

CEZARY TRAWCZYŃSKI¹

Wpływ *Methylobacterium symbioticum* na wielkość i jakość handlową plonu ziemniaka

The effect of *Methylobacterium symbioticum* on the quantity and marketable quality of potato yield

Abstrakt. W dwuletnich badaniach polowych określono wpływ mikrobiologicznego preparatu Blue N zastosowanego dolistnie na plon, strukturę i wady bulw. Zastosowany preparat mikrobiologiczny zawierał bakterie *Methylobacterium symbioticum* o właściwościach wiązania azotu z powietrza. Czynnikiem doświadczenia były: odmiana (Hermes, Tajfun), preparat (obiekt kontrolny – bez stosowania preparatu mikrobiologicznego, obiekt z preparatem Blue N), dawka azotu mineralnego (podstawowa – 100 kg N·ha⁻¹, obniżona o 30% – 70 kg N·ha⁻¹). W badaniach oceniono poziom plonu handlowego, udział frakcji bulw oraz wady zewnętrzne bulw (deformacje, zazielenienia, porażenie parchem zwykłym). Na obiekcie po zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego uzyskano plon handlowy bulw większy o 8,1% w stosunku do obiektu kontrolnego. Zastosowanie preparatu przyczyniło się do istotnego wzrostu w plonie bulw dużych oraz obniżenia porażenia bulw parchem zwykłym w porównaniu do obiektu kontrolnego. Wykazano, że zastosowanie preparatu mikrobiologicznego Blue N umożliwia obniżenie dawki azotu mineralnego.

Słowa kluczowe: bakterie wiążące azot, plon handlowy, struktura plonu, wady bulw, ziemniak

WSTĘP

Ziemniak należy do gatunków roślin o dość dużym znaczeniu żywieniowym dla człowieka [Devaux i in. 2021]. Ziemniaki są spożywane przez człowieka głównie w formie obranych i ugotowanych bulw [Pyryt i Kolenda 2009]. Należy więc zadbać, aby bulwy przygotowywane do konsumpcji wyróżniały się korzystnymi cechami zewnętrznymi. Chodzi o uzyskanie jak najmniejszej ilości bulw małych oraz pozbawionych wad, szczególnie zewnętrznych [Nowacki 2006]. Duży wpływ na uzyskanie plonu handlowego bulw ma stosowana agrotechnika ziemniaka, w tym kluczowe jest nawożenie, szczególnie azotowe [Fontes i in. 2010, Kumar i in. 2017]. Nawożenie azotem w różnej formie ma zasadniczy wpływ na kształtowanie cech jakości handlowej bulw ziemniaka [Mazurczyk i in. 2002, Lombardo i in. 2020]. Z jednej strony chodzi o uzyskanie jak największej masy bulw nadających się do konsumpcji. Z drugiej strony wysokie ceny nawozów azotowych powinny skłaniać do wyboru oszczędniejszych alternatywnych rozwiązań gwarantujących uzyskanie odpowiednio wysokiego poziomu plonu handlowego. Dodatkowo należy też mieć na uwadze ograniczoną dostępność azotu z gleby wynikającą z ekstremów pogodowych, czemu można zaradzić poprzez pozakorzeniowe dostarczanie tego składnika. Jednym z rozwiązań umożliwiających uzyskanie odpowiedniej jakości handlowej bulw, ekonomicznym w stosunku do stosowania azotu na rośliny, może być płynny preparat zawierający mikroorganizmy zdolne do niesymbiotycznego wiązania tego składnika z powietrza [Ardanov i in. 2011, Woźniak i Gałązka 2019, Gałązka i Podleśny 2024], np. bakterie, które wnikają przez aparaty szparkowe liści [Buren i Rubio 2018]. Przykładem ta-

¹ Zakład Agronomii Ziemniaka, Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy Radzików, Oddział w Jadwisinie, ul. Szaniawskiego 15, 05-140 Jadwisin, <https://orcid.org/0000-0003-2338-0707>; autor korespondencyjny: c.trawczynski@ihar.edu.pl



kiego preparatu jest Blue N zawierający szczep bakterii *Methylobacterium symbioticum* [Corteva 2024]. W pracy poddano weryfikacji hipotezę badawczą zakładającą pozytywny wpływ preparatu mikrobiologicznego na przyrost plonu i poprawę jakości handlowej bulw ziemniaka wobec hipotezy zerowej mówiącej o braku wpływu tego czynnika.

Celem badań było określenie oddziaływania zastosowanego dolistnie mikrobiologicznego preparatu Blue N wiążącego azot z powietrza na plon handlowy i wady zewnętrzne bulw ziemniaka.

MATERIAŁ I METODY

Badania polowe przeprowadzono w latach 2022–2023 na glebie rzędu płowoziemnych, typu gleby płowe, podtypu gleby płowe opadowo-glejowe o składzie granulometrycznym piasku gliniastego [IUSS Working Group WRB 2015].

Gleba w latach badań charakteryzowała się kwaśnym odczynem, wysoką zawartością przyswajalnego fosforu, średnią zawartością potasu i niską magnezu (tabela 1).

Tabela 1. Właściwości chemiczne gleby przed założeniem doświadczenia

Lata	pH w KCl	Formy przyswajalne (mg·kg ⁻¹)		
		P	K	Mg
2022	5,5	84,0	87,0	30,0
2023	5,3	86,0	116,0	25,0

Doświadczenie trzyczynnikowe założono w układzie losowanych podbloków w trzech powtórzeniach. Czynniki doświadczenia były:

- odmiana (I): Hermes (chipsowa, średnio wczesna, Agrico Polska sp. z o.o., Holandia) i Tajfun (jadalna, średnio wczesna, Pomorsko-Mazurska Hodowla Ziemniaka sp. z o.o., Polska);
- preparat (II): bez zastosowania preparatu Blue N (obiekt kontrolny) oraz z zastosowaniem preparatu Blue N;
- dawka azotu mineralnego (III): 100 kg N·ha⁻¹ oraz 70 kg N·ha⁻¹.

Nawożenie organiczne stanowiła rozdrobniona słoma przyorana bezpośrednio po zbiorze pszenżyta ozimego w dawce 5 t·ha⁻¹ i międzyplon z gorczyicy białej przyorany jesienią w dawce 15–6 t·ha⁻¹. Nawożenie mineralne fosforem i potasem zastosowano wczesną wiosną w dawce 26,2 kg P·ha⁻¹ (superfosfat potrójny – 17,4% P) i 99,6 kg K·ha⁻¹ (siarczan potasu – 41,5% K). Nawożenie mineralne azotem w dawce podstawowej (100 N·ha⁻¹) i obniżonej o 30% (70 kg N·ha⁻¹) zastosowano w jednym terminie wiosną przed sadzeniem bulw w formie saletrzano-amonowej (Saletrzak – 27% N). Preparat mikrobiologiczny zawierający bakterie *Methylobacterium symbioticum* SB0023/3 T zastosowany został dolistnie na rośliny ziemniaka w fazie BBCH 35 (druga dekada czerwca) w dawce 333 g·ha⁻¹ po rozpuszczeniu w 300 l·ha⁻¹ wody.

Chwasty niszczone mechanicznie, stosując obsypnik przed wschodami roślin ziemniaka, i chemicznie, stosując dwukrotnie herbicydy (Proman 500 SC i i Titus 25 WG). W każdym roku czterokrotnie w okresie wegetacji stosowano zabiegi zwalczające zarazę ziemniaka przy wykorzystaniu preparatów Ridomil Gold 67,8 WG, Carial Star 500 SC, Acrobat MZ 69 WG i Revus 250 SC. W okresie wegetacji przeciwko stoncy ziemniaczanej trzykrotnie stosowano preparaty Nuprid 200 SC, Spintor 240 SC, Coragen 200 SC. Wszystkie preparaty stosowano w dawkach zalecanych przez producentów.

Warunki pogodowe w latach badań określono na podstawie współczynnika hydrotermicznego Sielianinowa (tabela 2). Wartości współczynników w poszczególnych miesiącach i latach były zróżnicowane. W 2022 roku stwierdzono, że w okresie sadzenia i początkowego wzrostu roślin ziemniaka w kwietniu było umiarkowanie wilgotno, w maju sucho, natomiast w czerwcu umiarkowanie sucho. Z kolei w pełni rozwoju roślin w lipcu wartość współczynnika była najwyższa (umiarkowanie wilgotno). W końcowym okresie wegetacji roślin, w sierpniu współczynnik był najniższy (ekstremalnie sucho).

spośród wszystkich miesięcy tego roku. Wrzesień – miesiąc dojrzewania i zbioru bulw – zaliczał się do optymalnych. Ogólnie okres wegetacji w 2022 roku był umiarkowanie suchy. W 2023 roku w kwietniu wartość współczynnika hydrotermicznego była optymalna. W maju i lipcu było sucho, w czerwcu bardzo sucho, a sierpień był umiarkowanie suchy. Wrzesień zaliczał się do ekstremalnie suchych. Ogólnie okres wegetacji 2023 roku należał do suchych.

Tabela 2. Warunki pogodowe w latach badań na podstawie współczynnika hydrotermicznego Sielanianova

Rok	Miesiąc						
	kwiecień	maj	czerwiec	lipiec	sierpień	wrzesień	średnio
2022	1,65	0,88	1,14	1,86	0,38	1,39	1,22
2023	1,55	0,86	0,64	0,83	1,22	0,24	0,89

Wartość współczynnika Sielanianova [Skowera 2014]: ekstremalnie sucho $k \leq 0,4$; bardzo sucho $0,4 < k \leq 0,7$; sucho $0,7 < k \leq 1,0$; umiarkowanie sucho $1,0 < k \leq 1,3$; optymalnie $1,3 < k \leq 1,6$; umiarkowanie wilgotno $1,6 < k \leq 2,0$; wilgotno $2,0 < k \leq 2,5$; bardzo wilgotno $2,5 < k \leq 3,0$; ekstremalnie wilgotno $k > 3,0$.

Ziemniaki sadzono w trzeciej dekadzie kwietnia w rozstawie 75 cm × 33 cm, zbierano w trzeciej dekadzie września. Na poletku o wielkości 14,85 m² posadzono 60 roślin. Na podstawie prób bulw pobranych podczas zbioru z każdego poletka określono strukturę plonu: udział bulw małych (o średnicy do 35 mm), bulwy średnich (o średnicy 35–60 mm), bulw dużych (o średnicy powyżej 60 mm) oraz oceniono ich wady zewnętrzne: deformacje, zazielenienia, porażenie parchem zwykłym. Wielkość plonu handlowego wyliczono po odrzuceniu frakcji bulw małych oraz bulw z wadami. Plon i jakość handlową bulw określono według metodyki IHAR [Roztropowicz 1999].

Wyniki badań opracowano statystycznie, posługując się programem Statistica 13.3 i stosując analizę wariancji Anova. Analizę wariancji dotyczącą plonu i cech jakości (zmiennie zależne) odniesiono do odmiany, preparatu, dawki i lat (zmiennie niezależne). Analizę porównania średnich przeprowadzono z wykorzystaniem testu Tukeya na poziomie $p = 0,05$ [TIBCO Statistica 2017].

WYNIKI I DYSKUSJA

Ocena wpływu czynników

W badaniach wykazano zróżnicowany wpływ czynników na plon ziemniaka, strukturę i wady bulw (tabela 3). Odmiana miała bardzo istotny wpływ na udział bulw średnich i dużych w plonie. Wykazano, że czynnik odmianowy miał istotny wpływ na plon bulw w przypadku większej ilości badanych genotypów [Trawczyński 2020]. Preparat bardzo istotnie różnicował plon oraz udział bulw średnich, dużych i bulw porażonych parchem zwykłym. Dawka azotu oddziaływała bardzo istotnie na plon oraz udział bulw średnich i dużych, co było zbieżne z wynikami uzyskanymi przez Trawczyńskiego [2020]. Największy wpływ (bardzo istotny i istotny) na plon ziemniaka i analizowane cechy (z wyjątkiem deformacji bulw) miały warunki pogodowe w poszczególnych latach. W dotychczasowych doniesieniach potwierdzono większy wpływ warunków pogodowych w latach niż innych czynników na plon ziemniaka i cechy bulw [Sawicka i in. 2011, Kołodziejczyk 2014, Kumar i in. 2017].

Tabela 3. Wpływ badanych czynników oraz lat

Cecha	Odmiana	Preparat	Dawka N	Rok
Plon bulw	–	xx	xx	xx
Bulwy małe (<35 mm)	–	–	–	x
Bulwy średnie (35–60 mm)	xx	x	x	xx
Bulwy duże (>60 mm)	xx	x	x	xx
Deformacje (%)	–	–	–	–
Zazielenienia (%)	–	–	–	x
Parch zwykły (%)	–	x	–	xx

xx – bardzo istotny, x – istotny, – nieistotny

Struktura plonu

Udział małych bulw w plonie stanowił od 1,4% do 5,2% i nie zależał istotnie od czynników doświadczenia (tabela 4), natomiast zależał od lat badań (tabela 5). W roku suchym uzyskano istotnie więcej bulw małych w plonie niż w roku umiarkowanie suchym. Zróżnicowanie pomiędzy czynnikami wykazano w stosunku do bulw średnich i dużych. Istotnie największy był udział bulw średnich w plonie u obu odmian w obiekcie bez stosowania preparatu po zastosowaniu zmniejszonego poziomu azotu mineralnego (tabela 4). Ogólnie udział bulw średnich w przypadku odmiany Hermes był istotnie większy w porównaniu z odmianą Tajfun. Uzyskano istotnie mniejszy udział w plonie bulw średnich w obiekcie z preparatem i po zastosowaniu pełnej dawki azotu. W roku suchym uzyskano o 30,5% więcej bulw średnich w plonie niż w roku umiarkowanie suchym (tabela 5).

Tabela 4. Wpływ badanych czynników w latach na strukturę plonu bulw

Rok	Odmiana	Dawka azotu mineralnego				Średnio
		bez Blue N		z zastosowaniem Blue N		
		100 kg N·ha ⁻¹	70 kg N·ha ⁻¹	100 kg N·ha ⁻¹	70 kg N·ha ⁻¹	
Udział bulw małych – o średnicy poniżej 35 mm (%)						
2022	Hermes	1,8 ^a	2,3 ^a	1,4 ^a	3,4 ^a	2,2 ^A
	Tajfun	3,1 ^a	1,4 ^a	1,4 ^a	2,4 ^a	2,1 ^A
2023	Hermes	2,0 ^a	2,6 ^a	5,2 ^a	2,0 ^a	3,0 ^A
	Tajfun	3,0 ^a	4,0 ^a	3,0 ^a	4,3 ^a	3,6 ^A
Średnio		2,5 ^A	2,6 ^A	2,7 ^A	3,0 ^A	–
Udział bulw średnich – o średnicy 35–60 mm (%)						
2022	Hermes	49,2 ^{cd}	51,1 ^{cd}	39,3 ^d	44,4 ^d	46,0 ^C
	Tajfun	39,8 ^d	41,6 ^d	39,8 ^d	37,6 ^e	39,7 ^D
2023	Hermes	76,7 ^{bc}	87,8 ^a	68,1 ^{bc}	84,2 ^{ab}	79,2 ^A
	Tajfun	67,7 ^{bc}	69,6 ^{bc}	66,4 ^{bc}	65,7 ^{bc}	67,4 ^B
Średnio		58,3 ^{AB}	62,5 ^A	53,4 ^B	58,0 ^{AB}	–
Udział bulw dużych – o średnicy powyżej 60 mm (%)						
2022	Hermes		46,6 ^{ab}	59,3 ^a	52,2 ^a	51,8 ^B
	Tajfun	57,1 ^a	57,0 ^a	58,8 ^a	60,0 ^a	58,2 ^A
2023	Hermes	21,3 ^{cd}	9,5 ^d	26,7 ^{cd}	13,8 ^{cd}	17,8 ^D
	Tajfun	29,3 ^{bc}	26,4 ^{cd}	30,6 ^{cd}	30,0 ^{bc}	29,1 ^C
Średnio		39,2 ^{AB}	34,9 ^B	43,9 ^A	39,0 ^{AB}	–

a, b, c – dla współdziałania rok × odmiana × preparat × dawka; A, B – dla wartości średnich.

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie p = 0,05 według testu Tukeya.

Tabela 5. Wpływ badanych czynników i lat na plon (t·ha⁻¹), strukturę i wady bulw (%)

Cecha	Odmiana		Preparat Blue N		Dawka N		Rok	
	Hermes	Tajfun	nie zastosowano	zastosowano	100 kg N·ha ⁻¹	70 kg N·ha ⁻¹	2022	2023
Plon bulw	40,2 ^a	39,9 ^a	38,5 ^b	41,6 ^a	41,4 ^a	38,6 ^b	49,2 ^a	30,9 ^b
Bulwy małe	2,6 ^a	2,8 ^a	2,5 ^a	2,9 ^a	2,6 ^a	2,8 ^a	2,1 ^b	3,3 ^a
Bulwy średnie	62,6 ^a	53,6 ^b	60,4 ^a	55,7 ^b	55,8 ^b	60,3 ^a	42,8 ^b	73,3 ^a
Bulwy duże	34,8 ^b	43,6 ^a	37,1 ^b	41,4 ^a	41,6 ^a	36,9 ^b	55,1 ^a	23,4 ^b
Deformacje	3,1 ^a	4,2 ^b	3,3 ^a	4,0 ^a	3,9 ^a	3,3 ^a	3,2 ^a	4,1 ^a
Zazielenienia	2,1 ^a	3,2 ^a	3,0 ^a	2,2 ^a	2,4 ^a	2,8 ^a	3,3 ^a	2,0 ^b
Parch zwykły	7,1 ^a	7,3 ^a	8,2 ^a	6,2 ^b	7,3 ^a	7,1 ^a	4,9 ^b	9,5 ^a

a, b – dla wartości średnich.

Wartości średnie z tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie p = 0,05 według testu Tukeya.

Odwrotną zależność pomiędzy czynnikami uzyskano w stosunku do udziału bulw dużych w plonie. Istotnie największy udział bulw dużych w plonie zanotowano po zastosowaniu preparatu przy pełnej dawce azotu (tabela 4). Ogólnie odmiana Tajfun charakteryzowała się istotnie większym udziałem bulw dużych w plonie niż odmiana Hermes. Zastosowanie preparatu i dawki 100 kg N·ha⁻¹ przyczyniło się do istotnego wzrostu udziału bulw dużych w plonie w porównaniu z obiektem kontrolnym i obniżoną dawką azotu. W roku umiarkowanie suchym uzyskano o 31,7% więcej bulw dużych w strukturze niż w roku suchym (tabela 5). Podobny kierunek zmienności udziału bulw w strukturze plonu w stosunku do stosowania azotu mineralnego, preparatów dolistnych i lat odnotowano w innych badaniach [Badr i in. 2012, Kołodziejczyk 2014, Trawczyński 2022, Ginter i in. 2023].

Wady bulw

Analiza wad zewnętrznych bulw wykazała niewielkie zróżnicowanie w stosunku do badanych czynników. Udział bulw zdeformowanych wahał się od 1,3% do 7,0% (tabela 6). Tylko w roku umiarkowanie suchym w stosunku do odmiany Hermes uzyskano istotnie mniejszy udział w plonie bulw zdeformowanych w porównaniu z odmianą Tajfun. Na obiekcie bez stosowania preparatu przy obu poziomach nawożenia azotem wykazano tendencję do mniejszej deformacji bulw niż po zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego. Ogólnie odmiana Hermes charakteryzowała się istotnie mniejszym udziałem w plonie bulw zdeformowanych niż odmiana Tajfun. W stosunku do pozostałych czynników nie wykazano istotnego zróżnicowania udziału bulw zdeformowanych w plonie. W roku suchym uzyskano większy udział w plonie bulw zdeformowanych (tabela 5). W badaniach Lutomirskiej i Jankowskiej [2012] wykazano większy – wynoszący ponad 20% – udział bulw zdeformowanych w plonie ogólnym ziemniaka. Stwierdzono, że udział ten zależał od uprawianych odmian i był większy w latach o dużych wahaniami wilgotności gleby. Lata z nadmiarem opadów również mogą przyczynić się do uzyskania większego udziału w plonie bulw zdeformowanych [Zarzyńska i Boguszewska-Mańkowska 2024].

Tabela 6. Wpływ badanych czynników w latach na wady bulw

Rok	Odmiana	Dawka azotu mineralnego				Średnio
		bez Blue N		z zastosowaniem Blue N		
		100 kg N·ha ⁻¹	70 kg N·ha ⁻¹	100 kg N·ha ⁻¹	70 kg N·ha ⁻¹	
Udział bulw zdeformowanych (%)						
2022	Hermes	1,4 ^a	2,1 ^a	1,6 ^a	2,5 ^a	1,9 ^B
	Tajfun	5,9 ^a	4,1 ^a	1,3 ^a	6,7 ^a	4,5 ^A
2023	Hermes	2,8 ^a	3,7 ^a	4,8 ^a	5,2 ^a	4,3 ^A
	Tajfun	1,4 ^a	4,2 ^a	7,0 ^a	3,0 ^a	3,9 ^A
Średnio		3,1 ^A	3,5 ^A	3,7 ^A	4,3 ^A	–
Udział bulw zazielenionych (%)						
2022	Hermes	3,1 ^a	1,3 ^a	4,8 ^a	1,3 ^a	2,6 ^{AB}
	Tajfun	3,1 ^a	5,8 ^a	3,5 ^a	3,9 ^a	4,1 ^A
2023	Hermes	1,0 ^a	3,0 ^a	1,3 ^a	1,2 ^a	1,6 ^B
	Tajfun	2,8 ^a	4,3 ^a	0,0 ^a	2,4 ^a	2,4 ^{AB}
Średnio		2,5 ^A	3,6 ^A	2,4 ^A	2,1 ^A	–
Udział bulw porażonych parchem zwykłym (%)						
2022	Hermes	6,8 ^a	3,9 ^a	6,0 ^a	5,7 ^a	5,5 ^{BC}
	Tajfun	8,4 ^a	2,3 ^a	3,2 ^a	3,5 ^a	4,3 ^C
2023	Hermes	9,2 ^a	10,5 ^a	6,6 ^a	8,5 ^a	8,7 ^{AB}
	Tajfun	10,6 ^a	13,8 ^a	7,4 ^a	9,2 ^a	10,3 ^A
Średnio		8,7 ^A	7,6 ^A	5,8 ^A	6,7 ^A	–

a, b, c – dla współdziałania rok × odmiana × preparat × dawka; A, B – dla wartości średnich.

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie p = 0,05 według testu Tukeya.

Udział bulw zazielenionych w plonie wahał się od 1,0% do 5,8% (tabela 6). W badaniach Nowackiego [2006] zazielenienie bulw było mniejsze, ale stanowiło większy udział w plonie niż bulwy zdeformowane, czego nie potwierdzono w badaniach własnych. Odmiana Hermes w obu badanych latach charakteryzowała się istotnie mniejszym udziałem bulw zazielenionych. Mniejszą tendencję do zazielenienia bulw stwierdzono w obiekcie z preparatem po zastosowaniu pełnej dawki azotu mineralnego. Ogólnie badane czynniki nie miały istotnego wpływu na udział bulw zazielenionych w plonie, a jedynie lata (tabela 5). W roku umiarkowanie suchym uzyskano większy udział bulw zazielenionych w plonie niż w roku suchym. W latach z nadmierną ilością opadów może następować częściowe rozmywanie redlin, powodując zazielenienie bulw, co udowodniono w badaniach [Zarzyńska i Boguszewska-Mańkowska 2024].

Największy udział w plonie (do 13,8%) stanowiły bulwy porażone parchem zwykłym (tabela 6). Podobnie największy udział tej wady w plonie bulw uzyskał Nowacki [2006]. Warunki pogodowe istotnie różnicowały udział w plonie bulw porażonych parchem zwykłym w stosunku do badanych odmian. W roku umiarkowanie suchym istotnie większym porażeniem parchem zwykłym charakteryzowały się bulwy odmiany Hermes, natomiast w roku suchym bulwy odmiany Tajfun. Tendencję wzrostu udział w plonie bulw porażonych parchem zwykłym wykazano na obiekcie bez stosowania preparatu mikrobiologicznego przy obu poziomach nawożenia azotem. Ogólnie po zastosowaniu preparatu stwierdzono istotne obniżenie udziału w plonie bulw porażonych parchem zwykłym w stosunku do obiektu kontrolnego. Wykazano również istotnie większy udział w plonie bulw porażonych parchem zwykłym w roku suchym (tabela 5), co było potwierdzeniem badań Zarzyńskiej i Boguszewskiej-Mańkowskiej [2024].

Plon handlowy bulw

Na podstawie składowych plonu niehandlowego wykazano, że uzyskany plon handlowy był średnio o 16,2% mniejszy w stosunku do plonu ogólnego. Wynikało z tego, że udział plonu handlowego w ogólnym stanowił 83,8%. W badaniach Nowackiego [2006] uzyskano tylko 70,8% udziału plonu handlowego w ogólnym. W roku umiarkowanie suchym istotnie większy plon bulw uzyskano dla odmiany Tajfun, natomiast w roku suchym w przypadku odmiany Hermes. Mogło to świadczyć o większej tolerancji tej odmiany na stres związany z niedoborem wody. Na obiekcie z preparatem uzyskano istotnie większy plon niż na obiekcie kontrolnym pod wpływem pełnej jak i obniżonej dawki azotu. W przypadku odmiany Hermes po zastosowaniu dawki 70 kg N·ha⁻¹ uzupełnionej preparatem uzyskano plon bulw podobny jak pod wpływem dawki 100 kg N·ha⁻¹ bez preparatu. W stosunku do odmiany Tajfun w jednym roku badań uzyskano plon bulw istotnie większy na obiekcie z preparatem po zastosowaniu dawki 70 kg N·ha⁻¹ niż na obiekcie bez preparatu z dawką 100 kg N·ha⁻¹ (tabela 7). Inne badania również wskazywały na możliwość częściowego obniżenia dawki nawożenia mineralnego azotem po zastosowaniu uzupełniającego nawożenia dolistnego [Trawczyński 2022]. Z badań Mohammeda i in. [2014] wynika, że preparaty doglebowe bakteryjne pokrywały 50% zapotrzebowania ziemniaka na azot, a dolistne szczepionki 25% w porównaniu z obiektem kontrolnym. W innych badaniach wykazano wzrost plonu ziemniaka o 42,4% po zastosowaniu preparatu mikrobiologicznego zawierającego bakterie *Azospirillum brasilense* 410 przy zmniejszeniu dawki azotu do 40 kg·ha⁻¹, a przy dawce 80 kg N·ha⁻¹ wzrost o 116,9% w porównaniu z obiektem kontrolnym [Volkogon i in. 2021]. Zróżnicowany wpływ preparatu mikrobiologicznego z udziałem szczepu bakterii *Methylobacterium symbioticum* stwierdzono w przypadku kukurydzy. W badaniach Rodriguesa i in. [2024] wykazano nieistotny wpływ stosowanej dolistnie szczepionki bakteryjnej z *Methylobacterium symbioticum* na plon ziarna kukurydzy. Z kolei w badaniach Very i in. [2024] uzyskano istotnie dodatnie oddziaływanie preparatu z udziałem tej bakterii na plon kukurydzy. Ogólnie istotnie dodatni wpływ na plon ziemniaka miało zastosowanie preparatu mikrobiologicznego, wzrost dawki azotu mineralnego i układ warunków pogodowych z większą ilością opadów (tabela 5).

Tabela 7. Wpływ badanych czynników w latach na plon handlowy ziemniaka (t·ha⁻¹)

Rok	Odmiana	Dawka azotu mineralnego				Średnio
		bez Blue N		z zastosowaniem Blue N		
		100 kg N·ha ⁻¹	70 kg N·ha ⁻¹	100 kg N·ha ⁻¹	70 kg N·ha ⁻¹	
2022	Hermes	44,9 ^b	44,5 ^b	45,6 ^b	45,5 ^b	45,2 ^B
	Tajfun	50,6 ^b	48,9 ^b	60,4 ^a	52,8 ^{ab}	53,2 ^A
2023	Hermes	36,0 ^c	33,0 ^c	36,2 ^c	35,9 ^c	35,2 ^C
	Tajfun	27,8 ^{cd}	22,0 ^e	29,8 ^{cd}	26,7 ^d	26,6 ^D
Średnio		39,8 ^B	37,1 ^{BC}	43,0 ^A	40,2 ^{AB}	–

a, b, c – dla współdziałania rok × odmiana × preparat × dawka; A, B – dla wartości średnich.

Wartości średnie oznaczone tymi samymi literami nie różnią się istotnie przy poziomie p = 0,05 według testu Tukeya.

WNIOSKI

1. Pod wpływem zastosowania preparatu mikrobiologicznego Blue N zawierającego szczep bakterii *Methylobacterium symbioticum* uzyskano przyrost plonu handlowego bulw o 8,1% w stosunku do obiektu kontrolnego.

2. Zastosowanie preparatu mikrobiologicznego wskazywało na możliwość częściowego obniżenia dawki azotu mineralnego.

3. Preparat mikrobiologiczny Blue N dodatkowo oddziaływał na strukturę plonu oraz zmniejszenie udziału bulw z wadami zewnętrznymi w stosunku do obiektu kontrolnego.

PIŚMIENNICTWO

- Ardanov P., Ovcharenko L., Zaets I. i in., 2011. Endophytic bacteria enhancing growth and disease resistance of potato (*Solanum tuberosum* L.). Biol. Control 56(1), 43–49. <https://doi.org/10.1016/j.biocontrol.2010.09.014>
- Badr M.A., El-Tohamy W.A., Zaghoul A.M., 2012. Yield and water use efficiency of potato grown under different irrigation and nitrogen levels in an arid region. Agric. Water Manag. 110, 9–15. <http://dx.doi.org/10.1016/j.agwat.2012.03.008>
- BlueN Bioestimulante, Otimize o rendimento da sua cultura com BlueN®, 2024. Corteva Biologicals, Agriscience. https://www.corteva.pt/content/dam/dpagco/corteva/eu/pt/pt/files/folletos/DOC-BlueN-Folheto-Corteva_EU_PT.pdf [dostęp: 20.02.2026].
- Buren S., Rubio L.M., 2018. State of the art in eukaryotic nitrogenase engineering. FEMS Microbiol. Lett., 365(2). <https://doi.org/10.1093/femsle/fnx274>
- Devaux A., Goffart J.P., Kromann P. i in., 2021. The potato of the future: Opportunities and challenges in sustainable agri-food systems. Potato Res. 64, 681–720. <https://doi.org/10.1007/s11540-021-09501-4>
- Fontes P.C.R., Braun H., Busato C. i in., 2010. Economic optimum nitrogen fertilization rates and nitrogen fertilization rate effects on tuber characteristics of potato cultivars. Potato Res. 53, 167–179. DOI 10.1007/s11540-010-9160-3
- Gałązka A., Podleśny J. (red.) 2024. Preparaty mikrobiologiczne w rolnictwie i ochronie środowiska, Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG–PIB. 66.
- Ginter A., Zarzecka K., Gugala M. i in., 2023. Biostimulants and herbicides a tool to reduce non-commercial yield tubers and improve potato yield structure. Sci. Rep. 13, 20468. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-47831-0>
- IUSS Working Group WRB, 2015. World Reference Base for Soil Resources 2014. International soil classification system for naming soils and creating legends for soil maps. Update 2015. World Soil Resources Reports 106. FAO, Rome.
- Kołodziejczyk M., 2014. Effect of nitrogen fertilization and microbial preparations on potato yielding. Plant Soil Environ. 60, 379–386. <https://doi.org/10.17221/7565-PSE>
- Kumar U., Chandra G., Raghav M., 2017. Nitrogen management in potato for maximum tuber yield, quality and environmental conservation. Veg. Sci. 44(2), 43–48.
- Lombardo S., Pandino G., Mauroicale G., 2020. Optimizing nitrogen fertilization to improve qualitative performances and physiological and yield responses of potato (*Solanum tuberosum* L.). Agronomy 10(3), 352. <https://doi.org/10.3390/agronomy10030352>
- Lutomirska B., Jankowska J., 2012. Występowanie deformacji i spękań bulw ziemniaka w zależności od warunków meteorologicznych i odmiany. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 266, 131–142.

- Mazurczyk W., Lis B., Trawczyński C. i in., 2002. Dolistne dokarmianie azotem a stan odżywienia roślin ziemniaka tym pierwiastkiem oraz ich plonowanie. Zesz. Probl. Post. Nauk Roln. 489, 175–182.
- Mohammed T.A., Mervat A.H., Hanan H.Y. i in., 2014. Bio-preparates support the productivity of potato plants grown under desert farming conditions of north Sinai: Five years of field trials. J. Adv. Res. 5(1), 41–48. <https://doi.org/10.1016/j.jare.2012.11.004>
- Nowacki W., 2006. Udział plonu handlowego w plonie ogólnym jadalnych odmian ziemniaka. Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511, 429–439.
- Pyryt B., Kolenda H., 2009. Charakterystyka jakości sensorycznej bulw gotowanych w zależności od odmiany ziemniaka i sposobu gotowania. Bromat. Chem. Toksykol. 42(3), 386–390.
- Rodrigues M.Â., Correia C.M., Arrobas M., 2024. The application of a foliar spray containing *Methylobacterium symbioticum* had a limited effect on crop yield and nitrogen recovery in field and pot-grown maize. Plants 13(20), 2909. <https://doi.org/10.3390/plants13202909>
- Roztropowicz S., 1999. Metodyka obserwacji, pomiarów i pobierania prób w agrotechnicznych doświadczeniach z ziemniakiem. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin, Oddział w Jadwisinie, 1–50.
- Sawicka B., Michałek W., Pszczołkowski P., 2011. Uwarunkowania potencjału plonowania średnio późnych i późnych odmian ziemniaka w warunkach środkowo – wschodniej Polski. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 259, 219–228.
- Skowera B., 2014. Zmiany warunków hydrotermicznych na obszarze Polski (1971–2010). Fragm. Agron. 31(2), 74–87.
- Tibco Statistica. v. 13.3.0. TIBCO Software Inc. Palo Alto. CA. USA; 2017. <https://www.tibco.com/products/tibco-statistica>
- Trawczyński C., 2020. The effect of nitrogen fertilization on yield efficiency and quality of tubers potato varieties cultivated in an integrated production system. Biul. Inst. Hod. Aklim. Rośl. 288, 15–22. <https://doi.org/10.37317/biul-2020-0002>
- Trawczyński C., 2022. Oddziaływanie dolistnego dokarmiania nawozami wieloskładnikowymi w formie nanocząsteczek na plon i jakość bulw ziemniaka. Agron. Sci. 77(1), 77–90. <http://doi.org/10.24326/as.2022.2.7>
- Vera R.T., García A.J.B., Álvarez F.J.C. i in., 2024. Application and effectiveness of *Methylobacterium symbioticum* as a biological inoculant in maize and strawberry crops. Folia Microbiol. 69, 121–131. <https://doi.org/10.1007/s12223-023-01078-4>
- Volkogon V.V., Dimova S.B., Volkogon K.I. i in., 2021. Biological nitrogen fixation and denitrification in rhizosphere of potato plants in response to the fertilization and inoculation. Front. Sustain. Food Syst. 5., 606379. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606379>
- Woźniak M., Gałązka A., 2019. The rhizosphere microbiome and its beneficial effects on plants. Current knowledge and perspectives. Postęp. Mikrobiol. 58, 59–69. <https://doi.org/10.21307/PM-2019.58.1.059>
- Zarzyńska K., Boguszewska-Mańkowska D., 2024. Commercial quality of potato tubers of different varieties from organic and conventional production system. Agronomy 14, 778. <https://doi.org/10.3390/agronomy14040778>

Źródło finansowania: Umowa na prace badawcze pomiędzy PU-H Chemirol sp. z o.o. a IHAR-PIB Radzików.

Abstract. In two-year field studies, the effect of the microbiological preparation Blue N applied foliar on the marketable yield, structure and tubers defects was determined. The microbiological preparation contained *Methylobacterium symbioticum* bacteria with properties of nitrogen fixation from the air. The experimental factors were: cultivar (Hermes, Tajfun), preparation (control object – without the use of microbiological preparation, object with the Blue N preparation), dose of mineral nitrogen (basic – 100 kg N·ha⁻¹, reduced by 30% – 70 kg N·ha⁻¹). The studies assessed the level of marketable tuber yield, share of tuber fractions and external defects of tubers (deformations, greening, infection with common scab). On the object after the application of the microbiological preparation, the marketable tuber yield was higher by 8.1% compared to the control object. The use of preparation contributed to a significant increase of large tubers and decrease infection with common scab in compared to the control object. The studies showed that the use of the Blue N microbiological preparation made it possible to reduce the dose of mineral nitrogen.

Keywords: nitrogen-fixing bacteria, marketable yield, yield structure, tuber defects, potato

Otrzymano/Received: 24.02.2026

Zaakceptowano/Accepted: 9.05.2026

Published: 3.07.2026

Cytowanie: Trawczyński C., 2026. Wpływ *Methylobacterium symbioticum* na wielkość i jakość handlową plonu ziemniaka. Agron. Sci. 81(2), 21–28. <https://doi.org/10.24326/as.2026.5673>