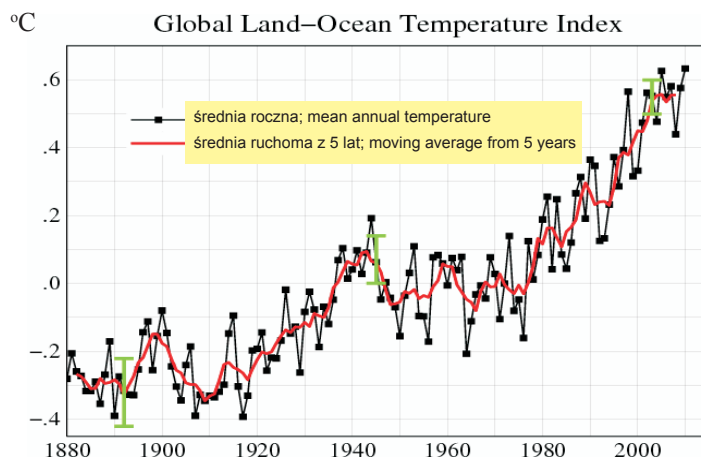
Praca wpłynęła do redakcji 3 października 2011 r.

Wobec „nowych” uwarunkowań klimatycznych rolnictwa zmienia się również cel pracy agroklimatologa. W „starej” rzeczywistości klimatycznej agroklimatolog głównie badał związki pomiędzy klimatem a wzrostem i plonowaniem roślin, w kontekście funkcjonowania systemów rolniczych, i formułował zalecenia dla praktyki, wskazując działania optymalizujące ukształtowane przez lata systemy produkcji. Obecnie od agroklimatologa oczekuje się opracowania podstaw do procesu dostosowania (adaptacji) istniejących systemów rolnictwa do zmieniającego się klimatu. W sensie globalnym, celem tego procesu jest nie tylko utrzymanie poziomu produkcji, ale jego wzrost umożliwiający wyżywienie zwiększającej się liczby ludności na Ziemi i spełnienie aspiracji do lepszego poziomu życia.

Zmiany klimatyczne polegają nie tylko na ociepleniu, które obserwujemy w każdej skali przestrzennej, od globalnej do punktowej. W istocie wraz z temperaturą zmieniają się wszystkie elementy sprzężonych systemów klimatu i zasobów wodnych, a w konsekwencji – także wielu systemów fizycznych, biologicznych i ludzkich (społeczno-ekonomicznych). Szereg ekstremów pogodowych (fale upałów, susze, intensywne deszcze i powodzie, silne wiatry) występuje coraz częściej i przybiera większe rozmiary. Ponadto, rolnictwo spełniać musi ostre normy środowiskowe, nie tylko ograniczające ryzyko przedostania się substancji biogennych do wód powierzchniowych czy gruntowych, ale również ograniczające emisje gazów cieplarnianych. Ograniczenie emisji w rolnictwie może nastąpić tylko przez zmiany w systemach produkcji, a najbardziej efektywną metodą tej redukcji jest ograniczenie nakładów środków produkcji (głównie nawożenia azotowego), co może kłócić się z podstawowym celem – zapewnienia wzrostu poziomu produkcji rolnej.

ZMIANY KLIMATU – OBSERWACJE I PROJEKCJE

W latach 2010 i 2011 wystąpiło w Polsce, na stacji Warszawa-Okęcie, kilka miesięcy o temperaturze poniżej średniej z wielolecia 1971–2000 (w tym: bardzo mroźny styczeń 2010 i anomalnie mroźny grudzień 2010). Jednak, w skali globalnej, rok 2010 był rekordowo ciepły i zakończył najcieplejsze globalnie dziesięciolecie w historii bezpośrednich obserwacji temperatury od 1880, tzn. w okresie, dla którego jesteśmy w stanie określić wartość temperatury globalnej (rys. 1). Rok 2010 był 34. kolejnym rokiem o średniej temperaturze globalnej wyższej niż średnia z XX wieku. Tempe-



Rys. 1. Odchylenia średniej temperatury globalnej od średniej z wielolecia 1951–1980 [°C], dla poszczególnych lat od 1880 do 2010, wg GISS NASA: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/fig.A2.gif> Pokazano średnią roczną temperaturę, średnią ruchomą z 5 kolejnych lat i zakres niepewności.

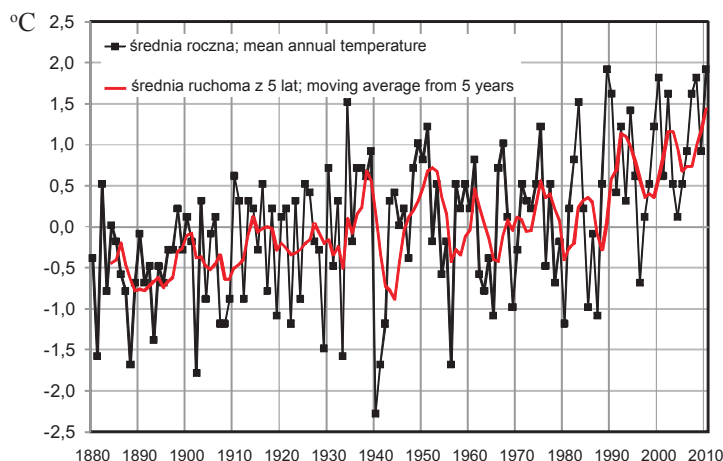
Fig. 1. Deviations of mean global temperature from a long-term mean corresponding to 1951–1980 [°C], for particular years from 1880 to 2010, after GISS NASA: <http://data.giss.nasa.gov/gistemp/graphs/fig.A2.gif>

Diagram illustrates mean annual temperature, moving average from 5 consecutive years and the uncertainty range.

ratura globalna rośnie od 40 lat, a począwszy od lat 60. XX w. każda dekada była cieplejsza od poprzedniej. Każdy kolejny rok kalendarzowy po roku 2000 (rys. 1) wpisuje się więc w obraz globalnie cieplejszego świata. Na liście 11 najcieplejszych globalnie lat znajdujemy wszystkie lata od 2001 włącznie i rok 1998. Zmiany nie są jednak regularne w czasie i przestrzeni – na zaobserwowany trend wzrostowy nakłada się silna zmienność – w pojedynczym roku przeciętna temperatura może się układać znacznie powyżej czy też znacznie poniżej ogólnej tendencji.

Ocieplenie widać wyraźnie także w Polsce, np. w Puławach, gdzie dostępny jest długi szereg czasowy obserwacji, od 1871 r. (rys. 2). Przebieg temperatury w Puławach (opracowany dla porównania podobnie jak dla temperatury globalnej – od 1880 roku) pokazuje, że zmienność czasowa procesów na pojedynczej stacji jest znacznie wyższa niż globalny agregat (patrz: rys. 1). Warto zwrócić uwagę na niezwykle silne wahania temperatury przed kilkudziesięciu laty, kiedy to w odstępie zaledwie kilku lat zdarzył się rok niezwykle ciepły (1934) i niezwykle zimny (1940), najzimniejszy w całym szeregu obserwacji.

Zmiany klimatu nie są niczym nowym, bowiem w historii Ziemi okresy chłodniejsze wielokrotnie przeplatały się z cieplejszymi. Istnieją jednak coraz mocniejsze przesłanki ku stwierdzeniu, że zachodzące obecnie zmiany klimatu różnią się w istotny sposób od wszystkich wcześniejszych okresów wzrostu temperatury w historii naszej planety, które wywołane były wyłącznie czynnikami naturalnymi, takimi jak: zmiany aktywności Słońca, parametrów orbitalnych czy naturalne zmiany składu ziemskiej atmosfery (np.



Rys. 2. Odchylenia średniej rocznej temperatury powietrza w Puławach od średniej z wielolecia 1951–1980 [°C], dla poszczególnych lat od 1880 do 2010. Źródło: Kozyra i in., 2009, materiały uzupełnione i zmodyfikowane.

Fig. 2. Anomalies of mean annual temperature at Puławy (deviations from a long-term mean corresponding to 1961–1990 [°C], for particular years from 1880 to 2010, after Kozyra i in., 2009, updated and modified.

poprzez wulkaniczną erupcję pyłów, aerozoli i dwutlenku węgla czy efekt kolizji meteoroidów z powierzchnią Ziemi). Obecnie najprawdopodobniej ziemski klimat ociepla się przede wszystkim z powodu wywołanego przez ludzi wzrostu stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze.

Zmiany klimatu aż do zakończenia ostatniej epoki lodowcowej odbywały się bez znaczącej obecności ludzkiej. Podczas wyjścia z ostatniej epoki lodowcowej na całej Ziemi żyło mniej ludzi niż dziś w jednej z kilkudziesięciu wielkich aglomeracji miejskich. Obecnie naszą planetę zamieszkuje ok. 7 miliardów ludzi, którzy zużywają coraz więcej energii i drastycznie zmieniają użytkowanie terenu, a w efekcie charakterystyki powierzchni Ziemi (np. poprzez zmiany użytkowania terenu – urbanizację, wylesienie, odrolnienie, odwodnienie mokradła) istotne w procesach przenoszenia masy i energii. Dlatego uzasadnione jest nazywanie naszych czasów epoką antropocenu, w której działania ludzkie dają efekt porównywalny z wielkoskalowymi procesami geologicznymi w przeszłości. Węgiel z zasobów kopalnych, które powstawały w skorupie ziemskiej przez miliony lat, jest uwalniany do atmosfery w ogromnych ilościach w postaci gazu cieplarnianego – dwutlenku węgla – w skali czasowej dziesięcioleci.

Badania z użyciem modeli matematycznych wzmacniają argumenty o antropogenicznym podłożu obecnych zmian klimatu. Przy założeniu wymuszeń naturalnych (zmiany aktywności słonecznej, erupcje wulkanów) i antropogenicznych (wzrost atmosferycznych stężeń gazów cieplarnianych i wzrost, a potem spadek zawartości aerozoli w atmosferze oraz wylesienie) jesteśmy w stanie odtworzyć, używając modeli, zasadnicze cechy zaobserwowanego przebiegu temperatury globalnej. Natomiast zakłada-

jąc wyłącznie wymuszenia naturalne, nie jesteśmy w stanie wytłumaczyć wzrostu temperatury w ciągu ostatnich 40 lat (Solomon i in., 2007). Skoro modele matematyczne radzą sobie z interpretacją zasadniczych zmian i wahań klimatu, jakie już zaobserwowano w okresie ostatnich 130–160 lat, można ich użyć do wnioskowania o przyszłości.

Zaistnienie i wielkość przyszłych zmian klimatu i ich konsekwencji zależą od scenariusza rozwoju społeczno-ekonomicznego, który ma wpływ na emisje gazów cieplarnianych, oraz od realizowanej polityki przeciwdziałania zmianom klimatu.

Projekcje na przyszłość przewidują dalsze, jeszcze bardziej intensywne, globalne ocieplenie co najmniej przez kilkadziesiąt lat, choć odchylenia od trendu (nawet dość silne) w krótkich okresach czasu są rzeczą normalną. Dlatego nie należy wyciągać pochopnych wniosków z obserwacji wystąpienia pojedynczego okresu (dnia, miesiąca, sezonu, czy roku) o temperaturze globalnej znacznie poniżej lub powyżej długoletniego zakresu zanotowanych wartości („normy”). Jeśli zdarzy się potężna erupcja wulkanu, może nastąpić krótkotrwałe (do kilku lat) ochłodzenie, ale potem temperatura będzie dalej rosła. Stężenie gazów cieplarnianych w atmosferze jest już bowiem wysokie, a – pomimo pewnych, mało skutecznych w skali światowej, prób ograniczenia emisji – nie widać końca wzrostu.

Skoro działalność człowieka jest odpowiedzialna za przeważającą część obecnego ocieplenia, to poprzez odpowiednie kształtowanie ludzkiej działalności można próbować ograniczać ocieplenie w dalszej perspektywie. Ponieważ jednak globalny system klimatyczny cechuje się znaczną bezwładnością, nie jesteśmy w stanie dziś skutecznie wpływać na klimat najbliższych dziesięcioleci – trzeba zatem oczekiwać globalnego ocieplenia rzędu 0,2°C na dekadę. Natomiast wielkość ocieplenia w następnych dziesięcioleciach będzie można ograniczyć poprzez podjętą odpowiednio wcześniej redukcję emisji gazów cieplarnianych do atmosfery i zwiększenie ich wiązania.

Potrzebna jest jednak wielka rozwaga i dyplomatyczna zręczność, by wynegocjować w Unii Europejskiej takie warunki zobowiązań dotyczących polskiego wkładu w przeciwdziałanie zmianom klimatu, które nie przyhamują społeczno-gospodarczego rozwoju Polski. Nasz kraj „węglem stoi”, więc perspektywa wysokiego opodatkowania emisji dwutlenku węgla i zagrożenie tzw. „wyciekaniem węgla”, a w konsekwencji utratą miejsc pracy w Polsce na rzecz krajów, które nie uczestniczą w światowym przeciwdziałaniu zmianom klimatu, mogą być powodem do obaw. Nie może być tak, że dla Polski kuracja jest gorsza od choroby.

Istnieją liczne przesłanki do stwierdzenia, że w wielu regionach globu niektóre szkodliwe lub katastrofalne zjawiska związane z pogodą, tak krótko-, jak i długookresowe (np. fale upałów i susze, intensywne opady, powodzie i tropikalne cyklony), stają się bardziej ekstremalne.

Regionalne projekcje temperatury (Christensen i in., 2007) wskazują znaczne i postępujące ocieplenie dla całego globu, a w tym dla Europy i Polski. Projekcje dla Europy na rok 2050 w oparciu o modele klimatyczne pokazują ocieplenie rzędu 1,5–3°C i 2–3°C, odpowiednio dla Europy północnej i południowej, ponad poziom z lat 1961–1990, przy założeniu scenariusza emisji gazów cieplarnianych A1B (van der Linden, Mitchell, 2009). Scenariusz ten (nazywany czasem – „światowy rynek”) zakłada bardzo szybki wzrost ekonomiczny; wzrost populacji globalnej do ok. 2050, a potem spadek; wprowadzenie nowych, wydajnych technologii; czerpanie energii ze zrównoważonych źródeł. Projekcje wskazują również na wzrost różnic między coraz bardziej wilgotną północą i coraz bardziej suchym południem Europy, zwłaszcza w lecie.

Postępujące ocieplenie klimatu Polski wydaje się przesądzone (Christensen i in., 2007) i to dla wszystkich pór roku, przy czym w zimie wzrost temperatury będzie najsilniejszy. Jednak właśnie w zimie odchylenia od trendu są najbardziej znaczące, bowiem niektóre zimy są bardzo łagodne, a inne – ciągle jeszcze (choć średnio – z mniejszą częstotliwością niż dawniej) bywają bardzo mroźne, np. 2005/2006, 2009/2010, 2010/2011.

Przy założeniu scenariusza emisji gazów cieplarnianych A1B, wszystkie modele klimatyczne rozważane przez Christensena i in. (2007) zgodnie wskazują wzrost temperatury w Polsce w przyszłości. Dla okresu zimowego (grudzień–luty) modele zgadzają się co do charakteru (choć nie amplitudy) zmian. Przewidywany jest wzrost zarówno temperatury, jak i opadów (przy coraz większym udziale deszczu i malejącym udziale śniegu), ale scenariusze zmian opadów sezonowych uzyskane za pomocą odmiennych modeli różnią się. Niektóre modele przewidują, że opady w lecie zwiększą się, a inne wskazują, że opady w lecie ulegną zmniejszeniu.

Nasza wiedza na temat przyszłych warunków klimatycznych jest jednak bardzo ograniczona i obciążona znacznym elementem niepewności (patrz: rozdział Ocena niepewności).

ZAGROŻENIA KLIMATYCZNE DLA ROLNICTWA I ROZWOJU WSI

Rolnictwo silnie zależy od warunków klimatycznych, ale też wpływa na klimat. W kontekście zmian klimatu pełni więc różnorakie role: ofiary, beneficjenta, współsprawcy zmian i sprzymierzeńca w przeciwdziałaniu zmianom.

Zagrożenia klimatyczne dla rolnictwa w Polsce zostały zdefiniowane i opisane w szeregu publikacji agroklimatologów, a podsumowaniem tych prac jest Atlas klimatyczny

elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa w Polsce (1990). Atlas ten prezentuje mapy, zestawienia tabelaryczne i wykresy ilustrujące przestrzenną zmienność elementów klimatu, ich zmienność czasową oraz natężenie zmian. Przeprowadzona synteza miała dawać podstawy do planowania i przewidywania rozwoju produkcji rolnej w Polsce. Jednak z uwagi na zachodzące i prognozowane zmiany klimatu, proces planowania działań długoterminowych dla rolnictwa w Polsce staje się znacznie bardziej skomplikowany, czasochłonny oraz obciążony większym ryzykiem przyjęcia nieodpowiednich założeń planistycznych. Potrzebę bieżącej aktualizacji oceny zagrożeń klimatycznych dla rolnictwa uzasadnia również obserwowany w ostatnich latach w Polsce przebieg pogody, a w efekcie większa zmienność plonowania, pojawianie się nowych zagrożeń roślin uprawnych ze strony szkodników, chorób i chwastów.

Zmiany klimatu wpływają na produkcję rolną na co najmniej sześć sposobów (Olesen i in., 2011). Można wyróżnić trzy efekty bezpośrednie:

- wpływ rosnącego stężenia CO₂ na produktywność upraw i efektywność wykorzystania zasobów (wody i składników pokarmowych);
- wpływ zmian temperatury, opadu, promieniowania słonecznego i wilgotności itd. na rozwój roślin i na wysokość plonu;
- zmiany strat spowodowanych szkodliwymi zjawiskami pogodowymi (np. fale upałów, mrozy i przymrozki, susze, opady intensywne i powodzie);

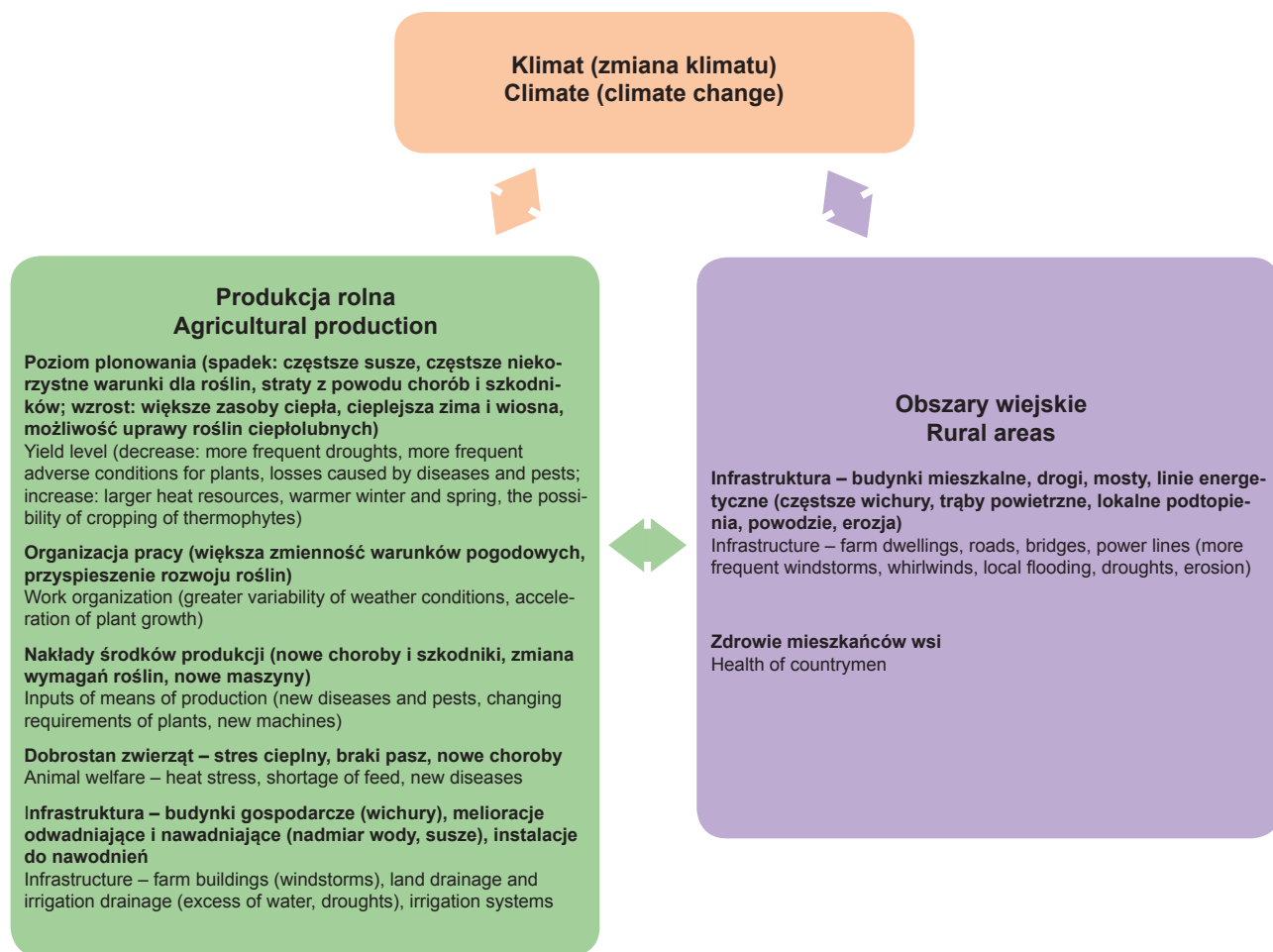
oraz trzy efekty pośrednie:

- zmiany przydatności różnych gatunków i odmian roślin uprawnych na danym obszarze (w szczególności – zmiana zasięgu roślin ciepłolubnych w kierunku północnym);
- zmiany odżywiania roślin i występowania chwastów, szkodników i chorób;
- zmiany w oddziaływaniu na środowisko (np. wymywanie składników odżywczych) lub degradacja systemu fizycznego (np. erozja gleb).

Efekty pośrednie zestawione powyżej są słabiej zbadane niż efekty bezpośrednie.

Schemat zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do produkcji rolnej i rozwoju obszarów wiejskich jest przedstawiony na rysunku 3.

Zaobserwowano już w rolnictwie ważne konsekwencje zmian klimatu (Tubiello i in., 2007). Efekt korzystnego działania zwiększonej zawartości dwutlenku węgla w atmosferze na plonowanie, udowodniony w badaniach laboratoryjnych i uwzględniany w dotychczasowych symulacjach plonowania w warunkach zmiany klimatu, okazał się jednak przeszacowany w stosunku do uzyskanych ostatnio wyników z badań polowych (Long i in., 2006). Efekt ten miał zmniejszać niekorzystne skutki niedoborów wody. Stwierdzono, że plony pszenicy ozimej w okresie 1981–2002 zwiększyły się z powodu wzrastającej zawartości



Rys. 3. Schemat zagrożeń klimatycznych w odniesieniu do produkcji rolnej i rozwoju obszarów wiejskich
Fig. 3. Scheme of climatic threats with regards to agricultural production and development of rural areas.

dwutlenku węgla w atmosferze tylko o 0,5%, choć wcześniej sądzono, że powinny globalnie wzrosnąć o 3,5%. Przyczyną tak małego wzrostu może być niekorzystny dla plonowania wpływ zjawisk atmosferycznych w tym okresie (Lobell, Field, 2007). Szacunki wskazują na wyhamowanie obserwowanego od 1960 r. trendu wzrostowego plonowania większości roślin uprawnych. Trzykrotny wzrost produktywności pszenicy, jęczmienia, kukurydzy, ryżu i owsa odnotowany od 1960 roku uzyskano dzięki postępowi w hodowli roślin, w ochronie roślin i w agrotechnice. Wobec wzrastającej globalnie liczby ludności, zahamowanie światowego tempa wzrostu plonów w efekcie niekorzystnych zmian klimatycznych spowoduje jednak poważne problemy związane z globalnym bezpieczeństwem żywnościowym. Do 2050 roku oczekuje się od rolnictwa wzrostu produktywności w zakresie od 70 do 100% obecnego poziomu produkcji. Sprostanie tym oczekiwaniom

wymaga znaczących zmian w technologiach produkcji i strukturze upraw oraz wyhodowania wyżej plonujących i odpornych na stresy klimatyczne odmian roślin uprawnych (Godfray i in., 2010). Przytoczone powyżej uwarunkowania nie mogą skłaniać do optymizmu, zwłaszcza w obliczu powszechnych oczekiwań odnośnie przyjaznych dla środowiska metod produkcji rolniczej, ograniczenia emisji gazów cieplarnianych, jak również – szczególnie w Polsce – braku społecznej akceptacji dla uprawy roślin zmodyfikowanych genetycznie (GMO).

Zgodnie z termodynamiką, w cieplejszym klimacie roślinie intensywność opadów. Dłuższe okresy posuszne przedzielane są intensywnymi opadami, co powoduje niekorzystne konsekwencje. Tam, gdzie roślinie intensywność opadów, roślinie także ryzyko powodziowe. Globalnie, znacznie zwiększyła się już powierzchnia obszarów dotkniętych silną suszą (Rosenzweig i in., 2007).

Analiza warunków agroklimatycznych w ostatnich latach oraz warunków prognozowanych w Europie na przyszłe dziesięciolecie wykazała, że rolnictwo podlega coraz większemu ryzyku klimatycznemu (Trnka i in., 2011). Istnieje ryzyko wzrostu częstotliwości wystąpienia lat o niekorzystnych warunkach klimatycznych, a przez to – silniejszej zmienności plonowania z roku na rok. Stanowi to duże wyzwanie dla prawidłowego prowadzenia gospodarstwa, jak również dla stabilności funkcjonowania rynków rolnych. Efekt większej zmienności plonowania w ostatnich latach, spowodowany częstszym występowaniem niekorzystnych dla plonowania zjawisk klimatycznych, wykazano również w analizie warunków agroklimatycznych w Polsce (Koźmiński, Michalska, 2010). Zmienność plonowania pszenicy w okresie 1955–1971 w porównaniu z okresem 1990–2007 wzrosła z 6 do 9,4%, żyta z 9,4 do 10,3%, jęczmienia jarego z 6,2 do 9,8%, a ziemniaka z 9,4 do 13,2% (Górski i in., 2008). Okazuje się, że zmienność plonowania pszenicy ozimej jest obecnie na poziomie zmienności plonowania roślin okopowych, których plony były wcześniej uznawane za najmniej stabilne (Koźmiński, Michalska, 2010).

Tabela 1 pokazuje ścisły związek między urodzajem a wartością wskaźnika pogodowego plonu. W roku o wartościach wskaźnika pogodowego plonu powyżej normy (np. 2004) urodzaj był istotnie wyższy od średniej, a w przypadku roku o wartościach wskaźnika pogodowego plonu poniżej normy (np. 2006) znacząco niższy od średniej.

Zaobserwowano istotne zmiany w systemach biologicznych, w tym zmiany fenologiczne roślin: terminów rozwijania się liści, kwitnienia, dojrzewania owoców, oraz aktywności fauny – pojawiania się motyli, czasu przylotów i odlotów ptaków.

Tabela 1. Plony w Polsce (wg GUS, 2010) w latach 2004–2009 i wskaźnik pogody plonu (wg IUNG). Wytłuszczono wartości najwyższe, a wartości najniższe oznaczono kursywą.
Table 1. Yield in Poland (according to GUS, 2010) in 2004–2009 and weather field indicator (acc. to IUNG). Highest values are marked in bold and lowest values – in italics.

Wyszczególnienie Specification	2004	2005	2006	2007	2008	2009
Plony; Yield [dt·ha ⁻¹]						
Pszenica; Wheat	42,8	39,5	<i>32,4</i>	39,4	40,7	41,7
Żyto; Rye	27,6	24,1	<i>19,9</i>	23,7	24,7	26,6
Ziemniak; Potato	196	176	<i>150</i>	207	191	191
Burak cukrowy Sugar beet	428	<i>416</i>	438	513	465	543
Wskaźnik pogodowy plonu; Weather field indicator						
Pszenica; Wheat	+11%		-22%			
Żyto; Rye	+8%		-14%			
Ziemniak; Potato	+8%		-29%			
Burak cukrowy Sugar beet	+7%		-26%			

Zaobserwowano zmiany zasięgu szkodników i chorób. Podczas upalnych lat owady są w stanie wyprowadzić większą liczbę pokoleń, zwiększając zagrożenie dla roślin uprawnych. W Polsce pojawił się już problem wcześniejszego występowania szkodników zbóż, np. skrzyplonek, co powoduje potrzebę większego zużycia środków ochrony roślin oraz terminowego zwalczania szkodników. Zaobserwowano w uprawach większą presję chwastów zaliczanych do grupy ciepłolubnych (Gołębiowska, Snopczyński, 2008). W efekcie występuje większe ryzyko strat w plonach (Walczak, Tratwal, 2009). Z powodu wzrostu powierzchni uprawy kukurydzy w ostatnich latach w Polsce, w wyniku wzrostu zasobów ciepła (Nieróbca, Kozyra, 2010), wzrasta w kierunku północnym zasięg szkodników kukurydzy, występujących dotychczas w tylko południowej Polsce, takich jak omacnica prosowianka (Lisowicz, 2003) oraz zachodnia kukurydziana stonka korzeniowa (Bereś, Sionek, 2007). Udowodniono laboratoryjnie, a następnie zaobserwowano w warunkach polowych, że wyższa temperatura w jesieni zmienia cykl rozwojowy mszycy czeremchowej, która żeruje obecnie jesienią na oziminach i przenosi choroby wirusowe (Ruszkowska, 2010).

W Europie Środkowej i Północnej, a także w Polsce, wzrosła długość sezonu wegetacyjnego, a to wpływa na przesunięcie kalendarza upraw i praktyk rolniczych. Należy podkreślić, że samo wydłużenie się okresu wegetacyjnego nie jest tak istotnym wskaźnikiem agroklimatycznym jak fakt wyższej temperatury podczas wegetacji roślin, który to czynnik wpływa na wzrost zasobów ciepła. Sezon wegetacji roślin (okres od siewu do dojrzałości) w wyniku wzrostu zasobów ciepła skraca się, co stwarza możliwość wprowadzania do uprawy poplonów, ale jednocześnie może powodować redukcję plonów upraw podstawowych. Szacuje się, że wzrost temperatury okresu wegetacyjnego o 1°C przyspiesza dojrzewanie pszenicy o jeden tydzień, natomiast kukurydzy o 2 tygodnie (Górski, 2006). W warunkach Polski wzrost temperatury obniża plony pszenicy, a zwiększa plony kukurydzy.

Rosną negatywne skutki zdrowotne i śmiertelność wywołana falami upału w Europie, jako łączny efekt wzrostu temperatury i starzenia się społeczeństwa. Ma to również znaczenie dla zdrowia mieszkańców obszarów wiejskich. W ostatnim dziesięcioleciu zanotowano w Europie dziesiątki tysięcy dodatkowych zgonów podczas fal upałów, szczególnie w roku 2003 i 2010. Coraz silniejsze i częstsze fale upałów, w połączeniu z zanieczyszczeniami powietrza i alergenami, dają się szczególnie we znaki osobom starszym i chorym oraz małym dzieciom. Zaobserwowano także zmiany zasięgu niektórych wektorów przenoszących choroby – np. kleszcz występuje obecnie w Skandynawii znacznie bardziej na północ w porównaniu z tradycyjnym zasięgiem (Rosenzweig i in., 2007, Kundzewicz, Kowalczak, 2008).

Niekorzystne zmiany klimatu w Polsce, zagrażające rozwojowi rolnictwa, można zilustrować za pomocą

wskaźnika ER1, określającego stosunek energii użytej w procesie ewapotranspiracji rzeczywistej do energii potrzebnej do wyparowania opadu, zaproponowanego przez Kedziorę (por. Kundzewicz i in., 1996).

$$ER1 = -LE (P \cdot \lambda) \quad [1]$$

gdzie: LE – strumień ciepła utajonego,

P – suma opadów atmosferycznych w rozważanym okresie

λ – ciepło utajone parowania.

Wartości wskaźnika ER1 ilustrują zagrożenie suszą. Przy ER1=1 paruje cały opad. Rysunek 4 przedstawia rozkład przestrzenny wskaźnika ER1 dla lata (czerwiec–sierpień) na obszarze Polski, dla dwóch horyzontów czasowych: okresu kontrolnego 1961–1990 oraz projekcje dla okresu przyszłego 2061–2090 (Szwed i in., 2010). Jedynie w północnych i południowych częściach kraju występują oczka sieci o wartości wskaźnika ER1 poniżej 1, ale ich liczba maleje z 27 w okresie kontrolnym do 10 w okresie późniejszym o 100 lat. Niedobory wody w sezonie wegetacyjnym (kiedy sumaryczna objętość ewapotranspiracji przekracza sumę opadu) występują już teraz, ale będą częstsze i bardziej dotkliwe w przyszłości.

Można obawiać się, że susza tzw. stuletnia, określona według kryteriów przyjętych dla okresu referencyjnego, będzie w całej Polsce występowała częściej w przyszłości (Lehner i in., 2006).

Przy niewielkim ociepleniu, zagregowane efekty globalne zmian klimatu dla produkcji rolnej mogą być korzystne, choć już nawet małe ocieplenie może być niekorzystne dla konkretnego regionu, np. w Afryce. Projekcje wskazują, że lekkie ocieplenie może poprawić plony w średnich i wysokich szerokościach geograficznych, dzięki dłuższemu sezonowi wegetacyjnemu i łagodniej-

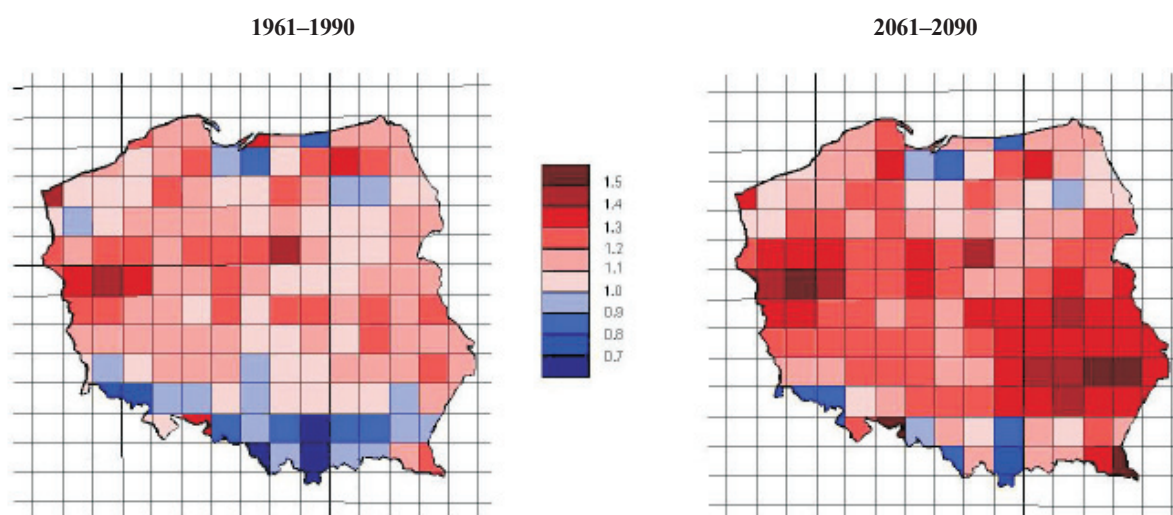
szym zimą, ale niedobór wody oraz skrócenie okresu wzrostu wielu gatunków roślin mają niekorzystny wpływ na produkcję roślinną. Istotna jest także przestrzenna nierównomierność rozkładu konsekwencji – kraje położone w średnich lub wysokich szerokościach geograficznych, a więc rozwinięte, mogą skorzystać ze zmian klimatu, ale straci większość krajów położonych w niskich szerokościach geograficznych, a więc rozwijających się (Parry i in., 2007; Stern, 2007). W wielu obszarach rośnie wyrazistość niekorzystnych skutków zmian klimatu.

Prawdopodobieństwo dotkliwych konsekwencji zmian klimatu rośnie wraz ze wzrostem szybkości i amplitudy zmian. Ocenia się, że przy znaczącym ociepleniu straty przeważałyby nad korzyściami.

Można oczekiwać istotnych zmian klimatycznych warunków produkcji rolnej w Europie, która jest ograniczona temperaturą na północy i na północnym wschodzie oraz dostępnością wody na południu. Zmiany klimatu złagodzą pierwsze z tych ograniczeń – będą więc zasadniczo korzystne na północy, a powiększą drugie – będą więc niekorzystne na południu.

Dzięki wykorzystaniu wskaźników agrometeorologicznych, uwzględniających rozwój roślin oraz praktyki rolnicze w poszczególnych krajach, wykazano, że efekty suszy powodujące znaczące straty w plonach dadzą się we znaki również w północnej Europie, uznawanej dotychczas za obszar, gdzie dominują korzystne skutki związane z prognozowaną zmianą klimatu. Problemy takie nie były wcześniej sygnalizowane przede wszystkim z powodu braku scenariuszy dobowych zmian klimatu, wymaganych do analiz agroklimatycznych (Porter, Semenov, 2005).

Projekcje zmian klimatu na obszarze Polski wskazują, że rolnictwu i obszarom wiejskim zagrażają także inten-



Rys. 4. Zmiany wskaźnika ER1 dla lata (czerwiec-sierpień) na obszarze Polski (źródło: Szwed i in., 2010)

Fig. 4. Changes in ER1 indicator for summer (June-August) at the territory of Poland (source: Szwed et al., 2010).

sywne opady, powódzie i osuwiska, silne wiatry oraz wzrost poziomu morza (patrz: Starkel, Kundzewicz, 2008).

OCENA NIEPEWNOŚCI

Modele klimatu zgadzają się co do kierunku przyszłych zmian temperatury (choć niekoniecznie co do wartości), przewidując wszędzie ocieplenie. Większa jest niepewność projekcji opadu i zmiennych zależnych od opadu. W wysokich szerokościach geograficznych i w części strefy tropikalnej modele klimatyczne zgodnie symulują wzrost opadu. W niektórych obszarach podzwrotnikowych i obszarach średnich szerokości geograficznych (np. basen Morza Śródziemnego) modele klimatyczne zgodnie pokazują, że opady w lecie zmniejszą się. Między tymi strefami zgodnego wzrostu i zgodnego spadku leżą jednak obszary o znacznej niepewności projekcji opadu, dla których symulacje z użyciem różnych modeli klimatycznych nie są zgodne nawet co do kierunku zmian.

Zmiany klimatu istotnie zwiększają zakres niepewności, wykraczając poza obszar objęty poprzednimi doświadczeniami.

Różnice w projekcjach zmian klimatu dla jednego modelu klimatycznego i różnych scenariuszy emisji gazów cieplarnianych w horyzoncie czasowym najbliższych dziesięcioleci są stosunkowo małe. Wyższe mogą być różnice między modelami (dla tego samego scenariusza emisji). Dla dalszych dziesięcioleci różnice pomiędzy różnymi scenariuszami emisji dominują ponad różnicami między modelami.

Podstawowym elementem oceny wpływu zmian klimatycznych na rolnictwo jest ocena produktywności upraw, która wykonywana jest najczęściej z wykorzystaniem modeli symulacyjnych wzrostu i plonowania roślin (Trnka i in., 2011). Modele te opisują oddziaływanie czynników klimatycznych na rozwój roślin, uwzględniając zmiany zawartości dwutlenku węgla w atmosferze, czynniki glebowe oraz stosowane metody agrotechniki. Modele te jednak nie opisują szeregu czynników istotnych dla formowania się plonu, a zależnych od przebiegu pogody, np. występowania chorób i szkodników roślin uprawnych czy chwastów (Olesen i in., 2011). Źródłem możliwych błędów w szacunkach wpływu prognozowanego ocieplenia na plonowanie, większym nawet od wyboru scenariusza klimatycznego, może być także przyjęcie uproszczonych założeń dotyczących lokalnych uwarunkowań środowiskowych produkcji rolniczej, reakcji lokalnych odmian roślin uprawnych na niekorzystne warunki pogodowe, jak również założeń dotyczących organizacji produkcji (Olesen i in., 2007).

Wymienione powyżej źródła niepewności prowadzonych analiz skłaniają naukowców do podejmowania prac z wykorzystaniem znacznie prostszych statystyczno-empirycznych modeli plonowania. Modele takie nie wymagają szczegółowych informacji o warunkach środowiskowych i agrotechnice, a jedynie charakterystyk agrometeorologicznych, które są korelowane z uzyskiwanymi plonami

(Lobell, Burke, 2010). Światowe systemy zbierania danych meteorologicznych, jak również danych o plonowaniu upraw umożliwiają obecnie budowę globalnych statystyczno-empirycznych modeli plonowania (Lobell, Field, 2007). Ograniczeniem stosowalności statystyczno-empirycznych modeli plonowania opracowanych dla danego kraju jest jednak brak możliwości ich bezpośredniego przeniesienia do innych regionów (Górski, 1996). Dostrzeżone źródła niepewności prowadzonych analiz z wykorzystaniem modeli, w konfrontacji z obserwowanymi znaczącymi stratami w produkcji rolnej w ostatnich latach, które przypisuje się niekorzystnym czynnikom pogodowym, skłaniają naukowców do poszukiwania alternatywnych sposobów analiz oraz projekcji warunków klimatycznych w warunkach zmieniającego się klimatu (Tubiello i in., 2007). Najczęściej analizuje się dane dotyczące notowanych plonów w dłuższych okresach i poszukuje się wyjaśnienia obserwowanej w ostatnich latach większej zmienności plonowania (Peltonen-Sainio i in., 2010). Prowadzone są badania ankietowe wśród ekspertów i rolników, którzy identyfikują bezpośrednie przyczyny spadków plonów (Olesen i in., 2011), jak również analizowane są najistotniejsze dla plonowania wskaźniki agroklimatyczne (Trnka i in., 2011).

W Polsce badania związane z wpływem zmiany klimatu na plonowanie prowadzono głównie z wykorzystaniem modeli statystyczno-empirycznych opracowanych dla warunków naszego kraju (Górski i in., 1997; Sadowski i in., 2009) oraz przy identyfikacji zagrożeń dla rolnictwa spowodowanych przez zjawiska ekstremalne (Górski i in., 2008). Choć modele te nie uwzględniały np. czynnika wzrostu zawartości dwutlenku węgla w atmosferze, na ogół wyniki symulacji były zgodne z szacunkami uzyskanymi w skali europejskiej (Górski, 2006). Problematykę zmian najistotniejszych dla plonowania wskaźników agroklimatycznych w Polsce dokumentuje ostatnio szereg prac opublikowanych w ramach realizacji projektu ADAGIO (Leśny i in., 2010).

Niepewności ocen zmian klimatu i ich konsekwencji są znaczne. Aby zredukować zakres niepewności, należy prowadzić intensywne badania naukowe w tej dziedzinie.

DZIAŁANIA W KIERUNKU OGRANICZANIA ZAGROŻEŃ KLIMATYCZNYCH (PRZECIWDZIAŁANIE ZMIANOM KLIMATU I ADAPTACJA DO NICH)

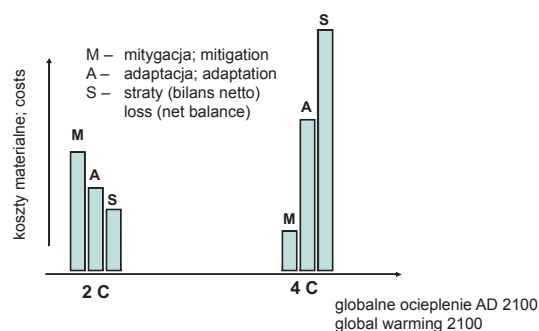
Wielu niekorzystnych konsekwencji zmian klimatu można by uniknąć, osłabić je, czy też opóźnić poprzez przeciwdziałanie zmianom klimatu. Ograniczanie wzrostu stężeń dwutlenku węgla, metanu i podtlenku azotu w atmosferze wydaje się niezbędne dla złagodzenia tempa zmian klimatu i ich niekorzystnych skutków. Potrzebne jest skoordynowane i globalne działanie w kierunku powstrzymania intensyfikacji efektu cieplarnianego, spowodowanego w znacznej mierze wzrostem spalania węgla, ropy i gazu

i redukcją sekwestracji węgla (wiązań CO_2) przez rośliny.

Ambitnym, ale mało realnym, celem w zakresie przeciwdziałania globalnemu ociepleniu, forsowanym przez Unię Europejską jest ograniczenie ocieplenia do względnie bezpieczniej wartości nieprzekraczającej 2°C w horyzoncie roku 2100 w porównaniu z okresem przedprzemysłowym. Krokiem w kierunku ograniczenia ocieplenia jest pakiet energetyczno-klimatyczny Unii Europejskiej, zakładający redukcję emisji gazów cieplarnianych w UE o przynajmniej 20% do roku 2020 w porównaniu z poziomem roku 1990. Do roku 2020 co najmniej 20% energii powinno pochodzić ze źródeł odnawialnych, a efektywność energetyczna winna wzrosnąć o co najmniej 20%. Unia Europejska nawołuje także do globalnej redukcji emisji gazów cieplarnianych o 50% do 2050 r. Jednak sama Europa, która emituje do atmosfery tylko kilkanaście procent światowego ładunku gazów cieplarnianych, nie ochroni ziemskiego klimatu. Potrzebne są skuteczne działania w krajach, które emitują najwięcej gazów cieplarnianych – przede wszystkim w Chinach i USA (Kundzewicz, Kowalczak, 2008). Potrzebne są światowe uzgodnienia dotyczące ram ograniczeń (idące znacznie dalej niż dalece niewystarczający Protokół z Kioto), a następnie działania na poziomie krajów (o charakterze fiskalnym, legislacyjnym i technicznym), które pozwolą na realizację ustaleń. To wyzwanie, jakiego nie zna świat. Jeszcze nigdy nie osiągnięto powszechnego porozumienia w kwestii, która pociąga istotne koszty. Dlatego nie ma gwarancji, że uda się pohamować rozwój światowej „gorączki” i towarzyszące symptomy (kurczenie się kriosfery, wzrost poziomu morza i zmiany opadów).

Kosztów zapobiegania ociepleniu nie da się uniknąć. Ale ekonomiści oceniają, że koszty zaniechania byłyby wyższe niż koszty przeciwdziałania globalnemu ociepleniu (Parry i in., 2007; Stern, 2007). Z obszernego studium podjętego w Wielkiej Brytanii (Stern, 2007) wynika, że roczne straty spowodowane zmianami klimatu mogą wzrosnąć do przynajmniej 5% światowego produktu, a przy rozważeniu szerszego wachlarza skutków i mniej prawdopodobnych wariantów – nawet do 20% i więcej. Według Sterna (2007), koszt redukcji gazów cieplarnianych, umożliwiający uniknięcie najgorszych skutków zmian klimatu, byłby rzędu 1% światowego produktu (przy założeniu, że celem jest ograniczenie maksymalnych stężeń dwutlenku węgla w atmosferze do 450–550 ppm CO_2 -eq). Z przeprowadzeniem znacznej redukcji emisji nie można zwlekać, bo późniejsza redukcja musiałaby być znacznie bardziej restrykcyjna, a więc bardziej kosztowna. Koszty silnie zależą od zamierzonego poziomu stabilizacji dwutlenku węgla w atmosferze.

Bez efektywnej polityki klimatycznej (tzw. mitygacji) ocieplenie w horyzoncie roku 2100 będzie zapewne znacznie wyższe niż 2°C . W pewnym uproszczeniu można je określić jako ocieplenie o 4°C . A zatem warto porównać dwa skrajne warianty rozwoju sytuacji (rys. 5): ocieplenie



Rys. 5. Schematyczne porównanie dwóch wariantów ocieplenia w horyzoncie roku 2100, o 2°C i o 4°C ponad poziom przedprzemysłowy

Fig. 5. Schematic comparison of two variants of warming in the time horizon of the year 2100, by 2°C and by 4°C above the pre-industrial level.

dwustopniowe (z którymi wiążą się dość wysokie koszty przeciwdziałania ociepleniu, czyli mitygacji, ale stosunkowo niższe koszty adaptacji i niższe straty) lub ocieplenie czterostopniowe („oszczędzamy” na mitygacji, ale ponosimy znacznie wyższe koszty adaptacji i strat).

Ponieważ dalsze ocieplenie jest nieuchronne, potrzebna będzie jednak, w coraz większym stopniu, także adaptacja do zmian. A więc odpowiedź na pytanie: „przeciwdziałanie czy adaptacja?” jest oczywista – niezbędne jest jedno i drugie.

Potrzebna jest więc adaptacja rolnictwa do zmieniających się warunków klimatycznych. „Wygrani” powinni wykorzystać szanse stworzone przez zmiany klimatu, a „przegranii” – zredukować niekorzystne skutki. „Przegranymi” jest już sporo i ich liczba rośnie w zmieniającym się klimacie.

Odpowiednio przemysłane działania zapobiegające zmianom klimatu i przeciwdziałające niekorzystnym skutkom (adaptacja do zmian klimatu) mogą, i powinny, być integralną częścią trwałego i zrównoważonego rozwoju i wzmacniać się wzajemnie. Istnieje szereg powodów (nie tylko zmiany klimatu), dla których warto oszczędzać energię, wodę i surowce. Ze wszech miar korzystne jest powiększanie retencji wodnej, zwłaszcza – małej retencji, np. oczka wodne, mokradła.

Rozwiązanie korzystne dla przeciwdziałania ociepleniu nie musi być jednak korzystne dla adaptacji. Ochrona klimatu przez wiązanie węgla w roślinności może prowadzić do wzrostu problemów związanych ze spadkiem dyspozycyjnych zasobów wody, ze względu na wysokie parowanie i transpirację. Wielka retencja wody, np. w zbiornikach zaporowych, jest natomiast korzystna zarówno dla adaptacji (łagodzenie ekstremów hydrologicznych), jak i ochrony klimatu (hydroenergetyka – produkcja energii bez emisji CO_2). Jednak istnieją inne aspekty ograniczające sto-

sawalność tego rozwiązania (konsekwencje ekologiczne, uniemożliwienie migracji ryb, konieczność przesiedlenia znacznej liczby ludzi), które *nota bene* jest bardzo kosztowne.

W oparciu o wyniki projektu UE PESETA (Projection of Economic impacts of climate change in Sectors of the European Union based on Bottom-up Analysis), wśród potencjalnych działań adaptacyjnych i mechanizmów na poziomie gospodarstwa można wyodrębnić takie obszary działania jak: wybór upraw (mechanizmy: odporność na wysoką temperaturę i suszę, odporność na szkodniki, stosowanie szybciej (lub wolniej) dojrzewających upraw, i stosowanie mieszanek upraw); orka i terminy zabiegów (zmiana terminu siewu, niwelacja pól, odłogowanie i mulczowanie, płodozmian, zmiany sezonów uprawy); uprawa roślin (gęstość siewu, wsiewki); nawadnianie i gospodarka wodna (zwiększenie efektywności nawodnień, przechwytywanie wody); stosowanie agrochemikaliów (zmiany ilości stosowania nawozów, dostosowanie terminów aplikacji, zmiany w stosowaniu herbicydów i pestycydów).

Działania adaptacyjne na poziomie gospodarstwa obejmują dostosowanie upraw do zmieniających się warunków i wahań temperatury oraz opadów (Alcarno i in., 2007; Moriondo i in., 2010; Szwed i in., 2010). Chodzi np. o wymianę odmian na bardziej odporne na suszę, o dłuższym okresie wypełniania ziarna; zmianę terminów siewu i innych zabiegów; wprowadzenie do uprawy nowych roślin i odmian roślin uprawnych dostosowanych do zmienionych warunków siedliskowych, np. roślin ciepłolubnych. Odmiany o dłuższym cyklu rozwojowym mogą wykorzystać wzrost czasu trwania okresu wegetacyjnego w Polsce, ale susze i wysoka temperatura skracają cykl rozwojowy. Potrzebna jest aktualizacja oceny przydatności upraw i wykorzystywanych technologii produkcji, efektywnych w warunkach „nowego” klimatu. Niektóre proste zalecenia adaptacyjne są łatwo wprowadzane do praktyki, np. zmiany terminów siewu i zbioru (Olesen, Bindi, 2002), natomiast inne wymagają wsparcia na poziomie politycznym. W Unii Europejskiej wskazuje się, że instrumentem wspierającym adaptację powinna być Wspólna Polityka Rolna UE, np. poprzez zachęty rolników do dywersyfikacji dochodów w gospodarstwie – przez uprawę nie jednej, a kilku roślin towarowych (Reidsma, Ewert, 2008). Innym, prostym ze względu na mechanizm, a zarazem trudnym we wprowadzeniu dla praktyki, działaniem adaptacyjnym jest zalecenie powrotu do klasycznych metod uprawy w płodozmianie czy np. zwiększenie nawożenia nawozami organicznymi lub wprowadzenie do uprawy roślin motylkowatych. Ogranicza się w ten sposób presję chorób i szkodników, przez co można osiągnąć ograniczenie zużycia środków ochrony roślin, a jednocześnie korzystnie wpływa się na zasoby materii organicznej w glebie, co w dłuższym horyzoncie może łagodzić wahania plonów. Działania tego typu przynoszą podwójne korzyści: wspie-

ranie procesu adaptacji rolnictwa, jak również ograniczanie wpływu rolnictwa na klimat (Smith, Olesen, 2010).

Ważnym elementem adaptacji jest nawadnianie, które może zniwelować negatywne aspekty zmian klimatu – niedobór wody, przede wszystkim w przypadku upraw jarych. Bardzo istotne są więc wszelkie działania w kierunku zwiększenia zasobów wodnych i możliwości retencji (retencja powierzchniowa, gruntowa, i podziemna, transfer wody, usuwanie inwazyjnej roślinności). Analiza kosztów i zysków umożliwia określenie ekonomiki nawadniania, tzn. porównania korzyści finansowych spowodowanych wzrostem plonów oraz kosztów nawadniania (inwestycji i eksploatacji). Niezbędne jest poszukiwanie oszczędności wody („negaliry”, a więc ujemne litry) w dodatku do możliwości zwiększenia wolumenu doprowadzanej wody („megaliry”). W grę wchodzi – poprawa efektywności nawadniania (slogan „więcej plonu z jednej kropli”), zmiany praktyk agrotechnicznych (dla minimalizacji straty wilgoci w glebie; użycie rotacji upraw) czy wprowadzenie nowych odmian, odpornych na suszę. Należy chronić wilgoć w glebie (np. przez mulczowanie).

Strategia gospodarki wodnej na obszarach rolniczych Polski wymaga podjęcia następujących kroków, które mogą zwiększyć ilość wody w krajobrazie, wydłużyć czas jej przebywania i zwiększyć intensywność jej obiegu (Kundzewicz, Kędziora, 2010):

- zwiększenie małej retencji poprzez odbudowę zniszczonych małych zbiorników wodnych i poprawę struktury gleby;
- zwiększenie zawartości materii organicznej w glebach dla zwiększenia ich zdolności retencyjnych;
- odpowiednie kształtowanie szaty roślinnej prowadzące do zwiększenia infiltracji, a zmniejszenia wpływu powierzchniowego i parowania potencjalnego;
- wyhodowanie bardziej wodooszczędnych odmian roślin uprawnych.

Adaptacja na poziomie krajowym wymaga poprawy systemów osłony przed klęskami żywiołowymi (ulewy, powódzie, osuwiska, fale upałów, susze, plagi, pożary, epidemie), złożonych z systemów prognozy, prewencji, przygotowania, odpowiedzi i wychodzenia z kryzysu.

Warto zastanowić się nad 13 istotnymi pytaniami dotyczącymi adaptacji, sformułowanymi w publikacji „Achieving adequate adaptation in agriculture” (Burton, Lim, 2005):

1. Na ile istniejące systemy produkcji rolniczej mogą adaptować się do zmian klimatu?
2. W jakim stopniu można ograniczyć skutki zmian klimatu przez adaptację?
3. Jakie są koszty i korzyści wynikające z adaptacji i jak zostaną one rozdystrybuowane?
4. Jakie są nowe możliwości produkcji rolnej w nowych warunkach klimatycznych?
5. Gdzie i dlaczego adaptacja będzie najbardziej efektywna, a gdzie najmniej?

6. Co powinno się zrobić w celu oceny możliwości adaptacji?
7. Jakie są przeszkody w skutecznej adaptacji i jak można im zaradzić?
8. Czy podaż żywności jest zagrożona z powodu zmian klimatu?
9. Jakie są nowe zagrożenia dla produkcji rolniczej w różnych regionach?
10. W jaki sposób można zarządzać powstałym ryzykiem dla rolnictwa?
11. Które regiony są szczególnie wrażliwe na zmiany klimatu?
12. Jakie kroki w związku z szacowanym zagrożeniem powinny poczynić rządy i sektor prywatny?
13. Jaki rodzaj współpracy międzynarodowej będzie pomocny w adaptacji rolnictwa do nowych warunków klimatycznych?

Komisja Wspólnot Europejskich (2009) opublikowała tzw. Białą Księgę dotyczącą adaptacji do zmian klimatu: europejskie ramy działania. Zawarto w niej trzy istotne pytania:

- Jakie są aktualne i potencjalne skutki zmian klimatu dla sektora?
- Jakie są koszty podjęcia działań i zaniechania podjęcia działań?
- W jaki sposób proponowane środki wpływają na politykę w innych sektorach?

Biała Księga (Komisja Wspólnot Europejskich, 2009) wyróżnia listę potrzebnych działań UE i państw członkowskich w dziedzinie adaptacji rolnictwa i rozwoju obszarów wiejskich:

- Zagwarantowanie, że środki adaptacyjne i środki w zakresie gospodarki wodnej zostały uwzględnione w krajowych strategiach i programach rozwoju obszarów wiejskich.
- Zbadanie, w jaki sposób można uwzględnić adaptację w trzech głównych nurtach polityki rozwoju obszarów wiejskich (tzn. poprawy konkurencyjności, stanu środowiska i jakości życia na obszarach wiejskich), a także – w jaki sposób wspólna polityka rolna wnosi wkład w racjonalne wykorzystanie zasobów wodnych w rolnictwie.
- Zbadanie możliwości systemu doradztwa rolniczego pod kątem intensyfikacji szkoleń, podstaw wiedzy i wprowadzania nowych technologii ułatwiających proces adaptacji.

Przytoczone powyżej dwa zestawy pytań i zestaw potrzebnych działań pokazują, że problem adaptacji dotyczy szerokiego spektrum zagadnień. Na obecnym poziomie rozpoznania nie jesteśmy w stanie odpowiedzieć na większość postawionych pytań adaptacyjnych dla warunków Polski. Dlatego postulujemy skonstruowanie dedykowanego multidyscyplinarnego programu badawczego (z udziałem specjalistów zajmujących się systemami uprawy, ekonomią i organizacją produkcji oraz specjalistów od

polityki rolnej), który umożliwiłby uzyskanie odpowiedzi na te pytania.

WNIOSKI KOŃCOWE

Nie ulega wątpliwości, że klimat ociepla się, najprawdopodobniej w wyniku wzrostu stężenia gazów cieplarnianych w atmosferze, wywołanego przez człowieka. Projekcje na przyszłość przewidują kontynuację, a nawet wzmoczenie ocieplenia, co spowoduje zarówno skutki korzystne, jak i niekorzystne. Te ostatnie będą rosły globalnie wraz z poziomem ocieplenia.

W Polsce zmiany klimatu niosą szanse – wzrost możliwości uprawy ciepłolubnych roślin (choć wielkie mrozy, mimo że będą występowały rzadziej, ciągle mogą się zdarzyć, jak pokazały zimy 2009/2010 i 2010/2011; możliwe są też późnowiosenne przymrozki, jak w maju 2011). Zagrożeniami są: wzrost częstości fal upałów, opadów intensywnych, powodzi i osuwisk, ale też suszy w sezonie wegetacyjnym, silnych wiatrów i wzrost poziomu morza. Per saldo, Polska na pewno nie będzie wielkim przegranym w zmieniającym się klimacie, jednak np. problemy z wodą, w tym – istniejące już zagrożenia ekstremami wodnymi – suszami i powodzią (szczególnie typu opadowego), mogą nasilić się. Trzeba będzie optymalnie „zagospodarować” zmiany korzystne; a skutecznie zaadaptować się do zmian niekorzystnych.

Nawiązując do interpretacji relacji rolnictwa i zmian klimatu, w której rolnictwo można uznać za ofiarę, beneficjenta, współsprawcę zmian klimatu i sprzymierzeńca w przeciwdziałaniu zmianom, można sformułować następujące cztery wnioski końcowe:

I. Rolnictwo polskie już funkcjonuje w warunkach zmiany klimatu i doświadcza zagrożeń klimatycznych (np. spadki plonów w 2006, 2011 r.), które zgodnie z prognozami mają się nasilać (ofiara).

II. Dominujący model rolnictwa jest nastawiony na maksymalizację plonów za pomocą przemysłowych środków produkcji (np. nawozy, środki ochrony roślin) przy minimalizacji niekorzystnego oddziaływania na środowisko (współsprawca).

III. Proponowany nowy model rolnictwa ma zrationalizować nakłady środków produkcji w celu minimalizacji emisji gazów cieplarnianych i ograniczenia skutków zmienności plonowania (sprzymierzeniec w przeciwdziałaniu).

IV. Niektóre zmiany klimatu mają pozytywny wpływ na plon, a kwestie przeciwdziałania zmianom klimatu i adaptacji do ich skutków dają szansę szybszego transferu nowych technologii do praktyki oraz większe wsparcie (beneficjent).

W dokumencie Unii Europejskiej (Komisja Wspólnot Europejskich, 2009a) dotyczącym rolnictwa, uzupełniającym Białą Księgę adaptacji (Komisja Wspólnot Europejskich, 2009) znajduje się stwierdzenie, że efektywna

adaptacja i wprowadzenie nowych technologii, które przyczyniają się zarówno do łagodzenia skutków zmian klimatu, jak i do podnoszenia rentowności gospodarstw w perspektywie długoterminowej, będą wymagały wysiłku w zakresie inwestycji i planowania, przekraczającego możliwości indywidualnych gospodarstw. Według tego dokumentu głównym celem adaptacji rolnictwa unijnego jest przystosowanie się do wahań klimatycznych, uzyskanie opłacalności społeczno-gospodarczej rolnictwa i obszarów wiejskich oraz spójności z celami w zakresie ochrony środowiska. Wobec dużej niepewności co do potencjalnych kierunków adaptacji proponuje się podejmowanie działań adaptacyjnych typu „no regret”, które umożliwią wzmocnienie zdolności adaptacyjnej ekosystemów rolnych poprzez bardziej zrównoważone wykorzystanie zasobów naturalnych, takich jak woda i gleba. Szczególną uwagę zwrócono na problem gospodarki wodnej, który powinien być wyraźnie uwzględniony w instrumentach Wspólnej Polityki Rolnej. W warunkach zagrożeń związanych z przebudową europejskich systemów hydrologicznych i siedlisk, rolnictwo ma odgrywać szczególną rolę w oferowaniu jeszcze lepszej infrastruktury ekologicznej wzmocniającej dotychczasowe funkcje rolnictwa wobec środowiska np. przez programy rolno-środowiskowe. Podkreślono konieczność wzmocnienia zdolności adaptacyjnej infrastruktury rolnej, która może ucieść wskutek ekstremalnych zjawisk pogodowych. W procesie adaptacji należy również uwzględnić cele mitygacyjne polityki klimatycznej. Dokument wskazuje, że państwa członkowskie mogą w tym zakresie wykorzystywać fundusze przeznaczone na rozwój obszarów wiejskich. Innym zaleceniem adaptacyjnym jest wzmocnienie zdolności adaptacyjnej rolników, co jest warunkiem niezbędnym dla trwałej adaptacji w rolnictwie. Proces ten ma polegać na zapewnieniu rolnikom lepszych informacji i skuteczniejszego doradztwa w kwestiach związanych z klimatem, jak również dostępu do technologii informacyjnych.

LITERATURA

- Alcamo J., Moreno J.M., Nováky B., Bindi M., Corobov R., Devoy R.J.N., Giannakopoulos C., Martin E., Olesen J.E., Shvidenko A., 2007.** Europe. W: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P.J. van der Linden, C.E. Hanson (red.), *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 541-580.
- Atlas klimatyczny elementów i zjawisk szkodliwych dla rolnictwa, 1990. Oprac. nauk.: Cz. Koźmiński, T. Górski, B. Michalska, mapy: A. Badach i in. IUNG Puławy, AR Szczecin.
- Bereś P., Sionek R., 2007.** Wstępne badania nad biologią zachodniej kukurydzianej stonki korzeniowej (*Diabrotica virgifera lecontei*) w okolicach Rzeszowa. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 47(1): 188-193.
- Burton L., Lim B., 2005.** Achieving adequate adaptation in agriculture. *Climat. Change*, 70: 191-200.
- Christensen J.H., Hewitson B., Busuioac A., Chen A., Gao X., Held I., Jones R., Kolli R.K., Kwon W., Laprise R., Rueda V.M., Mearns L., Menéndez C.G., Räisänen J., Rinke A., Sarr A., Whetton P., 2007.** *Regional Climate Projections*. W: S. Solomon, D. Qin, M. Manning, Z. Chen, M. Marquis, K.B. Averyt, M. Tignor, H.L. Miller (red.), *Climate Change 2007: The Physical Science Basis, Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, United Kingdom and New York, NY, USA, 847-940.
- Godfray Ch. J., Beddington J.R., Crute I.R., Haddad L., Lawrence D., Muir J. F., Pretty J., Robinson S., Thomas S.M., Toulmin C., 2010.** Food Security: The Challenge of Feeding 9 Billion People, *Science* 327, 812; DOI: 10.1126/science.1185383.
- Gołębiowska H., Snopczyński T., 2008.** Wzrost zagrożenia zachwaszczeniem wtórnym na tle zróżnicowanego przebiegu pogody. *Prog. Plant Protect./Post. Ochr. Rośl.*, 48(2): 602-611.
- Górski T., 1996.** Modele statystyczno-empiryczne. W: *Analiza stosowności zagranicznych metod prognozowania plonów w warunkach Polski*. 17-41, IUNG-PIB Puławy.
- Górski T., 2006.** Zmiany warunków agroklimatycznych i długość okresu wegetacyjnego w ostatnim stuleciu. W: *Długotrwałe przemiany krajobrazu Polski w wyniku zmian klimatu i użytkowania ziemi*, 65-77. IGBP-Global Change, Poznań.
- Górski T., Deputat T., Górski K., Marcinkowska I., Szopać W., 1997.** Rozkłady statystyczne plonów głównych roślin uprawnych dla stanu aktualnego i dwóch scenariuszy klimatycznych. Raport IUNG, 1997.
- Górski T., Kozyra J., 2011.** Agroklimatyczna norma średniej temperatury powietrza w Polsce na lata 2011-2020. *Polish J. Agron.* (w druku)
- Górski T., Kozyra J., Doroszewski A., 2008.** Field crop losses in Poland due to extreme weather conditions - case studies. W: *The Influence of Extreme Phenomena on the Natural Environment and Human Living Conditions*; red.: S. Liszewski, Łódzkie Towarzystwo Naukowe, 35-49.
- GUS, 2010. *Rocznik statystyczny*, Wyd. GUS, Warszawa.
- Komisja Wspólnot Europejskich, 2009. *Biała Księga dotycząca adaptacji do zmian klimatu: europejskie ramy działania*. KOM(2009) 147, Bruksela, 1.4.2009.
- Komisja Wspólnot Europejskich, 2009a. *Adaptacja do zmian klimatu: wyzwanie dla europejskiego rolnictwa i obszarów wiejskich*. Dokument roboczy służb Komisji uzupełniający Białą Księgę dotyczącą adaptacji do zmian klimatu: europejskie ramy działania. SEK(2009) 417, Bruksela, 1.4.2009.
- Kozyra J., Doroszewski A., Nieróbca A., 2009.** Zmiany klimatyczne i ich przewidywany wpływ na rolnictwo w Polsce, *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 14: 243-257.
- Koźmiński Cz., Michalska B., 2010.** Niekorzystne zjawiska atmosferyczne w Polsce. Straty w rolnictwie. W: *Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce*; red.: Koźmiński Cz., Michalska B., Leśny J., *Rozprawy i Studia*, T. DCCCXLVII(773): 9-54.
- Kundzewicz Z.W., Kędziora A., 2010.** Zmiany klimatu i ich wpływ na środowisko i gospodarkę (obserwacje i projekcje). *Studia i Raporty IUNG-PIB*, 115(19): 115-132.
- Kundzewicz Z.W., Kędziora A., Chalupka M., 1996.** Kompleksowa ocena ryzyka suszy i jej charakterystyk w regionie Wielkopolski. Raport z projektu badawczego KBN nr 4 S401

- 055 04, Zakład Badań Środowiska Rolniczego i Leśnego PAN w Poznaniu.
- Kundzewicz Z.W., Kowalczak P., 2008.** Zmiany klimatu i ich skutki. Wyd. Kurpisz, Poznań, 206 ss.
- Lehner B., Döll P., Alcamo J., Henrichs H., Kaspar F., 2006.** Estimating the impact of global change on flood and drought risks in Europe: a continental, integrated analysis. *Clim. Change*, 75: 273-299.
- Leśny J., Serba T., Juszczyk R., Olejnik J., 2010.** Wyniki projektu ADAGIO – identyfikacja zagrożeń i rozpowszechnianie wiedzy w zakresie wpływu zmian klimatycznych na rolnictwo w Europie. W: Klimatyczne zagrożenia rolnictwa w Polsce; red.: Cz. Koźmiński, B. Michalska, J. Leśny, *Rozprawy i Studia*, T. DCCCXLVII (773): 161-174.
- Lisowicz F., 2003.** Narastająca szkodliwość omacnicy proso-wianki (*Ostrinia nubilalis* Hbn.) dla kukurydzy w południowo-wschodniej Polsce. *Progr. Plant Protect./ Post. Ochr. Rośl.*, 43: 247-250.
- Lobell D.B., Burke M.B., 2010.** On the use of statistical models to predict crop yield responses to climate change. *Agric. Forest Meteorol.*, 150: 1443-1452.
- Lobell D.B., Field C.B., 2007.** Global scale climate–crop yield relationships and the impacts of recent warming. *Environ. Res. Lett.*, 2: 1-7.
- Long S.P., Ainsworth E.A., Leakey A.D., Nosberger J., Ort D.R., 2006.** Food for Thought: Lower-Than-Expected Crop Yield Stimulation with Rising CO₂ Concentrations. *Science*, 312: 1918-1921.
- Milly P.C.D., Betancourt J., Falkenmark M., Hirsch R.M., Kundzewicz Z.W., Lettenmaier D.P., Stouffer, R.J., 2008.** Stationarity is dead: whither water management? *Science*, 319: 573-574.
- Moriondo M., Bindi M., Kundzewicz Z.W., Szwed M., Choryński A., Matczak P., Radziejewski M., McEvoy D., Wreford A., 2010.** Impact and adaptation opportunities for European agriculture in response to climatic change and variability. *Mitig. Adapt. Strategies for Global Change*, 15(7): 657-679, DOI: 0.1007/s11027-010-9219-0.
- Nieróbca A., Kozyra J., 2010.** Wpływ warunków pogodowych na plonowanie kukurydzy w Polsce. *Mat. konf.: Produkcja i wykorzystanie kukurydzy uprawianej na cele spożywcze i przemysłowe*, ss. 29-30.
- Olesen J.E., Bindi M., 2002.** Consequences of climate change for European agricultural productivity, land use and policy. *Eur. J. Agron.*, 16: 239-262.
- Olesen J.E., Carter T.R., Diaz-Ambrona C.H., Fronzek S., Heidmann T., Hickler T., Holt T., Minguéz M.I., Morales P., Palutikof J.P., Quemada M., Ruiz-Ramos M., Rubek G.H., Sau F., Smith B., Sykes M.T., 2007.** Uncertainties in projected impacts of climate change on European agriculture and ecosystems based on scenarios from regional climate models. *Climat. Change*, 81: 123-143.
- Olesen J.E., Trnka M., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Rossi F., Kozyra J., Micale F., 2011.** Impacts and adaptation of European crop production systems to climate change. *Europ. J. Agron.*, 34: 96-112.
- Parry M.L., Canziani O.F., Palutikof J.P., Hanson C.E., van der Linden P.J. (eds), 2007.** *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change.* Cambridge University Press, Cambridge, UK, 976 ss.
- Peltonen-Sainio P., Jauhiainen L., Trnka M., Olesen J.E., Calanca P., Eckerstene H., Eitzinger J., Gobing A., Kersebaum K.C., Kozyra J., Kumar S., Dalla Marta A., Micale F., Schaa B., Seguin B., Skjelvåg A., Orlandini S., 2010.** Coincidence of variation in yield and climate in Europe. *Agric. Ecosyst. Environ.*, 139: 483-489.
- Porter J.R., Semenov M.A., 2005.** Crop responses to climatic variation. *Phil. Trans. R. Soc. B*, 360:2021-2035, DOI: 10.1098/rstb.2005.1752.
- Reidsma P., Ewert F., 2008.** Regional farm diversity can reduce vulnerability of food production to climate change. *Ecol. Soc.*, 13(1), 38.
- Rosenzweig C., Casassa G., Karoly D.J., Imeson A., Liu C., Menzel A., Rawlins S., Root T.L., Seguin B., Tryjanowski P., 2007.** Assessment of observed changes and responses in natural and managed systems. W: *Climate Change 2007: Impacts, Adaptation and Vulnerability. Contribution of Working Group II to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*; red.: M.L. Parry, O.F. Canziani, J.P. Palutikof, P. J. van der Linden, C.E. Hanson, Cambridge University Press, Cambridge, UK: 79-131.
- Ruszkowska M., 2010.** Mszyce niosą kłopoty. <http://www.farmer.pl/srodki-produkcji/ochrona-roslin/artykuly/mszyce-niosa-klopoty.18018.0.html>
- Sadowski M., Wyszyński Z., Górski T., Liszewska M., Olecka A., Łoboda T., Pietkiewicz S., 2009.** Adaptacja produkcji rolnej w województwie podlaskim do oczekiwanych zmian klimatu. IOŚ, Warszawa, http://www.chronmyklimat.pl/theme/UploadFiles/adaptacja_produkcyj_rolnej.pdf
- Smith P., Olesen J.E., 2010.** Synergies between mitigation of, and adaptation to, climate change in agriculture. *J. Agric. Sci.*, 18: 543-552.
- Solomon S., Qin D., Manning M., Chen Z., Marquis M., Averyt K.B., Tignor M. & Miller H.L. (red.), 2007.** *Climate Change 2007: The Physical Science Basis. Contribution of Working Group I to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*, Cambridge University Press, Cambridge, UK, 996 ss.
- Starkel L., Kundzewicz Z.W., 2008.** Konsekwencje zmian klimatu dla zagospodarowania przestrzennego kraju. *Nauka*, 1/2008: 85-101.
- Stern N., 2007.** *The Economics of Climate Change (The Stern Review).* Cambridge University Press, Cambridge, UK, 692 ss.
- Szwed M., Karg G., Pińskwar I., Radziejewski M., Graczyk D., Kędziora A., Kundzewicz Z.W., 2010.** Climate change and its effect on agriculture, water resources and human health sectors in Poland. *Natur. Hazards Earth Syst. Sci.*, 10: 1725-1737, DOI: 10.5194/nhess-10-1725-2010.
- Trnka M., Olesen J.E., Kersebaum K.C., Skjelvåg A.O., Eitzinger J., Seguin B., Peltonen-Sainio P., Rotter R., Iglesias A., Orlandini S., Dubrowski M., Hlavinka P., Balek J., Eckersten H., Cloppet E., Gobin A., Vučetić V., Nejedlik P., Kumar S., Lalic B., Mestre A., Rossi F., Kozyra J., Alexandrov V., Semerádová D., Žalud Z., 2011.** Agroclimatic conditions in Europe under climate change. *Global Change Biol.*, 17: 2298-2318.
- Tubiello F.N., Soussana J.F., Howden S.M. 2007.** Crop and pasture response to climate change. *PNAS*, 104, 19686-19690.

van der Linden, P., Mitchell, J.F.B. (red.), 2009. ENSEMBLES: Climate Change and its Impacts: Summary of Research and Results from the ENSEMBLES Project. Met Office Hadley Centre, FitzRoy Road, Exeter EX1 3PB, UK, 160 ss.

Walczak F., Tratwal A. 2009. Importance of pests and diseases observed in agricultural plants in Poland in the years 1991-2008 in the context of climate changes. W: Climate change and agricultural in Poland – Impacts, Mitigations and Adaptation Measures; red.: Leśny J., Acta Agrophys., 169: 108-121.

Z.W. Kundzewicz, J. Kozyra

REDUCING IMPACTS OF CLIMATIC THREATS TO AGRICULTURE AND RURAL AREAS

Summary

Considerable climate changes have been observed in the last 50 years – warming in every spatial scale (global, continental, regional and local), changes in atmospheric precipitation and several weather extremes, shrinking of cryosphere and sea level rise. Most of the observed warming is very likely due to anthropogenic rise of atmospheric greenhouse gas concentration. Projections for the future augur even stronger climate changes that have to be taken into account also in Poland. Agriculture depends strongly on climatic conditions, but also drives climatic changes, acting in several roles: as a victim, a beneficiary, a co-culprit of changes, and an ally in climate change mitigation.

Even if climatic projections are uncertain, in quantitative terms, they are foreseeable in qualitative terms. There exist several climatic threats to agriculture and development of rural areas in Poland that have to be addressed. Agriculture is subject to risk of increasing frequency of occurrence of adverse climatic conditions, and – in effect – increasing variability of crop yield from year to year. Water deficits in the vegetation season will be more frequent and more severe, and the same holds to dramatic droughts. There are further threats, such as: heat waves, intense precipitation, floods and soil loss, strong winds and development of pathogens related to warming.

Many adverse consequences of climate change can be avoided, weakened, or delayed, by implementation of an effective mitigation policy. Agriculture holds a meaningful potential of reduction of greenhouse gas emissions and of carbon sequestration. Reduction of emissions is necessary to fulfill the obligations taken onboard by each member country of the European Union.

Adaptation of existing agriculture systems to changing climate conditions is necessary. Certainly, Poland will not be a big loser in the changing climate. It will be necessary to optimally manage advantageous changes and effectively adapt to adverse changes.

A wisdom and diplomatic efficiency will be also necessary in order to negotiate in the European Union such share in fulfilling the common responsibility of climate change mitigation that will not suffocate the socio-economic development of the country. The cure (climate change mitigation) should not be worse than the disease (climate change impacts).

key words: agriculture, sustainable development, climate change, climate change impacts, climate change mitigation, adaptation