

Robert KALBARCZYK

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Akademia Rolnicza w Szczecinie
Department of Meteorology and Climatology, Agricultural University in Szczecin

Czasowy i przestrzenny rozkład głównych czynników agrometeorologicznych istotnie kształtujących plony ziemniaka w Polsce

Time and spatial distribution of the main agrometeorological factors having a considerable influence on potato yields in Poland

Słowa kluczowe: ziemniak, plonowanie, czynniki agrometeorologiczne, Polska

Key words: potato, yielding, agrometeorological factors, Poland

Wprowadzenie

Z grupy czynników istotnie wpływających na wielkość plonów ziemniaka do mniej poznanych można zaliczyć warunki agrometeorologiczne, zwłaszcza opisane w sposób kompleksowy za pomocą czynników termiczno-opadowych i uwilgotnienia gleby. Jak wynika z literatury, warunki agrometeorologiczne przeciętnie mogą decydować o plonie ziemniaka w około 10% (Demidowicz i in. 1996, Kalbarczyk 2004a), a w latach ekstremalnie niekorzystnych – nawet w około 40% (Kozłowski i Kalbarczyk 1999). Dlatego tak ważne jest nie tylko poznanie głównych czynników agrometeorologicznych, ale również rozpozna-

nie ich struktury czasowo-przestrzennej w całym okresie wegetacji rośliny. Największe straty w plonach ziemniaka występują wówczas, gdy niekorzystne czynniki agrometeorologiczne występują w okresie krytycznym w gospodarce wodnej, czyli w okresie o największej wrażliwości roślin na niedobory zasobów wilgotnościowych (Bruździak 1976). Zdaniem Kozłowskiego i innych (1993), co najmniej 10-dniowe posuchy atmosferyczne w okresie krytycznym (od 21 czerwca do 20 sierpnia) z reguły powodują spadek plonu ziemniaka w danym roku poniżej średniego wieloletniego, natomiast 20-dniowe mogą być przyczyną zmniejszenia plonów na glebach lekkich od 5 do 10%.

Celem pracy było wytypowanie zespołu czynników agrometeorologicznych najlepiej opisujących poziom plonowania ziemniaka w warunkach produkcyjnych, a także przedstawienie ich

czasowego i przestrzennego rozkładu w wieloleciu oraz w latach skrajnie niekorzystnych pod względem agrometeorologicznej uprawy ziemniaka w Polsce.

Materiał i metody

Podstawę opracowania stanowiły materiały dotyczące plonowania ziemniaka w warunkach produkcyjnych z lat 1972–1995. Produkcję polową charakteryzowały dane Głównego Urzędu Statystycznego dla 44 województw, według podziału administracyjnego z 1975 roku. Wyniki dla lat 1972–1975 zostały przekształcone z 17 województw do 49 i opublikowane przez GUS (Informacje GUS 1976). Pozostałe 5 byłych województw (jeleniogórskie, wałbrzyskie, bielskie, nowosądeckie i krośnieńskie), położonych na obszarze górskim, wyeliminowano ze zbioru podstawowego ze względu na dużą mikroregionalną zmienność warunków pogodowych. Zatem plony ziemniaka dla Polski obejmowały 44 byłe województwa (Roczniki Statystyczne 1972–1995), czyli liczebność materiałów podstawowych (liczba województw \times liczba lat) dla ziemniaka w produkcji wynosiła 1056 elementów.

Dane agrometeorologiczne wykorzystane w pracy pochodziły z 50 stacji meteorologicznych Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej. Stacje IMGW przyporządkowano do województw (od 1 do 3, w zależności od województwa) tak, aby najlepiej odzwierciedlały ich warunki klimatyczne. Dane agrometeorologiczne zebrano z *Biuletynów Agrometeorologicznych*

(1972–1995) i roczników „Opady atmosferyczne” (1972–1980). Przedmiotem analizy były następujące elementy meteorologiczne (w ujęciu dekadowym): sumy usłonecznienia rzeczywistego (h), średnia, minimalna i maksymalna temperatura powietrza ($^{\circ}\text{C}$), temperatura gleby z głębokości 5 cm ($^{\circ}\text{C}$), średnie wartości wilgotności względnej powietrza z godziny 13.00 (%), sumy opadów atmosferycznych (mm) oraz liczba dni z opadem dobowym $\geq 0,5$ mm. Ponadto wykorzystano publikowane w *Biuletynach Agrometeorologicznych* oceny stanu uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby pod ziemniakami według dekad od 1 lipca do 31 października dla 288 rejonów sprawozdawczych IMGW, wchodzących w skład 44 byłych województw. Wyniki pochodzące z rejonów sprawozdawczych (od 3 do 11, w zależności od województwa) posłużyły do opracowania charakterystyk uwilgotnienia gleby w skali województwa i kraju. Materiały obejmowały dwie ekstremalne klasy stanu uwilgotnienia gleby, ocenianego metodą wizualną i organoleptyczną: niedostatecznego i nadmiernego.

Do określenia wpływu ekstremalnego stanu uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby na plonowanie ziemniaka posłużono się wskaźnikiem W_{ug} , opracowanym przez Koźmińskiego (1992), który ma postać:

$$W_{ug} = l_d p$$

gdzie:

l_d – liczba dekad z niedostatecznym lub nadmiernym uwilgotnieniem gleby w przyjętym okresie krytycznym ziemniaka,

p – powierzchnia kraju lub województwa, objęta niedostatecznym lub nad-

miernym uwilgotnieniem gleby, wyrażona w ułamku całej powierzchni kraju lub województwa.

Przy opracowywaniu wskaźnika Wug rozpatrywano za Koźmińskim (1992) niedostateczne uwilgotnienie gleby, występujące w ciągu co najmniej dwóch dekad na powierzchni zajmującej ponad 20% (Wug_n). Natomiast nadmierne uwilgotnienie gleby obejmowało przypadki, w których taki stan trwał jedną i więcej dekad na powierzchni zajmującej co najmniej 10% danego województwa lub kraju (Wug_m).

Do oceny wpływu głównych czynników agrometeorologicznych, z uwzględnieniem trendu czasowego w latach 1972–1995 (w równaniu oznaczono symbolem $Lata_{1972-1995}$) na plony ziemniaka w Polsce, zastosowano metodę analizy regresji wielokrotnej, której parametry zostały wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów, natomiast miarą dopasowania funkcji regresji do danych empirycznych były współczynnik determinacji i błąd równania regresji. Z kolei do określenia udziału, jaki każdy z wytypowanych czynników agrometeorologicznych wnosi w predykcję plonów ziemniaka, zastosowano analizę korelacji cząstkowej, r^2 (Sobczyk 1998).

Wahania czynników agrometeorologicznych, uwzględnionych w końcowym równaniu regresji wielokrotnej dla zależności między plonami ziemniaka a powyższymi czynnikami, opisano współczynnikiem zmienności, wyrażającym stosunek odchylenia standardowego (S) do średniej arytmetycznej (\bar{x}):

$$V_s = \frac{S}{\bar{x}} \cdot 100\%$$

Wyniki

Spośród ośmiu czynników agrometeorologicznych rozpatrywanych w różnych kombinacjach czasowych w latach 1972–1995 największy wpływ na wielkość plonowania ziemniaka w warunkach produkcyjnych w Polsce miały warunki termiczne powietrza w maju i w okresie od 11 VII do 10 VIII (w równaniu oznaczone symbolem T_p), warunki opadowe w okresie od 21 III do 10 V (w równaniu oznaczone symbolem P), a także ekstremalne stany uwilgotnienia gleby w okresie od 21 VI do 20 VIII, opisane wskaźnikiem Wug_m dla nadmiernego uwilgotnienia gleby i Wug_n – dla niedostatecznego. Jak pokazuje ostateczna postać równania regresji wielokrotnej (w nawiasach podano wartości współczynników korelacji cząstkowej przy $\alpha = 0,01$), zależność plonów ziemniaka z większością wytypowanych czynników agrometeorologicznych była ujemna:

$$Y_{\text{plon}} = 935,909 - 8,4094T_p_{11VII-10VIII} + (28,5)^{***} - 0,165Wug_m_{21VI-20VIII} + (30,4)^{***} - 0,059Wug_n_{21VI-20VIII} + (12,2)^{***} - 0,214P_{21III-10V} + 2,2101T_{pV} + (6,9)^{***} (2,7)^{***} - 0,3051Lata_{1972-1995} (5,3)^{***}$$

Niekorzystnie na wielkość plonów ziemniaka w warunkach produkcyjnych oddziaływały wyższe temperatury powietrza w okresie od 11 VII do 10 VIII, wyższe sumy opadów w okresie od 21

III do 10 V, a także nadmierne i niedostateczne uwilgotnienie gleby w okresie od 21 VI do 20 VIII. Jedynym czynnikiem, którego wzrost sprzyjał dobrym plonom w wytypowanym zespole, była temperatura powietrza w maju. Wszystkie zmienne niezależne w równaniu regresji wielokrotnej były istotne na poziomie $\alpha = 0,01$. Również Kuchar i Rojek (1991) oraz Górski i inni (1994) w swoich równaniach dla zależności pogoda-plon uwzględniali temperaturę powietrza i opady, natomiast Koźmiński (1992) i Kalbarczyk (2004b) dodatkowo ekstremalne uwilgotnienie gleby, a Dzieżyc i inni (1997) – usłonecznienie rzeczywiste. Spośród pięciu wytypowanych czynników agrometeorologicznych największy udział w wyjaśnianiu zmienności plonów ziemniaka w warunkach produkcyjnych miało nadmierne uwilgotnienie gleby opisane wskaźnikiem Wug_m ($r^2 = 30,4\%$) oraz temperatura powietrza w okresie od 11 VII do 10 VIII ($r^2 = 28,5\%$), najmniejszy zaś temperatura powietrza w maju ($r^2 = 2,7\%$).

W kompleksie czynników agrometeorologicznych, istotnie (na poziomie $\alpha = 0,01$) determinujących wielkość plonów ziemniaka, temperatura powietrza odznaczała się najmniejszą zmiennością czasową. Wśród okresów, w których jej wpływ na plonowanie zaznaczał się najwyraźniej, największą zmienność wykazywała temperatura powietrza w maju. Współczynnik zmienności losowej średniej temperatury w maju wynosił około 12% i był większy o 3% niż temperatura w okresie od 11 VII do 10 VIII. W Polsce średnia wartość temperatury powietrza w maju wynosiła 12,8°C. W latach 1972–1995 średnia miesięczna temperatura w maju

wahała się od 9,3°C w 1980 roku do 15,8°C w 1993 roku. Niższa temperatura powietrza od średniej wieloletniej występowała w jedenastu latach, a największym odchyleniem ujemnym charakteryzował się 1980 rok. Z punktu widzenia wielkości plonów ziemniaka korzystna była wyższa temperatura powietrza w maju. Zatem w analizowanym wieloleciu 1972–1995 sprzyjające warunki termiczne powietrza w maju występowały głównie w kolejnych latach od 1981 do 1986 roku, natomiast ciąg niekorzystnych pod tym względem lat obejmował większość lat od 1972 do 1980 roku. Średnia temperatura powietrza w okresie od 11 VII do 10 VIII wahała się od 16,1°C w 1987 roku do 22,7°C w 1994 roku, przy średniej wieloletniej 18,0°C. Wysoka temperatura powietrza w drugiej połowie okresu wegetacji była niepożądana z punktu widzenia plonowania ziemniaka. Z tych względów najbardziej niekorzystne warunki termiczne w okresie od 11 VII do 10 VIII występowały w 1982 i w 1992 roku, a zwłaszcza w 1994 roku, w którym temperatura była o 4,7°C wyższa od przeciętnej.

Zmienność sum opadów była 2–3 razy większa niż temperatury powietrza. Jednak w przeciwieństwie do temperatury powietrza zmienność sum opadów w pierwszej części okresu wegetacji ziemniaka była mniejsza, natomiast w drugiej – większa. Współczynnik zmienności losowej sum opadów w okresie od 21 III do 10 V wynosił około 24%. Jak ilustruje równanie regresji wielokrotnej, opisujące związek pogoda-plon, zbyt duże opady pierwszej połowy wegetacji oddziaływały niekorzystnie na plony ziemniaka. Mając na

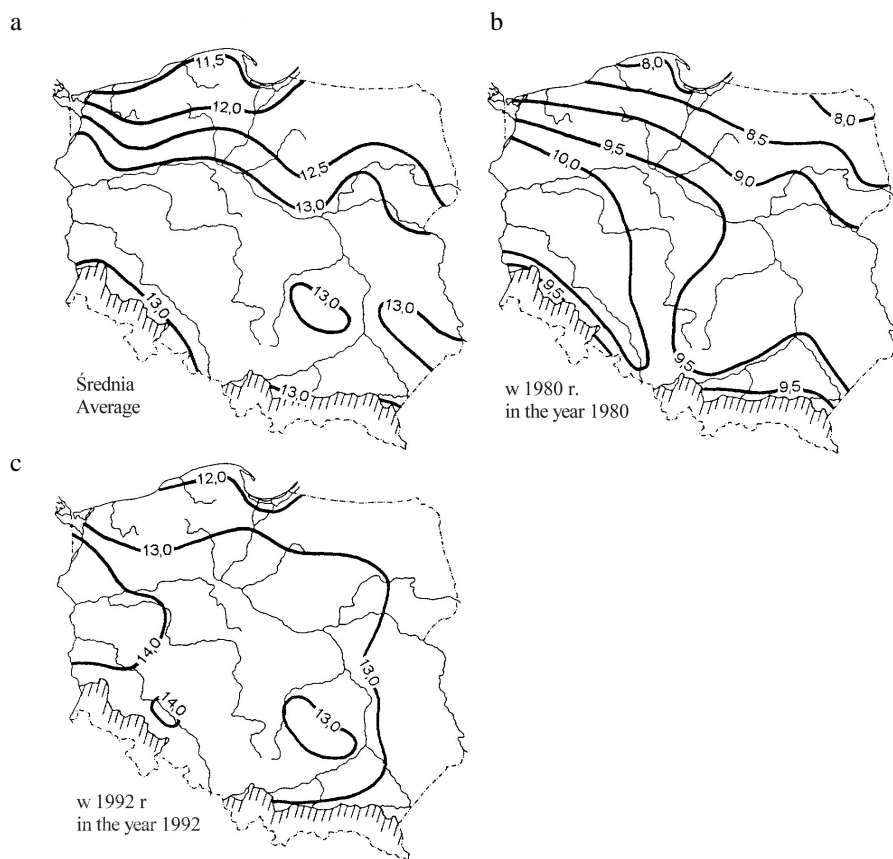
uwadze wyniki badań Boryczków (Atlas klimatycznego ryzyka... 2001) o rosnącej tendencji opadów atmosferycznych w kwietniu, a zwłaszcza w maju, można przypuszczać, że stwierdzone niekorzystne oddziaływanie opadów tych miesięcy na plonowanie ziemniaka w warunkach produkcyjnych może się pogłębić. Z analizy wynika, że w okresie od 21 III do 10 V bardzo duże opady występowały w latach: 1977, 1983 i 1994, natomiast małe w latach: 1974, 1976, 1981, 1988 i 1993.

Zdecydowanie największą zmiennością odznaczały się stany gleby z niedostatecznym i nadmiernym uwilgotnieniem. Średnia wartość współczynnika zmienności dla niedostatecznego uwilgotnienia gleby wynosiła nieco ponad 100%, natomiast zmienność nadmiernego stanu uwilgotnienia gleby była jeszcze większa i wynosiła aż 130%. Średnia krajowa wartość wskaźników *Wug* w okresie od 21 VI do 20 VIII wynosiła 1,1 dla niedostatecznego i 0,7 dla nadmiernego uwilgotnienia gleby. Podobną przewagę występowania niedostatecznego uwilgotnienia gleby nad nadmiernym w skali regionalnej stwierdzili Michalska (1997) w byłym województwie gorzowskim oraz Koźmiński i Kalbarczyk (1999) w byłym województwie poznańskim. Największe wartości wskaźnika niedostatecznego uwilgotnienia gleby obliczono w pięciu latach: 1976, 1982, 1983, 1992 i 1994, natomiast nadmiernego uwilgotnienia gleby tylko w dwóch latach: 1974 i 1980. Wynika z tego, że plony ziemniaka w okresie od 21 VI do 20 VIII częściej były zagrożone niedostatecznym stanem uwilgotnienia gleby niż

stanem nadmiernym. Ekstremalnie niekorzystne warunki wilgotnościowe wierzchniej warstwy gleby występowały w latach 1980 i 1992, w których wartość analizowanych wskaźników przewyższała 4–5-krotnie wartości średniej wieloletniej.

Rozkład przestrzenny głównych czynników agrometeorologicznych, w sposób istotny determinujących plony ziemniaka, ilustrują rysunki 1–4. Oprócz wartości przeciętnych dla wielolecia 1972–1995 przedstawiono także rozkład analizowanych czynników agrometeorologicznych w dwóch latach, wyróżniających się najgorszymi plonami ziemniaka w warunkach produkcyjnych, a mianowicie w 1980 i 1992 roku. Rok 1980 był chłodny i wilgotny; wyróżniał się on przede wszystkim niekorzystnie niską temperaturą powietrza w maju oraz nadmiernym uwilgotnieniem gleby w okresie od 21 VI do 20 VIII. Z kolei w 1992 roku, ciepłym i suchym, niekorzystne warunki dla plonowania ziemniaka stwarzała znacznie wyższa (ponad 2,0°C) temperatura powietrza w okresie od 11 VII do 10 VIII, ale przede wszystkim ekstremalne wielkości niedostatecznego uwilgotnienia gleby w okresie od 21 VI do 20 VIII.

Jak przedstawia rysunek 1, układ izoterm, charakteryzujących średnią wieloletnią temperaturę powietrza w maju, miał generalnie charakter równoleżnikowy i wyraźnie odzwierciedlał oddziaływanie czynnika solarnego. Przeciętnie najniższą temperaturą powietrza w maju (poniżej 11,5°C) charakteryzował się wąski pas nadmorski. Z kolei obszar o najwyższej temperaturze powietrza w maju (powyżej 13,0°C) miał bardzo duży zasięg, gdyż obejmował prawie całą Polskę Środkową

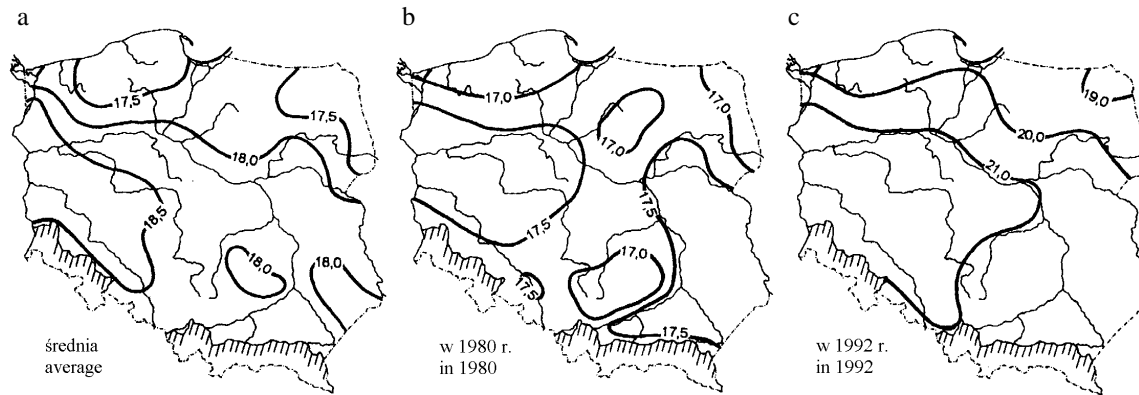


RYSUNEK 1. Charakterystyka średniej miesięcznej temperatury powietrza w maju w latach 1972–1995: a – średnia, b – w 1980 roku, c – w 1992 roku
 FIGURE 1. Characteristics of average monthly air temperature in May over 1972–1995: a – average, b – in 1980, c – 1992

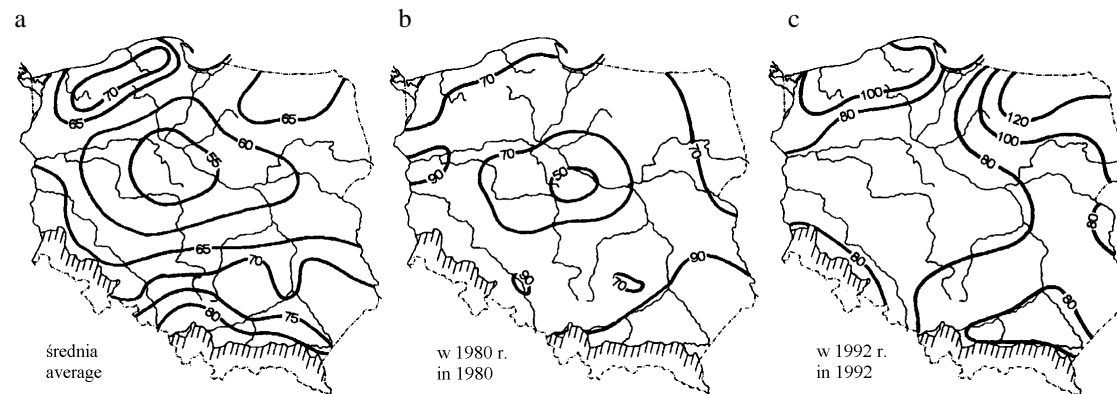
i Południową, poza górami. Podobny rozkład przestrzenny temperatury powietrza w maju przedstawiła Michalska (Atlas klimatycznego ryzyka... 2001) w dłuższym wieloleciu (od 1961 do 1995 r.). Na rysunku 1 przedstawiono również przestrzenny rozkład izoterm, charakteryzujących średnią miesięczną temperaturę powietrza w maju w latach 1980 i 1992, który generalnie nawiązuje do rozkładu wieloletniego, ale wartości temperatury powietrza w najcieplejszych rejonach, ograniczonych w obu latach do środkowozachodniej części

kraju, były w 1980 roku o 3,0°C niższe od normy, natomiast w 1992 roku o 1,0°C wyższe. W 1980 roku temperatura powietrza w maju wahała się od 8,0 do 10,0°C, natomiast w 1992 roku od 12,0 do 14,0°C. W obu latach najbardziej niekorzystne warunki termiczne dla uprawy ziemniaka w maju panowały w północnej części kraju.

Przestrzenne zróżnicowanie średniej temperatury powietrza z okresu 11 VII – 10 VIII nie przekraczało na terenie kraju 2,0°C (rys. 2). Przeciętnie najniższa



RYSUNEK 2. Charakterystyka temperatury powietrza w okresie 11 VII – 10 VIII w latach 1972–1995: a – średnia, b – w 1980 roku, c – w 1992 roku
 FIGURE 2. Characteristics of air temperature in the period from the 11th of July to the 10th of August over 1972–1995: a – average, b – in 1980, c – in 1992



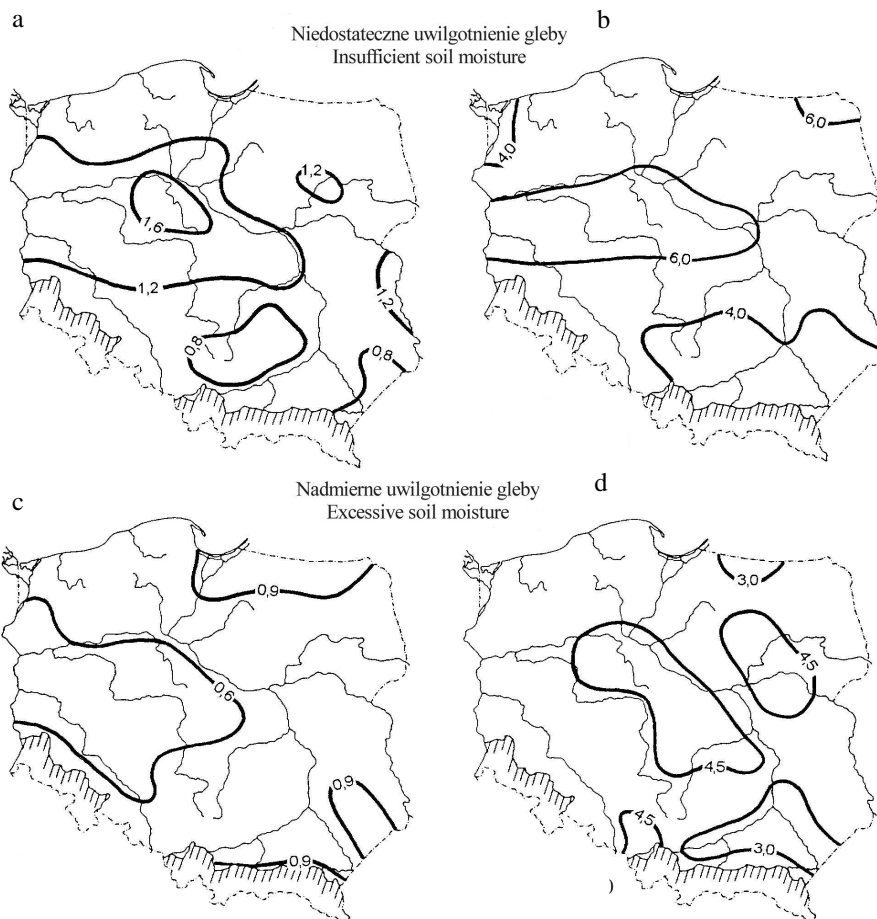
RYSUNEK 3. Charakterystyka sum opadów atmosferycznych w okresie 21 III – 10 V w latach 1972–1995: a – średnia, b – w 1980 roku, c – w 1992 roku
 FIGURE 3. Characteristics of precipitation totals during the period from the 21st of March to the 10th of May over 1972–1995: a – average, b – in 1980, c – in 1992

temperatura powietrza tego okresu (poniżej 17,5°C) występowała na Pojezierzu Pomorskim i w północno-wschodniej Polsce, najwyższe zaś (ponad 18,5°C) w środkowej i południowo-zachodniej części kraju. Większe przestrzenne zróżnicowanie warunków termicznych powietrza ujawniło się w zachodniej części kraju. Przebieg izoterm w latach 1980 i 1992 w wielu rejonach był podobny do przeciętnego, zwłaszcza w 1980 roku. Jednak temperatura powietrza w 1980 roku była od 0,5 do 1,0°C niższa, a w 1992 roku o 1,5–2,5°C wyższa od normy. W 1980 roku temperatura powietrza w okresie od 11 VII do 10 VIII nie przekraczała 17,0°C w północnej części kraju i na Wyżynie Małopolskiej i wzrastała do ponad 17,5°C zarówno w środkowo-zachodniej, jak i środkowej i południowo-wschodniej Polsce. Zbyt wysoka, niekorzystna dla plonowania ziemniaka temperatura powietrza z okresu 11 VII – 10 VIII występowała w 1992 roku. Najwyższa temperatura, przekraczająca 21,0°C, występowała w środkowo-zachodniej i centralnej części kraju, niższa natomiast na północy, a zwłaszcza na Pojezierzu Suwalskim, gdzie kształtowała się poniżej 19,0°C.

Charakterystykę warunków opadowych, istotnie kształtujących zmienność plonowania ziemniaka w Polsce, zawiera rysunek 3. Ze względu na ujemny wpływ dużych sum opadów w okresie 21 III – 10 V na plony ziemniaka przeciętnie najkorzystniejsze warunki opadowe w tym czasie panują w Polsce Centralnej, a zwłaszcza na Pojezierzach Gnieźnieńskim i Kujawskim, gdzie opady kształtowały się poniżej 55 mm. W pozostałych rejonach kraju opady wahały się od 55 do 80 mm, przy czym

największe sumy opadów występowały w części południowej kraju. W 1980 roku opady w okresie 21 III – 10 V były od 5 do 10 mm mniejsze niż przeciętnie. Najmniejsze sumy opadów występowały w pasie nadmorskim, w części północno-wschodniej i w środkowej Polsce, gdzie wynosiły poniżej 70 mm, a w rejonie Kutna, nawet poniżej 50 mm. Sumami opadów przekraczającymi 90 mm charakteryzowała się przede wszystkim południowo-wschodnia Polska. Rozkład przestrzenny opadów atmosferycznych z okresu 21 III – 10 V w 1992 roku był całkowicie odmienny od przeciętnego. Izohieta o wartości 80 mm podzieliła obszar kraju na dwie części. Szczególnie niekorzystne warunki opadowe wystąpiły we wschodniej, a zwłaszcza w północno-wschodniej części kraju, gdzie spadło w tym okresie prawie 200% normy wieloletniej.

Przeciętna wartość wskaźnika charakteryzującego niedostateczne uwilgotnienie gleby w okresie 21 VI – 20 VIII kształtowała się w granicach od 0,8 do 1,6 (rys. 4). Największe wartości, wyrażające równocześnie największe zagrożenie niedostatecznym uwilgotnieniem gleby, notowano w środkowo-zachodniej części kraju, a zwłaszcza na Kujawach, najmniejsze zaś na Wyżynie Małopolskiej oraz w południowo-wschodnim skrawku Polski. Podobny rozkład przestrzenny występowania niedostatecznego uwilgotnienia gleby w skali kraju stwierdzili Koźmiński i Michalska (Atlas uwilgotnienia gleby... 1995). Rok 1992, odznaczający się małymi plonami ziemniaka w warunkach produkcyjnych, był ekstremalny pod względem niedostatecznego uwilgotnienia



RYSUNEK 4. Charakterystyka wskaźników niedostatecznego (Wug_n) i nadmiernego (Wug_m) uwilgotnienia gleby w okresie 21 VI – 20 VIII w latach 1972–1995: a, c – średnie, b – w 1992 roku, d – w 1980 roku

FIGURE 4. Characteristics of the indices of insufficient (Wug_n) and excessive (Wug_m) soil moistening in the period from the 21st of June to the 20th of August over 1972–1995: a, c – average, b – in 1992, d – in 1980

gleby. Obliczone wartości Wug_n były pięciokrotnie większe niż przeciętnie. Natomiast zasięg obszaru o najgorszych warunkach wilgotnościowych wierzchniej warstwy gleby był zbliżony do wieloletniego, nie obejmował jednak południowych części Pomorza. Prześtrenny rozkład przeciwnego, nadmiernego stanu uwilgotnienia gleby

w tym samym okresie był generalnie odwrotny i wykazywał nieco mniejsze zróżnicowanie. W środkowo-zachodniej części kraju Wug_m , charakteryzujący nadmierne uwilgotnienie gleby, był przeciętnie najmniejszy i wynosił poniżej 0,6 i wzrastał w północno-wschodniej Polsce i na Wyżynie Lubelskiej ponad 0,9. Rok 1980 był z kolei

rekordowy pod względem wielkości wskaźnika nadmiernego uwilgotnienia gleby. Wskaźnik nadmiernego uwilgotnienia gleby wahał się na większości obszaru kraju od 3,0 do 4,5, a jego wartości były pięciokrotnie większe i wykazywały przeciwstawny rozkład przestrzenny w porównaniu do średnich wieloletnich. W 1980 roku względnie lepsze warunki wilgotnościowe gleby panowały w południowo-wschodniej części kraju, gdzie przeciętnie nadmierne uwilgotnienie gleby występowało najczęściej. Najgorsze warunki uwilgotnienia gleby występowały w środkowej części kraju, w której wartości współczynnika nadmiernego uwilgotnienia gleby przekraczały 4,5.

Wnioski

1. Największy udział w opisie krajowych plonów ziemniaka miały nadmierne uwilgotnienie gleby w okresie 21 VI – 20 VIII i temperatura powietrza w okresie 11 VII – 10 VIII ($r^2 = 30\%$) oraz w mniejszym stopniu niedostateczne uwilgotnienie gleby w okresie 21 VI – 20 VIII ($r^2 = 12\%$), suma opadów atmosferycznych w okresie 21 III – 10 V ($r^2 = 7\%$) i temperatura powietrza w maju ($r^2 = 3\%$).
2. Im większa była zmienność losowa głównych czynników agrometeorologicznych istotnie wpływających na krajowe plony ziemniaka w warunkach produkcyjnych, tym ich udział w wyjaśnianiu opisu poziomu plonowania ziemniaka w analizowanym wieloleciu 1972–1995 też był większy, za wyjąt-
3. Przeciętne plony produkcyjne ziemniaka w Polsce, wynoszące w rozpatrywanym wieloleciu $176 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, można było uzyskać: przy temperaturze $12,8^\circ\text{C}$ w maju i $18,0^\circ\text{C}$ w okresie od 11 VII do 10 VIII, przy opadach 68 mm w okresie od 21 III do 10 V oraz przy nadmiernym i niedostatecznym uwilgotnieniu gleby, wyrażonym wskaźnikiem *Wug*, odpowiednio 0,7 i 1,1, oba w okresie 21 VI – 20 VIII.
4. W latach, w których zebrano najmniejsze plony ziemniaka w Polsce (1980 i 1992), wartości wskaźników *Wug* obliczone dla nadmiernego i niedostatecznego uwilgotnienia gleby w sposób istotny różniły się od wartości wieloletnich w analizowanym okresie 1972–1995.
5. W 1980 roku, który był ekstremalnie niekorzystny pod względem klimatycznym dla uprawy ziemniaka w Polsce, rozkład przestrzenny głównych czynników agrometeorologicznych istotnie wpływających na krajowe plony ziemniaka w pierwszej połowie okresu wegetacji był podobny do rozkładu wieloletniego z lat 1972–1995, natomiast w drugiej połowie wegetacji rozkład był zupełnie odmienny. Natomiast w 1992 roku było odwrotnie. W pierwszej połowie okresu wegetacji ziemniaka rozkład przestrzenny czynników agrometeorologicznych był odmienny od rozkładu wieloletniego, w drugiej zaś – podobny.

Literatura

- Atlas uwilgotnienia gleby w Polsce, 1995 (red.) C. Koźmiński, B. Michalska. AR w Szczecinie.
- Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce, 2001 (red.) C. Koźmiński, B. Michalska. AR w Szczecinie, US.
- Biuletyn Agrometeorologiczny*, 1972–1997. IMGW, Warszawa.
- BRUŹDZIAK M. 1976: Okresy krytyczne w gospodarce wodnej ziemniaków, buraków cukrowych i kapusty późnej. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 181: 513–577.
- DEMIDOWICZ G., DOROSZEWSKI A., GÓRSKI T. 1996: Wpływ niedoboru opadów na straty w produkcji ziemniaka i buraka cukrowego. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 438: 43–52.
- DZIEŻYC H., PANEK K., ZMYŚLONY R. 1997: Wpływ usłonecznienia, temperatury i opadów oraz interakcji między nimi na plon ziemniaków średniowiecznych w Polsce. *Zesz. Nauk. AR we Wrocławiu* 313: 69–82.
- GÓRSKI T., DEMIDOWICZ G., DEPUTAT T., GÓRSKA K., KRAKOWIAK A., MARCINKOWSKA I., SPOZ-PAC W. 1994: Empiryczny model plonowania ziemniaka w funkcji czynników meteorologicznych. Materiały konferencyjne XXV Zjazdu Agrometeorologów, Olsztyn-Mierki, 27–29 września. Informacje GUS, 1976. Produkcja głównych ziemiopłodów rolnych 1970–1975. Warszawa.
- KALBARCZYK R. 2004a: Uwilgotnienie gleby a plonowanie ziemniaka w Polsce. *Acta Agrophysica* 106, 3(3): 509–520.
- KALBARCZYK R. 2004b: Próba prognozowania plonów ziemniaka w Polsce na podstawie danych agrometeorologicznych. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 234(93): 145–158.
- KOŹMIŃSKI C. 1992: Próba określania i prognozowania plonów ziemniaków w Polsce na podstawie niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia gleby. *Zesz. Nauk. AR Szczecin* 153(53): 37–51.
- KOŹMIŃSKI C., KALBARCZYK R. 1999: Ocena uwilgotnienia gleby w województwie poznańskim do prognozowania plonów ziemniaka. *Folia Univ. Agric. Stetin.* 201(78): 61–76.
- KOŹMIŃSKI C., MICHALSKA B., CZARNECKA M. 1993: Ekstremalne warunki pogodowe [w:] Czynniki plonotwórcze – plonowanie roślin (red.) J. Dzieżyca. PWN, Warszawa-Wrocław.
- KUCHAR L., ROJEK M. 1991: Zastosowanie modelu EMP do opisu wpływu pogody na plon żyta ozimego i ziemniaków późnych na przykładzie wybranego rejonu Polski. *Biuletyn Informacyjny ART w Olsztynie* 32:141–146.
- MICHALSKA B. 1997: Uwilgotnienie gleby pod oziminami i ziemniakiem w województwie gorzowskim. *Pam. Puł.* 110: 137–150.
- Opady atmosferyczne (roczniki) 1972–1980. IMGW, Warszawa.
- Roczniki Statystyczne, 1972–1997. GUS, Warszawa.
- SOBCZYK W. 1998: Statystyka, podstawy teoretyczne, przykłady – zadania. UMCS, Lublin.

Summary

Time and spatial distribution of the main agrometeorological factors having a considerable influence on potato yields in Poland. The aim of the studies was to select a set of agrometeorological factors describing the level of potato yields in production conditions in the best way and also to show their time and spatial distribution within the period from 1972 to 1995 and in the years of extremely disadvantageous conditions (1980 and 1992) with regards to agrometeorological cultivation in Poland. The basic material included meteorological data from 50 IMGW (Institute of Meteorology and Water Management) stations and extreme states of soil moistening from 288 IMGW reporting regions and the GUS (Central Statistical Office) data concerning the level of potato yields from 44 provinces according to the administrative division from 1975.

Author's address:

Robert Kalbarczyk
Akademia Rolnicza w Szczecinie
Katedra Meteorologii i Klimatologii
71-469 Szczecin, ul. Papieża Pawła VI nr 3
Poland