

WPŁYW ZMIANOWAŃ NA PŁONOWANIE ZIEMNIAKA *SOLANUM TUBEROSUM* L.

ANNA LEHMANN-SKOCZYLAŚ¹, WIESŁAW WOJCIECHOWSKI¹

*¹Instytut Agroekologii i Produkcji Roślinnej, Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu,
Pl. Grunwaldzki 24A, 50-363 Wrocław*

Synopsis. W latach 2023–2025 w Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Swojczycach, należącej do Uniwersytetu Przyrodniczego we Wrocławiu, przeprowadzono ścisłe jednoczynnikowe doświadczenie polowe. Założono je metodą losowanych bloków w trzech powtórzeniach na glebie lekkiej. Czynnikiem badawczym był różny udział ziemniaka w zmianowaniu oraz obecność lub brak w nim międzyplonu. Oceniono siedem zmianowań: 1) ziemniak⁺⁺– owies –groch polny – żyto, 2) ziemniak – owies – żyto, 3) ziemniak – owies – żyto + międzyplon z gorczycy, 4) ziemniak – owies – żyto + międzyplon z roślin bobowatych, 5) ziemniak – żyto, 6) ziemniak – żyto + międzyplon z gorczycy i 7) ziemniak – żyto + międzyplon z roślin bobowatych. Jako międzyplony uprawiano gorczycę białą lub mieszkankę roślin bobowatych, złożoną z grochu polnego i łubinu żółtego, które pozostawiano na polu do wiosny następnego roku. Wykazano, że pominięcie zasad dobrego zmianowania skutkuje zmniejszeniem plonowania oraz liczby i masy bulw. Najwyższy plon ogólny odnotowano w płodozmianie czteropolowym, odpowiednio o 32,4 oraz 42,9% wyższy niż w trójpolówce i zmianowaniu ziemniaka z żytem. Międzyplony oddziaływały korzystnie na badane cechy. Skuteczniejsza w tym zakresie okazała się mieszanka roślin bobowatych, po której uzyskany plon był porównywalny z plonem wykazany w płodozmianie typu Norfolk, w którym stosowano pełną dawkę obornika.

Słowa kluczowe: międzyplon, ziemniak, zmianowanie

WSTĘP

Wprawdzie w ostatnich latach obserwuje się zmniejszanie udziału zbóż w strukturze zasiewów to w praktyce wciąż spotykamy się z uproszczeniami zmianowania roślin. Zjawisko to prowadzi do zmniejszenia plonowania oraz pogorszenia żyzności uprawianej rolniczo gleby. Problemy te nasilają się zwłaszcza na glebach lekkich, które w Polsce zajmują ponad 60% powierzchni [Smreczak i in. 2020]. Jadczyszyn [2022] podaje, że najlepsze gleby, należące do kompleksu psennego bardzo dobrego i dobrego, stanowią 22,2%, natomiast słabe, zaliczane do kompleksu żytniego słabego i bardzo słabego, 28,4% ogółu gruntów ornych. Pikuła [2019], uważa nawet, że w krajobrazie Polski, przeważają gleby lekkie (35%) i bardzo lekkie (30%). Charakteryzują się one niską zawartością próchnicy oraz często kwaśnym i bardzo kwaśnym odczynem, który wpływa niekorzystnie na ich żyzność. Ze względu na szybkie nagrzewanie i łatwość przenikania wody przez ich strukturę są one przesuszone oraz zawierają niewielką ilość składników odżywczych. Ograniczona możliwość doboru gatunków nadających się do uprawy na tych gruntach powoduje trudności w zastosowaniu prawidłowego zmianowania, które spełniałoby wymagania rolnictwa zrównoważonego. Jedną z bardziej opłacalnych roślin na tych glebach wydaje się być ziemniak jadalny. Wybór ten znajduje uzasadnienie m.in. w jego wysokim potencjale plonotwórczym, szerokich możliwościach wykorzystania oraz stabilnym zapotrzebowaniu rynkowym. Jednakże, zbyt częste włączanie go do struktury zasiewów, włącznie z uprawą w monokulturze, pociąga za sobą wiele negatywnych skutków. Pomijanie zasad właściwego następstwa roślin przyczynia się m.in. do pogorszenia stanu fitosanitarnego stanowiska, powoduje wzrost

¹Adres do korespondencji – *Corresponding address:* anna.lehmann-skoczylas@upwr.edu.pl

Praca powstała w wyniku realizacji projektu badawczego o numerze N060/0007/25 finansowanego przez Uniwersytet Przyrodniczy we Wrocławiu.

zachwaszczenia, zwiększa presję agrofagów oraz zmniejsza plonowanie roślin [Larkin i in. 2011, Wojciechowski i in. 2013, Woźniak 2019, Zhou i in. 2019, Jaśkiewicz 2020, Lehmann-Skoczylas 2020, Qin i in. 2022, Wang i in. 2022].

Rosnące zapotrzebowanie na praktyki rolnicze, wywierające minimalny wpływ na środowisko, doprowadziło do wytworzenia się kilku współistniejących ze sobą modeli gospodarowania ziemią. Jednym z nich jest rolnictwo zrównoważone, a w jego ramach integrowana produkcja stanowiąca konkretną praktykę. W rolnictwie zrównoważonym bardzo dużą wagę przywiązuje się do konstruowania prawidłowych płodozmianów, co przekłada się na utrzymanie żyzności gleb, ograniczenie presji chorób, szkodników i chwastów oraz zmniejszenie ilości stosowanych nawozów sztucznych i środków ochrony roślin. Właściwie zaplanowane zmianowanie może stanowić przyjazne środowisku narzędzie w walce o utrzymanie sprawności, zdrowotności i potencjału plonotwórczego gleby oraz całego agroekosystemu, a tym samym wpływać pozytywnie m.in. na wielkość pozyskiwanych plonów [Castellazii i in. 2008, Mohr i in. 2011, Kuś 2015, Bender i in. 2016, Woźniak 2019, Lehmann-Skoczylas 2020, Zhao i in. 2020, Larkin i in. 2021, Simão i in. 2023]. Obecnie dodatkowy problem stanowi dostępność jednego z podstawowych nawozów organicznych – obornika. Ze względu na swoje właściwości jest on uważany za doskonały nawóz organiczny, dostarczający niezbędnych składników odżywczych i zwiększający plonowanie ziemniaka oraz poprawiających jego cechy jakościowe [Balemi 2012, Najm i in. 2012, Ahmed i in. 2015, Abdollahi i in. 2018, Cieciora-Olczyk i Prośba-Białczyk 2018]. Aby zrekompensować jego brak lub niewystarczającą ilość ważnym elementem zmianowania mogą stać się rośliny międzyplonowe, zwłaszcza te z rodziny bobowatych. Wielu autorów podkreśla pozytywny wpływ jaki wywierają one na plon ziemniaka i jakość jego bulw [Kołodziejczyk i in. 2007, Płaza i Makarewicz 2014, Płaza i in. 2016, Lehmann-Skoczylas 2020]. O ważności międzyplonów w rolnictwie zrównoważonym może świadczyć fakt ujęcia ich w jednym z programów rolnośrodowiskowych, a obecnie stanowią jeden z ekoschematów.

Celem badań była ocena reakcji ziemniaka na wieloletnią uprawę w zmianowaniach z różnym jego udziałem w strukturze zasiewów oraz określenie znaczenia w nim dwóch rodzajów międzyplonów: powszechnie spotykanej w praktyce gorczycy białej lub zalecanej w rolnictwie zrównoważonym mieszance roślin bobowatych.

MATERIAŁ I METODY

Ścisłe jednoczynnikowe doświadczenie polowe zrealizowano w latach 2023–2025 w Stacji Badawczo-Dydaktycznej w Swojczycach (51°07' N, 17°08' E). Założono je na glebie lekkiej, metodą losowanych bloków, w trzech powtórzeniach. Powierzchnia każdego z poletek wynosiła 36 m². Badaniami objęto trzy ostatnie lata kończące czwartą rotację poprawnego przyrodniczo płodozmianu. Czynnikiem badawczym był różny udział ziemniaka w zmianowaniu oraz obecność w nim międzyplonu. Oceniono siedem zmianowań: ziemniak⁺⁺ – owies – groch polny – żyto (z-o-g-ż), ziemniak – owies – żyto (z-o-ż), ziemniak – owies – żyto + międzyplon z gorczycy (z-o-ż+M1), ziemniak – owies – żyto + międzyplon z roślin bobowatych (z – o – ż + M2), ziemniak – żyto (z-ż), ziemniak – żyto + międzyplon z gorczycy (z-ż+M1) i ziemniak – żyto + międzyplon z roślin bobowatych (z-ż+M2). Ziemniaki odmiany Vineta (w roku 2023) oraz Gwiazda (2024, 2025) wysadzano w stanowisku po życie w rozstawie międzyrzędzi (67,5 na 35 cm). Po zbiorze przedplonu wykonano uprawę agregatem uprawowym, a na wybranych obiektach wysiano międzyplony, które pozostawiono na polu do wiosny następnego roku. Gorczycę białą wysiewano w ilości 20 kg·ha⁻¹, natomiast mieszankę, złożoną z łubinu żółtego i grochu polnego, po 100 kg·ha⁻¹ każde. Wiosną były one mulczowane oraz przyorane orką średnią.

Obornik w dawce 30 t·ha⁻¹ zastosowano jedynie pod ziemniaki uprawiane w płodozmianie typu Norfolk. Nawożenie fosforem i potasem, jednakowe dla wszystkich obiektów, stosowano wiosną około 4 tygodni przed sadzeniem ziemniaka w ilości: 40 kg P w formie superfosfatu 46% i 60 kg K w formie soli potasowej 60%. Nawóz azotowy w ilości 100 kg N w pierwszym roku trwania doświadczenia dostarczono w formie saletry amonowej 34%, natomiast w dwóch kolejnych w formie mocznika 46%. W odchwaszczaniu pola stosowano metody mechaniczne, bronowanie i obsypywanie oraz chemiczne, z wykorzystaniem środków chwastobójczych takich jak: Sencor Liquid 600 SC (metrybuzyna) w ilości 0,5 l·ha⁻¹, Boa Pro 480 EC (chlomazon) w dawce 0,2 l·ha⁻¹, Activus 400 SC (pendimetalina) w ilości 2,5 l·ha⁻¹ oraz Targa Max 10 EC (chizalofop-P-etylowy) – 1,2 l·ha⁻¹. Ze względu na dużą presję ze strony chorób i owadów, zabiegi przeciwko nim wykonywano wielokrotnie w ciągu sezonu wegetacyjnego ziemniaka. W ochronie przed chorobami stosowano opryski fungicydami – w pierwszym roku dwukrotnie preparatem Manfil 80 WP (mankozeb) w dawce 2 kg·ha⁻¹ oraz Switch 62,5 WG w dawce 0,7 kg·ha⁻¹ (cyprodynil, fludioksonil), w drugim dwukrotnie Infinito 687,5 SC (chlorowodorekpropamokarbu, fluopikolid) w ilości 1,2–1,6 l·ha⁻¹ i Manfil 80 WP w dawce 2 kg·ha⁻¹ oraz jednorazowo Cerial Star 500 SC (mandipropamid, difenokonazol) w dawce 0,6 l·ha⁻¹, natomiast w trzecim dwukrotnie zastosowano Manfil 80 W i Infinito 687,5 SC, a także Orondis Evo (azoksystrobina, oksatiapirolin) w dawce 1 l·ha⁻¹. Przeciwno stoncy w pierwszym roku trwania doświadczenia zastosowano – Los Ovados 200 SE (acetamipryd) w ilości 0,15 l·ha⁻¹, Mospilan 20 SP (acetamipryd) 0,12 kg·ha⁻¹, Delmetos 100 SC (deltametryna) w dawce 0,05 l·ha⁻¹ oraz Coragen 200 SC (chlorantraniliprol) w ilości 62,5 ml·ha⁻¹, w drugim wyłącznie Coragen 200 SC, natomiast w trzecim wyżej wspomniany środek stosowano zamiennie z preparatem Karate Zeon 050 CS (lambda-cyhalotryna) – 0,12 l·ha⁻¹. Przed zbiorem z każdego poletka wykopano ziemniaki spod 15 krzaków i określono liczbę, masę oraz plon bulw. Zawartość skrobi oceniano w warunkach laboratoryjnych metodą polarymetryczną na urządzeniu Polarymetr Polax-2L. W fazie kwitnienia ziemniaka dla każdego z poletek określony został wskaźnik powierzchni liści (LAI) przy użyciu aparatu LAI – 2000. Parametr ten opisuje stosunek powierzchni organów asymilacyjnych całego łanu do powierzchni zajmowanego przez ten łan gruntu. Analizę statystyczną przeprowadzono metodą jednokierunkowej wariancji (ANOVA), a średnie rozdzielono za pomocą testu posthoc Tukeya na poziomie istotności $p \leq 0,05$ w programie Statistica ver. Oprogramowanie 13.3 (Tibco Software Inc., Palo Alto, Kalifornia, USA).

WYNIKI I DYSKUSJA

Czynnik klimatyczny odgrywa niewątpliwie istotną rolę w kształtowaniu poziomu uzyskiwanych plonów. Według Gąsiorowskiej i in. [2011] warunki atmosferyczne stanowią kluczowy element determinujący plonowanie roślin uprawnych. Szczególną uwagę zwracają oni na rozkład opadów atmosferycznych w tzw. okresach krytycznych, w których zapotrzebowanie roślin na wodę jest największe. W przypadku ziemniaka za taki okres uważa się fazę zawiązywania bulw oraz ich wzrostu (BBCH 40–49). Również Kalbarczyk [2004] uważa, że wielkość plonu ziemniaka determinowana jest przez warunki glebowe i agrometeorologiczne. Opinię tę podzielają także Głuska [2000] i Płaza [2010], które wskazują na istotną rolę sumy opadów oraz przebiegu temperatury w okresie wegetacji na wielkość pozyskanego plonu. Uważa się, że ziemniak, jako roślina wrażliwa na zmiany wilgotności gleby, najwyższe plony osiąga przy cieplej pogodzie oraz równomiernie rozłożonych, umiarkowanych opadach.

Warunki pogodowe w czasie badań różniły się od średnich ustalonych dla lat 1968–2022 (tab. 1). Rozbieżności dotyczyły zwłaszcza ilości i rozkładu opadów w czasie wegetacji ziemniaka.

Tabela 1. Średnie miesięczne temperatury powietrza i sumy opadów

Table 1. Mean monthly temperature and rainfall sums

Rok/Year	Miesiąc/Month					
	IV	V	VI	VII	VIII	IX
Temperatura/Temperature [°C]						
2023	8,1	13,2	18,7	20,7	19,9	17,0
2024	11,3	16,6	19,1	21,3	20,5	16,1
2025	11,2	12,1	19,0	19,7	18,5	15,2
Średnio/Mean 1968–2022	8,7	14,0	17,3	19,0	18,5	13,9
Opady/Rainfall [mm]						
2023	31,8	23,9	73,4	50,5	144,1	4,7
2024	13,3	27,6	33,8	60,0	127,7	91,7
2025	36,4	55,5	57,3	104,9	38,5	67,0
Średnio/Mean 1968–2022	36,5	57,5	73,2	85,8	70,4	49,9

Tabela 2. Plon ogólny i handlowy bulw ziemniaka (t·ha⁻¹)Table 2. Total and marketable potato yield (t·ha⁻¹)

Zmianowanie/ Crop rotation*	Plon ogólny/Total yield				Plon handlowy/Marketable yield			
	2023	2024	2025	Średnio/ Mean	2023	2024	2025	Średnio/ Mean
1. z-o-g.p.-ż	21,7 a-d	28,9 a-d	32,4 a	27,7 a	19,5 bc	23,2 a-c	30,7 a	24,4 a
2. z-o-ż	18,8 d	18,6 d	25,3 a-d	20,9 bc	17,3 c	17,0 c	23,9 a-c	19,4 ab
3. z-o-ż+M1	20,6 b-d	20,7 b-d	31,1 ab	24,1 a-c	18,0 bc	16,8 c	28,8 ab	21,2 ab
4. z-o-ż+M2	23,1 a-d	22,3 a-d	29,8 a-c	25,0 ab	20,7 a-c	19,8 a-c	28,5 ab	23,0 a
5. z-ż	18,8 d	18,1 d	21,2 b-d	19,4 c	16,4 c	16,8 c	19,9 a-c	17,7 b
6. z-ż+M1	19,3 cd	24,1 a-d	24,0 a-d	22,4 bc	16,7 c	22,0 a-c	22,6 a-c	20,4 ab
7. z-ż+M2	24,1 a-d	26,0 a-d	26,5 a-d	25,5 ab	21,5 a-c	24,5 a-c	24,8 a-c	23,6 a
Średnio/Mean	20,9 b	22,7 b	27,2 a	–	18,6 b	20,0 b	25,6 a	–

*Objaśnienia/Explanations: z – ziemniak/potato, o – owies/oats, g.p. – groch polny/field pea, ż – żyto/winter rye, M1 – międzyplon z gorczycy/mustard catch crop, M2 – międzyplon z roślin bobowatych/legume catch crop

Najbardziej korzystny dla plonowania ziemniaka był rok 2025, który charakteryzował się umiarkowanymi opadami w początkowym okresie jego wzrostu i rozwoju, a także wyższymi ich wartościami w okresie zawiązywania bulw. Największe opady zanotowano w lipcu i były one o 19,1 mm większe od wykazanych dla wielolecia. Na niższe plonowanie ziemniaka w 2023 roku wpływ mogły wywrzeć niewielkie ilości opadów występujące w okresie intensywnego rozwoju jego części nadziemnych. Wyższe, od wieloletnich, temperatury w lipcu 2024 roku w połączeniu z niższymi opadami również wpłynęły ujemnie na wiązanie i formowanie się bulw ziemniaka.

W najbardziej korzystnym dla plonowania 2025 roku, uzyskane plony były istotnie o 30,1 oraz 20,0% większe niż w dwóch wcześniejszych latach (tab. 2). Wykazano, że wraz ze zwiększaniem się udziału ziemniaka w zmianowaniu jego plony zmniejszały się. Najwyższe uzyskano

w płodozmianie czteropolowym i były one istotnie o 32,4% wyższe niż w trójpólówce i o 42,9% od określonych dla dwupólówki. Wyniki badań własnych tylko kierunkiem zmian pokrywają się z wcześniejszymi doniesieniami Wojciechowskiego i in. [2013] oraz Lehmann-Skoczylas [2020]. Pierwsi określili, że w poprawnym przyrodniczo płodozmianie plony były odpowiednio o 5,3 i 9,3% oraz 14,1 i 20,0% wyższe niż w trój- i dwupólówce. Również Wojciechowski i Parylak [2004] wykazali, że plon ziemniaka w trójpólówce był o 10,8%, a w dwupólówce aż o 20,1%, niższy od uzyskanych w płodozmianie typu Norfolk. Tak duże różnice w badaniach własnych mogły wynikać z tego, że tylko w płodozmianie czteropolowym stosowano obornik, a w pozostałych zmianowaniach, przez kilkanaście lat, uprawiane były one bez żadnego nawozu organicznego. Uzyskane wyniki w dwupólówce są natomiast bardziej zbliżone do wyników Bleharczyka i in. [2008], którzy stwierdzili, że to w monokulturze ziemniak plonował o 50,8% mniej niż w poprawnym płodozmianie. O niekorzystnym wpływie upraszczania zmianowania, a szczególnie monokultury, na plonowanie ziemniaka donoszą Rychcik i in. [2004] oraz Jankowska i Szymankiewicz [2004].

Włączenie do zmianowań międzyplonów miało korzystny wpływ na plon ogólny bulw ziemniaka. W zmianowaniu trójpółowym po gorczycy i mieszance grochu polnego z łubinem żółtym wzrósł on odpowiednio o 15,5 i 19,9%, jednak nie były to różnice istotne statystycznie. Podobne wyniki uzyskano dla naprzemiennej uprawy ziemniaka z żytem. Po przyoraniu gorczycy wzrosły one o 15,9%, ale była to różnica nie potwierdzona statystycznie. Istotne zwiększenie plonowania, o 31,9%, określono natomiast po międzyplonie z roślin bobowatych. Należy zauważyć, że po tym elemencie zmianowania plony ziemniaka, ze statystycznego punktu widzenia, zostały zakwalifikowane do tej samej grupy jednorodnej do której należą wartości uzyskane w płodozmianie Norfolkim. Otrzymane wyniki częściowo zbliżone są z doniesieniami Wojciechowskiego i in. [2013], którzy po międzyplonie z gorczycy białej odnotowali wzrostu plonu ziemniaka o 7,9% w zmianowaniu trójpółowym oraz o 6,0% w dwupólówce. Płaza i in. [2009] wykazali natomiast, że średni plon ogólny bulw ziemniaka po gorczycy – zarówno przyoranej jesienią, jak i pozostawionej do wiosny w formie mulczu – był istotnie wyższy w porównaniu do obiektu kontrolnego, odpowiednio o 29,8 i 25,7%.

Najwyższy plon handlowy wykazano w płodozmianie poprawnym przyrodniczo, w którym był on istotnie o 38,1% wyższy niż w dwupólówce okopowo-zbożowej. W zmianowaniu trójpółowym zaobserwowana różnica była nieistotna i wyniosła 26,0%. Lehmann-Skoczylas [2020] wykazała natomiast nieistotne statystycznie różnice pomiędzy jego wartościami uzyskanymi w płodozmianie czteropolowym a pozostałymi zmianowaniami. Rychcik i in. [2004] stwierdzili z kolei, że w płodozmianie bulwy konsumpcyjne stanowiły średnio 91,1% plonu ogólnego, podczas gdy w monokulturze 82,3%.

Rośliny międzyplonowe miały pozytywny wpływ na plon handlowy bulw, każdorazowo powodując jej wzrost. Jednak istotne statystycznie różnice zaobserwowano jedynie w zmianowaniu dwupółowym, w którym po mieszance roślin bobowatych był on o 33,5% większy niż w uprawie bez międzyplonu. Lehmann-Skoczylas [2020] nie udowodniła istotnego wpływu roślin międzyplonowych na omawiana cechę, choć zaobserwowała ona po nich zwiększenie plonu handlowego w zmianowaniach z ich udziałem.

Największą liczbę bulw spod 1 rośliny odnotowano w trzecim roku trwania doświadczenia (tab. 3). Rok wcześniej było ich o 1,47%, a w 2022 istotnie, aż o 26,7% mniej. Na ostateczny poziom plonowania ziemniaka wyraźniejszy wpływ miała jednak masa bulw uzyskanych z pojedynczego krzaka. Upraszczenie zmianowań miało istotny wpływ, zarówno na liczbę jak i masę bulw, które wraz ze wzrostem udziału ziemniaka w zmianowaniu zmniejszały się. W poprawnym przyrodniczo płodozmianie liczba bulw była istotnie o 42,5% większa niż w trójpólówce oraz 54,7% od określonej w zmianowaniu ziemniaka z żytem. Podobnie kształtowała się masa

Tabela 3. Liczba i masa bulw z 1 rośliny
Table 3. Number and weight of tubers per plant

Zmianowanie/ Crop rotation*	Liczba bulw/Number of tubers [szt./pcs]				Masa bulw/Weight of tubers [kg]			
	2023	2024	2025	Średnio/ Mean	2023	2024	2025	Średnio/ Mean
1. z-o-g.p.-ż	10,3 ab	17,1 a	17,1 a	14,9 a	0,53 c-f	0,70 a-d	0,84 a	0,69 a
2. z-o-ż	8,3 b	11,5 ab	11,5 ab	10,4 b	0,46 ef	0,47 d-f	0,53 c-f	0,49 c
3. z-o-ż+M1	8,67 b	11,1 ab	11,1 ab	10,4 b	0,50 c-f	0,49 c-f	0,72 a-c	0,57 bc
4. z-o-ż+M2	12,3 ab	11,5 ab	12,5 ab	12,1 ab	0,51 c-f	0,55 c-f	0,80 ab	0,62 ab
5. z-ż	8,0 b	10,4 ab	10,4 ab	9,6 b	0,34 f	0,45 ef	0,62 a-e	0,47 c
6. z-ż+M1	8,0 b	13,8 ab	14,5 ab	12,1 ab	0,50 c-f	0,60 a-e	0,57 b-f	0,56 bc
7. z-ż+M2	10,7 ab	13,9 ab	13,2 ab	12,6 ab	0,60 a-e	0,63 a-e	0,64 a-e	0,63 ab
Średnio/Mean	9,48 b	12,7 a	12,9 a	–	0,49 c	0,56 b	0,67 a	–

*Objaśnienia jak w tabeli 2/explanations as in table 2

bulw, która była wyższa w płodozmianie w porównaniu do wymienionych zmianowań odpowiednio o 40,8 i 46,8%. Bleharczyk i in. [2008] wykazali, że masa bulw była o 27,3% wyższa w zmianowaniu w porównaniu do monokultury. Istotnie wyższą masę bulw w płodozmianie, średnio o 19,7% większą niż w monokulturze, uzyskali także Rychcik i in. [2004]. Podobne wyniki przedstawili Wojciechowski i in. [2013], choć w ich przypadku zaobserwowane różnice nie były istotne statystycznie. Lehmann-Skoczylas [2020] wykazała istotny wpływ upraszczania zmianowań na liczbę bulw pozyskanych spod jednej rośliny. W czteropolówce było ich odpowiednio o 21,2 oraz 27,3% więcej niż w trój- i dwupółówce.

Przyoranie międzyplonów, w większości przypadków, wpłynęło pozytywnie na liczbę i masę bulw, choć otrzymane różnice nie zawsze były istotne statystycznie. W zmianowaniu trójpółowym po mieszanke łubinu żółtego z grochem polnym liczba bulw była istotnie o 16,3% większa, a ich masa o 26,5% większa niż w uprawie bez tego elementu zmianowania. Również w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem korzystniejsza była mieszanka roślin bobowatych, po której masa bulw wzrosła istotnie o 34,0%. Wojciechowski i Parylak [2004], Turska i in. [2009] oraz Wojciechowski i in. [2013] odnotowali nieistotny wzrost masy bulw pod wpływem międzyplonu. Lehmann-Skoczylas [2020] zaobserwowała natomiast, że po przyoraniu mieszanki strączkowej ilość bulw spod jednej rośliny była o 11,8% większa niż w uprawie bez niej. W płodozmianie z 50% udziałem ziemniaka różnica ta wyniosła 17,7%.

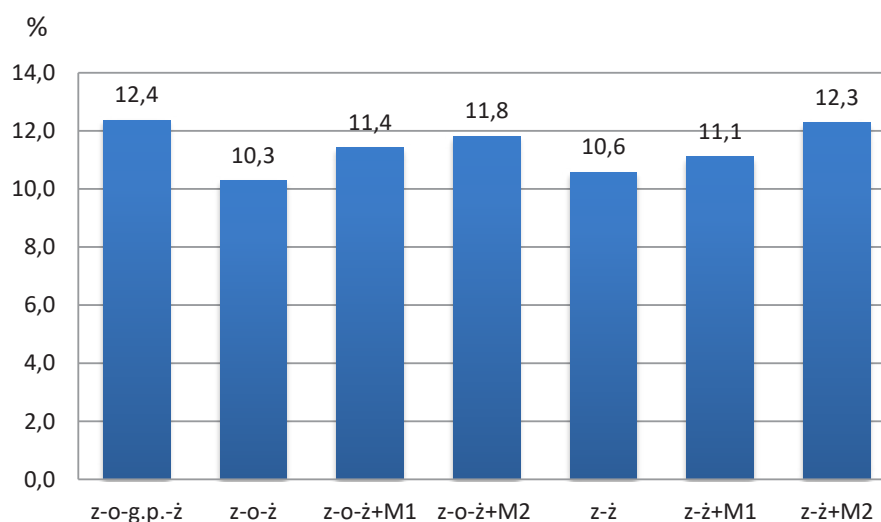
Wskaźnik pokrycia liściowego (LAI), określający stosunek powierzchni liści do gruntu, uważany jest za ważny parametr charakteryzujący łan rośliny uprawnej. Najwyższy indeks powierzchni liścia stwierdzono w zmianowaniu 4-półowym, był on istotnie o 42,9 oraz 39,4% większy od wykazanego dla zmianowania trój- i dwupółowego (tab. 4). Wprowadzenie do uprawy międzyplonów miało pozytywny wpływ na analizowaną cechę, co szczególnie widoczne było po mieszanke bobowatej. W trójpółówce powodowała ona jego wzrost o 43,6%, a w dwupółówce żyta z ziemniakiem o 35,6%.

Najwięcej skrobi w bulwach ziemniaka wykazano w poprawnym przyrodniczo płodozmianie, o 2,1 pkt.% niż w trójpółówce i 1,8 pkt.% w dwupółówce (rys. 1). O istotnym wpływie płodozmiannu na kształtowanie się omawianej cechy donoszą także Rychcik i in. [2004]. Wykazali oni, że średnia zawartość skrobi w ziemniaku uprawianym w płodozmianie wynosiła 13,6% i była istotnie o 0,4 pkt.% większa od uzyskanej z monokultury. Również Bleharczyk i in. [2008]

Tabela 4. Wielkość wskaźnika powierzchni liści w łanie ziemniaka ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$)Table 4. Leaf area index in the potato canopy ($\text{m}^2 \cdot \text{m}^{-2}$)

Zmianowanie/ Crop rotation*	Wskaźnik LAI/Indeks LAI			
	2023	2024	2025	Średnio/Mean
1. z-o-g.p.-ż	2,25 a-d	1,97 a-g	2,48 ab	2,23 a
2. z-o-ż	1,60 d-g	1,63 d-g	1,46 fg	1,56 c
3. z-o-ż+M1	1,81 c-g	1,94 a-g	1,82 b-g	1,85 c
4. z-o-ż+M2	2,33 a-c	2,14 a-e	2,42 a-d	2,24 a
5. z-ż	1,42 g	1,56 e-g	1,82 b-g	1,60 c
6. z-ż+M1	1,59 d-g	2,06 a-g	1,96 a-g	1,87 bc
7. z-ż+M2	1,83 b-g	2,09 a-f	2,58 a	2,17 ab
Średnio/Mean	1,83 b	1,91 ab	2,05 a	–

*Objaśnienia jak w tabeli 2/explanations as in table 2



Objaśnienia/Explanations: z – ziemniak/potato, o – owies/oats, g.p. – groch polny/field pea, ż – żyto/winter rye, M1 – międzyplon z gorczycy/mustard catch crop, M2 – międzyplon z roślin bobowatych/legume catch crop

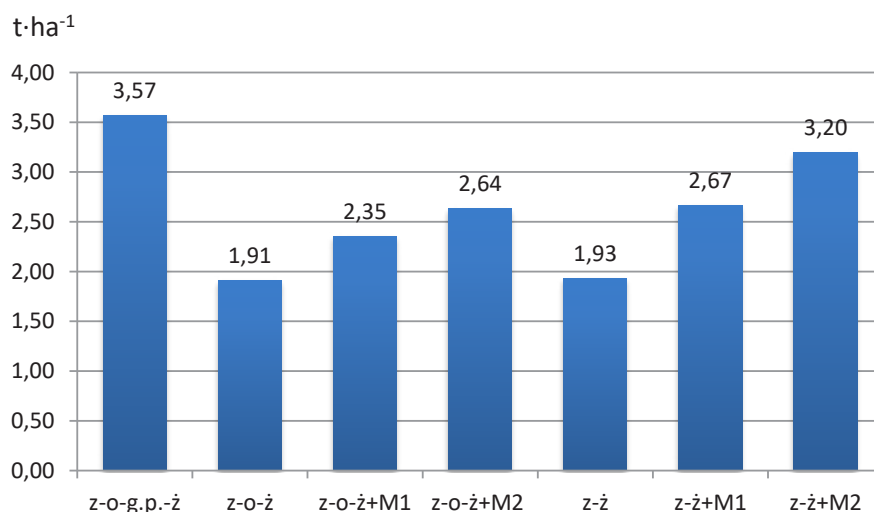
Rys. 1. Zawartość skrobi [%] (średnie z lat 2023–2025)

Fig. 1. Starch content [%] (averages from 2023–2025)

obserwowali wzrost zawartości skrobi w płodozmianie względem monokultury, jednak różnica ta nie była istotna statystycznie. Także Wojciechowski i in. [2013] nie stwierdzili istotnego wpływu upraszczania zmianowań na udział skrobi w bulwach. Odmienne wyniki uzyskali Waclawowicz i in. [2006]. Wykazali on, że ziemniak uprawiany w monokulturze charakteryzował się istotnie wyższą zawartością skrobi, w porównaniu ze zmianowaniem dwupolowym oraz płodozmianem norfolkskim (odpowiednio o 0,88 i 1,64 pkt. %).

Wprowadzenie do uprawy międzyplonów wpłynęło korzystnie na zwiększenie zawartość skrobi w bulwach. Lepsza pod tym względem okazała się mieszanka roślin bobowatych, po której w zmianowaniu trójpolewym było jej istotnie o 1,5, a w przemiennej uprawie ziemniaka z żytem o 1,7 pkt.% więcej. Podobną tendencję zaobserwowała Lehmann-Skoczylas [2020], która wykazała po nim wzrost jej zawartości o 0,4 i 0,5 pkt% w zmianowaniu trój- i dwupolewym. W badaniach Parylak i Tendziagolskiej [2001] oraz Wojciechowskiego i in. [2013] nie stwierdzono z kolei istotnego wpływu przyorywania międzyplonów na zawartość skrobi.

Udowodniono, że największy wpływ na plon skrobi wywierał poziom jego plonowania (rys. 2). Najwyższy wykazano w płodozmianie typu Norfolk, istotnie aż o 86,9 oraz 85,0% wyższy od stwierdzonego w trójpolewce i dwupolewce ziemniaka z żytem. Lehmann-Skoczylas [2020] w płodozmianie przyrodniczo poprawnym zaobserwowała, że był on tylko o 17,1 oraz 18,3% wyższy od określonego w zmianowaniu trój- i dwupolewym. Rychcik i in. [2004] w monokulturowej uprawie ziemniaka zanotowali o 38,2% niższy plon skrobi od wykazanego w płodozmianie. Również Wojciechowski i in. [2013] stwierdzili, że wraz z upraszczaniem zmianowań zmniejsza się plon skrobi, jednak różnice te nie były istotne statystycznie.



Objaśnienia jak na rys. 1/explanations as in Fig. 1

Rys. 2. Plon skrobi [t·ha⁻¹] (średnie z lat 2023–2025)

Fig. 2. Starch yield [t·ha⁻¹] (averages from 2023–2025)

Włączenie do zmianowań międzyplonów miało korzystny wpływ na plon skrobi ziemniaka, choć obserwowane różnice nie były istotne statystycznie. Badania własne znajdują potwierdzenie w doniesieniach Wojciechowskiego i in. [2013], którzy również nie wykazali istotnego wpływu na analizowaną cechę. Innego zdania jest Lehmann-Skoczylas [2020] według której międzyplony wywierają istotny wpływ na plon skrobi. Autorka po gorczycy białej w zmianowaniu trój- i dwupolewym obserwowała wzrost wspomnianego parametru o 10,1 i 11,7%. Po mieszance grochu z łubinem wykazane różnice wynosiły analogicznie 18,6 i 19,3%.

WNIOSKI

1. Plonowanie ziemniaka było w dużej mierze zależne od warunków meteorologicznych panujących w poszczególnych latach trwania doświadczenia polowego.
2. Wzrost udziału ziemniaka w strukturze zasiewów prowadził do obniżenia jego plonowania oraz pogorszenia parametrów jakościowych bulw.
3. Wprowadzenie do uproszczonych zmianowań międzyplonów przyczyniło się do zwiększenia plonowania ziemniaka. Korzystniejsza pod tym względem okazała się mieszanka roślin bobowatych, po której uzyskany plon kształtował się na podobnym poziomie jak w płodozmianie poprawnym przyrodniczo, w którym stosowano pełną dawkę obornika.

PIŚMIENNICTWO

- Abdollahi M., Soleymani A., Shahrajabian M.H. 2018. Evaluation of yield and some of physiological indices of potato cultivars in relation to chemical, biologic and manure fertilizers. *Cercetari Agronomice in Moldova* 2(174): 53–66.
- Ahmed A.A., Zaki M.F., Shafeek M.R., Helmy Y.I. El-Baky M.M.H.A. 2015. Integrated use of farm yard manure and inorganic nitrogen fertilizer on growth, yield and quality of potato (*Solanum tuberosum* L.). *Int. J. Curr. Microbiol. App. Sci.* 4(10): 325–349.
- Balemi T. 2012. Effect of integrated use of cattle manure and inorganic fertilizers on tuber yield of potato in Ethiopia. *J. Soil Sci. Plant Nutr.* 12(2): 257–265.
- Bender S.F., Wagg C., van der Heijden M.G.A. 2016. An underground revolution: biodiversity and soil ecological engineering for agricultural sustainability, *Trends Ecol. Evolution* 31(6): 440–452. Doi: 10.1016/j.tree.2016.02.016.
- Blecharczyk A., Małecka I., Piechota T., Sawinska Z. 2008. Wpływ następstwa roślin i nawożenia na plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka odmiany Sante. *Acta Sci. Pol., Agricultura* 7(3): 13–19.
- Castellazzi M.S., Wood G.A., Burgess P.J., Morris J., Conrad K.F., Perry J.N. 2008. A systematic representation of crop rotations. *Agric. Syst.* 97(1–2): 26–33.
- Cieciura-Olczyk M., Prośba-Białczyk U. 2018. Naturalne i organiczne nawożenie ziemniaka jadalnego. *Ziemn. Pol.* 28(3): 19–24.
- Gąsiorowska B., Koc G., Buraczynska D., Struk K. 2011. Wpływ warunków pogodowych na plonowanie zbóż uprawianych w Rolniczej Stacji Doświadczalnej w Zawadach. *Infrastrukt. Ekol. Teren. Wiej. PAN* 6: 91–99.
- Jadczyszyn J. 2022. Ocena rolnictwa na obszarach problemowych w Polsce. Monografie i Rozprawy Naukowe IUNG-PIB 65, ss. 116.
- Jankowska D., Szymankiewicz K. 2004. Plonowanie ziemniaka w płodozmianie i monokulturze w warunkach zróżnicowanej uprawie roli. *Ann. UMCS, Sect. E.* 59(2): 989–994.
- Jaśkiewicz B. 2020. Wpływ zmianowania i technologii produkcji na plonowanie wybranych odmian pszenżyta ozimego. *Agron. Sci.* 75(4): 39–49.
- Kalbarczyk R. 2004. Czynniki agrometeorologiczne a plony ziemniaka w różnych rejonach Polski. *Acta. Agrophys.* 4(2): 339–350.
- Kołodziejczyk M., Szmigiel A., Kielbasa S. 2007. Plonowanie oraz skład chemiczny bulw ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia. *Fragm. Agron.* 24(2): 142–150.
- Kuś J. 2015. Znaczenie płodozmianu we współczesnym rolnictwie. *Studia Raporty IUNG-PIB* 43(17): 65–87.
- Larkin R.P., Honeycutt C.W., Griffin T.S., Olanya O.M., Halloran J.M., He Z. 2011. Effects of different potato cropping system approaches and water management on soilborne diseases and soil microbial communities. *Phytopathology* 101(1): 58–67. Doi: 10.1094/PHYTO-04-10-0100.
- Larkin R.P., Honeycutt C.W., Griffin T.S., Olanya O.M., He Z. 2021. Potato growth and yield characteristics under different cropping system management strategies in northeastern U.S. *Agronomy* 11(1), 165. Doi: 10.3390/agronomy11010165.

- Lehmann-Skoczylas A. 2020. Rola międzyplonów w różnych zmianowaniach na glebie lekkiej. Praca doktorska, UP Wrocław, ss. 103.
- Mohr R.M., Volkmar K., Derksen D.A., Irvine R.B., Khakbazan M., McLaren D.L., Monreal M.A., Moulin A.P., Tomasiewicz D.J. 2011. Effect of rotation on crop yield and quality in an irrigated potato system. *Am. J. Potato Res.* 88: 346–359. Doi: 10.1007/s12230-011-9200-9.
- Najm A.A., Hadi M.R.H.S., Fazeli F., Darzi M.T., Rahi A. 2012. Effect of integrated management of nitrogen fertilizer and cattle manure on the leaf chlorophyll, yield and tuber glycoalkaloids of Agria potato. *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 43: 912–923.
- Parylak D., Tendziagolska E. 2001. Reakcja ziemniaka na długotrwałą uprawę w płodozmianach specjalistycznych. *Zesz. Nauk. AR Wrocław, Rolnictwo* 80: 153–159.
- Pikuła D. 2019. Praktyki zapobiegające stratom węgla organicznego z gleby. *Studia Raporty IUNG-PIB* 59(13): 77–91.
- Plaża A. 2010. Międzyplony ścierniskowe alternatywną formą nawożenia w integrowanej uprawie ziemniaka. *Biul. IHAR* 257/258: 129–136.
- Plaża A., Ceglarek F., Próchnicka M. 2009. Wpływ międzyplonów na plon i strukturę plonu bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 26(3): 137–145.
- Plaża A., Makarewicz A. 2014. Wartość konsumpcyjna ziemniaków nawożonych wsiewkami międzyplonowymi w integrowanym i ekologicznym systemie produkcji. *Ziemn. Pol.* 4: 15–18.
- Plaża A., Makarewicz A., Gąsiorowska B., Cybulska A. 2016. Wpływ warunków pogodowych i nawożenia wsiewką międzyplonową na plon i skład chemiczny bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 33(4): 87–96.
- Qin J., Bian Ch., Duan S., Wang W., Li G., Jin L. 2022. Effects of different rotation cropping systems on potato yield, rhizosphere microbial community and soil biochemical properties. *Front Plant Sci.* 13, 999730. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.999730>.
- Rychcik B., Tyburski J., Zawislak K. 2004. Kształtowanie się plonu i jakości bulw ziemniaka pod wpływem zmianowania i ochrony roślin. *Ann. UMCS, sect. E* 59(3): 1283–1288.
- Simão L.M., Peterson D., Roozeboom K.L., Rice C.W., Du J., Lin X., Lollato, R.P. 2023. Crop rotation and tillage impact yield performance of soybean, sorghum, and wheat. *Agron. J.* 115: 658–673. <https://doi.org/10.1002/agj2.21237>.
- Smreczak B., Ochal P., Siebielec G. 2020. Wpływ zakwaszenia na funkcje gleb oraz wyznaczanie obszarów ryzyka na użytkach rolnych w Polsce. *Studia Raporty IUNG-PIB* 64(18): 31–47.
- Turska E., Wielogórska G., Rymuza K. 2009. Oddziaływanie wybranych czynników agrotechnicznych na jakość bulw ziemniaka. *Fragm. Agron.* 26(3): 156–161.
- Wacławowicz R., Zimny L., Oliwa T. 2006. Wpływ uprawy ziemniaka w wieloletniej monokulturze i płodozmianach specjalistycznych na jakość bulw. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 511: 255–264.
- Wang X., Duan Y., Zhang J., Ciampitti I.A., Cui J., Qiu S., Xu X., Zhao S., He P. 2022. Response of potato yield, soil chemical and microbial properties to different rotation sequences of green manure-potato cropping in North China. *Soil Till. Res.* 217, 105273. <https://doi.org/10.1016/j.still.2021.105273>.
- Wojciechowski W., Lehmann A., Wacławowicz R. 2013. Reakcja ziemniaka na uproszczenia w zmianowaniu. *Fragm. Agron.* 30(4): 181–188.
- Wojciechowski W., Parylak D. 2004. Oddziaływanie przyorywanego międzyplonu ścierniskowego na plonowanie ziemniaka w płodozmianach specjalistycznych. *Ann. UMCS, sect. E* 59(3): 1121–1128.
- Woźniak A. 2019. Effect of crop rotation and cereal monoculture on the yield and quality of winter wheat grain and on crop infestation with weeds and soil properties. *Int. J. Plant Prod.* 13: 177–182.
- Zhao J., Yang Y., Zhang K., Jeong J., Zeng Z., Zang H. 2020. Does crop rotation yield more in China? A meta-analysis. *Field Crops Res.* 245, 107659. <https://doi.org/10.1016/j.fcr.2019.107659>.
- Zhou H.L., Peng Y.L., Li T., Xie Y.F., Tang L.M., Wang R., Xiong X.Y., Wang W.X., Hu X.X. 2019. Effects of potato continuous cropping on soil physicochemical and biological properties. *J. Hunan Agric. Univ. (Nat. Sci.)* 45: 611–616.

A. LEHMANN-SKOCZYLAS, W. WOJCIECHOWSKI

THE EFFECT OF CROP ROTATION ON THE YIELD OF POTATO *SOLANUM TUBEROSUM* L.**Summary**

In the years 2023–2025 a single-factor field experiment was conducted at the Research and Education Station in Swojczyce, belonging to the Wrocław University of Environmental and Life Sciences. It was established using a randomized block design with three replications on light soil. The experimental factor was the varying share of potato in the crop rotation and the presence or absence of a catch crop. Seven crop rotations were evaluated: 1) potato⁺⁺ – oats – field peas – rye, 2) potato – oats – rye, 3) potato – oats – rye + mustard catch crop, 4) potato – oats – rye + legume catch crop, 5) potato – rye, 6) potato – rye + mustard catch crop and 7) potato – rye + legume catch crop. White mustard or a mixture of legume species consisting of field pea and yellow lupine were used as catch crops and left in the field until the following spring. It was shown that neglecting the principles of proper crop rotation resulted in a decrease in yield as well as a reduction in the number and weight of tubers. The highest total yield was recorded in the four-field crop rotation, where it was 32.4 and 42.9% higher than in the three-field crop rotation and the potato – rye rotation, respectively. The catch crops used in the experiment had a beneficial effect on the tested parameters. The legume mixture proved to be more effective in this regard, with the yield obtained being comparable to that obtained in the Norfolk crop rotation.

Key words: catch crop, potato, crop rotation

Zaakceptowano do druku – *Accepted for print*: 27.10.2025

Do cytowania – *For citation*:

Lehmann-Skoczylas A., Wojciechowski W. 2025. Wpływ zmianowań na plonowanie ziemniaka *Solanum tuberosum* L. *Fragm. Agron.* 42(2): 10–20.