

**DETERMINANTS OF CLIMATE-SMART AGRICULTURAL PRACTICES
ADOPTION AMONG SMALLHOLDER FARMERS
IN BUGESERA DISTRICT, RWANDA**

**DETERMINANTY STOSOWANIA PRAKTYK ROLNICZYCH
PRZYJAZNYCH DLA KLIMATU W MAŁYCH GOSPODARSTWACH ROLNYCH
W DYSTRYKCIE BUGESERA W RWANDZIE**

MARIE GRACE NTEZIMANA
FEKADU BEYENE KENEE
JEAN DE DIEU BAZIMENYERA
PETROS CHAVULA

Citation: Ntezimana, M.G., Kenée, F.B., Bazimenyera, J.D., & Chavula, P. (2025). Determinants of Climate-Smart Agricultural Practices Adoption Among Smallholder Farmers in Bugesera District, Rwanda / Determinanty stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu w małych gospodarstwach rolnych w dystrykcie Bugesera w Rwandzie. *Zagadnienia Ekonomiki Rolnej / Problems of Agricultural Economics*, 382(1), 108–132. <https://doi.org/10.30858/zer/194134>

Abstract

Aim: To adapt to changing climate, farmers should transform their farming practices and adopt various methods that sustainably increase agricultural productivity and resilience. This study assessed climate-smart agricultural practices adopted and the determinants influencing adoption among farmers, focusing on smallholder farmers in Bugesera district, Rwanda.

Material and Methods: Primary data were collected from 204 randomly selected household surveys, focus group discussions, and key informant interviews. The data were analyzed using a multivariate probit model.

Results: The results revealed that the majority (85.3%) of farmers noticed climate variability and change, with 55.9% of respondents noting decreased rainfall and 47% noticing increased temperatures. The results confirm that the likelihood of households adopting changes in planting time, crop rotation, agroforestry, on-farm water conservation, and the use of improved crop varieties were 80.9, 68.6, 79.9, 58.8, and 78.2%, respectively. The results revealed that farm size, farming experience, access to credit, access to agricultural extension services, access to weather and climate information,

Marie Grace Ntezimana, MSc, Africa Centre of Excellence for Climate-Smart Agriculture and Biodiversity Conservation, Haramaya University, P.O. Box 138, Dire Dawa, Ethiopia. (ntezin@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-7153-8233>
Fekadu Beyene Kenée, PhD, College of Agriculture and Environmental Sciences, Haramaya University, P.O. Box 161, Haramaya, Ethiopia. (keneefbk@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-9994-4700>
Jean de Dieu Bazimenyera, PhD, College of Agriculture Animal Sciences and Veterinary Medicine, University of Rwanda. (bazidieu@gmail.com). <https://orcid.org/0000-0002-8764-2887>
Petros Chavula, MSc, Africa Centre of Excellence for Climate-Smart Agriculture and Biodiversity Conservation, Haramaya University, P.O. Box 138, Dire Dawa, Ethiopia. (chavulapetros@outlook.com). <https://orcid.org/0009-0001-7252-8459>

climate change perception, and social group membership are the major determinants of various climate-smart agricultural practices.

Conclusions: *To enhance the adoption of climate-smart agricultural practices, further measures should focus on disseminating weather and climate information to smallholder farmers to increase their knowledge of climate change. The climate-smart agricultural practices established by the government can be managed by smallholder farmers through their different community farmer groups.*

Keywords: climate change perception, climate-smart agriculture, climate variability and change.

JEL codes: Q12, Q16, Q18.

Abstrakt

Cel: *Aby dostosować się do zmieniających się warunków klimatycznych, rolnicy powinni zmienić swoje praktyki rolnicze i stosować różne metody, które w zrównoważony sposób zwiększą wydajność i odporność rolnictwa. W badaniu oceniono stosowane praktyki rolnicze przyjazne dla środowiska i determinanty stosowania takich praktyk przez rolników, koncentrując się na małych gospodarstwach rolnych w dystrykcie Bugesera w Rwandzie.*

Material i metody: *Dane pierwotne zebrano z ankiet przeprowadzonych wśród 204 losowo wybranych gospodarstw domowych, dyskusji w grupach fokusowych i wywiadów z kluczowymi informatorami. Dane zostały przeanalizowane przy użyciu wielowymiarowego modelu probitowego.*

Wyniki: *Wyniki wskazały, że większość (85,3%) rolników dostrzegła zmienność klimatu i zmiany klimatyczne, przy czym 55,9% respondentów zauważyło zmniejszenie opadów deszczu, a 47% zauważyło wzrost temperatury. Wyniki potwierdzają, że prawdopodobieństwo zastosowania przez gospodarstwa domowe zmian w okresie siewu, płodozmiennie, agroleśnictwie, ochronie wód w gospodarstwie i stosowaniu ulepszonych odmian upraw wynosiło odpowiednio: 80,9; 68,6; 79,9; 58,8 i 78,2%. Wyniki wykazały, że wielkość gospodarstwa, doświadczenie rolnicze, dostęp do kredytu, usług z zakresu upowszechniania wiedzy rolniczej, informacji meteorologicznych i klimatycznych, postrzeganie zmian klimatu i przynależność do grupy społecznej są głównymi determinantami różnych praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu.*

Wnioski: *Aby zwiększyć stosowanie praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu, dalsze działania powinny koncentrować się na rozpowszechnianiu informacji meteorologicznych i klimatycznych wśród właścicieli małych gospodarstw rolnych, aby zwiększyć ich wiedzę na temat zmian klimatu. Przyjazne dla klimatu praktyki rolnicze ustanowione przez rząd mogą być zarządzane przez rolników posiadających małe gospodarstwa rolne za pośrednictwem różnych ugrupowań zrzeszających rolników.*

Słowa kluczowe: postrzeganie zmian klimatu, rolnictwo przyjazne dla klimatu, zmienność klimatu i zmiany klimatyczne.

Kody JEL: Q12, Q16, Q18.

Introduction

This paper is based on the MSc thesis entitled “Assessment of Smallholder Farmers’ Adoption of Climate-Smart Agricultural Practices: The Case of Bugesera District, Rwanda” (Ntezimana, 2020). It examines the adoption of climate-smart agricultural practices among smallholder farmers and the key determinants influencing their implementation.

Climate change and variability have been recognized as a significant global concern in recent years, especially due to their impact on many developing countries (Azadi et al., 2021). These changes pose a major threat to smallholder farmers and rural livelihoods in Rwanda, where the level of economic development heavily relies on rain-fed agriculture (Chavula et al., 2024; Taylor, 2018). This sector is particularly vulnerable to climate variability and change, which undermines the country’s resilience

Wstęp

Niniejszy artykuł opiera się na pracy magisterskiej zatytułowanej „Ocena przyjęcia przez drobnych rolników praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu na przykładzie dystryktu Bugesera w Rwandzie” (Ntezimana, 2020). Analizuje przyjęcie praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu wśród drobnych producentów rolnych oraz kluczowe determinanty wpływające na ich wdrażanie.

W ostatnich latach zmienność klimatu i zmiany klimatyczne zostały uznane za istotny problem globalny, zwłaszcza ze względu na ich wpływ na wiele krajów rozwijających się (Azadi i in., 2021). Zmiany te stanowią poważne zagrożenie dla małych gospodarstw rolnych i źródeł utrzymania na obszarach wiejskich w Rwandzie, gdzie poziom rozwoju gospodarczego w dużej mierze opiera się na rolnictwie uzależnionym od opadów deszczu (Chavula i in., 2024;

to its adverse effects (Abdurahman et al., 2024; Chandra et al., 2018).

Rwanda's rainfall projections are inconsistent, with trends showing both increases and decreases in total precipitation (World Bank & CIAT, 2015). As climate change effects worsen, smallholder farmers become increasingly vulnerable due to their low income levels, limited access to appropriate technology for adaptation, and insufficient institutional support. Eastern Rwanda, including Bugesera district, has experienced a significant reduction in agricultural productivity due to climate variability and change.

Despite agriculture's critical role in local livelihoods, high population density and food demand have exerted pressure on land resources. This has led to declining farm sizes and continuous cultivation without fallow periods, resulting in soil fertility deterioration and reduced productivity, exacerbating natural resource depletion and contributing to climate change (Prasad et al., 2016). Bugesera district, known for its dry climate, heavily relies on rain-fed agriculture, making it highly vulnerable to climate change impacts like increasing temperatures and droughts. Farmers lack resources for expensive irrigation infrastructure, further compounding their vulnerability during droughts. Therefore, to address this problem, climate-smart agriculture practices have been introduced. Climate-smart agriculture (CSA) represents an integrated strategy for landscape management encompassing cropland, livestock, forests, and fisheries, aimed at tackling the interconnected issues of food security and climate change. The challenges posed by climate change and food and nutrition insecurity stand out as among the most critical development hurdles of our era. Climate-smart agriculture practices promoted in Bugesera district include agroforestry, organic farming, conservation agriculture, change in planting date, improved crop varieties, integrated nutrient management, among others. Unfortunately, there is a paucity of research on smallholder farmers' adoption of CSA practices, hindering effective planning, investment, and policy formulation to enhance farmers' resilience. To promote the adoption of CSA practices among smallholder farmers and enhance sustainable agricultural productivity in the face of climate change, there is a need to assess the level of adoption and identify adoption determinants.

This study seeks to fill these gaps by identifying common CSA practices adopted in Bugesera district and evaluating their potential for upscaling and wider promotion in similar ecological zones. Understanding key determinants of CSA practice adoption will allow for policymaking and investments to enhance farmers' adaptation to climate

Taylor, 2018). Sektor ten jest szczególnie wrażliwy na zmienność klimatu i zmiany klimatyczne, co osłabia odporność kraju na jego negatywny wpływ (Abdurahman i in., 2024; Chandra i in., 2018).

Prognozy dotyczące opadów deszczu w Rwandzie są niespójne, a trendy wskazują zarówno na wzrost, jak i spadek całkowitych opadów (World Bank i CIAT, 2015). W miarę pogarszania się skutków zmian klimatu właściciele małych gospodarstw rolnych są coraz bardziej narażeni na nie ze względu na niski poziom dochodów, ograniczony dostęp do odpowiednich technologii adaptacyjnych i niewystarczające wsparcie instytucjonalne. Wschodnia Rwanda, w tym dystrykt Bugesera, doświadczyła znacznego spadku wydajności rolnictwa z powodu zmienności klimatu i zmian klimatycznych.

Pomimo kluczowej roli rolnictwa w zapewnieniu źródeł utrzymania lokalnych mieszkańców, wysoka gęstość zaludnienia i popyt na żywność wywierają presję na zasoby ziemi. Doprowadziło to do zmniejszenia wielkości gospodarstw i ciągłej uprawy bez okresów odłogowania, co skutkuje pogorszeniem żyzności gleby i zmniejszoną produktywnością, pogłębiając wyczerpywanie się zasobów naturalnych i przyczyniając się do zmian klimatu (Prasad i in., 2016). Dystrykt Bugesera, znany z suchego klimatu, w dużym stopniu opiera się na rolnictwie uzależnionym od opadów deszczu, co czyni go bardzo podatnym na skutki zmian klimatu, takie jak rosnące temperatury i susze. Rolnikom brakuje środków na kosztowną infrastrukturę irygacyjną, co dodatkowo potęguje podatność ich gospodarstw na susze. W związku z tym, aby rozwiązać ten problem, wprowadzono praktyki rolnicze przyjazne dla klimatu. Rolnictwo przyjazne dla klimatu (CSA) stanowi zintegrowaną strategię zarządzania krajobrazem obejmującą pola uprawne, zwierzęta gospodarskie, lasy i rybołówstwo, mającą na celu rozwiązanie wzajemnie powiązanych kwestii bezpieczeństwa żywnościowego i zmian klimatu. Wyzwania związane ze zmianami klimatu oraz brakiem bezpieczeństwa żywnościowego i żywieniowego są jednymi z najważniejszych przeszkód rozwojowych naszej ery. Przyjazne dla klimatu praktyki rolnicze promowane w dystrykcie Bugesera obejmują między innymi agroleśnictwo, rolnictwo ekologiczne, rolnictwo konserwujące, zmianę daty siewu, ulepszone odmiany upraw, zintegrowane zarządzanie składnikami odżywczymi. Niestety brakuje wystarczającej liczby badań nad stosowaniem praktyk rolniczych przyjaznych dla środowiska przez rolników posiadających małe gospodarstwa rolne, co utrudnia skuteczne planowanie, inwestycje i kształtowanie polityki w celu zwiększenia odporności rolnictwa. Aby promować stosowanie praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu wśród rolników posiadających małe gospodarstwa rolne i zwiększyć

change. The study was conducted in three sectors of Bugesera district (Musenyi, Mareba, and Juru) to assess smallholder farmers' perceptions of climate variability and change, identify CSA practices adopted, and analyze adoption determinants. Various factors—socio-economic, institutional, and environmental—impacting CSA practice adoption were examined. Therefore, the study encountered limitations such as restrictions on gatherings with few people due to COVID-19 restrictions set by the Republic of Rwanda. These limitations on public gatherings by the Ministry of Health somewhat hindered focus group discussions (FGDs) in the study area. Additionally, the study was affected by fluctuations in local currency exchange rates against the US dollar and increases in fuel prices. However, this resulted in cutting some budgeted expenses or logistical movements. Despite these challenges, the study's overall goals were achieved by any means necessary.

Material and Methods

Description of the Study Area

The study was conducted in the lowlands of Rwanda, specifically in Bugesera region, which has experienced long periods of drought and low levels of rainfall. Bugesera is one of the seven districts that make up the Eastern Province of Rwanda. It is located in the southwest of the province, ranging between 30°05' eastern longitude and 2°09' southern latitude. Bugesera district comprises 85,369 households and covers a total surface area of 1,288.4 km². Bugesera shares borders with Nyarugenge and Kicukiro districts of Kigali City to the north, Rwamagana district to the northeast, Kamonyi district to the northwest, Ngoma district to the east, and Ruhango and Nyanza districts to the west. It also shares a border with the Republic of Burundi to the south (Nzeyimana et al., 2024).

zrównoważoną wydajność rolnictwa w obliczu zmian klimatycznych, istnieje potrzeba oceny poziomu, w jakim praktyki te są stosowane i zidentyfikowania czynników determinujących ich stosowanie.

Niniejsze badanie ma na celu wypełnienie tych luk poprzez identyfikację powszechnych praktyk przyjaznych dla klimatu stosowanych w dystrykcie Bugesera i ocenę możliwości ich ulepszenia i szerszej promocji w podobnych strefach ekologicznych. Zrozumienie kluczowych czynników determinujących przyjęcie praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu umożliwi opracowanie polityki i inwestycji mających na celu lepsze przystosowanie się rolników do zmian klimatu. Badanie zostało przeprowadzone w trzech sektorach dystryktu Bugesera (Musenyi, Mareba i Juru), aby ocenić postrzeganie zmienności klimatu i zmian klimatycznych przez rolników posiadających małe gospodarstwa rolne, zidentyfikować stosowane praktyki rolnicze przyjazne dla klimatu i przeanalizować czynniki determinujące ich przyjęcie. Zbadano różne czynniki wpływające na przyjęcie praktyk CSA: społeczno-ekonomiczne, instytucjonalne i środowiskowe. W związku z tym badanie napotkało ograniczenia, takie jak ograniczenia dotyczące zgromadzeń z kilkoma osobami z powodu ograniczeń COVID-19 ustanowionych przez Republikę Rwandy. Te ograniczenia dotyczące zgromadzeń publicznych przez Ministerstwo Zdrowia nieco utrudniały dyskusje w grupach fokusowych na badanym obszarze. Ponadto na badanie miały wpływ wahania kursów wymiany lokalnej waluty w stosunku do dolara amerykańskiego oraz wzrost cen paliw. Spowodowało to jednak ograniczenie niektórych wydatków budżetowych lub ruchów logistycznych. Pomimo tych wyzwań, ogólne cele badania zostały osiągnięte za pomocą wszelkich niezbędnych środków.

Materiał i metody

Opis badanego obszaru

Badanie zostało przeprowadzone na nizinach Rwandy, a dokładnie w regionie Bugesera, który doświadcza długich okresów suszy i niskiego poziomu opadów. Bugesera jest jednym z siedmiu dystryktów tworzących wschodnią prowincję Rwandy. Znajduje się w południowo-zachodniej części prowincji, między 30°05' długości geograficznej wschodniej i 2°09' szerokości geograficznej południowej. Dystrykt Bugesera obejmuje 85 369 gospodarstw domowych i zajmuje łączną powierzchnię 1 288,4 km². Bugesera graniczy z dystryktami: Nyarugenge i Kicukiro w mieście Kigali na północy, Rwamagana na północnym wschodzie, Kamonyi na północnym zachodzie, Ngoma na wschodzie, oraz Ruhango i Nyanza na zachodzie. Od południa graniczy również z Republiką Burundi (Nzeyimana i in., 2024).

According to United Nations Development Program (2011), the highest rainfall ever recorded was 1300 mm in 1969, but annual precipitation typically ranges between 700 and 900 mm. The mean atmospheric temperature varies but usually falls between 21 °C and 29 °C. Climate variability and change have significantly affected agricultural activities in this district, leading to decreased productivity. The observed droughts and floods associated with heavy rainfall and extreme temperatures have impacted yields and prices of various products due to shifts in demand and supply forces, resulting in food insecurity in the area (Byishimo, 2017).

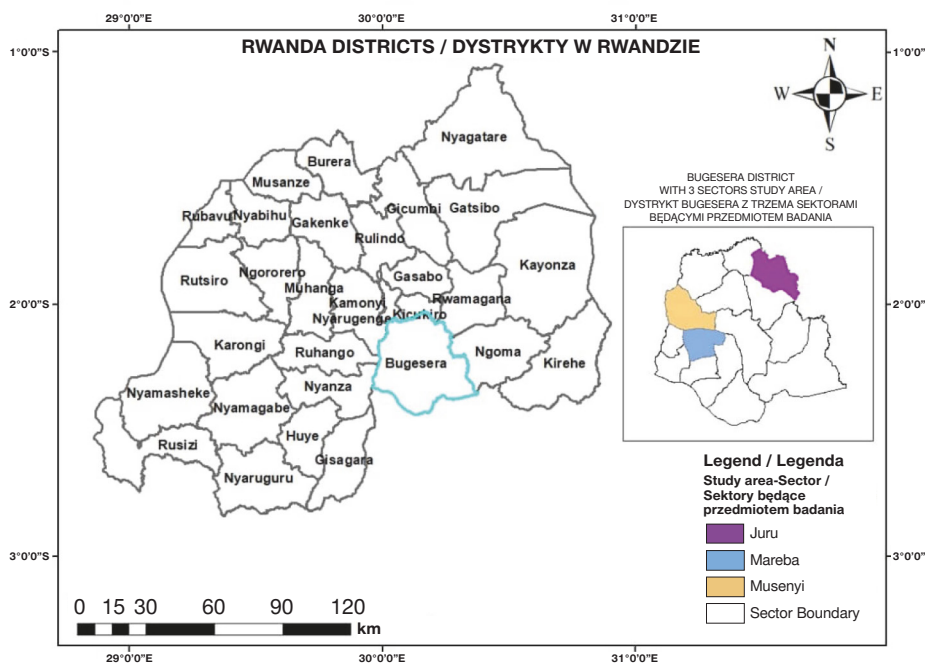
Bugesera district is predominantly a rural area, with the population mainly engaged in subsistence agriculture. In Bugesera district, there are two main agricultural seasons: season A runs from September to December, and season B starts in March and ends in May. However, during the long dry season (June–August), known as season C, farmers exploit marshlands that are drained at that time (Kabirigi et al., 2015).

Według Programu Narodów Zjednoczonych ds. Rozwoju (UNDP, 2011) najwyższe odnotowane opady deszczu wyniosły 1300 mm w 1969 roku, ale roczne opady zazwyczaj wahają się między 700 a 900 mm. Średnia temperatura atmosferyczna jest zróżnicowana, ale zazwyczaj wynosi od 21 °C do 29 °C. Zmienność klimatu i zmiany klimatyczne znacząco wpłynęły na działalność rolniczą w tym dystrykcie, prowadząc do spadku wydajności. Obserwowane susze i powodzie związane z obfitymi opadami deszczu i ekstremalnymi temperaturami wpłynęły na plony i ceny różnych produktów ze względu na zmiany popytu i podaży, powodując brak bezpieczeństwa żywnościowego na tym obszarze (Byishimo, 2017).

Dystrykt Bugesera jest głównie obszarem wiejskim, a ludność zajmuje się głównie rolnictwem na własne potrzeby. W dystrykcie Bugesera występują dwa główne sezony rolnicze: sezon A trwa od września do grudnia, a sezon B rozpoczyna się w marcu i kończy w maju. Jednak podczas długiej pory suchej (czerwiec–sierpień), znanej jako pora C, rolnicy wykorzystują bagna, które są w tym czasie osuszane (Kabirigi i in., 2015).

Map 1. The study area

Mapa 1. Obszar badawczy



Source: authors' own elaboration.
 Źródło: opracowanie własne.

According to the same source, 72.3% of households have less than 1 hectare of arable land. Crop rotation, use of various soil and water conservation techniques, and agroforestry are commonly practiced.

Według tego samego źródła 72,3% gospodarstw domowych posiada mniej niż 1 ha gruntów ornych. Płodozmian, stosowanie różnych metod ochrony gleby i wody oraz agroleśnictwo są powszechnie

The main food crops grown in Bugesera include sorghum, maize, groundnuts, cassava, soybeans, sweet potatoes, beans, and rice. Additionally, most farmers in this district claim to be significantly affected by droughts due to lower rainfall and a shortage of water for irrigation.

Data Types, Sources, and Collection Methods

The study utilized both primary and secondary data based on the nature, importance, and availability of data, which enabled the researchers to obtain relevant results. Primary data were gathered directly from the field using qualitative methods such as focus group discussions (FGDs) and key informant interviews (KIIs), while quantitative data were collected through a semi-structured questionnaire. Secondary data on climate trends were sourced from the records of Rwanda's Meteorological Department in Bugesera district.

Sampling Technique

The targeted households were selected using a multi-stage random sampling procedure. The study population consisted of respondents from three rural sectors in Bugesera (Juru, Musenyi, and Mareba), all of whom are residents and smallholder farmers engaged in agricultural activities. The sectors were chosen randomly, while specific locations were purposefully selected for their proximity to areas impacted by climate change. A random sampling method was then used to select respondents, ensuring equal chances of inclusion. Lakens (2022) argues that larger sample sizes generally yield more accurate findings. However, he also notes that a smaller sample can still provide accurate information if the population is homogeneous. Given the similarity in characteristics within the study population, a smaller sample size can provide a reasonably good estimate for this research. The sample size was determined using the formula by Yamane (1967):

$$n = \frac{N}{1 + N(e)^2}$$

where:

n – sample size;
 N – the population size;
 e – level of precision.

praktykowane. Główne rośliny spożywcze uprawiane w dystrykcie Bugesera obejmują sorgo, kukurydzę, orzeszki ziemne, maniok, soję, słodkie ziemniaki, fasolę i ryż. Ponadto większość rolników w tym dystrykcie twierdzi, że susze mają na nich znaczący wpływ ze względu na niższe opady deszczu i brak wody do nawadniania.

Rodzaje, źródła i metody gromadzenia danych

W badaniu wykorzystano zarówno dane pierwotne, jak i wtórne w oparciu o charakter, znaczenie i dostępność danych, co umożliwiło badaczom uzyskanie odpowiednich wyników. Dane pierwotne zostały zebrane bezpośrednio z terenu przy użyciu metod jakościowych, takich jak dyskusje w grupach fokusowych (FGD) i wywiady z kluczowymi informatorami (KII), podczas gdy dane ilościowe zostały zebrane za pomocą częściowo ustrukturyzowanego kwestionariusza. Dane wtórne dotyczące trendów klimatycznych pochodziły z rejestrów Departamentu Meteorologicznego Rwandy w dystrykcie Bugesera.

Dobór próby

Docelowe gospodarstwa domowe zostały wybrane przy użyciu wieloetapowej procedury losowego doboru próby. Badana populacja składała się z respondentów z trzech sektorów wiejskich w Bugesera (Juru, Musenyi i Mareba), z których wszyscy są mieszkańcami i drobnymi rolnikami prowadzącymi działalność rolniczą. Sektory zostały wybrane losowo, podczas gdy konkretne lokalizacje zostały celowo wybrane ze względu na ich bliskość do obszarów dotkniętych zmianami klimatu. Następnie do wyboru respondentów wykorzystano metodę losowego doboru próby, zapewniając równe szanse włączenia. Lakens (2022) twierdzi, że większe próby na ogół dają dokładniejsze wyniki. Jednak zauważa również, że mniejsza próba może nadal dostarczać dokładnych informacji, jeśli populacja jest jednorodna. Biorąc pod uwagę podobieństwo cech w badanej populacji, mniejsza wielkość próby może zapewnić dość dobre oszacowanie dla tego badania. Wielkość próby została określona przy użyciu poniższego wzoru (Yamane, 1967):

gdzie:

n – wielkość próby;
 N – wielkość populacji;
 e – poziom dokładności.

Table 1. Sample size distribution for each sector**Tabela 1. Rozkład wielkości próby dla każdego sektora**

Name of sector / Nazwa sektora	Number of villages / Liczba wsi	Total population in each sector / Całkowita populacja w każdym sektorze	Number of sample households in each sector / Liczba badanych gospodarstw domowych w każdym sektorze
Juru	5	23,673	64
Musenyi	4	29,248	79
Mareba	3	22,377	61
Total / Razem	12	75,298	204

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne.

Sample Size Distribution for Each Sector

The study population in Bugesera district is estimated to be 361,914 (NISR, 2015), while the total population of the three selected rural sectors is estimated to be 75,298. Using the Yamane formula with a precision level of 0.07, the calculated sample size was 204 respondents.

Table 1 presents the sample size distribution for each sector in the study—Juru, Musenyi, and Mareba. The total number of villages included in the study is 12, with a combined population of 75,298 and a total sample size of 204 households. In Juru, there are five villages with a total population of 23,673, from which 64 households were sampled. Musenyi, consisting of four villages, has a population of 29,248, with 79 households selected for the sample. Mareba, with three villages, has a population of 22,377, and 61 households were sampled from this sector. The sample proportion for each sector is approximately 0.27% of the total population, reflecting a consistent and uniform sampling approach. This indicates that the sampling strategy ensures a balanced representation across all three sectors. On average, each sector comprises four villages, with an average population of approximately 25,099 people and about 68 sample households per sector. Despite Musenyi having the highest population and sample size, followed by Juru and Mareba, the uniform sampling proportion ensures that each sector is equally represented relative to its population size. The study's sampling strategy maintains consistency in sampling proportions, ensuring that the findings are generalizable across the different sectors within the study area.

Rozkład wielkości próby dla każdego sektora

Populację badaną w dystrykcie Bugesera szacuje się na 361 914 osób (NISR, 2015), podczas gdy całkowitą populację trzech wybranych sektorów wiejskich na 75 298. Korzystając z powyższego wzoru (Yamane, 1977) z poziomem dokładności 0,07, obliczona wielkość próby wyniosła 204 respondentów.

Tabela 1 przedstawia rozkład wielkości próby dla każdego sektora w badaniu – Juru, Musenyi i Mareba. Całkowita liczba wiosek objętych badaniem wynosi 12, z łączną populacją 75 298 i całkowitą wielkością próby 204 gospodarstw domowych. W Juru znajduje się pięć wiosek o łącznej populacji 23 673, z których pobrano próbę 64 gospodarstw domowych. Musenyi, obejmujące cztery wioski, ma populację 29 248, z 79 gospodarstwami domowymi wybranymi do próby. Mareba, z trzema wioskami, ma populację 22 377, a 61 gospodarstw domowych zostało wybranych do próby z tego sektora. Udział procentowy próby dla każdego sektora wynosi około 0,27% całkowitej populacji, co odzwierciedla spójne i jednolite podejście do doboru próby. Oznacza to, że strategia doboru próby zapewnia zrównoważoną reprezentację we wszystkich trzech sektorach. Średnio każdy sektor obejmuje 4 wioski, ze średnią populacją około 25 099 osób i około 68 gospodarstw domowych na sektor. Pomimo tego, że sektor Musenyi ma największą populację i wielkość próby, a zaraz po nim Juru i Mareba, proporcjonalny dobór próby zapewnia, że każdy sektor jest jednakowo reprezentowany w stosunku do wielkości populacji. Zastosowana strategii doboru próby w badaniu sprawia, że proporcje doboru próby są spójne, dzięki czemu wyniki można uogólnić w różnych sektorach na badanym obszarze.

Data Analysis

The study employed a combination of descriptive statistics and econometric analysis to examine the determinants of climate-smart agricultural practices adoption among smallholder farmers in Bugesera district, Rwanda. Descriptive statistics, including mean, standard deviation, percentages, *t*-tests, and chi-square, were conducted using Statistical Package for Social Sciences (SPSS) to analyze the socio-economic, institutional, and demographic characteristics of the farmers. Econometric analysis, using STATA, involved regression and probit models to estimate the impact of various factors on the adoption of climate-smart practices. This integrated approach provided a comprehensive understanding of the key drivers and barriers to adoption, such as age, labor availability, livestock ownership, farm size, income, market access, credit, and climate information. The findings can inform policies and measures to support smallholder farmers in adopting climate-resilient practices and improving their livelihoods in the face of climate change. The methods were described in detail by Ntezimana (2021).

Choice of Variables

The study on determinants of climate-smart agricultural practices adoption among smallholder farmers in Bugesera district, Rwanda considered several key variables. The age of the household head is an important factor, as older farmers may have more experience but also be more risk-averse, while younger farmers are often more educated and open to innovations (Heinze et al., 2018). The number of adult equivalents in a household, which reflects its labor availability, is also crucial, as more labor can facilitate the adoption of labor-intensive practices like mulching and intercropping. Livestock ownership provides manure for soil fertility and draft power, so farmers with livestock may be more likely to adopt practices like improved pastures (Bloomfield et al., 2019).

The size of farmland and cropland area can influence adoption, as larger farms may have more resources to invest in new practices. However, smallholder farmers often lack the capital to adopt practices on a large scale. Farm and non-farm annual incomes are also important, as higher incomes allow farmers to invest in inputs and technologies needed for adoption. Poverty is a major barrier to adoption among smallholders (Leatherdale, 2019). Proximity to markets facilitates access to inputs, information,

Analiza danych

W badaniu zastosowano połączenie statystyki opisowej i analizy ekonometrycznej w celu zbadania determinantów stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu w małych gospodarstwach rolnych w dystrykcie Bugesera w Rwandzie. Statystyka opisowa, w tym średnia, odchylenie standardowe, wartości procentowe, testy *t* i chi-kwadrat, zostały przeprowadzone przy użyciu oprogramowania SPSS w celu analizy cech społeczno-ekonomicznych, instytucjonalnych i demograficznych rolników. Analiza ekonometryczna, przy użyciu STATA, obejmowała modele regresji i model probitowy w celu oszacowania wpływu różnych czynników na stosowanie praktyk przyjaznych dla klimatu. To zintegrowane podejście zapewniło kompleksowe zrozumienie kluczowych czynników i barier w stosowaniu tego typu praktyk, takich jak wiek, dostępność siły roboczej, posiadanie zwierząt gospodarskich, wielkość gospodarstwa, dochód, dostęp do rynku, kredyt i informacje o klimacie. Wyniki te mogą być uwzględniane w kształtowaniu polityki i działań wspierających drobnych rolników w stosowaniu praktyk odpornych na zmiany klimatu i poprawie ich warunków życia w obliczu zmian klimatu. Metody badawcze zostały szczegółowo opisane w pracy Ntezimany (2021).

Wybór zmiennych

W badaniu dotyczącym determinant stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu przez rolników posiadających małe gospodarstwa rolne w dystrykcie Bugesera w Rwandzie uwzględniono kilka kluczowych zmiennych. Wiek głowy gospodarstwa domowego jest ważnym czynnikiem, ponieważ starsi rolnicy mogą mieć większe doświadczenie, ale także bardziej unikać ryzyka, podczas gdy młodszy rolnicy są często bardziej wykształceni i otwarci na innowacje (Heinze i in., 2018). Liczba osób dorosłych w gospodarstwie domowym, która odzwierciedla dostępność siły roboczej, ma również kluczowe znaczenie, ponieważ większa siła robocza może ułatwić przyjęcie pracochłonnych praktyk, takich jak ściółkowanie i uprawa współrzędna. Posiadanie zwierząt gospodarskich zapewnia obornik dla żyzności gleby i siłę pociągową, więc rolnicy posiadający zwierzęta gospodarskie mogą być bardziej skłonni do stosowania praktyk poprawiających stan posiadanych pastwisk (Bloomfield i in., 2019).

Wielkość gruntów rolnych i powierzchni upraw może mieć wpływ na przyjęcie nowych praktyk, ponieważ większe gospodarstwa rolne mogą mieć więcej zasobów do zainwestowania w nie. Jednak rolnikom posiadającym małe gospodarstwa rolne

and output markets, thus remote farmers face more barriers to adoption. Agricultural group membership promotes knowledge sharing and collective action, increasing awareness and adoption of new practices.

Access to credit enables farmers to overcome capital constraints and invest in new practices, while lack of credit is a major barrier to adoption (Chavula et al., 2024; Landy et al., 2020). Access to weather data and climate forecasts helps farmers make informed decisions, and awareness of climate change motivates farmers to adopt CSA practices (Degenhardt et al., 2019). Moreover, proximity to health services indicates overall development and access to public services, which may influence adoption indirectly. In conclusion, the variables cover key household, farm, institutional and perceptual factors that can influence smallholder farmers' decisions to adopt climate-smart agricultural practices in Bugesera district, Rwanda.

Climate-Smart Practices Considered in the Study

The study considered the following climate-smart agricultural practices among smallholder farmers in Bugesera district due to their prevalence and relevance in the area: improved crop varieties, agroforestry, on-farm water conservation, crop rotation, and change in planting time. Here is the rationale for each practice:

1. Improved Crop Varieties

The adoption of improved crop varieties is crucial for enhancing agricultural productivity and resilience to climate change (Teklewold et al., 2019). These varieties are often bred for drought tolerance, pest resistance, and higher yields, making them particularly valuable in Bugesera district, where climatic conditions can be challenging (Mume et al., 2024). The prevalence of improved crop varieties in the area

często brakuje kapitału, aby stosować praktyki na dużą skalę. Roczne dochody gospodarstw z działalności rolniczej i pozarolniczej są również ważne, ponieważ wyższe dochody pozwalają rolnikom inwestować w środki produkcji i technologie potrzebne do stosowania nowych praktyk. Ubóstwo jest główną barierą dla stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu w małych gospodarstwach rolnych (Leatherdale, 2019). Bliskość targów ułatwia dostęp do środków produkcji, informacji i rynków zbytu, więc rolnicy w najbardziej oddalonych regionach napotykać więcej barier w stosowaniu powyższych praktyk. Członkostwo w grupach rolniczych promuje dzielenie się wiedzą i wspólne działania, zwiększając świadomość i stosowanie nowych praktyk.

Dostęp do kredytów umożliwia rolnikom przezwyciężenie ograniczeń kapitałowych i inwestowanie w nowe praktyki, podczas gdy brak kredytu jest główną barierą w przyjęciu tych praktyk (Chavula i in., 2024; Landy i in., 2020). Dostęp do danych meteorologicznych i prognoz klimatycznych pomaga rolnikom podejmować świadome decyzje, a świadomość zmian klimatycznych motywuje do stosowania praktyk przyjaznych dla klimatu (Degenhardt i in., 2019). Ponadto bliskość usług zdrowotnych wskazuje na ogólny rozwój i dostęp do usług publicznych, co może pośrednio wpływać na stosowanie praktyk. Podsumowując, zmienne obejmują kluczowe czynniki dotyczące gospodarstw domowych, gospodarstw rolnych, czynniki instytucjonalne i percepcyjne, które mogą wpływać na decyzje rolników posiadających małe gospodarstwa rolne o stosowaniu praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu w dystrykcie Bugesera w Rwandzie.

Praktyki przyjazne dla klimatu uwzględnione w badaniu

W badaniu uwzględniono następujące praktyki rolnicze przyjazne dla klimatu stosowane w małych gospodarstwach rolnych w dystrykcie Bugesera ze względu na ich rozpowszechnienie i znaczenie na tym obszarze: ulepszone odmiany upraw, agroleśnictwo, ochronę wody w gospodarstwie, płodozmian i zmianę okresu siewu. Oto uzasadnienie dla każdej praktyki:

1. Ulepszone odmiany roślin uprawnych

Przyjęcie ulepszonych odmian upraw ma kluczowe znaczenie dla zwiększenia wydajności rolnictwa i odporności na zmiany klimatu (Teklewold i in., 2019). Odmiany te są często hodowane pod kątem tolerancji na suszę, odporności na szkodniki i w celu uzyskania wyższych plonów, co czyni je szczególnie cennymi w dystrykcie Bugesera, gdzie warunki klimatyczne mogą być trudne (Mume i in., 2024).

is driven by the need to sustain food security and adapt to changing weather patterns (Aryal et al., 2018; Mizik, 2021).

2. Agroforestry

Agroforestry, which involves integrating trees and shrubs into agricultural landscapes, is a prevalent practice in Bugesera. It enhances soil fertility, reduces erosion, and provides additional income through the production of fruits, nuts, and timber (Bai et al., 2019; Mizik, 2021). The trees also offer shade and windbreaks, creating a more favorable microclimate for crops. Given the area's susceptibility to climate variability, agroforestry is a strategic practice for promoting sustainable agriculture and environmental conservation (Autio et al., 2021).

3. On-Farm Water Conservation

Water scarcity is a significant issue in Bugesera district, making on-farm water conservation techniques essential (Abdurahman et al., 2024; Mizik, 2021). Practices such as rainwater harvesting, drip irrigation, and mulching help to maximize water use efficiency and ensure that crops receive adequate moisture even during dry spells. These techniques are prevalent because they directly address the challenge of water availability, which is critical for maintaining agricultural productivity in the region (Mango et al., 2018).

4. Crop Rotation

Crop rotation is a common practice among smallholder farmers in Bugesera due to its benefits in improving soil health and managing pests and diseases. By rotating different crops in the same field, farmers can break pest and disease cycles (Azadi et al., 2021; Chavula et al., 2024), enhance soil nutrient levels, and reduce the need for chemical inputs. This practice is particularly relevant in areas with limited resources, as it promotes sustainable land management and increases long-term agricultural productivity (Chandra et al., 2018).

5. Change in Planting Time

Adjusting planting times to align with changing weather patterns is a practical adaptation strategy widely used by farmers in Bugesera. This practice helps to avoid crop damage from unexpected frosts, droughts, or heavy rains (Chavula et al., 2024). By planting at optimal times, farmers can take advantage of favorable growing conditions

Powszechność ulepszonych odmian roślin uprawnych na tym obszarze wynika z potrzeby utrzymania bezpieczeństwa żywnościowego i dostosowania się do zmieniających się warunków pogodowych (Aryal i in., 2018; Mizik, 2021).

2. Agroleśnictwo

Agroleśnictwo, które obejmuje integrację drzew i krzewów z krajobrazami rolniczymi, jest powszechną praktyką w dystrykcie Bugesera. Zwiększa żyzność gleby, zmniejsza erozję i zapewnia dodatkowy dochód dzięki produkcji owoców, orzechów i drewna (Bai i in., 2019; Mizik, 2021). Drzewa oferują również cień i wiatrochrony, zapewniając uprawom korzystniejszy mikroklimat. Biorąc pod uwagę podatność tego obszaru na zmienność klimatu, agroleśnictwo jest strategiczną praktyką promowania zrównoważonego rolnictwa i ochrony środowiska (Autio i in., 2021).

3. Ochrona zasobów wodnych w gospodarstwie

Niedobór wody jest istotną kwestią w dystrykcie Bugesera, co sprawia, że konieczne jest zastosowanie metod mających na celu oszczędzanie wody w gospodarstwie (Abdurahman i in., 2024; Mizik, 2021). Praktyki takie jak zbieranie wody deszczowej, nawadnianie kropelkowe i ściółkowanie pomagają zmaksymalizować efektywność wykorzystania wody i zapewnić uprawom odpowiednią wilgotność nawet podczas okresów suszy. Metody te są powszechne, ponieważ bezpośrednio rozwiązują problem związany z dostępnością wody, która ma kluczowe znaczenie dla utrzymania wydajności rolnictwa w regionie (Mango i in., 2018).

4. Płodozmian

Płodozmian jest powszechną praktyką wśród drobnych rolników w Bugesera ze względu na korzyści płynące z poprawy stanu gleby oraz zwalczania szkodników i chorób. Zmieniając różne uprawy na tym samym polu, rolnicy mogą przerwać cykle szkodników i chorób (Azadi i in., 2021; Chavula i in., 2024), zwiększyć poziom składników odżywczych w glebie i zmniejszyć zapotrzebowanie na środki chemiczne. Praktyka ta jest szczególnie istotna na obszarach o ograniczonych zasobach, ponieważ promuje zrównoważone zarządzanie gruntami i zwiększa długoterminową wydajność rolnictwa (Chandra i in., 2018).

5. Zmiana czasu siewu

Dostosowanie czasu siewu do zmieniających się warunków pogodowych jest praktyczną strategią adaptacyjną szeroko stosowaną przez rolników w dystrykcie Bugesera. Praktyka ta pomaga uniknąć szkód w uprawach spowodowanych nieoczekiwanymi mrozami, suszami lub ulewnymi deszczami (Chavula i in., 2024). Siew w optymalnym czasie zapewnia korzystne

and improve their chances of a successful harvest (Bai et al., 2019). The prevalence of this practice highlights the farmers' responsiveness to climate variability and their proactive approach to mitigating its impacts (Taylor, 2018).

The consideration of these climate-smart agricultural practices in the study is justified by their widespread adoption and proven effectiveness in addressing the specific climatic challenges faced by smallholder farmers in Bugesera district. These practices collectively contribute to enhancing agricultural resilience, sustainability, and productivity in the face of climate change.

Results and Discussion

Based on data collected from 204 smallholder farmers' households, Table 2 shows that the mean age of household heads for all respondents was 54.7 years. The average age of household heads varied slightly among adopters of different CSA practices: 54.46 years for improved crop varieties, 54.90 years for agroforestry, 55.16 years for on-farm water conservation, 55.16 years for crop rotation, and 55.08 years for change in planting time. The average family size of sampled households was 6.4 persons or 4.91 in adult equivalents. The *t*-test results for mean differences in age, family size, and adult equivalents among adopters of the five most adopted CSA practices were statistically insignificant.

Livestock was kept for various economic and social reasons in the study area. On average, each household had 1.71 tropical livestock units (TLU)¹ with a standard deviation of 1.2. The average TLU among adopters of different CSA practices varied: 1.11 TLU for improved crop varieties, 1.03 TLU for agroforestry, 1.10 TLU for on-farm water conservation, 1.34 TLU for crop rotation, and 1.04 TLU for change in planting time. The mean differences were significant at the 1% level for those who adopted crop rotation. The distance in minutes that farmers travelled on foot to reach the market was assessed. Farmers living near the market have a location advantage and can access extension agencies more easily and frequently than those living farther away. The average time required to reach the market for all sampled respondents was 32.8 minutes. However, the mean difference between distances covered by adopters of the five most adopted CSA practices was statistically insignificant.

¹ A tropical livestock unit (TLU) is a standardized measure used to compare different types of livestock based on their body weight and feed requirements. It allows for a uniform assessment of livestock populations across various species and regions, particularly in tropical and developing countries.

warunki wzrostu i zwiększa szanse na udane zbiory (Bai i in., 2019). Powszechność tej praktyki podkreśla reakcję rolników na zmienność klimatu i ich proaktywne podejście do łagodzenia jej skutków (Taylor, 2018).

Uwzględnienie powyższych praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu w badaniu jest uzasadnione ich powszechnym stosowaniem i udowodnioną skutecznością w radzeniu sobie z konkretnymi wyzwaniami klimatycznymi, z którymi mierzą się rolnicy posiadający małe gospodarstwa rolne w dystrykcie Bugesera. Praktyki te przyczyniają się do zwiększenia odporności, zrównoważonego rozwoju i produktywności rolnictwa w obliczu zmian klimatu.

Wyniki i dyskusja

Na podstawie danych zebranych od 204 gospodarstw domowych drobnych producentów rolnych, tabela 2 pokazuje, że średni wiek głów gospodarstw domowych dla wszystkich respondentów wynosił 54,7 lat. Średni wiek głów gospodarstw domowych różnił się nieznacznie w zależności od stosowanej praktyki: 54,46 lat dla ulepszonych odmian upraw; 54,90 lat dla agroleśnictwa; 55,16 lat dla ochrony wód w gospodarstwie; 55,16 lat dla płodozmianu i 55,08 lat dla zmiany czasu siewu. Średnia wielkość rodziny w badanych gospodarstwach domowych wynosiła 6,4 osoby lub 4,91 osoby dorosłej. Wyniki testu *t* dla średnich różnic w wieku, wielkości rodziny i osobach dorosłych wśród osób stosujących pięć najczęściej stosowanych praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu były statystycznie nieistotne.

Zwierzęta gospodarskie były hodowane z różnych powodów ekonomicznych i społecznych na badanym obszarze. Średnio każde gospodarstwo domowe posiadało 1,71 tropikalnych jednostek żywego inwentarza (TLU)¹ z odchyleniem standardowym wynoszącym 1,2. Średnia TLU wśród osób stosujących różne praktyki rolnicze przyjazne dla klimatu była zróżnicowana: 1,11 TLU dla ulepszonych odmian upraw; 1,03 TLU dla agroleśnictwa; 1,10 TLU dla ochrony wód w gospodarstwie; 1,34 TLU dla płodozmianu i 1,04 TLU dla zmiany czasu siewu. Średnie różnice były istotne na poziomie 1% dla tych, którzy stosowali płodozmian. Oceniono odległość w minutach, którą rolnicy pokonali pieszo, aby dotrzeć na targ. Rolnicy mieszkający w pobliżu targu mają przewagę lokalizacyjną i mogą łatwiej i częściej uzyskać dostęp do agencji doradczych niż ci mieszkający dalej.

¹ Tropikalna jednostka żywego inwentarza (TLU) jest znormalizowaną miarą stosowaną do porównywania różnych rodzajów zwierząt gospodarskich w oparciu o ich masę ciała i zapotrzebowanie na paszę. Pozwala to na jednolitą ocenę populacji zwierząt gospodarskich w różnych gatunkach i regionach, szczególnie w krajach tropikalnych i rozwijających się.

Table 2. Socio-economic and institutional characteristics (continuous variables) of sample households
Tabela 2. Charakterystyka społeczno-ekonomiczna i instytucjonalna (zmienne ciągłe) badanych gospodarstw domowych

Variables / Zmienne	Improved crop varieties / Ulepszone odmiany roślin uprawnych			Agroforestry / Agrolesnictwo			On-farm water conservation / Ochrona wód w gospodarstwie			Crop rotation / Płodowzrost			Change in planting time / Zmiana czasu siewu		
	Yes / Tak	No / Nie	t-test / test t	Yes / Tak	No / Nie	t-test / test t	Yes / Tak	No / Nie	t-test / test t	Yes / Tak	No / Nie	t-test / test t	Yes / Tak	No / Nie	t-test / test t
	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie	Mean (standard deviation) / Srednia Standardowe odchylenie
Age of the HH / Wiek HH	54.46 (9.12)	54.92 (10.30)	0.33	54.90 (9.67)	54.20 (9.65)	-0.48	55.16 (9.99)	54.35 (9.45)	-0.57	55.79 (10.16)	54.16 (9.39)	-1.10	55.08 (9.64)	54.15 (9.68)	-0.68
Adult equivalent / Odpowiednik dla dorosłych	43.21 (26.98)	56.79 (21.23)	0.83	39.18 (23.56)	60.82 (27.42)	1.57	33.64 (25.74)	49.38 (29.63)	0.17	34.37 (25.77)	42.29 (21.80)	1.43	44.23 (24.17)	48.57 (27.42)	0.80
Livestock ownership / Posiadanie zwierząt gospodarskich	1.11 (1.09)	1.07 (1.07)	-0.25	1.03 (1.02)	1.23 (1.17)	1.25	1.10 (1.04)	1.09 (1.10)	-0.06	1.34 (1.11)	0.98 (1.04)	2.19*	1.04 (1.00)	1.16 (1.16)	0.83
Farmland size / Wielkość gruntów rolnych	1.88 (0.84)	1.59 (0.87)	2.38***	1.77 (0.85)	1.71 (0.89)	-0.46	1.68 (0.89)	0.85 (1.80)	0.95	1.81 (0.90)	1.72 (0.85)	-0.61	1.68 (0.83)	1.83 (0.90)	1.16
Cropland Size / Wielkość pola uprawnego	1.24 (0.60)	1.04 (0.64)	2.23**	1.16 (0.63)	1.13 (0.62)	-0.35	1.07 (0.61)	1.20 (0.63)	1.43	1.23 (0.61)	1.12 (0.63)	-1.20	1.10 (0.63)	1.22 (0.62)	1.42
Farm annual income / Roczny dochód gospodarstwa	25493 (22198)	31573 (37544)	1.41	28607 (31933)	27376 (26202)	-0.27	31334 (39325)	26203 (22271)	1.17	29767 (26232)	27481 (31708)	-0.49	30882 (35123)	24891 (22101)	-1.39
Non-farm annual income / Roczny dochód pozarolniczy	26097 (32569)	28023 (36634)	0.39	22134 (25954)	36440 (45456)	2.80*	27997 (35598)	26290 (33679)	-0.34	26944 (37940)	26955 (32758)	0.00	27531 (29496)	26241 (39680)	-0.26
Market distance / Odległość od targu	35.12 (27.65)	29.82 (22.04)	1.46	33.59 (25.91)	31.14 (24.43)	-0.64	32.38 (23.99)	33.01 (26.33)	0.17	34.07 (25.18)	32.18 (25.55)	-0.48	32.31 (25.65)	33.32 (25.20)	0.28

Note: ***, **, and * means significance at the 1, 5 and 10% probability levels, respectively /
 Objasnienia: ***, **, i * oznaczają odpowiednio istotność na poziomie prawdopodobieństwa 1, 5 i 10%.

Source: authors' own elaboration.
 Źródło: opracowanie własne.

Regarding off-farm activities, most sampled household heads reported that at least one family member was involved in such activities to earn additional income. The average annual off-farm income for all sampled respondents was RWF 26,951.7. Among adopters of different CSA practices, the average off-farm income varied: RWF 26,097 for improved crop varieties, RWF 22,134 for agroforestry, RWF 27,997 for on-farm water conservation, RWF 26,944 for crop rotation, and RWF 27,531 for change in planting time. The *t*-test indicated a significant association between adoption of CSA practices, especially agroforestry, and off-farm activity.

The average annual in-farm income for sampled households was RWF 28,192.2. Among adopters of different CSA practices, the average in-farm income varied: RWF 25,493 for improved crop varieties, RWF 28,607 for agroforestry, RWF 31,334 for on-farm water conservation, RWF 29,767 for crop rotation, and RWF 30,882 for change in planting time. The *t*-test indicated a non-association between the adoption of the five most adopted CSA practices and on-farm activity, with a mean difference significant at a 10% level. The mean farmland size for all respondents was 1.7 acres, with a standard deviation of 0.9. Among adopters of different CSA practices, the average farmland size varied: 1.88 acres for improved crop varieties, 1.77 acres for agroforestry, 1.68 acres for on-farm water conservation, 1.81 acres for crop rotation, and 1.68 acres for change in planting time. There was a significant difference among adopters of the five most adopted practices at a 1% level of significance.

The average cropland size was 1.2 acres, with a standard deviation of 0.6. Among adopters of different CSA practices, the average cropland size varied: 1.24 acres for improved crop varieties, 1.16 acres for agroforestry, 1.07 acres for on-farm water conservation, 1.23 acres for crop rotation, and 1.10 acres for change in planting time. The *t*-test indicated a systematic association between adoption of the five most adopted CSA practices and cropland size, significant at a 5% level.

Średni czas potrzebny na dotarcie na targ dla wszystkich badanych respondentów wyniósł 32,8 minuty. Jednak średnia różnica między odległościami pokonywanymi przez osoby stosujące pięć najczęściej stosowanych praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu była statystycznie nieistotna.

Jeśli chodzi o działalność pozarolniczą, większość badanych głów gospodarstw domowych zgłosiła, że co najmniej jeden członek rodziny był zaangażowany w taką działalność, aby uzyskać dodatkowy dochód. Średni roczny dochód z działalności pozarolniczej dla wszystkich badanych respondentów wynosił 26 951,7 RWF. Wśród osób stosujących różne praktyki CSA średni dochód z działalności pozarolniczej był zróżnicowany: 26 097 RWF w przypadku ulepszonych odmian upraw, 22 134 RWF – agroleśnictwa, 27 997 RWF – ochrony wód w gospodarstwie, 26 944 RWF dla płodozmianu i 27 531 RWF dla zmiany czasu siewu. Test *t* wykazał istotny związek między stosowaniem praktyk CSA, zwłaszcza w przypadku agroleśnictwa, a działalnością pozarolniczą.

Średni roczny dochód w gospodarstwach domowych objętych próbą wynosił 28 192,2 RWF. Wśród osób stosujących różne praktyki rolnicze przyjazne dla klimatu średni dochód w gospodarstwie był zróżnicowany: 25 493 RWF w przypadku ulepszonych odmian upraw, 28 607 RWF dla agroleśnictwa, 31 334 RWF dla ochrony wód w gospodarstwie, 29 767 RWF dla płodozmianu i 30 882 RWF dla zmiany czasu siewu. Test *t* wykazał brak związku między przyjęciem pięciu najczęściej stosowanych praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu a działalnością w gospodarstwie, ze średnią różnicą istotną na poziomie 10%. Średnia wielkość gruntów rolnych dla wszystkich respondentów wynosiła 1,7 akra, z odchyleniem standardowym na poziomie 0,9. Wśród osób stosujących różne praktyki średnia wielkość gruntów rolnych była zróżnicowana: 1,88 akra dla ulepszonych odmian upraw, 1,77 akra dla agroleśnictwa, 1,68 akra dla ochrony wód w gospodarstwie, 1,81 akra dla płodozmianu i 1,68 akra dla zmiany czasu siewu. Wystąpiła znacząca różnica między osobami stosującymi pięć najczęstszych praktyk na poziomie istotności 1%.

Średnia wielkość pola uprawnego wynosiła 1,2 akra, z odchyleniem standardowym na poziomie 0,6. Wśród osób stosujących różne praktyki rolnicze przyjazne dla klimatu średnia wielkość pola uprawnego była różna: 1,24 akra w przypadku ulepszonych odmian upraw; 1,16 akra – agroleśnictwa; 1,07 akra – ochrony wód w gospodarstwie; 1,23 akra – płodozmianu i 1,10 akra – zmiany czasu siewu. Test *t* wykazał systematyczny związek między stosowaniem pięciu najczęstszych praktyk a wielkością gruntów uprawnych, na poziomie istotności 5%.

Table 3. Socio-economic and institutional characteristics (dummy variables) of sample size
Tabela 3. Cechy społeczno-ekonomiczne i instytucjonalne (zmiennie zerojedynkowe) wielkości próby

Variables / Zmienne	Status / Status	Improved crop varieties / Ulepszone odmiany roślin uprawnych		Agroforestry / Agrolesnictwo		On-farm water conservation / Ochrona wód w gospodarstwie		Crop rotation / Plodozmian		Change in planting time / Zmiana w czasie siewu	
		%	χ^2 -value (P-value) wartość (P-value)	%	χ^2 -value (P-value) wartość (P-value)	%	χ^2 -value (P-value) wartość (P-value)	%	χ^2 -value (P-value) wartość (P-value)	%	χ^2 -value (P-value) wartość (P-value)
Sex of the household head / Pleć głowy gospodarstwa domowego	male / mężczyzna	52.5	0.099 (0.753)	61.6	0.129** (0.030)	52.7	1.920 (0.252)	66.2	1.056 (1.223)	59.4	0.108** (0.038)
	female / kobieta	47.5		29.4		38.3		33.8		40.6	
Education level / Poziom wykształcenia	none / brak	22.1		24.5		37.5		22.8		33.1	
	primary / podstawowe	56.6	2.251 (0.101)	59.6	3.762 (0.393)	54.2	1.882 (0.421)	55.7	1.222** (0.013)	46.0	2.871 (0.109)
	secondary / średnie	13.2		10.8		6.4		18.3		19.7	
	college/university / szkoła wyższa/universytet	8.1		5.1		1.9		3.2		1.2	
Access to credit / Dostęp do kredytów	yes / tak	53.5	0.088 (0.168)	22	1.555 (0.212)	41.2	1.802 (0.179)	30.5	0.913*** (0.007)	48	1.64 (0.168)
	no / nie	46.5		78		58.8		69.5		52	
Extension services access / Dostęp do usług z zakresu upowszechniania wiedzy rolniczej	yes / tak	47.4	1.653** (0.033)	39.1	0.153* (0.100)	31.1	5.681 (0.127)	42.2	0.737*** (0.009)	48.3	0.351** (0.026)
	no / nie	52.6		60.8		68.9		57.8		51.7	
Agriculture group membership / Członkostwo w grupie rolniczej	yes / tak	53.7	9.822 (0.984)	70.1	1.876** (0.029)	57.4	0.563*** (0.005)	54.3	3.580*** (0.001)	59.4	3.832** (0.038)
	no / nie	46.3		28.9		42.6		46.7		40.6	
	degrade / degradacja	46.1		34.8		42.1		46.8		56.1	
Soil fertility / Żyzność gleby	moderate fertile / umiarkowanie żyzna	38.4	5.095** (0.031)	22.05	1.653*** (0.006)	37.4	0.023** (0.015)	32.1	1.395 (0.545)	18.3	0.274** (0.031)
	fertile / żyzna	15.5		6.9		20.5		21.1		25.6	
Weather and climate information / Informacje o meteorologiczne i klimatyczne	yes / tak	61.3	7.830** (0.049)	51.9	0.352 (0.533)	56.8	0.324 (0.494)	65.4	2.094*** (0.000)	71.1	1.870* (0.092)
	no / nie	38.7		48.1		43.2		34.6		28.9	
Climate change perception / Postrzeganie zmian klimatu	yes / tak	40.7	0.223 (0.156)	24.8	3.121* (0.077)	27.4	2.111 (0.229)	11.3	0.318 (0.334)	31.0	0.009 (0.579)
	no / nie	59.3		75.2		72.6		88.7		69.0	
Health facilities access / Dostęp do placówek służby zdrowia	yes / tak	82.8	0.757 (0.116)	83.8	2.029* (0.062)	80.9	2.556 (0.289)	87.2	1.253 (0.135)	70.7	0.181*** (0.001)
	no / nie	17.2		16.2		19.1		12.8		29.3	

Note: **, *, and * means significance at the 1, 5 and 10% probability levels, respectively /
 Objaśnienia: ***, **, * – istotność na poziomie 1% ** – istotność na poziomie 5% i * – istotność na poziomie 10%
 Source: authors' own elaboration.
 Źródło: opracowanie własne.

This study on CSA practices adoption among smallholder farmers in Bugesera district, Rwanda, provides valuable insights into farmers' responses to climate change. The findings reveal that a significant majority (85.3%) of farmers perceived changes in climate variability, with 55.9% noting decreased rainfall and 47% observing increased temperatures. Adoption rates of CSA practices varied across different practices, with changes in planting time at 80.9%, crop rotation at 68.6%, agroforestry at 79.9%, on-farm water conservation at 58.8%, and use of improved crop varieties at 78.2%. The study identified seven key determinants of CSA practices adoption: 1) farm size, 2) farming experience, 3) access to credit, 4) access to agricultural extension services, 5) access to weather and climate information, 6) climate change perception, and 7) social group membership. These high adoption rates, ranging from 58.8 to 80.9%, indicate farmers' responsiveness to climate challenges, although the variation suggests areas for improvement, particularly in on-farm water conservation. The findings have important implications for policymakers and agricultural development programs, highlighting the need for comprehensive approaches that provide resources, and information, and strengthen social networks. Future interventions should focus on addressing the identified determinants to further promote CSA practices adoption and enhance climate change awareness. In conclusion, this study offers a foundation for developing targeted strategies to support sustainable and resilient agricultural systems in Rwanda, contributing to broader efforts in climate change adaptation and food security, with potential applications in similar contexts elsewhere.

The analysis of soil status revealed that 52.9% of respondents reported degraded soil, 30.4% moderately fertile soil, and 16.7% fertile soil. Among those with degraded soil, adoption rates for CSA practices varied: 46.1% for improved crop varieties, 34.8% for agroforestry, 42.1% for on-farm water conservation, 46.6% for crop rotation, and 51.1% for change in planting time. Chi-square tests indicated a significant association between soil status and CSA practice adoption at 1 and 5% significance levels. Regarding climate change perception, a substantial majority (85.3%) of respondents noticed changes. Among these, CSA practice adoption rates were 40.7% for improved crop varieties, 24.8% for agroforestry, 27.4% for on-farm water conservation, 11.3% for crop rotation, and 31.0% for change in planting time. Chi-square tests revealed a significant association between climate change perception and CSA practice adoption. Access to health facilities

Niniejsze badanie dotyczące stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu w małych gospodarstwach rolnych w dystrykcie Bugesera w Rwandzie dostarcza cennych informacji na temat reakcji rolników na zmiany klimatu. Wyniki pokazują, że znaczna większość (85,3%) rolników dostrzegła zmiany w zmienności klimatu, przy czym 55,9% zauważyło zmniejszone opady deszczu, a 47% zaobserwowało wzrost temperatury. Wskaźniki stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu różniły się w zależności od rodzaju praktyki, ze zmianami w czasie siewu na poziomie 80,9%, płodozmianem na poziomie 68,6%, agroleśnictwem na poziomie 79,9%, ochroną wód w gospodarstwie na poziomie 58,8% i wykorzystaniem ulepszonych odmian upraw na poziomie 78,2%. W badaniu zidentyfikowano siedem kluczowych czynników determinujących przyjęcie praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu: 1) wielkość gospodarstwa rolnego, 2) doświadczenie rolnicze, 3) dostęp do kredytów, 4) dostęp do rolniczych usług doradczych, 5) dostęp do informacji o pogodzie i klimacie, 6) postrzeganie zmian klimatu i 7) przynależność do grupy społecznej. Wysokie wskaźniki stosowania powyższych praktyk, wynoszące od 58,8 do 80,9%, wskazują na reakcję rolników na wyzwania klimatyczne, chociaż zróżnicowanie sugeruje obszary wymagające poprawy, szczególnie w zakresie ochrony wód w gospodarstwie. Wyniki te mają ważne implikacje dla decydentów i programów rozwoju rolnictwa, ponieważ podkreślają potrzebę kompleksowego podejścia, które zapewniłoby zasoby i informacje oraz wzmacnia sieci społeczne. Przyszłe działania powinny koncentrować się na zidentyfikowanych determinantach w celu dalszego promowania przyjęcia praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu i zwiększenia świadomości zmian klimatu. Podsumowując, niniejsze badanie stanowi podstawę do opracowania ukierunkowanych strategii wspierania zrównoważonych i odpornych systemów rolniczych w Rwandzie, przyczyniających się do podjęcia kompleksowych działań w zakresie dostosowania się do zmian klimatu i bezpieczeństwa żywnościowego, a także w innych pokrewnych dziedzinach.

Analiza stanu gleby wykazała, że 52,9% respondentów zgłosiło glebę zdegradowaną, 30,4% glebę umiarkowanie żyzną, a 16,7% glebę żyzną. Wśród osób ze zdegradowaną glebą wskaźniki przyjęcia praktyk rolnictwa inteligentnego klimatycznie (CSA) były zróżnicowane: 46,1% dla ulepszonych odmian upraw, 34,8% dla agroleśnictwa, 42,1% dla oszczędzania wody w gospodarstwie, 46,6% dla płodozmianu i 51,1% dla zmiany czasu siewu. Testy chi-kwadrat wykazały istotny związek między stanem gleby a przyjęciem praktyk przyjaznych dla klimatu na poziomach istotności 1 i 5%. Jeśli chodzi o postrzeganie zmian

was reported by 84.2% of respondents. Among CSA practice adopters with health facility access, rates were 82.8% for improved crop varieties, 88% for agroforestry, 80.9% for on-farm water conservation, 87.2% for crop rotation, and 70.7% for change in planting time. Chi-square tests showed a significant association between health facility access and adoption of agroforestry (1% level) and change in planting time (10% level).

Determinants of Adoption of Climate-Smart Agricultural Practices

A probit model was applied to analyze the determinants of households' decisions to adopt five climate-smart agricultural practices: changes in planting time, agroforestry, improved crop varieties, crop rotation, and on-farm water conservation. While various models could be used to analyze adoption determinants, the probit model was deemed appropriate to assess the influence of multiple dependent variables on several independent variables simultaneously, allowing error terms to correlate freely (Sileshi et al., 2019). The correlation coefficients in the probit model had either positive or negative signs, indicating interdependency between different adopted climate-smart agricultural practices.

The findings on correlation coefficients of the error terms indicate complementarities (positive correlation) and substitutability (negative correlation) between different climate-smart agricultural practices adopted by farmers in the study area. This implies that the decision to adopt one practice affects the decision to adopt other practices. The results support the assumption of interdependence between different adaptation practices, possibly due to complementarity in various adaptation strategies and other household-specific factors affecting the uptake of all adaptation strategies. The variance inflation factor (VIF) technique was employed to detect multicollinearity among explanatory variables. If R_i^2 is the square of the multiple correlation coefficient resulting when one explanatory variable (x_i) is regressed against all other explanatory variables, then $VIF = (1 - R_i^2)^{-1}$. A VIF value greater than 10 is often indicative of multicollinearity problems in

klimatu, znaczna większość (85,3%) respondentów zauważyła zmiany. Wśród nich wskaźniki przyjęcia praktyk CSA wyniosły 40,7% dla ulepszonych odmian upraw, 24,8% dla agroleśnictwa, 27,4% dla oszczędzania wody w gospodarstwie, 11,3% dla płodozmianu i 31,0% dla zmiany czasu siewu. Testy chi-kwadrat wykazały istotny związek między postrzeganiem zmian klimatu a stosowaniem praktyk przyjaznych dla klimatu. Dostęp do placówek służby zdrowia zgłosiło 84,2% respondentów. Wśród osób stosujących powyższe praktyki z dostępem do placówek służby zdrowia wskaźniki wynosiły 82,8% dla ulepszonych odmian upraw, 88% dla agroleśnictwa, 80,9% dla ochrony wód w gospodarstwie, 87,2% dla płodozmianu i 70,7% dla zmiany czasu siewu. Testy chi-kwadrat wykazały istotny związek między dostępem do placówek służby zdrowia a uprawianiem agroleśnictwa (poziom 1%) i zmianą czasu siewu (poziom 10%).

Determinanty stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu

Model probitowy został zastosowany do analizy determinant decyzji gospodarstw domowych o stosowaniu pięciu praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu: zmian w czasie siewu, agroleśnictwa, ulepszonych odmian upraw, płodozmianu i ochrony wód w gospodarstwie. Podczas gdy do analizy czynników determinujących stosowanie praktyk można było wykorzystać różne modele, możliwość wzajemnej korelacji błędów (składników losowych) poszczególnych równań umożliwiła zastosowanie wielowymiarowego modelu probitowego do oceny wpływu wielu zmiennych zależnych na kilka zmiennych niezależnych jednocześnie (Sileshi i in., 2019). Współczynniki korelacji w modelu probitowym miały znaki dodatnie lub ujemne, co wskazuje na współzależność między różnymi stosowanymi praktykami rolniczymi przyjaznymi dla klimatu.

Ustalenia dotyczące współczynników korelacji wartości błędu wskazują na komplementarność (dodatnia korelacja) i substytucyjność (ujemna korelacja) między różnymi praktykami rolniczymi przyjaznymi dla klimatu stosowanymi przez rolników na badanym obszarze. Oznacza to, że decyzja o przyjęciu jednej praktyki wpływa na decyzję o stosowaniu innych praktyk. Wyniki potwierdzają założenie współzależności między różnymi praktykami adaptacyjnymi, prawdopodobnie ze względu na komplementarność różnych strategii adaptacyjnych i innych czynników charakterystycznych dla gospodarstwa domowego wpływających na stosowanie wszystkich strategii adaptacyjnych. Zastosowano technikę współczynnika inflacji wariancji (VIF) w celu wykrycia współliniowości wśród zmiennych objaśniających.

the model (Gujarati, 2003). In this study, all VIFs were less than 10 for all tested variables, with an average of 1.12. Based on the VIF results, the data were found to have no multicollinearity problem. The study revealed that socio-economic factors, farm characteristics, and institutional factors significantly influenced the adoption of climate-smart agricultural practices to enhance farmers' resilience and increase agricultural productivity. Therefore, policymakers and development officers in the study area can use the detailed analysis in Table 5 to design and implement targeted interventions that effectively address climate variability and change.

Jeśli R^2 jest kwadratem współczynnika korelacji wielokrotnej wynikającego z regresji jednej zmiennej objaśniającej (x_i) względem wszystkich innych zmiennych objaśniających, wówczas $VIF = (1 - R^2)^{-1}$. Wartość VIF większa niż 10 często wskazuje na problemy ze współliniowością w modelu (Gujarati, 2003). W tym badaniu wszystkie VIF były mniejsze niż 10 dla wszystkich testowanych zmiennych, ze średnią 1,12. Na podstawie wyników VIF stwierdzono, że dane nie mają problemu ze współliniowością. Badanie wykazało, że czynniki społeczno-ekonomiczne, charakterystyka gospodarstwa rolnego i czynniki instytucjonalne znacząco wpływały na stosowanie praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu w celu zwiększenia odporności rolników i zwiększenia wydajności rolnictwa. W związku z tym decydenci polityczni i urzędnicy ds. rozwoju na badanym obszarze mogą wykorzystać szczegółową analizę w tabeli 5 do opracowania i wdrożenia ukierunkowanych działań, które skutecznie przeciwdziałają zmienności klimatu i zmianom klimatycznym.

Table 4. Correlation matrix from the probit model

Tabela 4. Macierz korelacji z modelu probitowego

	Improved crop varieties / Ulepszone odmiany roślin uprawnych	Change in planting time / Zmiana czasu siewu	On-farm water conservation / Ochrona wód w gospodarstwie	Agroforestry / Agroleśnictwo	Crop rotation / Płodozmian
Improved crop varieties / Ulepszone odmiany roślin uprawnych	1				
Change in planting time / Zmiana czasu siewu	-0.043	1			
On-farm water conservation / Ochrona wód w gospodarstwie	0.058	-0.061	1		
Agroforestry / Agroleśnictwo	0.015	0.008	0.080***	1	
Crop rotation / Płodozmian	0.065**	0.213**	0.076	-0.057	1

Note: ***, **, and * means significance at the 1, 5 and 10% probability levels, respectively /
Objaśnienia: *** – istotność na poziomie 1% ** – istotność na poziomie 5% i * – istotność na poziomie 10%.

Source: authors' own elaboration.

Źródło: opracowanie własne.

The results from Table 5 indicate that being female positively influenced the adoption of improved crop varieties as an adaptation strategy against climate change at a 5% significance level. This finding suggests that females, who often spend more time in farming activities, are more likely to select resilient crop varieties to reduce the impacts of climate change compared to male-headed households. These findings contradict those of Mutunga et al. (2018), who argued that male-headed households are more likely to adopt technologies to overcome the negative impacts of climate change due to better access to extension services, climate change information, and risk-taking ability.

Wyniki z tabeli 5 pokazują, że kobiety częściej stosują ulepszone odmiany roślin uprawnych jako strategię adaptacji do zmian klimatu na poziomie istotności 5%. Odkrycie to sugeruje, że kobiety, które często spędzają więcej czasu na działalności rolniczej, częściej wybierają odporne odmiany roślin uprawnych w celu zmniejszenia skutków zmian klimatu w porównaniu z gospodarstwami domowymi prowadzonymi przez mężczyzn. Wyniki te są sprzeczne z wynikami innych badaczy (Mutunga i in., 2018), którzy argumentowali, że gospodarstwa domowe prowadzone przez mężczyzn są bardziej skłonne do stosowania technologii w celu przezwyciężenia negatywnych skutków zmian klimatu ze względu na lepszy dostęp

The age of the household head is another key variable affecting adaptation decisions at the farm level. The positive correlation indicates that as the age of the farmer increases, the adoption of changing planting time practices also increases. This may be because older farmers, with more experience, are more likely to accept new technology to mitigate the impact of climate change. Additionally, older farmers are likely to have better weather forecasting skills and an increased likelihood of using crop rotation to enhance productivity. These findings align with those of Tarvinga et al. (2016), who argued that experienced farmers are more likely to possess information and knowledge on climatic changes and crop and livestock management practices. However, these findings contradict those of Sileshi et al. (2019), who reported that younger household heads are more likely to adopt new technologies due to higher levels of education and exposure to new ideas.

The education level of the household head was found to negatively and significantly influence the adoption of crop rotation. Our results revealed that an increase in the number of years spent in school had a negative significant influence on the choice of crop rotation as an adaptation strategy at a 1% significance level. Less educated farmers were more likely to rotate their crops to enhance their resilience, considering crop rotation as a way of spreading risks. These findings contradict those of Mutunga et al. (2018), who reported a positive influence of education level on the adoption of practices to enhance resilience against climate change.

Access to extension services is crucial for disseminating practical information related to agriculture, including improved crop varieties, tree planting, farming techniques, and other skills to farmers. It was hypothesized that farmers with access to extension services would be more likely to adjust farming practices in response to climate changes. However, the results in Table 5 indicate a significant and negative relationship between access to extension services and the likelihood of using improved crop varieties, adopting agroforestry, and changing planting time in the study area (at 5 and 10% significance levels). This may be due to poor information on CSA practices received by farmers or inadequate familiarity of extension service providers with some CSA practices.

do usług doradczych, informacji o zmianach klimatu i zdolności do podejmowania ryzyka.

Wiek zarządcy gospodarstwa domowego jest kolejną kluczową zmienną wpływającą na decyzje adaptacyjne na poziomie gospodarstwa. Pozytywna korelacja wskazuje, że wraz ze wzrostem wieku rolnika częściej praktykowana jest zmiana czasu siewu. Może to wynikać z faktu, że starsi rolnicy, z większym doświadczeniem, są bardziej skłonni do zaakceptowania nowych technologii w celu złagodzenia wpływu zmian klimatu. Ponadto starsi rolnicy mają prawdopodobnie lepsze umiejętności prognozowania pogody i większe prawdopodobieństwo stosowania płodozmianu w celu zwiększenia wydajności. Wyniki te są zgodne z wynikami badań innych badaczy (Tarvinga i in., 2016), którzy stwierdzili, że doświadczeni rolnicy częściej posiadają informacje i wiedzę na temat zmian klimatycznych oraz praktyk zarządzania uprawami i hodowlą zwierząt. Wyniki te są jednak sprzeczne z wynikami Sileshi i in. (2019), którzy stwierdzili, że młodszy zarządcy gospodarstw domowych są bardziej skłonni do przyjmowania nowych technologii ze względu na wyższy poziom wykształcenia i ekspozycję na nowe pomysły.

Stwierdzono, że poziom wykształcenia zarządcy gospodarstwa domowego ma negatywny i znaczący wpływ na przyjęcie płodozmianu. Nasze wyniki ujawniły, że wzrost liczby lat spędzonych w szkole miał negatywny wpływ na wybór płodozmianu jako strategii adaptacyjnej na poziomie istotności 1%. Mniej wykształceni rolnicy byli bardziej skłonni do rotacji upraw w celu zwiększenia ich odporności, traktując płodozmian jako sposób na rozłożenie ryzyka. Ustalenia te są sprzeczne z ustaleniami innych badaczy (Mutunga i in., 2018), którzy wykazali pozytywny wpływ poziomu wykształcenia na przyjęcie praktyk zwiększających odporność na zmiany klimatu.

Dostęp do usług z zakresu upowszechniania wiedzy rolniczej ma kluczowe znaczenie dla rozpowszechniania praktycznych informacji związanych z rolnictwem, w tym ulepszonych odmian upraw, sadzenia drzew, stosowania technik rolniczych i innych umiejętności dla rolników. Postawiono hipotezę, że rolnicy z dostępem do usług doradczych będą bardziej skłonni do dostosowania praktyk rolniczych do zmian klimatycznych. Jednak wyniki w tabeli 5 wskazują na znaczący i negatywny związek między dostępem do usług doradczych a prawdopodobieństwem stosowania ulepszonych odmian upraw, przyjęcia agroleśnictwa i zmiany czasu sadzenia na badanym obszarze (na poziomie istotności 5 i 10%). Może to wynikać z braku odpowiednich informacji na temat praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu otrzymywanych przez rolników lub niewystarczającej znajomości niektórych praktyk przez dostawców usług doradczych.

Table 5. Multivariate probit model estimation results for determinants of the adoption of CSA practices
Tabela 5. Wyniki wielowymiarowej estymacji probitowej dla czynników determinujących stosowanie praktyk rolniczych przyczyniających do zmiany klimatu

Variables / Zmienna	Improved crop varieties / Ulepszone odmiany roślin uprawnych		Agroforestry / Agrolésnictwo		On-farm water conservation / Ochrona wód w gospodarstwie		Crop rotation / Płodozmian		Changing planting time / Zmiana czasu siewu	
	Coefficient / Współczynnik	Standard error / Standardowe odchylenie	Coefficient / Współczynnik	Standard error / Standardowe odchylenie	Coefficient / Współczynnik	Standard error / Standardowe odchylenie	Coefficient / Współczynnik	Standard error / Standardowe odchylenie	Coefficient / Współczynnik	Standard error / Standardowe odchylenie
Age / Wiek	0.007	0.010	-0.002	0.011	0.014	0.011	-0.014	0.012	0.029***	0.011
Sex / Płeć	0.450**	0.199	0.142	0.204	-0.196	0.194	-0.110	0.244	0.203	0.199
Adult Equivalent / Liczba osób dorosłych	-0.087	0.055	0.031	0.058	-0.020	0.056	-0.022	0.060	0.011	0.055
Education status / Poziom edukacji	0.109	0.105	-0.094	0.108	-0.158	0.111	-0.513***	0.178	0.034	0.120
logFarm size / Wielkość gospodarstwa rolnego (logarytm)	0.133	0.269	0.103	0.288	0.658**	0.266	-0.131	0.377	0.519*	0.276
logMarket distance / Odległość od targu (logarytm)	-0.235	0.143	-0.102	0.146	0.002	0.141	0.372**	0.165	-0.178	0.136
Access to credit / Dostęp do kredytów	0.184	0.201	0.424*	0.220	0.413**	0.199	-0.052	0.277	-0.411**	0.205
logInFarm income / dochód z działalności rolniczej (logarytm)	0.099	0.101	-0.136	0.097	0.071	0.098	0.054	0.119	-0.006	0.100
Access to extension services / Dostęp do usług z zakresu upowszechniania wiedzy rolniczej	0.396*	0.225	0.742**	0.295	0.156	0.241	-0.146	0.346	-0.485**	0.239
Access to weather and climate information / Dostęp do informacji meteorologicznych i klimatycznych	0.461**	0.201	0.169	0.199	-0.215	0.202	0.374	0.264	0.106	0.201
Agriculture group membership / Członkostwo w grupie rolniczej	0.253	0.252	0.170	0.277	-0.011	0.283	0.213	0.356	0.295	0.271
Soil fertility / Żyzność gleby	0.166	0.133	-0.008	0.145	-0.182	0.139	-0.497***	0.198	-0.065	0.139
Climate change perception / Postrzeganie zmian klimatu	0.532	0.412	0.451	0.363	0.192	0.409	4.327***	0.435	0.147	0.365
Health facility / Placówka służby zdrowia	-0.109	0.261	0.231	0.261	0.383	0.293	-0.269	0.351	0.256	0.260
logTLU / logTLU	-0.519**	0.244	-0.033	0.241	0.348	0.233	0.202	0.307	0.104	0.222
Constant / Stała	-1.388	1.366	1.343	1.382	-2.837**	1.377	-4.938***	1.533	-1.678	1.320

Number of observations = 204 / Liczba obserwacji = 204
 Multivariate probit (SML, # draws = 5) / Wielowymiarowy model probitowy (SML, liczba losowań = 5)
 Log pseudo likelihood = -485.18762 / Logarytm pseudoprawdopodobieństwa = -485.18762
 Wald chi-squared test (75) = 350.40 Test Walda (75) = 350.40
 Prob > chi2 = 0.0000 / Prawdopodobieństwo > chi2 = 0.0000

Notes: *** – significant at 1%, ** significant at 5%, and * significant at 10%. Estimates are based on robust standard errors that account for clustering at the village level.

Objaśnienia: *** – istotność na poziomie 1%, ** – istotność na poziomie 5%, * – istotność na poziomie 10%. Szacunki opierają się na solidnych błędach standardowych, które uwzględniają grupowanie na poziomie wsi.

Source: authors' own elaboration.
 Źródło: opracowanie własne.

Access to weather and climate information significantly influences the adoption of improved crop varieties at a 5% significance level. Weather forecast information enhances farmers' awareness of climatic changes and provides timely advice on farming activities, such as planting short- or long-maturity crops. Access to weather and climate information, along with available climate change information, increases the rate of adaptation to climate change. These findings are consistent with those of Fatuase et al. (2015), Maguza-Tembo et al. (2017), and Taruvinga et al. (2016), who found that access to weather and climate information led to the adoption of improved crop varieties and other practices to enhance crop productivity in response to climate variability and change.

Access to credit is another important factor in narrowing the financial gap among farmers, enabling them to purchase required farm inputs and technologies useful for adapting to environmental changes and diversifying income activities beyond farming. Access to credit significantly influenced the adoption of on-farm water conservation and agroforestry at 5 and 10% significance levels, respectively. Households with access to credit facilities are more likely to adopt agroforestry and on-farm water conservation in response to climate change. Smallholder farmers with access to credit can overcome financial constraints and invest in purchasing tree seedlings and different techniques to conserve farm water, thereby enhancing productivity under climate change. These findings align with Mutunga et al. (2018) and Ochieng et al. (2017), who reported that farmers with access to credit facilities were more likely to adopt climate-smart agricultural practices.

Farm size positively and significantly influenced the likelihood of using on-farm water conservation and changing planting time as adaptation strategies at 5 and 10% significance levels, respectively, to reduce the negative effects of climate change. This implies that larger farm size increases the likelihood of using soil and water conservation practices and changing planting times to mitigate climate change impacts. These findings support those of Mwangi et al. (2018) and Negash (2013), who found a positive relationship between farm size and the adoption of various CSA practices, indicating that larger farms enable farmers to expand activities to mitigate agricultural and climatic risks.

Farmers' perception of climate change, through observed declines in rainfall and increased temperatures, significantly influenced the adoption of crop rotation as an adaptation strategy at a 1% significance level. Farmers who perceive climate changes are more likely to adopt crop rotation practices to

Dostęp do informacji meteorologicznych i klimatycznych znacząco wpływa na przyjęcie ulepszonych odmian roślin uprawnych na poziomie istotności 5%. Informacje o prognozie pogody zwiększają świadomość rolników na temat zmian klimatycznych i w odpowiednim czasie zapewniają porady dotyczące działań rolniczych, takich jak sadzenie roślin uprawnych o krótkim lub długim okresie wegetacji. Dostęp do informacji o pogodzie i klimacie, wraz z dostępnymi informacjami o zmianach klimatu, zwiększa tempo adaptacji do zmian klimatu. Wyniki te są spójne z wynikami innych badaczy, takich jak: Fatuase i in. (2015), Maguza-Tembo i in. (2017) oraz Taruvinga i in. (2016), którzy stwierdzili, że dostęp do informacji pogodowych i klimatycznych doprowadził do stosowania ulepszonych odmian roślin uprawnych i innych praktyk w celu zwiększenia wydajności upraw w odpowiedzi na zmienność klimatu i zmiany klimatyczne.

Dostęp do kredytów jest kolejnym ważnym czynnikiem zmniejszającym lukę finansową wśród rolników, umożliwiając im zakup wymaganych środków produkcji rolnej i technologii przydatnych do dostosowania się do zmian środowiskowych i dywersyfikacji pozarolniczej działalności dochodowej. Dostęp do kredytów znacząco wpłynął na ochronę wód w gospodarstwie i agroleśnictwo na poziomie istotności odpowiednio 5 i 10%. Gospodarstwa domowe z dostępem do kredytów są bardziej skłonne do stosowania agroleśnictwa i ochrony zasobów wodnych w gospodarstwie w odpowiedzi na zmiany klimatyczne. Rolnicy posiadający małe gospodarstwa rolne z dostępem do kredytów mogą przewyższyć ograniczenia finansowe i zainwestować w zakup sadzonek drzew i różnych technik oszczędzania wody w gospodarstwie, zwiększając w ten sposób produktywność w warunkach zmian klimatu. Wyniki te są zgodne z badaniami Mutunga i in. (2018) oraz Ochieng i in. (2017), którzy stwierdzili, że rolnicy z dostępem do kredytów częściej stosowali praktyki rolnicze przyjazne dla klimatu.

Wielkość gospodarstwa pozytywnie i istotnie wpłynęła na prawdopodobieństwo ochrony wód w gospodarstwie i zmiany czasu siewu jako strategii adaptacyjnych na poziomie istotności odpowiednio 5 i 10%, w celu zmniejszenia negatywnych skutków zmian klimatu. Oznacza to, że większy rozmiar gospodarstwa zwiększa prawdopodobieństwo stosowania praktyk ochrony gleby i wody oraz zmiany czasu sadzenia w celu złagodzenia skutków zmian klimatu. Ustalenia te potwierdzają wyniki badań Mwangi i in. (2018) i Negash (2013), którzy stwierdzili pozytywny związek między wielkością gospodarstwa a przyjęciem różnych praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu,

minimize climate shocks. These findings validate those of Mwangu et al. (2018) and Stefanovic et al. (2019), who found that farmers perceiving declines in rainfall and increased temperatures were more inclined to adopt soil conservation practices, crop rotation, and water harvesting. Similarly, they support the findings of Maguza-Tembo et al. (2017), who found that farmers able to foresee drought were more likely to adopt practices to enhance productivity.

The perception of soil fertility negatively influenced the adoption of crop rotation at a 1% significance level. Farmers perceiving their soil as degraded were more likely to rotate crops to enhance productivity. This aligns with findings from Maguza-Tembo et al. (2017), who reported that farmers perceiving degraded soil were more likely to adopt farm production practices. However, this finding contradicts those of Mwangu et al. (2018), who reported that farmers perceiving their soil as more fertile were likely to adopt practices such as improved crop varieties and land management.

Livestock ownership negatively and significantly influenced the decision to adopt improved crop varieties at a 5% probability level. This suggests that households with more livestock are less likely to choose improved varieties compared to those with fewer livestock. This may be due to a focus on livestock production over crop investments, with potential productivity gains through manure application compensating fertility losses and productivity declines due to soil degradation, thus reducing the adoption of improved varieties. These findings contradict those of Wamalwa et al. (2016) who reported that the number of livestock owned increases the chances of smallholder farmers to adopt climate smart agricultural practices which can facilitate them to enhance productivity.

wskazując, że większe gospodarstwa umożliwiają rolnikom rozszerzenie działalności w celu złagodzenia ryzyka rolniczego i klimatycznego.

Postrzeżenie zmian klimatycznych przez rolników, poprzez obserwowane spadki opadów i wzrost temperatur, znacząco wpłynęło na przyjęcie płodozmianu jako strategii adaptacyjnej na poziomie istotności 1%. Rolnicy, którzy dostrzegają zmiany klimatyczne, są bardziej skłonni do stosowania praktyk płodozmianu w celu zminimalizowania nieoczekiwanych zmian pogodowych. Ustalenia te potwierdzają wyniki innych badań (Mwangu i in., 2018; Stefanovic i in., 2019), według których rolnicy postrzegający spadek opadów i wzrost temperatury byli bardziej skłonni do stosowania praktyk ochrony gleby, płodozmianu i zbierania wody. Maguza-Tembo i in. (2017) podobnie twierdzą, że rolnicy zdolni do przewidywania suszy byli bardziej skłonni do stosowania praktyk zwiększających produktywność.

Postrzeżenie żyzności gleby negatywnie wpłynęło na przyjęcie płodozmianu na poziomie istotności 1%. Rolnicy postrzegający swoją glebę jako zdegradowaną byli bardziej skłonni do rotacji upraw w celu zwiększenia produktywności. Maguza-Tembo i in. (2017) są zgodni, że rolnicy postrzegający glebę jako zdegradowaną częściej stosowali praktyki produkcji rolnej. Wynik ten jest jednak sprzeczny z wynikami innych badań (Mwangu i in., 2018), według których rolnicy postrzegający swoją glebę jako bardziej żyzną byli bardziej skłonni do stosowania praktyk takich jak ulepszone odmiany roślin uprawnych i zarządzanie gruntami.

Posiadanie zwierząt gospodarskich negatywnie i znacząco wpłynęło na decyzję o stosowaniu ulepszonych odmian roślin uprawnych na poziomie prawdopodobieństwa 5%. Sugeruje to, że rolnicy posiadający gospodarstwa z większą liczbą zwierząt gospodarskich są mniej skłonni do wyboru ulepszonych odmian w porównaniu z tymi z mniejszą liczbą zwierząt gospodarskich. Może to być spowodowane skupieniem się na produkcji zwierzęcej zamiast na inwestycjach w uprawy, z możliwym wzrostem produktywności dzięki stosowaniu obornika rekompensującym straty żyzności gleby i spadkiem produktywności spowodowanym degradacją gleby, zmniejszając w ten sposób stosowanie ulepszonych odmian. Wyniki te są sprzeczne z wynikami innych badań (Wamalwa i in., 2016), według których liczba posiadanych zwierząt gospodarskich zwiększa szanse na stosowanie przez drobnych rolników praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu, które mogą ułatwić im zwiększenie produktywności.

Conclusions

The study on the determinants of climate-smart agricultural (CSA) practices adoption among smallholder farmers in Bugesera district, Rwanda, reveals significant insights into farmers' perceptions and adaptations to climate change. A substantial majority of farmers (85.3%) acknowledged perceiving changes in climate variability, with many noting decreased rainfall and increased temperatures. This awareness has led to a high adoption rate of various CSA practices, including changes in planting time, crop rotation, agroforestry, on-farm water conservation, and use of improved crop varieties. The research identifies several key factors influencing the adoption of these practices. Farm size, farming experience, access to credit, agricultural extension services, weather and climate information, climate change perception, and social group membership emerged as major determinants in the adoption of CSA practices. These findings underscore the importance of both personal factors (such as experience and perception) and external support systems (like credit access and extension services) in facilitating climate-smart agriculture. The high adoption rates of CSA practices, ranging from 58.8 to 80.9% across different practices, indicate a significant level of responsiveness among smallholder farmers to climate challenges. This suggests a growing recognition of the need for adaptive strategies in agriculture within the region. However, the variation in adoption rates also points to potential areas for improvement, particularly in practices like on-farm water conservation. These results have important implications for policymakers and agricultural development programs in Rwanda and similar contexts. They highlight the need for comprehensive approaches that not only provide farmers with access to resources and information but also strengthen social networks and enhance climate change awareness. Future interventions should focus on addressing the identified determinants to further promote the adoption of CSAPs, thereby enhancing the resilience of smallholder farming systems in the face of climate change. In conclusion, this study provides valuable insights into the factors driving the adoption of climate-smart agricultural practices among smallholder farmers in Rwanda. It offers a foundation for developing targeted strategies to support sustainable and resilient agricultural systems in the region, contributing to broader efforts in climate change adaptation and food security.

Wnioski

Badanie dotyczące czynników determinujących stosowanie praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu (CSA) przez małe gospodarstwa rolne w dystrykcie Bugesera w Rwandzie pokazuje istotne spostrzeżenia rolników na temat zmian klimatycznych i adaptacji do nich. Znaczna większość rolników (85,3%) przyznała, że dostrzega zmiany w zmienności klimatu, przy czym wielu z nich zauważyło zmniejszone opady deszczu i podwyższone temperatury. Świadomość ta skutkuje wysokim wskaźnikiem stosowania różnych praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu, w tym zmian w czasie siewu, płodozmianu, agroleśnictwa, ochrony wód w gospodarstwie i stosowania ulepszonych odmian roślin uprawnych. Badania zidentyfikowały kilka kluczowych czynników wpływających na stosowanie tych praktyk. Wielkość gospodarstwa, doświadczenie rolnicze, dostęp do kredytów, usług z zakresu upowszechniania wiedzy rolniczej, informacje meteorologiczne i klimatyczne, postrzeganie zmian klimatycznych i przynależność do grupy społecznej okazały się głównymi determinantami w stosowaniu wyżej wymienionych praktyk rolniczych. Wyniki te podkreślają znaczenie zarówno czynników osobistych (takich jak doświadczenie i percepcja), jak i zewnętrznych systemów wsparcia (takich jak dostęp do kredytów i usługi doradcze) w ułatwianiu rolnictwa przyjaznego dla klimatu. Wysokie wskaźniki stosowania praktyk przyjaznych dla klimatu, wynoszące od 58,8 do 80,9% dla różnych praktyk, wskazują na znaczny poziom reakcji drobnych rolników na wyzwania klimatyczne. Sugeruje to rosnące uznanie potrzeby strategii adaptacyjnych w rolnictwie w regionie. Jednak zróżnicowanie wskaźników przyjęcia wskazuje również na potencjalne obszary wymagające poprawy, szczególnie w przypadku praktyk takich jak ochrona wody w gospodarstwie. Wyniki te mają ważne implikacje dla decydentów i programów rozwoju rolnictwa w Rwandzie i podobnych kontekstach. Podkreślają one potrzebę kompleksowego podejścia, które nie tylko zapewnia rolnikom dostęp do zasobów i informacji, ale także wzmacnia sieci społeczne i zwiększa świadomość zmian klimatu. Przyszłe działania powinny koncentrować się na zidentyfikowanych determinantach w celu dalszego promowania stosowania praktyk rolniczych przyjaznych dla klimatu, zwiększając w ten sposób odporność drobnych systemów rolniczych w obliczu zmian klimatu. Podsumowując, niniejsze badanie zapewnia cenny wgląd w czynniki wpływające na przyjęcie inteligentnych klimatycznie praktyk rolniczych wśród drobnych rolników w Rwandzie. Stanowi ono podstawę do opracowania ukierunkowanych strategii wspierania zrównoważonych i odpornych systemów rolniczych w regionie, przyczyniając się do podjęcia kompleksowych działań w zakresie adaptacji do zmian klimatu i bezpieczeństwa żywnościowego.

References/Bibliografia

- Abdurahman, A.M., Feyissa, S., Turyasingura, B., Aschalew, A., & Chavula, P. (2024). Effect of Soil and Water Conservation Practices and Slope Gradient on Organic Carbon Stocks Micronutrients: A Case Study on Kulkullessa Sub-Watershed, Eastern Ethiopia. *Nova Geodesia*, 4(1), 167. <https://doi.org/10.55779/ng41167>
- Aryal, J.P., Jat, M.L., Sapkota, T.B., Khatri-Chhetri, A., Kassie, M., Rahut, D.B., & Maharjan, S. (2018). Adoption of Multiple Climate-Smart Agricultural Practices in the Gangetic Plains of Bihar, India. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 10(3), 407–427. <https://doi.org/10.1108/IJCCSM-02-2017-0025>
- Autio, A., Johansson, T., Motaroki, L., Minoia, P., & Pellikka, P. (2021). Constraints for Adopting Climate-Smart Agricultural Practices Among Smallholder Farmers in Southeast Kenya. *Agricultural Systems*, 194, 103284. <https://doi.org/10.1016/j.agsy.2021.103284>
- Azadi, H., Moghaddam, S.M., Burkart, S., Mahmoudi, H., Van Passel, S., Kurban, A., & Lopez-Carr, D. (2021). Rethinking Resilient Agriculture: From Climate-Smart Agriculture to Vulnerable-Smart Agriculture. *Journal of Cleaner Production*, 319, 128602. <https://doi.org/10.1016/j.jclepro.2021.128602>
- Bai, X., Huang, Y., Ren, W., Coyne, M., Jacinthe, P.-A., Tao, B., Hui, D., Yang, J., & Matocha, C. (2019). Responses of Soil Carbon Sequestration to Climate-Smart Agriculture Practices: A Meta-Analysis. *Global Change Biology*, 25(8), 2591–2606. <https://doi.org/10.1111/gcb.14658>
- Bloomfield, J., & Fisher, M.J. (2019). Quantitative Research Design. *Journal of the Australasian Rehabilitation Nurses Association*, 22(2), 27–30. <https://doi.org/10.33235/jarna.22.2.27-30>
- Byishimo, P. (2017). *Assessment of Climate Change Impacts on Crop Yields and Farmers' Adaptation Measures: A Case of Rwanda*. University of Zimbabwe. <http://ageconsearch.umn.edu>
- Chandra, A., McNamara, K.E., & Dargusch, P. (2018). Climate-Smart Agriculture: Perspectives and Framings. *Climate Policy*, 18(4), 526–541. <https://doi.org/10.1080/14693062.2017.1316968>
- Chavula, P., Feyissa, S., Sileshi, M., & Shepande, C. (2024). Factors Influencing Climate-Smart Agriculture Practices Adoption and Crop Productivity among Smallholder Farmers in Nyimba District, Zambia. *F1000Research*, 13, 815. <https://doi.org/10.12688/f1000research.144332.1>
- Degenhardt, F., Seifert, S., & Szymczak, S. (2019). Evaluation of Variable Selection Methods for Random Forests and Omics Data sets. *Briefings in Bioinformatics*, 20(2), 492–503. <https://doi.org/10.1093/bib/bbx124>
- Fatuase, A.I., Aborisade, A.S., & Omisope, E.T. (2015). Determinants of Adaptation Measures to Climate Change by Arable Crop Farmers in Owo Local Government Area of Ondo State, Nigeria. *World Rural Observations*, 7(1), 49–57. https://www.sciencepub.net/rural/rural070115/007_27977rural070115_49_57.pdf
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2013). *Climate-Smart Agriculture: Sourcebook*. <http://www.fao.org/3/a-i3325e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014a). *FAO Success Stories on Climate-Smart Agriculture*. <http://www.fao.org/3/a-i3817e.pdf>
- Food and Agriculture Organization of the United Nations (FAO). (2014b, April 3). *The Post-2015 Development Agenda and the Millennium Development Goals*. <https://www.fao.org/global-soil-partnership/resources/news/presentations-gsb23/en/c/215574/>
- García de Jalón S., Silvestri, S., & Barnes, A.P. (2017). The Potential for Adoption of Climate-Smart Agricultural Practices in Sub-Saharan Livestock Systems. *Regional Environmental Change*, 17, 399–410. <https://doi.org/10.1007/s10113-016-1026-z>
- Gbegeh, B.D., & Akubuilu, C.J.C. (2013). Socioeconomic Determinants of Adoption of Yam Minister by Farmers in Rivers State, Nigeria. *Wudpecker Journal of Agricultural Research*, 2(1), 33–38.
- Guteta, D., & Abegaz, A. (2016). Factors Influencing Scaling Up of Agroforestry-Based Spatial Land-Use Integration for Soil Fertility Management in Arsamma Watershed, Southwestern Ethiopian Highlands. *Journal of Environmental Planning Management*, 59(10), 1795–1812. <https://doi.org/10.1080/09640568.2015.1090960>
- Hassan, R., & Nhemachena, C. (2008). Determinants of African Farmers' Strategies for Adapting to Climate Change: Multinomial Choice Analysis. *Africa Journal of Agriculture and Resource Economics*, 2(1), 83–104. <https://doi.org/10.22004/ag.econ.56969>
- Heinze, G., Wallisch, C., & Dunkler, D. (2018). Variable Selection – A Review and Recommendations for the Practicing Statistician. *Biometrical Journal*, 60(3), 431–449. <https://doi.org/10.1002/bimj.201700067>
- Henry, K., Ngugi, M., Quinney, M., & Jarvis, A. (2018). *CCAFS Rwanda Deep Dive Assessment of Climate-Smart Agriculture (CSA) in the USAID Feed the Future Portfolio in Rwanda*. CGIAR Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security (CCAFS). <https://hdl.handle.net/10568/81015>
- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2014). *Climate Change 2014: Impacts, Adaptation, and Vulnerability. Part A: Global and Sectoral Aspects. Contribution of Working Group II to the Fifth Assessment Report of the International Panel of Climate Change* [(C.B. Field, V.R. Barros, D.J. Dokken, K.J. Mach, M.D. Mastrandrea, T.E. Bilir, M. Chatterjee, K.L. Ebi, Y.O. Estrada, R.C. Genova, B. Girma, E.S. Kissel, A.N. Levy, S. MacCracken, P.R. Mastrandrea, & L.L. White (Eds.)]. Cambridge University Press. <https://www.ipcc.ch/report/ar5/wg2/>

- Intergovernmental Panel on Climate Change (IPCC). (2018). Annex I: Glossary [J.B.R. Matthews (Ed.)]. In: *Global Warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the Impacts of Global Warming of 1.5°C Above Pre-industrial Levels and Related Global Greenhouse Gas Emission Pathways, in the Context of Strengthening the Global Response to the Threat of Climate Change, Sustainable Development, and Efforts to Eradicate Poverty* [V. Masson-Delmotte, P. Zhai, H.-O. Pörtner, D. Roberts, J. Skea, P.R. Shukla, A. Pirani, W. Moufouma-Okia, C. Péan, R. Pidcock, S. Connors, J.B.R. Matthews, Y. Chen, X. Zhou, M.I. Gomis, E. Lonnoy, T. Maycock, M. Tignor, & T. Waterfield (Eds.)] (pp. 541–562). <https://doi.org/10.1017/9781009157940.008>
- Juana, S., Kahaka, Z., & Okurut, N. (2013). Farmers' Perceptions and Adaptations to Climate Change in Sub-Saharan Africa: A Synthesis of Empirical Studies and Implications for Public Policy in African Agriculture. *Journal of Agricultural Science*, 5(4), 121–135. <https://doi.org/10.5539/jas.v5n4p121>
- Kabirigi, M., Musana, B., Ngetich, F.K., Mugwe, J., Mukuralinda, A., & Nabahungu, N.L. (2015). Applicability of Conservation Agriculture for Climate Change Adaptation in Rwanda's Situation. *Journal of Soil Science and Environmental Management*, 6(9), 241–248. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.2563.2487>
- Kuhn, N.J., Hu, Y., Bloemertz, L., He, J., Li, H., & Greenwood, P. (2016). Conservation Tillage and Sustainable Intensification of Agriculture: Regional vs. Global Benefit Analysis. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 216, 155–165. <https://doi.org/10.1016/j.agee.2015.10.001>
- Lakens, D. (2022). Sample Size Justification. *Collabra: Psychology*, 8(1), 33267. <https://doi.org/10.1525/collabra.33267>
- Landy, J.F., Jia, M.L., Ding, I.L., Viganola, D., Tierney, W., Dreber, A., Johannesson, M., Pfeiffer, T., Ebersole, C.R., Gronau, Q.F., Ly, A., van den Bergh, D., Marsman, M., Derks, K., Wagenmakers, E.-J., Proctor, A., Bartels, D.M., Bauman, C.W., Brady, W.J., ... Uhlmann, E.L. (2020). Crowdsourcing Hypothesis Tests: Making Transparent How Design Choices Shape Research Results. *Psychological Bulletin*, 146(5), 451–479. <https://doi.org/10.1037/bul0000220>
- Leatherdale, S.T. (2019). Natural Experiment Methodology for Research: A Review of How Different Methods Can Support Real-World Research. *International Journal of Social Research Methodology*, 22(1), 19–35. <https://doi.org/10.1080/13645579.2018.1488449>
- Maguza-Tembo, F., Edriss, A.-K., & Mangisoni, J. (2017). Determinants of Climate Smart Agriculture Technology Adoption in the Drought Prone Districts of Malawi using a Multivariate Probit Analysis. *Asian Journal of Agricultural Extension, Economics & Sociology*, 16(3), 1–12. <https://doi.org/10.9734/AJAEES/2017/32489>
- Mango, N., Makate, C., Tamene, L., Mponela, P., & Ndengu, G. (2018). Adoption of Small-Scale Irrigation Farming as a Climate-Smart Agriculture Practice and Its Influence on Household Income in the Chinyanja Triangle, Southern Africa. *Land*, 7(2), 49. <https://doi.org/10.3390/land7020049>
- Mizik, T. (2021). Climate-Smart Agriculture on Small-Scale Farms: A Systematic Literature Review. *Agronomy*, 11(6), 1096. <https://doi.org/10.3390/agronomy11061096>
- Mutunga, E.J., Ndungu, C. K., & Muendo, P. (2018). Factors Influencing Smallholder Farmers' Adaptation to Climate Variability in Kitui County, Kenya. *International Journal of Environmental Sciences & Natural Resources*, 8(5), 155–161. <https://doi.org/10.19080/IJESNR.2018.08.555746>
- Mume, A.A., Feyissa, S., Chavula, P., & Aschalew, A. (2024). Impacts of Climate-Smart Soil and Water Conservation Practices and Slope Gradient on Selected Soil Chemical Properties in Eastern Ethiopia: A Case Study of the Kulkullessa Sub-Watershed, Goro Gutu District. *Nova Geodesia*, 4(3), 186. <https://doi.org/10.55779/ng43186>
- Mwungu, C.M., Mwongera, C., Shikuku, K.M., Acosta, M., & Läderach, P.R. (2018). Determinants of Adoption of Climate-Smart Agriculture Technologies at Farm Plot Level: An Assessment from Southern Tanzania. In: W.L. Filho (Ed.), *Handbook of Climate Change Resilience* (pp. 1–15). Springer.
- Negash, M. (2013). Corporate Governance and Ownership Structure: The Case of Ethiopia. *Ethiopian Electronic Journal for Research and Innovation Foresight*, 5(1). <http://dx.doi.org/10.2139/ssrn.2121504>
- Ntezimana, M.G. (2021). *Assessment of Smallholder Farmers' Adoption of Climate Smart Agricultural Practices: the Case of Bugesera District, Rwanda* [MSc dissertation]. Haramaya University.
- Nzeyimana, L., Danielsson, Å., Brodén-Gyberg, V., & Andersson, L. (2024). Constructing Ubudehe? Farmers' Perceptions of Drought Impacts and Resilience Capacities in Bugesera, Rwanda. *International Journal of Climate Change Strategies and Management*, 17(1), 89–108. <https://www.emerald.com/insight/1756-8692.htm>
- Ochieng, J., Kirimi, L., & Makau, J. (2017, November). Adapting to Climate Variability and Change in Rural Kenya: Farmer Perceptions, Strategies and Climate Trends. *Natural Resources Forum*, 41(4), 195–208. <https://doi.org/10.1111/1477-8947.12111>
- Sileshi, M., Kadigi, R., Mutabazi, K., & Sieber, S. (2019). Determinants for Adoption of Physical Soil and Water Conservation Measures by Smallholder Farmers in Ethiopia. *International Soil and Water Conservation Research*, 7(4), 354–361. <https://doi.org/10.1016/j.iswcr.2019.08.002>
- Stefanovic, J.O., Yang, H., Zhou, Y., Kamali, B., & Ogalleh, S.A. (2019). Adaption to Climate Change: A Case Study of Two Agricultural Systems from Kenya. *Climate and Development*, 11(4), 319–337. <https://doi.org/10.1080/17565529.2017.1411241>

- Taruvunga, A., Visser, M., & Zhou, L. (2016). Barriers and Opportunities to Climate Change Adaptation in Rural Africa: Evidence from the Eastern Cape Province of South Africa. *International Journal of Development and Sustainability*, 5(11), 518–535. <https://isdsnet.com/ijds-v5n11-1.pdf>
- Taylor, M. (2018). Climate-Smart Agriculture: What is it Good for? *The Journal of Peasant Studies*, 45(1), 89–107. <https://doi.org/10.1080/03066150.2017.1312355>
- Teklewold, H., Gebrehiwot, T., & Bezabih, M. (2019). Climate Smart Agricultural Practices and Gender Differentiated Nutrition Outcome: An Empirical Evidence from Ethiopia. *World Development*, 122, 38–53. <https://doi.org/10.1016/j.worlddev.2019.05.010>
- Taruvunga, A., Visser, M., & Zhou, L. (2016). Barriers and Opportunities to Climate Change Adaptation in Rural Africa: Evidence from the Eastern Cape Province of South Africa. *International Journal of Development and Sustainability*, 5(11), 518–535. <https://isdsnet.com/ijds-v5n11-1.pdf>
- Wamalwa, I.W., Mburu, B.K., & Mang'uriu, D.G. (2016). Agro Climate and Weather Information Dissemination and Its Influence on Adoption of Climate Smart Practices Among Small Scale Farmers of Kisii Country, Kenya. *Journal of Biology, Agriculture and Healthcare*, 6(10), 14–23. <https://www.iiste.org/Journals/index.php/JBAH/article/view/30580/31419>
- World Bank & CIAT. (2015). Climate-Smart Agriculture in Sri Lanka. CSA Country Profiles for Africa, Asia, and Latin America and the Caribbean Series. The World Bank Group. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24151.37283>
- Yamane, T. (1967). *Elementary Sampling Theory*. Prentice-Hall, Inc.

Submission date / Data nadesłania: 20.02.2024.

Final revision date / Data ostatniej recenzji: 19.07.2024.

Acceptance date / Data akceptacji: 4.10.2024.

© 2025 Ntezimana, M.G., Kenee, F.B., Bazimenyera, J.D., & Chavula, P. 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: Ntezimana, M.G., Kenee, F.B., Bazimenyera, J.D. i Chavula, P. (2025).

Niniejszy artykuł został opublikowany w otwartym dostępie na licencji

Creative Commons Attribution 4.0 International License (<https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>)

