



# Wizualizacja jako nowoczesne narzędzie wspierające analizy statystyczne w ochronie roślin

Visualization as a modern tool supporting statistical analyses in plant protection

Jan Bocianowski 

Katedra Metod Matematycznych i Statystyczny, Uniwersytet Przyrodniczy w Poznaniu

 [jan.bocianowski@up.poznan.pl](mailto:jan.bocianowski@up.poznan.pl)

W pracy omówiono znaczenie graficznej prezentacji wyników doświadczeń w ochronie roślin, ze szczególnym uwzględnieniem jej roli w analizie, interpretacji i komunikowaniu wyników badań naukowych. Wskazano, że doświadczenia z zakresu ochrony roślin generują złożone i wielowymiarowe dane dotyczące skuteczności metod chemicznych, biologicznych i integrowanych, których czytelne opracowanie ma kluczowe znaczenie dla praktyki rolniczej oraz komunikacji naukowej. Przedstawiono najczęściej stosowane metody wizualizacji danych, takie jak wykresy słupkowe, liniowe, punktowe, pudełkowe oraz mapy zagrożeń fitosanitarnych, podkreślając ich znaczenie w ocenie skuteczności zabiegów ochronnych, dynamiki procesów biologicznych oraz zależności pomiędzy czynnikami środowiskowymi i technologicznymi. Omówiono główne zalety graficznej prezentacji danych, do których należą ułatwienie interpretacji wyników, możliwość szybkiego porównywania obiektów doświadczalnych, wspomaganie analizy statystycznej oraz zwiększenie przejrzystości i atrakcyjności opracowań naukowych. Zwrócono również uwagę na rosnące znaczenie wizualizacji przestrzennej w kontekście rolnictwa precyzyjnego i monitoringu zagrożeń fitosanitarnych. Jednocześnie wskazano na ograniczenia i potencjalne zagrożenia związane z niewłaściwym stosowaniem metod graficznych, takie jak nadmierne upraszczanie danych, możliwość manipulacji skalą wykresów, ograniczona precyzja informacji liczbowych oraz trudności w prezentacji danych wieloczynnikowych. Podkreślono, że poprawnie przygotowana wizualizacja danych powinna stanowić uzupełnienie analizy statystycznej i opisowej, a nie jej zastępstwo. W konkluzji stwierdzono, że znaczenie graficznej prezentacji wyników w ochronie roślin będzie systematycznie wzrastać wraz z rozwojem nowoczesnych metod badawczych i rolnictwa precyzyjnego.

**Słowa kluczowe:** ochrona roślin, wizualizacja danych, prezentacja graficzna, mapy zagrożeń fitosanitarnych, rolnictwo precyzyjne, komunikacja naukowa

The paper discusses the importance of graphical presentation of experimental results in plant protection, with particular emphasis on its role in the analysis, interpretation, and communication of scientific findings. It was indicated that plant protection experiments generate complex and multidimensional data concerning the effectiveness of chemical, biological, and integrated protection methods, and that their clear presentation is essential for both agricultural practice and scientific communication. The study presents the most commonly used methods of data visualization, including bar charts, line graphs, scatter plots, box plots, and phytosanitary risk maps, highlighting their significance in evaluating the effectiveness of protection treatments, the dynamics of biological processes, and the relationships between environmental and technological factors. The main advantages of graphical data presentation were discussed, including facilitation of data interpretation, rapid comparison of experimental objects, support for statistical analysis, and improvement of the clarity and attractiveness of scientific publications. Attention was also paid to the growing importance of spatial visualization in the context of precision agriculture and phytosanitary threat monitoring. At the same time, the study points out the limitations and potential risks associated with the improper use of graphical methods, such as oversimplification of data, manipulation through scale selection, limited precision of numerical information, and difficulties in presenting multifactorial data. It was emphasized that properly prepared data visualization should complement, rather than replace, statistical and descriptive analysis. In conclusion, it was stated that the importance of graphical presentation of results in plant protection will continue to increase along with the development of modern research methods and precision agriculture.

**Keywords:** plant protection, data visualization, graphical presentation, phytosanitary risk maps, precision agriculture, scientific communication

## Wstęp

Ochrona roślin stanowi jeden z kluczowych elementów współczesnego rolnictwa, który warunkuje wielkość i jakość plonów, bezpieczeństwo żywności oraz ochronę środowiska naturalnego. Współczesna ochrona roślin opiera się na wynikach badań doświadczalnych, których celem jest ocena skuteczności metod chemicznych, biologicznych i integrowanych w zwalczaniu chorób, szkodników i chwastów

(Gazdecki i in. 2025). Wyniki takich doświadczeń, prowadzonych zarówno w warunkach polowych, jak i laboratoryjnych, mają kluczowe znaczenie dla podejmowania decyzji agrotechnicznych, rejestracji środków ochrony roślin oraz tworzenia zaleceń praktycznych dla rolników i doradców (Kowalska i in. 2024). Dane uzyskiwane w tego typu badaniach mają często złożony charakter, obejmują wiele czynników, terminów obserwacji oraz zmiennych środowiskowych. Z tego względu niezwykle istotny

staje się sposób ich opracowania i przedstawienia. Jednym z najważniejszych narzędzi służących temu celowi są metody graficzne.

Graficzna prezentacja wyników doświadczeń odgrywa w ochronie roślin szczególną rolę, ponieważ umożliwia czytelne, syntetyczne i jednocześnie rzetelne przekazanie informacji. Wykresy, diagramy i mapy stanowią narzędzie nie tylko ilustracyjne, lecz także analityczne, wspomagające interpretację danych i formułowanie wniosków. Graficzna prezentacja wyników doświadczeń w ochronie roślin uwidacznia związki pomiędzy badanymi czynnikami oraz ułatwia porównywanie obiektów doświadczalnych. Odpowiednio dobrane wykresy i schematy pozwalają także na szybkie wychwycenie trendów, różnic istotnych statystycznie oraz interakcji pomiędzy czynnikami środowiskowymi, biologicznymi i technologicznymi.

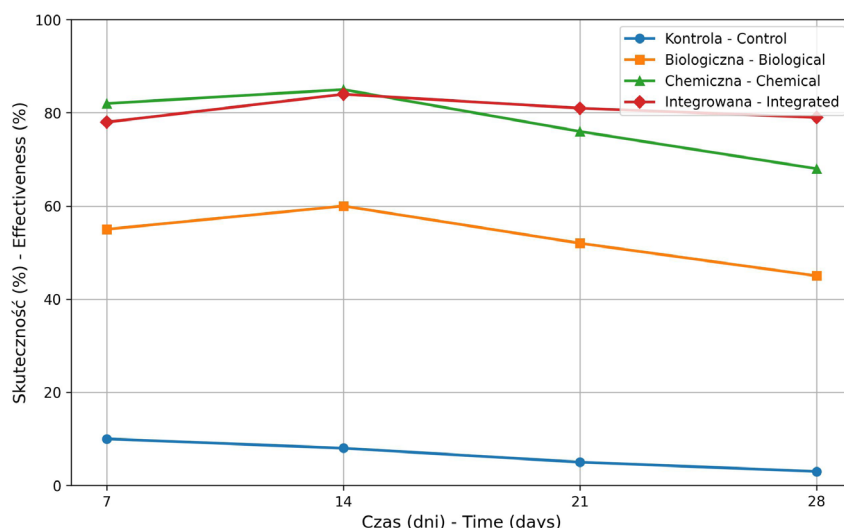
Celem niniejszej publikacji jest omówienie znaczenia metod graficznej prezentacji wyników doświadczeń stosowanych w ochronie roślin, ze szczególnym uwzględnieniem ich zalet, wad, ograniczeń oraz zasad poprawnego stosowania.

## Znaczenie graficznej prezentacji danych w ochronie roślin

Doświadczenia z zakresu ochrony roślin generują dane o zróżnicowanym charakterze: od ocen liczebności populacji agrofagów, przez stopień porażenia roślin, aż po plon i jego jakość (Danie-

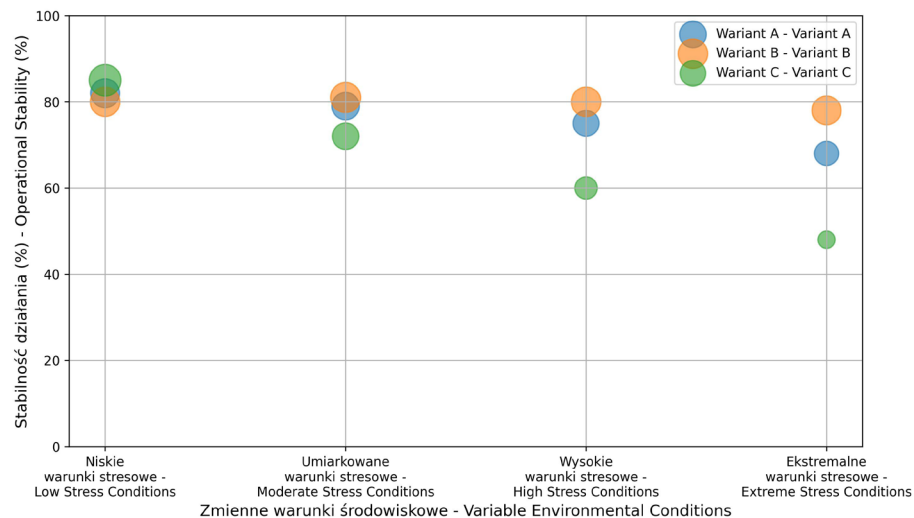
lewicz i in. 2023; Erlichowski 2025). Często są to dane wielowymiarowe, obejmujące różne terminy obserwacji, kombinacje zabiegów oraz warunki środowiskowe. Graficzna prezentacja takich wyników pełni funkcję nie tylko ilustracyjną, lecz także analityczną. Ułatwia identyfikację skutecznych wariantów ochrony, porównanie ich efektywności w czasie (Rys. 1) oraz ocenę stabilności działania w zmiennych warunkach (Rys. 2). Ponadto wykresy i schematy są uniwersalnym językiem komunikacji naukowej. Pozwalają na przekazywanie wyników zarówno w publikacjach naukowych, jak i w materiałach popularnonaukowych czy szkoleniowych. W ochronie roślin, gdzie istotna jest szybka i trafna interpretacja danych, metoda graficzna często okazuje się bardziej przystępna niż rozbudowane zestawienia tabelaryczne.

Niezależnie od wybranej metody graficznej, prezentacja wyników doświadczeń w ochronie roślin powinna spełniać określone kryteria. Do najważniejszych należą: jednoznaczne oznaczenie osi, czytelne legendy, odpowiedni dobór skali oraz zgodność z zasadami statystyki. Wykresy powinny być dostosowane do celu prezentacji i grupy odbiorców, a nadmiar elementów graficznych nie powinien utrudniać interpretacji danych. Istotne jest również zachowanie spójności pomiędzy metodą graficzną a opisem tekstowym wyników. Wykresy powinny uzupełniać, a nie powielać informacje zawarte w tabelach czy opisie słownym. Tylko wówczas stanowią one efektywne narzędzie komu-



Rys. 1. Przykład wykresu skuteczności różnych wariantów ochrony roślin w czasie (wykres stworzony na podstawie danych własnych). Legenda została celowo umieszczona w obszarze wykresu. Rozwiązanie takie stosuje się ze względu na uzyskanie jak największych obszarów wykresu i kreślenia. Legendę można zamiennie umieszczać pod wykresem, nad wykresem, po jego prawej lub lewej stronie. Jednakże każda z tych czterech opcji automatycznie zmniejsza obszar kreślenia.

Fig. 1. Example of a graph showing the effectiveness of various plant protection variants over time (graph created based on own data). The legend is intentionally placed within the chart area. This approach maximizes the chart and plot area. The legend can be placed below, above, to the right, or to the left of the chart. However, each of these four options automatically reduces the plot area.



**Rys. 2. Przykład wykresu oceny stabilności działania w zmiennych warunkach. Wielkością punktu można realizować dodatkowe informacje, np. wartość innej cechy.**

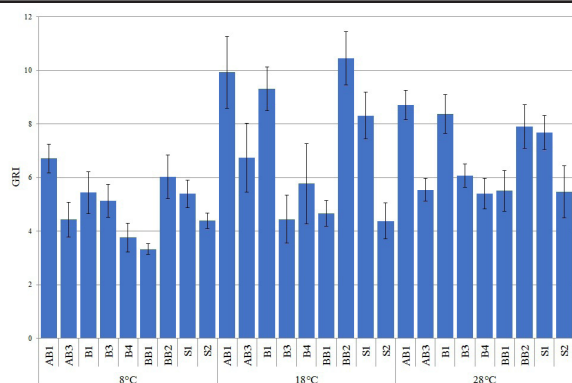
**Fig. 2. Example of a graph assessing the stability of operation under changing conditions. The size of the point can be used to provide additional information, e.g. the value of another trait.**

nikacji naukowej i praktycznej. Metody graficznej prezentacji wyników doświadczeń w ochronie roślin odgrywają kluczową rolę w analizie, interpretacji i komunikowaniu wyników badań. Wykresy słupkowe (Rys. 3), liniowe (Rys. 1), punktowe (Rys. 4), diagramy pudełkowe (Rys. 5), mapy oraz nowoczesne wizualizacje wielowymiarowe umożliwiają czytelne i rzetelne przedstawienie złożonych danych doświadczalnych. Odpowiedni dobór metody graficznej, zgodny z charakterem danych i celem badania, zwiększa wartość poznawczą wyników oraz ułatwia ich praktyczne wykorzystanie. W dobie rosnącej ilości danych i rozwoju precyzyjnego rolnictwa znaczenie poprawnej wizualizacji wyników w ochronie roślin będzie nadal systematycznie wzrastać.

Jednym z najważniejszych aspektów znaczenia graficznej prezentacji danych jest jej wpływ na proces analizy i interpretacji wyników. Doświadczenia z zakresu ochrony roślin generują często obszerne zestawy danych liczbowych, których prezentacja i analiza wyłącznie w formie tabelarycznej może być czasochłonna i nieintuicyjna. Wykresy umożliwiają natomiast szybkie uchwycenie związków, trendów oraz różnic pomiędzy obiektami doświadczalnymi. Dzięki wizualizacji badacz może łatwiej zidentyfikować skuteczne metody ochrony, ocenić stabilność ich działania w czasie oraz dostrzec wpływ czynników środowiskowych na uzyskane wyniki. Graficzne przedstawienie danych sprzyja również wykrywaniu anomalii, wartości odstających oraz potencjalnych błędów pomiarowych, co ma istotne znaczenie dla rzetelności analiz.

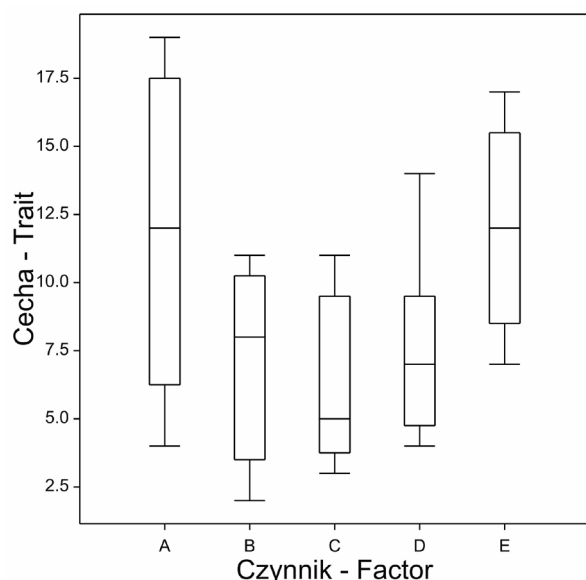
Znaczenie graficznej prezentacji wyników jest szczególnie widoczne w kontekście porównywania skuteczności różnych metod ochrony roślin. Wykresy słupkowe (Rys. 3), liniowe (Rys. 1) czy diagramy pudełkowe (Rys. 5) pozwalają na jednoczesne zestawienie wielu wariantów doświadczenia, takich jak różne środki ochrony, dawki preparatów czy terminy zabiegów. Metoda graficzna umożliwia szybkie określenie, które rozwiązania charakteryzują się najwyższą efektywnością oraz czy obserwowane różnice mają charakter trwały czy jedynie incydentalny. Ma to szczególne znaczenie w integrowanej ochronie roślin, gdzie decyzje powinny opierać się na obiektywnej ocenie skuteczności i stabilności stosowanych metod.

Graficzna prezentacja wyników doświadczeń ma ogromne znaczenie w komunikacji naukowej i praktycznej. W publikacjach naukowych wykresy i diagramy stanowią często kluczowy element części wynikowej, skupiając uwagę czytelnika na najważniejszych wynikach badań. Ułatwiają one porównywanie wyników pomiędzy różnymi badaniami oraz sprzyjają syntezie wiedzy. Równie istotna jest rola wizualizacji danych w przekazywaniu wyników badań do praktyki rolniczej. Czytelne wykresy skuteczności zabiegów (Rys. 2) czy mapy zagrożeń fitosanitarnych (Rys. 6) są bardziej zrozumiałe dla doradców i producentów rolnych niż rozbudowane zestawienia liczbowe. Dzięki temu graficzna prezentacja wyników wspiera proces podejmowania decyzji w gospodarstwach rolnych.



Rys. 3. Wartości wskaźnika szybkości kielkowania (GRI) dla biotypów *Apera spica-venti* kielkujących w różnych temperaturach (Jop i in., 2026)

Fig. 3. Values of germination rate index (GRI) for *Apera spica-venti* germinating in different temperature regimes (Jop et al., 2026)

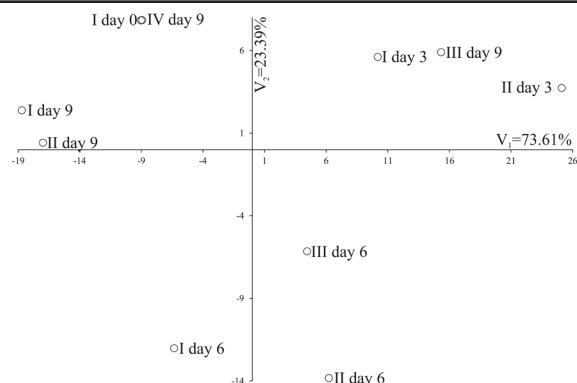


Rys. 5. Przykład wykresu pudełkowego przedstawiającego wartości cechy w zależności od pięciu poziomów czynnika różnicującego

Fig. 5. Example of a boxplot showing the values of a trait depending on five levels of the differentiating factor

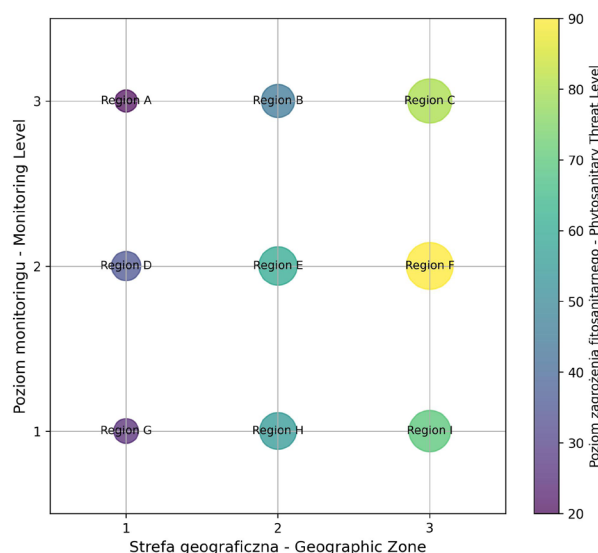
## Zalety graficznej prezentacji wyników doświadczeń w ochronie roślin

Jedną z najważniejszych zalet graficznej prezentacji wyników doświadczeń jest znaczne ułatwienie interpretacji danych i wyników analiz (Cleveland i McGill 1984). Badania z zakresu ochrony roślin często generują duże ilości informacji liczbowych, które w formie tabelarycznej mogą być trudne do szybkiego odczytania i porównania. Przykładem niech będzie Tabela 1 zawierająca wartości średnie i odchylenia standardowe wskaźnika szybkości kielkowania dla biotypów *Apera spica-venti* kielkujących w różnych temperaturach. Te same wartości



Rys. 4. Przykład wykresu punkowego: rozkład metod eksperymentalnych (typy protokołów badawczych I-IV) w przestrzeni dwóch pierwszych zmiennych kanonicznych ( $V_1$  i  $V_2$ ) (Piesik i in., 2026)

Fig. 4. Scatter plot example: Distribution of experimental treatments (Investigation Protocol Types I-IV) in the space of the first two canonical variables ( $V_1$  and  $V_2$ ) (Piesik et al., 2026)



Rys. 6. Przykładowa mapa zagrożeń fitosanitarnych

Fig. 6. Sample map of phytosanitary threats

zostały przedstawione na Rysunku 3, gdzie lepiej zauważyć można trendy, zmianę czy związki. Pomimo, że w Tabeli 1 przedstawione są szczegółowe wyniki liczbowe, to trudno w niej zauważyć trend. Wykresy umożliwiają natomiast natychmiastowe uchwycenie różnic pomiędzy obiektami doświadczalnymi, trendów czasowych oraz relacji pomiędzy badanymi czynnikami (Cleveland 1993, 1994). Dzięki prezentacji graficznej możliwe jest szybkie wskazanie najbardziej efektywnych metod ochrony, ocenienie skali redukcji porażenia roślin czy liczebności populacji szkodników oraz określenie stabilności działania środków ochrony w różnych warunkach środowiskowych. Wizualizacja danych i wyników analiz sprzyja również lepszemu zro-



zumieniu procesów biologicznych i ekologicznych zachodzących w agroekosystemach (Musiał 2025).

Prezentacja graficzna w znacznym stopniu ułatwia porównywanie obiektów doświadczalnych, takich jak różne środki ochrony roślin, dawki prepa-

Tabela 1

Table 1

**Wartości średnie i odchylenia standardowe wskaźnika szybkości kiełkowania (GRI) dla biotypów *Apera spica-venti* kiełkujących w różnych temperaturach (Rys. 3)**  
**Mean values and standard deviations of germination rate index (GRI) for *Apera spica-venti* germinating in different temperature regimes (Fig. 3)**

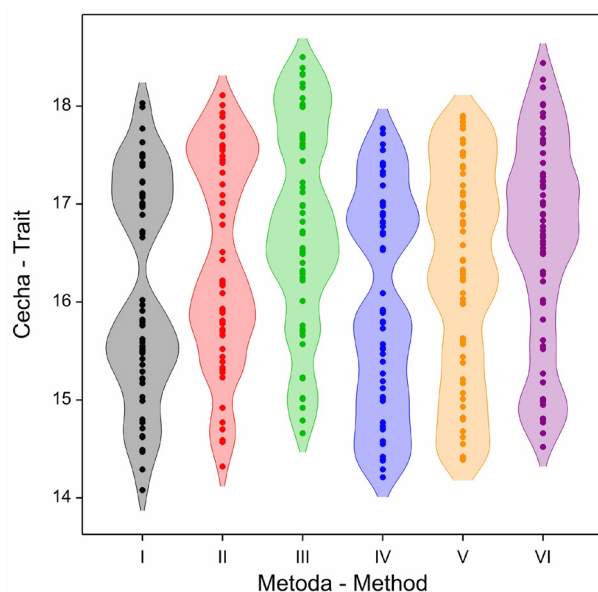
| Temperatura<br>Temperature | Biotyp<br>Biotype | Wartość średnia<br>Mean | Odchylenie<br>standardowe<br>Standard<br>deviation |
|----------------------------|-------------------|-------------------------|----------------------------------------------------|
| 8C                         | AB1               | 6,712                   | 0,5396                                             |
|                            | AB2               | 4,255                   | 0,4861                                             |
|                            | AB3               | 4,429                   | 0,6532                                             |
|                            | B1                | 5,434                   | 0,7804                                             |
|                            | B2                | 5,476                   | 0,3689                                             |
|                            | B3                | 5,129                   | 0,6126                                             |
|                            | B4                | 3,762                   | 0,5324                                             |
|                            | BB1               | 3,329                   | 0,2047                                             |
|                            | BB2               | 6,027                   | 0,8194                                             |
|                            | BB3               | 6,293                   | 0,7337                                             |
|                            | S1                | 5,396                   | 0,5142                                             |
|                            | S2                | 4,391                   | 0,2913                                             |
|                            | S3                | 5,174                   | 0,6672                                             |
| 18C                        | AB1               | 9,93                    | 1,3392                                             |
|                            | AB2               | 8,329                   | 1,355                                              |
|                            | AB3               | 6,74                    | 1,2891                                             |
|                            | B1                | 9,312                   | 0,8216                                             |
|                            | B2                | 9,126                   | 1,2904                                             |
|                            | B3                | 4,448                   | 0,8921                                             |
|                            | B4                | 5,77                    | 1,5034                                             |
|                            | BB1               | 4,663                   | 0,4889                                             |
|                            | BB2               | 10,445                  | 0,9941                                             |
|                            | BB3               | 8,57                    | 0,9658                                             |
|                            | S1                | 8,312                   | 0,8773                                             |
|                            | S2                | 4,378                   | 0,6663                                             |
|                            | S3                | 4,536                   | 0,7776                                             |
| 28C                        | AB1               | 8,698                   | 0,5481                                             |
|                            | AB2               | 6,182                   | 0,6191                                             |
|                            | AB3               | 5,538                   | 0,4213                                             |
|                            | B1                | 8,366                   | 0,7261                                             |
|                            | B2                | 5,894                   | 0,5149                                             |
|                            | B3                | 6,069                   | 0,4414                                             |
|                            | B4                | 5,404                   | 0,5682                                             |
|                            | BB1               | 5,506                   | 0,7605                                             |
|                            | BB2               | 7,907                   | 0,8176                                             |
|                            | BB3               | 5,795                   | 0,7006                                             |
|                            | S1                | 7,682                   | 0,6341                                             |
|                            | S2                | 5,458                   | 0,9736                                             |
|                            | S3                | 5,162                   | 0,8937                                             |

ratów, terminy zabiegów czy odmiany roślin. Różne typy wykresów pozwalają na jednoczesne zestawienie wielu wariantów doświadczenia, co sprzyja obiektywnej ocenie ich skuteczności (Tukey 1977, 1993, Tuftę 1997, Kozak 2010). W ochronie roślin, gdzie często analizuje się niewielkie, lecz istotne statystycznie różnice pomiędzy obiektami, metoda graficzna umożliwia ich wyraźne podkreślenie.

Wiele zjawisk analizowanych w ochronie roślin ma charakter dynamiczny i zmienia się w czasie. Dotyczy to między innymi rozwoju chorób roślin, gradacji szkodników czy skuteczności zabiegów ochronnych w kolejnych fazach wegetacji. Graficzna prezentacja wyników, zwłaszcza w postaci wykresów liniowych, pozwala na czytelne przedstawienie przebiegu tych procesów. Zaletą takiego podejścia jest możliwość oceny nie tylko końcowego efektu zastosowanej metody ochrony, lecz także jej tempa i trwałości działania. Dzięki temu możliwe jest lepsze dopasowanie strategii ochrony do biologii agrofagów oraz warunków środowiskowych, co ma istotne znaczenie w integrowanej ochronie roślin.

Graficzna prezentacja wyników pełni również istotną funkcję w analizie statystycznej danych doświadczalnych (Kozak 2010). Wykresy pozwalają na wstępną ocenę rozkładu danych (Rys. 7), zmienności danych oraz obecności wartości odstających. Dzięki temu możliwe jest lepsze dobranie metod statystycznych oraz bardziej świadome formułowanie wniosków. W ochronie roślin, gdzie często występuje duża zmienność wyników wynikająca z wpływu warunków pogodowych i siedliskowych, wizualizacja danych ułatwia ocenę stabilności efektów ochrony. Wykresy pudełkowe (Rys. 5) są wizualną reprezentacją statystyk podstawowych; prezentują – medianę, pierwszy kwartył, trzeci kwartył, rozstęp międzykwartyłowy, wartości minimalne i maksymalne w zakresie wąsów oraz obserwacje odstające (czasem pokazują też dane surowe). Natomiast wykresy korelacyjne (Rys. 8) pomagają w identyfikacji związków pomiędzy zmiennymi oraz w interpretacji interakcji pomiędzy czynnikami doświadczalnymi.

Jedną z kluczowych zalet graficznej prezentacji wyników jest jej rola w komunikowaniu wyników badań. Wykresy i schematy są bardziej przystępne niż tabele liczbowe, dzięki czemu ułatwiają przekazywanie informacji szerokiemu gronu odbiorców (Kończak 2024). W ochronie roślin dotyczy to nie tylko środowiska naukowego, lecz także doradców rolniczych, producentów rolnych oraz decydentów. Graficzna metoda prezentacji sprzyja również popularyzacji wiedzy oraz wdrażaniu wyników badań

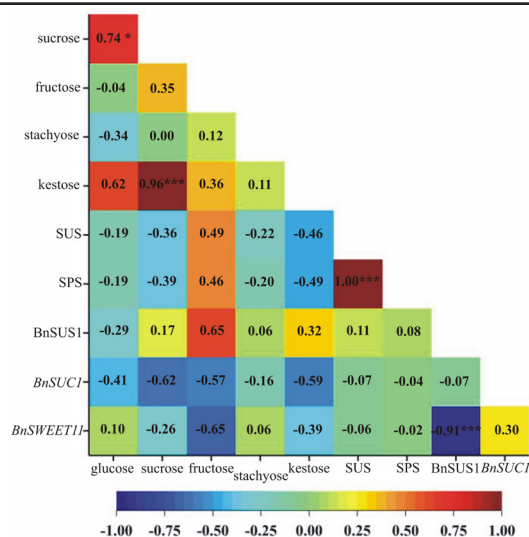


Rys. 7. Przykład wykresu gęstości wartości obserwowanej cechy determinowanych sześcioma metodami

Fig. 7. Example of a density graph of the observed trait values determined by six methods

do praktyki. Czytelne wykresy skuteczności zabiegów czy mapy zagrożeń fitosanitarnych mogą stanowić podstawę zaleceń ochrony roślin i wspierać podejmowanie decyzji w gospodarstwach rolnych.

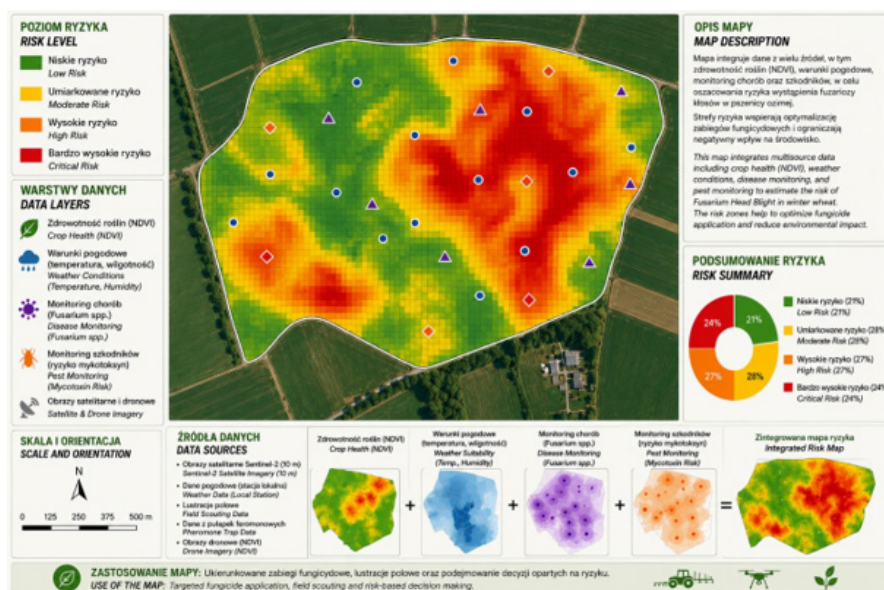
W ochronie roślin coraz większego znaczenia nabiera analiza przestrzenna danych, np. w formie map tematycznych (Mühl i De Oliveira 2022, Hulme P. 2024) umożliwiających zobrazowanie rozmieszczenia chorób, chwastów i szkodników oraz ocenę skuteczności zabiegów ochronnych w różnych częściach pola lub regionu (Rys. 9). Jest to szczególnie istotne w kontekście rolnictwa precyzyjnego i monitoringu zagrożeń fitosanitarnych. Zaletą wizualizacji przestrzennej jest możliwość szyb-



Rys. 8. Mapa cieplna przedstawiająca współczynniki korelacji pomiędzy wszystkimi parami obserwowanych parametrów (zawartość cukru – glukoza, fruktoza, sacharoza, stachioza, kestoza; aktywność enzymów SUS i SPS; akumulacja białka BnSUS1; ekspresja transporterów cukru *BnSUC1* i *BnSWEET11*) w odmianie Kuga; wartości krytyczne:  $r_{0.05} = 0.67$ ,  $r_{0.01} = 0.80$ ,  $r_{0.001} = 0.90$ ; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ , \*\*\*  $p < 0.001$  (Rys i in., 2026)

Fig. 8. Heatmap showing the correlation coefficients between all pairs of observed parameters (sugar content – glucose, fructose, sucrose, stachyose, kestose; SUS and SPS enzyme activity; accumulation of BnSUS1 protein; expression of sugar transporters *BnSUC1* and *BnSWEET11*) in Kuga cultivar; critical values:  $r_{0.05} = 0.67$ ,  $r_{0.01} = 0.80$ ,  $r_{0.001} = 0.90$ ; \*  $p < 0.05$ , \*\*  $p < 0.01$ ; \*\*\*  $p < 0.001$  (Rys et al., 2026)

kiego identyfikowania obszarów o podwyższonym ryzyku występowania agrofagów oraz racjonalizacji stosowania środków ochrony roślin. Przyczynia się to zarówno do zwiększenia efektywności ochrony, jak i do ograniczenia negatywnego wpływu na środowisko.



Rys. 9. Przykładowa mapa tematyczna wykorzystywana w ochronie roślin lub rolnictwie precyzyjnym

Fig. 9. An example of a thematic map used in plant protection or precision agriculture

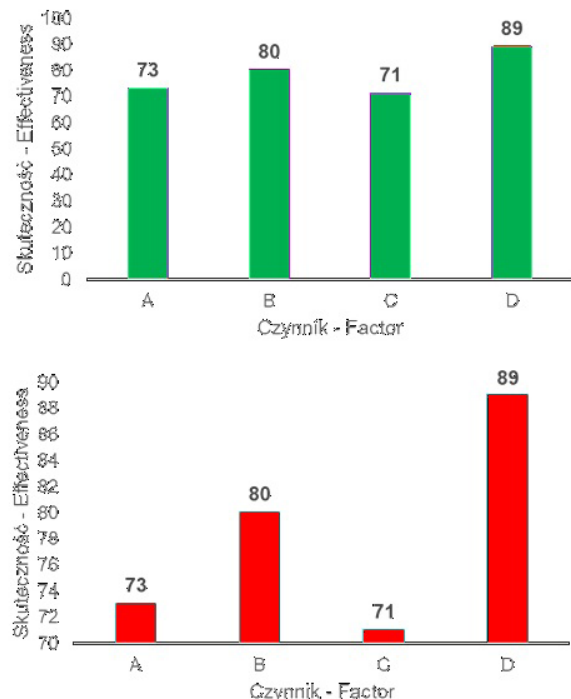
Graficzna prezentacja wyników znacząco podnosi przejrzystość i atrakcyjność opracowań naukowych z zakresu ochrony roślin. Odpowiednio zaprojektowane wykresy ułatwiają czytelnikowi zrozumienie kluczowych rezultatów badań oraz ich znaczenia praktycznego. W publikacjach naukowych wykresy często stanowią centralny element części wynikowej, skupiając uwagę odbiorcy na najważniejszych aspektach analiz. Atrakcyjna wizualnie metoda prezentacji sprzyja również lepszemu zapamiętywaniu informacji i zwiększa oddziaływanie przekazu naukowego. Ma to szczególne znaczenie w sytuacji, gdy wyniki badań mają być wykorzystane w praktyce rolniczej lub w procesie podejmowania decyzji na poziomie instytucjonalnym.

## Wady graficznej prezentacji wyników doświadczeń w ochronie roślin

Graficzna prezentacja wyników doświadczeń jest powszechnie uznawana za jedno z najskuteczniejszych narzędzi przekazywania informacji naukowej (Tukey 1977, Kozak 2010, Midway 2020, Jambor i in. 2021). W ochronie roślin wykresy, diagramy i mapy są szeroko stosowane do ilustrowania skuteczności zabiegów, dynamiki rozwoju chorób, liczebności populacji szkodników czy wpływu czynników środowiskowych na zdrowotność i plon roślin (Micek 2025). Pomimo licznych zalet, metoda graficzna ma swoje ograniczenia. Niewłaściwie dobrana lub niepoprawnie przygotowana prezentacja graficzna może prowadzić do błędnej interpretacji wyników, uproszczeń, a nawet do wprowadzania odbiorcy w błąd. W doświadczeniach z zakresu ochrony roślin, gdzie decyzje praktyczne często opierają się bezpośrednio na wynikach badań, ma to szczególne znaczenie.

Jedną z podstawowych wad jest skłonność do nadmiernego upraszczania danych (Rakuszek i in. 2026). Wykresy zazwyczaj przedstawiają wartości średnie, które nie zawsze oddają rzeczywistą zmienność wyników doświadczalnych. W ochronie roślin, gdzie reakcja roślin i agrofagów na zabiegi ochronne bywa silnie zróżnicowana w zależności od warunków środowiskowych, takie uproszczenie może prowadzić do mylnych wniosków. Pomijanie informacji o rozrzucie danych, liczbie powtórzeń czy zmienności sprawia, że odbiorca nie jest w stanie ocenić wiarygodności przedstawionych wyników. W efekcie wykres może sugerować jednoznaczną skuteczność danej metody ochrony, mimo że w rzeczywistości jej działanie było niestabilne lub zależne od specyficznych warunków doświadczenia.

Grafika stwarza również możliwość nieświadomej lub celowej manipulacji wynikami poprzez niewłaściwy dobór skali osi, proporcji wykresu lub rodzaju wizualizacji (Lin i in. 2026). Zmiana zakresu osi pionowej może znacząco wpłynąć na postrzeganie różnic pomiędzy obiektami doświadczalnymi, wyolbrzymiając je lub minimalizując (Rys. 10). W ochronie roślin, gdzie różnice pomiędzy skutecznością poszczególnych zabiegów bywają niewielkie, takie zabiegi graficzne mogą prowadzić do przecenienia efektów ochronnych. W skrajnych przypadkach wykresy mogą sprawiać wrażenie obecności istotnych różnic tam, gdzie analiza statystyczna nie wykazała istotności, co obniża rzetelność przekazu naukowego.



Rys. 10. Przykład prawidłowej (górny wykres) i nieprawidłowej (dolny wykres) prezentacji wartości obserwowanej cechy (skuteczności) dla czterech poziomów czynnika różnicującego

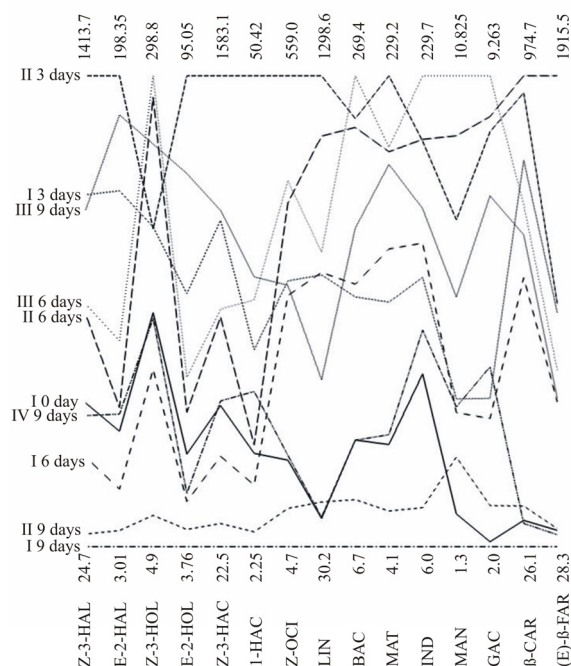
Fig. 10. Example of correct (upper graph) and incorrect (lower graph) presentation of the value of the observed trait (effectiveness) for four levels of the differentiating factor

W przeciwieństwie do tabel, metoda graficzna często nie pozwala na dokładny odczyt wartości liczbowych (Friedman i in. 2026). Odbiorca widzi relacje i tendencje, lecz nie zawsze ma możliwość precyzyjnego określenia wielkości efektu. W doświadczeniach z zakresu ochrony roślin, gdzie istotne znaczenie mają konkretne wartości progów szkodliwości, poziomy redukcji porażenia czy różnice plonu, brak precyzji może stanowić istotną wadę. Z tego względu wykresy, stosowane jako jedyna metoda prezentacji wyników, mogą być niewystar-



czające do szczegółowej analizy danych. Konieczne jest ich uzupełnianie tabelami lub opisem tekstowym, co zwiększa objętość opracowania i wymaga dodatkowego wysiłku interpretacyjnego.

Doświadczenia w ochronie roślin często mają charakter wieloczynnikowy i obejmują interakcje pomiędzy różnymi zmiennymi, takimi jak odmiana, termin zabiegu, dawka preparatu czy warunki pogodowe. Graficzna prezentacja takich danych bywa problematyczna, ponieważ zbyt duża liczba elementów na jednym wykresie prowadzi do spadku czytelności. Wykresy wielowymiarowe (Rys. 11, 12), choć teoretycznie umożliwiają jednoczesną analizę wielu czynników, są często trudne w interpretacji, zwłaszcza dla odbiorców nieposiadających zaawansowanej wiedzy statystycznej. W efekcie zamiast ułatwiać analizę, mogą one utrudniać zrozumienie wyników i prowadzić do ich powierzchownej oceny.



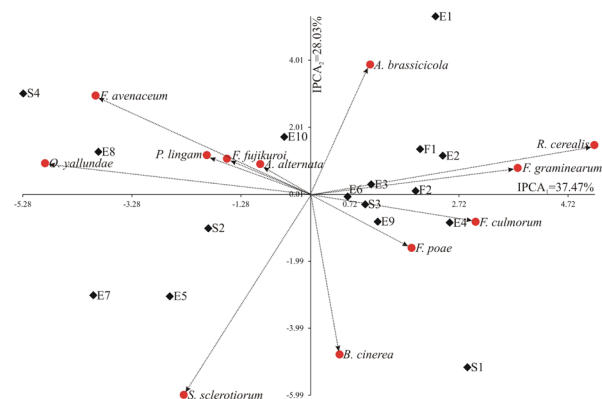
**Rys. 11. Wykresy współrzędnych równoległych dla relacji pomiędzy typami protokołów badawczych (I-IV) a 15 monitorowanymi związkami lotnymi (LZO), przy czym ich natężenia podano w  $\text{ng} \cdot \text{h}^{-1}$  (Piesik i in., 2026)**

**Fig. 11. Parallel coordinates plots for relationships between Investigation Protocol Types (I-IV) and the 15 VOCs monitored with their intensities being given in  $\text{ng} \cdot \text{h}^{-1}$  (Piesik et al., 2026)**

miar elementów graficznych mogą znacząco obniżyć wartość informacyjną wykresu. W ochronie roślin, gdzie często porównuje się wiele obiektów doświadczalnych, niewłaściwe przygotowanie wykresów może prowadzić do chaosu informacyjnego. Dodatkowo różnice w standardach graficznych pomiędzy publikacjami utrudniają porównywanie wyników z różnych badań. Literatura dotycząca

Metoda graficzna, mimo swojej atrakcyjności, niesie ze sobą ryzyko błędnej interpretacji wyników, szczególnie przez osoby o ograniczonym przygotowaniu metodologicznym. Odbiorcy mogą koncentrować się wyłącznie na wizualnych różnicach pomiędzy obiektami, ignorując informacje o istotności statystycznej, liczbie powtórzeń czy warunkach prowadzenia doświadczenia. W ochronie roślin, gdzie wyniki badań są często wykorzystywane w praktyce rolniczej, taka powierzchowna interpretacja może prowadzić do nieoptymalnych decyzji agrotechnicznych. Nadmierne zaufanie do wykresów, bez krytycznej analizy towarzyszących im danych, stanowi istotne zagrożenie dla właściwego wykorzystania wyników badań.

Kolejną wadą graficznej prezentacji wyników jest jej silna zależność od jakości wykonania oraz zastosowanych narzędzi. Nieczytelne etykiety osi, niewłaściwie dobrane kolory, brak legendy czy nad-



**Rys. 12. Biplot dla interakcji produkt-patogen średnicy grzybni w 16 produktach 12 patogenów, pokazujący wpływ składników pierwotnych i wtórnych (odpowiednio  $\text{IPCA}_1$  i  $\text{IPCA}_2$ ) dla stężenia 1% (Horoszkiewicz i in., 2026)**

**Fig. 12. Biplot for product by pathogen interaction of diameter of mycelium in 16 products in 12 pathogens, showing the effects of primary and secondary components ( $\text{IPCA}_1$  and  $\text{IPCA}_2$ , respectively) for concentration 1% (Horoszkiewicz et al., 2026)**

zasad projektowania wykresów i figur naukowych jest dość bogata. Rougier i in. (2014) przedstawili dziesięć praktycznych zasad, m.in. poznaj odbiorcę, unikaj zbędnych elementów, zachowuj spójność, stosuj odpowiednie kolory, projektuj figury już od początku pracy nad manuskryptem. Midway (2020) do najważniejszych zasad przy przygotowywaniu wykresów do artykułów biologicznych i medycz-



nych zalicza: określenie celu wykresu, przedstawienie danych w sposób jasny i uczciwy, unikanie zniekształceń, ograniczenie zbędnych ozdóbek, stosowanie odpowiednich kolorów, zachowanie prostoty oraz dbanie o czytelność osi, legend i etykiet. Kelleher i Wagener (2011) jako kluczowe zalecenia przy wyborze określonego typu wykresu zaproponowali: dobór typu wykresu do rodzaju danych, ograniczenie liczby kolorów, unikanie efektów 3D, maksymalizacja stosunku informacji do „szumu graficznego” oraz odpowiednie opisy osi i legend. Jambor (2024) opublikowała bardzo aktualny przewodnik, który obejmuje listę kontrolną do oceny wykresów przed wysłaniem manuskryptu. Obejmują one, m.in.: układ paneli, dobór kolorów, czytelność tekstu, wybór typu wykresu oraz dostępność dla osób z zaburzeniami widzenia barw. Wcześniej (Jambor i in. 2021) omówili tworzenie przejrzystych i informacyjnych wykresów do publikacji naukowych bazujących na obrazach.

Graficzna prezentacja wyników najlepiej sprawdza się w analizach ogólnych i porównawczych, natomiast jej przydatność w analizach szczegółowych jest ograniczona. W badaniach z zakresu ochrony roślin często zachodzi potrzeba dokładnego prześledzenia wyników poszczególnych powtórzeń, lat badań lub lokalizacji doświadczeń. W takich przypadkach wykresy mogą nie oddawać pełnej złożoności danych i prowadzić do nadmiernych uogólnień. Tabele oraz szczegółowe opisy statystyczne pozostają wówczas bardziej adekwatnym narzędziem prezentacji wyników.

## Podsumowanie

Graficzna prezentacja wyników doświadczeń w ochronie roślin odgrywa kluczową rolę w analizie, interpretacji i przekazywaniu wyników badań. Ułatwia zrozumienie złożonych danych, wspomaga porównywanie metod ochrony, ukazuje dynamikę procesów biologicznych oraz wspiera analizę statystyczną i wnioskowanie naukowe. Ponadto ma istotne znaczenie w komunikacji wyników badań zarówno w środowisku naukowym, jak i w praktyce rolniczej. Graficzna prezentacja wyników doświadczeń w ochronie roślin posiada liczne zalety, które

czynią ją nieodzownym elementem opracowań naukowych i praktycznych. Ułatwia interpretację złożonych danych, umożliwia porównywanie obiektów doświadczalnych, ukazuje dynamikę procesów biologicznych oraz wspomaga analizę statystyczną i wnioskowanie. Ponadto sprzyja skutecznej komunikacji wyników badań, prezentacji danych przestrzennych oraz zwiększa przejrzystość i atrakcyjność opracowań.

Graficzna prezentacja wyników doświadczeń w ochronie roślin, mimo licznych zalet, posiada także istotne wady i ograniczenia. Do najważniejszych należą ryzyko nadmiernego uproszczenia danych, możliwość manipulacji skalą i formą wykresów (świadome lub nieświadome ukierunkowanie sposobu odbierania wykresu przez czytelnika), ograniczona precyzja informacji liczbowych oraz trudności w prezentacji danych wielowymiarowych (Huff 2023). Dodatkowym problemem jest ryzyko błędnej interpretacji wyników przez odbiorców oraz istniejące związki jakości przekazu od poprawności wykonania wizualizacji. Świadomość tych ograniczeń jest niezbędna dla rzetelnego opracowywania i interpretowania wyników badań z zakresu ochrony roślin. W obliczu rosnącej złożoności badań oraz potrzeby zrównoważonego i efektywnego zarządzania ochroną roślin znaczenie graficznej prezentacji wyników będzie nadal wzrastać. Odpowiednie wykorzystanie metod graficznych stanowi bowiem klucz do efektywnego przekazywania wiedzy i jej praktycznego zastosowania. Graficzna prezentacja danych powinna być traktowana jako narzędzie uzupełniające, a nie zastępujące szczegółową analizę statystyczną i opisową. Tylko wówczas możliwe jest pełne i odpowiedzialne wykorzystanie wyników doświadczeń w nauce i praktyce rolniczej. Niniejszy artykuł stanowi pierwszą część szerszego cyklu metodologicznego poświęconego analizie i interpretacji danych w badaniach nad ochroną roślin. W kolejnych artykułach omówione zostaną różne typy wykresów oraz metody statystyczne powszechnie stosowane w eksperymentach rolniczych, w tym analiza wariancji, procedury wielokrotnych porównań, planowanie eksperymentów oraz analiza badań wielolokalizacyjnych i wieloletnich.

## Literatura

- Cleveland W.S. 1993. Visualizing data. Hobart Press, Summit, NJ, USA.
- Cleveland W.S. 1994. The elements of graphing data. 2nd ed., Hobart, 1994.

- Cleveland W.S., McGill R. 1984. Graphical perception: Theory, experimentation, and application to the development of graphical methods. *Journal of the American Statistical Association*, 79, 387, 531–554. <https://doi.org/10.1080/01621459.1984.10478080>

- Danielewicz J., Horoszkiewicz J., Jajor E., Korbas M., Bocianowski J., Nowaczyk K. 2023. Podatność odmian owsa (*Avena sativa* L.) na porażenie przez *Drechslera avenae* (helmintosporioza owsa) i jej wpływ na plon. *Progress in Plant Protection*, 63, 3, 173–180. <https://doi.org/10.14199/ppp-2023-019>
- Erlichowski T. 2025. Wpływ warunków sezonowych na dynamikę, liczebność populacji mszyc oraz presję infekcyjną wirusów na plantacjach ziemniaka w wybranych lokalizacjach w 2025 roku. *Ziemniak Polski*, 35, 4, p. 43
- Friedman A., Rahman M., Dinh L., Rosen P. 2026. Designing for Engagement: A Comparison of Canvas and a Visual Peer Review Dashboard. *ACM Transactions on Computing Education*, 26, 3, 54. <https://doi.org/10.1145/380096>
- Gazdecki M., Beba P., Goryńska-Goldmann E., Wiza-Augustyniak P. 2025. Postrzeganie i ocena biologicznych środków ochrony roślin przez rolników w Polsce. *Zagadnienia Doradztwa Rolniczego*, 120, 2, 95–115.
- Horoszkiewicz J., Bocianowski J., Danielewicz J., Jajor E., Korbas M., Mikos-Szymańska M., Podleśny M., Świerczyńska I. 2026. The Impact of Plant Extracts and Fermentation Products on the Growth of Mycelium of Selected Fungi Examined by the Additive Main Effects and a Multiplicative Interaction Model. *Agronomy*, 16, 9, 871. <https://doi.org/10.3390/agronomy16090871>
- Huff D. 2023. How to lie with statistics. Penguin UK.
- Hulme P. 2024. Thematic mapping of biosecurity highlights divergent conceptual foundations in human, animal, plant and ecosystem health. *NeoBiota*, 95, 221–239. <https://doi.org/10.3897/neobiota.95.130178>
- Jambor H., Antonietti A., Alicea B., Audisio T.L., Auer S., Bhardwaj V., Burgess S.J., Ferling I., Gazda M.A., Hoepfner L.H., Ilango V., Lo H., Olson M., Mohamed S.Y., Sarabipour S., Varma A., Walavalkar K., Wissink E.M., Weissgerber T.J. 2021. Creating clear and informative image-based figures for scientific publications. *PLoS Biology*, 19, 3, e3001161. <https://doi.org/10.1371/journal.pbio.3001161>
- Jambor H.K. 2025. A checklist for designing and improving the visualization of scientific data. *Nature Cell Biology*, 27, 879–883. <https://doi.org/10.1038/s41556-025-01684-z>
- Jop B., Marczevska-Kolasa K., Abdallah I., Bocianowski J., Synowiec A. 2026. Temperature effects on germination indices in herbicide-resistant and susceptible silky bentgrass (*Apera spica-venti*) populations. *Progress in Plant Protection*, 66, 1, 5–15. <https://doi.org/10.14199/ppp-2026-001>
- Kelleher C., Wagener T. 2011. Ten Guidelines for Effective Data Visualization in Scientific Publications. *Environmental Modelling & Software*, 26, 6, 822–827. <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2010.12.006>
- Kończak G. (2024). Wizualizacja wyników badań naukowych. Wydawnictwo Uniwersytetu Ekonomicznego w Katowicach. <https://doi.org/10.22367/uekat.9788378759010>
- Kowalska J., Krzywińska J., Łukaszyk J. 2024. Przegląd aktualnych narzędzi internetowych wspierających ochronę roślin oraz wybranych badań w rolnictwie ekologicznym w Polsce. *Progress in Plant Protection*, 64, 3, 117–126. <https://doi.org/10.14199/ppp-2024-011>
- Kozak M. 2010. Basic principles of graphing data. *Scientia Agricola*, 67, 4, 483–494. <https://doi.org/10.1590/S0103-90162010000400017>
- Lin M., Huang Q., Deng Z., Schreck T., Cai Y. 2026. DensityBars: A Space-Efficient Visualization for Event Temporal Distribution. *Proceedings of the 2026 CHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, 408, 1–17. <https://doi.org/10.1145/3772318.3791169>
- Micek J. 2025. Monitoring chorób i szkodników w uprawie roślin. Jak działa system Farm Smart? Agro Smart Lab. <https://agrosmartlab.pl/blog/monitoring-chorob-i-szkodnikow-w-uprawie-roslin-jak-dziala-system-farm-smart/>
- Midway S.R. 2020. Principles of Effective Data Visualization. *Patterns (N Y)*, 1, 9, 100141. <https://doi.org/10.1016/j.patter.2020.100141>
- Musiak K. 2025. Przemiany strukturalne w rolnictwie i ich potencjalne następstwa w sferze podtrzymania usług ekosystemowych. Przykład obszarów cennych przyrodniczo w województwie pomorskim. *Annals of the Polish Association of Agricultural & Agribusiness Economists*, 27, 4, 114–127. <https://doi.org/10.5604/01.3001.0055.4387>
- Mühl D.D., De Oliveira L. 2022. A bibliometric and thematic approach to agriculture 4.0. *Heliyon*, 8, 5, e09369. <https://doi.org/10.1016/j.heliyon.2022.e09369>
- Piesik D., Krasinska A., Twardowski J., Krawczyk K., Bocianowski J., Buszewski B., Wejnerowska G., Narloch I., Mayhew C.A. 2026. An investigation of the major volatile organic compounds released by maize plants following the application of methyl jasmonate and Z-jasmone. *Journal of Plant Physiology*, 320, 154763. <https://doi.org/10.1016/j.jplph.2026.154763>
- Rakuschek J., Hauser H., Schreck T. 2026. Guided spiral visualization for periodic time series and residual analysis. *Computers and Graphics*, 135, C. <https://doi.org/10.1016/j.cag.2026.104535>
- Rougier N.P., Droettboom M., Bourne P.E. 2014. Ten Simple Rules for Better Figures. *PLoS Computational Biology*, 10, 9, e1003833. <https://doi.org/10.1371/journal.pcbi.1003833>
- Rys M., Jurczyk B., Pocięcha E., Curci P.L., Bocianowski J., Szaleniec M., Waligórski P., Janeczko A. 2026. Climate change-related deacclimation disrupts sugar allocation and transport in winter oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Environmental and Experimental Botany*, 243, 106332. <https://doi.org/10.1016/j.envexpbot.2026.106332>
- Tufte E.R. 1997. Visual explanations: Images and quantities, evidence and narrative. Graphics Press.
- Tukey J.W. 1977. Exploratory data analysis (Vol. 2, pp. 131–160). Reading, MA: Addison-Wesley.
- Tukey J.W. 1993. Exploratory data analysis: past, present and future (No. ARO2699710MA).