

## DIFFERENTIATION OF PROFITABILITY OF TRADITIONAL AND INNOVATIVE POTATOES CULTIVATION IN POLAND

### ZRÓŻNICOWANIE OPŁACALNOŚCI TRADYCYJNEJ I INNOWACYJNEJ UPRAWY ZIEMNIAKÓW W POLSCE

MARIUSZ MACIEJCZAK  
TADEUSZ FILIPIAK  
BARBARA GOŁĘBIEWSKA  
JANUSZ URBANOWICZ  
JERZY OSOWSKI  
KRZYSZTOF TREDER

**Citation / Cytowanie:** Maciejczak, M., Filipiak, T., Gołębiewska, B., Urbanowicz, J., Osowski, J., & Treder, K. (2023). Differentiation of Profitability of Traditional and Innovative Potatoes Cultivation in Poland / Zróżnicowanie opłacalności tradycyjnej i innowacyjnej uprawy ziemniaków w Polsce. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 377(4), 70–85. <https://doi.org/10.30858/zer/177251>

#### Funding statement

The work received funding from the National Center for Research and Development as part of the project: potatoMETABiome (Harnessing the potato-microbiome interactions for development of sustainable breeding and production strategies) implemented in the SusCrop-ERA-NET program.

#### Oświadczenie o dofinansowaniu

Praca otrzymała dofinansowanie z Narodowego Centrum Badań i Rozwoju w ramach projektu: potatoMETABiome (Harnessing the potato-microbiome interactions for development of sustainable breeding and production strategies) realizowanego w programie SusCrop- ERA-NET.

Mariusz Maciejczak, PhD, DSc, Assoc. Prof. of Warsaw University of Life Sciences; ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warsaw, Poland ([mariusz\\_maciejczak@sggw.edu.pl](mailto:mariusz_maciejczak@sggw.edu.pl)). <https://orcid.org/0000-0002-0630-5628>  
Tadeusz Filipiak, PhD, Warsaw University of Life Sciences; ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warsaw, Poland ([tadeusz\\_filipiak@sggw.edu.pl](mailto:tadeusz_filipiak@sggw.edu.pl)). <https://orcid.org/0000-0002-9397-7595>  
Barbara Gołębiewska, PhD, DSc, Assoc. Prof. of Warsaw University of Life Sciences; ul. Nowoursynowska 166, 02-787 Warsaw, Poland ([barbara\\_golebiewska@sggw.edu.pl](mailto:barbara_golebiewska@sggw.edu.pl)). <https://orcid.org/0000-0003-4073-5274>  
Janusz Urbanowicz, DEng, Plant Breeding and Acclimatization Institute National Research Institute, Bonin Division; ul. Bonin 3, 76-009 Bonin, Poland ([j.urbanowicz@ihar.edu.pl](mailto:j.urbanowicz@ihar.edu.pl)). <https://orcid.org/0000-0001-9007-0333>  
Jerzy Osowski, PhD, Plant Breeding and Acclimatization Institute National Research Institute, Bonin Division; ul. Bonin 3, 76-009 Bonin, Poland ([j.osowski@ihar.edu.pl](mailto:j.osowski@ihar.edu.pl)). <https://orcid.org/0000-0002-4618-9991>  
Krzysztof Treder, PhD, DSc, Plant Breeding and Acclimatization Institute National Research Institute, Bonin Division; ul. Bonin 3, 76-009 Bonin, Poland ([k.treder@ihar.edu.pl](mailto:k.treder@ihar.edu.pl)). <https://orcid.org/0000-0002-8764-0574>

## Abstract

*The aim of the research was to determine the costs and profitability of traditional and innovative potatoes cultivation in Poland. The experimental field trials of selected potato varieties in various variants were carried out between 2021 and 2022. The applied variants of experiments included potatoes cultivation according to traditional and innovative methods, i.e. in commercial conditions (high intensity of inputs and costs, including fertilization with mineral fertilizers and synthetic plant protection products) and in the absence of fertilization and plant protection, or only with the use of interaction with beneficial microorganisms. For economic calculations, there were applied methods of profitability of potatoes production for the evaluation of various production variants, calculation of production costs and assessment of production profit. The research material consisted of the results of field experiments carried out as part of the international PotatoMETABIOME project for 11 potato varieties and six variants of the experiment in fields located in the north of Poland. Based on the research, it was found that the average potatoes production costs in 2021 and 2022 decreased for traditional variants and increased for innovative variants. In 2021, the lowest production costs were for the variant without fertilization and plant protection products and innovative variants. In turn, in 2022, the lowest production costs were for traditional variants, i.e., with fertilization and protection, and without fertilization with protection, as well as with fertilization and without chemical protection, and without fertilization and without chemical protection. In all years under consideration and for all variants, potatoes cultivation was profitable. The potatoes production profitability ratios during the years under analysis decreased for innovative variants, while they increased for variants with intensive production. It was found that an innovative strategy of potatoes production with the use of beneficial microorganisms may be an economically justified alternative to changing production, market, and political conditions.*

**Keywords:** potato, beneficial microorganisms, production costs, production profitability.

**JEL codes:** Q12, D24, D24.

## Abstrakt

*Celem badań było określenie kosztów i oplacalności tradycyjnej oraz innowacyjnej uprawy ziemniaków w Polsce. W tym celu wykorzystano eksperymentalne badania polowe wybranych odmian ziemniaków w różnych wariantach przeprowadzone w latach 2021–2022. Warianty doświadczeń obejmowały uprawę ziemniaków według tradycyjnych oraz innowacyjnych metod, tj. w warunkach komercyjnych (duża intensywność nakładów i kosztów, w tym nawożenie nawozami mineralnymi oraz syntetycznymi środkami ochrony roślin) oraz przy braku nawożenia i ochrony roślin lub jedynie przy wykorzystaniu interakcji z pożytecznymi mikroorganizmami. W pracy wykorzystano metody oceny oplacalności produkcji ziemniaków dla różnych wariantów produkcji, kalkulacji kosztów produkcji oraz ocenę zyskowności produkcji. Materiał badawczy stanowiły wyniki badań eksperymentów polowych przeprowadzonych w ramach międzynarodowego projektu PotatoMetaBiome dla jedenastu odmian ziemniaków oraz sześciu wariantów doświadczenia na polach zlokalizowanych na północy Polski. Na podstawie badań stwierdzono, że średnie koszty produkcji ziemniaków w latach 2021–2022 zmniejszyły się dla wariantów tradycyjnych, a zwiększyły dla wariantów innowacyjnych. W 2021 r. najniższe koszty produkcji były dla wariantu bez nawożenia i środków ochrony roślin oraz wariantów innowacyjnych. Z kolei w 2022 r. najniższe koszty produkcji były dla wariantów tradycyjnych, czyli z nawożeniem i ochroną oraz bez nawożenia z ochroną oraz z nawożeniem i bez ochrony chemicznej, a także bez nawożenia i bez ochrony chemicznej. We wszystkich latach, a także dla wszystkich wariantów uprawa ziemniaków była oplacalna. Natomiast wskaźniki oplacalności produkcji ziemniaków w badanych latach zmniejszyły się dla wariantów innowacyjnych, natomiast zwiększyły dla wariantów z intensywną produkcją. Stwierdzono, że innowacyjna strategia produkcji ziemniaka z wykorzystaniem pożytecznych mikroorganizmów może być ekonomicznie uzasadnioną alternatywą wobec zmieniających się uwarunkowań produkcyjnych, rynkowych i politycznych.*

**Słowa kluczowe:** ziemniak, mikroorganizmy pożyteczne, koszty produkcji, oplacalność produkcji.

**Kody JEL:** Q1, Q12, D24.

## Introduction

Ensuring that humanity has access to sufficient food at all times is one of the most important challenges nowadays. As Vågsholm et al. (2020) point out, the society needs to make the right trade-offs between sustainability, food safety, safe food and better use of already produced food. Given the depletion of natural resources, the world will need to meet this demand more efficiently (Ritchie et al., 2022). According to Raworth (2018) as well as Betz et al. (2023), one of the main accelerators of change is scientific progress effectively transferred to economic practice. At the same time, scientists themselves emphasize the leading role of innovations based on solutions derived from nature, even speaking of a nature-based economy (Chami et al., 2022; Maciejczak, 2023). Therefore, the main effort, primarily in the field of biotechnology, is the development of the new varieties of crops with increased resistance to diseases and pests, greater tolerance to drought, better nutritional value by introducing desirable traits through conventional breeding or genetic modification (Abdul Azis et al., 2022; van Esse et al., 2019; Qaim, 2020). The important role of beneficial microorganisms is also indicated with regard to support plant growth and yield of agricultural crops under normal and stress conditions (Kumar & Verma, 2019). Studies show that the most intense interactions between beneficial microbes occur in the rhizosphere, which is the plane between plant roots and soil (Morrissey et al., 2004).

A review of the literature on identifying the economic, social, and environmental effects of interactions between crops and beneficial microorganisms identified interaction effects of high importance. From an economic point of view, the most important effects are the increase in resistance and yield along with the reduction of costs and the reduction of biotic and abiotic stress (Abdul Aziz et al., 2022). From a societal point of view, the most important implication is the production of healthier food (Petrescu et al., 2020), a cleaner environment, and a resilient ecosystem (El Bilali et al., 2021). The society needs agriculture that is resilient to future changes and follows the sustainable development approach (Struik & Kuyper, 2017). In turn, from the environmental point of view, the most important effects are the increase in soil fertility and biodiversity (Furey & Tilman, 2021; Megharaj et al., 2017; Sofu et al., 2020) and the possibility of bioremediation (Raffa & Chiampo, 2021). The analysis of the interaction of the effects indicated the main role of economic factors. However, they will be conditioned by the occurrence of social

## Wstęp

Zapewnienie ludzkości stałego dostępu do wystarczającej ilości żywności jest jednym z najważniejszych wyzwań, przed którymi staje obecnie. Jak wskazuje Vågsholm i in. (2020), społeczeństwo musi znaleźć właściwe kompromisy między zrównoważonym rozwojem, bezpieczeństwem żywności, bezpieczną żywnością oraz lepszym wykorzystywaniem już wyprodukowanej żywności. Biorąc pod uwagę wyczerpywanie się zasobów naturalnych, świat będzie musiał bardziej efektywnie zaspokajać zapotrzebowanie (Ritchie i in., 2022). Zdaniem Raworth (2018) oraz Betz i in. (2023) jednym z głównych akceleratorów zmian jest postęp naukowy efektywnie transferowany do praktyki gospodarczej. Jednocześnie sami naukowcy podkreślają wiodącą rolę innowacji opartych na rozwiązaniach pochodzących z przyrody, mówiąc wręcz o ekonomii opartej na naturze (Chami i in., 2022; Maciejczak, 2023). Dlatego głównym wysiłkiem, przede wszystkim w dziedzinie biotechnologii, jest rozwój nowych odmian roślin uprawnych o zwiększonej odporności na choroby i szkodniki, większej tolerancji na suszę, lepszej wartości odżywczej, wprowadzając pożądaną cechy poprzez konwencjonalną hodowlę lub modyfikacje genetyczne (Abdul Azis i in., 2022; van Esse i in., 2019; Qaim, 2020). Wskazuje się także na dużą rolę pożytecznych drobnoustrojów, które są wykorzystywane do wspomaganie wzrostu roślin i plonowania upraw rolnych w warunkach normalnych i stresowych (Kumar i Verma, 2019). Z badań wynika, że najbardziej intensywne interakcje między pożytecznymi drobnoustrojami zachodzą w ryzosferze, która jest płaszczyzną między korzeniami roślin a glebą (Morrissey i in., 2004).

Z przeglądu literatury dotyczącej identyfikacji ekonomicznych, społecznych i środowiskowych efektów interakcji pomiędzy roślinami uprawnymi a pożytecznymi mikroorganizmami określono efekty interakcji o dużym znaczeniu. Z ekonomicznego punktu widzenia najważniejszymi efektami są wzrost odporności oraz plonowania wraz z redukcją kosztów i zmniejszeniem stresu biotycznego i abiotycznego (Abdul Aziz i in., 2022). Ze społecznego punktu widzenia najważniejszą implikacją jest produkcja zdrowszej żywności (Petrescu, i in. 2020), czystsze środowisko oraz odporny ekosystem (El Bilali i in., 2021). Społeczeństwo potrzebuje rolnictwa, które wykazuje odporność na przyszłe zmiany, oraz zrównoważonego rozwoju (Struik i Kuyper, 2017). Z kolei ze środowiskowego punktu widzenia najważniejszymi skutkami są wzrost żywności i różnorodności biologicznej gleb (Furey i Tilman, 2021; Megharaj



effects, and the environmental effects will only support these processes (Maciejczak & Filipiak, 2020).

Innovative economic solutions based on nature can be used in every area of agricultural production. Currently, they are most often implemented in the field of plant production. This is also facilitated by changes in agricultural policy. The Farm to Fork Strategy of the European Union (EU) assumes a reduction in the use of synthetic means for agricultural production by as much as 50% by 2030 (Maciejczak, 2023). Potatoes, along with maize, wheat, and rice, are the most widespread food source for the world's population (FAO, 2022; Zhang et al., 2017). The largest acreage is in Asia and Europe, which accounts for over 80% of the world's area, but the production of potatoes in Europe is limited and in Asia it is increased (Dzwonkowski, 2017).

In recent years, changes have been observed in the area and production of potatoes on the world market. Potatoes cultivation concentration processes occurred in all EU countries. In most EU countries, there was a decrease in the area of cultivation, which was compensated by an increase in yields. In Poland, the changes were much greater (decreases) than in the EU countries, but still, despite the concentration processes, the average cultivation area and yields were much lower than in western European countries (mainly Belgium, France, Germany, and the Netherlands) (European Commission [EC], 2023).

Research by Tefera (2019) shows that the profitability of potato production comes from the use of improved varieties and improved cultivation practices, which allows farmers to obtain higher prices. This results in higher commercial yields, which is of great importance for higher profitability of production (Mystkowska, Zarzecka, Baranowska et al., 2022). Baranowska et al. (2017) found that in Poland, despite the decreasing cultivation area, potatoes occupy and will occupy an important position in the crop structure. However, price fluctuations mean that even with very intensive production, it is difficult to avoid significant differences in the level of income obtained.

Depending on the region, access to crop irrigation systems and improved seed stock is also an important aspect (Kebede et al., 2017). This is related to management skills in the field of cultivation practices, proper allocation of inputs and available resources (Bajracharya & Sapkota, 2017; Maciejczak, 2022).

As research also shows that soil microorganisms play a huge role in the development of plants (Kucharska & Wachowska, 2014). Smolińska (2019) found that microorganisms located in the root zone (rhizosphere) play an important role

i in., 2017; Sofó i in., 2020) oraz możliwość bioremediacji (Raffa i Chiampo, 2021). Analiza wzajemnych oddziaływań efektów wskazała na główną rolę czynników ekonomicznych, niemniej jednak uwarunkowane one będą występowaniem efektów społecznych, a efekty środowiskowe będą jedynie wspierać te procesy (Maciejczak i Filipiak, 2020).

Innowacyjne rozwiązania gospodarze oparte na naturze można stosować w każdym obszarze produkcji rolnej. Obecnie wdrażane są najczęściej w zakresie produkcji roślinnej. Sprzyjają temu także zmiany polityki rolnej. Strategia „Od pola do stołu” Unii Europejskiej (UE) zakłada zmniejszenie stosowania syntetycznych środków do produkcji rolnej do 2030 r. aż o 50% (Maciejczak, 2023). Ziemniaki wraz z kukurydzą, pszenicą i ryżem są najbardziej rozpowszechnionym źródłem pożywienia ludności świata (FAO, 2022; Zhang i in., 2017). Największe areale znajdują się w Azji i Europie, na które przypada ponad 80% światowej powierzchni, jednak produkcja ziemniaków w Europie jest ograniczana, a w Azji zwiększana (Dzwonkowski, 2017).

W ostatnich latach zaobserwowano zmiany w powierzchni i produkcji ziemniaków na światowym rynku. We wszystkich krajach UE występowały procesy koncentracji uprawy ziemniaków. W większości krajów UE miało miejsce zmniejszenie powierzchni upraw, przy czym on był rekompensowany wzrostem plonów. W Polsce zmiany były znacznie większe (spadki) niż w krajach UE, ale nadal pomimo procesów koncentracji przeciętna powierzchnia uprawy oraz plony były znacznie niższe niż w krajach Europy Zachodniej (głównie Belgii, Francji, Niemczech oraz Holandii) (European Commission [EC], 2023).

Badania Tefery (2019) wskazują, że opłacalność produkcji ziemniaków wynika ze stosowania ulepszonych odmian i ulepszonych praktyk uprawowych, co umożliwi rolnikom uzyskiwanie wyższych cen. Skutkuje to uzyskiwaniem wyższych plonów handlowych, co ma duże znaczenie dla wyższej opłacalności produkcji (Mystkowska, Zarzecka, Baranowska i in., 2022). Baranowska i in. (2017) stwierdzili, że w Polsce pomimo zmniejszającego się arealu uprawy ziemniaki zajmują i będą zajmowały ważną pozycję w strukturze upraw. Jednak wahania cen sprawiają, że nawet przy bardzo intensywnej produkcji trudno uniknąć znacznych różnic w poziomie uzyskiwanych dochodów.

W zależności od regionu ważnym aspektem jest także dostęp do systemów nawadniania upraw i ulepszanego materiału sadzeniakowego (Kebede i in., 2017). Oczywiście jest to związane z umiejętnościami zarządczymi w zakresie praktyk uprawowych, właściwej alokacji nakładów i dostępnych zasobów (Bajracharya i Sapkota 2017; Maciejczak, 2022).

in the development of plants and limiting the development of pests and pathogens. They stimulate the growth and yield of crops (Koskey et al., 2021; Sas-Paszt, 2017). Due to the importance of factors related to the positive interactions between the potato and the microbiome, it is extremely important to assess the economic and viability of new crop production technologies. As indicated by Treder (2019), plants whose roots and green part are inhabited both on the surface and inside the tissues by such microorganisms, more effectively absorb nutrients from the soil and show a higher overall resistance to abiotic stresses and pathogen attack.

The significant increase in land productivity achieved in recent years through greater use of industrial means of production, as reported by Zegar (2023), is encountering increasing resistance due to environmental changes. It is therefore necessary to change agricultural technologies towards sustainable production. Therefore, the use of microorganisms can be an important aspect of the development of sustainable plant production, replacing the chemicals used so far (Kuźniar et al., 2021). However, from the economic point of view, the use of such preparations must be profitable for the agricultural producer to be willing to use them.

## Materials and Methods

The aim of the study was to determine the costs and profitability of traditional and innovative (using microorganisms) potatoes cultivation technologies in Poland. The study uses data from the results of field experiments related to the cultivation of potatoes carried out in commercial conditions and using interactions with beneficial microorganisms. The data obtained are the first of the research conducted as part of the international interdisciplinary PotatoMETABiome project and are of preliminary character. The collected results (the seventh Technology Readiness Level) allowed for the analysis of production costs and production profitability of various variants of potatoes cultivation. The research was carried out between 2021 and 2022 at the Plant Breeding and Plant Acclimatization Institute National Research Institute (IHAR PIB) in Bonin Division.

Jak wskazują badania, ogromne znaczenie w rozwoju roślin odgrywają mikroorganizmy glebowe (Kucharska i Wachowska, 2014). Smolińska (2019) stwierdziła, że istotną rolę w rozwoju roślin oraz ograniczaniu rozwoju szkodników i patogenów odgrywają mikroorganizmy znajdujące się w strefie przykorzeniowej – ryzosferze. Stymulują one wzrost i plonowanie roślin uprawnych (Koskey i in., 2021; Sas-Paszt, 2017). Z uwagi na duże znaczenie czynników dotyczących pozytywnych interakcji ziemniaków i mikrobiomów niezwykle ważne jest dokonanie ocen ekonomicznych i opłacalności nowych technologii produkcji upraw. Jak wskazuje Treder (2019), rośliny, których korzenie i część zielona są zasiedlane zarówno powierzchniowo, jak i wewnątrz tkanek przez takie mikroorganizmy, efektywniej pobierają składniki odżywcze z gleby i wykazują się wyższą ogólną odpornością na stresy abiotyczne oraz na atak patogenów.

Uzyskany w ostatnich latach znaczący wzrost produktywności ziemi przez większe zużycie przemysłowych środków produkcji, jak podaje Zegar (2023), napotyka rosnący opór ze względu na zmiany środowiskowe. Konieczna więc staje się zmiana technologii rolniczych na prowadzenie produkcji zrównoważonej. Dlatego stosowanie mikroorganizmów może być ważnym aspektem rozwoju zrównoważonej produkcji roślinnej, stanowiących zamiennik stosowanych dotychczas środków chemicznych (Kuźniar i in., 2021). Jednak z ekonomicznego punktu widzenia wykorzystanie takich preparatów musi być opłacalne, aby producent rolny był skłonny je stosować.

## Materiały i metody

Celem badania było określenie kosztów i opłacalności tradycyjnych oraz innowacyjnych (z wykorzystaniem mikroorganizmów) technologii uprawy ziemniaków w Polsce. W opracowaniu wykorzystano dane z wyników eksperymentów polowych związanych z uprawą ziemniaków przeprowadzonych w warunkach komercyjnych oraz przy wykorzystaniu interakcji z pożytecznymi mikroorganizmami. Uzyskane dane są pierwszymi z badań prowadzonych w ramach międzynarodowego interdyscyplinarnego projektu PotatoMetaBiome i mają charakter wstępny. Zgromadzone wyniki prac eksperymentalnych (siódmy poziom dojrzałości technologicznej) pozwoliły na dokonanie analizy kosztów produkcji oraz analizę opłacalności produkcji różnych wariantów uprawy ziemniaków. Badania zostały przeprowadzone w latach 2021–2022 w Instytucie Hodowli Roślin i Aklimatyzacji Roślin Państwowego Instytutu Badawczego (IHAR PIB) w Oddziale w Boninie.

As part of the assessment of production costs and profitability of potato production, the study included an analysis of eleven selected varieties for six variants of the experiment, differing in the application of fertilization and plant protection, and with the participation of beneficial microorganisms.

As part of the research, six variants were distinguished, which were defined as follows:

- variant I—without fertilization and without chemical protection,
- variant II—with fertilization without chemical protection,
- variant III—without fertilization with chemical protection,
- variant IV—fertilization with chemical protection,
- variant V—without fertilization and chemical protection with the use of beneficial microorganisms product,
- variant VI—without fertilization and chemical protection with experimental beneficial microorganisms product.

Sales prices were set on the basis of IHAR PIB and INFOR data (Barbaś et al. 2021; INFOR, 2022) at PLN 500/t for full-value yield and PLN 400/t for deficient yield. The calculation assumes the same level of sales prices for potatoes for each variant of cultivation technology. Of course, the prices of potatoes obtained at the sale vary, as indicated by Mystkowska, Zarzecka, Baranowska et al. (2017) in the case of starch potatoes, depending on the starch content in the mass, which in turn are shaped, among others, by weather conditions during the growing season and applied agrotechnical treatments. However, reducing or increasing the sales price will not affect the conclusions of the analysis adopted.

In addition, each variant was analyzed in two versions:

- total yield (full-value and deficient)—calculated for individual variants taking into account the average ratio of full-value and deficient tubers for a given variant and the yield of individual potato varieties per 1 ha in individual experiments;
- full-value yield—calculated taking into account only the full-value yield for individual variants and the yield of individual potato varieties per 1 ha in individual experiments.

Revenue was calculated for the total yield. Deficient yield meant tubers of inferior value (damage, small spots) but suitable for use (e.g., as fodder).

W ramach oceny kosztów produkcji oraz opłacalności produkcji ziemniaków w badaniach dokonano analizy jedenastu wybranych odmian dla sześciu wariantów doświadczenia różniących się zastosowaniem nawożenia i ochroną roślin oraz przy udziale organizmów mikrobiologicznych (pożytecznych mikroorganizmów).

W ramach badań wyodrębniono sześć wariantów, które określono jako:

- wariant I – bez nawożenia i bez ochrony chemicznej,
- wariant II – z nawożeniem bez ochrony chemicznej,
- wariant III – bez nawożenia z ochroną chemiczną,
- wariant IV – nawożenie z ochroną chemiczną,
- wariant V – bez nawożenia i ochrony chemicznej z zastosowaniem preparatu mikrobiologicznego,
- wariant VI – bez nawożenia i ochrony chemicznej z zastosowaniem eksperymentalnego preparatu mikrobiologicznego.

Ceny sprzedaży zostały ustalone na podstawie danych IHAR PIB oraz INFOR (Barbaś, i in. 2021; INFOR, 2022) na poziomie 500 PLN/t dla plonu pełnowartościowego oraz 400 PLN/t dla plonu niepełnowartościowego. W kalkulacji przyjęto dla każdego wariantu technologii uprawy taki sam poziom cen sprzedaży ziemniaków. Oczywiście uzyskiwane przy sprzedaży ceny ziemniaków są zróżnicowane, jak wskazują Mystkowska, Zarzecka, Baranowska i in. (2017) w przypadku ziemniaków skrobiowych, w zależności od zawartości skrobi w masie, a te z kolei kształtowane są m.in. przez warunki pogodowe w okresie wegetacji oraz zastosowanych zabiegów agrotechnicznych. Zmniejszenie lub zwiększenie ceny sprzedaży nie wpłynie jednak na wnioski z przyjętej analizy.

Dodatkowo każdy z wariantów analizowano w dwóch wersjach:

- plon całkowity (pełnowartościowy i niepełnowartościowy) – wyliczono dla poszczególnych wariantów, uwzględniając średni stosunek bulw pełnowartościowych i niepełnowartościowych dla danego wariantu oraz plonowanie poszczególnych odmian ziemniaków na 1 ha w poszczególnych doświadczeniach;
- plon pełnowartościowy – wyliczono, uwzględniając tylko plon pełnowartościowych bulw dla poszczególnych wariantów oraz plonowanie poszczególnych odmian ziemniaków na 1 ha w poszczególnych doświadczeniach.

Kalkulację przychodów dokonano dla plonu całkowitego. Plon niepełnowartościowy oznaczał bulwy z uszkodzeniami, małymi plamkami, jednak nadające się do wykorzystania (np. jako pasza).



Depending on the variants, direct costs included: costs of planting material, costs of fertilization, costs of plant protection, costs of packaging, costs of machine operation and costs of hired labor. In determining the income from potato cultivation, indirect costs were estimated as 10% of direct costs (according to the methodology used in the calculations of agricultural advisory centers) for all variants.

## Results and Discussion

The calculations of costs and benefits in the production of potatoes for the tested variants between 2021 and 2022 are presented in Tables 1 and 2. In 2021, the value of the obtained production in all variants was at a similar level. However, the amounts of obtained crops varied. It was obvious that the variants with a higher level of chemical protection had higher full-value yields. The healthy yield was equally high in variant VI, in which beneficial microorganisms product was used. Similar results were obtained by Kowalska (2016), who assessed the impact of using two microbial biostimulators. Potato yield increased by 19.5%. In addition, microbiological treatments, regardless of the product used and the form of its application, reduced the symptoms of late blight.

In the case of the assessment of production costs, in the cases analyzed in the paper, the highest direct costs were characterized by variant IV, i.e., with the highest production intensity, taking into account both the costs of fertilization and chemical plant protection. The difference between variants IV and I, i.e., without fertilization and chemical protection, and variants V and VI, i.e., with the use of microorganisms was almost 50%. The consequence of higher direct costs was over 1.7 lower gross margin for variant IV. Variants I and VI were characterized by the most favorable economic results (gross margin and income) in 2021. Therefore, in 2021, a very beneficial effect of microorganisms on the results obtained in potato production can be indicated.

In turn, in 2022, sales revenues in all variants would be more diverse (Table 2). A significant impact of fertilization and chemical plant protection can be clearly observed, as the variants in which these agents were used were characterized by almost twice as high yields. As a result, both gross margin and income were the highest in variants with higher production intensity. According to Ertani et al. (2014), this may have been related to the fact that the effectiveness of applied biostimulants depends, among others, on the vegetative phase in which the plants are at the time of application. Similar results were obtained by Trawczyński (2020), who showed that a more favorable yield effect under

W kosztach bezpośrednich w zależności od wariantów włączono: koszty materiału nasadzeniowego, koszty nawożenia, koszty ochrony roślin, koszty opakowań, koszty pracy maszyn oraz koszty pracy najemnej. W ustaleniu dochodu z uprawy z ziemniaków oszacowano koszty pośrednie jako 10% kosztów bezpośrednich (według metodyki stosowanej w kalkulacjach ośrodków doradztwa rolniczego) dla wszystkich wariantów.

## Wyniki i dyskusja

Kalkulacje kosztów i korzyści w produkcji ziemniaków dla badanych wariantów w latach 2021–2022 przedstawiono w tabelach 1 i 2. W 2021 r. wartość uzyskiwanej produkcji we wszystkich wariantach kształtowała się na zbliżonym poziomie. Zróżnicowane były natomiast ilości uzyskiwanych plonów. Oczywistym było, że warianty o wyższym poziomie ochrony chemicznej charakteryzowały się wyższymi pełnowartościowymi plonami. Przy czym równie wysoki był plon pełnowartościowy w wariantcie VI, w którym użyto preparatu mikrobiologicznego. Podobne wyniki uzyskała Kowalska (2016), która dokonała oceny wpływu stosowania dwóch biostymulatorów mikrobiologicznych. Plonowanie ziemniaków wzrosło o 19,5%. Dodatkowo zabiegi mikrobiologiczne, bez względu na stosowany produkt i formę jego aplikacji, ograniczyły objawy zarazy ziemniaka.

W przypadku oceny kosztów produkcji, w analizowanych przypadkach, najwyższymi kosztami bezpośrednimi charakteryzował się wariant IV, czyli o najwyższej intensywności produkcji, uwzględniający zarówno koszty nawożenia, jak i chemicznej ochrony roślin. Różnica między wariantem IV oraz I, czyli bez nawożenia i chemicznej ochrony, a także wariantem V i VI – z zastosowaniem mikroorganizmów wynosiła prawie 50%. Konsekwencją wyższych kosztów bezpośrednich była o ponad 1,7 niższa nadwyżka bezpośrednia dla wariantu IV. Najkorzystniejszymi wynikami ekonomicznymi (nadwyżką bezpośrednią i dochodem) w 2021 r. charakteryzował się wariant I oraz wariant VI. Stąd też w 2021 r. można wskazać na bardzo korzystne oddziaływanie mikroorganizmów na uzyskiwane wyniki w produkcji ziemniaków.

Z kolei w 2022 r. przychody ze sprzedaży we wszystkich wariantach były bardziej zróżnicowane (tab. 2). Można wyraźnie zaobserwować znaczący wpływ nawożenia i chemicznej ochrony roślin, gdyż warianty, w których stosowano te środki, charakteryzowały się prawie dwukrotnie wyższymi plonami. Skutkiem tego zarówno nadwyżka bezpośrednia, jak i osiągnięty dochód były najwyższe w wariantach o wyższej intensywności produkcji. Mogło to być związane z tym, jak wskazują Ertani i in. (2014),

the influence of the applied biostimulators was obtained in the first year of the study. This was related to the higher air temperature compared to the second year of the study. Thus, weather conditions were of dominant importance in this case, rather than the impact of preparations. On the other hand, research by Chotkowski (2010) shows that the profitability of potatoes production in intensive technology was almost four times higher than in extensive technology. With the high costs of potatoes cultivation, only high yields ensured profitability. As prices and costs rose, the advantage of intensive technologies diminished.

że skuteczność stosowanych biostymulantów zależy m.in. od fazy wegetatywnej, w jakiej znajdują się rośliny w chwili użycia preparatu. Podobne wyniki uzyskał Trawczyński (2020), wykazując, że korzystniejszy efekt plonowania pod wpływem zastosowanych biostymulatorów uzyskano w pierwszym roku badań. Było to związane z wyższą temperaturą powietrza w porównaniu z drugim rokiem badań. Czyli dominujące znaczenie miały w tym przypadku warunki pogodowe niż oddziaływanie preparatów. Natomiast z badań Chotkowskiego (2010) wynika, że opłacalność produkcji ziemniaków w technologii intensywnej była prawie czterokrotnie wyższa od ekstensywnej. Przy wysokich kosztach uprawy ziemniaków jedynie wysokie plony zapewniały opłacalność. W miarę rosnących cen i kosztów zmniejszała się przewaga technologii intensywnych.

**Table 1. Economic calculation of potatoes production for various variants in 2021**

**Tabela 1. Kalkulacja ekonomiczna produkcji ziemniaków w badanych wariantach w 2021 roku**

Wyszczególnienie / Specification	Variant I / Wariant I	Variant II / Wariant II	Variant III / Wariant III	Variant IV / Wariant IV	Variant V / Wariant V	Variant VI / Wariant VI
Full-value yield (dt) / Plon pełnowartościowy (dt)	165	173	187	191	137	185
Production value – full-value yield (PLN/ha) / Wartość produkcji – plon pełnowartościowy (PLN/ha)	8 250	8650	9 350	9 550	6 850	9 250
Deficient yield (dt) / Plon niepełnowartościowy (dt)	136	127	113	109	163	115
Production value – deficient value yield (PLN/ha) / Wartość produkcji – plon niepełnowartościowy (PLN/ha)	5 400	5 080	4 520	4 360	6 520	4 600
<b>Total production (PLN/ha) / Produkcja ogółem (PLN/ha)</b>	<b>13 650</b>	<b>13 730</b>	<b>13 870</b>	<b>13 910</b>	<b>13 370</b>	<b>13 850</b>
Planting material (PLN) / Sadzeniaki (PLN)	2 456	2 456	2 456	2 456	2 456	2 456
Fertilization (PLN) / Nawożenie (PLN)	0	1 059	0	1 059	0	0
Plant protection (PLN) / Ochrona roślin (PLN)	0	0	1 518	1 518	0	0
Microbiological preparation (PLN) / Preparat mikrobiologiczny (PLN)	x	x	x	x	800	800
Packages (PLN) / Opakowanie (PLN)	1 523	1 523	1 523	1 523	1 523	1 523
Specialist machinery costs (PLN) / Koszty pracy maszyn i ciągników (PLN)	1 960	2 010	2 660	2 710	1 960	1 960
External labor costs (PLN) / Koszty pracy najemnej (PLN)	400	400	400	400	400	400
<b>Total direct costs / Koszty bezpośrednie</b>	<b>6 339</b>	<b>7 448</b>	<b>8 557</b>	<b>9 666</b>	<b>7 139</b>	<b>7 139</b>
Gross margin (PLN) / Nadwyżka bezpośrednia	7 311	6 282	5 313	4 244	6 231	6 711
Subsidies (PLN) / Dopłaty bezpośrednie	828	828	828	828	828	828
Gross margin from activity / Nadwyżka z dopłatami	8 139	7 110	6 141	5 072	7 059	7 539
Indirect costs (% of direct costs) / Koszty pośrednie (% kosztów bezpośrednich)	633,9	744,8	855,7	966,6	713,9	713,9
Total costs (PLN) / Koszty ogółem (PLN)	6 973	8 193	9 413	10 633	7 853	7 853
<b>Profit (PLN) / Dochód (PLN)</b>	<b>7 505</b>	<b>6 365</b>	<b>5 285</b>	<b>4 105</b>	<b>6 345</b>	<b>6 825</b>

x – does not apply / nie dotyczy

Source: authors' own study.

Źródło: badania własne.



**Table 2. Economic calculation of potatoes production for various variants in 2022**

**Tabela 2. Kalkulacja ekonomiczna produkcji ziemniaków w badanych wariantach w 2022 roku**

Specification / Wyszczególnienie	Variant I / Wariant I	Variant II / Wariant II	Variant III / Wariant III	Variant IV / Wariant IV	Variant V / Wariant V	Variant VI / Wariant VI
Full-value yield (dt) / Plon pełnowartościowy (dt)	220	372	447	446	209	211
Production value – full-value yield (PLN/ha) / Wartość produkcji – plon pełnowartościowy (PLN/ha)	6 775	11 050	13 435	13 275	6 300	6 210
Deficient yield (dt) / Plon niepełnowartościowy (dt)	136	221	269	265	126	124
Production value – deficient value yield (PLN/ha) / Wartość produkcji – plon niepełnowartościowy (PLN/ha)	3 392	6 052	7 140	7 228	3 312	3 472
<b>Total production (PLN/ha) / Produkcja ogółem</b>	<b>10 167</b>	<b>17 102</b>	<b>20 575</b>	<b>20 503</b>	<b>9 612</b>	<b>9 682</b>
Planting material (PLN) / Sadzeniaki (PLN)	2 456	2 456	2 456	2 456	2 456	2 456
Fertilisation (PLN) / Nawożenie (PLN)	0	1 219	0	1 219	0	0
Plant protection / Ochrona roślin	0	0	1 335	1 335	0	0
Microbiological preparation (PLN) / Preparat mikrobiologiczny (PLN)	x	x	x	x	834	834
Packages (PLN) / Opakowanie (PLN)	771	1 303	1 565	1 562	731	738
Specialist machinery costs (PLN/ha) / Koszty pracy maszyn i ciągników (PLN/ha)	1 960	2 010	2 660	2 710	1 960	1 960
External labour costs (PLN/ha) / Koszty pracy najemnej (PLN/ha)	400	400	400	400	400	400
<b>Total direct costs (PLN/ha) / Koszty bezpośrednie (PLN/ha)</b>	<b>5 587</b>	<b>7 388</b>	<b>8 416</b>	<b>9 682</b>	<b>6 381</b>	<b>6 388</b>
<b>Gross margin (PLN/ha) / Nadwyżka bezpośrednia (PLN/ha)</b>	<b>4 580</b>	<b>9 714</b>	<b>12 159</b>	<b>10 821</b>	<b>3 231</b>	<b>3 294</b>
Subsidies / Dopłaty bezpośrednie	828	828	828	828	828	828
Gross margin from activity (PLN/ha) / Nadwyżka z dopłatami (PLN/ha)	5 408	10 542	12 987	11 649	4 059	4 122
Indirect costs (% of direct costs) / Koszty pośrednie (% kosztów bezpośrednich)	558,7	738,8	841,6	968,2	638,1	638,8
Total costs (PLN) / Koszty ogółem (PLN)	6 146	8 127	9 258	10 650	7 019	7 027
<b>Profit (PLN/ha) / Dochód (PLN/ha)</b>	<b>4 849</b>	<b>9 803</b>	<b>12 145</b>	<b>10 681</b>	<b>3 421</b>	<b>3 483</b>

x – without microbiological preparation / nie stosowano preparatu

Source: authors' own study.

Źródło: badania własne.

Figure 1 shows a comparison of the potato production costs per 1 dt for different variants in 2021 and 2022. Potatoes production costs were quite different depending on the variant and the year of the experiments. In 2021, variants I, V and VI were characterized by the lowest production costs per dt. Generally, the lowest production costs of 1 dt occurred in variant I, which is understandable due to the lowest production intensity. However, the use of microorganisms increased these costs only by 14%. However, in relation to the variant with fertilization and chemical protection, the difference was about 1.4 times greater. In 2022, the situation was the opposite, i.e., the lowest potatoes production costs were observed for variants II and III. Relatively

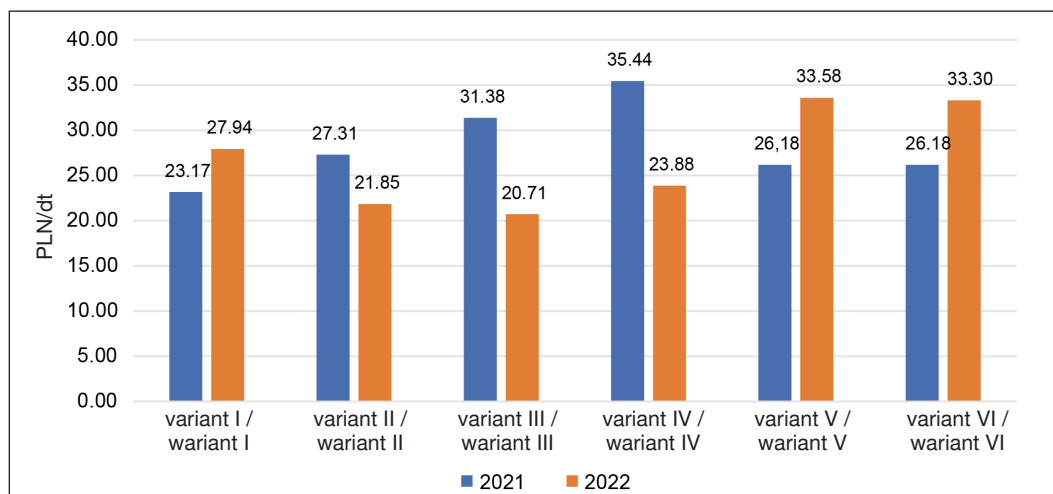
Na wykresie 1 przedstawiono porównanie kosztów produkcji ziemniaków w przeliczeniu na 1 dt dla różnych wariantów w latach 2021–2022. Koszty produkcji ziemniaków charakteryzowały się dość dużym zróżnicowaniem w zależności od wariantu oraz roku przeprowadzanych doświadczeń. W roku 2021 warianty I, V i VI charakteryzowały się najniższymi kosztami produkcji 1 dt. Generalnie najniższe koszty produkcji 1 dt wystąpiły w wariantcie I, co jest zrozumiałe ze względu na najniższą intensywność produkcji. Jednak zastosowanie mikroorganizmów spowodowało wzrost tych kosztów jedynie o 14%. Natomiast w stosunku do wariantu z nawożeniem i chemiczną ochroną była to różnica ok. 1,4-krotnie większa. Natomiast w 2022 r. sytuacja była odwrotna,

low production costs of 1 dt of potatoes in 2022 were recorded for variant IV. Therefore, it cannot be indicated that in the second year of the study there were cost savings in the use of microorganisms.

tj. najmniejsze koszty produkcji ziemniaków odnotowano dla wariantów II i III. Stosunkowo niskie koszty wytworzenia 1 dt ziemniaków w 2022 r. odnotowano dla wariantu IV. Nie można więc wskazać, że w drugim roku badań wystąpiły oszczędności w kosztach przy stosowaniu mikroorganizmów.

**Figure 1. Production cost of 1 dt of potatoes depending on the variant in 2021 and 2022**

**Wykres 1. Koszt produkcji 1 dt ziemniaków w zależności od wariantu w latach 2021–2022**



Source: authors' own study.

Źródło: badania własne.

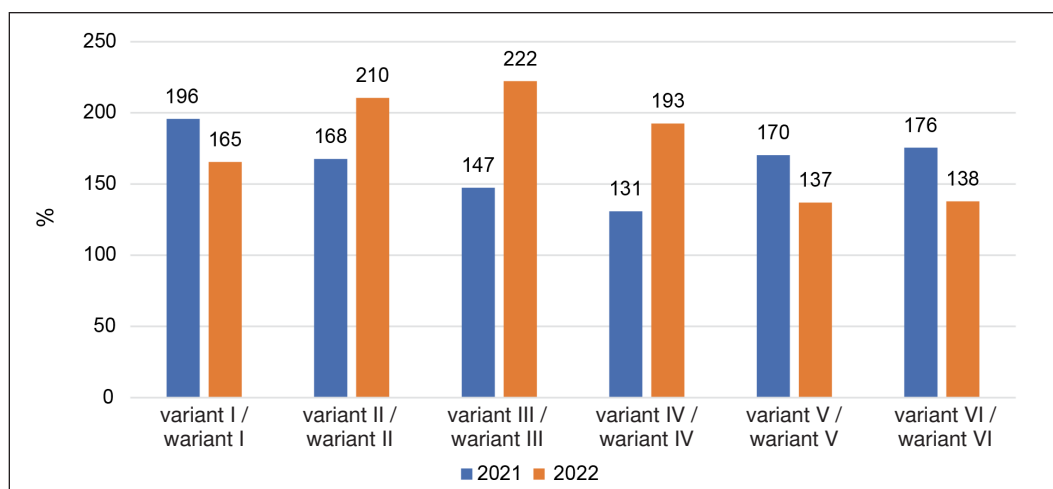
Based on the conducted analyses, comparing 2021 and 2022, a decrease in production costs per 1 dt can be seen for highly intensive technologies and an increase in these costs for extensive methods and methods that take into account biological microorganisms. The decrease in production costs per 1 dt was mainly related to the reduced yield of plants, which resulted in a lower production value. This was due to the changing weather conditions prevailing in the period under study, which were mentioned earlier.

The obtained research results allow the authors to conclude that during the period under consideration, the production of potatoes in each variant was profitable (Figure 2). In 2021, the most profitable were the variants that used microorganisms. Variant I (without fertilization and chemical plant protection) was also characterized by high profitability. On the other hand, variants with a higher production intensity did not achieve such high results in this regard. In 2022, however, the situation was the opposite. Variants in which mineral fertilization and chemical plant protection were applied to a greater or lesser extent were characterized by the highest profitability. The reason for the ineffectiveness of the yield increase effect could be different weather conditions.

Na podstawie przeprowadzonych analiz, porównując lata 2021 i 2022, można zauważyć zmniejszenie się kosztów produkcji w przeliczeniu na 1 dt przy technologiach wysoko intensywnych oraz wzrost tych kosztów dla metod ekstensywnych i uwzględniających mikroorganizmy biologiczne. Zmniejszenie się kosztów produkcji w przeliczeniu na 1 dt było związane głównie z obniżonym plonowaniem roślin, konsekwencją czego była niższa wartość produkcji. Spowodowane było to zmiennymi warunkami atmosferycznymi panującymi w badanym okresie, o których wspomniano wcześniej.

Uzyskane wyniki badań pozwalają stwierdzić, że w badanym okresie produkcja ziemniaków w każdym wariantcie była opłacalna (wykr. 2). W 2021 r. najbardziej opłacalne były warianty, w których wykorzystano mikroorganizmy. Wysoką opłacalnością charakteryzował się także wariant I, bez nawożenia i chemicznej ochrony roślin. Natomiast warianty o wyższej intensywności produkcji nie osiągnęły w tym względzie tak wysokich wyników. Natomiast w 2022 r. sytuacja była odwrotna. Najwyższą opłacalnością charakteryzowały się warianty, w których stosowano w mniejszym lub większym zakresie nawożenie mineralne i chemiczną ochronę roślin. Powodem nieskuteczności efektu wzrostu plonu mogły być odmienne warunki pogodowe.

**Figure 2. Potatoes production profitability index depending on the variant in 2021 and 2022**  
**Wykres 2. Wskaźnik opłacalności produkcji ziemniaków w zależności od wariantu w latach 2021–2022**



Source: authors' own study.  
 Źródło: badania własne.

Comparing the profitability of potatoes experimental cultivation in 2021 and 2022, its increase was observed for variant II (with fertilization without chemical protection), III variant (without fertilization with chemical protection), and variant IV (with fertilization and chemical protection), while the profitability for variant I deteriorated (without fertilization and protection) and variants V and VI (without fertilization and protection but with the use of biopreparations). This was mainly due to the significantly lower potatoes yield in the technologies without fertilization and protection and with the use of biopreparations, which was influenced by the weather conditions during the tests.

Weather conditions in 2021/2022 were not very favorable for potatoes cultivation. Data from Statistics Poland (GUS, 2021, 2022) show that the potato harvest in 2021 was lower by approximately 9.8% than in the previous year, while in 2022 there was another reduction in the harvest by 14.8%. According to data from market analyses conducted by the Institute of Agricultural and Food Economics National Research Institute (Dzwonkowski, 2022), soil droughts and high temperatures during the growing season are currently the main factors limiting high potatoes yields. The yield level throughout the country and in individual voivodships was the result of weather conditions during the growing season and the cultivation technologies used, the use of biological progress, and the share of plantations with irrigation.

As already mentioned, a significant decrease in yields in technologies without fertilization and chemical protection, as well as with the use of

Porównując opłacalność eksperymentalnej uprawy ziemniaków w latach 2021–2022, zaobserwowano jej wzrost dla wariantu II (z nawożeniem bez ochrony chemicznej), wariantu III (bez nawożenia z ochroną chemiczną) oraz wariantu IV (z nawożeniem i ochroną chemiczną), natomiast pogorszyła się opłacalność dla wariantu I (bez nawożenia i ochrony) oraz wariantów V i VI (bez nawożenia i ochrony ale z zastosowaniem biopreparatów). Wynikało to głównie ze znacznie mniejszego plonowania ziemniaka w technologiach bez nawożenia i ochrony oraz z zastosowaniem biopreparatów, na co wpływ miały warunki atmosferyczne podczas przeprowadzanych badań.

Warunki pogodowe w latach 2021–2022 nie były zbyt korzystne w uprawie ziemniaków. Z danych Głównego Urzędu Statystycznego (GUS) wynika, że zbiory ziemniaka w 2021 r. były mniejsze o ok. 9,8% niż w roku poprzednim, natomiast w 2022 r. nastąpiło kolejne zmniejszenie zbiorów o 14,8% (GUS, 2021, 2022). Według danych z Analiz Rynkowych (Dzwonkowski, 2022) susze glebowe oraz wysokie temperatury okresu wegetacji są obecnie głównymi czynnikami limitującymi wysokie plonowanie ziemniaków. Poziom plonowania w skali całego kraju, jak i w poszczególnych województwach był wypadkową warunków atmosferycznych panujących w okresie wegetacji oraz stosowanych technologii uprawy, wykorzystania postępu biologicznego, udziału plantacji z zastosowanym nawadnianiem.

Jak już wcześniej opisano, znaczny spadek plonów w technologiach bez nawożenia i ochrony chemicznej, a także z użyciem biopreparatów powodował



biopreparations, also resulted in a high increase in production costs. This is in line with other research results. As stated by Cirocki and Gołębiowska (2019), the profitability of potatoes production is determined primarily by the choice of the appropriate direction of potatoes use and the pursuit of sales at favorable selling prices. Chotkowski (2000, 2010) also pointed to the appropriate selection of technological treatments and production technologies. optimal from the point of view of the level of unit product costs.

### Conclusions

Potatoes production plays an important role in human nutrition. In recent years, there have been changes in the area and production in global markets. In the EU countries, as well as in Poland, there were processes of concentration and reduction of the cultivation area. However, a systematic increase in yields is observed, with yields in Poland still lower than those observed in Western European countries.

The conducted research, which was preliminary and covered only two years of field experiments, allowed the authors to determine the costs and profitability of potatoes production depending on the technologies used in their cultivation. On their basis, it was found that the average potatoes production costs decreased for traditional variants, while they increased for innovative variants. In 2021, it was shown that the use of beneficial microorganisms products had a very positive effect on the yield and profitability of production. The lowest production costs were also obtained for the innovative variants. Such a relationship was not confirmed in the next year of research, in which intensive production with the use of mineral fertilization and plant protection products was more profitable. However, there was an increase in costs per 1 dt in innovative variants, which resulted mainly from a decrease in yield.

In the analyzed years, all variants of potatoes production were profitable, but the profitability was differentiated between individual variants and additionally different in the first and second year of the study. Despite the increase in costs in 2022 for innovative technologies, it should be borne in mind that this could have resulted from different weather conditions. In addition, these technologies are environmentally friendly and reduce the negative impact of agriculture on the environment, and the use of microorganisms in potatoes cultivation has a positive effect on the health and quality of tubers, and also allows for production using ecological methods. Not applying fertilization and plant protection reduces the use of chemicals, which has a positive effect on the quality of the environment.

również wysoki wzrost kosztów produkcji. Jest to zgodne z innymi wynikami badań. Jak stwierdzili Cirocki i Gołębiowska (2019), opłacalność produkcji ziemniaków jest determinowana przede wszystkim przez wybór odpowiedniego kierunku użytkowania ziemniaków i dążenia do sprzedaży po korzystnych cenach zbytu. Chotkowski (2000, 2010) wskazywał także na odpowiedni dobór zabiegów technologicznych i technologii produkcji optymalnych z punktu widzenia poziomu jednostkowych kosztów produktu.

### Wnioski

Produkcja ziemniaków odgrywa dużą rolę w żywieniu człowieka. W ostatnich latach odnotowano zmiany w powierzchni i produkcji na światowych rynkach. W krajach UE, podobnie jak i w Polsce występowały procesy koncentracji i zmniejszania powierzchni uprawy. Obserwuje się natomiast systematyczny wzrost plonów, przy czym w Polsce plony nadal są niższe niż te obserwowane w krajach Europy Zachodniej.

Przeprowadzone badania, które miały charakter wstępny i obejmowały tylko dwa lata eksperymentów polowych, pozwoliły na określenie kosztów i opłacalności produkcji ziemniaków w zależności od stosowanych technologii w ich uprawie. Na ich podstawie stwierdzono, że średnie koszty produkcji ziemniaków zmniejszyły się dla wariantów tradycyjnych, natomiast zwiększyły się dla wariantów innowacyjnych. W 2021 r. wykazano, że stosowanie preparatów mikrobiologicznych miało bardzo pozytywny wpływ na plonowanie ziemniaków i opłacalność produkcji. Dla wariantów innowacyjnych uzyskano także najniższe koszty produkcji. Nie potwierdzono takiej zależności w kolejnym roku badań, w którym bardziej opłacalna była produkcja intensywna, ze stosowaniem nawożenia mineralnego i środków ochrony roślin. Nastąpił natomiast wzrost kosztów w przeliczeniu na 1 dt w wariantach innowacyjnych, który wynikał głównie ze spadku plonowania.

W analizowanych latach wszystkie warianty produkcji ziemniaków były opłacalne, jednak opłacalność ta była zróżnicowana między poszczególnymi wariantami i dodatkowo różna w pierwszym i drugim roku badań. Mimo wzrostu kosztów w 2022 r. dla technologii innowacyjnych należy mieć na uwadze, że mogło to wynikać z odmiennych warunków pogodowych. Dodatkowo technologie te są przyjazne środowisku i ograniczają negatywny wpływ rolnictwa na środowisko, a wykorzystywanie mikroorganizmów w uprawie ziemniaków wpływa korzystnie na zdrowotność i jakość bulw, a także pozwala na produkcję metodami ekologicznymi.

In addition, it should be expected that due to ecological production methods, the manufacturer will obtain higher sales prices for variants with microorganisms, which will increase the profitability of production in innovative technologies. Therefore, the use of varieties adapted to new innovative technologies will be of great importance. From a practical point of view, the research results may be helpful in making decisions by agricultural producers regarding limiting the use of mineral fertilizers and chemical plant protection products in favor of the use of microorganisms. This will allow agricultural production to be carried out in an environmentally friendly way.

The authors are aware of the limited inference for the year-to-year comparisons carried out, i.e., 2021 and 2022. Nevertheless, due to the experimental nature of the field trial research work, only these results were available. However, the presentation of preliminary results of the research, which is planned for a longer period, despite the limited inference at the current stage, is important in their opinion due to the very small number of publications presenting empirically the economic impact of nature-based solutions in agricultural production.

It should also be pointed out that the use of innovative production methods is justified for the sake of crop quality, but requires the farmer to know how to keep up with the quality and timeliness of treatments.

Jednocześnie należy się spodziewać, że ze względu na ekologiczne metody produkcji, dla wariantów z mikroorganizmami producent może uzyskać wyższe ceny zbytu, co podniesie opłacalność produkcji w technologiach innowacyjnych. Nie bez znaczenia więc będzie wykorzystanie odmian dostosowanych do nowych technologii innowacyjnych. Z praktycznego punktu widzenia wyniki badań mogą być pomocne w podejmowaniu decyzji przez producentów rolnych w zakresie ograniczania stosowania nawozów mineralnych i chemicznych środków ochrony roślin na rzecz wykorzystania mikroorganizmów. Pozwoli to na prowadzenie produkcji rolnej w przyjazny dla środowiska sposób.

Autorzy są świadomi ograniczonego wnioskowania dla przeprowadzonych porównań rok-do-roku, tj. 2021 i 2022. Niemniej z uwagi na eksperymentalny charakter prac badawczych w ramach prób polowych dysponowali jedynie takimi wynikami. Przedstawienie jednak wstępnych wyników badań, które są zaplanowane na dłuższy okres, pomimo ograniczonego wnioskowania na obecnym etapie, jest ich zdaniem ważne z uwagi na bardzo małą ilość publikacji prezentujących empirycznie ekonomiczny wpływ rozwiązań opartych na naturze (ang. *nature based solutions*) w produkcji rolniczej.

Należy także wskazać, że stosowanie innowacyjnych metod produkcji jest uzasadnione ze względu na jakość zbioru, wymaga jednak od rolnika wiedzy w zakresie dotrzymania jakości i terminowości zabiegów.

## References

- Abdul Aziz, A.M., Brini, F., Rouached, H., & Masmoudi, K. (2022). Genetically Engineered Crops for Sustainably Enhanced Food Production Systems. *Frontiers in Plant Science*, 13, Article 1027828. <https://doi.org/10.3389/fpls.2022.1027828>
- Bajracharya, M., & Sapkota, M. (2017). Profitability and Productivity of Potato (*Solanum tuberosum*) in Baglung District, Nepal. *Agriculture & Food Security*, 6, Article 47. <https://doi.org/10.1186/s40066-017-0125-5>
- Baranowska, A., Zarzecka, K., Mystkowska, I., & Gugała, M. (2017). Opłacalność uprawy ziemniaków jadalnych odmiany Bellarosa / Profitability of Edible Potatoes Cultivation Bellarosa. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 19(5), 15–19. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0010.6194>
- Barbaś, P., Boguszewska- Mańkowska, D., Nowacki, W., Pietraszko, M., Trawczyński, C., Wasilewska-Nascimento, B., & Zarzyńska, K. (2021). *Ekologiczna produkcja i rynek ziemniaka*. Instytut Hodowli i Aklimatyzacji Roślin – Państwowy Instytut Badawczy. <https://www.gov.pl/attachment/9140a19a-8166-4c0f-a127-2fbad542f7e2>
- Betz, U.A.K., Arora, L., Assal, R.A., Azevedo, H., Baldwin, J., Becker, M.S., Bostock, S., Cheng, V., Egle, T., Ferrari, N., Schneider-Futschik, E.K., Gerhardy, S., Hammes, A., Harzheim, A., Herget, T., Jousef, C., Kretschmer, S., Lammie, C., Kloss, N., ... Zhao, G. (2023). Game Changers in Science and Technology – Now and Beyond. *Technological Forecasting and Social Change*, 193, Article 122588. <https://doi.org/10.1016/j.techfore.2023.122588>
- Chami, R., Cosimano, T., Fullenkamp, C., & Nieburg, D. (2022). Toward a Nature-Based Economy. *Frontiers in Climate, Section Climate and Economics*, 4, Article 855803. <https://doi.org/10.3389/fclim.2022.855803>
- Chotkowski, J. (2000). Technologiczne i rynkowe czynniki opłacalności produkcji ziemniaków. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 2–3, 48–59.
- Chotkowski, J. (2010). Koszty i opłacalność produkcji ziemniaków jadalnych i do przetwórstwa. *Ziemniak Polski*, 3, 3–5. <http://ziemniak-bonin.pl/ipages/flipbook/48>
- Cirocki, R., & Gołębiewska, B. (2019). Changes in the Profitability of Production of Industrial Potatoes in Poland – A Case Study. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 21(2) 19–28. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0013.2077>
- Delgado-Baquerizo, M., Powell, J.R., Hamonts, K., Reith, F., Mele, P., Brown, M.V., Dennis, P.G., Ferrari, B.C., Fitzgerald, A., Young, A., Singh, B.K., & Bissett, A. (2017). Circular Linkages Between Soil Biodiversity, Fertility and Plant Productivity Are Limited To Topsoil At The Continental Scale. *New Phytologist*, 215(3), 1186–1196. <https://doi.org/10.1111/nph.14634>
- Dzwonkowski, W. (2017). Evolution of Potato Production in Poland and the EU / Ewolucja produkcji ziemniaków w Polsce i UE. *Zeszyty Naukowe Szkoły Głównej Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie Problemy Rolnictwa Światowego*, 17(3), 71–80. <https://doi.org/10.22630/PRS.2017.17.3.54>
- Dzwonkowski, W. (2022). *Rynek ziemniaka. Stan i perspektywy*. Nr 49. Analizy Rynkowe. IERiGŻ PIB.
- El Bilali, H., Strassner, C., & Ben Hassen, T. (2021). Sustainable Agri-Food Systems: Environment, Economy, Society, and Policy. *Sustainability*, 13(1), Article 6260. <https://doi.org/10.3390/su13116260>
- Ertani, A., Pizzeghello, D., Francioso, O., Sambo, P., Sanchez-Cortes, S., & Nardi, S. (2014). *Capsicum chinensis* L. Growth and Nutraceutical Properties Are Enhanced by Biostimulants in a Long-term Period: Chemical and Metabolic Approaches. *Frontiers in Plant Science*, 5, Article 375. <https://doi.org/10.3389/fpls.2014.00375>
- European Commission (EC). (2023). Eurostat, Crop production in EU standard humidity, Potatoes, [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO\\_CPSH1](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_CPSH1)
- Eurostat. (n.d.). Crop Production in EU Standard Humidity, Potatoes. Retrieved April 22, 2023, from [https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO\\_CPSH1](https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/APRO_CPSH1)
- FAO. (2022). World Food and Agriculture – Statistical Yearbook 2022. <https://doi.org/10.4060/cc2211en>
- Furey, G.N., & Tilman, D. (2021). Plant Biodiversity and the Regeneration of Soil Fertility. *PNAS*, 118(49), Article e2111321118. <https://doi.org/10.1073/pnas.2111321118>
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). (2022). *Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2021 roku*. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/produkcja-upraw-rolnych-i-ogrodniczych-w-2021-roku,9,20.html>
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). (2023). *Produkcja upraw rolnych i ogrodnich w 2022 roku*. <https://stat.gov.pl/obszary-tematyczne/rolnictwo-lesnictwo/uprawy-rolne-i-ogrodnicze/produkcja-upraw-rolnych-i-ogrodniczych-w-2022-roku,9,21.html>
- INFOR. (2022, December 9). Ceny ziemniaków 2022–2023. <https://mojafirma.infor.pl/agrobiznes>
- Kebede, B., Ewang, P.N., & Ndemo, E. (2017). The Analysis of Profitability of Smallholder Potato Growers in Bore District, Guji Zone, Oromia Regional State, Ethiopia. *Journal of Resources Development and Management*, 38, 1–6. <https://iiste.org/Journals/index.php/JRDM/article/view/39908/41036>



- Koskey, G., Mburu, S.W., Awino, R., Njeru, E.M., & Maingi, J.M. (2021). Potential Use of Beneficial Microorganisms for Soil Amelioration, Phytopathogen Biocontrol, and Sustainable Crop Production in Smallholder Agroecosystems. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 5, Article 606308. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2021.606308>
- Kowalska, J. (2016). Effect of Fertilization and Microbiological Bio-stimulators on Healthiness and Yield of Organic Potato / Wpływ nawożenia oraz biostymulatorów mikrobiologicznych na zdrowotność i plonowanie ziemniaka w systemie ekologicznym. *Progress in Plant Protection*, 56(2), 230–235. <https://doi.org/10.14199/ppp-2016-039>
- Kucharska, K., & Wachowska, U. (2014). Mikrobiom liści roślin uprawnych. *Postępy Mikrobiologii*, 53(4), 352–359. <http://am-online.org/web/archiwum/vol5342014352.pdf>
- Kumar, A., & Verma, J.P. (2019). The Role of Microbes to Improve Crop Productivity and Soil Health. In: V. Achal & A. Mukherjee (Eds.), *Ecological Wisdom Inspired Restoration Engineering* (pp. 249–265). EcoWISE: Innovative Approaches to Socio-Ecological Sustainability. Springer. [https://doi.org/10.1007/978-981-13-0149-0\\_14](https://doi.org/10.1007/978-981-13-0149-0_14)
- Kuźniar, A., Włodarczyk, K., Gromadzka, P., Siara, A., & Wolińska, A. (2021). Aktualny stan wiedzy na temat biopreparatów stosowanych w rolnictwie. Wydawnictwo KUL. <https://repozytorium.kul.pl/server/api/core/bitstreams/08f7c77d-532a-4a36-8fb6-3259c87bea69/content>
- Maciejczak, M. (2022). The Role of Biological Knowledge in the Development of Sustainable Bioeconomy – Case of Potato and Its Beneficial Microorganisms Interactions. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 24(2), 74–84. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0015.8615>
- Maciejczak, M. (2023). Nature Based Innovations in the Development of Bioeconomy. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 25(2), 97–108. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0053.6818>
- Maciejczak, M., & Filipiak, T. (2020). Economic, Social and Environmental Impacts of the Potato and Its Beneficial Microorganism Interaction. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 22(4), 140–150. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0014.6032>
- Morrissey, J.P., Dow, J.M., Mark, G.L., & O’Gara, F. (2004). Are Microbes at the Root of a Solution to World food production? *EMBO Reports*, 5(10), 922–926. <https://doi.org/10.1038/sj.embor.7400263>
- Mystkowska, I., Zarzecka, K., Baranowska, A., Gugała, M., & Doroszuk, A. (2017). Plonowanie i opłacalność uprawy ziemniaków skrobiowych w gospodarstwie indywidualnym / Yielding and Profitability of Starchy Potatoes Cultivation in Individual Farm. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 19(1), 122–125. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0009.8351>
- Mystkowska, I., Zarzecka, K., Gugała, M., & Sikorska, A. (2022). Profitability of Using Herbicide and Herbicide with Biostimulators in Potato Production. *Journal of Ecological Engineering*, 23(4), 223–227. <https://doi.org/10.12911/22998993/146687>
- Petrescu, D.C., Vermeir, I., & Petrescu-Mag, R.M. (2020). Consumer Understanding of Food Quality, Healthiness, and Environmental Impact: A Cross-National Perspective. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 17(1), Article 169. <https://doi.org/10.3390/ijerph17010169>
- Qaim, M. (2020). Role of New Plant Breeding Technologies for Food Security and Sustainable Agricultural Development. *Applied Economic Perspectives and Policy*, 42(2), 129–150. <https://doi.org/10.1002/aep.13044>
- Raffa, C.M., & Chiampo, F. (2021). Bioremediation of Agricultural Soils Polluted with Pesticides: A Review. *Bioengineering*, 8(7), Article 92. <https://doi.org/10.3390/bioengineering8070092>
- Raworth, K. (2017). *Doughnut Economics. Seven Ways to Think Like a 21<sup>st</sup> Century Economist*. Chelsea Green Publishing.
- Ritchie, H., Rosado, P., & Roser, M. (2022). Environmental Impacts of Food Production. Our World in Data. Retrieved April 27, 2023, from <https://ourworldindata.org/environmental-impacts-of-food>
- Sas-Paszt, L. (2017). Od mikrobiomu do wysokiej jakości plonu. *Miesięcznik Praktycznego Sadownictwa*, 7, 57–59. <http://www.inhort.pl/wp-content/uploads/2023/01/SA304F1.pdf>
- Smolińska, U. (2019). Znaczenie mikroorganizmów w rozwoju roślin. In: J. Podleśny & B. Kowalska (Eds.), *Ochrona bioróżnorodności gleby warunkiem zdrowia obecnych i przyszłych pokoleń* (pp. 53–66). Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa Państwowy Instytut Badawczy. <https://mikro-iung.pl/wp-content/uploads/2020/04/Monografia-Skierniewice.pdf>
- Sofa, A., Mininni, A.N., & Ricciuti, P. (2020). Soil Macrofauna: A Key Factor for Increasing Soil Fertility and Promoting Sustainable Soil Use in Fruit Orchard Agrosystems. *Agronomy*, 10(4), Article 456. <https://doi.org/10.3390/agronomy10040456>
- Struik, P.C., & Kuyper, T.W. (2017). Sustainable Intensification in Agriculture: The Richer Shade of Green. A Review. *Agronomy for Sustainable Development*, 37, Article 39. <https://doi.org/10.1007/s13593-017-0445-7>
- Tefera, A.G. (2019). Analysis of the Profitability of Potato Production: The Case of Ejere District, West Shewa Zone of Oromia, Ethiopia. *International Journal of Novel Research in Interdisciplinary Studies*, 6(2), 1–9. [https://www.noveltyjournals.com/upload/paper/Analysis of the Profitability-1748.pdf](https://www.noveltyjournals.com/upload/paper/Analysis%20of%20the%20Profitability-1748.pdf)

- Trawczyński, C. (2020). The Effect of Biostimulators on the Yield and Quality of Potato Tubers Grown in Drought and High Temperature Conditions. *Biuletyn Instytutu Hodowli i Aklimatyzacji Roślin*, 289, 11–19. <https://ojs.ihar.edu.pl/index.php/biul/article/download/438/698/>
- Treder, K. (2019). Cele projektu badawczego potatoMETAbiome „Wykorzystanie interakcji ziemniak-mikrobiom do opracowania strategii zrównoważonej hodowli i produkcji ziemniaka”. *Ziemniak Polski*, 3, 3–6. <http://ziemniak-bonin.pl/ipages/flipbook/12>
- Vågsholm, I., Arzoomand, N.S., & Boqvist, S. (2020). Food Security, Safety, and Sustainability—Getting the Trade-Offs Right. *Frontiers in Sustainable Food Systems, Section Agro-Food Safety*, 4, Article 16. <https://doi.org/10.3389/fsufs.2020.00016>
- Van Esse, H.P., Reuber, T.L., & van der Does, D. (2019). Genetic Modification to Improve Disease Resistance in Crops. *New Phytologist*, 225(1), 70–86. <https://doi.org/10.1111/nph.15967>
- Zegar, J.S. (2023). Transformation of Family Farming in the Second Decade of the 21<sup>st</sup> Century / Transformacja rolnictwa rodzinnego w drugiej dekadzie XXI wieku. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 374(1), 1–19. <https://doi.org/10.30858/zer/161785>
- Zhang, H., Xu, F., Wu, Y., Hu, H., & Dai, X. (2017). Progress of Potato Staple Food Research and Industry Development in China. *Journal of Integrative Agriculture*, 16(12), 2924–2932. [https://doi.org/10.1016/s2095-3119\(17\)61736-2](https://doi.org/10.1016/s2095-3119(17)61736-2)

Submission date / Data nadeŝtania: 3.08.2023.

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 15.09.2023.

Acceptance date / Data akceptacji: 18.12.2023.

© 2023 Maciejczak, M., Filipiak, T., Gołębiewska, B., Urbanowicz, J., Osowski, J., & Treder, K. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivs License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)



Autorskie prawa osobiste: Maciejczak, M., Filipiak, T., Gołębiewska, B., Urbanowicz, J., Osowski, J., & Treder, K. (2023). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution–NonCommercial–NoDerivs License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

