

CZYNNIKI AGROMETEOROLOGICZNE A PLONY ZIEMNIAKA W RÓŻNYCH REJONACH POLSKI

Robert Kalbarczyk

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

Streszczenie. Na podstawie zebranych w okresie 24 lat (1972-1995) materiałów Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych, Głównego Urzędu Statystycznego oraz Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej oceniono zależność plonów ziemniaka od czynników agrometeorologicznych w różnych rejonach kraju zarówno w doświadczałnictwie, jak i produkcji. Największy wpływ na wielkość plonowania ziemniaka miały warunki termiczne powietrza: w maju, w sierpniu oraz w okresie 11VII-10VIII, warunki opadowe w okresach: 21III-10V, 21IV-30VI i 11VIII-30IX, a także ekstremalne stany uwilgotnienia gleby w okresie 21VI-20VIII, wyrażone wskaźnikiem Wug. Większy wpływ warunków wilgotnościowych niż termicznych udowodniono prawie we wszystkich analizowanych województwach. Jedynie w województwach: małopolskim, mazowieckim i lubelskim większą rolę odgrywały czynniki termiczne. Podobne wyniki uzyskano w warunkach doświadczalnych, w których rejon IV o największym wpływie temperatury powietrza na plony ziemniaka w generalnym zarysie odpowiadał części powierzchni województw m.in.: mazowieckiemu, lubelskiemu i łódzkiemu. Udział czynników agrometeorologicznych w zmienności plonów ziemniaka w warunkach doświadczalnych kształtował się od około 20% w południowo-zachodniej części kraju i wzrastał do 60% w środkowo-wschodniej, natomiast w warunkach produkcyjnych wahał się od około 40% w południowej części kraju do blisko 80% w północno-zachodniej.

Słowa kluczowe: ziemniak, czynniki agrometeorologiczne, doświadczałnictwo, produkcja, rejony Polski

WSTĘP

W ostatnich kilkudziesięciu latach zaznaczyła się wyraźna tendencja zmniejszania powierzchni uprawy oraz globalnych zbiorów ziemniaka w Polsce. Pomimo tego ciągle jeszcze gatunek ten nadal znajduje się w grupie głównych roślin uprawianych w naszym kraju, gdyż pod względem zajmowanej powierzchni ziemniaki ustępują jedynie pszenicy i żytu. W latach 1972-1995

ziemniaki uprawiano przeciętnie na powierzchni około 2 mln ha, stanowiącej 13% ogólnej powierzchni gruntów ornych [10]. Największy areał uprawy, wynoszący około 70%, zajmowały ziemniaki średnio późne i późne [8]. Spadek powierzchni uprawy oraz zbiorów ziemniaka z roku na rok nie zmniejszył znaczenia tej rośliny w Polsce. W dalszym ciągu ziemniaki odgrywają ważną rolę jako źródło wyżywienia ludności oraz mają duże znaczenie paszowe i płodozmianowe. Ponadto są nadal podstawowym surowcem w przemyśle krochmalniczym i gorzelniczym [12].

Oprócz postępu biologicznego i poziomu agrotechnicznego istotny wpływ na zmienność plonowania ziemniaka mają czynniki siedliskowe, a w szczególności warunki glebowe i warunki agrometeorologiczne [3,6]. Jednak warunki pogodowe, w przeciwieństwie do czynników edaficznych, ulegają zmianom w ciągu miesiąca, roku, a nawet w skali wielolecia. Ocenia się, że w warunkach poprawnej agrotechniki czynniki meteorologiczne mogą decydować o zmienności plonowania ziemniaka nawet w około 35% [16,17].

Celem pracy była ocena statystycznych zależności plonów ziemniaka od czynników agrometeorologicznych, prowadząca do wytypowania kompleksu czynników najlepiej opisujących zmienność plonowania ziemniaka w różnych rejonach kraju zarówno w doświadczalnictwie, jak i produkcji.

MATERIAŁ I METODY

Podstawę opracowania stanowiły materiały charakteryzujące uprawę ziemniaka w warunkach doświadczalnych oraz produkcyjnych. Doświadczalnictwo polowe reprezentowały plony ziemniaka odmian średnio późnych i późnych pochodzące z 23 stacji doświadczalnych Centralnego Ośrodka Badania Odmian Roślin Uprawnych (COBORU), natomiast produkcję plony GUS z 16 województw, z lat 1972-1995. Przeliczenie plonów wojewódzkich z układu 49 województw na układ 16 województw przeprowadzono przy zastosowaniu średniej ważonej [18].

Dane agrometeorologiczne wykorzystane w pracy pochodziły ze wszystkich stacji meteorologicznych, funkcjonujących przy stacjach doświadczalnych COBORU. W przypadkach, gdy w miejscowości, w której prowadzone były doświadczenia z ziemniakami, nie było stacji meteorologicznej do analizy wykorzystywano wyniki ze stacji meteorologicznej IMGW najbliższej położonej i zarazem najlepiej odzwierciedlającej warunki pogodowe przeprowadzanych doświadczeń. Poza tym do charakterystyki warunków meteorologicznych w odniesieniu do wyników produkcyjnych, rozpatrywanych w granicach 16 województw kraju, wykorzystano dodatkowo dane meteorologiczne z 51 stacji meteorologicznych IMGW. Dane meteorologiczne ze stacji IMGW zebrano z Biuletynów Agrometeorologicznych [1972-1995] i Roczników „Opady atmosferyczne” [1972-1980], natomiast ze stacji COBORU – z Przelądów Warunków Agrometeorologicznych [1972-1995]. Przedmiotem analizy były

następujące elementy meteorologiczne, w ujęciu dekadowym, miesięcznym lub w przyjętych okresach z dokładnością do dekady: sumy usłonecznienia rzeczywistego, średnie, minimalne i maksymalne temperatury powietrza, temperatura gleby z głębokości 5 cm, średnie wartości wilgotności względnej powietrza z godziny 13.00, sumy opadów atmosferycznych oraz liczba dni z opadem dobowym $\geq 0,5$ mm. Ponadto wykorzystano publikowane w Biuletynach Agrometeorologicznych oceny stanu niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby (do 30 cm) według dekad od 1 kwietnia do 31 października dla 316 rejonów sprawozdawczych IMGW. Do zbadania wpływu ekstremalnego stanu uwilgotnienia gleby na plonowanie ziemniaka posłużono się wskaźnikiem Wug, opracowanym przez Koźmińskiego 1992 [7].

Do określenia kompleksowego oddziaływania czynników agrometeorologicznych na wielkość plonów ziemniaka w warunkach doświadczalnych i produkcyjnych zastosowano analizę regresji krokowej postępującej, w której wstępnie wykorzystano wszystkie rozpatrywane czynniki agrometeorologiczne w okresie od marca do września niezależnie od tego, czy w regresji pojedynczej ich wpływ na plony był statystycznie istotny, czy nieistotny. W celu wybrania najlepszego wariantu czynnik-okres do opisu zmienności plonów wykorzystano 66 zmiennych w ujęciu miesięcznym i około 170 zmiennych w ujęciu wyznaczonych okresów. Efektem końcowym tej procedury było wytypowanie zespołu czynników, który odgrywał najważniejszą rolę w kształtowaniu się plonów ziemniaka.

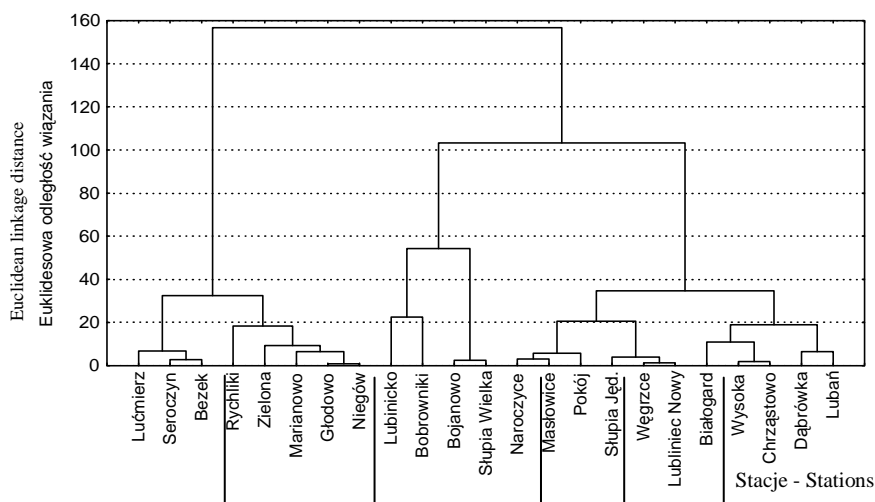
Do wyodrębnienia na terenie kraju 6 rejonów o podobnych warunkach meteorologicznych zastosowano analizę skupień, w której metodą funkcji podobieństwa była geometryczna odległość euklidesowa, a metodą grupowania był hierarchiczny algorytm Warda [14].

WYNIKI I DYSKUSJA

Próby wytypowania kompleksu czynników agrometeorologicznych kształtujących plony ziemniaka osobno dla każdej z 23 stacji COBORU zakończyły się niepowodzeniem, gdyż w większości stacji wyniki były statystycznie nieistotne lub istotne, ale tylko na poziomie $\alpha = 0,1$. W warunkach doświadczalnych, przy optymalnej agrotechnice, która była podstawowym elementem doświadczeń rejonizacyjnych, o wahaniami plonów decydowały przede wszystkim czynniki agrometeorologiczne. Ich różnorodność, a przede wszystkim zmienność sprawiała, że wyniki 24-letnie nie pozwalały uchwycić ich oddziaływania w skali lokalnej, jaką reprezentują stacje doświadczalne. Należało zatem podjąć próbę oceny zależności plonów od czynników agrometeorologicznych w grupach stacji doświadczalnych, reprezentujących podobne warunki przyrodnicze. Pierwszym

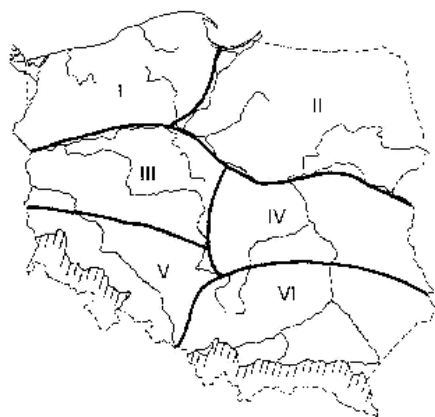
krokiem była próba pogrupowania wyników 23 stacji doświadczalnych według kompleksu rolniczej przydatności gleb. Jednak pogrupowanie danych według kompleksów glebowych, a w następnej kolejności osobno na grupy kompleksów żytnich i pszennych nie ujawniło istotnej różnicy wielkości plonów od warunków edaficznych. Jedną z głównych tego przyczyn było bardzo duże zróżnicowanie w liczbie prowadzonych doświadczeń na poszczególnych kompleksach, co przy 23 stacjach i 24 latach obserwacji powodowało zbyt duże rozproszenie wyników w ramach jednego kompleksu.

Kolejnym krokiem było pogrupowanie stacji doświadczalnych, tak by reprezentowały te same rejony kraju. Będące w dyspozycji materiały podstawowe z doświadczalnictwa nie pozwalały jednak skorzystać z ogólnie uznanych i stosowanych regionalizacji klimatycznych i agrometeorologicznych [1,11,13]. Zasadniczą tego przeszkodą była przede wszystkim za mała liczba stacji COBORU wobec liczby regionów wydzielonych na terenie kraju w wymienionych wyżej podziałach. Przykładowo Romer 1949 [11] wyróżnił 7 regionów i 53 krainy klimatyczne, a Okołowicz 1966 [13] 32 regiony klimatyczne. Z kolei Bac 1991 [1] w najnowszej regionalizacji według wskaźników agrometeorologicznych wyróżnił 4 obszary o podobnych warunkach wodnych, a w ich obrębie drugorzędne jednostki terytorialne o zróżnicowanych (od 1 do 9) kompleksowych wskaźnikach cieplno-energetycznych. Z tych względów należało pogrupować dane meteorologiczne z 23 stacji COBORU według innego kryterium. Uznano, że zastosowana do tego celu będzie hierarchiczna analiza skupień. Kryterium podobieństwa do pogrupowania stacji było podobieństwo wielkości usłonecznienia rzeczywistego, średniej temperatury powietrza oraz sum opadów atmosferycznych, według miesięcy od kwietnia do września, co w sumie dawało 18 zmiennych. Najlepsze wyniki tworzenia grup stacji podobnych, pod względem wymienionych wyżej czynników, dała metoda Warda i miara odległości euklidesowej. W wyniku zastosowanej metody otrzymano sześć grup stacji doświadczalnych COBORU (rys. 1), które tworzą – jak widać na rysunku 2 – sześć spójnych geograficznie rejonów. Wyróżnione rejony mają generalnie przebieg równoleżnikowy, co wykorzystano do ich numeracji od I do VI, przy czym zachodnie i wschodnie części kraju znalazły się w odrębnych jednostkach terytorialnych. Najmniejszy zasięg mają rejony III i V, największe natomiast rejony zostały zaliczone do II i VI, a w ich obrębie znalazło się od 3 do 6 stacji COBORU. Ze względu na ilość i rozmieszczenie stacji doświadczalnych, za najlepiej reprezentowany należy uznać rejon I i III, natomiast gorzej – II i VI. Zasięgi wydzielonych rejonów wykazują duże podobieństwo do regionów klimatycznych według Okołowicza 1966 [13] oraz do podziału kraju na rejony według Dzieżycy 1993 [5].



Rys. 1. Dendrogram grupowania stacji doświadczalnych COBORU, o podobnych warunkach termiczno-opadowych w okresie od kwietnia do września

Fig. 1. Dendrogram of the grouping of COBORU experimental stations of similar thermo-precipitation conditions from April to August



Rys. 2. Rejony o podobnych warunkach termiczno-opadowych w okresie od kwietnia do września. Lata 1972-1995

Fig. 2. Regions of similar thermo-precipitation conditions from April to August. The years 1972-1995

Analiza regresji krokowej pozwoliła na wytypowanie kompleksu czynników najlepiej odzwierciedlających wpływ warunków agrometeorologicznych na zmienność plonów ziemniaka w doświadczeniu. Wyniki przedstawiono w tabeli 1.

Zamieszczone w niej współczynniki determinacji dotyczyły funkcji liniowej, która lepiej niż krzywoliniowa opisywała zależność plonów od wszystkich wytypowanych czynników agrometeorologicznych, ale oczywiście tylko w pewnym

zakresie zmienności plonów (± 2 odchylenia standardowe). Głównymi czynnikami agrometeorologicznymi najlepiej wyjaśniającymi zmienność plonowania ziemniaka w Polsce były temperatura powietrza oraz suma opadów atmosferycznych. Pomimo, że współczynniki determinacji dla zależności plonów od czynników cieplnych w kilkudekadowych okresach były większe, to ostatecznie w ujęciu kompleksowym, najlepszy opis zapewniały wartości miesięczne. Wyodrębnione metodą regresji krokowej cztery czynniki agrometeorologiczne zapewniały charakterystykę warunków termicznych i opadowych zarówno z pierwszej, jak i z drugiej części okresu wegetacji ziemniaka. Najważniejszymi czynnikami agrometeorologicznymi, decydującymi o zmienności plonowania ziemniaka w Polsce, były średnia temperatura powietrza w maju oraz w sierpniu oraz suma opadów atmosferycznych w okresach 21IV-30VI i 11VIII-30IX. Wymienione czynniki termiczno-opadowe opisywały zmienność plonów w skali całego kraju w około 31%. Lepszy opis plonów uzyskano w rejonach: I, II, IV i VI, gorszy zaś – w rejonach III i V. Spośród sześciu rozpatrywanych rejonów, czynniki meteorologiczne najlepiej wyjaśniały zmienność plonowania w rejonie IV (R^2 około 56%), czyli w środkowo-wschodniej części Polski, a najslabiej - w rejonie V (R^2 około 17%), czyli w części południowo-zachodniej. W latach 1972-1995 (w skali całego kraju) wyraźny, niekorzystny, wpływ na plony ziemniaka w doświadczalnictwie wywierała wyższa średnia miesięczna temperatura powietrza w sierpniu i większe sumy opadów atmosferycznych w okresie 21IV-30VI, podczas gdy wzrost średniej miesięcznej temperatury powietrza w maju, a także wzrost sum opadów atmosferycznych w okresie 11VIII-30IX oddziaływał korzystnie. Uzyskane wyniki są podobne do otrzymanych przez Tomaszewską 1972 [16], według której w pierwszej połowie okresu wegetacji ziemniaka późnego istotnie, ujemnie, oddziałują suma opadów w okresie kwiecień-maj oraz dodatkowo – suma temperatur powietrza z tego samego okresu.

Z tabeli 1 widać również, że wpływ czynników termicznych i opadowych na wielkość plonów ziemniaka kształtował się różnie w zależności od rejonu kraju, od około 4% do blisko 40%. Generalnie większy wpływ warunków opadowych niż warunków termicznych stwierdzono w czterech rejonach, a mianowicie: w I, II, III i VI. Tylko w rejonach IV i V większą rolę pełniły warunki termiczne. Okazuje się, że w skali całego kraju na plony ziemniaka w doświadczeniach największy wpływ miały opady w okresie 21IV-30VI (r^2 około 13%), a w następnej kolejności temperatura powietrza w sierpniu (r^2 około 9%). Największe znaczenie, udowodniono w skali całego kraju, opadów w okresie 21IV-30VI w kształtowaniu plonów ziemniaka zostało potwierdzone prawie we wszystkich analizowanych rejonach, z wyjątkiem V. Największy wpływ opadów w pierwszej połowie okresu wegetacji zaznaczało się w południowo-wschodniej części Polski, w rejonie VI, a niewiele mniejsze, także w części północno-zachodniej, w rejonie I. W środkowo-zachodniej Polsce, w rejonie III, wpływ opadów atmosferycznych z okresu 21IV-

31VI na plonowanie ziemniaka był niewielki. Temperatura powietrza w sierpniu istotnie determinowała plony opisywanej rośliny w czterech rejonach: I, III, IV i VI. Kwadrat współczynnika korelacji cząstkowej (r^2) dla tej zależności wahał się od około 5% w rejonie III do prawie 40% w rejonie IV. Opady atmosferyczne w drugiej części okresu wegetacji ziemniaka, czyli w okresie 11VIII-30IX wywierały największy wpływ na plonowanie w północno-wschodniej części kraju (w około 10%), a także w północno i południowo-zachodnich częściach, zaliczonych do rejonów I i V. Temperatura powietrza w maju wpływała statystycznie istotnie na wielkość plonowania ziemniaka tylko w trzech rejonach: II, IV i V. Najsilniejsze (r^2 około 21%) oddziaływanie stwierdzono w rejonie IV, najslabsze zaś (r^2 około 8%) – w II.

Analizę kompleksowego wpływu czynników meteorologicznych na plonowanie ziemniaka w warunkach produkcyjnych przeprowadzono dla 16 województw według podziału z roku 1999. Uznano, że nowy podział administracyjny, wprowadzający 16 województw w miejsce 49, "zastąpił" w pewnej mierze procedurę grupowania stacji COBORU. W porównaniu do doświadczalnictwa w zestawie czynników dla produkcji znalazły się dwa charakteryzujące ekstremalne stany uwilgotnienia gleby, które nie były przedmiotem analizy w doświadczalnictwie, a które jak udowodniono, w niektórych okresach lepiej odzwierciedlały warunki wilgotnościowe siedliska tej rośliny niż opady. Wpływ ekstremalnego uwilgotnienia gleby na wielkość plonów ziemniaka w doświadczeniach rozpatrywany dla każdego z 6 rejonów był statystycznie nieistotny we wszystkich miesiącach od kwietnia do września, nawet przy poziomie istotności $\alpha = 0,1$. Niestety wyniki plonowania ziemniaka w warunkach doświadczalnych pochodziły z poletek o powierzchni zaledwie 15 m² i mimo, że odnoszono je do ocen uwilgotnienia z rejonów sprawozdawczych, w których była położona stacja, a nie z województw, to z pewnością nie odzwierciedlały one lokalnych warunków wilgotnościowych gleby w skali doświadczenia [4].

Jak wynika z tabeli 2, w pierwszej połowie wegetacji istotnie na plonowanie ziemniaka w warunkach produkcyjnych oddziaływały temperatura powietrza w maju i opady w okresie od 21III do 10V, natomiast w drugiej połowie – temperatura powietrza z okresu 11VII-10VIII oraz niedostateczne i nadmierne uwilgotnienie gleby, oba stany w okresie od 21VI do 20VIII. Warunki meteorologiczne istotnie kształtujące zmienność plonowania ziemniaka w produkcji, w skali całego kraju, opisywały zatem pięć wymienionych wyżej czynników, ale w niektórych województwach ten opis był ograniczony do dwóch czynników. Zależność plonów z większością wytypowanych czynników agrometeorologicznych była ujemna. Niekorzystnie zatem na wielkość plonów ziemniaka oddziaływały wyższe temperatury powietrza w okresie 11VII-10VIII, wyższe sumy opadów w okresie 21III-10V, a także niedostateczne i nadmierne uwilgotnienie gleby w okresie 21VI-20VIII. Jedynym czynnikiem, którego wzrost sprzyja dużym plonom w wytypowanym kompleksie była temperatura powietrza w maju.

Tabela 2. Wpływ głównych czynników agrometeorologicznych na plony ziemniaka w warunkach produkcyjnych. Lata 1972-1995**Table 2.** The influence of the main agrometeorological factors on the potato crop yields in production conditions. The years 1972-1995

Województwa Provinces	Liczba obserwacji Number of observations	Czynniki agrometeorologiczne Agrometeorological factors					R ²
		T _V	T _{11VII- 10VIII}	P _{21III- 10V}	Wugn _{21VI- 20VIII}	Wugm _{21VI- 20VIII}	
Dolnośląskie	24	•	–**	–***	–*	–***	64,8
r ²			16,8	31,3	11,6	33,6	
Kujawsko- pomorskie	24	•	–***	–**	–***	–***	80,8
r ²			49,0	20,2	47,6	65,6	
Lubelskie	24	•	–***	•	•	–**	49,8
r ²			46,2			20,7	
Lubuskie	24	•	–***	–**	–***	–***	77,5
r ²			36,0	18,4	51,8	27,0	
Łódzkie	24	+*	–**	–**	–**	–***	71,2
r ²			13,7	24,0	23,0	31,3	
Małopolskie	24	+**	–***	•	–**	•	42,9
r ²			23,0	31,3	20,2		
Mazowieckie	24	+**	–**	–**	•	•	54,9
r ²			23,0	20,2	17,6		
Opolskie	24	•	–***	–**	–*	–***	61,2
r ²			38,4	19,4	12,2	37,2	
Podkarpackie	24	+**	–***	–*	•	–***	74,5
r ²			18,5	54,7	15,2	67,2	
Podlaskie	24	•	–***	•	•	–***	49,7
r ²			36,0			43,5	
Pomorskie	24	•	–***	–**	–**	–***	86,4
r ²			77,4	23,0	22,0	75,7	
Warmińsko- mazurskie	24	+**	–***	•	–**	–***	67,0
r ²			21,1	29,1	27,0	30,2	
Wielkopolskie	24	•	–***	–***	–***	–***	84,9
r ²			44,8	33,6	62,4	68,8	
Śląskie	24	•	–**	–*	•	–***	57,7
r ²			23,3	16,6		47,5	
Świętokrzyskie	24	•	–***	–*	•	–***	49,4
r ²			37,2	12,2		33,6	
Zachodnio- pomorskie	24	•	–***	•	–***	–***	78,4
r ²			46,2		29,1	60,8	
Polska	384	+***	–***	–***	–***	–***	57,3
r ²			2,7	28,0	6,7	12,4	30,7

T_{11VII-10VIII} – średnia temperatura powietrza w okresie 11VII-10VIII – average air temperature from 11 July to 10 August, P_{21III-10V} – suma opadów w okresie 21III-10V – precipitation amount from 21 March to 10 May, P_{11VIII-30IX} – suma opadów w okresie 11VIII-30IX – precipitation amount 11 August to 30 September, Wugn_{21VI-20VIII} – wskaźnik niedostatecznego uwilgotnienia gleby w okresie 21VI-20VIII – Wug insufficient soil moisture from 21 June to 20 August, Wugm_{21VI-20VIII} – wskaźnik nadmiernego uwilgotnienia gleby w okresie 21VI-20VIII – excessive soil moisture from 21 June to 20 August. Pozostałe objaśnienia oznaczeń zob. tab. 1. – Explanations, see Table 1.

Była ona jednocześnie jedynym powtarzającym się czynnikiem meteorologicznym, istotnym dla plonowania ziemniaka zarówno w doświadczeniach, jak i w produkcji. Współczynnik determinacji wyznaczony dla zależności plonów ziemniaka w warunkach produkcyjnych z czynnikami agrometeorologicznymi dla całego kraju był prawie dwukrotnie większy niż w doświadczalnictwie i wynosił około 57%. Ważną przyczyną ściślejszych zależności, uzyskanych dla warunków produkcyjnych, było z pewnością nieprzestrzeganie zaleceń agrotechnicznych. W warunkach produkcyjnych rzadko stosowało się kwalifikowane sadzeniaki i odpowiednie nawożenie mineralne, jak również właściwą pielęgnację roślin, stąd też podatność ziemniaka na ciągle zmieniające się warunki pogodowe była większa niż na poletkach doświadczalnych, co w konsekwencji odbija się zmniejszeniem plonów. Współczynniki determinacji plonów ziemniaka względem wytypowanych czynników agrometeorologicznych kształtowały się w poszczególnych województwach od około 43 do 86%. Większe współczynniki determinacji uzyskano w województwach, położonych głównie w północnej i zachodniej części kraju, mniejsze natomiast – we wschodniej. Najlepszy opis plonów ziemniaka przez warunki agrometeorologiczne udowodniono w województwach pomorskim i wielkopolskim (R^2 ponad 84%), najłabszy – w województwie małopolskim (R^2 około 43%).

W skali całego kraju największy wpływ na plonowanie ziemniaka w uprawie produkcyjnej miało nadmierne uwilgotnienie gleby w okresie 21VI-20VIII (r^2 około 31%), a w następnej kolejności temperatura powietrza w okresie 11VII-10VIII (r^2 około 28%), natomiast wpływ pozostałych czynników był znacznie mniejszy. Istotne znaczenie nadmiernego uwilgotnienia wierzchniej warstwy gleby potwierdzono prawie na terenie całego kraju, za wyjątkiem województw mazowieckiego i małopolskiego. Zdecydowanie najsilniejszy wpływ (r^2 ponad 60%) nadmiernego uwilgotnienia gleby udowodniono w województwach północno-zachodnich i podkarpackim, najłabszy zaś (r^2 poniżej 30%) w lubelskim i lubuskim. Temperatura powietrza w okresie 11VII-10VIII istotnie, niekorzystnie oddziaływała na plony ziemniaka we wszystkich województwach, podobnie jak w skali całego kraju. Najsilniejszy (r^2 około 77%) związek z temperaturą w tym okresie udowodniono w województwie pomorskim, najłabszy (r^2 około 17%) – w dolnośląskim. Kolejnymi czynnikami, co do udziału w opisie wielkości plonów ziemniaka w warunkach produkcyjnych, były: niedostateczne uwilgotnienie gleby (r^2 około 12%), opady atmosferyczne z okresu 21III-10V (r^2 blisko 7%) oraz temperatura powietrza w maju (r^2 niespełna 3%). Oddziaływanie niedostatecznego uwilgotnienia gleby zaznaczyła się najwyraźniej w zachodniej części kraju oraz w województwach warmińsko-mazurskim i małopolskim. Zdecydowanie najsilniejszy (r^2 ponad 50%) wpływ niedostatecznego stanu uwilgotnienia gleby udowodniono w województwach wielkopolskim i lubuskim. Warunki wilgotnościowe powietrza, opisane sumami opadów atmosferycznych z okresu 21III-

10V istotnie wpływały na plonowanie ziemniaka w województwach, leżących głównie w środkowej i południowej części kraju. Najsilniejszy (r^2 około 34%) wpływ stwierdzono w województwie wielkopolskim, najslabszy zaś (r^2 około 12%) – w świętokrzyskim. Z kolei temperatura powietrza w maju, mimo istotnego oddziaływania w skali całego kraju, wpływała na wielkość plonów tylko w województwach położonych, podobnie jak w doświadczalnictwie, głównie we wschodniej części kraju. Współczynnik korelacji cząstkowej obliczony dla tej zależności kształtował się od około 14% w województwie łódzkim do 23% w województwie mazowieckim.

WNIOSKI

1. Największy wpływ na wielkość plonowania ziemniaka zarówno w warunkach doświadczalnych, jak i w produkcyjnych miały warunki termiczne powietrza: w maju, w sierpniu oraz w okresie 11VII-10VIII, warunki opadowe w okresach: 21III-10V, 21IV-30VI i 11VIII-30IX, a także ekstremalne stany uwilgotnienia gleby w okresie 21VI-20VIII.

2. W klimatycznych warunkach Polski wyższe od przeciętnych opady atmosferyczne w okresie wiosennym miały jednoznacznie niekorzystny wpływ na plonowanie ziemniaka zarówno w doświadczalnictwie, jak i w produkcji. Z kolei wyższe sumy opadów atmosferycznych w okresie letnim, ale tylko w warunkach poprawnej agrotechniki, przyczyniały się do zwiększenia plonu.

3. W warunkach produkcyjnych najlepszy opis zmienności plonowania ziemniaka przez warunki wilgotnościowe zapewniały niedostateczne i nadmierne stany uwilgotnienia gleby w okresie od 21VI do 20VIII wyrażone wskaźnikiem uwilgotnienia gleby Wug.

4. Większy wpływ warunków wilgotnościowych niż termicznych udowodniono prawie we wszystkich analizowanych województwach. Jedynie w województwach: małopolskim, mazowieckim i lubelskim większą rolę odgrywały czynniki termiczne. Podobne wyniki uzyskano w warunkach doświadczalnych, w których rejon IV o największym wpływie temperatury powietrza na plony ziemniaka w generalnym zarysie odpowiadał części powierzchni województw m.in.: mazowieckiemu, lubelskiemu i łódzkiemu.

5. Udział czynników agrometeorologicznych w zmienności plonów ziemniaka w warunkach doświadczalnych kształtował się od około 20% w południowo-zachodniej części kraju i wzrastał do 60% w środkowowschodniej, natomiast w warunkach produkcyjnych wahał się od około 40% w południowej części kraju do blisko 80% w północno-zachodniej.

PIŚMIENNICTWO

1. **Bac S.:** Ocena warunków klimatycznych do celów rolnictwa. Pr. Inst. Geograf., ser. A, t. VI. Acta Univ. Wratislav., 1237, 5-17, 1991.
2. Biuletyny Agrometeorologiczne, 1972-1995, IMGW, Warszawa
3. **Bombik A.:** Studia nad prognozowaniem plonów ziemniaka. *Fragm. Agron.*, 59(3), 4-57, 1998.
4. **Czarnecka M., Kalbarczyk R.:** Wpływ dostatecznego uwilgotnienia gleby na plonowanie ziemniaka w Polsce. *Folia Univ. Agric. Stetin.*, 209(83), 13-20, 2000.
5. **Dziężyc J. (red.):** Czynniki plonotwórcze - plonowanie roślin. PWN, Warszawa-Wrocław, 1993.
6. **Kalbarczyk R.:** Warunki termiczno-opadowe a plonowanie ziemniaka w Polsce. *Annales UMCS, Sec. E*, 58, 35-44, 2003.
7. **Koźmiński C.:** Próba określania i prognozowania plonów ziemniaków w Polsce na podstawie niedostatecznego i nadmiernego uwilgotnienia gleby. *Zesz. Nauk. AR Szczec.*, 153(53), 37-51, 1992.
8. **Koźmiński C., Górka W.:** Ocena klimatycznych warunków termicznych i opadowych województw koszalińskiego i słupskiego dla uprawy ziemniaków średnio późnych i późnych. *Biul. Inst. Ziemn.*, 29, 101-115, 1983.
9. *Roczniki „Opady atmosferyczne”, 1972-1980*, IMGW, Warszawa.
10. *Roczniki Statystyczne GUS, 1972-1997*, Warszawa.
11. **Romer E.:** Regiony klimatyczne Polski. PWTN, ser. B, nr 20, Wrocław, 1949.
12. *Rynek Ziemniaka. Stan i perspektywy*, MRiGŻ, Warszawa, 1999.
13. **Okołowicz W.:** Regiony klimatyczne, w: *Polska - Atlas geograficzny*, PPWK, Warszawa, 1966.
14. **Parysek J.:** Analiza skupień jako metoda klasyfikacji w geografii, w: *Metody taksonomiczne w geografii*. pod red. Z. Chojnickiego, PWN, Warszawa, 87-99, 1980.
15. *Przeglądy Warunków Agrometeorologicznych, 1972-1997*, COBORU, Słupia Wielka.
16. **Tomaszewska T.:** Wpływ warunków meteorologicznych na plon i zawartość skrobi ziemniaków. *Prze. Geof.*, 17(3-4), 261-289, 1972.
17. **Trętowski J., Boligłowa E., Bombik A.:** Zmienność plonu i zawartość skrobi u odmian ziemniaka różnych grup wczesności. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 382, 69-77, 1989.
18. *Zeszyty Metodyczne. Zasady dokonywania oceny produkcji roślinnej w toku w badaniach statystycznych*. 50, GUS, Warszawa, 1982.

THE RELATION BETWEEN AGROMETEOROLOGICAL FACTORS
AND THE POTATO CROP YIELDS IN DIFFERENT REGIONS OF 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. On the basis of the data gathered by the Research Centre for Varieties of Cultivated Plants (COBORU) of the Central Statistical Office and the Institute of Meteorology and Water Management in the period of 24 years (1972-1995) the influence of agrometeorological factors on potato crop yields in different parts of Poland was estimated, both in experimental research and in the production. The thermal conditions of the air in May, in August and in the period from 11th July to 10th August, the precipitation conditions in the following periods: 21st March-10th May, 21st April

-30th June, 11th August-30th September, and also the extreme levels of soil moisture in the period from 21st June to 20th August expressed by means of the Wug index, had the largest influence on the potato crop yields. A larger effect of the moisture conditions than the thermal ones were observed in nearly all the examined provinces. Thermal factors were more significant only in Malopolska, Mazovian and Lublin provinces. Similar results were obtained in the experimental conditions in which region IV that of the largest influence of the air temperature on the potato crop yields, corresponded on the whole, to a part of the area of the Mazovian, Lublin and Lodz provinces. The contribution of agrometeorological factors to variability of the potato crop yields in experimental conditions varied from about 20% in the south-western part of Poland to 60% in the mid-eastern part, whereas in the production conditions it varied from about 40% in the southern part of the country to nearly 80% in the north-western part.

Keywords : potato, agrometeorological factors, experimenting, production, regions of Poland