

BARBARA SAWICKA¹**WŁADYSŁAW MICHAŁEK**²**PIOTR PSZCZÓLKOWSKI**³¹Katedra Szczegółowej Uprawy Roślin, ²Katedra Fizjologii Roślin, Uniwersytet Przyrodniczy, Lublin³Stacja Doświadczalna Oceny Odmian, Uhnin, 21-200 Dębowa Kłoda

Uwarunkowania potencjału plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach środkowo-wschodniej Polski

Determinants of yield potential of medium-late and late potato cultivars in central-eastern Poland

Analizę oparto na wynikach ścisłego doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1998–2000 w stacji doświadczalnej w Uhninie. Obiektem badań było jedenaście średnio późnych (Ania, Anielka, Arkadia, Fregata, Grot, Klepa, Omulew, Rybitwa, Rywal, Salto, Vistula) i pięć późnych (Dunajec, Hinga, Jantar, Meduza, Wawrzyn) odmian ziemniaka. Nawożenie mineralne na stałym poziomie stosowano wiosną przed sadzeniem, zaś organiczne — jesienią. Zdrowotność sadzeniaków była porównywalna (C/A). W doświadczeniu określono plon bulw, suchą masę oraz plon suchej masy. Plony potencjalne obliczano wg metody van der Zaag z modyfikacją Mazurczyka. Celem było określenie wpływu aktywności fotosyntetycznej na potencjał plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach polowych a także ocena możliwości zwiększenia produktywności i produktywności tych odmian. W warunkach wschodniej części Polski potencjalne plony bulw średnio późnych odmian ziemniaka mogą być o 35% wyższe od plonów rzeczywistych, natomiast w przypadku odmian późnych o 22,2%. Stosunek plonów aktualnych do potencjalnych na poziomie 0,66 zapewnia już uzyskiwanie dobrych plonów, zarówno średnio późnych, jak i późnych odmian ziemniaka. Czynniki genetyczny najsilniej decydował o zmienności fenotypowej zawartości suchej masy, czynniki siedliska najsilniej determinowały zmienność fenotypową plonu bulw i plonu suchej masy, zaś współdziałanie odmian i lat oddziaływało najsilniej na plon suchej masy.

Słowa kluczowe: ziemniak, odmiany, wskaźniki fizjologiczne, plon aktualny, plon potencjalny

The analysis of potato yield is based on a field experiment carried out at the Uhnin experiment station in the years 1998-2000. Tuber yield, dry matter and dry matter yield were determined in eleven medium-late (Ania, Anielka, Arkadia, Fregata, Grot, Klepa, Omulew, Rybitwa, Rywal, Salto, Vistula) and five late (Dunajec, Hinga, Jantar, Meduza, Wawrzyn) cultivars. The mineral fertilization was applied before planting in spring, at a constant level, to the soil fertilized with manure in autumn. The health status of seed material was similar (C/A class). The potential yield was calculated using the van der Zaag method, with modification of Mazurczyk. Under the conditions of central-eastern Poland the potential yield of medium-late cultivars could be 35% higher than the actual yield, in case of the late cultivars the difference was 22,2%. The 0.66 ratio of actual to potential yield was sufficient to obtain

good yields for cultivars of both maturity groups. The genetic factor strongly influenced the phenotypic variation of dry matter, while the habitat determined the phenotypic variation of tuber yield and dry matter yield. The interaction of cultivars with years affected most highly the yield of dry matter.

Key words: potato, cultivar, physiological indices, actual yield, potential yield

WSTĘP

W ostatnich latach obserwuje się wzrost zainteresowania problematyką biologii plonowania roślin uprawnych. Najprawdopodobniej wynika to z faktu, że pierwotna produkcja roślinna stanowi podstawę produkcji żywności. Jednym z najefektywniejszych gatunków roślin w przekształcaniu energii słonecznej na pożywienie człowieka, zarówno pod względem ilościowym, jak i jakościowym jest ziemniak, o czym świadczy wysoki plon suchej masy uzyskiwany z jednostki powierzchni (Niederhauser, 1993; Kamasa, 2003). Natomiast Mackerron i Heilbronn (1985) zwracają uwagę na stosunkowo dużą wartość współczynnika plonowania tych roślin. Z kolei Pietkiewicz (2000) twierdzi, że wytwarzanie dużej masy bulw charakteryzuje przede wszystkim te gatunki, których liście jak najdłużej utrzymują aktywność fizjologiczną. Według Starck (2003) każda odmiana w indywidualny sposób produkuje asymilaty, czyli jest to cecha wyłącznie odmianowa. Biorąc pod uwagę powyższe przesłanki oraz to, że w naszym kraju w uprawie znajduje się duży asortyment odmian ziemniaka o zróżnicowanej produktywności fotosyntetycznej i różnej plenności przeprowadzono badania, których celem było określenie wpływu aktywności fotosyntetycznej na potencjał plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach polowych, a także ocena możliwości zwiększenia ich produktywności i produktywności.

MATERIAŁ I METODY

Analizę oparto na wynikach ścisłego doświadczenia polowego przeprowadzonego w latach 1998–2000 w stacji doświadczalnej w Uhninie. Obiektem badań były średnio późne odmiany ziemniaka: Ania, Anielka, Arkadia, Fregata, Grot, Klepa, Omulew, Rybitwa, Rywał, Salto, Vistula oraz odmiany późne: Dunajec, Hinga, Jantar, Meduza, Wawrzyn. Nawożenie mineralne na stałym poziomie (N — 90 kg, P₂O₅ — 90 kg, K₂O — 135 kg·ha⁻¹) stosowano wiosną przed sadzeniem, zaś organiczne w dawce 25 t·ha⁻¹ — jesienią. Zdrowotność sadzeniaków była porównywalna (C/A). W doświadczeniu określono plon bulw i ich suchą masę metodą suszenia. Plony potencjalne obliczono wg metody Zaag van der (1984) z modyfikacją dotyczącą współczynników świetlnych stosowanych przez Mazurczyka (1990).

Do obliczeń plonów potencjalnych wykorzystano wartości promieniowania całkowitego, które dotyczyły stacji doświadczalnej w Uhninie (51°34' N; 23°02' E).

W metodzie przyjętej do obliczeń dobowy przyrost biomasy netto (CGR_p) określano wg następującego wzoru: $CGR_p = P_p \times I_k \times t_k$

$$CGR_p \text{ — kg s.m.} \times \text{ha}^{-1} \times \text{d}^{-1};$$

P_p — obliczano wg wzoru zamieszczonego w pracy Mazurczyka (1996):

$$P_p = F \times P_o + (1-F) \times P_c$$

I_k — współczynnik świetlny wg Mazurczyka (1996);

t_k — współczynnik termiczny wg Mazurczyka (1996).

Dane dotyczące dziennego całkowitego promieniowania słonecznego dla nieba czystego (R_c), do obliczenia potencjalnej fotosyntezy brutto (P_p), pochodziły z pracy Goudriaan i van Laar (1978).

Statystyczne opracowanie wyników wykonano głównie za pomocą analizy wariancji. Istotność źródeł zmienności testowano testem "F" Fischera-Snedecora. W celu określenia udziału poszczególnych źródeł zmienności oraz ich współdziałania w zmienności całkowitej badanych cech przeprowadzono ocenę komponentów wariacyjnych, stosując następujące oznaczenia: σ_e^2 — ocena zmienności środowiskowej, związanej z powtarzaniem obserwacji lub pomiaru w czasie; σ_G^2 — ocena zmienności genotypowej (odmianowej); σ_p^2 — ocena zmienności fenotypowej (całkowitej). Uzyskane z analizy wariancji wartości empiryczne średnich kwadratów porównywano z ich wartościami oczekiwanymi. Rozwiązując w ten sposób układy równań otrzymano oszacowanie komponentów wariacyjnych odpowiadających poszczególnym źródłom zmienności. Wzajemne relacje wyznaczonych ocen komponentów wariacyjnych oraz ich struktura procentowa stanowiły podstawę oceny wpływu czynnika odmianowego, lat oraz współdziałania odmian i lat na zmienność plonu bulw, zawartość i plon suchej masy.

Lata badań charakteryzowały się znaczną zmiennością warunków termicznych, a także rozkładem i intensywnością opadów, co znajduje odzwierciedlenie w wartościach współczynników Sielianinova (tab. 1).

Tabela 1

Wartości współczynników Sielianinova (k)
Sielianinov's coefficient values (k)

Lata Years	Miesiące Months						Średnio dla okresu wegetacji Mean for growing season
	IV	V	VI	VII	VIII	IX	
1998	1,97	1,50	1,43	1,29	2,30	1,18	1,61
1999	2,94	0,66	1,98	0,32	1,34	0,58	1,30
2000	1,32	1,20	0,50	2,45	1,38	1,67	1,42
Średnia Mean	2,08	1,12	1,30	1,35	1,67	1,14	1,45

$k \leq 0.50$ – strong drought — silna posucha

$0.50 \leq k \leq 0.69$ — drought — posucha

$0.70 \leq k \leq 0.99$ - slight drought — słaba posucha

$k \geq 1$ – no drought — brak posuchy, według Baca i in. (1993) – according to Bac et al. (1993)

WYNIKI

Średni plon rzeczywisty badanych odmian kształtował się od 397,7 dt — dla odmian średnio późnych do 409,2 dt ha⁻¹ — dla odmian późnych (tab. 2). Różniły się one, tak między grupami wczesności, jak i wewnątrz nich. Wśród odmian średnio późnych, w tej samej grupie homologicznej, o najwyższych plonach, znalazły się odmiany: Omulew, Rywał, Ania, Grot, Salto i Anielka. Wśród odmian późnych bezkonkurencyjną, pod

względem plonu, okazała się odmiana Wawrzyn, zaś pozostałe odmiany znalazły się w tej samej, jednorodnej grupie.

Średnia wartość plonów potencjalnych, uwarunkowanych niedoborem opadów i liniowym trendem czasowym, w rejonie środkowo-wschodniej części Polski, dla odmian średnio późnych wynosiła 612,0 dt, dla późnych zaś — 525,9 dt·ha⁻¹ (tab. 2). Wartości te mogą być uznane za reprezentatywne również dla województwa lubelskiego, z uwagi na to, że rozbieżności w ilości fotosyntetycznie aktywnej energii słonecznej docierającej do łąków ziemniaka, w warunkach Polski, nie są większe niż 5%. W grupie odmian o najwyższych potencjalnych plonach znalazły się: Rywał, Salto, Ania i Anielka — z grupy średnio późnych oraz Wawrzyn — z grupy późnych.

Tabela 2

Średnie plony potencjalne (Y_P) i aktualne (Y_A) [dt·ha⁻¹] średnio późnych i późnych odmian ziemniaka
The average potential yields (Y_P) and actual yields (Y_A) [dt·ha⁻¹], for the medium-late and late potato cultivars

Grupa wczesności Group maturity	Odmiany Cultivars	Y_A	Y_P	Y_A/Y_P
Średnio późne Medium-late	Ania	442,3 d*	695,8	0,64
	Anielka	422,1 cd	682,6	0,62
	Arkadia	332,8 ab	535,1	0,62
	Fregata	379,2 bc	635,2	0,60
	Grot	434,8 d	501,4	0,87
	Klepa	314,0 a	525,9	0,60
	Omulew	453,0 d	525,1	0,86
	Rybitwa	363,9 ab	616,5	0,59
	Rywał	444,2 d	715,6	0,62
	Salto	432,8 d	711,4	0,61
	Vistula	355,3 ab	587,8	0,60
Średnia Mean		397,7	612,0	0,66
Późne Late	Wawrzyn	522,9 e	710,2	0,74
	Dunajec	376,0 bc	426,9	0,88
	Hinga	381,9 bc	521,4	0,73
	Jantar	382,4 bc	456,3	0,84
	Meduza	381,9 bc	514,6	0,74
	Średnia Mean		409,0	525,9
Średnia Mean		401,2	585,11	0,70
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$		50,4	60,2	0,05

* wskaźniki literowe grup homologicznych (jednakowe wskaźniki literowe przy średnich oznaczają brak istotnych różnic pomiędzy nimi) — letter indicators for homologous groups the same letters indicate no significant differences between the objects; Y_A — plon bulw aktualny — actual tuber yield (dt·ha⁻¹), Y_P — plon bulw potencjalny — potential tuber yield (dt·ha⁻¹)

Najważniejszym wskaźnikiem potencjalnych możliwości plonowania badanych odmian jest stosunek Y_A/Y_P . Wyższą średnią wartość Y_A/Y_P uzyskały odmiany późne (0,79), niż odmiany średnio późne (0,66) (tab. 2). Na uwagę zasługują, ze względu na wartość stosunku Y_A/Y_P , takie odmiany średnio późne, jak: Grot i Omulew (odpowiednio 0,87 i 0,86). W przypadku odmiany Rybitwa stosunek ten był najniższy i wynosił 0,59. W grupie

odmian późnych u odmiany Dunajec wystąpiła najkorzystniejsza wartość stosunku Y_A/Y_P , wynosząca 0,82. Odmiana Hinga cechowała się zaś najniższą wartością tego stosunku (0,73) w tej grupie wczesności.

Charakterystykę średnio późnych i późnych odmian ziemniaka, pod względem zawartości suchej masy oraz aktualnych i potencjalnych plonów suchej masy ziemniaka, przedstawia tabela 3. Ze względu na zawartość suchej masy odmiany różniły się istotnie, tak między grupami wczesności, jak i wewnątrz nich. Przeciętnie wyższą wartością tej cechy odznaczały się odmiany późne niż średnio późne. W grupie odmian późnych wyróżniały się korzystnie dwie odmiany: Omulew i Klepa. Najwyższą zawartością suchej masy w grupie odmian późnych odznaczała się odmiana Meduza, a homologiczną pod względem tej cechy była Hinga.

Tabela 3

**Średnia zawartość suchej masy oraz potencjalne (Y_P), aktualne (Y_A) plony suchej masy ($dt \cdot ha^{-1}$)
średnio późnych i późnych odmian ziemniaka**
**The average dry matter content, and potential (Y_P) and actual (Y_A) dry matter yields ($dt \cdot ha^{-1}$), for the
medium-late and late cultivars of potato**

Grupy wczesności Maturity group	Odmiany Cultivars	Sucha masa (%) Dry matter (%)	Y_A	Y_P	Y_A/Y_P
Średnio późne Medium-late	Ania	26,20e*	115,88 fghi	160,90	0,72
	Anielka	23,40c	98,77 cde	127,20	0,78
	Arkadia	23,82c	79,27 ab	126,54	0,63
	Fregata	27,49f	104,24 def	137,87	0,76
	Grot	29,92i	130,09 j	151,45	0,86
	Klepa	28,38gh	89,11 bc	120,11	0,74
	Omulew	28,55h	129,33 ij	150,99	0,86
	Rybitwa	20,98a	76,35 a	126,77	0,60
	Rywal	24,91d	110,65 efg	144,22	0,77
	Salto	26,02e	112,61 tgh	147,87	0,76
	Vistula	26,38e	93,73 cd	138,87	0,67
Średnia Mean	26,00	103,64	139,34	0,74	
Późne Late	Wawrzyn	30,45b	113,78 fgh	140,77	0,81
	Dunajec	31,28j	114,49 fgh	155,34	0,74
	Hinga	28,00k	119,46 ghij	145,33	0,82
	Jantar	31,55g	107,07efg	158,12	0,68
	Meduza	21,76h	120,49 hij	150,11	0,80
	Średnia Mean	28,61	115,06	149,93	0,77
Średnia Mean	26,82	107,21	142,65	0,75	
NIR — LSD $\alpha \leq 0,05$	1,12	8,67	12,22	0,05	

* wskaźniki literowe grup homologicznych (jednakowe wskaźniki literowe przy średnich oznaczają brak istotnych różnic pomiędzy nimi) — letter indicators for homologous groups the same letters indicate no significant differences between the objects; Y_A — plon bulw aktualny — actual tuber yield ($dt \cdot ha^{-1}$), Y_P — plon bulw potencjalny — potential tuber yield ($dt \cdot ha^{-1}$)

Średni, aktualny plon suchej masy bulw wynosił 103,64 dt — w grupie odmian średnio późnych i 115,06 $dt \cdot ha^{-1}$ — w grupie odmian późnych. Najwyższy plon suchej masy bulw, w grupie odmian średnio późnych, uzyskała odmiana Grot, w tej samej jednorodnej grupie

znalazła się też odmiana Omulew. Najniższą wartość tej cechy uzyskała odmiana Rybitwa, a homologiczną, pod tym względem, okazała się Arkadia. W tej grupie wczesności można ponadto wyróżnić następujące grupy jednorodne: Ania, Rywal, Salto; Fregata, Anielka; Vistula, Klepa. W grupie odmian późnych najwyższy, aktualny plon suchej masy uzyskała Meduza, ale jednocześnie aż 4 odmiany: Hinga, Dunajec i Wawrzyn znalazły się w tej samej, homologicznej grupie. Potencjalny plon suchej masy bulw kształtował się od 139,34 dt — w grupie średnio późnych do 142,65 dt ha⁻¹ — w grupie odmian późnych. Najwyższy, potencjalny plon suchej masy, w grupie odmian średnio późnych, uzyskano w przypadku odmiany Ania (160,9 dt ha⁻¹), a homologiczne pod względem wartości tej cechy okazały się: Grot i Omulew. W grupie odmian późnych najwyższym potencjalnym plonem suchej masy wyróżniała się odmiana Jantar; przy czym jednorodne, z uwagi na tę cechę, okazały się: Dunajec i Meduza (tab. 3).

Nieco wyższą średnią wartość Y_A/Y_P , w przypadku plonu suchej masy, uzyskały odmiany późne (0,77), niż odmiany średnio późne (0,74) (tab. 3). W grupie odmian średnio późnych najwyższą wartością tego stosunku cechowały się odmiany Grot i Omulew (0,86), zaś w grupie odmian późnych na uwagę zasługują 3 odmiany: Hinga, Wawrzyn i Meduza, homologiczne pod względem wartości tej cechy.

Ocena komponentów wariacyjnych wykazała, że aktualny plon bulw był uzależniony w największym stopniu od warunków wegetacji (81,7%) w mniejszym od współdziałania odmian i lat (10,9%) i w najmniejszym — od cech genetycznych odmian (3,3%) (tab. 4).

Tabela 4

Wpływ odmian i lat na plon bulw, zawartość i plon suchej masy oraz ich procentowy udział w wariancji całkowitej
Effect of cultivar and years on the yield, content of dry matter and yield of dry matter and their percentages of the total variance

Cecha Trait	Istotność wpływu Impact significance			Procentowy udział wariancji w wariancji całkowitej The percentage of variance in total variance		
	odmian cultivars	lat years	odmiany × lata cultivars × years	odmian cultivars	lat years	odmiany × lata cultivars × years
Plon bulw Yield of tubers	*	**	**	3,3	81,7	10,9
Zawartość suchej masy Content of dry matter	**	**	**	55,9	31,6	9,1
Plon suchej masy Yield of dry matter	**	**	**	15,1	71,2	11,7

** istotność przy poziomie $\alpha \leq 0,01$; significance at the level $\alpha \leq 0.01$ * istotność przy poziomie $\alpha \leq 0,05$; significance at the level $\alpha \leq 0.05$

Na zawartość suchej masy największy wpływ wywarły odmiany (55,9%), w mniejszym stopniu warunki meteorologiczne w latach badań (31,6%), a w najmniejszym — współdziałanie odmian i lat (9,1%). Plon suchej masy był związany głównie z warunkami meteorologicznymi w okresie wegetacji (71,2%), w mniejszym stopniu — z czynnikiem odmianowym (15,1%) oraz efektem współdziałania odmiany x lata (11,7%).

DYSKUSJA

Zmienność plonu gatunków uprawnych, w warunkach Polski, może być determinowana przebiegiem pogody nawet w około 30% (Koźmiński i Michalska, 2001; Grabarczyk, 2004; Kalbarczyk, 2005; Bombik i in., 2007), a w latach skrajnie niekorzystnych — nawet w 50% (Kalbarczyk 2004). W przeprowadzonych badaniach wpływ warunków środowiskowych kształtował się od 31,6%, w przypadku zawartości suchej masy do 81,7% — w przypadku plonu ogólnego bulw ziemniaka. Silva i Andrew (1987) podają różnice w plonach ziemniaka, tej samej odmiany, nawet do 14-krotnych. Przyczyn tak dużej zmienności można doszukiwać się w zmienności krzakowej w redlinie, która może powodować zmienność masy bulw w ponad 50%, a dodatkowo może występować zmienność między redlinami (Sawicka, 1991). Ingerencja człowieka w kształtowanie warunków pogodowych jest nadal bardzo ograniczona, stąd też jedynym sposobem zmniejszenia ich niekorzystnego wpływu na wielkość plonu powinno być rozmieszczenie upraw ziemniaka w tych regionach kraju, w których ryzyko występowania niekorzystnej pogody, w tym niedoboru opadów atmosferycznych, jest najmniejsze. W związku z tym takie ryzyko powinno być określone dla każdej odmiany ziemniaka i uaktualniane ze względu na coraz nowsze odmiany wprowadzane do produkcji, jak również na prognozowane zmiany warunków klimatycznych. Zdaniem Holden i in. (2003) podstawowym warunkiem ograniczenia niekorzystnego oddziaływania niedoboru opadów na plon świeżej i suchej masy jest rozpoznanie czasowe i przestrzenne tego elementu pogody, a następnie określenie zagrożenia, jakie może wynikać z ich wystąpienia.

Czynniki genetyczne, w przeprowadzonych badaniach, najsilniej determinowały zawartość suchej masy, najmniej zaś — plon ogólny bulw. Duży wpływ czynników dziedzicznych na zawartość suchej masy potwierdzają Silva i Andrew (1987), Sawicka (1991), Holden i in. (2003) oraz Styszko i Kamasa (2006). W opinii Sawickiej (1991) zawartość suchej masy, w największym stopniu determinowana przez genotyp, podlega także zmienności pod wpływem warunków agrotechnicznych i meteorologicznych, bowiem wzrost zawartości suchej masy następuje w miarę zwiększania liczby godzin słonecznych i temperatury okresu lipiec-sierpień. Z kolei Xu i in. (1998) stwierdzili, że wzrost suchej masy bulw uzależniony jest od długo utrzymujących się podziałów komórkowych. Z kolei Styszko i Kamasa (2006), wyodrębniając efekt odmian ziemniaka, lat, wczesności oraz miejsca ich wyhodowania na plon suchej masy i skrobi stwierdzili, że wpływ odmian był 3–4-krotnie silniejszy niż efekt lat oraz 76–98-krotnie większy niż efekty miejsca wyhodowania i wczesności.

Stosunek Y_A/Y_P , będący najważniejszym wskaźnikiem potencjalnych możliwości plonowania odmian, w badaniach własnych wahał się od 0,66 — w przypadku odmian średnio późnych do 0,79 — w przypadku odmian późnych. Mazurczyk i in. (2009), w centralnej Polsce, w warunkach nawadniania, uzyskali ten wskaźnik dla średnio wczesnej odmiany na poziomie 0,73–0,78 — zależnie od roku badań. Nasuwa się, zatem pytanie, czy w tej sytuacji słusznym posunięciem było wykreślenie z Krajowego Rejestru odmian, o wysokim wskaźniku potencjalnego plonowania, bliskim 0,9 (np. Grot, Omulew, Dunajec). Odmiany wpisywane do Rejestru, tj. urzędowego wykazu odmian mogących

znajdować się w legalnym obrocie w Polsce, muszą cechować się odpowiednią plennością, jakością i odpornością na najważniejsze choroby. Według stanu na 2010 rok, rejestr odmian ziemniaka liczył 138 oryginalnych odmian, z których 75 było hodowli krajowej, a 63 hodowli zagranicznej. Z tej liczby tylko 11% stanowiły odmiany średnio późne i 13% — późne, stanowiące zarówno podstawę jadalnych odmian na długie, zimowe przechowywanie, jak i odmian przemysłowych, wysokoskrobiowych. W ostatnim pięcioleciu (2006–2010) nastąpił duży dopływ nowych odmian ziemniaka. W tym okresie zarejestrowano 49 nowych odmian, w tym 27 krajowych i 23 zagraniczne, co stanowi ponad 1/3 obecnego stanu (Gacek, Zych, 2010), z tego tylko 10 odmian stanowiły średnio późne i późne, a więc wymiana w grupie tych odmian była stosunkowo niewielka i odczuwa się brak dobrych, plennych odmian tego typu. Duży udział odmian zagranicznych, w tych grupach wczesności, mało odpornych na choroby, może nie zapewnić dobrego poziomu ich plonowania, w warunkach Polski. Wysoki poziom cech ziemniaka, uwarunkowanych genetycznie, wsparty agrotechniką i ochroną roślin umożliwia, bowiem dopiero otrzymanie wysokich jego plonów.

Efekty interakcyjne właściwości odmianowych i lat badań, w przeprowadzonych badaniach, stanowiły od 9,1 do 11,7%, zależnie od rozpatrywanej cechy. Współdziałanie tych czynników ze sobą przynosi odmienny efekt, niż każdy z nich osobno. Bombik i in. (2007) wykazali, że zmienność plonu bulw determinowana jest głównie przez efekty interakcyjne lat z badanymi czynnikami i błąd doświadczalny. Wartości te, w ich analizie, wynosiły odpowiednio 44,3% i 34,7% dla plonu bulw. Podobną reakcję odnotowali w przypadku zmienności zawartości suchej masy. Plon suchej masy determinowany był głównie przez efekty interakcyjne lat z badanymi czynnikami (39,9%) oraz błąd doświadczalny (32,2% zmienności całkowitej). W wieloletnich badaniach Sawickiej (1991), z serią 35 odmian, udział współdziałania odmian i lat stanowił dla plonu ogólnego — 26,0%, dla zawartości suchej masy — 25,3%, plonu suchej masy — 27,8% udziału wariancji w wariancji całkowitej (fenotypowej).

Plony ziemniaka w Polsce mogłyby być znacznie wyższe. Przemawiają za tym zarówno wartości plonów potencjalnych ziemniaka wyliczone przez Mazurczyka (1995) na poziomie $740 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, jak i wysokie plony uzyskiwane w stacjach COBORU (Kamasa 2003, Pszczółkowski 2009). W przeprowadzonych badaniach, w warunkach wschodniej części Polski, potencjalne plony średnio późnych odmian ziemniaka oceniono na $612,0 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$, zaś późnych na $525,9 \text{ dt} \cdot \text{ha}^{-1}$. Przy warunkach wzrostu ziemniaka, występujących w Uhninie, plony aktualne stanowiły 65,0% plonów potencjalnych dla odmian średnio późnych oraz o 77,8% — w przypadku odmian późnych. Zdaniem Mazurczyka (1996) plon potencjalny charakteryzuje potencjał produkcji biomasy danego regionu i zmienia się w poszczególnych latach w wyniku różnic warunków klimatycznych. Ważnym czynnikiem warunkującym w dużej mierze wielkość plonu jest zawartość barwników w liściach, a szczególnie chlorofilu, substancji, dzięki której roślina, przy współdziałaniu energii słonecznej może produkować asymilaty. Według Mazurczyka (1996) istnieje liniowa zależność między ilością energii pochłoniętej przez rośliny ziemniaka a wyprodukowaną z nich suchą masą, gdy wegetacja zdrowych roślin przebiega w warunkach optymalnego zaopatrzenia w wodę i składniki mineralne. Rolnika najbardziej interesuje potencjalna

możliwość wytwarzania ogólnej biomasy roślin, zwłaszcza jej plenność, czyli zdolność wytwarzania masy organów użytkowych lub ta ilość biomasy, która stanowi surowiec użytkowy (Richards, 2000).

Zawartość suchej masy w bulwach ziemniaka decyduje o wartości odżywczej, kulinarnej oraz przydatności do przerobu na uszlachetnione produkty spożywcze (Niederhauser, 1993). W miarę wzrostu i dojrzewania roślin w bulwach zmienia się zawartość suchej masy. Simmonds (1977) wykazał, że wśród europejskich odmian ziemniaka występuje bliski związek między suchą masą a czasem dojrzewania, mianowicie sucha masa wzrasta o 1,15% w każdej z następujących grup wczesności: bardzo wczesne, średnio późne, późne. W przeprowadzonych badaniach różnica między grupami wczesności była wyższa i wynosiła 2,61%. Potencjalne plony suchej masy średnio późnych odmian ziemniaka oceniono na 139,34 dt·ha⁻¹, zaś późnych na 149,93 dt·ha⁻¹. W związku z tym można przypuszczać, że na wielkość plonu suchej masy ziemniaka w znacznym stopniu wpływają również inne czynniki, w tym agrotechniczne i wzrost wrażliwości ziemniaka na niekorzystne warunki pogodowe, które zwiększają wpływ czynnika losowego. Powstające w oparciu o metody statystyczne formuły empiryczne pozwalają na efektywny opis złożonych struktur, jakie reprezentują systemy inżynierii rolniczej. Konieczność prezentacji omawianej klasy zagadnień wynika głównie z faktu występowania losowych zakłóceń, towarzyszących realizacji samego procesu poznawczego.

WNIOSKI

1. Uzyskane, w warunkach wschodniej Polski, plony ziemniaka świadczą o dużych możliwościach potencjalnego plonowania polskich, średnio późnych i późnych odmian ziemniaka.
2. Stosunek plonów aktualnych do potencjalnych na poziomie 0,66 zapewnia już uzyskiwanie dobrych plonów zarówno średnio późnych, jak i późnych odmian ziemniaka.
3. W warunkach wschodniej części Polski potencjalne plony suchej masy średnio późnych odmian ziemniaka mogą być o 25,6% wyższe od plonów rzeczywistych, natomiast w przypadku odmian późnych — o 23,3%.
4. Czynniki genetyczne najsilniej decydował o zmienności fenotypowej zawartości suchej masy, czynniki siedliska determinowały zmienność fenotypową w następującej kolejności: plon bulw > plon suchej masy > zawartość suchej masy. Współdziałanie odmian i lat uprawy oddziaływało najsilniej na plon suchej masy.

LITERATURA

- Bac S., Koźmiński C., Rojek M. 1993. Agrometeorologia. PWN, Warszawa.
- Bombik A., Rymuza, Markowska M., Stankiewicz Cz. 2007. Variability analysis of selected quantitative characteristics in edible potato varieties. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 6 (3): 5 — 15.
- Gacek E., Zych J. 2010. Lista opisowa odmian. Rośliny rolnicze cz. 2. Oleiste, okopowe, strączkowe, motylkowe drobnonasienne, trawy. Red. E. Gacek. Wyd. COBORU, Słupia Wielka: 124 ss.

- Goudriaan J., van Laar H. H. 1978. Calculation of daily totals of the gross CO₂ assimilation of leaf canopies. *Neth. J. Agric. Sci.*, 26: 373 — 382.
- Holden N. M., Brereton A. J., Sweeney J., Fealy R. 2003. The predicted change in Irish climate and its impact on barley and potato yields. *Agric. For. Meteorol.* 116: 181 — 196.
- Kalbarczyk R. 2004. Czynniki agrometeorologiczne a plony ziemniaka w różnych rejonach Polski. *Acta Agrophys.*, 4 (2): 339 — 350.
- Kalbarczyk R. 2005. Strefy klimatycznego ryzyka uprawy ziemniaka późnego w Polsce. *Folia Univ. Agric. Stein., Agricultura*, 244 (99): 83 — 90.
- Kamasa J. 2003. Syntezy wyników doświadczeń odmianowych. 1971 — 2003: *Ziemniak. COBORU, Słupia Wielka*.
- Mackerron D.K.L., Heilbronn T.D. 1985. A method for estimating harvest indices for use in survey of potato crops. *Potato Res.* 28: 279 — 282.
- Mazurczyk W. 1990. Potencjalne i rzeczywiste plony ziemniaka. Cz. I. Metoda określania potencjalnych plonów ziemniaka. Cz. II. Porównanie potencjalnych i rzeczywistych plonów polskich odmian ziemniaka. *Fragm. Agronom.* 2: 18 — 38.
- Mazurczyk W. 1995. Potencjalne i aktualne plony ziemniaka w Polsce. *Biul. Inst. Ziemn.* 45: 7 — 19.
- Mazurczyk W. 1996. Wyznaczanie potencjału produkcji biomasy oraz kwantyfikacja wybranych czynników kształtujących plon ziemniaka. *Fragm. Agronom.* 4: 5 — 39.
- Mazurczyk W., Wierzbicka A., Trawczyński C. 2009. Harvest index of potato crop grown under different nitrogen and water supply. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 8 (4): 15 — 21.
- Niederhauser J.S. 1993. International cooperation and the role of potato in feeding the world. *Am. Potato J.*, 70: 385 — 403.
- Pietkiewicz S. 2000. Strategia gromadzenia suchej masy przez rośliny ziemniaka *Solanum tuberosum* L. w ujęciu analizy wzrostu. Wyd. SGGW Warszawa.
- Pszczółkowski P. 2009. Wyniki doświadczeń porejestrowych z odmianami ziemniaka w 2009 r. Wyd. SDOO Ciecibór: 18 ss.
- Richards R.A. 2000. Selectable traits to increase crop photosynthesis and field of grain crops. *J. Exp. Bot. Spec.* 51: 447 — 458.
- Sawicka B. 1991. Studia nad zmiennością wybranych cech oraz degeneracją różnych odmian ziemniaka w rejonie białkopodlaskim. Wyd. AR Lublin: 141.
- Silva G. H., Andrew W.T. 1987. Hill to hill variations in tuber field in Alberta. *Am. Potato J.*, 62 (3): 119 — 127.
- Simmonds N. W. 1977. Relations between specific gravity, dry matter content and starch content of potatoes. *Potato Research*, 20 (2): 134 — 140.
- Starck Z. 2003. Transport i dystrybucja substancji pokarmowych w roślinach. Wyd. SGGW Warszawa.
- Styszko L., Kamasa J. 2006. Relacje pomiędzy odpornością odmian ziemniaka na patogeny a plonem skrobi w latach o różnym poziomie plonowania. *Progress in Plant Protection/Postępy w Ochronie Roślin*, 46 (2): 512 — 516.
- Xu J., Vreugdenhil D., van Lammeren A.A.M. 1998. Cell division and cell enlargement during potato tuber formation. *J. Exp. Bot.*, 49: 573 — 582.
- Zaag van der D. E. 1984. Valuable calculation regarding the potato crop. *Int. Agric. Centre. Wageningen*.