

Robert Kalbarczyk, Eliza Kalbarczyk

**POTRZEBY I NIEDOBORY OPADÓW
ATMOSFERYCZNYCH W UPRAWIE ZIEMNIAKA
ŚREDNIO PÓŹNEGO I PÓŹNEGO W POLSCE**

***THE NEEDS AND DEFICIENCY IN ATMOSPHERIC
PRECIPITATION IN CULTIVATED MID-LATE
AND LATE POTATO IN POLAND***

Streszczenie

Celem pracy było oszacowanie potrzeb opadowych ziemniaka średnio późnego i późnego przy zastosowaniu metody analizy skupień. Materiał do badań stanowiły wyniki doświadczeń COBORU z lat 1972–2001 dla wzorca ziemniaka średnio późnego i późnego uprawianego na glebach kompleksów żytnich, w 23 stacjach na terenie całej Polski. Dane meteorologiczne, miesięczne opady atmosferyczne i średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka, zebrano ze wszystkich posterunków meteorologicznych, funkcjonujących przy stacjach doświadczalnych COBORU lub z najbliższej położonych stacji IMGW. Do szacowania potrzeb opadowych ziemniaka wykorzystano metodę uogólnionej analizy skupień. W wyniku zastosowanej metody wydzielono trzy skupienia, istotnie różniące się wartościami 7 uwzględnionych zmiennych.

Najwyższy plon ziemniaka (skupienie 1) był osiągnięty przy: przeciętnych wartościach średniej temperatury powietrza w okresie maj–wrzesień (15,2°C), niższej od przeciętnej sumie opadów w maju (45 mm), umiarkowanych opadach w czerwcu (65 mm) i ponadprzeciętnych opadach w lipcu (90 mm), sierpniu (75 mm) i we wrześniu (60 mm). Największy niedobór opadów w stosunku do potrzeb ziemniaka średnio późnego i późnego występuje w północno-zachodniej i środkowo-zachodniej części kraju.

Słowa kluczowe: ziemniak, potrzeby wodne, analiza skupień, Polska

Summary

The aim of the study was to evaluate the precipitation needs of mid-late and late potato using the method of cluster analysis. The research material was based on the results of COBORU (Research Centre for Cultivar Testing) experiments carried out in 1972–2001 for the pattern of mid-late and late potato grown on soils of rye complexes, at 23 research stations all over Poland. Meteorological data: monthly precipitation and the mean temperature of air during the vegetation of potato were gathered from all the meteorological points functioning at COBORU experimental stations or from the nearest IMGW (Institute of Meteorology and Water Management) stations. For the evaluation of precipitation needs of potato the method of generalized cluster analysis was used.

As a result of the method used, three clusters were selected. They differed significantly with regard to the values of 7 variables taken into consideration. The highest yield of potato (cluster 1) was obtained at average values of mean air temperature in the period from May to September (15.2°C), lower than the average precipitation total in May (45 mm), moderate precipitation in June (65 mm) and more than average precipitation in July (90 mm), August (75 mm) and in September (60 mm). The largest deficiency in precipitation in relation to the needs of mid-late and late potato occurs in the north-western and mid western parts of the country.

Key words: potato, precipitation requirements, cluster analysis, Poland

WSTĘP

Istniejące opracowania wymagań opadowych ziemniaka pomagają oszacować potrzeby nawadniania tej rośliny w różnych terminach i rejonach kraju, a dzięki nawadnianiu osiągnięte jest znaczne zwiększenie plonu [Nowak 1986; Dmowski i in. 2004; Rolbiecki i in. 2004]. Potrzeby opadowe ziemniaka podawane w literaturze różnią się, co wynika nie tylko z różnych warunków doświadczeń (odmiany, gleby, lata badań, zasięg terytorialny), ale również z odmiennych zastosowanych metod obliczeniowych [Nowak 1986, 1989; Makowiecki 1986; Dzieżyc i in. 1987; Kalbarczyk 2005]. Pomimo, iż wpływ opadów atmosferycznych na plon wydaje się oczywisty, stosowane procedury obliczeniowe nie zawsze przynoszą oczekiwane rezultaty i statystyczne potwierdzenie tego wpływu [Makowiecki 1986; Chmura 1997; Biniak i in. 2007]. Stosowane metody, choć przybliżają poznanie i ułatwiają określanie związków ilościowych, mają ograniczenia i wady, których istnienie nakazuje ciągle poszukiwania nowych sposobów weryfikowania i uściślenia już otrzymanych wyników.

Analiza skupień jest metodą wykorzystywaną w Polsce stosunkowo od niedawna, a jej szersze stosowanie umożliwiają wprowadzane coraz powszechniej, unowocześniane pakiety statystyczne przyspieszające procedury obliczeniowe. Zastosowania analizy skupień w różnych dziedzinach nauki pozwalają na przypuszczenie, że jest dobrym narzędziem również w agrometeorologii [Holden, Brereton 2004].

Celem pracy było oszacowanie potrzeb opadowych ziemniaka średnio późnego i późnego w Polsce przy zastosowaniu metody analizy skupień.

MATERIAŁ I METODY BADAŃ

W pracy wykorzystano wyniki doświadczeń z odmianami średnio późnymi i późnymi ziemniaka, prowadzonych w 23 stacjach Centralnego Ośrodka Badań Odmian Roślin Uprawnych (COBORU) na terenie całej Polski, w latach 1972–2001 (rys. 1). Wyniki doświadczeń polowych dotyczące wielkości plonu ziemniaka zebrano dla wzorca, którym były najbardziej rozpowszechnione w uprawie średnio późne i późne odmiany ziemniaka w danym roku. Zastosowanie do badań wzorca zbiorowego oparto na założeniu, iż różnice wewnątrzgatunkowe nie zaciemniają poszukiwanych dla gatunku, ogólnych prawidłowości. Doświadczenia w latach 1972–2001 przeprowadzono zgodnie z metodyką COBORU stosowaną w latach sześćdziesiątych i kilkakrotnie aktualizowaną w latach późniejszych. Ziemniak był uprawiany na glebach kompleksów żytnich: bardzo dobrym (4), dobrym (5) i słabym (6). Stosowano przeważnie pełne nawożenie obornikiem, w dawce od 30 do 40 t·ha⁻¹, który był przeorany jesienią. W zależności od aktualnej zasobności gleby nawożenie mineralne ziemniaka wynosiło przeciętnie 350 kg na 1 hektar uprawy, w tym N i P₂O₅ wysiewano po 90–100 kg, a K₂O – po 135–150 kg.



Rysunek 1. Rozmieszczenie stacji COBORU (●) z doświadczeniami ziemniaka, przeprowadzonych w latach 1972–2001

Figure 1. Distribution of COBORU stations (●) with the experiments on potato carried out in 1972–2001

Dane meteorologiczne, miesięczne opady atmosferyczne i średnia temperatura powietrza w okresie wegetacji ziemniaka, zebrano ze wszystkich posturków meteorologicznych, funkcjonujących przy stacjach doświadczalnych COBORU – z Przeglądu Warunków Agrometeorologicznych [1972–2001] lub, w przypadku braku danych, ze stacji Instytutu Meteorologii i Gospodarki Wodnej (IMGW), najbliższej położonych i zarazem najlepiej odzwierciedlających warunki meteorologiczne przeprowadzanych doświadczeń – z Roczników „Opady atmosferyczne” [1972–1981] i Biuletynów Agrometeorologicznych [1972–2001] oraz częściowo – z baz danych udostępnionych przez IMGW w Warszawie. Ze względu na małą liczbę stacji i jednocześnie dużą zmienność warunków pogodowych z opracowania wyeliminowano obszary górskie położone częściowo w granicach administracyjnych 5 byłych województw: jeleniogórskiego, wałbrzyskiego, bielsko-bialskiego, nowosądeckiego i krośnieńskiego (rys. 1).

Do szacowania potrzeb opadowych odmian średnio późnych i późnych ziemniaka uprawianego na glebach kompleksów żytnych wykorzystano metodę uogólnionej analizy skupień. Przed analizą wszystkie dane wyjściowe (wielkość plonu, miesięczne opady atmosferyczne w okresie od maja do września oraz średnia temperatura powietrza w okresie maj–wrzesień) poddano normalizacji wg wzoru:

$$Z_i = \frac{X_i - \text{Min}(X_i)}{\text{Max}(X_i) - \text{Min}(X_i)}$$

gdzie: $\text{Max}(X_i)$ oraz $\text{Min}(X_i)$ oznaczają odpowiednio największą i najmniejszą wartość i -tego elementu. Po takiej normalizacji wszystkie zmienne przyjęły wartości z tego samego przedziału (od 0 do 1) [Dobosz 2001]. Podział wszystkich obserwacji analizowanych zmiennych na skupienia przeprowadzono za pomocą niehierarchicznej metody k -średnich, w której użyto odległość Czebyszewa. Grupowanie metodą k -średnich polegało na przesuwaniu obserwacji ze skupienia do skupienia w celu maksymalizacji wariancji pomiędzy poszczególnymi skupieniami, przy jednoczesnej minimalizacji wariancji wewnątrz badanych skupień. Do wyznaczenia optymalnej liczby skupień posłużył test v -krotnego sprawdzianu krzyżowego. Istotność różnic między wydzielonymi skupieniami oceniono za pomocą analizy wariancji, stosując test Fishera na poziomie $P \leq 0,05$ [Dobosz 2001].

Nadmiary i niedobory w kolejnych miesiącach okresu wegetacji obliczono na podstawie różnic między miesięcznymi potrzebami opadowymi ziemniaka wyznaczonymi metodą uogólnionej analizy skupień a rzeczywistymi opadami notowanymi na analizowanych stacjach COBORU i IMGW.

WYNIKI I DYSKUSJA

Na podstawie analizy skupień wydzielono trzy grupy wielkości elementów meteorologicznych charakteryzujące odmienny kompleks pogodowy, który sprzyjał różnym wielkościom plonu ziemniaka. Z analizy wariancji wynika, że wszystkie analizowane elementy meteorologiczne statystycznie istotnie, przy $P \leq 0,01$, różnicowały wydzielone skupienia. Największe wartości testu Fishera uzyskano dla średniej temperatury powietrza od maja do września, a następnie sumy opadów atmosferycznych w czerwcu, tak więc te dwa elementy meteorologiczne najsilniej różnicowały wielkość plonu. Skupienie 1, obejmujące 225 obserwacji, grupowało warunki termiczne i opadowe towarzyszące najwyższemu średniemu plonowi ziemniaka, o $3,8 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ przewyższającemu plon średni całego zbioru, wynoszący $31,5 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ (tab. 1). Skupienia 2 i 3 charakteryzowały się średnim plonem niższym od plonu średniego dla całego zbioru, odpowiednio o $1,6$ i $6,3 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$. Średni plon w skupieniu 3 był o ponad $10 \text{ t} \cdot \text{ha}^{-1}$ niższy od średniego plonu w skupieniu 1. Skupienie 1 (plon największy) odznaczało się przeciętną wartością średniej temperatury powietrza w okresie maj-wrzesień, najniższą (w porównaniu do innych skupień) sumą opadów w maju, niższą od średniej sumą opadów w czerwcu i ponadprzeciętną sumą opadów w lipcu, sierpniu i wrześniu (rys. 2). Skupienie 2 (plon zbliżony do średniego) charakteryzowały najwyższe: średnia temperatura powietrza w okresie maj-wrzesień, suma opadów w maju; najniższe: suma opadów w czerwcu, lipcu, sierpniu i we wrześniu. Skupienie 3 (plon najmniejszy) cechowały: najniższa średnia temperatura powietrza w okresie maj-wrzesień, umiarkowana suma opadów w maju, lipcu, sierpniu i wrześniu oraz najwyższa suma opadów w czerwcu.

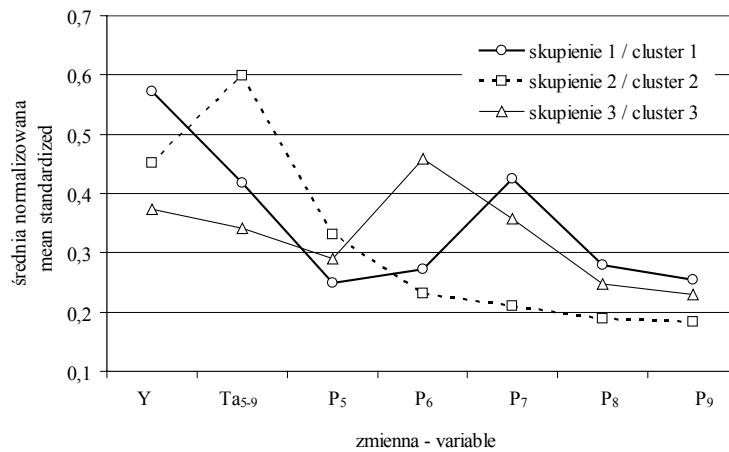
Obliczenie średnich wartości poszczególnych elementów meteorologicznych z każdego wydzielonego skupienia pozwoliło oszacować wartości sprzyjające dobremu plonowaniu ziemniaka. Średnia temperatura powietrza w okresie maj-wrzesień, obliczona dla skupienia 1 (plon największy) była zbliżona do wartości średniej całego zbioru ($15,4^\circ\text{C}$), różnica wyniosła zaledwie $-0,2^\circ\text{C}$. Zmniejszenie plonu wystąpiło zarówno przy średniej temperaturze ponadprzeciętnej (skupienie 2), jak poniżej przeciętnej (skupienie 3), jednak silniejszy negatywny wpływ na wielkość plonu miał niedobór ciepła. Przy temperaturze średnio o $0,5^\circ\text{C}$ niższej od temperatury towarzyszącej największemu plonowi (skupienie 1) uzyskiwano plon najmniejszy (skupienie 3); natomiast ponadprzeciętna temperatura, średnio o $1,1^\circ\text{C}$ wyższa od temperatury średniej w skupieniu 1, występowała przy plonie tylko nieco mniejszym do przeciętnego (skupienie 2).

Tabela 1. Statystyczna charakterystyka średniej sezonowej temperatury powietrza oraz miesięcznych sum opadów atmosferycznych w okresie wegetacji ziemniaka dla każdego wydzielonego skupienia (skupienia nr 1, 2, 3 oraz 1–3)

Table 1. Statistical characteristics of mean seasonal air temperature and monthly precipitation totals in the period of potato vegetation for each selected cluster (clusters No. 1, 2, 3 and 1–3)

Numer skupienia Cluster number	Liczba obserwacji Number of observations	Plon / Yield, t·ha ⁻¹ ogółem ± odch. stand. total ± std. dev. *	Charakterystyki Characteristics	Element meteorologiczny / Meteorological element		P, mm				
				Ta, °C maj-September May-September	maj May	czerwiec June	lipiec July	sierpień August	wrzesień September	
1	225	35,3 ± 65,1	a	13,0	6,0	13,0	22,0	9,0	5,0	
			b	17,8	106,0	146,0	216,0	263,0	240,0	
			c	15,2	45,3	64,9	89,0	76,6	59,1	
			d	0,9	20,9	29,0	40,9	45,5	36,9	
2	166	29,9 ± 68,3	a	13,9	7,0	6,0	4,0	4,0	3,0	
			b	18,7	163,0	146,0	113,0	139,0	129,0	
			c	16,3	56,3	56,6	47,3	53,6	44,7	
			d	0,9	27,8	28,4	24,3	26,0	29,3	
3	122	25,2 ± 66,5	a	12,8	10,0	40,0	27,0	5,0	6,0	
			b	16,6	112,0	224,0	198,0	158,0	120,0	
			c	14,7	50,0	105,9	82,7	65,6	53,0	
			d	0,9	23,8	38,2	36,9	34,6	26,2	
1-3	513	31,5 ± 74,9	a	12,8	6,0	6,0	4,0	4,0	5,0	
			b	18,7	163,0	224,0	216,0	263,0	240,0	
			c	15,4	50,4	72,0	74,5	66,6	53,3	
			d	1,1	24,5	36,7	40,0	38,8	32,7	

a – minimalna absolutna – minimum absolute, b – maksymalna absolutna – maximum absolute, c – średnia – average, d – odchylenie standardowe – standard deviation, *odchylenie standardowe – standard deviation. Pozostałe objaśnienia pod ryciną 2 – other explanations, see figure 2.



Y – plon ziemniaka – yield of potato

Ta₅₋₉ – średnia temperatura powietrza w okresie maj-wrzesień– mean temperature of air in the period from May to September

P₅ – suma opadów w maju – precipitation total in May

P₆ – suma opadów w czerwcu – precipitation total in June

P₇ – suma opadów w lipcu – precipitation total in July

P₈ – suma opadów w sierpniu – precipitation total in August

P₉ – suma opadów we wrześniu – precipitation total in September

Rysunek 2. Średnie standaryzowane wartości 7 zmiennych: plonu ziemniaka, średniej sezonowej temperatury powietrza oraz miesięcznych sum opadów atmosferycznych dla każdego wydzielonego skupienia

Figure 2. Average standardized values of the 7 variables of: potato yield, mean seasonal air temperature and monthly precipitation totals for each selected cluster

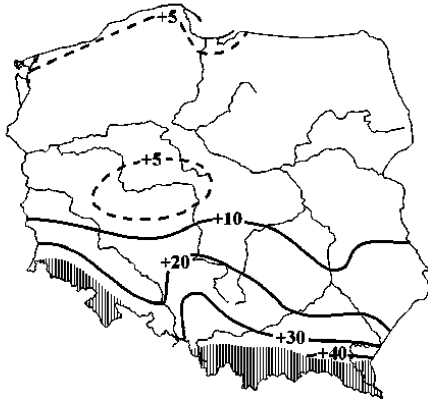
Warunki opadowe, jakie kształtowały równocześnie plon ziemniaka, były wyraźnie zróżnicowane w zależności od miesiąca i odpowiadającego mu okresu rozwojowego tej rośliny. W maju potrzeby opadowe ziemniaka były najniższe – obliczona przeciętna suma opadów w tym miesiącu towarzysząca największemu plonowi (skupienie 1) wyniosła 45 mm i była o 10% niższa od średniej dla całego zbioru przypadków (tab. 1). Podana wartość mieści się w przedziale potrzeb opadowych ziemniaka późnego uprawianego na glebach średnich oszacowanym przez Dzieżyca i in. [1987]. Ujemny wpływ mokrej i chłodnej wiosny na plon ziemniaka wykazali m.in. Tomaszewska [1972] i Bombik [1998]. W czerwcu wymagania opadowe ziemniaka wzrosły do 65 mm, ale w dalszym ciągu kształtowały się na poziomie 10% poniżej średniej sumy opadów całego zbioru. Podobne potrzeby opadowe ziemniaka średnio późnego w czerwcu podają Dzieżyc i in. [1987] oraz Głuska [1994], nieco większe, bo wynoszące od 60 do

100 mm, Kalbarczyk [2005]. Plon przeciętny i niski uzyskiwany był przy sumie opadów zarówno niższej, jak i wyższej od średniej, jednak większe zmniejszenie plonu powodował opad przekraczający średnią (skupienie 3). Największe zapotrzebowanie opadowe ziemniaka przypadło na lipiec, duży plon uzyskiwano przy sumie opadów na poziomie około 90 mm, 20% ponad wartość średnią dla całego zbioru. Wysokie potrzeby opadowe ziemniaka w tym miesiącu, szacowane od 78 do 120 mm stwierdzili Dzieżyc i in. [1987], Głuska [1994] i Kalbarczyk [2005]. Największe zapotrzebowanie na wodę ziemniaka średnio późnego w okresie od 2 dekady lipca do 1 dekady sierpnia potwierdzili Biniak i in. [2007]. Silną zależność zmienności plonu ziemniaka średnio wczesnego na glebach żytnich od opadów w fazie od kwitnienia do końca wegetacji wykazała Dzieżyc i in. [1997]. Chmura [1997] dla tego samego okresu wykazał istnienie silnej, dodatniej zależności między liczbą dni z opadem od 0 do 5 mm a plonem ziemniaka średnio późnego. Pozytywne oddziaływanie zwiększonej sumy opadów utrzymało się przez kolejne dwa miesiące, choć zapotrzebowanie opadowe stopniowo malało, do około 80 mm w sierpniu i następnie 60 mm we wrześniu. W sierpniu i wrześniu suma opadów towarzysząca największemu plonowi przewyższała średnie całego zbioru o odpowiednio 15 i 11%. Dzieżyc i in. [1987] potrzeby opadowe ziemniaka późnego uprawianego na glebach średnich określili na 70–86 mm w sierpniu i 46–72 mm we wrześniu. Korzystne oddziaływanie opadów w sierpniu i wrześniu wykazała Tomaszewska [1972].

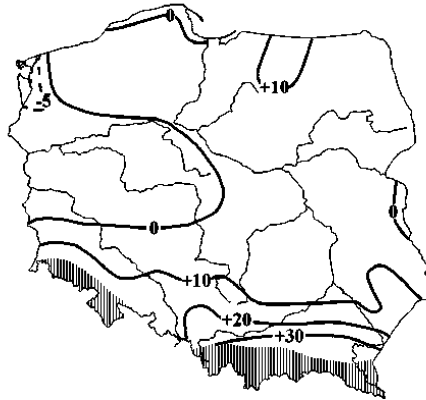
Na podstawie oszacowanych potrzeb opadowych ziemniaka, wynoszących od maja do września odpowiednio: 45 mm, 65 mm, 89 mm, 77 mm i 59 mm (tab. 1), wyznaczono obszary występowania prawdopodobnych nadmiarów lub niedoborów sumy opadów w poszczególnych miesiącach w Polsce.

Stwierdzono, że w maju i czerwcu na terenie całego kraju przeciętnie w wieloleciu występuje nadmiar opadów w porównaniu do potrzeb opadowych ziemniaka, średnia wieloletnia suma opadów w tych miesiącach w Polsce jest, odpowiednio, wyższa o 15 i 11 mm od wartości optymalnych. Wielkość nadmiaru jest zróżnicowana w zależności od obszaru kraju, w maju wynosi do 5 mm w środkowej Wielkopolsce i ponad 40 mm na Podkarpaciu (rys. 3). W czerwcu sumy opadów przewyższają wartość optymalną w prawie całym kraju, z wyjątkiem Wielkopolski, Pomorza Zachodniego, wschodniej części Wybrzeża oraz na środkowym wschodzie. Największe sumy opadów występują głównie na południu i północnym-wschodzie kraju, największy nadmiar, ponad 30 mm, na południowym wschodzie Polski. Według Kalbarczyka [2005] suma opadów w czerwcu jest korzystna dla plonowania ziemniaka prawie na terenie całego kraju, z wyjątkiem Wielkopolski, Niziny Szczecińskiej i Pogórza Karpackiego.

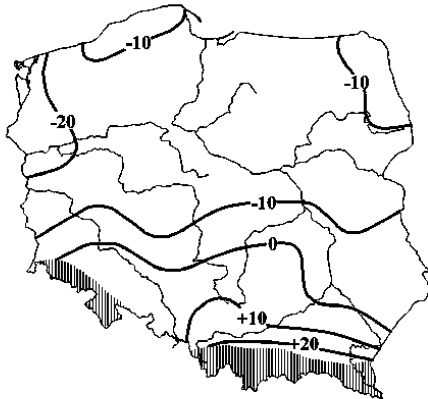
Maj - May



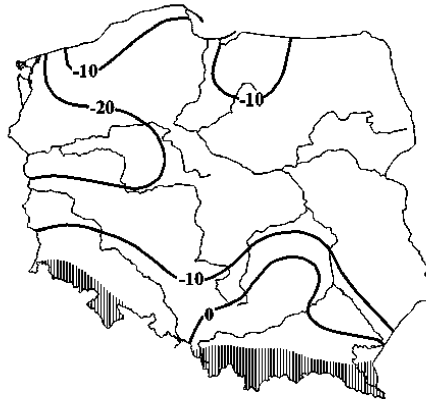
Czerwiec - June



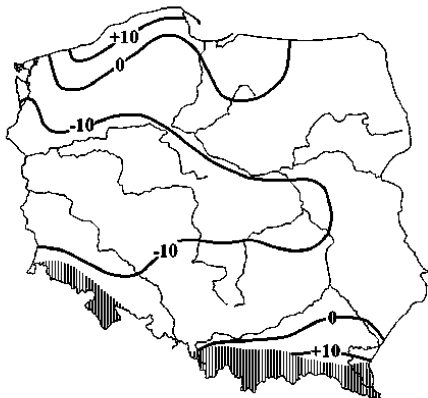
Lipiec - July



Sierpień - August



Wrzesień - September



Rysunek 3. Odchylenia wieloletniej sumy opadów (w mm) od wyznaczonej wartości optymalnej w kolejnych miesiącach wegetacji ziemniaka

Figure 3. Deviation of multi-annual precipitation total (in mm) from an optimum determined value in the successive months of potato vegetation

Duże zapotrzebowanie na opady ziemniaka w lipcu, mimo przeciętnie wysokich opadów w tym miesiącu w Polsce, wynoszących średnio 85 mm [Atlas... 2001], powoduje, że w całej północnej i środkowej Polsce potrzeby te nie są zaspokajane. Średnia wieloletnia suma opadów w tym miesiącu w Polsce jest o 4 mm niższa od wartości optymalnej, największy niedobór, ponad 20 mm, występuje na północnym zachodzie kraju. Południowa Polska (Nizina Śląska, Wyżyna Krakowsko-Częstochowska, Wyżyna Małopolska) spełnia te wymogi, na południowym wschodzie kraju występuje nawet opad nadmierny o ponad 20 mm (rys. 3). W opracowaniu Kalbarczyka [2005] w lipcu opady były za niskie na terenie kraju średnio o 10-30 mm w stosunku do wyznaczonych potrzeb ziemniaka, z wyjątkiem południowej części Polski i Pojezierza Pomorskiego.

W sierpniu obszar objęty niedoborem opadów rozszerza się, niedobór opadów ponad 20 mm występuje oprócz północnego zachodu również w zachodniej części Wielkopolski, natomiast obszar z nadmiarem opadów stanowi niewielką część, głównie południowo wschodniej, Polski (rys. 3). Różnica między oszacowanymi potrzebami opadowymi a średnią sumą opadów w wieloleciu wzrasta do 8 mm. Podobnie, największe niedobory opadów w lipcu i sierpniu, głównie w zachodniej i środkowej Polsce, wykazały badania Roztropowicz [1986].

We wrześniu zmniejsza się zasięg i wielkość niedoboru sumy opadów, największy ponad 10 mm niedobór występuje w środkowej i środkowozachodniej Polsce, natomiast nadmiar opadów powyżej 10 mm występuje na północy i południowym wschodzie kraju (rys. 3). Średnia wieloletnia suma opadów we wrześniu w Polsce jest już tylko o 3 mm niższa od wartości optymalnej.

Opady optymalne w okresie od maja do września wyniosły 335 mm, w całym okresie wegetacji ziemniaka szacowane są od 340 mm [Makowiecki 1986] do 350-400 mm [Loon 1981; Nowak 1986, 1989; Bombik 1998]. W okresie wegetacji ziemniaka średnio późnego nie stwierdzono niedoboru opadów w żadnym z miesięcy wegetacji w południowo-wschodniej części Polski (Podkarpacie), natomiast jego największe wartości wystąpiły w północno-zachodniej i środkowozachodniej części kraju. Na południu Polski jest największe prawdopodobieństwo wystąpienia sumy opadów optymalnych w okresie wegetacji ziemniaka, a średnia powierzchnia kraju z opadami optymalnymi zajmuje 25% [Kalbarczyk, Kalbarczyk 2004]. Częściowo odmienne wyniki uzyskała Roztropowicz [1986], według której niedobory opadów i potrzeba nawadniania ziemniaka występują na terenie całego kraju. Według Badury [1989] w przypadku ziemniaka późnego niedobory opadów obejmują prawie cały kraj, z wyjątkiem obszarów południowych gór i Pogórza Karpackiego, natomiast największe niedobory, ponad 90 mm, występują na Kujawach i w zlewni dolnej Warty.

WNIOSKI

1. Optymalne warunki pogodowe, sprzyjające uzyskaniu dobrych plonów ziemniaka średnio późnego i późnego, to umiarkowana średnia temperatura powietrza w okresie maj–wrzesień (średnio 15,2°C) i sumy opadów wynoszące około: 45 mm w maju, 65 mm w czerwcu, 90 mm w lipcu, 75 mm w sierpniu i 60 mm we wrześniu.

2. Największy przeciętny niedobór opadów w stosunku do potrzeb ziemniaka średnio późnego i późnego występuje w północno-zachodniej i środkowo-zachodniej części kraju.

BIBLIOGRAFIA

- Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce*, red. Koźmiński C., Michalska B., Wyd. Akademia Rolnicza w Szczecinie, Uniwersytet Szczeciński, 2001.
- Badura U. *Przestrzenne rozmieszczenie niedoboru i nadmiaru opadów w okresie wegetacji buraków i ziemniaków w Polsce*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 343, 1989, s. 163–169.
- Biniak M., Kostrzewa S., Zyromski A. *Uwarunkowania termiczne i opadowe potrzeb wodnych w rejonie Wrocławia na przykładzie ziemniaków średnio późnych*. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 519, 2007, s. 31–45.
- Biuletyn Agrometeorologiczny*. Wyd. IMGW Warszawa 1972–2001.
- Bombik A. *Studia nad prognozowaniem plonów ziemniaka*. *Fragm. Agron.* 3, 1998, s. 4–57.
- Bombik A., Markowska M., Starczewski J. *Wpływ średnich miesięcznych temperatur powietrza i sum opadów na plonowanie ziemniaka w rejonie Siedlec*. *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 202 *Agricultura* 79, 1999, s. 35–40.
- Chmura K. *Wpływ sum i rozkładu opadów w okresie wegetacji na plonowanie ziemniaka*. Zesz. Nauk AR we Wrocławiu, *Konf XV*, 313, 1997, s. 37–42.
- Dmowski Z., Nowak L., Chmura K. *Reakcja odmian ziemniaka o różnej długości wegetacji na zróżnicowane warunki wodno-nawozowe*. *Biul. IHAR* 232, 2004, s. 141–148.
- Dobosz M. *Wspomagana komputerowo statystyczna analiza wyników badań*. Akademicka Oficyna Wyd. EXIT. 2001.
- Dzieżyc J., Nowak L., Panek K. *Dekadowe wskaźniki potrzeb opadowych roślin uprawnych w Polsce*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 314, 1987, s. 11–33.
- Dzieżyc H., Panek K., Zmyślony R. *Wpływ usłonecznienia, temperatury i opadów oraz interakcji między nimi na plon ziemniaków średnio wczesnych w Polsce*. Zesz. Nauk. AR Wrocław, 313, 1997, s. 67–82.
- Głuska A. *Wpływ ilości i rozkładu opadów w głównych miesiącach wegetacji (VI–IX) na plon ziemniaka w zależności od terminu sadzenia i wczesności odmiany*. *Biul. Inst. Ziemi*, 44, 1994, s. 65–82.
- Holden N.M., Brereton A.J. *Definition of agroclimatic regions in Ireland using hydro-thermal and crop yield data*. *Agric. Forest Meteorol.*, 122, 2004, s. 175–191.
- Kalbarczyk R., Kalbarczyk E. *Czasowo-przestrzenna struktura opadów atmosferycznych w okresie wegetacji różnych grup wczesności ziemniaka w Polsce*. *Acta Agrophysica*, 4(3), 2004, s. 687–697.
- Kalbarczyk R. *Wpływ opadów atmosferycznych na plonowanie ziemniaka w Polsce*. *Biul. Nauk.*, 25(1), 2005, s. 133–145.
- Loon Van C.D. *The effect of water stress on potato growth, development and field*. *Am. Potato J.* 58, 1981, s. 51–69.

- Makowiecki J. *Ocena zapotrzebowania ziemniaków na opady atmosferyczne metodą modelową*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln. 268, 1986, s. 315–323.
- Nowak L. *Wpływ niedoboru i nadmiaru opadów oraz nawadniania na plonowanie roślin okopowych*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 268, 1986, s. 128–144.
- Nowak L. *Potrzeby opadowe roślin okopowych*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 343, 1989, s. 27–42.
- Opady atmosferyczne*. Wyd. IMGW Warszawa, 1972–1981.
- Przegląd Warunków Agrometeorologicznych*. Wyd. COBORU, Słupia Wielka, 1972–2001.
- Rolbiecki S., Wojdyła T., Czekanowski C., Rolbiecki R., Grzelak B. *Wpływ deszczowania i dawki azotu na plon, skład chemiczny oraz wartość przechowalniczą bulw ziemniaka odmiany Mors*. Annales UMCS, Sec. E, 59, 3, 2004, s. 1389–1395.
- Szwejkowski Z., Dragańska E., Banaszekiewicz B. *Niedobory i nadmiary opadów w okresie wegetacji ziemniaka późnego i buraka cukrowego w Polsce północno-wschodniej, w wieloletniu 1971–2000*. Woda-Środowisko-Obszary Wiejskie, 5(14), 2005, s. 315–326.
- Roztropowicz S. *Występowanie niedoboru wody w okresie wegetacji ziemniaka w Polsce*. Zesz. Prob. Post. Nauk Roln., 268, 1986, s. 305–323.
- Tomaszewska T. *Wpływ warunków meteorologicznych na plon i zawartość skrobi ziemniaków*. Przeg. Geofiz., 3–4, 1972, s. 261–289.

Dr inż. Robert Kalbarczyk
Katedra Meteorologii i Klimatologii
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-469 Szczecin
Tel. 091 4496272, E-mail: Robert.Kalbarczyk@zut.edu.pl

Dr Eliza Kalbarczyk
Katedra Meteorologii i Klimatologii
Zachodniopomorski Uniwersytet Technologiczny
ul. Papieża Pawła VI 3, 71-469 Szczecin
Tel. 091 4496273, E-mail: Eliza.Kalbarczyk@zut.edu.pl

Recenzent: *Prof. dr hab. Jacek Żarski*