

JAN KOŁODZIEJ
Akademia Rolnicza im. H. Kołłątaja w Krakowie

PLONOWANIE PÓŻNEJ ODMIANY ZIEMNIAKA
W REJONIE KRAKOWA W ZALEŻNOŚCI
OD NIEKTÓRYCH CZYNNIKÓW METEOROLOGICZNYCH
NA PRZYKŁADZIE ODMIANY FLISAK*

Wstęp

Najczęstszą przyczyną zmienności plonowania ziemniaków w poszczególnych latach oprócz nasilenia chorób wirusowych, poziomu agrotechniki, nawożenia i doboru odmian, jest przebieg warunków meteorologicznych w okresie wegetacji [1, 4, 9, 10–12, 19, 22]. Do głównych czynników meteorologicznych decydujących o plonie należy zaliczyć temperaturę powietrza oraz rozkład i wysokość opadów atmosferycznych, a także wysokość niedosytu wilgotności powietrza i usłonecznienia [2, 8, 18, 21, 23–25, 28]. W literaturze najczęściej spotykane są opracowania dotyczące wpływu jednego elementu pogody, a zwłaszcza roli opadów atmosferycznych w kształtowaniu plonu ziemniaków [5–7, 26, 27]. Potrzeby wodne w stosunku do tego czynnika, wyznaczone przez różnych autorów w okresie IV–IX w warunkach Polski zawierają się w dość szerokich granicach od 250–500 mm [19, 24]. Przyczyną tego mogą być warunki glebowe określonych pól, a także silne współdziałanie opadów atmosferycznych z temperaturą powietrza. Od wzajemnego układu tych czynników zależy ich oddziaływanie dodatnie lub ujemne. Wskazuje na to stwierdzenie, że „...przy temperaturze 19 °C nawet najwyższe opady spotykane w Polsce wpływają na plony dodatnio, natomiast przy temperaturze 15–17 °C występuje wyraźny optymalny poziom opadów [24]”.

Przy określeniu potrzeb wodnych roślin ważnym zagadnieniem jest rozkład opadów w okresie wegetacji, gdyż prawie w każdym roku występują okresowe niedobory wody, co może prowadzić do istotnej obniżki plonu [24].

Drugim podstawowym elementem decydującym o wysokości plonu ziemniaków jest przebieg temperatury powietrza. Optymalna jej wartość dla wzrostu bulw waha się między 15–18 °C, a dla łęt około 21 °C [8] w świetle najnowszych badań, stosunkowo niższe temperatury minimalne przy gruncie nie powodują zniżki plonu, a w wielu przypadkach mogą przyczynić się do jego wzrostu [26].

* Artykuł ten jest treścią rozprawy doktorskiej przedstawionej na Radzie Wydziału Rolniczego Akademii Rolniczej im. H. Kołłątaja w Krakowie. Promotor prof. dr hab. Emil Pasela.

Celem pracy jest określenie wpływu wybranych głównych elementów pogody na kształtowanie się plonowania ziemniaków późnych na przykładzie odmiany Flisak.

Materiał

W opracowaniu wykorzystano materiały z doświadczeń polowych z ziemniakami w Stacji Doświadczalnej Oceny Odmian w Węgrzcach koło Krakowa w latach 1965–1986. Korzystano również z miejscowej stacji meteorologicznej IMiGW. Obszar reprezentatywności miejsca badań obejmuje południowo-wschodnie krańce Wyżyny Krakowsko-Częstochowskiej, południowo-zachodnie krańce Niecki Nidziańskiej, wschodnią część Wyżyny Olkuskiej, Grzbiet Teńczyński, zachodnie części Wyżyny Miechowskiej i Płaskowyżu Proszowickiego.

Doświadczenia prowadzono ściśle według instrukcji metodycznej [29]. W myśl instrukcji nie prowadzono ochrony chemicznej przed chorobami ziemniaków. Założenie to wydaje się słuszne, gdyż pozwoliło obserwować reakcję odmiany na choroby, co przy dalszej analizie może być przydatne do doboru odmian.

We wszystkich latach prowadzono obserwacje pojawów fenologicznych, co umożliwiło obliczenie długości trwania poszczególnych okresów rozwojowych. Poletka doświadczalne zlokalizowane były w podobnych warunkach glebowych, przy tym samym poziomie nawożenia i agrotechniki. Uznano zatem, że zmienność plonowania w kolejnych latach badań uzależniona była głównie od przebiegu czynników pogody.

Metody badań

W celu określenia związku pogoda–plon posłużono się metodą analizy wielokrotnej regresji krokowej [3, 13, 17] oraz metodą modelową [14–16]. Obliczenia wykonano dla następujących okresów rozwojowych:

1. Sadzenie – początek wschodów.
2. Początek wschodów – kwitnienie.
3. Kwitnienie – zasychanie łąt (II połowa wegetacji).
4. Sadzenie – zasychanie łąt (cały okres wegetacji).
5. Sadzenie – kwitnienie (I połowa okresu wegetacji).
6. Dla wydzielonych okresów krytycznych – za podstawę wydzielenia okresu krytycznego wzięto dekadę, w której występowało kwitnienie. Okresy te wyznaczono w następujący sposób: jedna dekada przed kwitnieniem + dekada, w której wystąpiło kwitnienie, + 4 dekady po kwitnieniu, co daje 6 dekad – (1+1+4), podobnie okres (2+1+3).

Analizując wysokość plonów w kolejnych latach doświadczeń określono warun-

ki meteorologiczne, w jakich możliwe jest uzyskanie plonów wyższych od średniej z okresu badań, posługując się metodą modelową. Przyjęto bowiem założenie, że wyższe plony uzyskiwano przy zbliżonych do optymalnych wartościach czynników meteorologicznych. Zestawienie zmian wysokości plonu ziemniaków przy zmianie czynnika meteorologicznego umożliwiło wnioskowanie o jego wpływie na wielkość plonowania.

– Na podstawie przebiegu wartości elementów meteorologicznych biorących udział w regresji możliwe jest obliczenie wysokości spodziewanego plonu.

Wyniki badań

Wpływ warunków meteorologicznych na plon w okresie od sadzenia do początku wschodów

Termin sadzenia przypadał przeciętnie na początek drugiej dekady maja, gdy temperatura gleby na głębokości 10 cm wynosiła 6–7°C. Średnia długość tego okresu wynosiła 23 dni, przy zmienności w latach badań stanowiącej 20%. Zmiana jego długości powodowała odpowiednio wydłużanie lub skracanie dalszych międzyfaz. Związki korelacyjne elementów meteorologicznych z plonem nie osiągały przy analizie regresji poziomu istotności zbliżonego do 10%. Wymagania cieplne i wilgotnościowe określone zostały dla tego okresu rozwojowego za pomocą metody modelowej. Obliczona optymalna wartość temperatury powietrza wynosiła $\geq 14,6^\circ\text{C}$. Temperatury niższe nie sprzyjały wysokiemu plonowaniu. Różnica w plonach uzyskanych przy jej optymalnej wartości była o 33% wyższa w stosunku do całego 22-letniego okresu badań. Optymalna wartość temperatury maksymalnej powietrza wynosiła $\leq 20,4^\circ\text{C}$. Temperatury wyższe powodowały na ogół spadek plonu. Temperatura minimalna przy gruncie, sprzyjająca wysokiemu plonowaniu, wynosiła $\geq 7,4^\circ\text{C}$. Temperatury niższe wpływały na plon niekorzystnie i powodowały spadek plonu o około 15%.

Niedosyt wilgotności wpływał głównie w tym okresie na wielkość parowania z gleby, a przez to na jej stosunki powietrzno-wodne. Plony możliwe do uzyskania przy optymalnym niedosycie wilgotności wynoszącym $\leq 6,1$ hPa były o 26% wyższe niż w całym okresie badawczym.

Opady atmosferyczne, które sprzyjały wysokiemu plonowaniu, zawierały się w przedziale od 29–94 mm. Ich średnia w tym czasie w okresie badań charakteryzowała się dużą zmiennością w poszczególnych latach. Średnie plony ziemniaków możliwe do uzyskania w warunkach opadowych, poniżej i powyżej ustalonego przedziału, były o 25 i 21% niższe od plonów, które osiągnęto przy ich optymalnej wartości, a w stosunku do całego okresu badań różnica ta wynosiła 37%. Warunkiem dobrego plonowania było 37% dni deszczowych tego okresu, który trwał 23 dni.

Usłonecznienie dzienne w tej fazie rozwojowej oddziałuje głównie na temperaturę gleby. Ziemniaki w tym czasie nie mają zbyt wysokich wymagań w stosunku do tego elementu pogody. Jego średnia wartość z wielolecia gwarantuje uzyskanie wysokiego plonu.

Wpływ czynników meteorologicznych na plon w okresie od początku wschodów do kwitnienia

Wschody występowały przeciętnie w połowie pierwszej dekady czerwca, a średnia długość od wschodów do kwitnienia wynosiła 43 dni. Przebieg warunków meteorologicznych w omawianym okresie jest bardzo ważny dla prawidłowego rozwoju i plonowania ziemniaków. W tym czasie rośnie głównie system korzeniowy, a także przebiega intensywny wzrost pędów [8]. Determinuje się również liczba zawiązanych bulw.

Równanie regresji dla okresu od początku wschodów do kwitnienia ma postać:

$$Y_{\text{plon}} = 2,87_{\text{nied. wilg.}} - 1,79_{\text{temp. min.}} - 0,04_{\text{opad atm.}} + 0,65_{\text{ust.}} + 28,65 \quad (1)$$

$$F_{\text{obl.}} = 4,55$$

$$F_{\text{teor.}} = 2,96$$

Obliczona wysokość plonu, przy zastosowaniu równania (1), po wprowadzeniu do niego wartości czynników pogody określonych metodą modelową (tab.1), kształtuje się na poziomie 30 t/ha i znacznie przekracza średni plon z 22-letniego okresu badań wynoszący 26,6 t/ha.

Tabela 1

Wartości elementów meteorologicznych sprzyjające wysokiemu plonowaniu
wyznaczone metodą modelową

Elementy meteorologiczne	Okresy i średnie daty ich występowania						
	Sadzenie – wschody 12.05–14.06	Wschody – kwitnienie 4.06–14.07	Kwitnienie – zasychanie łąk 14.07–28.09	Sadzenie – zasychanie łąk 12.05–28.09	Sadzenie – kwitnienie 12.05–17.07	Okres krytyczny* (1+1+4)	Okres krytyczny* (2+1+3)
Temperatura średnia dobową (°C)	≥14,6	≥16,5	≤15,6	≥15,8	δ15,9	≥17,3	≥17,4
Temperatura maksymalna (°C)	≤20,4	≥21,8	≤21,2	≥21,2	≤21,4	≤22,8	≤22,8
Temperatura minimalna przy gruncie (°C)	≥7,4	≥9,7	≤9,6	≤9,3	≤9,0	≤10,5	≤10,9
Niedosyt wilgotności powietrza (hPa)	≤6,1	δ6,3	≥5,4	≥6,0	≥6,3	≥6,3	≥6,4
Opady atmosferyczne (mm)	29–94	≤60	δ241	308–406	101–239	≤124	≤133
Średnia procentowa liczba dni z opadem (%)	37	42	38	33	42	29	41
Ustępnienie (godz.)	≤6,7	δ6,9	≤5,5	≥6,2	≥6,9	≥6,5	≥6,5

W omawianym okresie wzrostowi temperatury średniej dobowej towarzyszył wzrost plonowania. Zgodnie z przyjętą metodą obliczona optymalna wartość temperatury powietrza wynosiła ≥16,5°C. Temperatury niższe nie sprzyjały dobremu

*Biorąc za podstawę dekadę, w której występowało kwitnienie, obliczenia przeprowadzono dla następujących okresów dekadowych: jedna dekada przed kwitnieniem + dekada, w której wystąpiło kwitnienie + 4 dekady po kwitnieniu, co daje łącznie 6 dekad (1+1+4); podobnie okres (2+1+3).

plonowaniu. Temperatura powietrza 22-letniego okresu badań wynosiła $\geq 16,1^{\circ}\text{C}$, i była zbyt niska dla uzyskania wysokich plonów. Plony uzyskane w warunkach optymalnej temperatury powietrza były około 20% wyższe od plonu średniego z okresu badań. Wartości temperatur skrajnych maksymalnej i minimalnej przy gruncie wynosiły odpowiednio $\leq 21,8^{\circ}\text{C}$ i $\leq 9,7^{\circ}\text{C}$. Temperatura maksymalna oscylowała w granicach średniej wieloletniej, natomiast minimalna przy gruncie była w okresie badań wyższa od wartości optymalnej.

Najsilniej oddziałującym elementem meteorologicznym mającym udział w tworzeniu plonu ziemniaków w tym okresie rozwoju okazał się niedosyt wilgotności powietrza. Jego współczynnik korelacji z plonem wynosił 0,603 przy $p=0,05$, i był najwyższy ze wszystkich rozpatrywanych okresów. Plony maksymalnie wysokie uzyskano przy wartości niedosytu wilgotności powietrza $\geq 6,3$ hPa. Czynnikiem ten w 22-letnim okresie badań kształtował się na poziomie 5,6 hPa i był za niski dla uzyskania plonów ponadprzeciętnych. Różnica w plonach uzyskiwanych przy jego optymalnej wartości w stosunku do całego okresu badań wynosiła 32%.

Opady średnie w tym okresie zawarte były w granicach od 60–139 mm. Najwyższe plony uzyskano przy opadach ≤ 60 mm. Wysokie opady były nie sprzyjające dla wysokiego plonowania, notowano wtedy jego znaczny spadek.

Wysokie plony przekraczające średnie wartości wieloletnie o 21% uzyskiwano przy wartości usłonecznienia $\geq 6,9$ godz. Związek korelacyjny usłonecznienia z plonem wynosił 0,434 przy $p = 0,05$, co wskazuje na zależność plonu od tego elementu w kolejnych latach doświadczeń.

Wpływ warunków meteorologicznych na plon w okresie od kwitnienia do zasychania łęt

Wydzielony okres obejmujący drugą połowę czasu trwania wegetacji ziemniaków rozpoczynał się średnio pod koniec drugiej dekady lipca, a kończył się pod koniec trzeciej dekady września. Średnia jego długość wynosiła 73 dni z odchyleniem od 50 do 89 dni. Przebieg pogody w tym czasie oddziałuje na wielkość i strukturę plonu. W latach o wysokich opadach w tym czasie mogą się jeszcze zawiązywać nowe bulwy.

Optymalna temperatura powietrza dla okresu od kwitnienia do zasychania łęt wynosiła $\leq 15,6^{\circ}\text{C}$. Przy jej sprzyjającej wartości uzyskano plony wyższe o około 20% w stosunku do plonu średniego z okresu badań. Jej wartość wyznaczona przez innych autorów [8] dla wzrostu bulw wynosiła $15\text{--}18^{\circ}\text{C}$ i była ściśle uzależniona od wysokości i rozkładu opadów atmosferycznych. Temperaturze maksymalnej powietrza o wysokości $\leq 21,2^{\circ}\text{C}$ towarzyszył najwyższy przyrost plonu końcowego, przy wyższych wartościach notowano zawsze spadek plonowania. Czynnikiem ograniczającym plon okazała się temperatura minimalna przy gruncie, której optymalna wartość wynosiła $\leq 9,6^{\circ}\text{C}$ i była znacznie niższa od jej średniej z 22-letniego okresu badań. Plony uzyskane przy jej sprzyjającej wartości były o około 25% wyższe od plonu średniego w omawianym okresie. Współczynnik korelacji między temperaturą minimalną a plonem wynosił $-0,397$ przy poziomie istotności 0,01.

Wysokiemu plonowaniu sprzyjał niedosyt wilgotności powietrza w wysokości $\geq 5,4$ hPa, przy jego spadku plon wyraźnie spadał. Zjawisko to ma związek z nasile-

niem się chorób wirusowych i bakteryjnych ziemniaka, gdyż przy wzroście niedosytu wilgotności powietrza spada wilgotność względna powietrza. Przy niższych wartościach (poniżej 70%) wilgotności względnej rozwój chorób ziemniaków jest ograniczony, nie następuje skracanie okresu wegetacji, przez co w efekcie uzyskuje się wyższy plon końcowy.

W okresie od kwitnienia do zasychania łąt wyznaczona optymalna wartość opadów atmosferycznych wynosiła ≥ 241 mm i była o około 30% wyższa od średniej z okresu badań. Sprzyjającym rozkładem opadów było 38% dni z deszczem tego okresu, który trwał 73 dni. Plon możliwy do uzyskania w tych warunkach był o około 35% wyższy od średniego z okresu badań.

Średnie usłonecznienie dzienne sprzyjające dobremu plonowaniu wynosiło $\leq 5,5$ godziny i w zasadzie nie odbiega od średniego z wielolecia. Należy jednak zwrócić uwagę na jego wysoką zmienność w latach prowadzonych doświadczeń stanowiącą 20%. Plon wyznaczony dla tej wartości był o około 30% wyższy od jego wartości średniej z okresu badań.

Wpływ warunków meteorologicznych na plon w okresie od sadzenia do kwitnienia

Rozpatrywany kolejny okres obejmował dwa początkowe okresy rozwojowe i stanowił pierwszą połowę okresu wegetacji. Trwał on średnio 66 dni, kończąc się pod koniec drugiej dekady lipca z odchyleniem 8 dni.

Istotne wartości współczynników korelacji wystąpiły między plonem a usłonecznieniem i niedosytem wilgotności powietrza. Ich wartości wynosiły odpowiednio: 0,557 i 0,566, przy poziomie istotności 0,05. Wzrost wartości tych czynników powodował wzrost plonowania. Czynnikiem ograniczającym plon okazała się temperatura minimalna przy gruncie, na ogół jej wyższe wartości nie były korzystne dla osiągnięcia wysokich plonów.

Równanie regresji od sadzenia do kwitnienia ma postać:

$$Y_{\text{plon}} = 2,34_{\text{nied. wilg.}} + 3,32_{\text{ust.}} - 2,27_{\text{temp. min.}} + 14,1 \quad (2)$$

$$F_{\text{obl.}} = 7,65$$

$$F_{\text{teor.}} = 3,16$$

Na podstawie wartości elementów meteorologicznych biorących udział w regresji możliwe jest obliczenie wysokości spodziewanego plonu. Dla optymalnych wartości czynników meteorologicznych określonych metodą modelową plon przekracza 30t/ha.

Optymalna wartość temperatury powietrza dla I połowy okresu wegetacji wynosiła $\geq 15,9^{\circ}\text{C}$ i była nieco wyższa od średniej dla II połowy okresu wegetacji. Zaznacza się tutaj dodatni wpływ temperatury powietrza na wzrost plonu. Różnica w plonach uzyskanych przy jej optymalnej wartości w stosunku do plonów z całego okresu badań wynosiła 41%. Maksymalna temperatura powietrza sprzyjająca uzyskaniu wysokich plonów wynosiła $\leq 21,4^{\circ}\text{C}$ i w zasadzie plony takie uzyskiwano poniżej wyznaczonej jej wartości. Dla wartości temperatury minimalnej przy gruncie wyznaczonej metodą modelową, która wynosiła $\leq 9,0^{\circ}\text{C}$ – plony ziemniaków były średnio o 20% wyższe w stosunku do plonów z całego okresu badań.

Niedosyt wilgotności powietrza w wysokości $\geq 6,3$ hPa kształtował plony wysokie, które były o 17 % wyższe od przeciętnego z okresu badań. Jego średnia wartość w omawianym 22-leciu wynosiła 5,7 hPa i była za niska dla osiągnięcia wysokich plonów, co wyraźnie uwidacznia się w równaniu (2).

W okresie rozwojowym (od sadzenia do kwitnienia) ziemniaki wymagają pogody z częstymi opadami. Liczba dni z opadem winna stanowić 42 % długości tej agrofazy. Wyznaczone optymalne opady atmosferyczne zawierają się w przedziale od 101–239 mm. Wyższym i niższym opadom zawsze towarzyszył spadek plonowania sięgający do 28 % w stosunku do całego okresu badawczego.

Średni czas trwania usłonecznienia dziennego sprzyjający gromadzeniu plonu wynosił $\geq 6,9$ godziny. Przy jego niższych wartościach plon spadał. Wymagania w stosunku do tego elementu pogody są znacznie wyższe w pierwszej połowie okresu wegetacji niż w dalszej jego części.

Wpływ czynników meteorologicznych na plon w okresie od sadzenia do zasychania łąt

Wegetacja ziemniaków trwała przeciętnie 139 dni, a różnica między najdłuższym a najkrótszym okresem wynosiła 45 dni.

Przyczyną dość znacznego zróżnicowania długości okresu wegetacji ziemniaków w latach doświadczeń było występowanie zarazy ziemniaczanej.

Jak wynika z przeprowadzonej analizy statystycznej, plonowanie ziemniaków zależy w decydującym stopniu od przebiegu temperatury minimalnej przy gruncie oraz od wielkości usłonecznienia i niedosytu wilgotności powietrza.

Równanie regresji od sadzenia do zasychania łąt ma postać:

$$Y_{plon} = -4,32temp. min. + 3,26ust. + 1,46nied. wilg. + 41,55 \quad (3)$$

$$F_{obl.} = 5,24$$

$$F_{teor.} = 3,16$$

Posługując się wcześniej przyjętą metodą, określono dla całego okresu wegetacji optymalne wartości elementów meteorologicznych warunkujących wysokie plonowanie (tab. 1).

Optymalna temperatura powietrza dla całego okresu wegetacji wynosiła $\geq 15,8^{\circ}\text{C}$ i była w zasadzie zbieżna ze średnią 22-letniego okresu badań. Oznacza to, że wysokości plonów limitowane były przez inne czynniki. Podobny przebieg wykazywała także temperatura maksymalna. Natomiast wysokiemu plonowaniu sprzyjała temperatura minimalna nieco niższa od średniej z wielolecia.

Wartość niedosytu wilgotności powietrza w całym okresie wegetacji towarzysząca plonom wysokim wynosiła $\geq 6,0$ hPa i była znacznie wyższa od średniej wieloletniej. Przy jego sprzyjającej wartości plony były wyższe o około 25% w stosunku do plonu średniego z okresu badań.

Plony wysokie osiągnęto przy opadach w czasie wegetacji zawierających się w przedziale 308–406 mm. Opady wyższe i niższe od wartości granicznych tego przedziału uznano za nie sprzyjające, gdyż powodowały niżkę plonu. Średnia wartość opadów w okresie badań zawierała się w tym przedziale, lecz należy zwrócić uwagę na wysoką zmienność tego elementu w kolejnych latach badań. Warunkiem uzyska-

nia dobrych plonów było 33 % dni z deszczem w okresie wegetacji. Przy optymalnej wartości opadu i jego rozkładzie notowano plony o około 30 % wyższe od średniego z wielolecia.

Przy usłonecznieniu dziennym o wartości $\geq 6,2$ godziny osiągnano plony o około 30 % wyższe od plonu średniego, kiedy to notowano średnie usłonecznienie znacznie niższe – wynoszące 5,9 godziny.

Wpływ warunków meteorologicznych na plon w wydzielonych okresach krytycznych wzrostu i rozwoju ziemniaków

Najintensywniejszy wzrost części nadziemnej oraz zwiększanie się suchej masy w bulwach przypada na okres zawiązywania pąków kwiatowych do kilku tygodni po zakończeniu kwitnienia. W tym czasie ziemniaki mają duże wymagania w stosunku do przebiegu i układu czynników pogody.

Ścisły związek korelacyjny zanotowano w tym czasie między (Y plonem) a niedosytem wilgotności powietrza wynoszącym dla okresów (1+1+4) i (2+1+3) odpowiednio: 0,591 i 0,616 przy $p=0,05$. W pozostałych przypadkach korelacja plonu z badanymi czynnikami pogody była słabsza.

Równania regresji dla wydzielonych okresów krytycznych mają postać:

$$Y_{plon} = 3,86_{nied. wilg.} - 1,65_{temp. min.} + 22,09 \quad (4)$$

$$F_{obl.} = 6,99$$

$$F_{teor.} = 3,52$$

$$Y_{plon} = 4,45_{nied. wilg.} - 1,98_{temp. min.} + 23,67 \quad (5)$$

$$F_{obl.} = 9,87$$

$$F_{teor.} = 3,52$$

Temperatura powietrza sprzyjająca dobremu plonowaniu w obu wydzielonych okresach wynosiła $\geq 17,3^{\circ}\text{C}$ i była nieco wyższa od średniej wieloletniej. Plony osiągnięte przy jej optymalnej wysokości były wyższe o około 26% od plonu z okresu badań. Wymagania w stosunku do maksymalnej temperatury powietrza kształtowały się na poziomie $\leq 22,8^{\circ}\text{C}$, tj. nieco niższym od średniej wieloletniej. Większy udział w kształtowaniu plonu miała temperatura minimalna przy gruncie. Plony wysokie przy jej optymalnej wartości wynoszącej $\leq 10,5^{\circ}\text{C}$ i $\leq 10,9^{\circ}\text{C}$ odpowiednio dla wydzielonych okresów, były o około 30% wyższe od średniej z wielolecia. Podobny wpływ na plonowanie wywierał niedosyt wilgotności powietrza.

Określone optymalne opady atmosferyczne wynosiły odpowiednio ≤ 124 mm i ≤ 133 mm dla wydzielonych okresów i były o około 40 mm niższe od opadu średniego z okresu badań. Przy wysokich opadach obserwowano spadek plonowania, który dochodził do 30% w stosunku do średniej z okresu badawczego.

Warunkiem prawidłowego rozwoju ziemniaków w tym czasie był niedosyt wilgotności powietrza w wysokości 6,5 hPa, co stanowi 67 % wilgotności względnej powietrza.

Wnioski:

Analiza opracowanych materiałów pozwala na sformułowanie kilku ważniejszych wniosków:

1. W klimatycznych warunkach miejsca badań najistotniejszymi czynnikami pogody decydującymi o wysokości plonu końcowego ziemniaków były: temperatura minimalna przy gruncie, niedosyt wilgotności powietrza oraz opady atmosferyczne.
2. Związek pomiędzy plonowaniem a temperaturą minimalną przy gruncie był najbardziej ścisły w wyznaczonych krytycznych okresach rozwoju, a także w czasie od kwitnienia do zasychania łąt.
3. Wyższymi wartościami niedosytu wilgotności powietrza towarzyszył wzrost plonowania. Przy jego niższych wartościach wzrasta wilgotność względna powietrza i obserwuje się wzrost chorób ziemniaków, a także następuje skracanie okresu wegetacji.
4. Generalnie suma opadów atmosferycznych w rejonie badań jest wystarczająca do uzyskania wysokich plonów. Stwierdzono jednak, że ich rozkład w czasie wegetacji ziemniaków był nieprawidłowy, gdyż wykazują one większe potrzeby wodne w drugiej, a niższe w pierwszej połowie okresu wegetacji.
5. Średnia długość usłonecznienia dziennego w najwyższym stopniu limitowała wysokość plonu ziemniaków w okresie od początku wschodów do kwitnienia. Na ogół przy wyższych jego wartościach osiągnano większy plon.
6. Wyższymi wartościami średniej dobowej temperatury powietrza we wszystkich okresach rozwoju towarzyszył wzrost plonowania ziemniaków, natomiast przyrost temperatury maksymalnej wpływał na jego spadek.

Literatura

- [1] Ajtay A.: A burgonyatermesztés agroklimatologiai könetei. Magyarországon. Föld. art. 27 nr 3-4 s. 461-465, 1979.
- [2] Dzieżyc J., Nowak L., Panek K., Rakowski Z.: Metoda oceny wpływu niedoboru i nadmiaru opadów na produkcję roślinną w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. nr 268, s. 89-103, 1986.
- [3] Gregory S.: Metody statystyczne w geografii. PWN, 1970.
- [4] Górski T.: W sprawie określenia wpływu pogody na roślinę. Post. Nauk Rol. r. 11, nr 4, s. 35-56, 1964.
- [5] Górski T., Doroszewski A.: Wpływ opadów atmosferycznych na plonowanie ziemniaków w Polsce. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. nr 284, s. 369-375, 1986.
- [6] Górka W.: Warunki opadowe w okresie krytycznym ziemniaków średnio wczesnych w województwie szczecińskim. Zesz. Nauk AR Szczecin nr 92 Rolnictwo XXVII, s. 45-54, 1982.
- [7] Górecki R., Grzesiuk S.: Fizjologiczne podstawy odporności roślin na suszę. Post. Nauk. Rol. 3, 1979.
- [8] Herse I.: Szczegółowa uprawa roślin. Warszawa PWRiL, 1983.
- [9] Kołodziej J., Liniewicz K., Mitosek H.: Próba określenia polowego zużycia wody

- przez niektóre rośliny uprawne w zależności od warunków meteorologicznych w latach 1963–1968, cz. II Groch, koniczyna czerwona i ziemniaki, Aun UMCS, Sect. E vol. 27, s. 45–62, 1972,
- [10] Kołodziej J.: Wpływ opadów atmosferycznych na plonowanie ziemniaków bardzo wczesnych odmiany Pierwiosnek. Zesz. Nauk AR w Krakowie, Melioracja, z.13, s. 103–113, 1988.
- [11] Kołodziej J.: Zmienność plonów niektórych odmian ziemniaków uprawianych na glebie lessowej. Zesz. Nauk. AR w Krakowie, Sesja Naukowa z. 27 nr 246 s. 197–203, 1988.
- [12] Kozmiński Cz.: Plonowanie ziemniaków na stacji Agrometeorologicznej w RZD Lipki k. Starogardu w zależności od przebiegu warunków wilgotności powietrza i gleby w latach 1962–1977. Zesz. Nauk. AR Szczecin Rol., z. 78, s. 119–134, 1978.
- [13] Kuchar L.: Modele pogoda-plon i metody prognozowania plonów roślin uprawnych. Fragmenta Agronomika nr 1, Wrocław 15–31 1987.
- [14] Makowiecki J.: Ocena zapotrzebowania ziemniaków na opady atmosferyczne metodą modelową. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. z. 268, s. 315–323, 1985.
- [15] Makowiecki J.: Przydatność metody modelowej do prognozowania plonów na podstawie przebiegu pogody. Materiały XIX Ogólnopolskiej Konf. Agromet. Szczecin, s. 138–145, 1983.
- [16] Makowiecki J.: Plonowanie pszenicy ozimej w zróżnicowanych warunkach przyrodniczych. PAN, Oddz. Katowice, Komisja Nauk Rol., 1985.
- [17] Michalska H.: Prognozowanie plonów roślin okopowych. Wiad. Statyst. 198, nr 1, s. 18–21, 1980.
- [18] Nagawiecka H., Boroń K.: Parowanie terenowe i polowe zużycie wody przez rośliny uprawne w Chełmie koło Krakowa. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol., z. 161, 1974.
- [19] Nowak L.: Plonowanie roślin okopowych zależnie od kompleksu glebowego i ilości opadów w okresie wegetacji. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. nr 314, s. 105–117, 1987.
- [20] Olechnowicz-Bobrowska B., Zawora T.: Związek między klimatycznym bilansem wodnym a plonowaniem niektórych roślin uprawnych. Zesz. Nauk AR Kraków nr 192, Rolnictwo z. 25, s. 3–12, 1985.
- [21] Obrębski T.: Wpływ czynników pogodowych na rozwój i plonowanie ziemniaków. Pr. PIHM, z. 90, s. 13–29, 1986.
- [22] Pasela E., Kołodziej J.: Wpływ warunków termiczno-opadowych i wilgotności gleby na plonowanie ziemniaków Flisak. Materiały XIX Ogólnopolskiej Konf. Agromet. Szczecin 1983, s. 200–206, 1984.
- [23] Roztropowicz S., Rykaczewska K.: Wpływ różnego stopnia zaciemnienia roślin ziemniaka w łanie na ich wzrost i plonowanie. Biul. Inst. Ziem., nr 27, s. 101–109, 1982.
- [24] Roztropowicz S.: Analiza przyczyn wahań w plonach ziemniaków oraz ich niskiego poziomu w skali kraju i województw. Biul. Inst. Ziem., s. 145–170, 1971.
- [25] Sawicka B.: Czynniki kształtujące plony czterech odmian ziemniaka. Biul. Inst. Hod. Rośl., nr 154, s. 179–187, 1984.
- [26] Seep J. W.: Wlijanije meteorologičeskij usłowij razlicznych pieriodów na produktiwnost kartofielija i rasczet obeiezpieczennosti urożaja. Tr. WNII s-wo, meteorol. nr 23, s. 116–122, 1988.
- [27] Tomaszewska T.: Wpływ warunków meteorologicznych na plon i zawartość skrobi ziemniaków. Przegląd Geogr. r. 17, z. 3/4, s. 261–289, 1972.
- [28] Zawora T., Olechnowicz-Bobrowska B., Pasela E.: Wpływ wysokości i częstości opadów atmosferycznych na plonowanie ziemniaków w Karpatach zachodnich. IX Szkoła Letnia, Wrocław-Sobieszów, s. 27–29, 1986.
- [29] Ziemniaki. Instrukcja metodyczna prowadzenia doświadczeń odmianowych COBORU. Słupia Wielka, 1974.