

REAKCJA NOWYCH ODMIAN ZIEMNIAKA NA STRES SUSZY I WYSOKIEJ TEMPERATURY

THE RESPONSES OF NEW POTATO VARIETIES TO SOIL DROUGHT AND HIGH TEMPERATURE STRESS

dr hab. Dominika Boguszevska-Mańkowska¹, dr hab. Krystyna Zarzyńska¹,
dr Milena Pietraszko¹, dr hab. Anna Biliska-Kos²,
mgr inż. Anna Pawłowska³, dr hab. Krzysztof Treder³

Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – PIB

¹ Zakład Agronomii Ziemniaka w Jadwisinie, 05-140 Jadwisin

² Zakład Biochemii i Biotechnologii w Radzikowie, 05-870 Błonie

³ Zakład Nasiennictwa i Ochrony Ziemniaka w Boninie, 76-009 Bonin

Streszczenie

Ziemniak (*Solanum tuberosum* L.) należy do roślin wrażliwych na okresowe niedobory wody w glebie i wysoką temperaturę. Doświadczenia przeprowadzone w warunkach hali wegetacyjnej wykazały, że istnieje zróżnicowanie odmianowe w reakcji roślin na suszę w okresie tuberyzacji. Wykazano również odmienną reakcję roślin w zależności od nasilenia stresów abiotycznych. Przedstawiono reakcję dziewiętnastu genotypów ziemniaka poddanych stresowi suszy i wysokiej temperatury w dwóch latach badań o zróżnicowanych warunkach pogodowych. Przedstawiono odmiany o najwyższym i najniższym spadku plonu pod wpływem zastosowanych stresów. Określono również parametry jakości plonu.

Słowa kluczowe: odmiana, plon, susza glebowa, wysoka temperatura

Abstract

Potato (*Solanum tuberosum* L.) is highly sensitive to soil drought and high temperatures. Experiments carried out under greenhouse revealed cultivar diversity in plant responses to drought in the tuberisation phase. A different response of plants depending on the intensity of abiotic stresses was also demonstrated. This paper presents the response of nineteen potato genotypes exposed to drought and high temperature stresses over two years of study under diverse weather conditions. Varieties with the highest and lowest yield reductions under the applied stresses are identified. Crop quality parameters are also determined.

Keywords: variety, yield, soil drought, high temperature

Susza i wysoka temperatura to główne stresy abiotyczne utrudniające światową produkcję żywności. Zmiany klimatyczne obserwowane w ostatnich dekadach prowadzą do coraz częstszego występowania ekstremalnych zjawisk pogodowych, w tym długotrwałych okresów suszy czy też ekstremów temperaturowych. Jeszcze poważniejsze jest jednoczesne występowanie obydwu tych zjawisk, co często ma miejsce w warunkach naturalnych. Czynniki te stanowią poważne zagrożenie dla stabilności produkcji rolniczej, szczególnie w przypadku roślin o wysokich wymaganiach wodnych.

Ziemniak uznawany jest za roślinę wrażliwą na niedobory wody w glebie w zasadzie w każdej fazie rozwojowej. Najbardziej krytyczny dla roślin *Solanum tuberosum* pod względem zaopatrzenia w wodę jest okres rozwoju bulw, a największe straty plonu i pogorszenie jego jakości obserwujemy w czasie gromadzenia plonu (Sprenger i in. 2016; George 2017 i in.; Nasit, Toth 2022; Geravis i in. 2021).

W Polsce największy niedobór opadów w stosunku do potrzeb ziemniaka występuje w północno-zachodniej i środkowo-zachodniej części kraju, a obniżka plonu przy opadach niższych od optymalnych może sięgać nawet 45% (Chmura i in. 2009). Ponadto ziemniak nale-

ży do roślin o płytkim systemie korzeniowym i małej jego powierzchni, a główna masa korzeni skoncentrowana jest w warstwie gleby 30-40 cm, co również przyczynia się do wrażliwości ziemniaka na suszę glebową (Zarzyńska i in. 2017).

Ziemniak jest typową rośliną klimatu umiarkowanego z występującą dobową amplitudą temperatury (chłodniejsze noce, cieplejszy dzień), rośnie i rozwija się najlepiej w temperaturze ok. 20°C. Optymalne wartości dla wzrostu nadziemnej części ziemniaka i bulw są różne. Część nadziemna rozwija się najlepiej w temperaturze ok. 20-25°C, a optymalna temperatura dla tuberyzacji i wzrostu bulw wynosi 15-20°C. W temperaturze wyższej od optymalnej dochodzi do zahamowania tuberyzacji i intensywnego wzrostu części nadziemnej (Hancock i in. 2014, Rykaczewska 2017).

Wysokie temperatury i niedobory wody stały się najpoważniejszymi ograniczeniami w produkcji ziemniaków. Są czynnikami stresowymi o charakterze abiotycznym i mogą być zróżnicowane pod względem natężenia, czasu trwania, częstotliwości oraz oddziaływania z innymi stresami w tym samym czasie. Reakcja na suszę zależy od fazy rozwoju i aktywności fizjologicznej rośliny. Na każdy niekorzystny czynnik środowiska roślina reaguje najsilniej w tzw. okresie krytycznym (Kacperska 2005, Monewoux i in. 2013). Dlatego celem niniejszego artykułu jest analiza reakcji nowych odmian ziemniaka na występowanie stresu suszy i wysokiej temperatury z uwzględnieniem wielkości i jakości plonu.

Materiały i metody

W latach 2023-2024 przeprowadzono doświadczenia na 19 odmianach ziemniaka (tab. 1) w celu wyodrębnienia odmian różniących się zdolnością do tolerowania stresów abiotycznych, tj. odwodnienia oraz wysokich temperatur. Głównym kryterium tolerancyjności odmian na suszę glebową była ocena plonu w warunkach stresów oraz spadek plonu w warunkach deficytu wody i towarzyszącej mu wysokiej temperatury.

Tabela 1

Podział odmian ze względu na wczesność

Grupa wczesności		
bardzo wczesne	wczesne	średnio wczesne
Denar	Hetman	Oberon
Piwonia	Lawenda	Astana
Surmia	Michalina	Jurek
Werbena	Bohun	Meluzyna
Impresja	Provita	Rima
Tacja	Gwiazda	
Bielik		
Lenka		

Doświadczenie wazonowe przeprowadzono w hali wegetacyjnej (fot 1). Dwa tygodnie przed wysadzeniem sadzeniaki poddano zabiegowi pobudzania, a następnie wysadzano je do rękawów o średnicy 25 cm i wysokości 25 cm, na głębokość 5-6 cm. Bulwy wysadzono w 3. dekadzie kwietnia, po 12 roślin każdego genotypu. Rośliny były zaopatrywane w wodę za pomocą nawadniania kropłowego. Rękawy wypełnione zostały uniwersalnym podłożem warzywnym (producent „Hollas”), które produkowane jest na bazie słabo i silnie rozłożonego torfu wysokiego z dodatkiem kredy, wzbogaconego o nawóz wieloskładnikowy (NPK 14:16:18), z dodatkiem mikroelementów. Wskaźnik pH substratu warzywnego mieścił się w przedziale 5,5-6,5. Zawartość makro- i mikroelementów uzupełniano mieszanką wieloskładnikową YaraMila Complex. Rękawy ustawiane były bezpośrednio na podłożu kompleksu szklarniowego.

Połowa roślin rosła w hali wegetacyjnej bez przykrycia, gdzie panowały naturalne warunki środowiska (kontrola). Monitoring przebiegu pogody przedstawia rysunek 1. Druga połowa roślin rosła w szklarni, w której temperatura powietrza była podwyższona przez cały okres

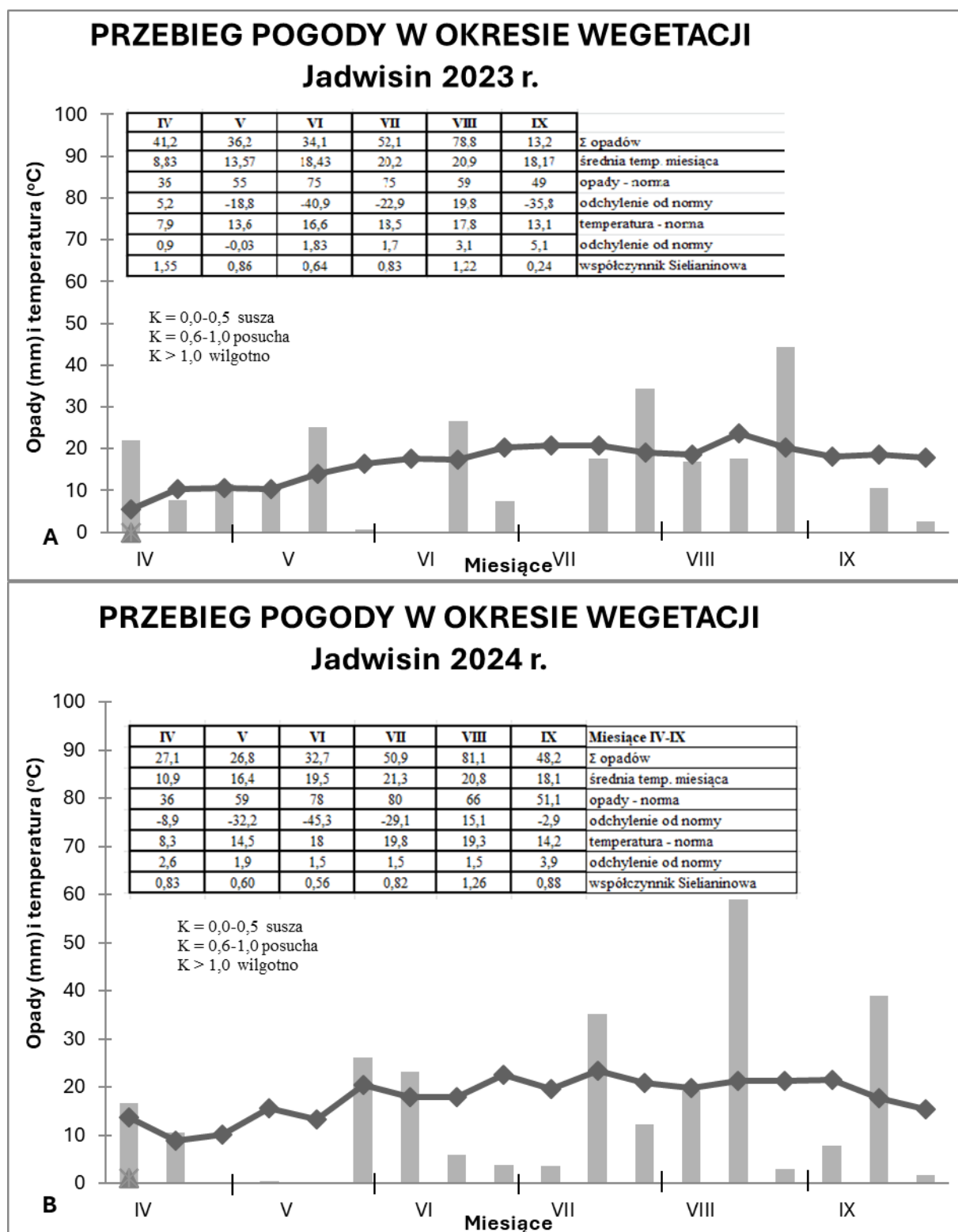
wegetacji średnio o 10°C przy otwartych wrotach szklarni. W 3. dekadzie czerwca i 1. dekadzie lipca połowa roślin poddana była stresowi suszy przez okres 14 dni (rośliny nie były podlewane w tym czasie) oraz wysokiej temperatury (wrota szklarni zostały zamknięte – maksymalna temperatura była wyższa od zewnętrznej średnio o 15-18°C). Temperatura i wilgotność powietrza były monitorowane za pomocą termohigrografu. Po zakończeniu okresu suszy przywrócono podlewanie oraz otworzono wszystkie drzwi szklarni. Po zakończeniu sezonu wegetacyjnego (1. dekada września) oceniono plon, jego strukturę i wady, tj. spękanie bulw.



*Fot. 1. Rośliny ziemniaka rosnące w szklarni (po lewej)
oraz w hali wegetacyjnej (po prawej) (fot. D. Boguszevska-Mańkowska)*

Plon końcowy roślin badanych odmian charakteryzowano na podstawie masy bulw, struktury wielkości bulw wg ich średnicy poprzecznej i udziału bulw ze spękaniem. Strukturę plonu charakteryzowano poprzez wydzielenie frakcji o średnicy: poniżej 35, 35-50, 50-60 i powyżej 60 mm oraz wyliczenie wagowo-procentowego udziału poszczególnych frakcji bulw w plonie końcowym.

Względny spadek plonu (SP) wyrażono w procentach i obliczono wg wzoru: $SP = (\text{Plon końcowy w warunkach kontrolnych} - \text{Plon końcowy w warunkach stresu}) / \text{Plon końcowy w warunkach kontrolnych} \times 100$.



Rys. 1. Warunki pogodowe w latach badań

Wyniki i dyskusja

Jak wynika z danych pogodowych na rysunku 1, warunki w 2023 r. były lepsze dla rozwoju roślin niż w 2024. Spowodowane to było niższymi temperaturami w okresie wegetacji oraz lepszym rozkładem opadów.

W tabeli 2 przedstawiono istotność zróżnicowania badanych czynników: plonu bulw z jednej rośliny, udziału poszczególnych frakcji i udziału bulw spękanych. Plon bulw zależał w

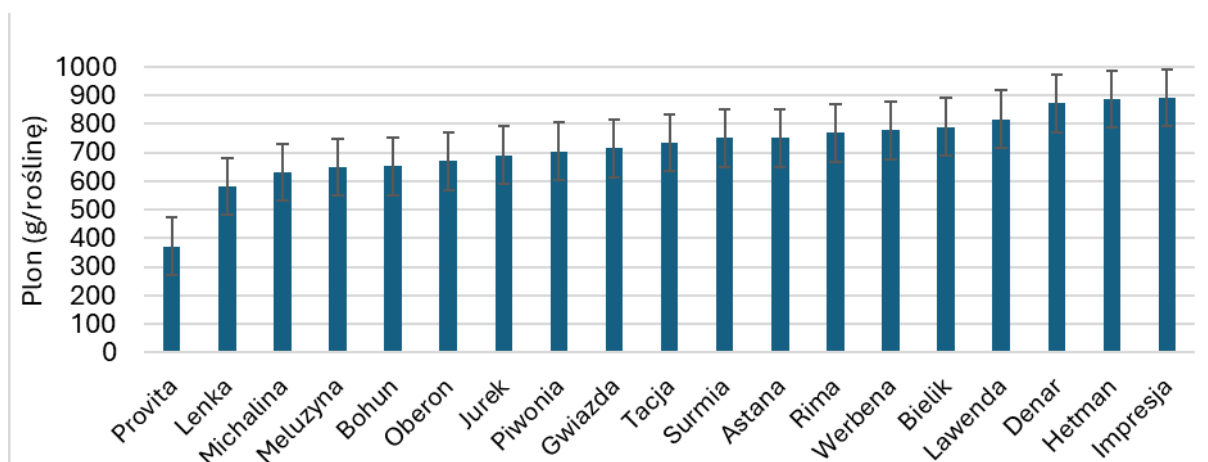
sposób istotny od wszystkich badanych czynników oraz istotne były interakcje pomiędzy nimi. Podobna sytuacja miała miejsce w przypadku struktury plonu. Wyjątek stanowił udział bulw frakcji 35-35 mm w latach badań oraz bulw największych powyżej 60 mm w interakcji odmiana x lata badań oraz kombinacja x lata badań. Identyczna sytuacja wystąpiła w przypadku spękań bulw.

Tabela 2

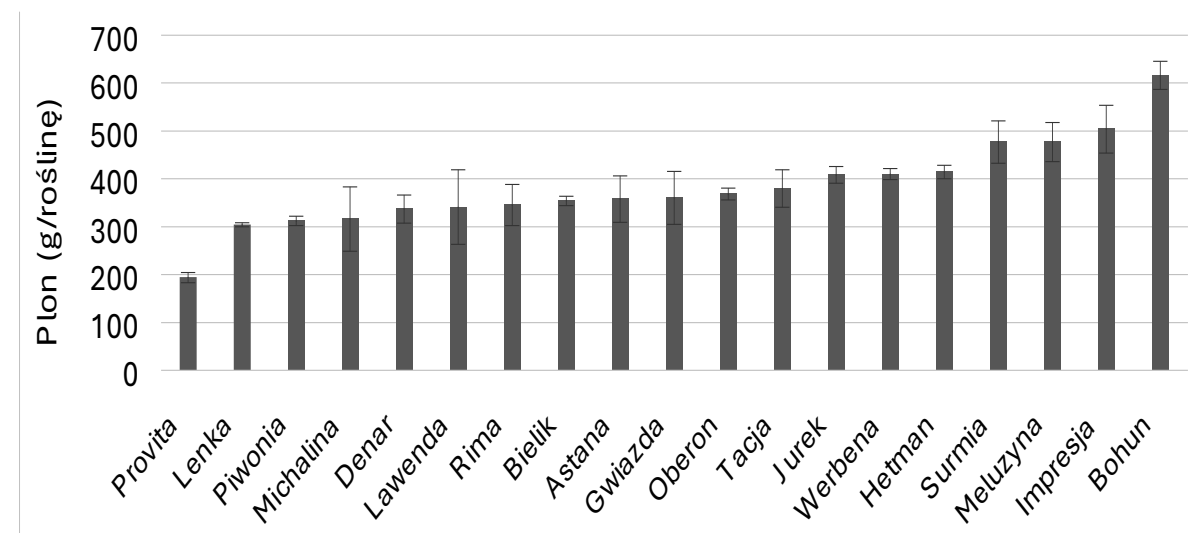
Istotność różnicowania badanych czynników

Badany czynnik	Plon (g/roślinę)	Udział bulw (%) o zróżnicowanej średnicy (mm)				Spękania bulw (%)
		<35	35-50	50-60	>60	
Odmiana	++	++	+	++	++	++
Kombinacja	++	++	++	++	++	++
Lata badań	++	++	-	+	+	+
Odmiana x kombinacja	++	++	++	++	++	+
Odmiana x lata badań	++	++	++	++	-	-
Kombinacjax lata badań	++	++	++	+	-	-

Istotność ++ dla $p < 0,001$, + dla $p < 0,05$



Rys. 2. Plon bulw badanych odmian w warunkach suszy glebowej i wysokiej temperatury w 2023 r.



Rys. 3. Plon bulw badanych odmian w warunkach suszy glebowej i wysokiej temperatury w 2024 r.

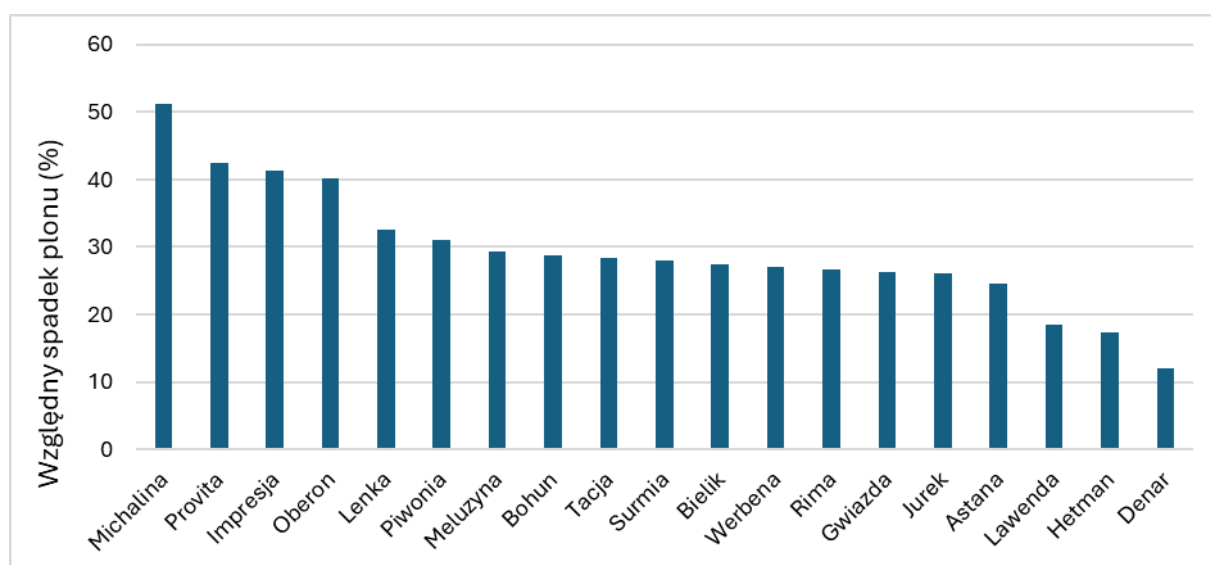
Na rysunkach 2-5 przedstawiono wielkość plonu badanych odmian w warunkach stresowych (susza i wysoka temperatura) w dwóch latach badań, tj. 2023 i 2024, oraz spadek plo-

nu w porównaniu z kontrolą. Średni dla wszystkich odmian plon w warunkach stresowych wynosił 721 g z jednej rośliny w roku 2023 i tylko 383 g w 2024. W warunkach kontrolnych było to odpowiednio 1027,0 i 857,5 g.

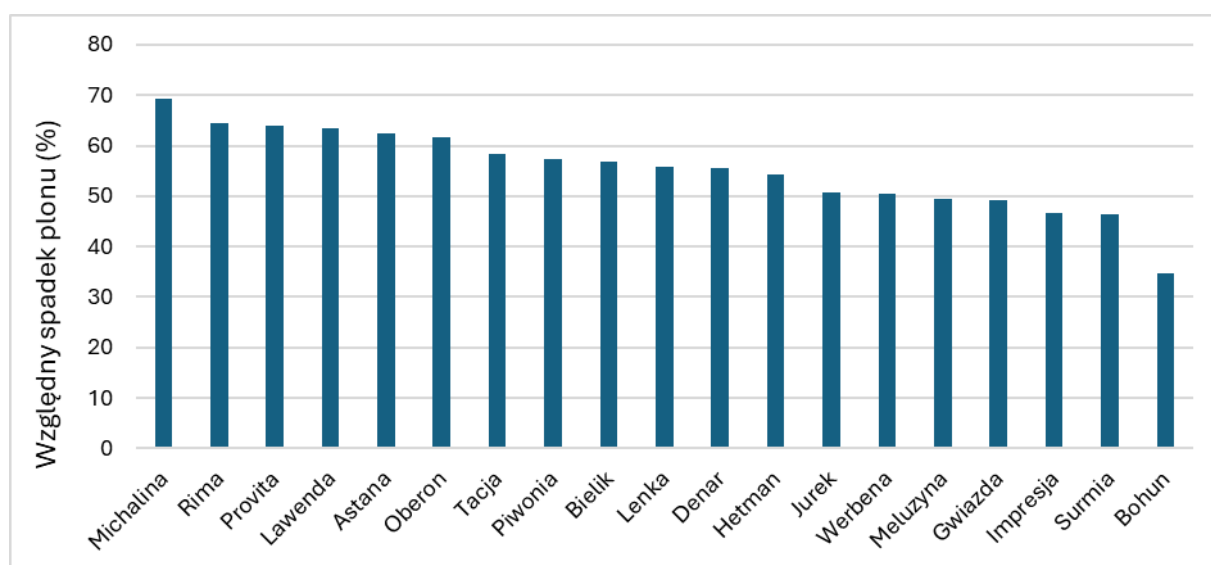
Układ odmian odnośnie do plonowania w warunkach suszy i wysokiej temperatury był podobny, chociaż nie identyczny. W obu latach najniżej plonowały Provita, Lenka i Michalina, a najwyżej – Impresja, Hetman, Werbena i Surmia. Spadek plonu pod wpływem niekorzystnych warunków środowiska wynosił średnio 29% w roku 2023 i 55% w 2024. W obu latach najwyższym spadkiem plonu charakteryzowały się Michalina, Provita, Oberon, Lenka i Piwonnia. Małym spadkiem plonu w obu latach wyróżniały się Gwiazda i Jurek.

Do odmian o wyższej tolerancyjności na suszę i wysoką temperaturę można zaliczyć również odmiany Denar i Hetman, które w 2023 r. miały najniższy spadek plonu, natomiast w 2024 ten spadek był równy średniej danego roku.

Odmianami, które miały wysoki plon w warunkach stresów oraz niski spadek plonu w roku 2024, były Impresja i Bohun.



Rys. 4. Względny spadek plonu bulw badanych odmian pod wpływem suszy glebowej i wysokiej temperatury w porównaniu z kontrolą w 2023 r.



Rys. 5. Względny spadek plonu bulw badanych odmian pod wpływem suszy glebowej i wysokiej temperatury w porównaniu z kontrolą w 2024 r.

Tabela 3

**Udział w plonie bulw różnej wielkości oraz udział spękań bulw
w warunkach suszy i wysokiej temperatury w zależności od odmiany w roku 2023**

Odmiana	Udział bulw < 35mm (%)	Udział bulw 35-50 mm (%)	Udział bulw 50-60 mm (%)	Udział bulw > 60 mm (%)	Spękania płytkie (%)
Denar	22,3	66,4	11,4	0,0	0,0
Piwonia	42,4	55,5	2,1	0,0	0,0
Surmia	26,0	62,9	11,1	0,0	0,0
Werbena	21,7	53,1	20,8	4,4	0,0
Impresja	38,1	61,9	0,0	0,0	0,0
Tacja	46,0	46,2	7,8	0,0	7,8
Bielik	16,4	66,0	17,7	0,0	0,0
Lenka	21,6	65,9	12,4	0,0	0,0
Hetman	32,5	52,4	15,2	0,0	0,0
Lawenda	31,4	54,5	5,7	8,4	0,0
Michalina	25,4	54,2	20,4	0,0	0,0
Bohun	54,6	40,9	0,0	4,6	0,0
Provita	53,0	47,0	0,0	0,0	0,0
Gwiazda	30,9	64,7	4,4	0,0	0,0
Oberon	48,4	40,9	10,7	0,0	0,0
Astana	32,1	67,9	0,0	0,0	3,1
Jurek	34,1	47,7	18,2	0,0	0,0
Meluzyna	56,2	43,8	0,0	0,0	0,0
Rima	63,5	34,1	2,4	0,0	0,0

W 2023 r. najmniejszym udziałem bulw o średnicy poniżej 35 mm w warunkach stresowych charakteryzowały się Michalina, Denar, Lenka i Bielik, a największym udziałem bulw frakcji 50-60 mm Michalina, Jurek, Werbena, Bielik i Hetman. Najwięcej bulw stanowiących frakcję 35-60 mm miały odmiany Denar i Bielik. Bulwy frakcji powyżej 60 mm odnotowano tylko u odmian Werbena, Lawenda i Bohun. W 2023 r. bulwy odmian Tacja i Astana miały płytkie spękania w wyniku stresu suszy i wysokiej temperatury (tab. 2).

W 2024 r. najmniejszym udziałem bulw drobnych w warunkach stresowych charakteryzowały się Surmia i Lawenda. Bulwy frakcji 50-60 mm stwierdzono u odmian Surmia, Jurek, Impresja, Bohun, Hetman, Bielik i Lawenda, a najwięcej bulw frakcji 35-60 mm odnotowano u odmian Surmia, Lawenda i Werbena. W roku tym u żadnej z badanych odmian nie stwierdzono występowania bulw dużych, tj. o średnicy powyżej 60 mm. W warunkach suszy i wysokiej temperatury u większości odmian odnotowano spękania bulw. Odmianami, u których to zjawisko nie wystąpiło, były: Denar, Surmia, Werbena, Michalina, Provita, Jurek i Rima (tab. 4).

Surmia i Werbena charakteryzowały się wysokim plonowaniem w warunkach stresowych w obu latach badań, niskim spadkiem plonu i dobrą jakością bulw.

Tabela 4

**Udział w plonie bulw różnej wielkości oraz udział spękań bulw
w warunkach suszy i wysokiej temperatury w zależności od odmiany w 2024 r.**

Odmiana	Udział bulw < 35 mm (%)	Udział bulw 35-50 mm (%)	Udział bulw 50-60 mm (%)	Udział bulw > 60 mm (%)	Spękania płytkie (%)
Denar	58,9	41,1	0,0	0,0	0,0
Piwonia	62,7	37,3	0,0	0,0	16,8
Surmia	21,4	66,1	12,5	0,0	0,0
Werbena	37,8	62,2	0,0	0,0	0,0
Impresja	43,9	49,1	7,0	0,0	2,7
Tacja	48,2	51,8	0,0	0,0	2,2
Bielik	50	45,6	4,4	0,0	14,3
Lenka	69,7	30,3	0,0	0,0	3,0
Hetman	49,5	44,8	5,8	0,0	3,3
Lawenda	28,4	67,6	3,9	0,0	7,5
Michalina	64,7	35,3	0,0	0,0	0,0
Bohun	43,4	50,5	6,1	0,0	2,5
Provita	95,8	4,2	0,0	0,0	0,0
Gwiazda	62,9	37,1	0,0	0,0	6,6
Oberon	71,3	28,7	0,0	0,0	1,7
Astana	62,3	37,7	0,0	0,0	7,6
Jurek	47,8	43,4	8,8	0,0	0,0
Meluzyna	51,1	48,9	0,0	0,0	2,6
Rima	56,7	43,3	0,0	0,0	0,0

Przedstawione dane pokazują, że reakcja odmian ziemniaka na stres suszy i wysokiej temperatury jest bardzo zróżnicowana, co potwierdzają wcześniejsze badania (Stark i in. 2013, Sprenger i in. 2013, Boguszevska-Mańkowska i in. 2022). W naszych badaniach spadek plonu pod wpływem tych stresów wynosił w zależności od odmiany od 12 do 70%. Potwierdza to skalę tej zmienności.

Wytypowanie odmian o podwyższonej tolerancji na stresy abiotyczne – suszę i wysokie temperatury – jest szczególnie ważne w latach o coraz częstszym występowaniu ekstremów temperaturowych, tj. długotrwałej suszy i towarzyszących jej bardzo wysokich temperatur. Częściowym rozwiązaniem problemu staje się nawadnianie plantacji, ale nie we wszystkich gospodarstwach w Polsce jest to możliwe, dlatego też tak ważna jest możliwość wyboru odmian o podwyższonej tolerancji na te stresy (Nowacki 2016, 2018).

Aby poradzić sobie ze skutkami suszy glebowej, rośliny ziemniaka rozwinęły różnorodne strategie na poziomie molekularnym, biochemicznym i fizjologicznym (Dahal i in. 2019, Hil i in. 2021). Natomiast odporność według kryteriów rolniczych to zdolność rośliny do utrzymania możliwie najwyższego plonu przy zachowaniu jego wysokiej jakości. Nasze badania obejmują charakterystykę odmian uwzględniającą ten typ odporności.

Literatura

1. Boguszevska-Mańkowska D., Ruszczak B., Zarzyńska K. 2022. Classification of Potato Varieties Drought Stress Tolerance Using Supervised Learning. – Appl. Sci. (Switzerland) 12(4): 1939; **2. Chmura K., Chylińska E., Dmowski Z., Nowak L. 2009.** Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. – Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej. PAN Oddz. Kraków nr 9: 33-44; **3. Dahal K., Li X-Q., Tai H., Creelman A., Bizimungu B. 2019.** Improving Potato Stress Tolerance and Tuber Yield Under a Climate Change Scenario – A Current Overview. – Front. Plant Sci. 10, 563; **4. George T. S., Taylor M. A., Dodd I. C., White P. J. 2017.** Climate

Change and Consequences for Potato Production: a Review of Tolerance to Emerging Abiotic Stress. – *Potato Res.* 60: 239-268; **5. Gervais T., Creelman A., Li X-Q., Bizimungu B., De Koeyer D., Dahal K. 2021.** Potato Response to Drought Stress: Physiological and Growth Basis. – *Front. Plant Sci.* 12: 698060; **6. Hill D., Nelson D., Hammond J., Bell L. 2021.** Morphophysiology of Potato (*Solanum tuberosum*) in Response to Drought Stress: Paving the Way Forward. – *Front. Plant Sci.* 11: 597554; **7. Kacperska A. 2005.** Reakcje roślin na abiotyczne czynniki stresowe. [W:] Kopcewicz J., Lewak S. (red.) *Fizjologia Roślin*. PWN Warszawa: 612-678; **8. Nasir M. W., Toth Z. 2022.** Effect of Drought Stress on Potato Production: A Review. – *Agronomy* 12(3): 635; **9. Nowacki W. 2016.** Racjonalne gospodarowanie zasobami wodnymi w uprawie ziemniaka. [W:] *Innowacyjne metody gospodarowania zasobami wody w rolnictwie*. Pr. zbior. pod red. W. Dembka, J. Kusia, M. Wiatkowskiego, G. Żurka. CDR Brwinów: 273-286. ISBN: 978-83-88082-18-4; **10. Nowacki W. 2018.** Water in potato production, problems and challenges. – *Ecol. Engin. Environ. Technol.* 19(6): 14-25; **11. Rykaczewska K. 2017.** Impact of heat and drought stresses on size and quality of the potato yield. – *Plant Soil Environ.* 63: 40-46; **12. Sprenger H., Kurowsky C., Horn R., Erban A., Seddig S., Rudack K., Fischer A., Walther D., Zuther E., Köhl K., Hinch D. K., Kopka J. 2016.** The drought response of potato reference cultivars with contrasting tolerance. – *Plant Cell Environ.* 39: 2370-2389; **13. Stark J. C., Love S. L., King B. A., Marshall J. M., Bohl W. H., Salaiz T. 2013.** Potato cultivar response to seasonal drought patterns. – *Am. J. Potato Res.* 90: 207-216; **14. Zarzyńska K., Boguszewska-Mańkowska D., Nosalewicz A. 2017.** Differences in size and architecture of the potato cultivars root system and their tolerance to drought stress. – *Plant Soil Environ.* 63: 159-164