

Robert KALBARCZYK

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

Agrometeorologiczne warunki rozwoju cebuli średnio późnej w środkowozachodniej Polsce

Agrometeorological conditions of the growth of semi-late onion in central western Poland

Słowa kluczowe: cebula, uprawa polowa, elementy agrometeorologiczne, okresy agrofenologiczne, siew

Key words: onion, field cultivation, agrometeorological elements, agrophenological periods, sowing

Wprowadzenie

O rozwoju cebuli uprawianej z zachowaniem optymalnej agrotechniki decydują głównie warunki pogodowe, a zwłaszcza ekstremalne wartości poszczególnych elementów agrometeorologicznych, które ulegają zmianom w ciągu miesiąca, roku, a nawet w skali wielolecia (Atlas klimatycznego... 2001). Dotychczasowe rozpoznanie oddziaływania pogody na rozwój cebuli nie jest jednak wystarczające. Główną tego przyczyną jest fakt, że wyniki większości prac mają charakter lokalny i ograniczają się zwykle do oceny wpływu temperatury powietrza i opadów atmosferycznych na rozwój cebuli w doświadczeniach,

obejmujących przeważnie 3–4 lata badań (Jarocka 1970, Grzegorzewska 1999). Znajomość wpływu warunków pogodowych na długość okresu wegetacji cebuli umożliwi dokładniejsze zaplanowanie i wykonywanie prac agrotechnicznych, zabiegów pielęgnacyjnych, nowodnień, jak również skuteczniejszą ochronę tej rośliny (Górka 1987, Kaniszewski 2005).

Celem podjętej pracy jest ocena oddziaływania głównych elementów agrometeorologicznych na terminy i długość kolejnych okresów agrofenologicznych cebuli średnio późnej w środkowozachodniej Polsce.

Material i metody

Do analizy wykorzystano dane agrofenologiczne dotyczące terminów i długości okresów rozwojowych cebuli średnio późnej w latach 1965–2004, z 6 stacji COBORU (Chrząstowo, Masłowice, Ostoja, Słupia Wielka, Szonowice,

Zybiszów), położonych w środkowoza-
chodniej Polsce. W pracy uwzględniono
następujące daty agrofaz fenologicznych
cebuli: siew, koniec wschodów, początek
załamywania szczypioru i zbior. Materia-
ły wyjściowe zebrano dla wzorca, który
tworzą najbardziej rozpowszechnione
w uprawie odmiany cebuli analizowa-
nej grupy wczesności badane w danym
roku. Liczebność materiałów podstawo-
wych (liczba stacji \times liczba lat) wynosiła
82 elementy. Doświadczenia w latach
1965–2004 przeprowadzono zgodnie
z metodyką COBORU stosowaną
w latach sześćdziesiątych i wielokrotnie
aktualizowaną w latach późniejszych.
Cebula była uprawiana na glebach kom-
pleksów pszennych (1, 2) oraz żytnim
(4). Stosowano przeważnie pełne na-
wożenie obornikiem, w dawce od 30 do
50 t·ha⁻¹, który był przeorany jesienią.
W zależności od aktualnej zasobności
gleby wiosenne nawożenie mineralne
przeciętnie wynosiło 390 kg czystego
składnika na 1 ha uprawy, w tym N
i P₂O₅ wysiewano odpowiednio po 110
i 90 kg, a K₂O – po 190 kg (Synteza wy-
ników... 1965–2002, Metodyka bada-
nia... 1998).

Dane agrometeorologiczne wyko-
rzystane w pracy pochodziły ze wszyst-
kich stacji meteorologicznych, funkcyj-
nujących przy stacjach doświadczalnych
COBORU. W przypadkach gdy w miej-
scowości, w której prowadzone były
doświadczenia z cebulą, nie było stacji
meteorologicznej, do analizy wykorzy-
stywano wyniki ze stacji meteorologicz-
nej IMGW najbliższej położonej i zarazem
najlepiej odzwierciedlającej warunki
meteorologiczne przeprowadzanych do-
świadczeń. Dane agrometeorologiczne
ze stacji COBORU zebrano z *Przegląd-*

dów Warunków Agrometeorologicznych,
natomiast ze stacji IMGW z *Biuletynów*
Agrometeorologicznych oraz częściowo
z udostępnionych przez IMGW w War-
szawie.

Przedmiotem analizy były nastę-
pujące elementy agrometeorologiczne,
w przyjętych okresach agrofenologicz-
nych: sumy usłonecznienia rzeczywiste-
go [h], wskaźnik usłonecznienia rzeczy-
wistego [h], temperatura gleby z głębo-
kości 5 cm [°C], liczba dni z tempera-
turą powietrza z wysokości 5 cm n.p.g.
 $\leq 0^{\circ}\text{C}$ (przymrozki), średnia i minimalna
temperatura powietrza z wysokości 2 m
n.p.g. [°C] oraz temperatura maksymal-
na z wysokości 2 m n.p.g. [°C], sumy
temperatury powietrza z wysokości 2 m
n.p.g., wilgotność względna powietrza
z godziny 13.00 [%], niedosyt wilgot-
ności powietrza [hPa], sumy opadów
atmosferycznych [mm], wskaźnik opa-
dów atmosferycznych [mm], liczba dni
z opadem atmosferycznym oraz liczba
dni z opadem dobowym $\geq 0,1$, $\geq 0,5$,
 ≥ 1 , ≥ 2 , ≥ 3 , ≥ 4 i ≥ 5 mm. Wskaźnik
usłonecznienia i opadów liczono jako
stosunek ilorazu sumy tych elementów
i liczby dni w rozpatrywanym okresie
agrofenologicznym.

Przy wstępnej ocenie wpływu ele-
mentów agrometeorologicznych na ter-
miny i długości okresów rozwojowych
cebuli, a także przy ocenie ich trendu
czasowego w rozpatrywanym wielole-
ciu zastosowano metodę analizy regres-
ji pojedynczej zarówno liniowej, jak
i krzywoliniowej. Ze względu na nie-
istotne statystycznie związki krzyw-
liniowe między terminami i okresami
rozwojowymi a warunkami agrometeo-
rologicznymi w pracy przedstawiono
tylko istotne związki opisane funkcją

liniową. W równaniach regresji pojedynczej zmienną zależną każdorazowo były terminy i długości okresów agrometeorologicznych lub w przypadku udowodnionej ich tendencji czasowej – odchylenia od trendu liniowego w latach 1965–2004 (tab. 1 i 3), natomiast zmienną niezależną – wszystkie rozpatrywane elementy agrometeorologiczne. W celu uniezależnienia wpływu długości okresów rozwojowych od wartości elementów agrometeorologicznych z analizy wyłączono sumy usłonecznienia rzeczywistego, temperatury powietrza i opadów atmosferycznych (Łykowski 1984). Parametry funkcji regresji liniowej zostały wyznaczone metodą najmniejszych kwadratów. Hipotezę o istotności funkcji regresji, tzn. współczynnika korelacji wielokrotnej, zbadano testem F-Snedecora, natomiast istotność współczynników regresji testem t-Studenta. Występowanie autokorelacji składników losowych sprawdzono za pomocą testu Durбина-Watsona. Za miarę dopasowania funkcji regresji do danych empirycznych posłużyły współczynnik determinacji R^2 [%] i błąd równania regresji S_y (Sobczyk 1998). Wszystkie analizy statystyczne wykonano przy użyciu pakietu STATISTICA 6.

Wyniki

Wszystkie uwzględnione w pracy elementy agrometeorologiczne miały statystycznie istotny wpływ na daty: faz fenologicznych, siewu i zbioru cebuli średnio późnej w środkowozachodniej Polsce (tab. 1 i 2). Największy wpływ na termin siewu wywierały warunki opadowe, szczególnie liczba dni z opadem

dobowym ≥ 3 i ≥ 4 mm, a w następnej kolejności liczba dni z opadem atmosferycznym. Współczynniki determinacji określone dla zależności terminu siewu od wszystkich rozpatrywanych elementów cieplnych były nieistotne statystycznie. Oczywiście termin siewu cebuli zależał głównie od kalendarza prac polowych, natomiast warunki agrometeorologiczne najczęściej decydowały o siewie w sposób pośredni, kształtując warunki wilgotnościowe gleby. Z kolei na tempo wschodów cebuli większy wpływ miały warunki cieplne niż wilgotnościowe, czyli odwrotnie niż w przypadku siewu. Największe współczynniki determinacji uzyskano dla sum temperatury powietrza ($R^2 \approx 39\%$), a następnie dla sum usłonecznienia rzeczywistego ($R^2 \approx 37\%$), mniejsze, ale również istotne na poziomie $\alpha = 0,01$ – dla temperatury gleby ($R^2 \approx 20\%$) oraz dla maksymalnej ($R^2 \approx 15\%$) i średniej temperatury powietrza ($R^2 \approx 11\%$). Wszystkie istotne elementy agrometeorologiczne opóźniały termin wschodów cebuli. Współczynniki determinacji, opisujące wpływ warunków cieplnych na termin załamywania szczypioru, były wyraźnie niższe niż w przypadku terminów wschodów i wahały się od około 5% dla temperatury gleby do około 56% dla średniej temperatury powietrza. O terminie załamywania szczypioru decydowały również czynniki wilgotnościowe powietrza opisane zarówno warunkami opadowymi, jak i wilgotnością powietrza oraz niedosytem wilgotności powietrza. Najściślejszą, dodatnią zależność udowodniono dla liczby dni z opadem dobowym $\geq 0,5$ mm ($R^2 \approx 43\%$). Termin zbioru cebuli był istotnie skorelowany ze wszystkimi elementami agrometeorologicznymi,

TABELA 1. Zależność dat faz agrofenologicznych cebuli średnio późnej od warunków cieplnych w środkowozachodniej Polsce, lata 1965–2004
 TABLE 1. Relationship between the time of agrophenological stages of semi-late onion and thermal conditions in central western Poland over 1965–2004

Faza Phase	Agrofaza Agrophase	Warunki / Conditions											
		R	Us	Wus	Tg	Pg	Ip	ΣTp	Tmin	Tmax			
Koniec wschodów End of emergence	Siew Sowing	+++ (15,1)	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•	•
Początek załamywania szczypioru Beginning of the flopping down of leaves	kw pzs	•	+++ (36,7)	+++ (16,1)	+++ (19,5)	•	+++ (10,7)	+++ (38,5)	•	+++ (56,1)	•	•	+++ (14,5)
Zbiór Harvest	z	++ (7,4)	•	+++ (-18,7)	+++ (45,6)	+++ (11,6)	+++ (46,3)	+++ (4,8)	+++ (27,2)	+++ (10,9)	•	•	•

Oznaczenia / Explanations:

s* – zależność badana w miesiącu poprzedzającym daty siewu / relationship studied in the month preceding the time of sowing,

R – trend liniowy w latach 1965–2004 / linear trendline for successive multi-year (1965–2004),

Us – suma usłonecznienia rzeczywistego / real sunshine [h],

Wus – wskaźnik usłonecznienia rzeczywistego / index of real sunshine [h],

Tg – temperatura gleby z głębokości 5 cm / soil temperature at 5 cm below the surface [°C],

Pg – liczba dni z temperaturą powietrza ≤ 0°C z wysokości 5 cm n.p.g. / number of days with the air temperature ≤ 0°C at the height of 5 cm above ground level,

Ip – średnia temperatura powietrza z wysokości 2 m n.p.g. / average air temperature at the height of 2 m above ground level [°C],

ΣTp – suma temperatury powietrza z wysokości 2 m n.p.g. / air temperature total at the height of 2 m above ground level [°C],

Tmin – minimalna temperatura powietrza z wysokości 5 cm n.p.g. / minimum air temperature at the height of 5 cm above ground level [°C],

Tmax – maksymalna temperatura powietrza z wysokości 2 m n.p.g. / maximum air temperature at the height of 2 m above ground level [°C],

-/+ – zależność ujemna/dodatnia / negative/positive effect,

w nawiasach podano wartości współczynników determinacji / values of determination coefficients in parenthesis [%],

• brak istotnej zależności na poziomie α = 0,1 / non-significant at α = 0,1,

+++ zależność istotna przy α = 0,01 / significant at α = 0,01,

** zależność istotna przy α = 0,05 / significant at α = 0,05,

* zależność istotna przy α = 0,1 / significant at α = 0,1.

TABELA 2. Zależność dat faz agrofenologicznych cebuli średnio późnej od warunków wilgotnościowych powietrza w środkowozachodniej Polsce, lata 1965–2004

TABLE 2. Relationship between the time of agrophenological stages of semi-late onion and air humidity in central western Poland over 1965–2004

Faza Phase	Agrofaza Agrophase	Warunki / Conditions												
		F	D	P	WP	LP	L0,1	L0,5	L1	L2	L3	L4	L5	
n.b.	Siew s* Sowing	n.b.	n.b.	++++ (10,5)	++++ (10,5)	++++ (12,9)	++++ (10,8)	++++ (8,5)	+++ (7,3)	+++ (6,7)	++++ (13,6)	++++ (13,1)	++++ (9,2)	
•	Koniec wschodów End of emergence	•	+++ (6,8)	++ (3,8)	•	•	•	++ (4,5)	•	•	•	•	•	
++++ (12,4)	Początek załamywania szczypioru Beginning of the flopping down of leaves	++++ (12,4)	---- (15,4)	++++ (33,2)	++++ (9,9)	++++ (33,1)	++++ (36,4)	++++ (42,5)	++++ (40,2)	++++ (37,1)	++++ (36,6)	++++ (35,8)	++++ (35,1)	
++++ (21,0)	Zbiór z Harvest	++++ (21,0)	---- (24,7)	++++ (9,7)	•	++++ (20,9)	++++ (21,3)	++++ (17,9)	++++ (15,5)	++++ (15,1)	++++ (13,5)	++++ (11,9)	++++ (10,3)	

Oznaczenia / Explanations:

F – wilgotność względna powietrza / real air humidity [%],

D – niedosyt wilgotności powietrza / deficiency in air humidity [hPa],

P – suma opadów atmosferycznych / precipitation total [mm],

WP – wskaźnik opadów atmosferycznych / precipitation index [mm],

LP – liczba dni z opadem atmosferycznym / number of days with precipitation [day],

L0,1 – liczba dni z opadem dobowym $\geq 0,1$ mm / number of days with precipitation above 0.1 mm [day],

L0,5 – liczba dni z opadem dobowym $\geq 0,5$ mm / number of days with precipitation above 0.5 mm [day],

L1 – liczba dni z opadem dobowym ≥ 1 mm / number of days with precipitation above 1 mm [day],

L2 – liczba dni z opadem dobowym ≥ 2 mm / number of days with precipitation above 2 mm [day],

L3 – liczba dni z opadem dobowym ≥ 3 mm / number of days with precipitation above 3 mm [day],

L4 – liczba dni z opadem dobowym ≥ 4 mm / number of days with precipitation above 4 mm [day],

L5 – liczba dni z opadem dobowym ≥ 5 mm / number of days with precipitation above 5 mm [day],

n.b. – nie badano zależności / relationship not examined.

Pozostałe objaśnienia oznaczeń zob. tab. 1. / Other explanations, see Table 1.

z wyjątkiem wskaźnika opadów i sum usłonecznienia rzeczywistego. Jednak zasadniczy wpływ na daty zbioru miały warunki termiczne gleby i powietrza. Wyższa średnia temperatura gleby i powietrza przyspieszała zbiór, natomiast ekstremalna – opóźniała. O przyspieszeniu zbioru cebuli istotnie decydowały również warunki świetlne opisane wskaźnikiem usłonecznienia rzeczywistego ($R^2 \approx 19\%$). Z kolei wzrost wartości parametrów charakteryzujących warunki wilgotnościowe powietrza, z wyjątkiem niedosytu wilgotności powietrza, powodowały opóźnienie zbioru cebuli. Prawdopodobnie termin zbioru zależał nie tylko od elementów meteorologicznych, ale w dużej mierze od kalendarza prac polowych.

Wyniki zawarte w tabelach 3 i 4 wskazują, że długości wszystkich agrofaz cebuli średnio późnej były istotnie skorelowane z liczbą dni z opadem o wszystkich rozpatrywanych wielkościach. Zdecydowanie najmniej statystycznie istotnych zależności udowodniono dla wskaźnika usłonecznienia rzeczywistego, maksymalnej temperatury powietrza i wilgotności powietrza, a żadnej dla wskaźnika opadów atmosferycznych. Największy wpływ na długość okresu siew – koniec wschodów wywierały przymrozki przygruntowe ($R^2 \approx 31\%$). Spośród wszystkich rozpatrywanych warunków opadowych, opisanych liczbą dni z opadem, największy wpływ miały opady dobowe $\geq 0,5$ mm ($R^2 = 28\%$), które wydłużały okres między siewem a końcem wschodów. Natomiast nie udowodniono statystycznie istotnej zależności długości okresu siew–koniec wschodów z temperaturą gleby i temperaturą powietrza. Istotny wpływ

warunków termicznych gleby i powietrza na długość okresu siew – koniec wschodów trzech odmian cebuli (Czeraniakowska, Wolska, Sochaczewska) w latach 1970–1985 udowodnił Górka (1987). Współczynniki determinacji, tłumaczące długość okresu koniec wschodów – początek załamywania szczypioru elementami agrometeorologicznymi, były przeważnie wyższe i kształtowały się od około 5 do 50%. Wydłużenie okresu koniec wschodów – początek załamywania szczypioru powodowała najsilniej liczba dni z opadem ≥ 1 mm ($R^2 \approx 49\%$), skrócenie natomiast – średnia temperatura gleby i powietrza ($R^2 \approx 11\text{--}12\%$). Wszystkie istotnie skorelowane elementy cieplne i wilgotnościowe wydłużały okres początek załamywania szczypioru – zbiór, podczas gdy minimalna temperatura powietrza skracała. Długość okresu od początku załamywania szczypioru do zbioru aż w około 40% determinowała liczba dni z opadem $\geq 0,1$ mm. Z kolei długość okresu wegetacji (siew – zbiór) cebuli istotnie zależał od większości analizowanych elementów agrometeorologicznych, przy czym większe wartości czynników opadowych przyczyniały się do wydłużenia okresu wegetacji, natomiast wyższe wartości czynników termicznych powietrza i gleby oraz wyższy niedosyt wilgotności powietrza przyczyniały się do ich skrócenia.

Wyniki, dotyczące związków między datą zbioru i długością okresu wegetacji (s-z) a warunkami pogodowymi w poszczególnych okresach agrofenologicznych cebuli, zawierają tabele 5 i 6. Większy wpływ na termin zbioru cebuli w środkowozachodniej Polsce miały elementy agrometeorologiczne w drugiej

TABELA 3. Zależność długości okresów agrofenologicznych cebuli średnio późnej od warunków cieplnych w środkowozachodniej Polsce, lata 1965–2004
 TABLE 3. Relationship between the length of agrophenological periods of semi-late onion and thermal conditions in central western Poland over 1965–2004

Długość Duration	Warunki / Conditions									
	R	Wus	Tg	Pg	Tp	Tmin	Tmax			
Siew – koniec wschodów Sowing – end of emergence	–*** (11,1)	•	•	+*** (30,9)	•	–*** (10,3)	•			
Koniec wschodów – początek załamywania szczyptoru End of emergence – beginning of the flopping down of leaves	•	–** (5,9)	–*** (11,1)	•	–*** (12,1)	–*** (11,4)	•			
Początek załamywania szczyptoru – zbiór Beginning of the flopping down of leaves – harvest	+*** (16,6)	•	•	+*** (7,2)	•	–*** (20,4)	+** (4,5)			
Siew – zbiór Sowing – harvest	•	•	–** (6,1)	•	–** (7,0)	•	•			

Oznaczenia, zob. tab. 1. / Explanations, see Table 1.

TABELA 4. Zależność długości okresów agrofenologicznych cebuli średnio późnej od warunków wilgotnościowych powietrza w środkowozachodniej Polsce, lata 1965–2004

TABLE 4. Relationship between the length of agrophenological periods of semi-late onion and air humidity in central western Poland over 1965–2004

Długość Duration	Warunki / Conditions										
	F	D	WP	LP	L0,1	L0,5	L1	L2	L3	L4	L5
Siew – koniec wschodów Sowing – end of emergence	•	•	•	+*** (23,0)	+*** (23,6)	+*** (28,0)	+*** (23,1)	+*** (21,3)	+*** (19,3)	+*** (14,9)	+*** (8,5)
Koniec wschodów – początek załamywania szczyptoru End of emergence – beginning of the flopping down of leaves	+* (4,3)	–*** (9,9)	•	+*** (42,3)	+*** (46,1)	+*** (47,6)	+*** (49,2)	+*** (42,6)	+*** (39,7)	+*** (34,5)	+*** (28,7)
Początek załamywania szczyptoru – zbiór Beginning of the flopping down of leaves – harvest	•	•	•	+*** (37,7)	+*** (39,7)	+*** (30,4)	+*** (32,7)	+*** (32,9)	+*** (29,7)	+*** (25,0)	+*** (22,5)
Siew – zbiór Sowing – harvest	•	–** (5,8)	•	+*** (22,1)	+*** (24,7)	+*** (19,9)	+*** (23,9)	+*** (18,9)	+*** (19,6)	+*** (15,5)	+*** (15,2)

Oznaczenia, zob. tab. 2. / Explanations, see Table 2.

połowie okresu wegetacji (tab. 5), ponieważ w tym okresie istotnie oddziaływały zarówno elementy termiczne, jak i wilgotnościowe. Warunki wilgotnościowe atmosfery w okresie od końca wschodów do zbioru oraz warunki cieplne w okresie siew – koniec wschodów opóźniały termin zbioru cebuli, z wyjątkiem przymrozków. Spośród wszystkich rozpatrywanych elementów agrometeorologicznych w okresie siew – koniec wschodów istotny wpływ na termin zbioru cebuli miały średnia temperatura gleby ($R^2 \approx 7\%$), średnia temperatura powie-

trza ($R^2 \approx 6\%$), przymrozki ($R^2 \approx 5\%$) i minimalna temperatura powietrza ($R^2 \approx 4\%$). W okresie koniec wschodów – początek załamywania szczypioru termin zbioru opóźniał zarówno wzrost sum opadów atmosferycznych, usłonecznienia rzeczywistego i temperatury powietrza, jak i wzrost liczby dni z opadem dobowym o wszystkich rozpatrywanych wielkościach. W końcowym okresie wegetacji (pzs-z) zasadniczy wpływ na termin zbioru cebuli miały warunki termiczne gleby i powietrza ($R^2 \approx 46\%$), wskaźnik usłonecznienia rzeczywistego

TABELA 5. Zależność dat zbioru cebuli średnio późnej od warunków cieplnych i wilgotnościowych w poszczególnych okresach agrofenologicznych w środkowozachodniej Polsce, lata 1965–2004
TABLE 5. Relationship between the time of harvesting of semi-late onion and thermal and humidity conditions in particular agrophenological periods in central western Poland over 1965–2004

Element meteorologiczny Meteorological element	Zbiór / Harvest		
	s-kw	kw-pzs	pzs-z
<i>Us</i>	•	+*** (12,3)	•
<i>Wus</i>	•	•	–*** (18,7)
<i>Tg</i>	+** (7,3)	•	–*** (45,6)
<i>Pg</i>	–** (4,8)	•	+*** (11,6)
<i>Tp</i>	+** (5,9)	•	–*** (46,3)
ΣTp	•	+*** (12,9)	+** (4,8)
<i>Tmin</i>	+* (3,8)	•	–*** (27,2)
<i>Tmax</i>	•	•	–*** (10,9)
<i>F</i>	•	•	+*** (21,0)
<i>D</i>	•	–* (3,4)	–*** (24,7)
<i>P</i>	•	+*** (10,9)	+*** (9,7)
<i>WP</i>	•	+* (3,4)	•
<i>LP</i>	•	+*** (11,5)	+*** (20,9)
<i>L0,1</i>	•	+*** (10,8)	+*** (21,3)
<i>L0,5</i>	•	+*** (11,6)	+*** (17,9)
<i>L1</i>	•	+*** (11,3)	+*** (15,5)
<i>L2</i>	•	+*** (10,3)	+*** (15,1)
<i>L3</i>	•	+** (7,5)	+*** (13,5)
<i>L4</i>	•	+** (7,1)	+*** (11,9)
<i>L5</i>	•	+*** (10,6)	+*** (10,3)

Pozostałe oznaczenia zob. tab. 1 i 2. / Other explanations, see Table 1 and 2.

TABELA 6. Zależność długości okresu wegetacji cebuli średnio późnej od warunków cieplnych i wilgotnościowych w poszczególnych okresach agrofenologicznych w środkowozachodniej Polsce, lata 1965–2004

TABLE 6. Relationship between the vegetation period of semi-late onion and thermal and humidity conditions in particular agrophenological periods in central western Poland over 1965–2004

Element meteorologiczny Meteorological element	Długość (siew-zbiór) / Duration (sowing-harvest)		
	s-kw	kw-pzs	pzs-z
<i>Wus</i>	•	•	–* (5,5)
<i>Tg</i>	•	–** (6,2)	–*** (10,1)
<i>Pg</i>	•	+* (4,6)	•
<i>Tp</i>	•	–*** (8,7)	–*** (11,1)
<i>Tmin</i>	•	–* (4,0)	–** (6,6)
<i>Tmax</i>	–** (4,7)	•	•
<i>F</i>	•	•	+** (7,8)
<i>D</i>	•	–* (3,4)	–*** (9,2)
<i>WP</i>	•	•	•
<i>LP</i>	•	+*** (15,0)	+* (5,0)
<i>L0,1</i>	•	+*** (16,0)	+** (4,8)
<i>L0,5</i>	•	+*** (14,5)	+* (3,6)
<i>L1</i>	•	+*** (16,4)	+* (3,5)
<i>L2</i>	•	+*** (13,1)	+* (4,1)
<i>L3</i>	•	+*** (12,4)	+* (3,6)
<i>L4</i>	•	+*** (10,0)	•
<i>L5</i>	•	+*** (10,3)	+* (3,5)

Pozostałe oznaczenia zob. tab. 1 i 2. / Other explanations, see Table 1 and 2.

($R^2 \approx 19\%$) oraz warunki wilgotnościowe opisane niedosytem ($R^2 \approx 25\%$) i wilgotnością powietrza ($R^2 = 21\%$).

Jak wynika z tabeli 6, o długości okresu wegetacji cebuli decydowały przede wszystkim elementy agrometeorologiczne w okresie koniec wschodów – początek zawiązywania szczypioru, a w następnej kolejności – w okresie początek zawiązywania szczypioru – zbiór. Wśród 20 rozpatrywanych elementów agrometeorologicznych temperatura gleby i powietrza (średnia, minimalna) oraz niedosyt wilgotności powietrza skracały okres wegetacji cebuli w okresie od końca wschodów do zbioru, natomiast wskaźnik usłonecznienia rzeczywiste-

go – w okresie początek zawiązywania szczypioru – zbiór. Z kolei liczba dni z opadem wydłużała okres wegetacji, zwłaszcza w okresie koniec wschodów – początek zawiązywania szczypioru.

Końcowym etapem pracy była charakterystyka warunków pogodowych w poszczególnych okresach agrofenologicznych cebuli średnio późnej. Najważniejsze informacje o przebiegu warunków cieplnych i wilgotnościowych przedstawiono w tabeli 7. Średnia wieloletnia suma usłonecznienia rzeczywistego w okresie wegetacji cebuli (s-z) wynosiła 1008 h i była największa w okresie koniec wschodów – początek zawiązywania szczypioru (602 h); trzykrotnie

TABELA 7. Charakterystyka warunków agrometeorologicznych w okresie wegetacji cebuli średnio późnej w środkowozachodniej Polsce, lata 1965–2004

TABLE 7. Characteristic features of agrometeorological conditions during vegetation of onion in central western Poland over 1965–2004

Element meteorologiczny Meteorological element	Długość / Duration					
	s-kw		kw-pzs		pzs-z	
	a	b	a	b	a	b
<i>Us</i>	205	34,8	602	18,7	201	21,4
<i>Wus</i>	6,1	27,8	7,2	17,0	6,6	19,2
<i>Tg</i>	10,6	18,1	18,4	6,2	18,6	11,8
<i>Pg</i>	12	59,0	2	117,5	0	62,1
<i>Tp</i>	9,8	21,3	16,3	6,0	16,9	11,3
ΣTp	327	27,0	1371	12,8	514	11,7
<i>Tmin</i>	–6,7	12,2	–1,3	8,7	2,3	8,0
<i>Tmax</i>	25,3	12,8	32,3	6,4	31,1	14,6
<i>F</i>	56,0	11,9	58,0	8,1	59,0	11,7
<i>D</i>	3,2	14,3	3,5	8,5	3,4	13,5
<i>P</i>	48	58,9	200	37,9	57	57,1
<i>WP</i>	1,4	56,5	2,3	33,1	1,8	42,0
<i>LP</i>	13	44,2	41	28,4	13	40,9
<i>L0,1</i>	14	41,2	40	27,5	13	53,0
<i>L0,5</i>	11	45,1	33	29,5	11	55,0
<i>L1</i>	9	49,0	28	29,7	9	57,1
<i>L2</i>	6	54,9	22	30,0	7	61,9
<i>L3</i>	5	61,6	18	32,5	6	63,8
<i>L4</i>	4	60,5	15	35,2	5	66,0
<i>L5</i>	3	62,9	13	37,0	4	51,5

Oznaczenia / Explanations:

a – suma lub średnia / sum and average,

b – współczynnik zmienności / coefficient of variation [%].

Pozostałe oznaczenia zob. tab. 1 i 2. / Other explanations, see Table 1 and 2.

mniejsze sumy notowano w pozostałych krótszych okresach agrofenologicznych. Przeciętnie najwyższą temperaturą gleby i powietrza (odpowiednio 18,6 i 16,9°C) charakteryzował się okres od początku zawiązywania szczypioru do początku zbioru, a najniższą (odpowiednio 10,6 i 9,8°C) – okres siew – koniec wschodów. Z kolei minimalna temperatura powietrza wahała się od –6,7 do 2,6°C, natomiast maksymalna od 25,3 do 32,3°C. Średnia

suma opadów w okresie wegetacji cebuli (s-z) wynosiła 305 mm, z czego 200 mm przypadło na czas od końca wschodów do początku zawiązywania szczypioru, a po około 50–60 mm na pozostałe okresy agrofenologiczne. W całym okresie wegetacji odnotowano 67 dni z opadem. Największa różnorodność, wyrażona współczynnikiem zmienności, cechowała przymrozki w okresie koniec wschodów – początek załamywania szczypioru

($v = 117,5\%$). Zmienność opadów we wszystkich okresach wahała się od około 40 do 60%, natomiast zmienność liczby dni z opadem dobowym o wszystkich rozpatrywanych wielkościach kształtowała się od około 20 do 70%, a niedosytu – od 8,5% w okresie koniec wschodów – początek załamywania szczypioru do 14,3% w okresie siew – koniec wschodów. Współczynnik zmienności obliczony dla usłonecznienia kształtował się od około 20 do 35%, a średniej temperatury gleby i powietrza – od około 6 do 21%.

Wnioski

1. Wzrost temperatury gleby i powietrza, usłonecznienia rzeczywistego oraz niedosytu wilgotności powietrza jednoznacznie skraca długość okresu wegetacji cebuli średnio późnej, natomiast wzrost liczby dni z opadem oraz wilgotności względnej powietrza – wydłuża.
2. Najwięcej istotnych związków między terminem zbioru a elementami agrometeorologicznymi, występującymi we wszystkich rozpatrywanych okresach agrofizjologicznych, stwierdzono w okresie początek załamywania szczypioru – zbiór, najmniej zaś w okresie siew – koniec wschodów.
3. Długość okresu wegetacji istotnie zależała przede wszystkim od warunków termicznych gleby i powietrza w okresie od końca wschodów do zbioru oraz od liczby dni z opadem, zwłaszcza w okresie od końca wschodów do początku załamywania szczypioru.
4. Przeciętnie największą zmiennością elementów agrometeorologicznych

w okresie wegetacji cebuli odznaczał się okres od początku załamywania szczypioru do zbioru, najmniejszą zaś okres od końca wschodów do początku załamywania szczypioru.

Literatura

- Atlas klimatycznego ryzyka uprawy roślin w Polsce 2001 (red.) C. Koźmiński, B. Michalska. AR w Szczecinie i Uniwersytet Szczeciński.
- Biuletyny Agrometeorologiczne*, 1965–2002. IMGW, Warszawa.
- GÓRKA W. 1987: Bonitacja warunków agroklimatycznych Polski dla wybranych warzyw. Sprawozdanie etapowe CPBR nr 10.18. Wydawnictwo AR Szczecin.
- GRZEGORZEWSKA M. 1999: Dormancy of onion as influenced by weather conditions during the growth season and maturity degree at harvest. *Veg. Crops Res. Bull.* 50: 71–79.
- JAROCKA M. 1970: Ocena możliwości uprawy warzyw w warunkach przyrodniczo-rolniczych regionu Pyrzycko-Gryfińskiego. *STN* 33(2).
- KANISZEWSKI S. 2005: Technologia nawadniania warzyw. Ogólnopolska Konferencja Naukowa „Nawadnianie warzyw w uprawach polowych”. Skierniewice, 19 maj 2005: 5–17.
- ŁYKOWSKI B. 1984: Warunki klimatyczne rozwoju i plonowania soi w Polsce. Rozpr. SGGW-AR 41, Warszawa.
- Metodyka badania wartości gospodarczej odmian (WGO) roślin uprawnych, 1998: Rośliny warzywne. Cebulowe. COBORU, Słupia Wielka.
- Przeglądy Warunków Agrometeorologicznych*, 1965–2002. COBORU, Słupia Wielka.
- SOBCZYK W. 1998: Statystyka, podstawy teoretyczne, przykłady – zadania. Wydawnictwo UMCS, Lublin.
- Synteza Wyników Doświadczeń Odmianowych. Warzywa cebulowe, 1965–2004. COBORU, Słupia Wielka.

Summary

Agrometeorological conditions of the growth of semi-late onion in central western Poland. On the basis of a 40 year period (1965–2004), an assessment of the effect of main agrometeorological elements on the time of growth stages, sowing, harvesting and the length of successive growth periods of semi-late onion in central western Poland was carried out. An increase in the soil and air temperature, real sunshine and air humidity deficiency distinctly shortens the length of semi-late onion vegetation, whereas a growth in the number of days with precipitation and relative air humidity lengthens it. The largest number of significant relations between the time of harvesting and agrometeorological elements occurring in all the discussed growth periods were observed in the period from the beginning of the flopping down of leaves to harvesting, where

as the smallest – in the period from sowing to the end of emergence. The length of the vegetation period significantly depended, first of all, on thermal conditions of soil and air in the period from the end of emergence to harvesting and on the number of days with precipitation, particularly in the period from the end of emergence to the beginning of the flopping down of leaves. On average the largest variability of agrometeorological elements during vegetation of onion was observed from the beginning of the flopping down of leaves to harvesting, whereas the least, from the end of emergence to the beginning of the flopping down of leaves.

Author's address:

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