

UWILGOTNIENIE GLEBY A PŁONOWANIE ZIEMNIAKA W POLSCE

Robert Kalbarczyk

Katedra Meteorologii i Klimatologii, Akademia Rolnicza
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-469 Szczecin
robkalb@agro.ar.szczecin.pl

Streszczenie. W pracy określono zależność plonu ziemniaka od dostatecznego oraz nadmiernego i niedostatecznego uwilgotnienia gleby w latach 1972-1995 zarówno w skali kraju, jak i województw. Podjęto również próbę określenia zmniejszenia plonu ziemniaka spowodowanego ekstremalnym uwilgotnieniem gleby, wyrażonym wskaźnikiem Wug wg Koźmińskiego, na terenie Polski. Zależność tę opisano za pomocą analizy regresji pojedynczej, stosując program STATISTICA 5. Zmniejszenie krajowych plonów ziemniaka poniżej średniej wieloletniej z powodu ekstremalnego uwilgotnienia gleby w okresie od 21VI do 20VIII, wyrażonego wskaźnikiem uwilgotnienia gleby, wystąpiło przy wartościach wskaźnika $Wugn > 2,8$ dla niedostatecznego uwilgotnienia gleby i $Wugm > 0,6$ – dla nadmiernego. Zagrożenie uprawy ziemniaka w Polsce przez nadmierne uwilgotnienie gleby w okresie od 21VI do 20VIII było średnio o 3% mniejsze niż przez uwilgotnienie niedostateczne, które może być przyczyną obniżenia plonów o 10% poniżej średniej wieloletniej wartości. Rozkład przestrzenny potencjalnego obniżenia plonów ziemniaka z powodu niedostatecznego uwilgotnienia gleby wskazał, że największe zagrożenie wystąpiło w centrum kraju, natomiast z powodu nadmiernego uwilgotnienia gleby – na obszarze obejmującym południowo wschodnie obrzeża kraju oraz na wzniesieniach Pojezierza Pomorskiego.

Słowa kluczowe: ziemniak, produkcja, uwilgotnienie gleby, zmniejszenie plonów, Polska

WSTĘP

Spośród czynników agrometeorologicznych, istotnie decydujących o zmienności i wielkości plonów ziemniaka, uwilgotnienie gleby jest najbardziej kompleksowym wskaźnikiem. Różne stany uwilgotnienia gleby – dostateczne, niedostateczne i nadmierne, w przeciwieństwie do pojedynczo analizowanych czynników meteorologicznych, jednocześnie odzwierciedlają cały zespół elementów meteorologicznych i to w połączeniu z warunkami edaficznymi [1,10,11]. Ziemniak jako gatunek wytwarzający dużą ilość biomasy, przy ograniczonych możliwościach pobierania wody z głębszych warstw gleby, charakteryzuje się dużą wrażliwością na zmiany warunków wodnych. Jak podają Koźmiński i Kalbarczyk [12] średnie roczne zmniejszenie plonu

ziemniaka z powodu ekstremalnego uwilgotnienia gleby dochodzi nawet, w latach bardzo mokrych lub bardzo suchych, do 40% poniżej średniej wieloletniej wartości. Zniżka plonu ziemniaka powodowana suszą, występującą w różnych stadiach rozwoju roślin, jest niejednakowa. Jeśli susza występuje w stadium tuberyzacji – zmniejsza się liczba zawiązywanych bulw, a gdy susza występuje w stadium kwitnienia roślin – zmniejsza się średnia masa bulw [3]. Zróżnicowane reakcje ziemniaka na suszę można wytłumaczyć tym, iż niedobór wody w glebie może powodować nie tylko zmniejszenie lub zahamowanie asymilacji netto, lecz dla niektórych odmian, również zmniejszenie wielkości powierzchni asymilacyjnej roślin [6].

W literaturze istnieje mało pozycji, w których udowodniono wpływ warunków wilgotnościowych na plonowanie ziemniaka, zwłaszcza w skali kraju i równocześnie województw [4,10,13]. Dlatego też podjęto próbę uchwycenia ilościowych współzależności między plonami ziemniaka a warunkami wilgotnościowymi gleby, wyrażonymi za pomocą wskaźnika uwilgotnienia gleby oraz określenia zagrożenia uprawy ziemniaka powodowanego przez ekstremalne uwilgotnienie gleby.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę opracowania stanowiły wyniki poziomu plonowania ziemniaka w warunkach produkcyjnych w Polsce z kolejnych lat 1972-1995 [16]. Produkcję polową charakteryzowały dane GUS dla 44 województw (pominięto 5 województw górskich), według podziału administracyjnego z roku 1975. Wyniki dla lat 1972-1975 zostały przekształcone z poprzedniego układu administracyjnego do 49 województw i opublikowane przez GUS [8], i w tej formie wykorzystane w niniejszej pracy. Ponadto w pracy wykorzystano publikowane w Biuletynach Agrometeorologicznych [7] oceny stanu uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby według dekad od 1 kwietnia do 31 października dla 316 rejonów sprawozdawczych IMGW. Wyniki pochodzące z rejonów sprawozdawczych (od 3 do 11, w zależności od województwa) posłużyły do opracowania charakterystyk uwilgotnienia w skali województw. Materiały obejmowały trzy klasy stanu uwilgotnienia gleby, ocenianego metodą wizualną i organoleptyczną: niedostatecznego, dostatecznego i nadmiernego.

Do określenia wpływu ekstremalnego stanu uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby (do 30 cm) na plonowanie ziemniaka posłużono się wskaźnikiem Wug, opracowanym przez Koźmińskiego [10]:

$$Wug = l_d \cdot p \quad (1)$$

gdzie: l_d – liczba dekad z niedostatecznym lub nadmiernym uwilgotnieniem gleby w przyjętym okresie wegetacji ziemniaka, p – powierzchnia kraju lub województwa, objęta niedostatecznym lub nadmiernym uwilgotnieniem gleby, wyrażona w ułamku całej powierzchni kraju lub województwa.

Przy opracowywaniu wskaźnika Wug rozpatrywano za Koźmińskim [10] niedostateczne uwilgotnienie gleby występujące w ciągu co najmniej dwóch dekad, na powierzchni zajmującej ponad 20%. 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. Oprócz ekstremalnych stanów uwilgotnienia gleby, w analizie uwzględniono także dostateczne uwilgotnienie wierzchniej warstwy gleby. W przeciwieństwie do stanów ekstremalnych, przy określaniu dostatecznego stanu uwilgotnienia gleby, uwzględniano faktyczną powierzchnię województwa lub kraju, na której taki stan wystąpił. Wartość wskaźnika dla dostatecznego uwilgotnienia gleby, który w nawiązaniu do symboli przyjętych przez Koźmińskiego dla stanów ekstremalnych, oznaczono Wugd, zawierała się wobec powyższego w granicach $0 \leq Wugd \leq 1$. Przykładowo $Wugd = 1$ oznacza, że cała powierzchnia rozpatrywanego województwa (lub kraju) w przyjętym okresie była objęta dostatecznym stanem uwilgotnienia gleby.

W celu określenia wpływu uwilgotnienia gleby na plonowanie ziemniaka posłużono się metodą regresji liniowej, której parametry zostały wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów dla zaobserwowanych w próbie wartości badanych zmiennych. Hipotezę o istotności równania, tzn. współczynnika korelacji wielokrotnej, zbadano testem F-Snedecora, natomiast istotność współczynników regresji – testem t-Studenta. Za miarę dopasowania funkcji regresji do danych empirycznych posłużyły współczynnik determinacji oraz błąd równania regresji.

WYNIKI I DYSKUSJA

Mając na uwadze wyniki prezentowane w literaturze podjęto próbę określenia związku między plonem ziemniaka a dostatecznym i ekstremalnymi stanami uwilgotnienia gleby, w okresie od kwietnia do września. Jak widać w tabeli 1, miesiącem, w którym wszystkie trzy analizowane stany uwilgotnienia gleby istotnie oddziaływały na plonowanie ziemniaka w skali kraju był lipiec, z tym, że oczywiście dostateczne uwilgotnienie wierzchniej warstwy gleby oddziaływało korzystnie, a niedostateczne i nadmierne – niekorzystnie. Dostateczne i niedostateczne stany uwilgotnienia gleby istotnie oddziaływały na plony ziemniaka także w sierpniu, a współczynniki determinacji były prawie identyczne (około 15%), natomiast nadmierne – w czerwcu. Uzyskane wyniki potwierdziły wcześniejsze opinie Czarneckiej i Kalbarczyka [4] o pozytywnym wpływie i o liniowym charakterze oddziaływania dostatecznego uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby na plonowanie ziemniaka w okresie największego ich zapotrzebowania na wodę oraz Koźmińskiego [10] o negatywnym wpływie niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia gleby w okresie od 21VI do 31VIII. Niekorzystne oddziaływanie nadmiernego uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby spowodowane jest

pogorszeniem stosunków powietrznych w glebie oraz stworzeniem sprzyjających warunków do porażenia ziemniaka chorobami, a często towarzysząca temu niska temperatura gleby może powodować gnicie bulw i opóźniać dojrzewanie ziemniaka [14]. Z kolei niedobór wody w glebie hamuje wzrost ziemniaka, zmniejsza powierzchnię asymilacyjną liści i skraca czas trwania faz rozwojowych [18]. Najczęściej jednak dostrzegalnym objawem suszy jest obniżenie plonowania ziemniaka. Roztropowicz [18] pisze, że okresowy niedobór wody w glebie, zwłaszcza w drugiej połowie sierpnia może obniżyć plony bulw, zależnie od odmiany, o 30 do nawet 120 dt·ha⁻¹. Istotny wpływ niedostatecznego stanu gleby udowodniono również w maju, zaś nadmiernego – we wrześniu, ale już o dodatnim kierunku oddziaływania. Takie same wyniki, ale w skali województwa lubelskiego, uzyskał Kalbarczyk [9]. Dodatni wpływ niedostatecznego uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby na początku okresu wegetacyjnego ziemniaka jest możliwy głównie na glebach średnich oraz ciężkich i to o dużej ilości zgromadzonych pozimowych zapasach wody. Natomiast zastanawia dodatnie oddziaływanie nadmiernego uwilgotnienia gleby we wrześniu. Współczynniki determinacji dla analizowanych zależności wahały się od 2% do około 20%. Zdecydowanie najściślejszy związek potwierdzono w lipcu dla dostatecznego uwilgotnienia gleby ($R^2 = 20,6\%$), a w następnej kolejności w sierpniu zarówno dla dostatecznego ($R^2 = 14,8\%$), jak i niedostatecznego uwilgotnienia gleby ($R^2 = 14,7\%$). Analiza cząstkowych współczynników regresji plonu względem dostatecznego uwilgotnienia gleby w lipcu udowodniła, że przy wzroście powierzchni z rozpatrywanym stanem gleby o 10% ($Wugd = 0,1$) plony ziemniaka mogą wzrosnąć przeciętnie o prawie 4 dt·ha⁻¹, natomiast w sierpniu, o prawie 5 dt·ha⁻¹.

Tabela 1. Wpływ uwilgotnienia gleby na plony ziemniaka w Polsce. Lata 1972-1995

Table 1. The effect of soil moistening on the potato crop yields in Poland over 1972-1995

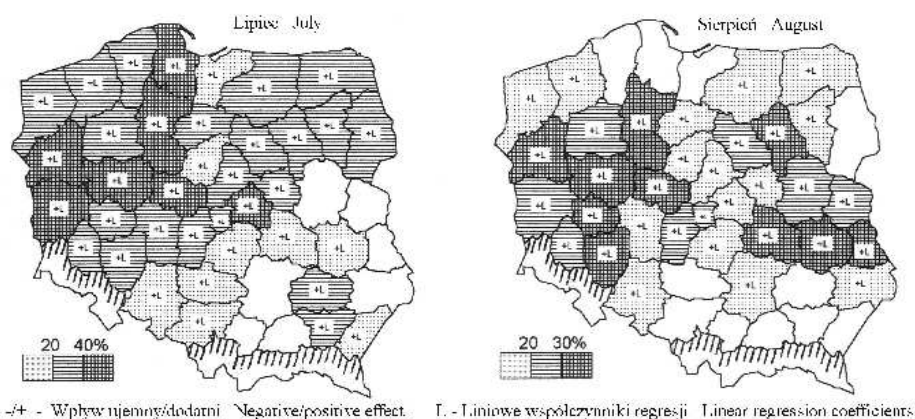
Stan uwilgotnienia gleby State of soil moistening	Miesiące – Months				
	Maj May	Czerwiec June	Lipiec July	Sierpień August	Wrzesień September
Dostateczny Sufficient	•	•	+L*** (20,6)	+L*** (14,8)	•
Niedostateczny Insufficient	+L*** (2,0)	•	-L** (7,1)	-L*** (14,7)	•
Nadmierny Excessive	•	-L*** (6,1)	-L*** (6,6)	•	+L*** (4,8)

Objaśnienia – Explanations:

-/+ – wpływ ujemny/dodatni, w nawiasach - wartości współczynników determinacji (%), L – liniowe współczynniki regresji, • – brak istotnego wpływu na poziomie $\alpha = 0,1$, *** – wpływ istotny przy $\alpha = 0,01$, ** – wpływ istotny przy $\alpha = 0,05$.

-/+ – negative/positive effect, values of determination coefficients in parenthesis (%), L – Linear regression coefficients, • – effect non-significant at $\alpha = 0.1$, *** – effect significant at $\alpha = 0.01$, ** – effect significant at $\alpha = 0.05$.

Z analizy regresji pojedynczej, w skali województw, wynika, że współczynnik determinacji dla najlepszej zależności plonu ziemniaka w warunkach produkcyjnych od dostatecznego uwilgotnienia gleby w lipcu, wahał się najczęściej od 20 do 40%, a brak statystycznie istotnej zależności uwidocznili się tylko w 7 byłych województwach położonych w południowo-wschodniej części kraju (rys. 1). Najściślejszy związek udowodniono w środkowozachodniej części kraju, w której współczynnik determinacji kształtował się na poziomie nawet ponad 40%, natomiast naj słabszy związek, R^2 poniżej 20% – na południu Polski oraz w byłych województwach elbląskim i wrocławskim. W sierpniu współczynnik określoności dla zależności plonu ziemniaka od rozpatrywanego stanu uwilgotnienia gleby był mniejszy i kształtował się od 20 do 30%. Największy, istotny, wpływ dostatecznego uwilgotnienia gleby na wielkość plonów ziemniaka stwierdzono generalnie w byłych województwach położonych w równoleżnikowym pasie, w środkowej części kraju. Natomiast na południu kraju i w części środkowo-północnej oraz w byłym województwie białostockim analizowana zależność była nieistotna.

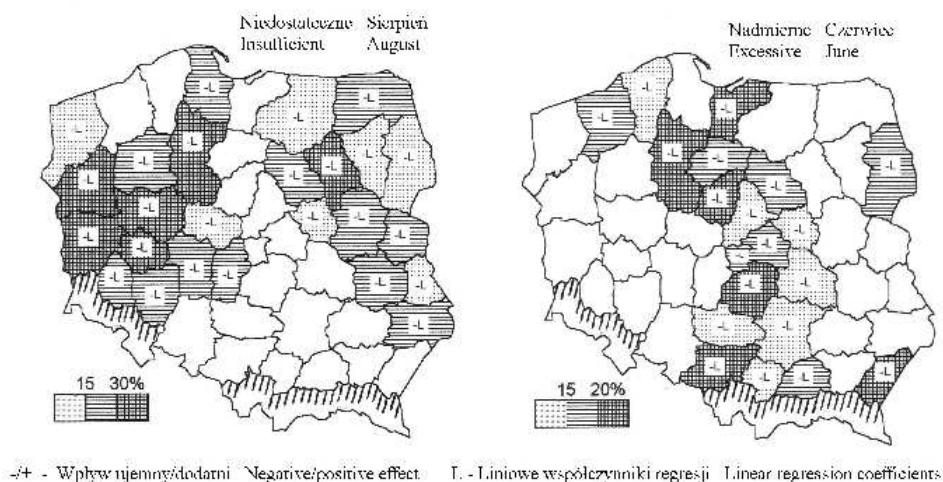


Rys. 1. Współczynniki determinacji (%) dla zależności plonów ziemniaka od dostatecznego uwilgotnienia gleby w lipcu i w sierpniu. Lata 1972-1995

Fig. 1. Determination coefficients (%) for the interrelationship between potato crop yields and sufficient soil moistening in July and August over 1972-1995

Statystycznie istotny, niekorzystny wpływ niedostatecznego uwilgotnienia gleby na plony ziemniaka w maju, lipcu i w sierpniu ujawnił się głównie w województwach środkowozachodniej części kraju. Jest to zgodne z opinią Przedpeńskiej [15] o większym zagrożeniu ziemniaka wskutek niedostatecznego uwilgotnienia gleby na zachodzie kraju niż na pozostałym obszarze, zwłaszcza w sierpniu. Największy obszar o istotnym oddziaływaniu niedostatecznego uwilgotnienia

wierzchniej warstwy gleby stwierdzono w sierpniu (rys. 2), a więc w tym miesiącu, w którym, jak podaje Tomaszewska [19] z roku na rok notuje się coraz częściej i coraz dłużej trwające susze glebowe. Niedostateczna wilgotność gleby w sierpniu wyjaśniała na ogół od 15 do 30% zmienności plonów ziemniaka. Największe zależności, R^2 ponad 30%, udowodniono w środkowozachodniej części kraju i w byłym województwie ostrołęckim, najmniejsze – w byłych województwach: szczecińskim, olsztyńskim, konińskim, warszawskim, chełmskim oraz w łomżyńskim i białostockim. W byłych województwach środkowej i południowej Polski oraz w elbląskim, toruńskim, koszalińskim i słupskim wpływ rozpatrywanego czynnika na plonowanie ziemniaka okazał się nieistotny.



Rys. 2. Współczynniki determinacji (%) dla zależności plonów ziemniaka od niedostatecznego uwilgotnienia gleby w sierpniu oraz nadmiernego uwilgotnienia gleby w czerwcu. Lata 1972-1995

Fig. 2. Determination coefficients (%) for the interrelationship between potato crop yields and insufficient soil moistening in August and excessive moistening of soil in June over 1972-1995

Wpływ nadmiernego uwilgotnienia gleby na wielkość plonowania ziemniaka, rozpatrywany dla każdego z 44 byłych województw, podobnie jak w skali całego kraju, był mniejszy niż uwilgotnienia niedostatecznego. Najwięcej statystycznie istotnych współczynników determinacji stwierdzono w czerwcu. Jak wskazuje rysunek 2, obszarem istotnego, negatywnego, oddziaływania nadmiernego uwilgotnienia gleby na plony ziemniaka był południkowy, środkowy pas kraju. Największe wartości obliczonego współczynnika determinacji przekraczały 20% i wystąpiły w sześciu byłych województwach: elbląskim, bydgoskim, piotrkowskim, wrocławskim, katowickim i przemyskim. W lipcu niekorzystne oddziaływanie nadmiernego uwilgotnienia gleby zaznaczyło się

już tylko na Pojezierzu Mazurskim i na Podkarpaciu. Natomiast we wrześniu nie potwierdzono w żadnym województwie istotnego oddziaływania rozpatrywanego czynnika, mimo że był on istotny w skali całego kraju.

Mając na uwadze uzyskane dla miesięcy wyniki i korzystając z opinii wyrażonych w literaturze, odnośnie okresów krytycznych ziemniaka [2,10,12], podjęto próbę wyznaczenia okresów największego oddziaływania dostatecznego i ekstremalnych stanów uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby na plony ziemniaka. Wyniki przedstawiono w tabeli 2, w której zawarto tylko część z bardzo wielu rozpatrywanych kombinacji. Jak z niej wynika, okres statystycznie istotnego oddziaływania trzech stanów uwilgotnienia gleby na plonowanie ziemniaka rozpoczynał się od 1 czerwca. Pomimo, że trzy analizowane stany uwilgotnienia gleby, są zjawiskami przeciwstawnymi, to jak wynika z danych tabeli 2, największe wartości współczynników determinacji dotyczyły tych samych okresów, a mianowicie 21VI-10VIII i 21VI-20VIII. W okresach tych analizowane stany uwilgotnienia gleby wykazały się największą zmiennością [1]. Współczynniki determinacji plonu względem wszystkich trzech stanów uwilgotnienia gleby kształtowały się w wymienionych wyżej okresach od 20 do 40%. Potwierdziły one ogólnie znane fakty, że w okresie największych potrzeb wodnych ziemniaka (lipiec i sierpień) dostateczne uwilgotnienie gleby oddziałuje korzystnie na plony, natomiast ekstremalne – niekorzystnie. Porównując wyniki zawarte w tabelach 1 i 2 należy stwierdzić, że opis zmienności plonów ziemniaka przy uwzględnieniu wyznaczonych okresów był nawet o kilkanaście procent lepszy niż w ujęciu miesięcznym.

Wysokie wartości współczynników determinacji plonów ziemniaka względem ekstremalnych stanów uwilgotnienia gleby, a jednocześnie ich kompleksowy charakter skłoniły do podjęcia próby określenia zagrożeń uprawy ziemniaka osobno w dwóch przeciwstawnych sytuacjach pogodowych, a mianowicie:

- niedostatecznego uwilgotnienia gleby, będącego skutkiem niższych od przeciętnych sum opadów, a jednocześnie większych temperatur powietrza i gleby,
- nadmiernego uwilgotnienia gleby, występującego w warunkach wyższych od przeciętnych sum opadów, a jednocześnie mniejszych temperatur powietrza i gleby.

Do analizy wpływu niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia gleby przyjęto, spośród wielu z przedstawionych w tabeli 2, tylko jeden okres – 21VI-20VIII, w którym rozpatrywany czynnik agrometeorologiczny, najlepiej charakteryzuje plony ziemniaka. Na okres od 21VI do 20VIII przypada kwitnienie ziemniaka i co jest z tym związane największe zapotrzebowanie ziemniaka na wodę [14]. Niedostateczne uwilgotnienie gleby w tym okresie wyjaśniło zmienność plonowania ziemniaka w skali całego kraju w około 40%, a uwilgotnienie nadmierne – w około 33%. Uzyskane wyniki są zbieżne z prezentowanymi przez innych autorów [10,12] zarówno co do okresu najsilniejszego oddziaływania ekstremalnych stanów uwilgotnienia gleby, jak

i liniowego charakteru omawianej zależności. Prawdopodobnie jeszcze lepsze wyniki uzyskano by wówczas, gdyby rozmieszczenie plantacji ziemniaka pokrywało się z obszarami, z których pochodziły dane odnośnie stanu uwilgotnienia gleby.

Tabela 2. Wpływ dostatecznego i ekstremalnego uwilgotnienia gleby na plony ziemniaka w Polsce, w wyznaczonych okresach. Lata 1972-1995

Table 2. The effect of sufficient and extreme soil moistening on the potato crop yields in Poland in fixed periods. The years 1972-1995

Okresy Periods	Liczba dekad Number of ten day periods	Stany uwilgotnienia gleby – States of soil moistening		
		Dostateczny Sufficient	Niedostateczny Insufficient	Nadmierny Excessive
1VI-10VII	7	+L*** (6,4)	•	-L*** (8,2)
1VI-20VII	8	+L*** (11,1)	•	-L*** (8,5)
1VI-31VII	9	+L*** (15,2)	•	-L*** (12,2)
1VI-10VIII	10	+L*** (21,1)	-L*** (6,8)	-L*** (15,0)
1VI-20VIII	11	+L*** (23,0)	-L*** (18,6)	-L*** (21,9)
1VI-31VIII	12	+L*** (23,0)	-L*** (23,8)	-L** (14,0)
1VI-10IX	13	+L*** (21,1)	-L*** (10,1)	-L** (8,4)
1VI-20IX	14	+L*** (17,6)	-L*** (8,6)	-L** (6,0)
11VI-10VII	6	+L*** (6,5)	•	-L*** (8,5)
11VI-20VII	7	+L*** (11,2)	•	-L*** (9,1)
11VI-31VII	8	+L*** (15,2)	•	-L*** (18,8)
11VI-10VIII	9	+L*** (17,6)	-L*** (10,9)	-L*** (20,6)
11VI-20VIII	10	+L*** (24,0)	-L*** (26,5)	-L*** (25,5)
11VI-31VIII	11	+L*** (26,0)	-L*** (19,9)	-L*** (14,3)
11VI-10IX	12	+L*** (26,0)	-L*** (11,6)	-L** (8,7)
11VI-20IX	13	+L*** (23,0)	-L*** (7,4)	-L** (6,2)
21VI-10VII	5	+L*** (10,2)	•	-L*** (9,0)
21VI-20VII	6	+L*** (15,5)	•	-L*** (10,4)
21VI-31VII	7	+L*** (24,0)	-L** (13,6)	-L*** (19,6)
21VI-10VIII	8	+L*** (26,0)	-L*** (28,7)	-L*** (29,0)
21VI-20VIII	9	+L*** (28,9)	-L*** (39,8)	-L*** (33,0)
21VI-31VIII	10	+L*** (22,0)	-L*** (22,9)	-L*** (18,4)
21VI-10IX	11	+L*** (19,4)	-L*** (14,3)	-L** (8,0)
21VI-20IX	12	+L*** (16,0)	-L*** (10,9)	-L** (3,3)
1VII-10VIII	4	+L*** (23,1)	-L*** (11,1)	-L*** (7,9)
1VII-20VIII	5	+L*** (23,3)	-L*** (24,8)	-L*** (12,8)
1VII-31VIII	6	+L*** (20,3)	-L*** (21,3)	-L*** (18,9)
1VII-10IX	7	+L*** (17,1)	-L*** (11,5)	-L*** (14,5)
1VII-20IX	8	+L*** (14,2)	-L*** (8,9)	-L*** (8,3)

Objaśnienie oznaczeń jak w tabeli 1. – Explanations, see table 1.

Opracowano równania regresji o następującej postaci analitycznej:
dla niedostatecznego stanu uwilgotnienia gleby

$$y = 183,31 - 6,46 W_{ugn_{21VI-20VIII}}^{***} \quad (2)$$

dla nadmiernego stanu uwilgotnienia gleby

$$y = 180,85 - 12,049 W_{ugm_{21VI-20VIII}}^{***} \quad (3)$$

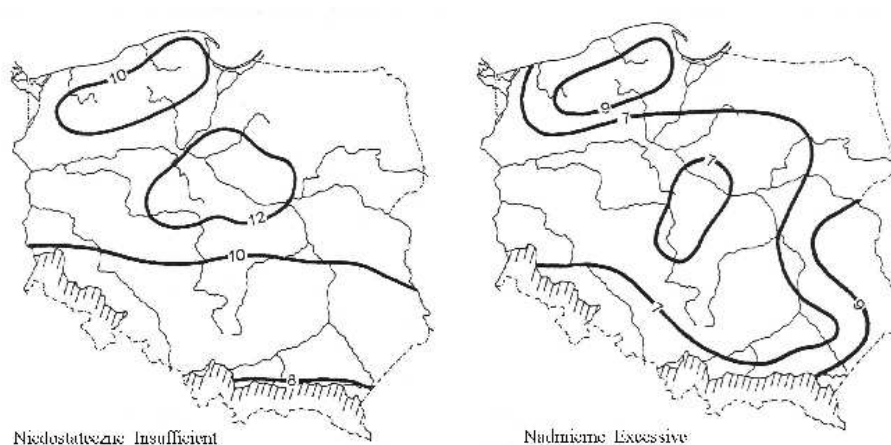
gdzie: y – plony ziemniaka w warunkach produkcyjnych ($dt \cdot ha^{-1}$), $W_{ugn_{21VI-20VIII}}$ – wskaźnik niedostatecznego stanu uwilgotnienia gleby, $W_{ugm_{21VI-20VIII}}$ – wskaźnik nadmiernego stanu uwilgotnienia gleby, oba w okresie 21VI-20VIII, *** – współczynnik regresji istotny na poziomie $\alpha = 0,01$.

Jak wynika z porównania współczynników regresji w obu równaniach zagrożenie plonów ziemniaka z tytułu nadmiernego uwilgotnienia gleby w analizowanym okresie było około dwukrotnie większe niż przy wystąpieniu stanu niedostatecznego, pomimo, że ścisłość korelacji ze stanem niedostatecznym była o około 7% większa (tab. 2).

W celu określenia zagrożenia uprawy ziemniaka ze strony ekstremalnych warunków wilgotnościowych gleby wyznaczono, na podstawie zależności korelacyjnej, której analityczną postać przedstawiono wyżej, progowe wartości wskaźników W_{ug} dla niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia gleby. Wyznaczona wartość wskaźnika niedostatecznego uwilgotnienia gleby wyniosła 2,8, a dla uwilgotnienia nadmiernego – 0,6. W następnej kolejności dla każdego z 44 województw kraju obliczono średnią wartość obu wskaźników, ale tylko dla tych lat, w których przekraczały one wyznaczone wcześniej wartości progowe. Podstawiając je do równań (2 i 3) obliczono plony, uwarunkowane przeciętnym występowaniem niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia gleby w obrębie poszczególnych województw kraju. Różnice pomiędzy średnimi wieloletnimi rzeczywistymi plonami krajowymi a plonami obliczonymi według opisanej wyżej procedury, pozwoliły na określenie potencjalnego spadku plonu, spowodowanego ekstremalnymi stanami uwilgotnienia gleby, oddzielnie dla każdego.

Potencjalne obniżenie plonów ziemniaka powodowane przez niedostateczne uwilgotnienie gleby w okresie 21VI-20VIII kształtowało się głównie od 8 do 12% (rys. 3). Największe zagrożenie wystąpiło w centrum kraju, mniejsze zaś na południu Polski i na Pojezierzu Pomorskim. Podobne wyniki uzyskał Rojek [17], według którego najmniejsze niedobory opadów dla ziemniaka w lipcu, oceniane na podstawie rolniczo-klimatycznych bilansów wodnych, występują w południowo-wschodniej części kraju. Z kolei Demidowicz i in. [5] określili, że zmniejszenie plonów ziemniaka z tytułu niedoboru opadów w lipcu oraz w sierpniu wynosi od $5 dt \cdot ha^{-1}$ na południu kraju do nawet $20 dt \cdot ha^{-1}$ na środkowym zachodzie, co odpowiada około 12%

plonu wieloletniego. Roztropowicz [18] podkreśla, że ujemne skutki wpływu niedostatecznego uwilgotnienia gleby na plonowanie ziemniaka są trudne niekiedy do oszacowania, gdyż zależą nie tylko od siły oddziaływania bodźców stresowych, ale również od reakcji odmian w konkretnych warunkach środowiska. Zagrożenie uprawy ziemniaka przez nadmierne uwilgotnienie gleby było mniejsze niż przez uwilgotnienie niedostateczne, gdyż mogło być przyczyną obniżenia plonów głównie od 7 do 9% poniżej średniej wieloletniej wartości (rys. 3). Rozkład przestrzenny potencjalnego obniżenia plonów ziemniaka z tytułu nadmiernego uwilgotnienia gleby wskazał, że najmniejsze zagrożenie wystąpiło w zachodniej i środkowej części kraju, największe natomiast na obszarze obejmującym południowo wschodnie obrzeża kraju oraz na wzniesieniach Pojezierza Pomorskiego.



Rys. 3. Potencjalne obniżenie plonów ziemniaka (%) powodowane niedostatecznym i nadmiernym uwilgotnieniem gleby

Fig 3. The potential decrease in the potato crop yields (%) caused by the insufficient and excessive soil moistening

WNIOSKI

1. Stwierdzono korzystny wpływ dostatecznego uwilgotnienia gleby w lipcu i sierpniu na plony ziemniaka w większości województw, natomiast w czerwcu niekorzystny wpływ nadmiernego uwilgotnienia gleby udowodniono w województwach położonych w środkowym pasie kraju na linii Elbląg-Katowice i w sierpniu niedostatecznego uwilgotnienia gleby, głównie w zachodnich i wschodnich województwach.

2. Ścisłejsze i statystycznie istotniejsze zależności krajowego plonu ziemniaka z warunkami wilgotnościowymi gleby były w okresach kilkudekadowych niż w okresach miesięcznych.

3. Zmniejszenie krajowych plonów ziemniaka poniżej średniej wieloletniej z powodu ekstremalnego uwilgotnienia gleby w okresie od 21VI do 20VIII, wyrażonego wskaźnikiem uwilgotnienia gleby, wystąpiło przy wartościach wskaźnika $Wugm > 2,8$ dla niedostatecznego uwilgotnienia gleby i $Wugm > 0,6$ – dla nadmiernego.

4. Zagrożenie uprawy ziemniaka w Polsce przez nadmierne uwilgotnienie gleby w okresie od 21VI do 20VIII było średnio o 3% mniejsze niż przez uwilgotnienie niedostateczne, które może być przyczyną obniżenia plonów o 10% poniżej średniej wieloletniej wartości.

5. Rozkład przestrzenny potencjalnego obniżenia plonów ziemniaka z powodu niedostatecznego uwilgotnienia gleby wskazał, że największe zagrożenie występuje w centrum kraju, natomiast z powodu nadmiernego uwilgotnienia gleby na obszarze obejmującym południowo wschodnie obrzeża kraju oraz na wzniesieniach Pojezierza Pomorskiego.

PIŚMIENNICTWO

1. Atlas uwilgotnienia gleby w Polsce: pod red. C. Koźmińskiego i B. Michalskiej. Wyd. AR Szczecin, 1995.
2. Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce: pod red. C. Koźmińskiego i B. Michalskiej. Wyd. AR Szczecin i Uniwersytet Szczeciński, 2001.
3. **Bartoszuk W.:** Zniżka plonu bulw powodowana niedoborem wody w czasie wegetacji. Biul. Inst. Ziemn., 36, 43-51, 1987.
4. **Czarnecka M., Kalbarczyk R.:** Wpływ dostatecznego uwilgotnienia gleby na plonowanie ziemniaka w Polsce. Fol. Univ. Agric. Stetin., 209(83), 13-20, 2000.
5. **Demidowicz G., Doroszewski A., Górski T.:** Wpływ niedoboru opadów na straty w produkcji ziemniaka i buraka cukrowego. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 438, 43-52, 1996.
6. **Górecki R., Grzesiuk S.:** Fizjologiczne podstawy odporności roślin na suszę. Post. Nauk Roln., 3, 15-44, 1978.
7. IMGW, Biuletyny Agrometeorologiczne, Warszawa, 1972-1997.
8. Informacje GUS, Produkcja głównych ziemiopłodów rolnych 1970-1975, Warszawa, 1976.
9. **Kalbarczyk R.:** Wpływ czynników agrometeorologicznych na plonowanie ziemniaków w województwie lubelskim. Fol. Univ. Agric. Stetin., 202(79), 91-98, 1999.
10. **Koźmiński C.:** Próba określania i prognozowania plonów ziemniaków w Polsce na podstawie niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia gleby. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 153(53), 37-51, 1992.
11. **Koźmiński C.:** Uwilgotnienie gleby pod oziminami i ziemniakami w województwie koszalińskim. Zesz. Nauk. AR Szczecin, 174(64), 165-177, 1996.
12. **Koźmiński C., Kalbarczyk R.:** Ocena uwilgotnienia gleby w województwie poznańskim do prognozowania plonów ziemniaka. Fol. Univ. Agric. Stetin., 201(78), 61-76, 1999.

13. **Michalska B.:** Uwilgotnienie gleby pod oziminami i ziemniakiem w województwie gorzowskim. Pam. Puł., 110, 137-150, 1997.
14. **Prawdź K.:** Wyniki plonowania żyta i ziemniaków na polu ustalonym w RZD w Lipkach, pow. Stargard, zależnie od przebiegu niektórych czynników meteorologicznych i wilgotności gleby w latach 1960-1965. Szczec. Tow. Nauk, 30(2), 1967.
15. **Przedpełska W.:** Występowanie okresów z niedostateczną wilgotnością gleby w Polsce na podstawie ocen szacunkowych. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 387, 145-151, 1990.
16. Roczniki Statystyczne GUS, 1973-1996, Warszawa.
17. **Rojek M.:** Niedobory opadowe wybranych roślin uprawnych na terenie Polski w okresie 1951-1990. Materiały konferencyjne XXV Zjazdu Agrometeorologów 27-29IX, Olsztyn-Mierki, 143-150, 1994.
18. **Roztropowicz S.:** Zmiany w rozwoju czterech odmian ziemniaków powodowane niekorzystnymi warunkami wilgotnościowymi. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln., 181, 163-171, 1976.
19. **Tomaszewska T.:** Wpływ warunków meteorologicznych na plon i zawartość skrobi ziemniaków. Prze. Geof., 17(3-4), 261-289, 1972.

SOIL WATER STATUS AND THE CROP YIELDS OF POTATO IN POLAND

Robert Kalbarczyk

Department of Meteorology and Climatology, University of Agriculture
ul. Papieża Pawła VI nr 3, 71-469 Szczecin
e-mail : robkalb@agro.ar.szczecin.pl

Abstract. In the present paper the interrelation between the potato crop yields and the excessive and insufficient soil water status in the years 1972-1995 both in the whole country and in provinces is determined. There was also an attempt to determine a decrease in the potato crop yields caused by the extreme soil water status expressed by means of the Wug index according to Koźmiński, throughout Poland. This relationship was described by means of the single regression analysis using the STATISTICA 5 programme. The decrease in the national potato crop yields to the value lower than the multi-year average, resulted from the extreme moistening of soil in the period from the 21st June to 20th August expressed by means of the soil moistening index occurred at the Wugn index > 2.8 for the insufficient moistening of soil and the Wugn index > 0.6 for the excessive soil moistening. The risk to the potato crops in Poland caused by the excessive moistening of soil during the period from the 21st June to 20th August was on average 3% lower than that resulted from the insufficient soil moistening. The latter may be the cause of a decrease in the yields to the value 10% lower than the multi-year average. The spatial distribution of the potential lowering of the potato crops due to the insufficient soil moistening showed that the largest risk was in the central part of the country, whereas the largest danger due to the excessive moistening of soil was in the south eastern fringes of the country and in the hills of Pojezierze Pomorskie (Pomeranian Lake Region).

Keywords: potato, production, soil moisture, decrease of yields, Poland