

**SELECTED DETERMINANTS OF INNOVATION ADOPTION
IN POLISH FARMS: EVIDENCE FROM THE MAZOWIECKIE
VOIVODESHIP**

**WYBRANE CZYNNIKI INNOWACYJNOŚCI GOSPODARSTW ROLNYCH W POLSCE
NA PRZYKŁADZIE WOJEWÓDZTWA MAZOWIECKIEGO**

OLGA WALCZEWSKA

Citation: Walczewska, O. (2026). Selected Determinants of Innovation Adoption in Polish Farms: Evidence From the Mazowieckie Voivodeship / Wybrane czynniki innowacyjności gospodarstw rolnych w Polsce na przykładzie województwa mazowieckiego. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 386(1), 82–101. <https://doi.org/10.30858/zer/216950>

Abstract

Aim: *This paper analyzes the relationships between the level of innovativeness and selected demographic factors among farm operators in the Mazowieckie voivodeship in Poland.*

Materials and Methods: *The data was collected through direct interviews, using a structured questionnaire conducted on a sample of 109 farmers. Innovativeness was measured by the number of implemented solutions: one or two innovations (basic level) and three or more innovations (advanced level).*

Results: *The analysis revealed differences in the level of innovative activity depending on respondents' age, gender, education level, and farm size; however, a statistically significant relationship was identified only in the case of farm size. Male farmers and younger generations were more likely to implement modern solutions. A higher number of implemented innovations was associated with better access to EU funds and a higher level of education. Farms with a designated successor and a larger utilised agricultural area more frequently implemented innovations. Most respondents perceived investments in innovation as economically viable and positively affecting production efficiency and sustainable development in the agricultural sector.*

Conclusions: *The results suggest that the young age of the farm owner and the presence of a successor may foster the implementation of innovations; however, these relationships were not unequivocally confirmed statistically.*

Keywords: farm, innovation, investments, sustainable development.

JEL codes: O32, Q01, Q55.

Abstrakt

Cel: W niniejszym artykule przeanalizowano zależności pomiędzy poziomem innowacyjności, a wybranymi czynnikami demograficznymi w zbiorowości osób prowadzących gospodarstwa rolne w województwie mazowieckim.

Materiały i metody: Dane zebrano drogą wywiadu bezpośredniego z wykorzystaniem kwestionariusza ankiety, przeprowadzonej na próbie 109 rolników. Kryterium innowacyjności stanowiła liczba wdrożonych rozwiązań: jedna lub dwie innowacje (poziom podstawowy) oraz trzy i więcej (poziom zaawansowany).

Wyniki: Analiza wskazała na istnienie różnic w poziomie aktywności innowacyjnej w zależności od wieku, płci i wykształcenia badanych oraz powierzchni ich gospodarstwa, jednak jedynie w przypadku powierzchni gospodarstwa uzyskano statystycznie istotnie związki. Mężczyźni oraz młodsze pokolenia rolników częściej wdrażali nowoczesne rozwiązania. Zaobserwowano, że większa liczba wprowadzonych innowacji współwystępowała z lepszym dostępem do funduszy unijnych i wyższym poziomem wykształcenia. Gospodarstwa z następcą i większą powierzchnią użytków rolnych częściej wdrażały innowacje. Większość respondentów dostrzegała opłacalność inwestycji w innowacje i pozytywny wpływ na efektywność produkcji oraz zrównoważony rozwój w sektorze rolnym.

Wnioski: Uzyskane wyniki sugerują, że młody wiek właściciela oraz obecność sukcesora mogą sprzyjać wdrażaniu innowacji, choć zależności te nie były jednoznacznie potwierdzone statystycznie.

Słowa kluczowe: gospodarstwo rolne, innowacje, inwestycje, zrównoważony rozwój.

Kody JEL: O32, Q01, Q55.

Introduction

Contemporary agriculture faces numerous challenges related to global environmental and social changes. These challenges require agricultural producers not only to demonstrate flexibility in adapting to new conditions but also a readiness to implement innovative solutions. Investments in modern machinery, equipment, and technologies constitute the foundation of agricultural modernisation, contributing to increased production efficiency and enhanced farm competitiveness. In the literature, the level of investment is often regarded as an indicator of innovative activity and readiness to implement technological change, which is reflected in the international frameworks for measuring innovation described by OECD/Eurostat (2018). Innovativeness is manifested through investment activities that improve the economic, productive, and environmental efficiency of farms. In the context of market, environmental, and demographic changes, understanding the factors influencing investment decisions is of key importance. Innovations can significantly enhance farm efficiency, competitiveness, and sustainable development. Given the specific biological and spatial nature of agricultural production, analyzing these relationships is particularly important (Kałuża & Rytel, 2010).

The aim of this study is to identify relationships between the number of implemented innovations and selected demographic and structural factors, such as age, education level, the presence of a successor, and farm size. Sustainable development and

Wstęp

Współczesne rolnictwo stoi wobec wielu wyzwań związanych z globalnymi zmianami środowiskowymi i społecznymi. Wymagają one od producentów rolnych nie tylko elastyczności w dostosowaniu się do nowych uwarunkowań, ale także gotowości do wdrażania innowacyjnych rozwiązań. Inwestycje w nowoczesne maszyny, urządzenia i technologie stanowią podstawę modernizacji, przyczyniając się do wzrostu efektywności produkcji rolnej oraz konkurencyjności gospodarstw. Poziom inwestycji jest często traktowany w literaturze jako jeden z przejawów aktywności innowacyjnej i gotowości do wdrażania zmian technologicznych, co znajduje odzwierciedlenie w międzynarodowych ramach pomiaru innowacji opisanych w OECD/Eurostat (2018). W kontekście zmian rynkowych, środowiskowych i demograficznych kluczowe jest zrozumienie czynników wpływających na decyzje inwestycyjne. Innowacje mogą znacząco zwiększyć efektywność, konkurencyjność i zrównoważony rozwój gospodarstw. W rolnictwie innowacyjność musi uwzględniać specyficzne cechy tego sektora gospodarki, głównie biologiczny i przestrzenny charakter produkcji (Kałuża i Rytel, 2010).

Celem opracowania jest identyfikacja zależności między liczbą wprowadzonych innowacji a czynnikami demograficznymi i strukturalnymi, takimi jak wiek, wykształcenie, obecność następcy oraz powierzchnia gospodarstwa. Zrównoważony rozwój i ochrona środowiska stanowią obecnie kluczowe

environmental protection currently constitute key priorities of the Common Agricultural Policy of the European Union for 2023–2027, as reflected in both EU strategic documents and national agricultural development strategies. For this reason, the present study also incorporates the environmental dimension of innovativeness, alongside the technological and organisational dimensions. The analysis includes pro-environmental activities as well as forms of institutional support, including the use of subsidies and programmes promoting sustainable development (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi [MRiRW], 2022; European Commission, 2023).

The study builds on research into sustainable agricultural development by integrating social, environmental, and economic aspects at the microeconomic level. The analysis of farmers' innovativeness is conducted at the level of family farms. Previous studies have focused primarily on selected aspects, such as education, access to financing, or farm size, often overlooking the complexity of local conditions (Dessart et al., 2019; Aubert et al., 2020). There remains a shortage of quantitative analyses concerning small family farms in Central and Eastern Europe, despite their dominant role in Polish agriculture. Ruzzante et al. (2021) highlight this research gap, which justifies the need for further investigation. Earlier studies have predominantly adopted macroeconomic approaches or focused on single dimensions of innovativeness, while small and medium-sized family farms have been less frequently analysed from a perspective integrating all three dimensions.

In this context, the present study contributes to the existing literature and partially fills the research gap by focusing on the local conditions of northern Mazovia. The study adopts a practical approach to farm innovativeness, consistent with OECD (2005), EIP-AGRI (2013), and Rogers' (2003) diffusion of innovations theory. An innovation is defined as any activity that generates measurable benefits in terms of organisation, technology, or environmental protection and represents a novelty at the level of a given farm, regardless of its degree of diffusion within the region. The classification of innovation types (technological, organisational, and environmental) is described in detail in the "Materials and Methods" section.

Literature Review

The concept of innovation in agriculture is multi-dimensional and is defined differently depending on the theoretical approach, scope of analysis, and institutional context. A classical approach was proposed by Joseph A. Schumpeter (2004, in: Zieliński, 2021), who defined innovation as a "new combination

priorytety wspólnej polityki rolnej Unii Europejskiej na lata 2023–2027, co znajduje odzwierciedlenie również w krajowych strategiach rolnych. Z tego względu w niniejszym badaniu uwzględniono również aspekt środowiskowy innowacyjności, obok wymiaru technologicznego i organizacyjnego. W analizie uwzględniono również działania prośrodowiskowe oraz formy wsparcia instytucjonalnego, w tym korzystanie z dotacji i programów wspierających zrównoważony rozwój (Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi [MRiRW], 2022; European Commission, 2023). Opracowanie nawiązuje do badań nad zrównoważonym rozwojem rolnictwa, łącząc analizę aspektów społecznych, środowiskowych i ekonomicznych na poziomie mikroekonomicznym. Analiza innowacyjności rolników prowadzona jest na poziomie gospodarstw rodzinnych. Dotychczasowe badania koncentrowały się głównie na wybranych aspektach, takich jak wykształcenie, dostęp do finansowania czy wielkość gospodarstw, pomijając złożoność lokalnych uwarunkowań (Dessart i in., 2019; Aubert i in., 2020). Nadal brakuje analiz ilościowych dotyczących małych rodzinnych gospodarstw w Europie Środkowo-Wschodniej, mimo że to one dominują w polskim rolnictwie. Ruzzante i in. (2021) zwracają uwagę na niedobór takich badań, co uzasadnia potrzebę dalszych analiz. W dotychczasowych opracowaniach przeważały podejścia makroekonomiczne lub skupione na pojedynczych wymiarach innowacyjności, natomiast rzadziej analizowano małe i średnie gospodarstwa rodzinne w ujęciu łączącym te trzy perspektywy. W tym kontekście niniejsze opracowanie stanowi pogłębienie dotychczasowych badań i częściowo wypełnia lukę badawczą, koncentrując się na lokalnych uwarunkowaniach północnego Mazowsza.

W badaniu przyjęto praktyczne ujęcie innowacyjności gospodarstw, zgodne z OECD (2005), EIP-AGRI (2013) oraz teorią dyfuzji innowacji Rogersa (2003). Za innowację uznano każde działanie przynoszące wymierne korzyści w zakresie organizacji, technologii lub ochrony środowiska, które stanowi nowość w kontekście danego gospodarstwa – niezależnie od stopnia rozpowszechnienia w regionie. Klasyfikację typów innowacji (technologiczne, organizacyjne i środowiskowe) szczegółowo opisano w części „Materiał i metody”.

Przegląd literatury

Pojęcie innowacji w rolnictwie ma charakter wielowymiarowy i bywa odmiennie definiowane w zależności od podejścia teoretycznego, zakresu analiz oraz kontekstu instytucjonalnego. Klasyczne podejście zaproponował Joseph A. Schumpeter (2004, za: Zieliński, 2021), który definiował innowację

of factors of production” including, among others, the introduction of a new product, a new method of production, the opening of a new market, or the reorganisation of an enterprise. However, Rogers (2003) defines innovation as “an idea, practice, or object that is perceived as new by an individual or another unit of adoption”. According to the definition included in the Oslo Manual (OECD, 2005), innovation refers to the implementation of a new or significantly improved product (good or service), process, marketing method, or organisational method in business practice.

Innovations in agriculture are commonly classified into technological (e.g. machinery, automation, digitalisation), organisational (e.g. changes in farm management), environmental (e.g. pro-environmental methods), and social innovations (e.g. cooperation, local innovation networks). This approach, based on the OECD (2005) definition and the EIP-AGRI framework (2013; 2020), which distinguishes four types of innovation – technological, organisational, environmental, and social – has also been adopted in the present study.

Innovativeness in agriculture has attracted growing interest in both domestic and international literature. According to Rogers’ (2003) classical diffusion of innovations theory, the adoption of new solutions depends not only on the characteristics of the innovation itself (e.g. relative advantage, complexity, trialability), but also on the social and institutional characteristics of users. Polish studies on agricultural innovativeness primarily emphasise the role of human capital, succession planning, access to advisory services, and farm size as factors determining farmers’ innovative activity. Jóźwiak et al. (2012) indicate that investments in fixed assets constitute the most common manifestation of innovativeness, and their implementation is facilitated by access to EU funds. Kosior (2023) analyses the importance of R&D projects in the development of digital agriculture in Poland, highlighting the need to implement data-driven and information technology-based innovations. Figiel (2018) emphasises that the innovative potential of the agri-food sector strongly depends on the institutional environment and scale of operation, with larger farms having greater capacity to absorb innovations and benefit from available support instruments. Figiel (2019) further highlights the importance of education, generational succession, and support institutions as determinants of modernisation activities. Technological changes in agriculture, as noted by Aker et al. (2005) and Zieliński (2021), constitute an important element of the sector’s adaptation to contemporary development challenges.

jako „nową kombinację czynników produkcji”, obejmującą m.in. wprowadzenie nowego produktu, nowej metody produkcji, otwarcie nowego rynku czy reorganizację przedsiębiorstwa. Z kolei Rogers (2003) ujmując innowację jako „pomysł, praktykę lub przedmiot postrzegany jako nowy przez jednostkę lub inną jednostkę adopcijną”. Zgodnie z definicją zawartą w Oslo Manual (OECD, 2005) innowacja oznacza wdrożenie nowego lub istotnie ulepszanego produktu (towaru lub usługi), procesu, nowej metody marketingowej lub organizacyjnej w praktyce gospodarczej. Innowacje w rolnictwie dzieli się zazwyczaj na: technologiczne (np. maszyny, automatyzacja, cyfryzacja), organizacyjne (np. zmiany w zarządzaniu gospodarstwem), środowiskowe (np. metody proekologiczne) oraz społeczne (np. współpraca, lokalne sieci innowacji). Takie podejście, oparte na definicji OECD (2005) oraz EIP-AGRI (2013, 2020), uwzględniające cztery typy innowacji – technologiczne, organizacyjne, środowiskowe i społeczne – przyjęto również w niniejszym badaniu.

Innowacyjność w rolnictwie jest przedmiotem rosnącego zainteresowania zarówno w literaturze krajowej, jak i międzynarodowej. Zgodnie z klasyczną teorią dyfuzji innowacji Rogersa (2003) adopcja nowych rozwiązań zależy od cech samej innowacji (m.in. przewagi względnej, złożoności, możliwości testowania), ale też od cech społecznych i instytucjonalnych użytkowników.

W polskich badaniach nad innowacyjnością rolnictwa zwraca się uwagę przede wszystkim na rolę kapitału ludzkiego, planowania sukcesji, dostępu do doradztwa i skali gospodarstw jako czynników determinujących aktywność innowacyjną rolników. Jóźwiak i in. (2012) wskazują, że inwestycje w środki trwałe stanowią najczęstszy przejaw innowacyjności, a ich wdrażanie jest ułatwione przez dostęp do środków UE. Kosior (2023) analizuje znaczenie projektów B+R w rozwoju rolnictwa cyfrowego w Polsce, wskazując m.in. na potrzebę wdrażania innowacji opartych na danych i technologiach informacyjnych. Figiel (2018) podkreśla, że potencjał innowacyjny sektora rolno-spożywczego silnie zależy od otoczenia instytucjonalnego oraz skali działalności – większe gospodarstwa mają większe możliwości absorpcji innowacji i korzystania z dostępnych instrumentów wsparcia. Figiel (2019) wskazuje na znaczenie wykształcenia, następstwa pokoleniowego oraz instytucji otoczenia jako determinant podejmowania działań modernizacyjnych.

Zmiany technologiczne w rolnictwie, jak zauważają Aker i in. (2005) oraz Zieliński (2021), stanowią istotny element adaptacji sektora do współczesnych wyzwań rozwojowych.

International literature highlights the importance of digitalisation, biological progress, and institutional innovations as responses to economic and structural barriers to innovation adoption (Bronson, 2019; Rose & Chilvers, 2018; Karunathilake et al., 2023). As noted by Kosior (2018), these technologies are becoming a major source of competitive advantage in the modern agri-food sector. Eastwood et al. (2019) and Karunathilake et al. (2023) emphasise the role of biological innovations (biofortification, new crop varieties, resilience-oriented breeding), particularly in the context of adaptation to climate change. At the same time, the importance of social innovations – such as local bottom-up initiatives, co-operation networks, and producer cooperatives – has increased, enhancing farms' adaptability and resilience (Knierim et al., 2018; EIP-AGRI, 2020).

Despite the extensive body of literature, Ruzzante et al. (2021), in a comprehensive meta-analysis of 200 empirical studies, point to a deficit of research focusing on Central and Eastern Europe, particularly regarding small and medium-sized farms. This highlights the need for further research in this area. The present analysis refers to the assumptions of the Common Agricultural Policy and the concept of sustainable agriculture, illustrating the interrelationships between different types of innovation and the specific characteristics of local farms (European Commission, 2023; MRiRW, 2022).

Materials and Methods

The study had a quantitative, exploratory–explanatory character and focused on identifying factors influencing the implementation of innovations in agricultural holdings. The main hypothesis was formulated as follows: H1 – farmers' age differentiates the level of innovation implementation in agricultural holdings. The specific hypotheses were: H1a – the level of education affects farmers' innovative activity; H1b – a larger farm area promotes the introduction of innovations; H1c – the presence of a successor increases the likelihood of innovation implementation.

The selection of explanatory variables was based on previous empirical studies concerning the determinants of innovativeness in agriculture (Jóźwiak et al., 2012; Ruzzante et al., 2021), which indicate the importance of demographic, structural, and institutional factors in decisions regarding the adoption of new solutions.

The study was conducted between September and December 2024 among 109 individual farms located in six counties of northern Mazovia: Ciechanów, Mława, Maków, Płońsk, Przasnysz, and Pułtusk. A purposive sampling method was applied. The sample included

W literaturze międzynarodowej wskazuje się na znaczenie cyfryzacji, postępu biologicznego i innowacji instytucjonalnych jako odpowiedzi na ekonomiczne i strukturalne bariery wdrażania innowacji (Bronson, 2019; Rose i Chilvers, 2018; Karunathilake i in., 2023). Jak zauważa Kosior (2018), technologie te stają się głównym źródłem przewag konkurencyjnych w nowoczesnym sektorze rolno-spożywczym. Eastwood i in. (2019) oraz Karunathilake i in. (2023) zwracają uwagę na znaczenie innowacji biologicznych (biofortyfikacja, nowe odmiany roślin, hodowla odpornościowa), szczególnie w kontekście adaptacji do zmian klimatu. Jednocześnie rośnie znaczenie innowacji społecznych, takich jak lokalne inicjatywy oddolne, sieci współpracy czy kooperatywy producentów – umożliwiających wzmacnianie adaptacyjności i odporności gospodarstw (Knierim i in., 2018; EIP-AGRI, 2020).

Mimo bogatej literatury, Ruzzante i in. (2021) w szerokiej metaanalizie 200 badań empirycznych wskazali na deficyt analiz obejmujących Europę Środkowo-Wschodnią, szczególnie dotyczących małych i średnich gospodarstw. Wskazuje to na konieczność prowadzenia dalszych badań w tym zakresie.

Zaproponowana analiza odwołuje się do założeń WPR oraz idei zrównoważonego rolnictwa, ukazując wzajemne relacje między typami innowacji a specyfiką lokalnych gospodarstw (European Commission, 2023; MRiRW, 2022).

Materiał i metody

Badanie miało charakter ilościowy, eksploracyjno-wyjaśniający i koncentrowało się na identyfikacji czynników wpływających na wdrażanie innowacji w gospodarstwach rolnych. Sformułowano hipotezę główną: H1 – wiek rolników różnicuje poziom wdrażania innowacji w gospodarstwach rolnych. Hipotezy szczegółowe: H1a – poziom wykształcenia wpływa na aktywność innowacyjną rolników; H1b – większa powierzchnia gospodarstwa sprzyja wprowadzaniu innowacji; H1c – obecność następcy zwiększa prawdopodobieństwo wdrażania innowacji.

Dobór zmiennych objaśniających został oparty na dotychczasowych badaniach empirycznych dotyczących uwarunkowań innowacyjności w rolnictwie (Jóźwiak i in., 2012; Ruzzante i in., 2021), które wskazują na znaczenie czynników demograficznych, strukturalnych i instytucjonalnych w podejmowaniu decyzji o wprowadzaniu nowych rozwiązań.

Badanie prowadzono od września do grudnia 2024 r. wśród 109 indywidualnych gospodarstw rolnych z sześciu powiatów północnego Mazowsza: ciechanowskiego, mławskiego, makowskiego, płońskiego, przasnyskiego i pułtuskiego. Dobór próby był celowy.

farms meeting the following criteria: (1) continuity of agricultural activity over the previous five years; (2) location within the analysed counties; (3) availability of the farm owner or manager; (4) implementation of at least one technological, organisational, or environmental innovation within the past three years.

The list of farms was compiled in cooperation with local agricultural advisory services and municipal authorities. After verifying compliance with the criteria, researchers contacted farmers by telephone and subsequently conducted face-to-face interviews at the farm premises. Data was collected using an original, standardised questionnaire administered through direct interviews. The questionnaire consisted of three modules: (1) characteristics of the farmer and the farm (location, farm area, age, education level, type of production); (2) scope of implemented innovations (types, economic impact, pro-environmental activities); (3) sources and barriers to innovativeness (subsidies, advisory services, development plans). The presence of the interviewer enabled clarification of responses to open-ended questions.

The sample structure mainly included medium-sized farms (10–50 ha), predominantly operated by men (76%), individuals aged 36–55 years (63%), and farmers with secondary or higher education (77% in total). Most farms were engaged in crop or mixed production, and nearly half of the surveyed farmers declared the presence of a successor. Despite the purposive nature of the sampling, the sample structure broadly reflected the structure of farms in the region. According to the 2020 Agricultural Census (Główny Urząd Statystyczny [GUS], 2021), as many as 71.2% of farms in the Mazowieckie voivodeship had an area of 1–10 ha (44.0 percentage points for 1–5 ha and 27.2 percentage points for 5–10 ha), while approximately 31.5% fell within the 10–50 ha category, which corresponds well with the analysed sample. Similarly, the age structure of farm managers (predominance of individuals aged 35–55) and the prevalence of secondary or higher education (consistent with Agricultural Census 2020 reports) confirm that the sample was adequate in relation to the population (GUS, 2021).

In the present study, a practical approach to farm innovativeness was adopted, consistent with the OECD (2005) framework and Rogers' (2003) diffusion of innovations theory. Innovation was defined as the implementation of a new or significantly improved technological, organisational, or environmental solution that had not previously been applied on a given farm. Three types of innovations were distinguished: technological, organisational, and environmental. Technological

Badaniem objęto gospodarstwa spełniające kryteria: (1) ciągłość prowadzenia działalności rolniczej w ostatnich 5 latach; (2) lokalizacja w analizowanych powiatach; (3) dostępność właściciela lub osoby zarządzającej gospodarstwem; (4) wdrożenie co najmniej jednej innowacji technologicznej, organizacyjnej lub środowiskowej w ciągu ostatnich 3 lat.

Lista gospodarstw była tworzona we współpracy z lokalnymi jednostkami doradztwa rolniczego oraz samorządami gminnymi. Po weryfikacji spełnienia kryteriów badacze kontaktowali się z rolnikami telefonicznie, a następnie przeprowadzali wywiady bezpośrednie w miejscu prowadzenia działalności.

Dane zebrano za pomocą autorskiej, standaryzowanej ankiety realizowanej w formie bezpośrednich wywiadów. Kwestionariusz obejmował trzy moduły: (1) charakterystyka rolnika i gospodarstwa (lokalizacja, powierzchnia, wiek, wykształcenie, typ produkcji); (2) zakres wdrożonych innowacji (typy, wpływ ekonomiczny, działania prośrodowiskowe); (3) źródła i bariery innowacyjności (dotacje, doradztwo, plany rozwoju).

Obecność ankietera umożliwiała doprecyzowanie odpowiedzi w pytaniach otwartych. Struktura próby obejmowała głównie gospodarstwa średniej wielkości (10–50 ha), prowadzone w większości przez mężczyzn (76%), osoby w wieku 36–55 lat (63%) oraz osoby z wykształceniem średnim lub wyższym (łącznie 77%). Większość gospodarstw zajmowała się produkcją roślinną lub mieszaną, a blisko połowa ankietowanych rolników deklarowała obecność następcy. Pomimo celowego charakteru doboru, struktura próby w ogólnym zarysie odpowiadała strukturze gospodarstw w regionie. Według *Powszechnego Spisu Rolnego 2020* (Główny Urząd Statystyczny [GUS], 2021) w województwie mazowieckim aż 71,2% gospodarstw miało powierzchnię od 1 do 10 ha (44,0 pkt proc. z 1–5 ha oraz 27,2 pkt proc. z 5–10 ha), a kolejne około 31,5 % mieściło się w kategorii 10–50 ha – co dobrze odzwierciedla analizowaną próbę. Podobnie struktura wiekowa kierujących gospodarstwami (dominacja osób 35–55 lat) oraz przewaga osób z wykształceniem średnim lub wyższym (zgodne z raportami PSR, 2020) potwierdzają, że próba była adekwatna do populacji (GUS, 2021).

W niniejszym badaniu przyjęto praktyczne ujęcie innowacyjności gospodarstw rolnych, zgodne z podejściem OECD (2005) i Rogersa (2003). Innowację definiowano jako wdrożenie nowego lub istotnie ulepszanego rozwiązania technologicznego, organizacyjnego lub środowiskowego, wcześniej nie stosowanego w danym gospodarstwie. Wyróżniono trzy typy innowacji: technologiczne, organizacyjne i środowiskowe.

innovations included, among others, the automation of production processes, the implementation of renewable energy sources, and investments in new machinery and equipment. Organisational innovations encompassed changes in farm management structures, cooperation within producer groups, and diversification of income sources. Environmental innovations referred to the reduction in pesticide use, pro-environmental practices, and investments in environmentally friendly technologies.

Due to the lack of a uniform innovation scale, farms were divided into two groups: those implementing one or two innovations (basic level) and those implementing three or more innovations (advanced level). The analyses were conducted using descriptive and comparative methods, as well as the chi-square test (χ^2) to identify relationships between categorical variables. Additionally, logistic regression was applied (dependent variable: 1–2 innovations = 0; ≥ 3 innovations = 1), allowing for the assessment of the direction and strength of the influence of explanatory variables. The regression analysis was performed in the Python environment using the statsmodels library, with significance levels of $\alpha = 0.05$ and $\alpha = 0.10$. The explanatory variables included age, education level, and utilised agricultural area (UAA). The variable “presence of a successor” was excluded from the regression analysis due to the inability to reliably incorporate it into the statistical model.

To complement the quantitative analysis, cluster analysis (KMeans) was conducted, enabling the identification of three farm profiles differentiated by the level of innovativeness and socio-demographic characteristics. This approach allowed for a more in-depth interpretation of the internal heterogeneity of the sample.

Characteristics of the Study Area

The study area covered six counties of northern Mazovia: Ciechanów, Mława, Maków, Płońsk, Przasnysz, and Pułtusk. In recent years, the region has undergone significant transformation, characterised by a decline in employment in agriculture and a progressing concentration of crop and livestock production, which is typical of the structural changes occurring in agriculture in the Mazowieckie voivodeship (Samorząd Województwa Mazowieckiego, 2022). Cereal production predominates in Mazovia, particularly wheat, barley, and maize (GUS, 2021; MRiRW, 2020). The voivodeship also ranks among the leading regions in Poland in terms of milk production and the number of cattle herds, while pig and poultry production continues to develop.

Do innowacji technologicznych zaliczono m.in. automatyzację procesów produkcyjnych, wdrożenie odnawialnych źródeł energii oraz inwestycje w nowe maszyny i urządzenia.

Innowacje organizacyjne obejmowały zmiany w strukturze zarządzania gospodarstwem, współpracę w ramach grup producenckich oraz dywersyfikację źródeł dochodów.

Natomiast innowacje środowiskowe dotyczyły ograniczania stosowania pestycydów, działań proekologicznych oraz inwestycji w technologie przyjazne środowisku.

Ze względu na brak jednolitej skali gospodarstwa podzielono na dwie grupy: wdrażające jedną lub dwie innowacje (poziom podstawowy) oraz trzy i więcej (poziom zaawansowany). Analizy przeprowadzono metodą opisową, porównawczą oraz z zastosowaniem testu chi-kwadrat (χ^2) w celu identyfikacji współzależności pomiędzy zmiennymi kategorialnymi. Dodatkowo zastosowano regresję logitową (zmienna zależna: 1–2 innowacje = 0; ≥ 3 innowacje = 1), co pozwoliło na ocenę kierunku i siły wpływu zmiennych objaśniających. Regresję wykonano w środowisku Python z wykorzystaniem biblioteki statsmodels, przy poziomach istotności $\alpha = 0,05$ oraz $\alpha = 0,10$. Zmiennymi objaśniającymi były: wiek, poziom wykształcenia i powierzchnia UR. Zmienna „obecność następcy” została pominięta, ponieważ nie było możliwe jej wiarygodne ujęcie w analizie statystycznej.

Uzupełnieniem analizy ilościowej była analiza skupień (KMeans), która umożliwiła wyodrębnienie trzech profili gospodarstw zróżnicowanych pod względem poziomu innowacyjności oraz cech społeczno-demograficznych. Podejście to pozwoliło na pogłębioną interpretację wewnętrznego zróżnicowania próby.

Charakterystyka obszaru badań

Obszar badań objął sześć powiatów północnego Mazowsza: ciechanowski, mławski, makowski, płoński, przasnyski i pułtuski. Region ten ewoluował w ostatnich latach – obserwuje się spadek zatrudnienia w rolnictwie oraz postępującą koncentrację produkcji roślinnej i zwierzęcej, co jest charakterystyczne dla procesów strukturalnych zachodzących w rolnictwie województwa mazowieckiego (Samorząd Województwa Mazowieckiego, 2022). Na Mazowszu dominuje produkcja zbóż, głównie pszenicy, jęczmienia i kukurydzy (GUS, 2021; MRiRW, 2020). Województwo znajduje się również w czołówce krajowej pod względem produkcji mleka i liczby stad bydła, a także rozwija się produkcja trzody chlewnej i drobiu.

From the perspective of agroclimatic conditions, northern Mazovia is characterised by the presence of brown and podzolic soils, typical of lowland agricultural areas. These soils, mainly classified as quality classes III–V, provide moderate to good conditions for agricultural production (PTG, 2019; Brożek & Zwydak, 2010). Non-agricultural functions in the analysed counties have developed at a moderate pace; an increase in small-scale entrepreneurship, local services, and rural tourism can be observed, although the region remains strongly dependent on income derived from agriculture. According to GUS (2022), only approximately 8% of the economically active population in the Mazowieckie voivodeship is employed in agriculture, while more than 60% works in the service sector. This indicates ongoing deagrarianisation processes, while agriculture continues to play a significant role in the economic structure of the region.

From an institutional perspective, the northern Mazovia area is covered by the activities of the Mazovian Agricultural Advisory Centre (MODR), local action groups (LAGs), and branches of the Agency for Restructuring and Modernisation of Agriculture (ARiMR), which constitute key components of the Agricultural Knowledge and Innovation System (AKIS). The region also ranks among the leading voivodeships in terms of the area of organic farming (MRiRW, 2020) and the number of beneficiaries of programmes supporting innovation and pro-environmental investments.

Results

The analysis of implemented innovations among the surveyed farmers revealed certain differences between women and men regarding innovation adoption (Table 1). Among female respondents, 92.3% implemented one or two innovations, while 7.7% implemented three or more. In the group of male respondents, the corresponding values were 80.7% and 19.3%, respectively. However, the results of the chi-square test ($\chi^2 = 1.93$; $p = 0.17$) indicate that these differences were not statistically significant at the $p < 0.05$ significance level. This means that, given the current sample size, no statistically significant relationship between gender and the number of implemented innovations can be confirmed. The results only suggest a tendency whereby men more frequently than women declared the implementation of a higher number of innovations, which may be attributable to structural differences and farm size rather than to the respondents' gender itself.

Z punktu widzenia warunków agroklimatycznych północne Mazowsze charakteryzuje się występowaniem gleb brunatnych i bielcowych, typowych dla nizinnych obszarów rolniczych. Gleby te, należące głównie do klas III–V, zapewniają przeciętne lub dobre warunki dla produkcji rolniczej (Polskie Towarzystwo Gleboznawcze [PTG], 2019; Brożek i Zwydak, 2010). Funkcje pozarolnicze w analizowanych powiatach rozwijają się w sposób umiarkowany – obserwuje się wzrost małej przedsiębiorczości, usług lokalnych i turystyki wiejskiej, lecz region nadal pozostaje silnie związany z dochodami z rolnictwa. Według danych GUS-u (2022) w województwie mazowieckim zaledwie ok. 8% aktywnych zawodowo osób pracuje w sektorze rolnictwa, podczas gdy ponad 60% jest zatrudnionych w usługach. Wskazuje to na postępujące procesy dezagraryzacji, przy utrzymującym się jednak znaczeniu rolnictwa jako istotnego elementu struktury gospodarczej regionu.

W ujęciu instytucjonalnym obszar północnego Mazowsza obejmują działania Mazowieckiego Ośrodka Doradztwa Rolniczego (MODR), lokalnych grup działania (LGD) oraz jednostek Agencji Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR), które stanowią kluczowe ogniwa systemu AKIS (ang. *Agricultural Knowledge and Innovation System*). Region ten należy również do czołówki województw pod względem powierzchni rolnictwa ekologicznego (MRiRW, 2020) oraz liczby beneficjentów programów wspierających innowacje i inwestycje prośrodowiskowe.

Wyniki badań

Analiza wprowadzonych innowacji w badanej grupie rolników ujawniła pewne różnice między kobietami i mężczyznami w zakresie implementacji innowacji (tab. 1). Wśród kobiet 92,3% wdrożyło od jednej do dwóch innowacji, natomiast 7,7% trzy lub więcej. W grupie mężczyzn odpowiednie wartości wyniosły 80,7% i 19,3%. Wynik testu chi-kwadrat ($\chi^2 = 1,93$; $p = 0,17$) wskazuje jednak, że różnice te nie są statystycznie istotne przy poziomie istotności $p < 0,05$.

Oznacza to, że przy obecnej liczebności próby nie można potwierdzić statystycznie zależności między płcią, a liczbą wdrożonych innowacji. Wyniki sugerują jedynie tendencję, zgodnie z którą mężczyźni częściej niż kobiety deklarowali wprowadzenie większej liczby innowacji, co może wynikać z różnic strukturalnych i skali gospodarstw, a nie z samej płci respondentów.

Table 1. Number of implemented innovations in the surveyed farms by respondents' gender (%)**Tabela 1. Liczba wdrożonych innowacji w badanych gospodarstwach rolnych według płci respondentów (%)**

Gender / Płeć	Declared number of implemented innovations (%) / Deklarowana liczba wdrożonych innowacji (%)	
	1–2	3 i więcej
Female / Kobieta	92.3	7.7
Male / Mężczyzna	80.7	19.3
Total/ Łącznie	83.5	16.1

Source: authors' own elaboration based on the survey results ($n = 109$; percentages within groups sum to 100%).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych ($n = 109$; procenty w ramach grup sumują się do 100%).

The study also analysed the relationship between respondents' age (divided into four age groups) and the number of implemented innovations. The results are presented in Table 2.

W przeprowadzonym badaniu analizowano związek między wiekiem osób ankietowanych (podzielonych na cztery grupy wiekowe) a liczbą wdrożonych innowacji. Wyniki zestawiono w tabeli 2.

Table 2. Number of implemented innovations in the surveyed farms by respondents' age (%)**Tabela 2. Liczba wdrożonych innowacji w badanych gospodarstwach według wieku respondentów (%)**

Age / Wiek	Declared number of implemented innovations (%) / Deklarowana liczba wdrożonych innowacji (%)	
	1–2	3 i więcej
18–25 age / 18–25 lat	87.8	12.2
26–30 age / 26–30 lat	81.1	18.9
31–40 age / 31–40 lat	68.8	31.2
41–50 age / 41–50 lat	87.5	12.5
Total / Łącznie	83.5	16.5

Source: authors' own elaboration based on the survey results ($n = 109$; percentages within groups sum to 100%).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych ($n = 109$; procenty w ramach grup sumują się do 100%).

In the youngest age group (18–25 years), 87.8% of respondents implemented one or two innovations, while 12.2% implemented three or more. In the 26–30 age group, the proportion of farms with one or two innovations was 81.1%, whereas 18.9% declared the implementation of at least three innovations. In the 31–40 age group, the respective values were 68.8% and 31.2%, and among respondents aged 41–50 years, 87.5% and 12.5%.

The results of the chi-square test ($\chi^2 = 3.14$; $p = 0.37$) indicate that the differences between age groups were not statistically significant at the $p < 0.05$ significance level. Nevertheless, a certain upward tendency can be observed, suggesting that the highest level of innovative activity occurred among farmers aged 31–40 years and subsequently declined in older age groups. This result should be interpreted with caution due to the limited size of individual age groups and their unequal representation in the sample.

W najmłodszej grupie (18–25 lat) 87,8% badanych wdrożyło od jednej do dwóch innowacji, a 12,2% trzy lub więcej. W grupie 26–30 lat odsetek gospodarstw z jedną lub dwiema innowacjami wyniósł 81,1%, natomiast 18,9% deklaroowało wdrożenie co najmniej trzech. W grupie 31–40 lat wartości te wyniosły odpowiednio 68,8 i 31,2%, a wśród respondentów w wieku 41–50 lat – 87,5 i 12,5%.

Wyniki testu chi-kwadrat ($\chi^2 = 3,14$; $p = 0,37$) wskazują, że różnice pomiędzy grupami wiekowymi nie były statystycznie istotne przy poziomie istotności $p < 0,05$. Można jednak zauważyć pewną tendencję wzrostową, sugerującą, że najwyższy poziom aktywności innowacyjnej występował wśród rolników w wieku 31–40 lat, a następnie malał w starszych grupach. Wynik ten należy interpretować ostrożnie ze względu na ograniczoną liczebność poszczególnych grup wiekowych i nierówną ich reprezentację w próbie.

As part of the study, the relationship between farm size and the number of implemented innovations was analysed (Table 3).

W ramach badań dokonano analizy, wpływu powierzchni gospodarstwa rolnego na liczbę wprowadzonych innowacji (tab. 3).

Table 3. Number of implemented innovations by farm size (%)

Tabela 3. Liczba wdrożonych innowacji według powierzchni badanych gospodarstw (%)

Farm size (ha) / Powierzchnia gospodarstwa (ha)	Declared number of implemented innovations (%) / Deklarowana liczba wdrożonych innowacji (%)	
	1–2	3 i więcej
Up to 20 / Do 20	88.6	11.4
21–50	88.6	11.4
51–75	81.3	18.7
76 and above / 76 i więcej	57.1	42.9
Total / Łącznie	83.5	16.5

Source: authors' own elaboration based on the survey results ($n = 109$; percentages within groups sum to 100%).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych ($n = 109$; procenty w ramach grup sumują się do 100%).

Among farms with an area of up to 20 hectares, 88.6% of farm owners implemented one or two innovations, while 11.4% implemented three or more. In the group of farms with an area of 21–50 hectares, similarly, 88.6% of farmers implemented one or two innovations, and 11.4% implemented three or more. Among farms with an area of 51–75 hectares, 81.3% of respondents implemented one or two innovations, whereas 18.7% implemented three or more. In farms larger than 76 hectares, 57.1% of respondents implemented one or two innovations, while 42.9% implemented three or more.

The statistical analysis ($\chi^2 = 8.61$, $p = 0.03$) demonstrated a statistically significant relationship between farm size and the number of implemented innovations, as the p-value was lower than the adopted significance level of $\alpha = 0.05$. The results confirm a statistically significant association between farm size and the number of implemented innovations. Larger farms were more likely to implement three or more innovations, which may be attributed to greater financial and investment capacities of this group.

The analysis of the relationship between the number of innovations and the presence of a successor in farms revealed significant differences in innovative activity. In farms where a successor was present, 80.2% of respondents implemented one or two innovations, while 19.8% implemented three or more. In contrast, in farms without a successor, none of the surveyed respondents implemented more than two innovations – 100% of respondents in this group implemented one or two innovations (Table 4).

W gospodarstwach o powierzchni do 20 ha 88,6% właścicieli badanych gospodarstw wprowadziło jedną lub dwie innowacje, natomiast 11,4% zrealizowało trzy lub więcej. W grupie gospodarstw o powierzchni 21–50 ha analogicznie, 88,6% rolników wprowadziło od jednej do dwóch innowacji, a 11,4% – trzy lub więcej. W gospodarstwach o powierzchni 51–75 ha 81,3% uczestników badania wdrożyło od jednej do dwóch innowacji, podczas gdy 18,7% wprowadziło trzy lub więcej. W gospodarstwach powyżej 76 ha 57,1% respondentów wdrożyło jedną lub dwie innowacje, natomiast 42,9% – trzy lub więcej.

Analiza statystyczna ($\chi^2 = 8,61$, $p = 0,03$) wykazała istotną zależność między powierzchnią gospodarstwa, a liczbą wprowadzanych innowacji, ponieważ wartość p jest niższa od przyjętego poziomu istotności $\alpha = 0,05$. Wyniki potwierdzają istotny statystycznie związek między powierzchnią gospodarstwa, a liczbą wdrożonych innowacji. Gospodarstwa o większej powierzchni częściej wdrażały trzy lub więcej innowacji, co może wynikać z większych możliwości finansowych i inwestycyjnych tej grupy.

Analiza zależności między liczbą innowacji, a obecnością następcy w gospodarstwie rolnym ujawniła istotne różnice w aktywności innowacyjnej. W gospodarstwach, w których był następca, 80,2% respondentów wdrożyło od jednej do dwóch innowacji, natomiast 19,8% – trzy lub więcej. Z kolei w gospodarstwach bez następcy żadna osoba biorąca udział w badaniu nie wprowadziła więcej niż dwóch innowacji – 100% badanych z tej grupy zrealizowało od jednej do dwóch innowacji (tab. 4).

Table 4. Number of implemented innovations by the presence of a successor in the surveyed farms (%)
Tabela 4. Liczba wdrożonych innowacji w zależności od obecności następcy w badanych gospodarstwach (%)

Presence of a successor / Obecność następcy	Declared number of implemented innovations (%) / Deklarowana liczba wdrożonych innowacji (%)	
	1–2	3 or more / 3 i więcej
No / Nie	100.0	0.0
Yes / Tak	80.2	19.8
Total / Łącznie	83.5	16.5

Source: authors' own elaboration based on the survey results ($n = 109$; percentages within groups sum to 100%).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych ($n = 109$; procenty w ramach grup sumują się do 100%).

The results of the statistical analysis ($\chi^2 = 4.26$; $p = 0.04$) indicate a statistically significant association between the presence of a successor and the number of implemented innovations, as the p -value is lower than the adopted significance level of $\alpha = 0.05$. Farms with a successor demonstrate a clearly higher level of innovative activity compared to those without a successor. The presence of a successor may foster the implementation of innovations, suggesting a greater readiness for adaptation and change within the farm. These observations highlight the importance of succession planning in farms as a factor supporting innovativeness.

Investments in innovation in agriculture depend on two fundamental factors. The first is of a psychosocial nature and is related to farmers' social environment. It is determined by the level of knowledge, education, and professional experience, as well as the ability to make risk-taking decisions and access information on innovative solutions (e.g. education, agricultural advisory services, participation in conferences, exhibitions, and demonstrations). This factor also includes farmers' attitudes toward values they uphold and their expected standard of living. The second factor is of an economic and financial nature. It relates to the current situation of the farm and its development prospects, as well as demand for agricultural products in domestic and foreign markets (Józwiak et al., 2012).

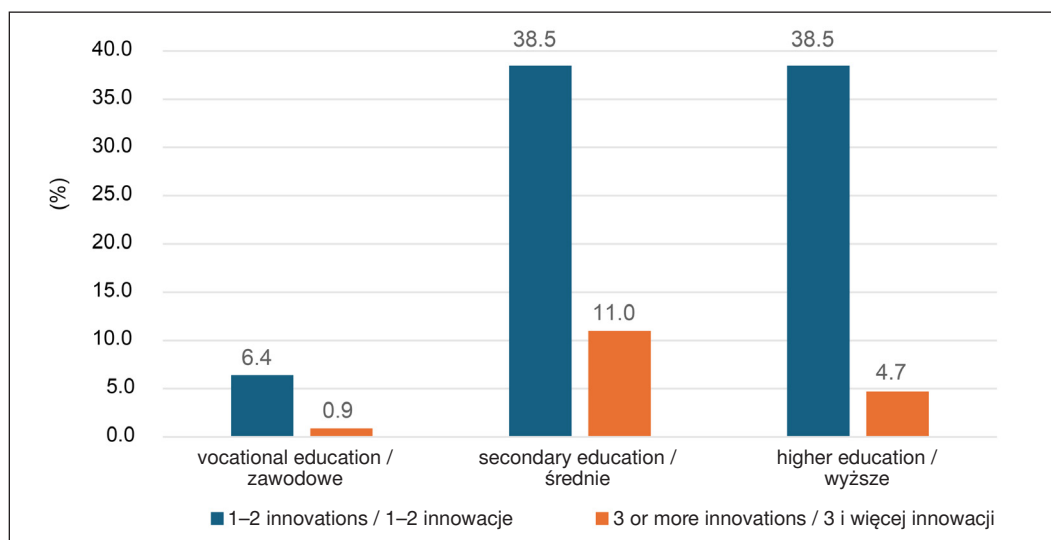
The analysis of the relationship between education level and the number of implemented innovations (Fig. 1) showed that among respondents with secondary education, 77.8% implemented one or two innovations, while 22.2% implemented three or more. In the group of farmers with higher education, the respective values were 89.4% and 10.6%, whereas among respondents with vocational education they amounted to 87.5% and 12.5%.

Wyniki analizy statystycznej wykazały ($\chi^2 = 4.26$; $p = 0.04$) istotną statystycznie współzależność między obecnością następcy a liczbą wprowadzanych innowacji, ponieważ wartość p jest mniejsza od przyjętego poziomu istotności $\alpha = 0.05$.

Gospodarstwa z obecnością następcy wykazują wyraźnie większą aktywność innowacyjną w porównaniu do tych, w których brak jest następcy. Obecność następcy może sprzyjać wprowadzaniu innowacji, co sugeruje większą gotowość do adaptacji i zmian w gospodarstwie. Te obserwacje podkreślają znaczenie planowania sukcesji w gospodarstwach rolnych jako czynnika wspierającego innowacyjność.

Inwestycje w innowacje w rolnictwie zależne są od dwóch podstawowych czynników. Pierwszy to czynnik o charakterze psycho-społecznym. Czynnik ten związany jest ze środowiskiem społecznym rolników. Warunkują go stan wiedzy, wykształcenia i doświadczenia zawodowego oraz zdolność do podejmowania ryzykownych decyzji, dostęp do informacji o innowacyjnych rozwiązaniach (edukacja, doradztwo rolnicze, uczestnictwo w konferencjach, wystawach i pokazach itp.). Obejmuje również podejście producentów rolnych do wyznawanych wartości i oczekiwanego poziomu życia. Drugi to czynnik o charakterze ekonomiczno-finansowym. Dotyczy aktualnej sytuacji gospodarstwa rolnego i perspektyw jego rozwoju, a także zapotrzebowania na produkty rolnicze w kraju i za granicą (Józwiak i in., 2012).

Analiza zależności między poziomem wykształcenia a liczbą wdrożonych innowacji (wykr. 1) wykazała, że wśród osób z wykształceniem średnim 77,8% wdrożyło jedną lub dwie innowacje, a 22,2% trzy lub więcej. W grupie rolników z wykształceniem wyższym wartości te wyniosły odpowiednio 89,4% i 10,6%, natomiast wśród osób z wykształceniem zawodowym – 87,5 i 12,5%.

Figure 1. Number of implemented innovations in farms by farmers' education level (%)**Wykres 1. Liczba wdrożonych innowacji w gospodarstwach według poziomu wykształcenia rolników (%)**

Source: authors' own elaboration based on the survey results ($n = 109$).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych ($n = 109$).

The results of the chi-square test ($\chi^2 = 2.55$; $p = 0.28$) indicate that the differences between the groups were not statistically significant at the significance level of $\alpha = 0.05$. Nevertheless, a tendency can be observed whereby farmers with secondary education more frequently declared a higher number of implemented innovations than the remaining respondents. This relationship is indicative in nature and would require confirmation on a larger sample.

An analysis of the data presented in Figure 2 indicates that more innovative farms were more likely to undertake pro-environmental actions, such as biodiversity protection, waste recycling, and the use of renewable energy sources. Among farms that implemented three or more innovations, 31.2% reported activities related to biodiversity protection, compared to 10.1% among farms with a lower number of implemented innovations. Similar differences were observed regarding waste recycling (33.0% versus 10.1%) and the reduction of pesticide use (28.4% versus 6.4%).

As environmental actions constitute one of the types of innovations included in the analysis, they do not represent a separate explanatory variable but rather illustrate the structure of respondents' innovative activity. The data presented are therefore descriptive in nature, indicating that farms implementing a higher number of innovations are also more likely to undertake pro-environmental actions.

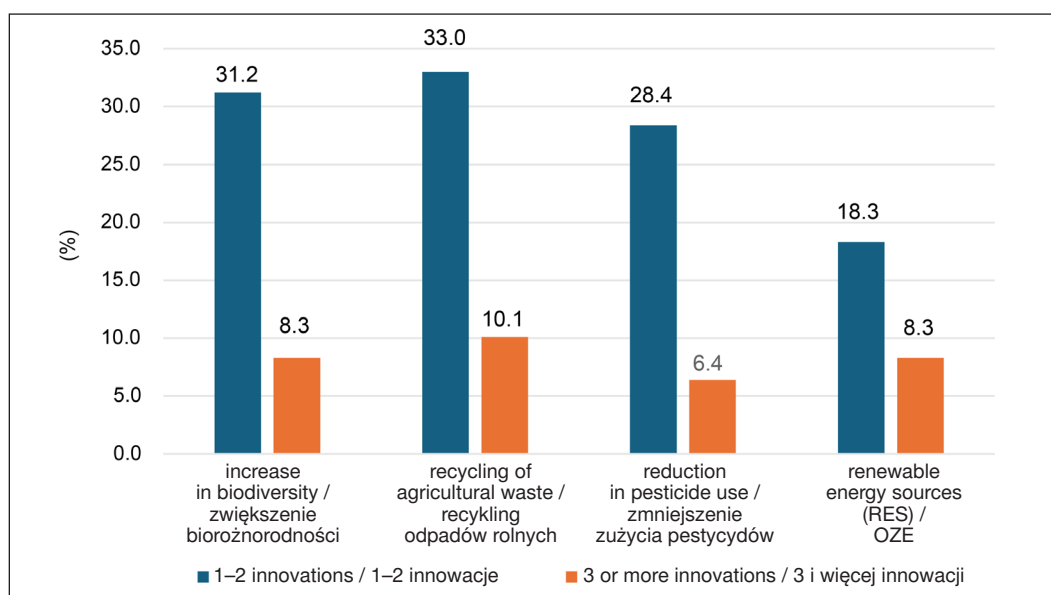
Wynik testu chi-kwadrat ($\chi^2 = 2,55$; $p = 0,28$) wskazuje, że różnice pomiędzy grupami nie były statystycznie istotne przy poziomie istotności $\alpha = 0,05$. Można jednak zauważyć tendencję, zgodnie z którą rolnicy z wykształceniem średnim częściej deklarowali większą liczbę wdrożonych innowacji niż pozostali respondenci. Zależność ta ma charakter orientacyjny i wymagałaby potwierdzenia na większej próbie.

Analizując dane przedstawione na wykresie 2, można zauważyć, że gospodarstwa bardziej innowacyjne częściej podejmowały działania prośrodowiskowe, takie jak ochrona bioróżnorodności, recykling odpadów czy wykorzystanie odnawialnych źródeł energii. W grupie gospodarstw, które wdrożyły trzy lub więcej innowacji, 31,2% wskazało działania związane z ochroną bioróżnorodności, natomiast wśród gospodarstw o mniejszej liczbie wdrożeń – 10,1%. Podobne różnice dotyczyły recyklingu odpadów (33,0% wobec 10,1%) i ograniczania zużycia pestycydów (28,4% wobec 6,4%).

Ponieważ działania środowiskowe stanowią jeden z typów innowacji uwzględnionych w analizie, nie stanowią one odrębnej zmiennej wyjaśniającej, lecz ilustrują strukturę aktywności innowacyjnej respondentów. Dane te mają zatem charakter opisowy, wskazując, że gospodarstwa wdrażające większą liczbę innowacji częściej realizują również działania prośrodowiskowe.

Figure 2. Types of environmental actions undertaken by farms according to the number of implemented innovations (%)

Wykres 2. Rodzaje działań prośrodowiskowych podejmowanych przez gospodarstwa według liczby wdrożonych innowacji (%)



Source: authors' own elaboration based on the survey results (n = 109).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych (n = 109).

Farm owners implementing one or two innovations mostly (over half of the responses) declared using subsidies or funds supporting sustainable development and innovation in agriculture (Fig. 3). Approximately 20% of respondents in this group indicated that they were not currently using such support but planned to do so in the future, while 10% neither used such support nor intended to apply for it. In the group of more innovative farms (three or more innovations), only a few farmers declared not using any support, whereas nearly 15% reported participation in support programmes. This may suggest that more intensive innovation implementation is more frequently associated with active acquisition of external funding.

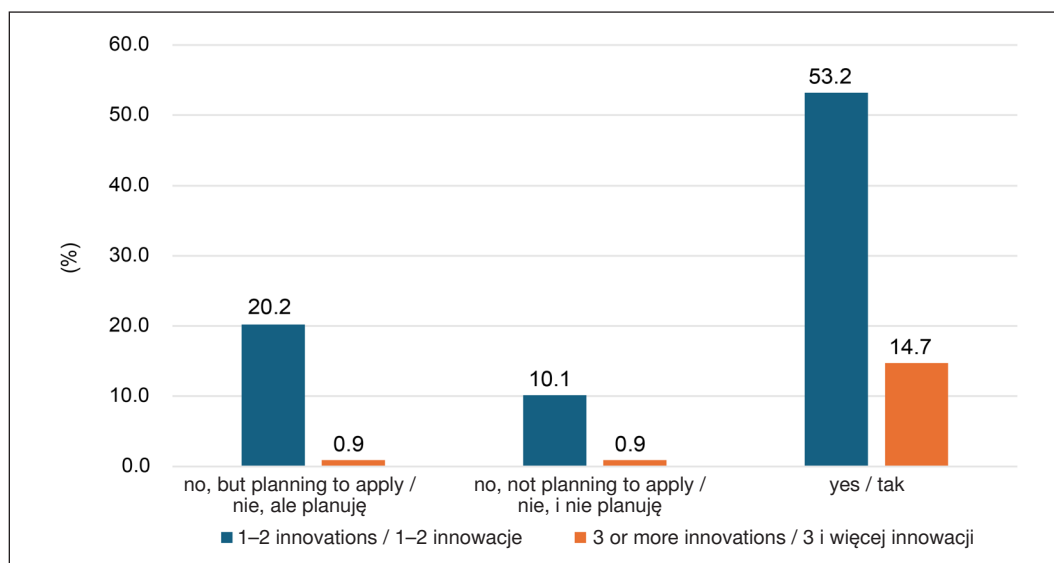
Nearly 57% of farmers implementing one or two innovations indicated that these activities rather generated economic benefits, while 17.5% were definitely convinced of their positive economic effects. A small proportion of respondents (7.3%) stated that innovations rather did not bring economic benefits, and only 0.9% declared that they definitely did not. In the group of more innovative farms (three or more innovations), almost half of the respondents (49.0%) assessed that innovations rather generated economic benefits, while 4.6% stated that they definitely did. Conversely, 1.8% indicated that economic benefits rather did not occur, and no responses of "definitely not" were recorded.

Właściciele gospodarstw wdrażających od jednej do dwóch innowacji w większości (ponad połowa wskazań) zadeklarowali korzystanie z dotacji lub funduszy wspierających zrównoważony rozwój i innowacje w rolnictwie (wykr. 3). Około 20% z nich wskazało, że obecnie nie korzysta z takiego wsparcia, ale planuje to w przyszłości, natomiast 10% nie korzysta i nie ma takich planów.

W grupie bardziej innowacyjnych gospodarstw (trzy lub więcej innowacji) jedynie pojedynczy rolnicy zadeklarowali brak korzystania ze wsparcia, natomiast blisko 15% korzysta z programów pomocowych. Może to sugerować, że intensywniejsze wdrażanie innowacji częściej współwystępuje z aktywnym pozyskiwaniem środków zewnętrznych.

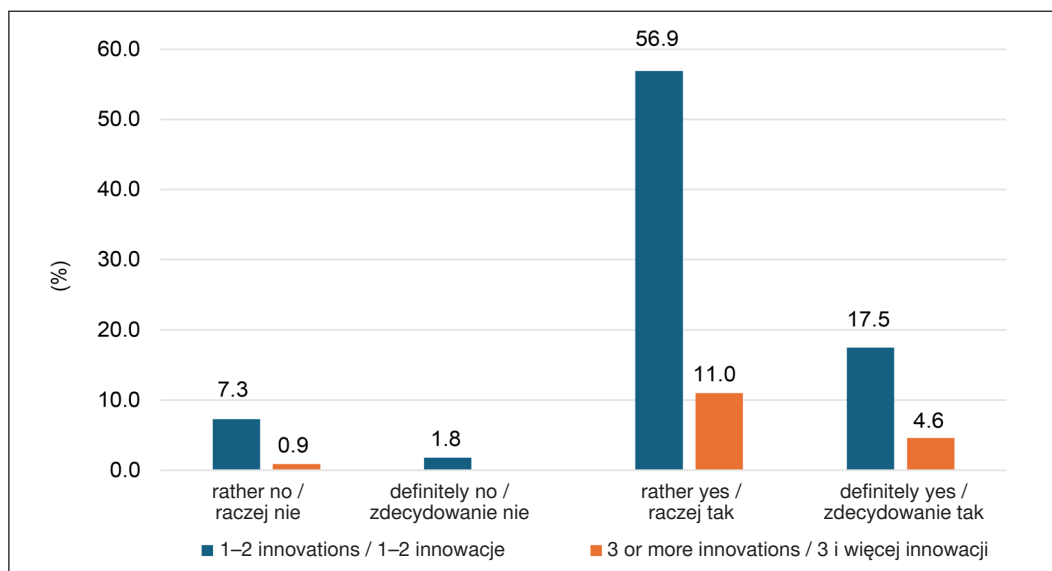
Blisko 57% rolników z grupy wdrażającej jedną lub dwie innowacje wskazało, że działania te raczej przyniosły korzyści ekonomiczne, a 17,5% było o tym zdecydowanie przekonanych. Niewielki odsetek (7,3%) uznał, że innowacje raczej nie przyniosły korzyści, a jedynie 0,9% – że zdecydowanie nie.

W grupie gospodarstw bardziej innowacyjnych (trzy lub więcej innowacji) niemal połowa respondentów (49%) oceniła, że innowacje raczej przyniosły korzyści ekonomiczne, a 4,6% – że zdecydowanie tak. Z kolei 1,8% uznało, że korzyści raczej nie wystąpiły, natomiast nie odnotowano odpowiedzi „zdecydowanie nie”.

Figure 3. Declarations of using funds supporting innovation according to the number of implemented innovations (%)**Wykres 3. Deklaracje korzystania z funduszy wspierających innowacyjność według liczby wdrożonych innowacji (%)**

Source: authors' own elaboration based on the survey results (n = 109).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych (n = 109).

Figure 4. Assessment of economic benefits resulting from innovation according to the number of implemented innovations (%)**Wykres 4. Ocena korzyści ekonomicznych wynikających z innowacji według ich liczby wdrożonych w gospodarstwie (%)**

Source: authors' own elaboration based on the survey results (n = 109).

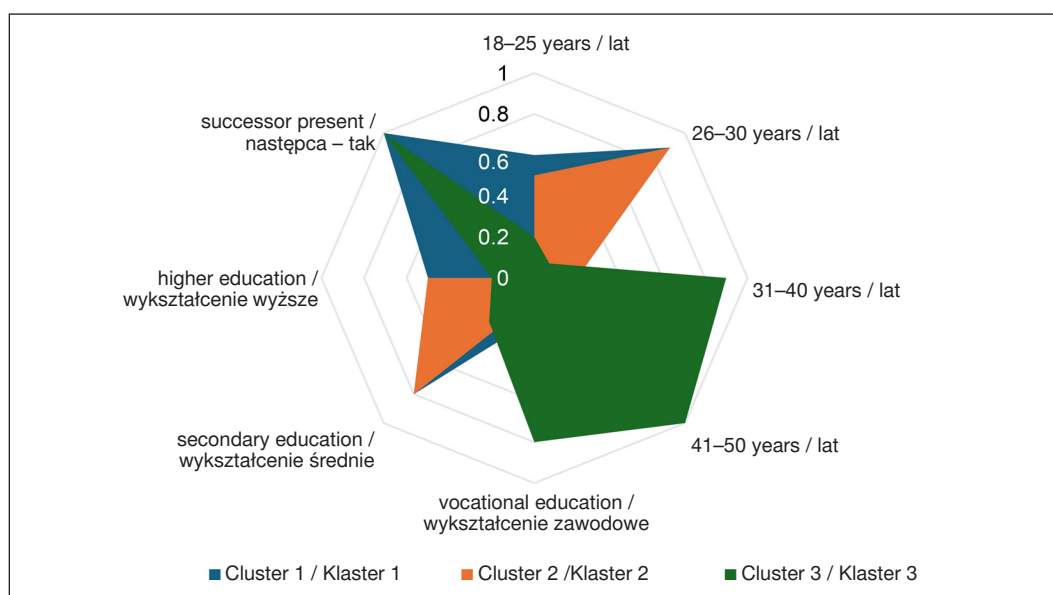
Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych (n = 109).

Based on the cluster analysis using the KMeans method (Fig. 5), three clusters of farms were identified, differing significantly in terms of socio-demographic characteristics and the level of innovative activity.

Na podstawie analizy skupień metodą KMeans (wykr. 5) wyodrębniono trzy klastry gospodarstw rolnych, różniące się istotnie pod względem cech społeczno-demograficznych oraz poziomu aktywności innowacyjnej.

Figure 5. Profiles of identified clusters of farms according to selected socio-demographic characteristics and innovation level

Wykres 5. Profil wyodrębnionych klastrów gospodarstw rolnych według wybranych cech społeczno-demograficznych i poziomu innowacyjności



Source: authors' own elaboration based on the survey results ($n = 109$).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych ($n = 109$).

Cluster 1 includes farms managed by young individuals aged 26–30, characterised by lower professional experience and limited possibilities for succession planning. These are farms with an average size of approximately 47 hectares, in which an average of 1.94 innovations were implemented.

Cluster 2 consists of young farmers aged 26–30 with secondary education but without planned succession. These farms are considerably smaller (approximately 21.7 hectares) and exhibit the lowest level of innovative activity, with an average of 1.06 implemented innovations.

Cluster 3 comprises farms managed by older individuals, most often aged 41–50, with vocational education. In the majority of cases, these farms declared the presence of a successor. They are the largest farms (approximately 51 hectares) and display a moderate level of innovativeness, with an average of 1.62 implemented innovations.

To further deepen the analysis of the relationship between socio-demographic characteristics and the level of innovativeness of farms, a logistic regression model was applied. The independent variables included age, education level, and the presence of a successor. The dependent variable was membership in the more innovative group ($0 = 1-2$ innovations; $1 = \geq 3$ innovations). Due to the relatively small sample size ($n = 109$), the analysis should be regarded as exploratory.

Klaster 1 obejmuje gospodarstwa prowadzone przez osoby młode (26–30 lat), które charakteryzuje niższe doświadczenie zawodowe i ograniczone możliwości planowania sukcesji. Są to gospodarstwa o średniej powierzchni ok. 47 ha, w których wdrażana jest przeciętnie 1,94 innowacji.

Klaster 2 tworzą młodzi rolnicy w wieku 26–30 lat z wykształceniem średnim, lecz bez planowanej sukcesji. Gospodarstwa te są wyraźnie mniejsze (ok. 21,7 ha) i cechują się najniższym poziomem aktywności innowacyjnej (średnio 1,06 innowacji).

Klaster 3 skupia gospodarstwa prowadzone przez osoby starsze – najczęściej w wieku 41–50 lat z wykształceniem zawodowym. W większości przypadków deklarują one obecność następcy. Gospodarstwa te są największe (ok. 51 ha) i odznaczają się umiarkowaną innowacyjnością (średnio wdrożonych 1,62 innowacji).

W celu pogłębienia analizy zależności między cechami społeczno-demograficznymi, a poziomem innowacyjności gospodarstw rolnych zastosowano regresję logitową. Zmienne niezależne obejmowały wiek, poziom wykształcenia oraz obecność następcy. Zmienną zależną była przynależność do grupy bardziej innowacyjnej ($0 = 1-2$ innowacje; $1 = \geq 3$ innowacje). Ze względu na relatywnie niewielką liczebność próby ($n = 109$), analizę należy traktować jako eksploracyjną.

Additionally, the variable “presence of a successor” was not included in the regression model due to a lack of response variation in one category of the dependent variable. Under such conditions, the statistical model did not allow for reliable estimation of the effect of this variable; therefore, it was excluded from the analysis.

The most significant effect was observed for the age category of 31–40 years, for which the regression coefficient was $\beta = 1.30$ ($p = 0.0989$). This result may be interpreted as marginally significant at the significance level of $\alpha = 0.10$. The corresponding odds ratio ($OR = 3.67$) indicates that the probability of implementing three or more innovations in this group was more than three times higher than in the reference group (18–25 years).

The remaining age categories (26–30 and 41–50 years) also showed positive regression coefficients; however, these differences did not reach statistical significance. The education variable likewise did not reveal statistically significant relationships, although an upward trend was observed – farmers with secondary and higher education more frequently implemented a greater number of innovations than those with vocational education.

The model was exploratory in nature, meaning that its purpose was to indicate potential relationships rather than to provide their full verification. Nevertheless, the results obtained support the importance of demographic factors, particularly age, in the process of innovation-related decision-making in farms.

Dodatkowo zmienna „obecność następcy” nie została uwzględniona w modelu regresji ze względu na brak zróżnicowania odpowiedzi w jednej z kategorii zmiennej zależnej. W takiej sytuacji model statystyczny nie pozwalał na wiarygodne oszacowanie wpływu tej zmiennej, dlatego została pominięta.

Najbardziej znacząca okazała się kategoria wiekowa 31–40 lat, dla której współczynnik regresji wynosił $\beta = 1,30$ ($p = 0,0989$). Wynik ten można interpretować jako granicznie istotny przy poziomie istotności $\alpha = 0,10$. Odpowiadający mu iloraz szans $OR = 3,67$ oznacza, że prawdopodobieństwo wdrożenia trzech lub więcej innowacji było w tej grupie ponad trzykrotnie wyższe niż w grupie referencyjnej (18–25 lat).

Pozostałe kategorie wiekowe (26–30 oraz 41–50 lat) również miały dodatnie współczynniki regresji, jednak różnice nie osiągnęły poziomu istotności statystycznej. Zmienna dotycząca wykształcenia również nie wykazała istotnych zależności, choć obserwuje się tendencję wzrostową – rolnicy z wykształceniem średnim i wyższym częściej wdrażali większą liczbę innowacji niż osoby z wykształceniem zawodowym.

Model miał charakter eksploracyjny, co oznacza, że jego celem było wskazanie potencjalnych zależności, a nie ich pełna weryfikacja. Uzyskane wyniki potwierdzają jednak znaczenie czynnika demograficznego (wiek) w procesie podejmowania decyzji innowacyjnych w gospodarstwach rolnych.

Table 5. Results of logistic regression – factors differentiating the probability of implementing ≥ 3 innovations*

Tabela 5. Wyniki regresji logitowej – czynniki różnicujące prawdopodobieństwo wdrożenia ≥ 3 innowacji

Variable / Zmienna	β (coef)	OR (e^{β})	p-value / p-wartość	Remarks / Uwagi
Age 31–40 / Wiek 31–40	1.30	3.67	0.0989	marginally significant / granicznie istotne
Age 26–30 / Wiek 26–30	0.54	1.71	0.276	not significant / nieistotne
Age 41–50 / Wiek 41–50	0.21	1.23	0.688	not significant / nieistotne
Secondary education/ Wykształcenie średnie	0.48	1.62	0.281	not significant / nieistotne
Higher education/ Wykształcenie wyższe	0.67	1.96	0.148	not significant / nieistotne
Presence of a successor / Obecność następcy	–	–	–	not estimable / brak możliwości oszacowania

Note: The reference category for the age variable was the 18–25 group, while vocational education served as the reference category for the education variable. The dependent variable equaled 1 for farms implementing three or more innovations and 0 otherwise. The variable “presence of a successor” was excluded from the model due to a lack of response variability in one category of the dependent variable. /

Objaśnienie: Kategorią referencyjną dla zmiennej wieku była grupa 18–25 lat, natomiast dla zmiennej wykształcenia – wykształcenie zawodowe. Zmienna zależna przyjmowała wartość 1 dla gospodarstw wdrażających trzy lub więcej innowacji oraz 0 w pozostałych przypadkach. Zmienna „posiadanie następcy” została wyłączona z modelu z powodu braku zmienności odpowiedzi w jednej z kategorii zmiennej zależnej.

Source: authors' own elaboration based on the survey results ($n = 109$).

Źródło: opracowanie własne na podstawie badań ankietowych ($n = 109$).

Discussion of results

The obtained results fit into the broader body of research on agricultural innovation in Central and Eastern Europe.

Chechelski et al. (2015) emphasize the role of farm succession as a mechanism supporting modernization, indicating that the presence of a successor increases farms' propensity to invest in innovations. Similar relationships are reported by Figiel (2019), who argues that larger farms demonstrate a higher innovation absorption capacity, which is consistent with the findings of the present study.

The results of the logistic regression analysis – despite the limited sample size – are partly consistent with the findings of Calus (2009), who observed a positive influence of younger farmers' age on the adoption of modern technologies. This is also supported by the study of Emerick et al. (2016), which highlights the importance of the institutional environment as well as access to knowledge and advisory services.

Similarly, Kosior (2017) points out that competitiveness and modernization capacity in the agri-food sector largely depend on macroeconomic conditions and the quality of the institutional framework supporting agriculture. According to Ruzzante et al. (2021), the adoption of technological innovations depends, among others, on education level, farm size, access to financing, and participation in agricultural organizations. In the present study, a comparable relationship was observed between utilized agricultural area and the number of implemented innovations.

Dessart et al. (2019) emphasize the importance of psychological characteristics – such as motivation for change – which may explain higher innovation activity among younger farmers. Marra et al. (2003) underline the role of risk perception, costs, and experience as both barriers and drivers of innovation adoption. These observations may help explain the lower innovation activity among farmers with less experience or a less stable financial situation.

Knierim et al. (2018) demonstrate that succession planning is associated with strategic and development-oriented decision-making, which aligns with the results of the descriptive analysis conducted in this study. Finally, Aubert et al. (2020) show that medium-sized farms tend to exhibit the greatest flexibility and adaptability – precisely the type of farms that predominated in the analyzed sample.

Dyskusja wyników

Uzyskane wyniki wpisują się w szerszy kontekst badań nad innowacyjnością rolnictwa w Europie Środkowo-Wschodniej.

Chechelski i in. (2015) podkreślają rolę sukcesji jako mechanizmu wspierającego modernizację – obecność następcy zwiększa skłonność gospodarstw do inwestowania w innowacje. Podobne zależności wskazuje Figiel (2019), według którego większe jednostki wykazują wyższą chłonność innowacyjną, co jest spójne z wynikami niniejszego badania.

Wyniki regresji logitowej – mimo ograniczonej próby – są częściowo zgodne z ustaleniami Calusa (2009), który zaobserwował pozytywny wpływ młodego wieku rolników na skłonność do wdrażania nowoczesnych technologii. Potwierdzają to także badania Emericka i in. (2016), w których istotną rolę odgrywało lokalne otoczenie instytucjonalne oraz dostęp do wiedzy i doradztwa. Podobnie Kosior (2017) zwraca uwagę, że konkurencyjność i zdolność do modernizacji sektora żywnościowego są w dużej mierze uzależnione od uwarunkowań makroekonomicznych i jakości instytucjonalnego otoczenia rolnictwa.

Zgodnie z analizami Ruzzante i in. (2021), adopcja innowacji technologicznych zależy m.in. od poziomu wykształcenia, wielkości gospodarstwa, dostępu do finansowania oraz uczestnictwa w organizacjach rolniczych. W badaniu zaobserwowano podobną zależność między powierzchnią UR a liczbą wdrożonych innowacji. Z kolei Dessart i in. (2019) podkreślają znaczenie cech psychologicznych – takich jak motywacja do zmiany – które mogą tłumaczyć większą aktywność innowacyjną młodszych gospodarzy.

Marra i in. (2003) zwracają uwagę na znaczenie percepcji ryzyka, kosztów i doświadczenia jako barier i bodźców wdrażania innowacji. Ich obserwacje mogą wyjaśniać niższą aktywność innowacyjną rolników o mniejszym doświadczeniu lub mniej stabilnej sytuacji finansowej.

Knierim i in. (2018) wykazali, że planowanie sukcesji wiąże się z podejmowaniem działań strategicznych i rozwojowych, co współgra z wynikami analizy opisowej. Wreszcie Aubert i in. (2020) dowodzą, że największą elastyczność i adaptacyjność przejawiają gospodarstwa średniej wielkości – a właśnie one przeważały w analizowanej próbie.

Summary and Conclusions

The results of the research conducted indicate that the implementation of innovations in farms varied depending on age, education level, and the presence of a successor, although the observed relationships were not always statistically significant. Younger and better-educated farmers more frequently declared the implementation of three or more innovations; moreover, this group more often reported succession planning as well as environmental actions, such as the use of renewable energy sources or recycling.

Although the majority of respondents perceived economic benefits from implemented innovations (approximately 70%), among more innovative farmers a higher frequency of declarations regarding financing investments without external funds was observed, which may indicate greater investment self-reliance in this group. The results of the logistic regression analysis suggest a positive relationship between age – particularly the 31–40 age group – and innovation implementation; however, this effect reached only marginal statistical significance ($p < 0.10$). Secondary education also exhibited a positive coefficient, though without statistical significance.

The presence of a successor was not included in the regression model for methodological reasons; nevertheless, its role became apparent in the descriptive analyses. The conducted analysis indicates that readiness to implement innovations may be associated not only with the structural characteristics of farms but also with farmers' attitudes. As psychological traits or developmental aspirations were not measured directly, their influence can only be postulated and requires further research.

It should be emphasized that the results obtained are exploratory in nature and, due to the limited sample size, do not allow for generalization to the entire population of farms. Regarding the adopted research hypotheses, the empirical findings partially confirmed the main hypothesis. Farmers' age showed an upward tendency in terms of innovative activity, while farm size proved to be a factor significantly differentiating the number of implemented innovations ($p < 0.05$). In contrast, education level and the presence of a successor did not demonstrate statistically significant relationships with the number of implemented innovations. These results allow for the conclusion that the specific hypotheses concerning age and farm size were partially confirmed, whereas the remaining hypotheses require further verification on a larger sample.

Podsumowanie i wnioski

Wyniki przeprowadzonych badań wskazują, że wdrażanie innowacji w gospodarstwach rolnych było zróżnicowane w zależności od wieku, poziomu wykształcenia i obecności następcy, choć uzyskane zależności nie zawsze miały charakter istotny statystycznie. Rolnicy młodszy i lepiej wykształceni częściej deklarowali wdrożenie trzech lub więcej innowacji, ponadto w tej grupie częściej pojawiała się również deklaracja sukcesji oraz działania środowiskowe, takie jak stosowanie OZE czy recykling. Choć większość badanych dostrzegała korzyści ekonomiczne z wdrażanych innowacji (ok. 70%), wśród rolników bardziej aktywnych obserwowano częstsze deklaracje finansowania inwestycji bez udziału środków zewnętrznych, co może wskazywać na większą samodzielność inwestycyjną tej grupy.

Wyniki regresji logitowej sugerują pozytywny związek między wiekiem (szczególnie grupą 31–40 lat) a wdrażaniem innowacji, choć efekt ten osiągnął jedynie poziom istotności granicznej ($p < 0,10$). Wykształcenie średnie również wykazywało dodatni współczynnik, ale bez istotności statystycznej. Obecność sukcesora nie została uwzględniona w modelu regresji z przyczyn metodologicznych, jednak uwidoczniła się w analizach opisowych.

Z przeprowadzonej analizy wynika, że gotowość do wdrażania innowacji może być związana nie tylko z cechami strukturalnymi gospodarstwa, ale również z postawami rolników. Ponieważ nie mierzono wprost cech psychologicznych czy aspiracji rozwojowych, ich wpływ może być jedynie postulowany i wymaga dalszych badań. Należy jednak podkreślić, że uzyskane wyniki mają charakter eksploracyjny i ze względu na ograniczoną liczebność próby nie pozwalają na uogólnienie na całą populację gospodarstw.

W odniesieniu do przyjętych hipotez badawczych należy stwierdzić, że uzyskane wyniki empiryczne częściowo potwierdziły hipotezę główną. Wiek rolników wykazał tendencję wzrostową w zakresie aktywności innowacyjnej, natomiast powierzchnia gospodarstwa okazała się czynnikiem istotnie różnicującym liczbę wdrożonych innowacji ($p < 0,05$).

Z kolei poziom wykształcenia oraz obecność następcy nie wykazały istotnych statystycznie zależności z liczbą wdrożonych innowacji. Wyniki te pozwalają uznać, że hipotezy szczegółowe dotyczące wieku i wielkości gospodarstwa znalazły częściowe potwierdzenie, natomiast pozostałe wymagają dalszej weryfikacji na większej próbie.

References / Bibliografia

- Aker J.C., Heiman A., McWilliams B., & Zilberman D. (2005). *Marketing Institutions, Risk and Technology Adoption*. Agricultural Issues Center University of California.
- Agencja Restrukturyzacji i Modernizacji Rolnictwa (ARiMR). (2024). Informacje o wdrażanych programach wsparcia w województwie mazowieckim. Retrieved July 3, 2025, from: <https://www.gov.pl/web/arimr/dofinansowanie-na-2024-r>
- Aubert, B.A., Schroeder, A., & Grimaudo, J. (2020). IT as Enabler of Sustainable Farming: An Empirical Analysis of Farmers' Adoption Decision of Precision Agriculture Technology. *Information Systems Frontiers*, 22, 611–627. <https://doi.org/10.1007/s10796-019-09945-5>
- Bronson, K. (2019). Looking through a Responsible Innovation Lens at Uneven Engagements with Digital Farming. *NJAS – Wageningen Journal of Life Sciences*, 90–91, 100–294. <https://doi.org/10.1016/j.njas.2019.03.001>
- Brożek, S., & Zwydak, M. (2010). *Atlas gleb leśnych Polski*. Centrum Informacyjne Lasów Państwowych.
- Calus, M.P.L. (2009). *Exploring the Determinants of Farm Succession Decisions in Flanders*. PhD Dissertation, Ghent University.
- Chechelski, P., Figiel, S., Grochowska, R., Kuberska, D., Kufel, J., Oliński, M., & Wasilewski, A. (2015). *Wybrane aspekty innowacyjności w sektorze rolno-spożywczym*. Monografie Programu Wieloletniego 2015–2019, 10. IERiGŻ PIB.
- Dessart, F.J., Barreiro-Hurlé, J., & van Bavel, R. (2019). Behavioural Factors Affecting the Adoption of Sustainable Farming Practices: A Policy-Oriented Review. *European Review of Agricultural Economics*, 46(3), 417–471. <https://doi.org/10.1093/erae/jbz019>
- Eastwood, C., Klerkx, L., Ayre, M., & Dela Rue, B. (2019). Managing Socio-Ethical Challenges in the Development of Smart Farming: From a Fragmented to a Comprehensive Approach for Responsible Research and Innovation. *Journal of Agricultural and Environmental Ethics*, 32, 741–768. <https://doi.org/10.1007/s10806-017-9704-5>
- EIP-AGRI. (2013). *Strategic Implementation Plan of the European Innovation Partnership "Agricultural Productivity and Sustainability"*. European Commission. https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/field_event_attachments/strategic-implementation-plan_en.pdf
- EIP-AGRI. (2020). *7 years of innovation in agriculture and forestry*. EIP-AGRI achievements report. European Commission. https://ec.europa.eu/eip/agriculture/sites/default/files/eipagri_achievements_report_7_years_of_innovation_2020.pdf
- Emerick, K., De Janvry, A., Sadoulet, E., & Dar, M.H. (2016). Technological Innovations, Downside Risk, and the Modernization of Agriculture. *American Economic Review*, 106(6), 1537–1561. <https://doi.org/10.1257/aer.20150474>
- European Commision. (2023). *Strategiczne plany WPR 2023–2027 – cele i priorytety*.
- Figiel, S. (ed.) (2018). *Działalność innowacyjna w sektorze rolno-spożywczym w świetle otoczenia instytucjonalnego*. Monografie Programu Wieloletniego 2015–2019, 89. IERiGŻ PIB.
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). (2021). *Powszechny Spis Rolny 2020. Wyniki ostateczne w województwie mazowieckim*. <https://warszawa.stat.gov.pl>
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). (2021). *Powszechny Spis Rolny 2020. Wyniki wstępne*. <https://stat.gov.pl>
- Główny Urząd Statystyczny (GUS). (2022). *Rocznik Statystyczny Województw 2022*. <https://stat.gov.pl>
- Józwiak, W., Kagan, A., & Mirkowska, Z. (2012). Innowacje w polskich gospodarstwach rolnych, zakres ich wdrażania i znaczenie. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 3(332), 3–27. <http://www.zer.waw.pl/Numer-3-2012,3402>
- Kałuża, H., & Rytel, M. (2010). Innowacyjność w świetle studium przypadku gospodarstw rolniczych z gminy Mokobody. *Roczniki Naukowe Stowarzyszenia Ekonomistów Rolnictwa i Agrobiznesu*, 12(5), 68–72. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.247223>
- Karunathilake, E.M.B.M., Le, A.T., Heo, S., Chung, Y.S., & Mansoor, S. (2023). The Path to Smart Farming: Innovations and Opportunities in Precision Agriculture. *Agriculture*, 13(8), 15–93. <https://doi.org/10.3390/rolnictwo13081593>
- Knierim, A., Labarthe, P., Laurent, C., & Prager, K. (2018). Innovation Support Services for Rural Actors: A Review of Innovation Support Services and their Role in Agricultural and Rural Innovation. *Journal of Innovation Economics*, 1(25), 145–169.
- Kosior, K. (2017). Wpływ uwarunkowań makroekonomicznych, politycznych i społecznych na konkurencyjność sektora żywnościowego w Polsce w kontekście procesów globalnych. In: I. Szczepaniak (ed.), *Konkurencyjność polskich producentów żywności i jej determinanty*. Monografie Programu Wieloletniego 2015–2019, 67. IERiGŻ PIB. <https://doi.org/10.30858/pw/9788376587097.1>
- Kosior, K. (2018). Przemysł 4.0 – budowanie przewag konkurencyjnych w epoce cyfrowego przełomu. In: I. Szczepaniak (ed.), *Konkurencyjność polskich producentów żywności i jej determinanty* (vol. 4, pp. 77–88). Monografie Programu Wieloletniego 2015–2019, 86. IERiGŻ PIB.
- Kosior, K. (2023). Projekty badawczo-rozwojowe na rzecz rolnictwa cyfrowego w Polsce. *Annals of the Polish Association of Agricultural and Agribusiness Economists*, 25(1), 124–139. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0016.2309>

- Marra, M., Pannell, D. J., & Abadi Ghadim, A. (2003). The Economics of Risk, Uncertainty and Learning in the Adoption of New Agricultural Technologies: Where Are We on the Learning Curve? *Agricultural Systems*, 75(2–3), 215–234. [https://doi.org/10.1016/S0308-521X\(02\)00066-5](https://doi.org/10.1016/S0308-521X(02)00066-5)
- Mazowiecki Ośrodek Doradztwa Rolniczego (MODR). (2025). *Struktura działań doradczych i wsparcie innowacyjności w rolnictwie Mazowsza*. <https://modr.mazowsze.pl>
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW). (2020). *Stan rolnictwa ekologicznego w Polsce w 2019 roku*. <https://www.gov.pl/web/rolnictwo>
- Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi (MRiRW). (2022). *Plan Strategiczny dla Wspólnej Polityki Rolnej na lata 2023–2027*.
- OECD/Eurostat. (2018). *Oslo Manual 2018: Guidelines for Collecting, Reporting and Using Data on Innovation* (4th ed.). <https://doi.org/10.1787/9789264304604-en>
- OECD. (2019). *Local Entrepreneurship Ecosystems and Emerging Industries: Case Study of Mazowieckie, Poland*. LEED Papers, 6. <https://www.oecd.org>
- Polskie Towarzystwo Gleboznawcze (PTG). (2019). *Systematyka gleb Polski* (6th ed.). Komisja Genezy, Klasyfikacji i Kartografii Gleb.
- Rogers, E.M. (2003). *Diffusion of Innovations* (5th ed.). Free Press.
- Rose, D., & Chilvers, J. (2018). Agriculture 4.0: Broadening Responsible Innovation in an Era of Smart Farming. *Frontiers in Sustainable Food Systems*, 87(2). <https://doi.org/10.3389/fsufs.2018.00087>
- Ruzzante, S., Sauer, J., & Swinnen, J. (2021). Policy Support and Farm-Level Innovation: Evidence from the EU. *Food Policy*, 102. <https://doi.org/10.1016/j.foodpol.2021.102066>
- Ruzzante, S., & Bilton, A. (2021). *A Meta-Analysis Dataset of the Empirical Agricultural Technology Adoption Literature*. Mendeley Data, 1. <https://doi.org/10.17632/vhcm7ynb68.1>
- Samorząd Województwa Mazowieckiego. (2022). *Strategia rozwoju województwa mazowieckiego 2030+ „Innowacyjne Mazowsze”*. Mazowieckie Biuro Planowania Regionalnego w Warszawie.
- Zieliński, M. (2021). Ryzyko a postęp technologiczny w sektorze rolnym. In: M. Soliwoda (Ed.), *Analizy popytu i podaży na rynku ubezpieczeń rolnych* (pp. 468–497). IERGiŻ PIB.

Submission date / Data nadesłania: 17.11.2025.

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 19.11.2025.

Acceptance date / Data akceptacji: 11.12.2025.

© 2026 Walczewska, O. This is an open access article licensed under the Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)



Autorskie prawa osobiste: Walczewska, O. (2026). Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

