

Przesłano: 05-11-2022

Zaakceptowano do druku: 22-12-2022



OCENA RYNKOWA STOSOWANIA DOLISTNEGO PRODUKTÓW Z KRZEMEM¹

Arkadiusz Artyszak², Rafał Popielec³

Abstrakt: W 2021 r. przeprowadzono dwa anonimowe badania ankietowe w aplikacji Forms, wśród kadry zarządzającej producentów i dystrybutorów produktów z krzemem przeznaczonych do aplikacji dolistnej oraz wśród rolników stosujących takie produkty. W pierwszym wzięło udział 9 firm, w drugim 145 producentów. Wartość rynku produktów w 2021 r. oszacowano na kwotę od 2 mln do 1 mld zł, a w perspektywie do 2030 r. na kwotę od 2,5 mln zł do 1,2 mld zł. Jako najważniejsze szanse dla rozwoju rynku wskazano ograniczenie dostępności środków ochrony roślin i promocję rolnictwa ekologicznego w UE, zmianę klimatu a także korzystny wpływ zabiegu na wielkość i jakość plonu. Natomiast jako zagrożenia wskazano uwarunkowania prawne, brak wiedzy wśród rolników oraz niską jakość niektórych produktów. Zdaniem producentów, w rozwoju rynku może pomóc rozszerzenie badań naukowych i upowszechnianie ich wyników, edukacja rolników oraz zmiany w prawie. Rolnicy stosowali dolistnie produkty z krzemem głównie w uprawie buraka cukrowego (41% odpowiadających) i kukurydzy (38%). Głównym powodem ich aplikacji była poprawa kondycji roślin (72%) i ich odporności na suszę (69%).

Słowa kluczowe: krzem, rynek nawozów, susza, Zielony Ład

JEL: Q10

MARKET EVALUATION OF THE FOLIAR APPLICATION OF PRODUCTS WITH SILICON

Arkadiusz Artyszak², Rafał Popielec³

Abstract: In 2021, two anonymous surveys were conducted in the Forms application, among the management staff of producers and distributors of silicon products intended for foliar application and among farmers using such products. Nine companies took part

¹ PODZIĘKOWANIA

Autorzy dziękują wszystkim uczestnikom badań za udzielenie odpowiedzi, a także za udostępnienie ankiety na swoich stronach internetowych.

² Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (Warsaw University of Life Sciences) | wkład pracy: 80% | ORCID 0000-0002-0272-1536 | e-mail: arkadiusz_artyszak@sggw.edu.pl

³ Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie (Warsaw University of Life Sciences) | wkład pracy: 20% | ORCID 0000-0003-1858-5257 | e-mail: rafal-popielec@wp.pl

in the first one, and 145 producers in the second one. The value of the product market in 2021 was estimated at PLN 2 million to PLN 1 billion, and in the perspective until 2030 at PLN 2.5 million to PLN 1.2 billion. The most important opportunities for market development were the limitation of the availability of plant protection products and the promotion of organic farming in the EU, climate change as well as the beneficial effect of the treatment on the size and quality of the crop. On the other hand, as threats are legal conditions, lack of knowledge among farmers and low quality of some products. According to the producers, the development of the market may be helped by the expansion of scientific research and the dissemination of its results, education of farmers and changes in the law. Farmers used foliar products with silicon mainly in the cultivation of sugar beet (41% of respondents) and maize (38%). The main reason for the application was to improve the condition of plants (72%) and their resistance to drought (69%).

Keywords: silicon, fertilizer market, drought, The Green Deal

JEL Classification: Q10

1. Wstęp

Krzem (Si) jest składnikiem korzystnym, który obecnie nie jest zaliczany ani do makro-, ani do mikroelementów. Ze względu na wszechstronne działanie poświęca mu się coraz więcej uwagi w badaniach naukowych (Tripathi i in., 2020). W ostatnich trzech latach stwierdzono korzystny wpływ aplikacji dolistnej składnika na wielkość plonów m.in. w uprawie buraka cukrowego (Artyszak, 2021; Artyszak i Gozdowski, 2021; Artyszak i in., 2021; Artyszak, 2022), roślin bobowatych (Niewiadomska i in., 2020; Sulewska i in., 2020), mieszanek traw z roślinami bobowatymi (Borawska-Jarmułowicz i in., 2022), jęczmienia (Alayat i in., 2022), pszenicy (Kowalska i in., 2020 a i b; Zajączkowska i in., 2020), rzepaku (Shirani Rad i in., 2022), soi (Elmahdy i in., 2022) oraz ziemniaka (Trawczyński, 2020; 2021; 2022; Wadas 2021; 2022).

Ważny jest szybki transfer wyników badań naukowych do gospodarki (Wawrzynowicz, 2020). W praktyce rolniczej w naszym kraju obserwuje się upowszechnianie aplikacji dolistnej krzemu w różnych uprawach rolniczych. Skala tego zjawiska nie jest jednak zbadana.

Celem badań była próba oceny wielkości rynku produktów dolistnych zawierających krzem oraz perspektyw jego rozwoju, a także oszacowanie stanu obecnego ich stosowania.

2. Materiał i metody

W czerwcu i w lipcu 2021 r. przeprowadzono dwa anonimowe badania ankietowe w aplikacji Forms (Microsoft Corporation). Jedną ankietę przeprowadzono wśród kadry zarządzającej producentów i dystrybutorów produktów zawierających krzem. Dołożono starań, aby trafiła ona do wszystkich przedsiębiorców oferujących takie produkty. Ankieta zawierała 5 pytań otwartych dotyczących rynku takich produktów. Druga ankietę zawierała 13 pytań zamkniętych i była adresowana do rolników. W przypadku części pytań możliwe było udzielenie więcej niż jednej odpowiedzi. Starano się, aby była ona dostępna dla jak najszerszej grupy producentów rolnych. Dlatego została udostępniona na stronach internetowych przez:

1. Krajowy Związek Plantatorów Buraka Cukrowego,
2. Krajowe Zrzeszenie Producentów Rzepaku i Roślin Oleistych,
3. Krajową Radę Izb Rolniczych,
4. Kujawsko-pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego,
5. Lubelską Izbę Rolniczą,
6. Lubelski Ośrodek Doradztwa Rolniczego,
7. Opolski Ośrodek Doradztwa Rolniczego,
8. Podkarpacki Ośrodek Doradztwa Rolniczego,
9. Pomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego,
10. Zachodniopomorski Ośrodek Doradztwa Rolniczego,
11. Multiportal rolny agropolska.pl,
12. w mediach społecznościowych (Polski Związek Producentów Zbóż, Wydział Rolnictwa i Biologii SGGW, Koło Naukowe Rolników na SGGW).

Ankietę dla producentów wypełniło 9 firm, a dla rolników – 145 osób. Część wyników przedstawiono w formie tekstowej, a część w tabelach.

3. Wyniki

Wartość rynku nawozów dolistnych i stymulatorów wzrostu zawierających krzem w 2021 r. szacowana była przez ich producentów w bardzo szerokich granicach od 2 mln zł (1 odpowiedź), przez 3 mln zł (1), 40 mln (1), 50-70 mln zł (1) do 1 mld zł (1). Wartość rynku w perspektywie do 2030 r. został oceniona na 2,5 mln zł (1), 10 mln zł (1), 30 mln zł (1), 50 mln zł (1), 150-210 mln zł (1) i 1,2 mld zł (1). Uzyskano także informację, że wartość rynku ulegnie podwojeniu (1). Pozostali uczestnicy badania nie byli w stanie udzielić odpowiedzi na te pytania.

Jako trzy najważniejsze szanse dla rozwoju rynku produktów dolistnych z krzemem producenci wskazywali na ograniczenie dostępności środków ochro-

ny roślin i promocję rolnictwa ekologicznego w UE, zmianę klimatu i coraz większe straty powodowane przez suszę, a także korzystny wpływ zabiegu na wielkość i jakość plonu (tabela 1).

Tabela 1

Główne szanse dla rozwoju rynku produktów dolistnych z krzemem w Polsce

Lp.	Wyszczególnienie
1.	Ograniczenie dostępności środków ochrony roślin i promocja rolnictwa ekologicznego w UE.
2.	Zmiana klimatu i coraz większe straty powodowane przez suszę.
3.	Korzystny wpływ zabiegu na wielkość i jakość plonu.
4.	Opłacalność zabiegu.
5.	Rosnąca świadomość rolników na temat stosowania krzemu i uzyskiwanych korzyści.
6.	Coraz większa paleta produktów dolistnych zawierających krzem.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badania ankietowego.

Jako główne zagrożenia producenci postrzegali uwarunkowania prawne, brak powszechnej wiedzy na temat aplikacji krzemu wśród rolników oraz niską jakość niektórych produktów zawierających ten pierwiastek, a obecnych na rynku (tabela 2).

Tabela 2

Główne zagrożenia dla rozwoju rynku produktów dolistnych z krzemem w Polsce

Lp.	Wyszczególnienie
1.	Regulacje prawne (krzem nie jest uznawany ani za makro-, ani za mikroelement).
2.	Brak powszechnej wiedzy wśród rolników na temat krzemu.
3.	Oferta produktów o niskiej skuteczności, które zniechęcają producentów do ich stosowania.
4.	Działania marketingowe nieodzwierciedlające rzeczywiste korzyści ze stosowania produktów zawierających krzem.
5.	Dodatkowe koszty aplikacji (opłacalność).
6.	Brak wsparcia praktyki ze strony nauki.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badania ankietowego.

Zdaniem producentów, w rozwoju rynku produktów dolistnych w naszym kraju może pomóc przede wszystkim: rozszerzenie badań naukowych z krzemem i upowszechnianie ich wyników, edukacja rolników oraz zmiany w prawie porządkujące rynek produktów z krzemem (tabela 3).

Tabela 3

Działania, które mogą pomóc w rozwoju rynku produktów dolistnych z krzemem w Polsce

Lp.	Wyszczególnienie
1.	Rozszerzenie badań naukowych z krzemem.
2.	Upowszechnianie wiedzy na temat krzemu wśród rolników.
3.	Zmiany w prawie porządkujące rynek produktów z krzemem.
4.	Opracowanie szczegółowego programu stosowania krzemu dla poszczególnych gatunków uprawnych.
5.	Promocja krzemu jako ważnego czynnika odporności roślin, a zarazem elementu "zielonych technologii" wpisujących się w Zielony Ład.
6.	Promocja upraw ekologicznych.

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badania ankietowego.

Drugą ankietę wypełniło 145 rolników z 10 województw. Najwięcej odpowiedzi pochodziło z woj. lubelskiego (31,0%) i mazowieckiego (24,1%). Z woj. pomorskiego było ich 10,3%, po 6,9% z łódzkiego, wielkopolskiego i zachodniopomorskiego, a po 3,5% z kujawsko-pomorskiego, opolskiego, podkarpackiego i śląskiego.

W sezonie wegetacyjnym 2020/2021, 37,9% rolników biorących udział w badaniach, stosowało produkty z krzemem dolistnie po raz pierwszy. Dla 6,9% był to drugi sezon, dla 20,7% trzeci, dla 20,7% czwarty. Przez pięć i więcej sezonów zabieg ten wykonywało 10,3% rolników.

Respondenci stosowali dolistnie produkty z krzemem głównie w uprawie buraka cukrowego (41,4%) i kukurydzy (37,9%) (tabela 4). Ponad połowa pytanых wskazała, że wykonywała ten zabieg w innych gatunkach niż wskazanych w ankiecie.

Tabela 4

Gatunki roślin rolniczych, w których stosowane są dolistnie produkty z krzemem

Gatunek	% wskazań
Burak cukrowy	41,4
Jęczmień	20,7
Kukurydza	37,9
Bobowate grubonasienne	20,7
Pszenica	24,1
Rzepak	31,0
Ziemniak	20,7
Inne	51,7

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badania ankietowego.

W sezonie 2020/2021 produkty aplikowano dolistnie najczęściej na powierzchni do 5 ha – 27,6%, 6-10 ha – 13,8% i 11-15 ha – 10,3% (tabela 5).

Tabela 5

Areał, w którym stosowane są dolistnie produkty z krzemem

Powierzchnia, ha	% wskazań
Do 5	27,6
6-10	13,8
11-15	10,3
16-20	3,5
26-30	3,5
31-35	6,9
46-50	3,5
56-60	2,0
71-75	3,5
76-80	3,5
96-100	3,5
126-130	3,5
146-150	3,5

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badania ankietowego.

Głównym powodem przeprowadzania zabiegu była poprawa kondycji roślin (72,4%) i ich odporności na suszę (69,0%). Rzadziej podawano zwiększenie odporności na choroby (44,8%), zwiększenie plonu i inne powody (po 27,6%).

Informację o możliwościach stosowania dolistnego produktów z krzemem rolnicy pozyskiwali najczęściej z czasopism dla rolników (44,8%), rzadziej z internetu (20,7%). Dla 10,3% rolników źródłem informacji był dystrybutor, a dla 6,9% inny rolnik. Inne źródło podało 17,2% odpowiadających na pytania.

Za główne zalety zabiegu uczestnicy badań ankietowych uznali możliwość stosowania w bardzo szerokim terminie czasowym (75,9%) oraz z innymi składnikami cieczy roboczej (41,4%), a za wady zbyt ogólne zalecenia stosowania (55,2%) (tabela 6).

Tabela 6

Zalety i wady dolistnego stosowania produktów z krzemem

Wyszczególnienie	% wskazań
Zalety	
Możliwość stosowania w bardzo szerokim terminie czasowym	75,9
Możliwość stosowania łącznie z innymi składnikami cieczy roboczej	41,4
Niskie koszty	37,9
Łatwość rozpuszczania w wodzie	10,3
Wady	
Zbyt ogólne zalecenia stosowania	55,2
Konieczność stosowania samodzielnie w zabiegu	24,1
Kłopoty z rozpuszczaniem w wodzie	20,7
Brak informacji na opakowaniu o formie krzemu	10,3
Brak informacji na opakowaniu o zawartości krzemu przyswajalnego	6,9
Inne	17,2

Źródło: Opracowanie własne na podstawie wyników badania ankietowego.

Koszt zakupu produktów zawierających krzem nie przekraczał najczęściej 50 zł na 1 ha – 51,7%. Dla 20,7% rolników było to 51-100 zł, a dla 6,9% – 151-200 zł.

Aż 72,4% rolników zadeklarowało, że zamierza w sezonie 2021/2022 stosować dolistnie produkty zawierające krzem, 13,8% zaprzeczyło, a 13,8% nie podjęło jeszcze decyzji.

Zdaniem 55,2% rolników zabieg powinien być wpisany do integrowanej ochrony roślin. Przeciwnego zdania było 17,2% pytanych, a 27,6% nie miało zdania w tej sprawie. W opinii 58,6% rolników stosowanie dolistne produktów zawierających krzem powinno być promowane w związku ze wdrażaniem Europejskiego Zielonego Ładu, 20,7% było przeciw i 20,7% nie miało zdania w tej sprawie.

W uwagach ankietowani zwracali uwagę na małą promocję tego zabiegu przez niektóre Ośrodki Doradztwa Rolniczego (ODR).

4. Dyskusja

Za jedną z głównych szans dla rozwoju rynku produktów dolistnych z krzemem w Polsce uważa się zmianę klimatu i coraz częstsze susze. Według raportu Organizacji Narodów Zjednoczonych (ONZ) od 2000 r. ilość i długość trwania okresów suszy na ziemi wzrosły o 29%. Jednocześnie ONZ prognozuje, że do 2050 r. efekty susz będą odczuwalne przez 75% światowej populacji (Pek i in., 2022). Z badań CBOS (2021) wynika, iż dla Polaków większym problemem są okresy

suszy niż powodzie i podtopienia. Okresów suszy w swoim miejscu zamieszkania lub okolicy doświadczyła większość badanych, a co piąty obserwuje je regularnie co roku lub niemal każdego roku. Ponadto większość żyjących na obszarach, które dotyczą susze, jest przekonana, że w ostatnich latach zdarzają się one częściej niż kiedyś. Obniżka plonów zbóż na skutek niedoboru opadów może dochodzić do 27%, ziemniaka 45%, buraka cukrowego 43%, a bobowatych grubonasiennych 42% (Chmura i in., 2009).

Krzem uznawany jest obecnie za pierwiastek korzystny. Produkty zawierające krzem, a przeznaczone do stosowania dolistnego, są rejestrowane i wprowadzane na rynek jako nawozy lub stymulatory wzrostu (Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1009 wcześniej rozporządzenie (WE) nr 2003/2003). W przypadku rejestracji jako nawóz dolistny muszą zawierać jeden z makro- lub jeden z mikroelementów np. produkty Agriker Silicium, Barrier Si-Ca, SmartSil SC, YaraVita Actisil. W przypadku rejestracji produktu jako stymulator wzrostu, producent nie ma obowiązku podawania, że zawiera co najmniej jeden makro- lub mikroelement np. produkt Optysil. Powoduje to duże zamieszanie na rynku.

Aplikacja dolistna krzemu w naszym kraju jest stosunkowo nowym zabiegiem w praktyce rolniczej. Pierwsze wyniki badań ze stosowaniem dolistnym kalcytu morskiego zawierającego krzem w uprawie buraka cukrowego pochodzą z lat 2010-2012 (Artyszak i in., 2014). Najwięcej informacji na temat możliwości stosowania dolistnego pierwiastka w uprawach rolniczych opublikowanych w czasopiśmie rolniczych i na portalach branżowych dotyczyła właśnie buraka cukrowego i jest to powodem wykonywania tego zabiegu właśnie w produkcji tego gatunku.

Stosowanie dolistne produktów zawierających krzem korzystnie wpływa na wielkość i jakość plonu gatunków rolniczych. W uprawie buraka cukrowego zwiększa plon korzeni a przez to plon biologiczny cukru i plon technologiczny cukru (Artyszak i in., 2014; 2015; 2016; Artyszak, 2017; 2021; Artyszak i Gozdowski, 2021; Artyszak i in., 2021). W przypadku produkcji ziemniaka zabieg ten zwiększa w plonie udział bulw największych i zwiększa plon bulw (Trawczyński, 2013; 2018; 2020; 2021; 2022). Przyrost plonu bulw obserwowano również w produkcji odmian wczesnych ziemniaka (Wadas 2021; 2022). W uprawie łubinu białego nastąpił wzrost plonu nasion (Niewiadomska i in., 2020). Podobnie było w przypadku grochu siewnego (Sulewska i in., 2020). W produkcji gryki stwierdzono wzrost plonu orzeszków, ich liczby z rośliny i masy 1000 orzeszków (Tobiasz-Salach i in., 2018). Zaobserwowano także korzystny wpływ aplikacji dolistnej produktów z krzemem na zmniejszenie porażenia roślin przez choroby grzybowe, uszkodzenia przez szkodniki oraz wzrost plonu kukurydzy na ziarno, rzepaku ozimego i pszenicy ozimej (Zamojska i in., 2018).

5. Wnioski

1. Rynek produktów z krzemem przeznaczonych do aplikacji dolistnej w Polsce wykazuje duży potencjał wzrostowy. Wymaga jednak uporządkowania.
2. Produkty zawierające krzem stosowane są dolistnie głównie w uprawie buraka cukrowego i kukurydzy. Głównym powodem aplikacji jest poprawa kondycji roślin oraz odporności na niedobór wody.
3. Za główną zaletę zabiegu uważa się możliwość stosowania w bardzo szerokim terminie czasowym, a za wadę zbyt ogólne zalecenia stosowania.
4. Producenci rolni oczekują, że aplikacja dolistna krzemu stanie się elementem integrowanej ochrony roślin oraz powinna być promowana przez Zielony Ład.

LITERATURA

1. Alayat, A., Boumedris, Z., Benosmane, S., Atailia, A., Moumeni, O., Hacini, N. (2022). Role of silicon foliar application in promoting salt stress tolerance and enhanced antioxidant capacity of *Hordeum vulgare* L. (cv. saida). *Ukrainian Journal of Ecology*, 12, 28-35.
2. Artyszak, A. (2017). *Możliwości wykorzystania krzemu do dokarmiania dolistnego buraka cukrowego*. 128. Wydawnictwo: Wieś Jutra Warszawa.
3. Artyszak, A. (2021). Wpływ aplikacji dolistnej nawozu zawierającego krzem i wapń na plonowanie oraz jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. *Progress in Plant Protection*, 61 (3), 195-200. DOI: 10.14199/ppp-2021-021.
4. Artyszak, A. (2022). *Silicon foliar application in sugar beet production*. p. 315–325. In: „Sugar Beet Cultivation, Management and Processing” (V. Misra, S. Srivastava, A.K. Mall (eds). Springer, Singapore, 1005 p., DOI: 10.1007/978-981-19-2730-0_16.
5. Artyszak, A., Gozdowski, D. (2021). Influence of various forms of foliar application on root yield and technological quality of sugar beet. *Agriculture*, 11, 693. DOI:10.3390/agriculture11080693.
6. Artyszak, A., Gozdowski, D., Kucińska, K. (2014). The effect of foliar fertilization with marine calcite in sugar beet. *Plant, Soil and Environment*, 60 (9), 413-417.
7. Artyszak, A., Gozdowski, D., Kucińska, K. (2015). Foliar nutrition effectiveness for sugar beet cultivated as following crop after winter rape. *Sugar Industry*, 140 (9), 567-572.
8. Artyszak, A., Gozdowski, D., Kucińska, K. (2016). The effect of calcium and silicon foliar fertilization in sugar beet. *Sugar Tech.*, 18 (1), 109-114.
9. Artyszak, A., Gozdowski, D., Siuda, A. (2021). Effect of the application date of fertilizer containing silicon and potassium on the yield and technological quality of sugar beet roots. *Plants*, 10, 370. DOI: 10.3390/plants10020370.
10. Borawska-Jarmułowicz, B., Mastalerczuk, G., Janicka, M., Wróbel, B. (2022). Effect of silicon-containing fertilizers on the nutritional value of grass–legume mixtures on temporary grasslands. *Agriculture*, 12 (2), 145. DOI: 10.3390/agriculture12020145.

11. Centrum Badania Opinii Społecznej, (2021). Polskie problemy z wodą. Komunikat z badań, 107.
12. Chmura, K., Chylińska, E., Dmowski, Z., Nowak, L. (2009). Rola czynnika wodnego w kształtowaniu plonu wybranych roślin polowych. *Infrastruktura i ekologia terenów wiejskich*, 9, 33-44.
13. Elmahdy, S.M., El-Sherpiny, M.A., Helmy, A.A. (2022). Suppression of irrigation water deficit stress affecting soybean production. *Journal of Global Agriculture and Ecology*, 13 (3), 25-37.
14. Kowalska, J., Tyburski, J., Bocianowski, J., Krzywińska, J., Matysiak, K. (2020a). Methods of silicon application on organic spring wheat (*Triticum aestivum* L. spp. *vulgare*) cultivars grown across two contrasting precipitation years. *Agronomy* 10, (11), 1655. DOI: 10.3390/agronomy10111655.
15. Kowalska, J., Tyburski, J., Jakubowska, M., Krzywińska, J. (2020b). Effect of different forms of silicon on growth of spring wheat cultivated in organic farming system. *Silicon*, 13 (9), 211-217. DOI: 10.1007/s12633-020-00414-4.
16. Niewiadomska, A., Sulewska, H., Wolna-Maruwka, A., Ratajczak, K., Waraczewska, Z., Budka, A. (2020). The influence of biostimulants and foliar fertilizers on yield, plant features, and the level of soil biochemical activity in white lupine (*Lupinus albus* L.) cultivation. *Agronomy*, 10 (1), 150. DOI: 10.3390/agronomy10010150.
17. Pek, E., Losacco, M., Giusti, S., Salman, M., Naqvi, M., Tsegai, D. (2022). UNCCD COP 15 through the lens of drought – Highlights, outcomes, and the way forward, 9-20 May 2022, Abidjan, Cote d'Ivoire. Rome, FAO, DOI: 10.4060/cc1544en.
18. Rozporządzenie Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1009 z dnia 5 czerwca 2019 r. ustanawiające przepisy dotyczące udostępniania na rynku produktów nawozowych UE, zmieniające rozporządzenia (WE) nr 1069/2009 i (WE) nr 1107/2009 oraz uchylające rozporządzenie (WE) nr 2003/2003. L 170.
19. Rozporządzenie (WE) nr 2003/2003 Parlamentu Europejskiego i Rady z dnia 13 października 2003 r. w sprawie nawozów.
20. Shirani Rad, A.H., Eyni-Nargeseh, H., Shiranirad, S., Heidarzadeh, A. (2022). Effect of potassium silicate on seed yield and fatty acid composition of rapeseed (*Brassica napus* L.) genotypes under different irrigation regimes. *Silicon*. DOI: 10.1007/s12633-022-01915-0.
21. Sulewska, H., Niewiadomska, A., Ratajczak, K., Budka, A., Panasiewicz, K., Faligowska, A., Wolna-Maruwka, A., Dryjański, L. (2020). Changes in *Pisum sativum* L. plants and in soil as a result of application of selected foliar fertilizers and biostimulators. *Agronomy*, 10 (10), 1558. DOI: 10.3390/agronomy10101558.
22. Tobiasz-Salach, R., Krochmal-Marczak, B., Bobrecka-Jamro, D. (2018). Ocena wpływu nawożenia dolistnego na plonowanie i skład chemiczny nasion gryki (*Fagopyrum esculentum* Moench). *Fragmenta Agronomica*, 35 (1), 106-114. DOI: 10.26374/fa.2018.35.10.
23. Trawczyński, C., (2013). Wpływ dolistnego nawożenia preparatem Herbagreen na plonowanie ziemniaków. *Ziemniak Polski*, 2, 29-33.
24. Trawczyński, C. (2018). The effect of foliar preparation with silicon on the yield and quality of potato tubers in compared to selected biostimulators. *Fragmenta Agronomica*, 35 (4), 113-122. DOI: 10.26374/fa.2018.35.47

25. Trawczyński, C. (2020). Wpływ biostymulatorów na plon i jakość bulw ziemniaka uprawianego w warunkach suszy i wysokiej temperatury. *Biuletyn IHAR*, 289, 11-19.
26. Trawczyński, C. (2021). Ocena plonowania i jakości bulw po aplikacji dolistnej krzemu i mikroelementów. *Agronomy Scienc,e LXXVI* (1), 9-20. DOI: 10.24326/as.2021.1.1.
27. Trawczyński, C. (2022). Oddziaływanie dolistnego dokarmiania nawozami wieloskładnikowymi w formie nanocząsteczek na plon i jakość bulw ziemniaka. *Agronomy Science, LXXVII* (2), 77-90. DOI: 10.24326/as.2022.2.7.
28. Tripathi, D.K., Singh, V.P., Lux, A., Vaculik, M. (2020). Silicon in plant biology: from past to present, and future challenges. *Journal of Experimental Botany*, 71 (21), 6699-6702. DOI: 10.1093/jxb/eraa448.
29. Wadas, W. (2021). Potato (*Solanum tuberosum* L.) Growth in response to foliar silicon application. *Agronomy*, 11, 2423. DOI: 10.3390/agronomy11122423.
30. Wadas, W. (2022). Possibility of increasing early potato yield with foliar application of silicon. *Agronomy Science, LXXVII* (2), 61-75. DOI: 10.24326/as.2022.2.6.
31. Wawrzynowicz, J. (2020). *Vademecum transferu technologii*. 176. Wydawnictwo Uniwersytetu Przyrodniczego w Poznaniu.
32. Zajączkowska, A., Korzeniowska, J., Sienkiewicz-Cholewa, U. (2020). Effect of soil and foliar silicon application on the reduction of zinc toxicity in wheat. *Agriculture*, 10 (11), 522. DOI: 10.3390/agriculture10110522.
33. Zamojska, J., Danielewicz, J., Jajor, E., Wilk, R., Horoszkiewicz-Janka, J., Dworzańska, D., Węgorzek, P., Korbas, M., Bubniewicz, P., Ciecierski, W., Narkiewicz-Jodko, J. (2018). The influence of foliar application of silicon on insect damage and disease occurrence in field trials. *Fresenius Environmental Bulletin*, 27 (5A), 3300-3305.