

dr inż. Arkadiusz Julian Artyszak  
Katedra Agronomii  
Wydział Rolnictwa i Biologii  
Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

Załącznik nr 2a

## **AUTOREFERAT**

Warszawa, 2018

- 1. Imię i nazwisko**      **Arkadiusz Julian Artyszak**
- 2. Wykształcenie, posiadane dyplomy i stopnie naukowe z podaniem nazwy, daty i miejsca ich uzyskania**

1999 – doktor nauk rolniczych w zakresie Agronomii, Wydział Rolniczy (obecnie Wydział Rolnictwa i Biologii), Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie. Rozprawa doktorska pt. „Wzrost i rozwój oraz plonowanie buraka cukrowego w zależności od jakości nasion i nawożenia azotem”, wykonana w ówczesnej Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin (obecnie Katedra Agronomii) pod kierunkiem dr hab. Jadwigi Podlaskiej, prof. nadzw. Politechniki Białostockiej, po jej śmierci sukcesorem był dr hab. Sławomir Podlaski, prof. nadzw. SGGW

1992/1993 – Dwusemestralne Podyplomowe Studium Doskonalenia Pedagogicznego, Wydział Ekonomiczno-Rolniczy, Szkoła Główna Gospodarstwa Wiejskiego w Warszawie

1992 – magister inżynier rolnictwa; praca magisterska pt. „Ocena plonowania peluszek uprawianej w mieszankach z owsem i pszenżytem jarym zależnie od warunków glebowych i sposobu siewu” przygotowana pod kierunkiem doc. dr. Tadeusza Szczygielskiego w Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin na Wydziale Rolniczym SGGW w Warszawie

1987–1992 – Dienne Studia Magisterskie na Wydziale Rolniczym SGGW w Warszawie

1982–1987 – Technikum Rolnicze w Turkowicach

### **3. Informacje o dotychczasowym zatrudnieniu w jednostkach naukowych**

Od 01.11.2013 – **starszy wykładowca ze stopniem doktora** w Katedrze Agronomii, Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie

01.03.2001–31.10.2013 – **adiunkt** w Katedrze Agronomii, Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW w Warszawie

5.10.1992–28.02.2001 – **asystent** w Katedrze Szczegółowej Uprawy Roślin (później w Katedrze Agronomii, Wydziału Rolniczym (później Wydziału Rolnictwa i Biologii SGGW) w Warszawie

- 4. Wskazanie osiągnięcia naukowego** wynikającego z art. 16 ust. 2 ustawy z dnia 14 marca 2003 roku o stopniach naukowych i tytule naukowym oraz o stopniach i tytule w zakresie sztuki (Dz. u. nr 65, poz. 595 ze zm.)

**a) Tytuł osiągnięcia naukowego:** cykl publikacji powiązanych tematycznie:

„Reakcja buraka cukrowego na dokarmianie dolistne krzemem”

**b) Wykaz prac wchodzących w skład osiągnięcia naukowego:**

*Publikacje oryginalne*

1. **Artyszak A.**, Gozdowski D., Kucińska K. 2018: Vliv hnojení křemíkem a vápníkem či jen křemíkem na chemické složení cukrové řepy. Listy Cukrov Repar, 134(1): 17–25 (IF<sub>2016</sub> = 0,218; MNiSW<sub>2016</sub> = 15 pkt; udział 70%).

2. **Artyszak A.** 2017: Možnosti wykorzystania krzemu do dokarmiania dolistnego buraka cukrowego. Wydawnictwo Wieś Jutra Warszawa: s. 128 (MNiSW<sub>2016</sub> = 20 pkt.).

3. **Artyszak A.**, Gozdowski D., Kucińska K. 2016: The effect of calcium and silicon foliar fertilization in sugar beet. Sugar Tech, 18(1): 109–114 (IF<sub>2016</sub> = 0,829; MNiSW<sub>2016</sub> = 20 pkt.; udział 70%, liczba cytowań 4).

4. **Artyszak A.**, Gozdowski D., Kucińska K. 2016: Vliv listové výživy s mořským vápencem na morfológické znaky cukrové řepy. Listy Cukrov Repar, 132 (5–6): 176–179 (IF<sub>2016</sub> = 0,218; MNiSW<sub>2016</sub> = 15 pkt; udział 70%; liczba cytowań 1).

5. **Artyszak A.**, Gozdowski D., Kucińska K. 2015: The effect of silicon foliar fertilization in sugar beet – *Beta vulgaris* (L.) ssp. *vulgaris* conv. *crassa* (Alef.) prov. *altissima* (Döll). Turk J Field Crops, 20(1): 115–119 (IF<sub>2015</sub> = 0,418; MNiSW<sub>2015</sub> = 20 pkt.; udział 70%; liczba cytowań 5).
6. **Artyszak A.**, Gozdowski D., Kucińska K. 2016: Sugar beet morphological traits after foliar application with marine calcite. Fragm. Agron., 33(3): 7–17 (MNiSW<sub>2016</sub> = 12 pkt.; udział 70%).
7. **Artyszak A.**, Gozdowski D., Kucińska K. 2016: Effect of foliar fertilization with silicon on the chosen physiological features and yield of sugar beet. Fragm. Agron., 33(2): 7–14 (MNiSW<sub>2016</sub> = 12 pkt.; udział 70%).

oraz rozdział w monografii:

8. **Artyszak A.**, Kucińska K. 2016: Silicon nutrition and crop improvement: recent advances and future perspective. [W:] Silicon in plants: advances and future perspective. Edited by Tripathi D.K., Singh V.P., Ahmad P., Chauhan D.K., Prasad D.K. CRC Press, Taylor & Francis Group Boca Raton: 297–320 (MNiSW<sub>2016</sub> = 5 pkt.; udział 50%).

sumaryczny *Impact Factor* (IF): **1,683**; suma punktów zgodnie z wykazem MNiSW: **119**.

W obliczeniach uwzględniono wartość IF i punkty MNiSW zgodnie z rokiem ukazania się pracy; w przypadku publikacji z roku 2017 i 2018 uwzględniono rok 2016. Liczbę cytowań podano zgodnie z Web of Science (All Databases). Oświadczenia określające indywidualny wkład współautorów w powstanie poszczególnych publikacji stanowią załącznik 6.

### c) Omówienie celu naukowego ww. prac i osiągniętych wyników wraz z omówieniem ich ewentualnego wykorzystania

#### Wstęp oraz cel naukowy

Krzem (Si), wraz z sodem (Na) i kobaltem (Co) zaliczany jest do składników korzystnych (*beneficial elements*), czyli tych pierwiastków, które stymulują wzrost, ale nie są niezbędne dla roślin lub są niezbędne tylko dla niektórych gatunków lub w specyficznych warunkach (Marschner 2002). Wyniki doświadczeń dowodzą jednak, że pierwiastek ten ma korzystny wpływ na wzrost i rozwój wielu gatunków roślin.

Wyniki badań ze stosowaniem doglebowym krzemu z kilkudziesięciu doświadczeń (soja – 32, pomidor – 35, ogórek – 40, kukurydza – 44, ryż – 50) przeprowadzonych w północno-wschodnich Chinach w latach 2005–2006 wskazują na zwiększenie plonów ryżu o 3,5–28,5% (średnio 10,3%), kukurydzy o 5,6–10,4% (7,7%), ogórka o 9,35–25,6% (13,7%), pomidora o 8,7–15,9% (12,0%) oraz soi o 7,5–13,6% (11,0%) w porównaniu z wariantem kontrolnym (bez nawożenia krzemem) (Liang i in. 2015d).

Korzystny wpływ krzemu na plonowanie wiąże się z ograniczaniem niekorzystnego wpływu stresów abiotycznych i biotycznych. Powszechnie znany jest fakt ograniczania przez krzem toksycznego działania metali ciężkich oraz pierwiastków toksycznych na rośliny (Badora i Grenda 2002, Shi i in. 2010, Tripathi i in. 2012, Vaculík i Vaculíková 2016). Potwierdzono także jego korzystny wpływ na rośliny rosnące w warunkach suszy (Lux i in. 2002, Gong i in. 2005, Sacała 2009). Prabhakaran i in. (2016) podają, że obecność krzemu w liściach zmniejsza transpirację kutykularną. U wielu gatunków roślin stwierdzono, że krzem ogranicza szkodliwe skutki zasolenia (Stamatakis i in. 2003, Sacała 2017, Sienkiewicz-Cholewa i in. 2018).

Nawożenie krzemem może być wykorzystane jako zabieg poprawiający zdrowotność roślin i ich produktywność w warunkach stresów biotycznych (Liang i in. 2015e). Wyniki wielu badań dotyczą przede wszystkim korzystnego wpływu krzemu na ograniczanie

porażenia roślin przez patogeny grzybowe, a rzadziej przez bakterie i wirusy. Szczególnie dotyczy to mączniaków (Liang i in. 2015b). Nawożenie krzemianami zapobiegało rozwojowi mączniaka na truskawce (Kanto i in. 2004, 2006) i pszenicy (Bélanger i in. 2003, Guével i in. 2007). Hu i Zhu (2008) wykazali, że nawożenie krzemem hamowało rozwój mączniaka na ogórkach. Robak i Ostrowska (2006) wykazali, że opryskiwanie sałaty Alkalinem K+Si niemal całkowicie zabezpieczyło jej liście przed mączniakiem rzekomym (*Bremia lactucae*). Opryskiwanie tym nawozem zahamowało całkowicie rozwój mączniaka prawdziwego (*Erysiphe cichoracearum*) na sałacie w uprawie polowej (Robak i Ostrowska 2008). Stosowanie doglebowe krzemu miało korzystny wpływ na wzrost odporności roślin na choroby źdźbła i liści pszenicy ozimej, ale tylko przy wysokim zagrożeniu patogenami (Rodgers-Gray i Shaw 2004). Wróbel (2012) stwierdził, że stosowanie dolistne nawozu Actisil zdecydowanie ograniczało udział bulw z objawami mokrej zgnilizny ziemniaka (*Erwinia* spp.). Zaobserwował też nieznacznie wolniejszy rozwój zarazy ziemniaka (*Phytophthora infestans*) na roślinach dokarmianych dolistnie, ale tylko w roku sprzyjającym infekcji. W badaniach prowadzonych przez Borkowskiego i in. (2014) dwukrotne podlewanie roślin pomidora 1% roztworem nawozu Silvit miało korzystny wpływ na zdrowotność roślin uprawianych we wtórnie używanym substracie torfowo-kompostowym, zakażonym patogenami glebowymi.

Krzem zwiększa odporność roślin na uszkodzenia powodowane przez szkodniki poprzez dwa mechanizmy obronne: obronę fizyczną (mechaniczną) i indukowanie obrony biochemicznej (Liang i in. 2015c).

Laane (2017) na podstawie badań przeprowadzonych w latach 2003–2014 z wieloma gatunkami roślin w różnych krajach podkreśla, że zastosowanie dolistne nawozów zawierających stabilizowany kwas krzemowy znacznie lepiej poprawia wzrost roślin, podnosi plon i poprawę cech jakościowych w porównaniu do tradycyjnych nawozów doglebowych przygotowanych na bazie krzemionki oraz nawozów dolistnych z krzemionką. Jego zdaniem kwas krzemowy powinien być stosowany we wczesnych fazach wzrostu roślin w małych dawkach i powinien być traktowany jako stymulator ("promotor wzrostu roślin"). Autor ten podkreśla, oprócz skuteczności oprysku, także jego opłacalność dla producenta oraz bezpieczeństwo dla środowiska naturalnego.

Dotychczas w literaturze światowej brak było publikacji dotyczących efektów stosowania preparatów zawierających krzem na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego. Dopiero w 2017 r. ukazały się publikacje dotyczące wpływu aplikacji dolistnego nawozu zawierającego nanocząsteczki krzemu Hřivna i in. (2017) oraz kalcytu morskiego (Górski i in. 2017) na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego.

**Celem badań**, składających się na osiągnięcie naukowe, było określenie wpływu dokarmiania dolistnego krzemem aplikowanym w formie kalcytu morskiego, stymulatora wzrostu (stabilizowany kwas orto- i polikrzemowy) oraz nawozu zawierającego stabilizowany kwas ortokrzemowy na:

1. plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego (publikacje nr 2, 3, 5, 8);
2. wybrane cechy morfologiczne roślin podczas zbioru (publikacje nr 2, 4 i 6);
3. wybrane parametry fotosyntetyczne roślin (publikacje nr 2 i 7);
4. zawartość wybranych makroelementów i krzemu w liściach i korzeniach buraka cukrowego podczas zbioru (publikacja nr 1).

Założony cel badań realizowano w warunkach doświadczeń polowych prowadzonych w latach 2010–2016 we własnym gospodarstwie rolnym w miejscowości Sahryń, gmina Werbkowice, powiat hrubieszowski, woj. lubelskie.

## Omówienie i podsumowanie osiągniętych wyników

### Wpływ dokarmiania dolistnego krzemem aplikowanym w formie kalcytu morskiego, stymulatora wzrostu (stabilizowany kwas orto- i polikrzemowy) oraz nawozu zawierającego stabilizowany kwas ortokrzemowy na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego

Wyniki badań dotyczące tego zagadnienia przedstawiono w publikacjach nr 2, 3, 5 i 8. We wszystkich doświadczeniach, z wyjątkiem badań przedstawionych w publikacji nr 8, stosowano identyczną metodykę oceny plonowania buraka cukrowego i jakości technologicznej korzeni. Doświadczenia zakładano metodą losowanych bloków, liczba powtórzeń 4. Powierzchnia poletka wynosiła 43,2 m<sup>2</sup> (6 rzędów o długości 16 m, rozstawa rzędów 0,45 m). Zbiór dokonano na 3 środkowych rzędach na każdym poletku (21,6 m<sup>2</sup>). Liście roślin były ogławiane ręcznie, a następnie ważone. Korzenie buraka cukrowego były liczone, a następnie ręcznie wykopane i zważone. Z każdego poletka podczas zbioru pobierano (zgodnie z Polską Normą PN-R-74452: 1999) reprezentatywne próby korzeni, aby określić ich jakość technologiczną (zawartość cukru, azotu- $\alpha$ -aminowego, potasu i sodu). Próby korzeni przewożono do Stacji Hodowli Roślin Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego w Śmiłowie, gdzie były przerabiane na miazgę. Uzyskana miazga była przetransportowana do laboratorium Kutnowskiej Hodowli Buraka Cukrowego w Straszku, gdzie przeprowadzono ocenę jakości technologicznej korzeni (zawartość cukru, azotu- $\alpha$ -aminowego, potasu i sodu) na automatycznej linii Venema. Plon biologiczny cukru (Mg·ha<sup>-1</sup>) wyliczono jako iloczyn plonu korzeni (Mg·ha<sup>-1</sup>) i zawartości cukru w korzeniach (%). Plon technologiczny cukru wyliczono ze wzoru:

Plon technologiczny cukru (Mg·ha<sup>-1</sup>) = plon korzeni (Mg·ha<sup>-1</sup>) · [zawartość cukru (%) – straty wydajności cukru (%)] (Buchholz i in. 1995).

Uzyskane wyniki z doświadczeń opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji i porównania wielokrotne procedurą Tukey'a. Do porównania średnich przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . Obliczenia wykonano w programie SAS 9.1 przy użyciu procedury GLM.

W latach 2010–2012 przeprowadzono doświadczenie, w którym badano wpływ aplikacji dolistnej zróżnicowanych dawek drobno zmielonego kalcytu morskiego (Herbaggreen Basic) na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego odmiany Britannia (typ normalny). Wyniki tego eksperymentu przedstawiono w **publikacji nr 3**. Kalcyt morski charakteryzował się następującym składem chemicznym: Ca – 262 g·kg<sup>-1</sup>, Si – 79,9 g·kg<sup>-1</sup>, Fe – 23,8 g·kg<sup>-1</sup>, Mg – 14,5 g·kg<sup>-1</sup>, K – 5,8 g·kg<sup>-1</sup>, Na – 3,7 g·kg<sup>-1</sup>, Ti – 3,0 g·kg<sup>-1</sup>, P – 0,9 g·kg<sup>-1</sup>, S – 1,6 g·kg<sup>-1</sup>, Mn – 0,8 g·kg<sup>-1</sup> oraz śladowe ilości B, Co, Cu i Zn. Produkt stosowano dolistnie w dwóch wariantach: 1) 1 kg·ha<sup>-1</sup> w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) + 2 kg·ha<sup>-1</sup> 21 dni później, 2) 2 kg·ha<sup>-1</sup> w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) + 2 kg·ha<sup>-1</sup> 21 dni później i porównywano z kontrolą (bez dokarmiania dolistnego). Dawka wody w każdym zabiegu wynosiła 250 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>.

Stwierdzono, że zastosowane dokarmianie dolistne kalcytem morskim spowodowało przyrost plonu korzeni w wariantach pierwszym o 21,7% a w drugim o 21,8% w porównaniu z wariantem kontrolnym. Wzrost plonu biologicznego cukru wyniósł odpowiednio 23,9 i 24,8%, a plonu technologicznego cukru – 24,3 i 25,2%. Różnice w wartościach w/w parametrów pomiędzy obydwoma wariantami dokarmiania dolistnego były nieistotne. Zastosowane dokarmianie dolistne nie miało istotnego wpływu na zawartość cukru, azotu- $\alpha$ -aminowego, potasu i sodu w korzeniach buraka cukrowego.

Uzyskane wyniki zainspirowały mnie, aby w latach 2013–2014 przeprowadzić kolejne

doświadczenie, w którym kalcyt morski (Herbagreen Basic) stosowano jednorazowo w dawce  $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . W eksperymencie zastosowano też stymulator wzrostu (Optysil – stabilizowany kwas ortokrzemowy i polikrzemowy o odczynie obojętnym i zawartości Si –  $94 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$  oraz Fe –  $24 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ ) w dawce  $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Kalcyt morski i stymulator wzrostu były aplikowane jednokrotnie w stadium 4–6 liści buraka cukrowego (BBCH 14–16), dwukrotnie (BBCH 14–16 i 7 dni później) oraz trzykrotnie (BBCH 14–16, 7 i 14 dni później). Efekty porównywano z kombinacją kontrolną (bez dokarmiania dolistnego). Postawiono hipotezę badawczą, że wraz ze wzrostem liczby aplikacji dolistnej danym produktem wzrasta plon korzeni oraz plon biologiczny cukru i plon technologiczny cukru. Doświadczenie przeprowadzono na odmianie buraka cukrowego Danuška KWS (typ cukrowy) a jego wyniki przedstawiono w **publikacji nr 5**.

Średnio za lata 2013–2014 stwierdzono, że dokarmianie dolistne kalcytem morskim (Herbagreen Basic) spowodowało, w zależności od wariantu, przyrost plonu korzeni o 10–16,2% w porównaniu z kombinacją kontrolną (bez dokarmiania dolistnego). Dokarmianie dolistne stymulatorem wzrostu (Optysil) spowodowało przyrost plonu korzeni o 13,7–15,9% w porównaniu z wariantem kontrolnym. Różnice w plonie korzeni pomiędzy poszczególnymi wariantami dokarmiania dolistnego były nieistotne. Zaobserwowano, że dokarmianie dolistne kalcytem morskim spowodowało w zależności od liczby zabiegów przyrost plonu biologicznego cukru o 11,4–18,1%, a plonu technologicznego cukru o 12,2–17,7% w porównaniu z wariantem kontrolnym. W przypadku dokarmiania dolistnego stymulatorem wzrostu zwyżka plonu biologicznego cukru wyniosła 12,7–15,7%, a plonu technologicznego cukru 12,2–15,6% w stosunku do kombinacji kontrolnej. Podobnie jak w przypadku plonu korzeni, różnice w plonie biologicznym cukru oraz w plonie technologicznym cukru pomiędzy poszczególnymi kombinacjami dokarmiania dolistnego były nieistotne.

Dokarmianie dolistne buraka cukrowego zarówno kalcytem morskim, jak i stymulatorem wzrostu, nie miało istotnego wpływu na zawartość cukru i potasu w korzeniach buraka cukrowego w porównaniu z wariantem kontrolnym. Prawie wszystkie warianty dokarmiania dolistnego nie miały istotnego wpływu na zawartość azotu- $\alpha$ -aminowego i sodu w korzeniach.

Dodatkowo, w 2014 r. przeprowadzono doświadczenie łanowe z burakiem cukrowym w dwóch lokalizacjach: Szczutowo (gmina Radomin, powiat golubsko-dobrzyński, woj. kujawsko-pomorskie) oraz w Brodach Dużych (gmina Szczebrzeszyn, powiat zamojski, woj. lubelskie) z kalcytem morskim Herbagreen Z20 (Ca –  $220 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , Si –  $130 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , Fe –  $21 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , Mg –  $9,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , K –  $5 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ , S –  $1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  oraz P –  $0,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$ ). Nawóz stosowano czterokrotnie: pierwszy raz w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16), a kolejne aplikacje wykonywano co 7 dni. Dawka nawozu wyniosła  $1 \text{ kg}$  w  $250 \text{ dm}^3$  wody  $\cdot \text{ha}^{-1}$  w każdym zabiegu. Uzyskane wyniki przedstawiłem w **publikacji nr 8**, która jest pracą przeglądową. Zamieściłem w niej także niepublikowane wyniki badań własnych z kalcytem morskim w uprawie rzepaku ozimego w latach 2010/2011–2011/2012.

W przeprowadzonym doświadczeniu zaobserwowano istotną poprawę jakości technologicznej korzeni wyrażającą się wzrostem zawartości cukru (z 16,9 do 17,4%), a obniżeniem zawartości składników melasotwórczych: zawartość azotu- $\alpha$ -aminowego zmniejszyła się o 20,1%, potasu o 11,8% a sodu o 15,7%. Plon korzeni w obu wariantach był zbliżony (ok.  $66 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Plon biologiczny cukru w warunkach dokarmiania dolistnego krzemem wyniósł  $11,5 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  i był większy o 2,7% niż na kombinacji kontrolnej ( $11,2 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ), a plon technologiczny cukru wyniósł  $10,1 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  przy aplikacji dolistnej i  $9,6 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$  na kontroli.

W latach 2015–2016 rozszerzono zakres prac badawczych i włączono do nich nawóz Actisil (stabilizowany kwas ortokrzemowy, odczyn zasadowy; Ca –  $20 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ , Si –  $6 \text{ g} \cdot \text{dm}^{-3}$ , cholina). Actisil, Herbagreen Z20 i Optysil stosowano jednokrotnie (w stadium 6 liści buraka

– BBCH 16), dwukrotnie (w stadium BBCH 16 i 7 dni później) oraz trzykrotnie (w stadium BBCH 16, 7 dni i 14 później). Dawka Actisilu oraz Optysilu w każdym zabiegu wynosiła  $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , a Herbagreenu Z20  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wszystkie produkty stosowano w  $250 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  wody. Efekty porównywano z kombinacją kontrolną (bez dokarmiania dolistnego). Doświadczenie przeprowadzono na odmianie buraka cukrowego Primadonna KWS (typ normalny), a jego rezultaty przedstawiono w **publikacji nr 2**.

W przeprowadzonym doświadczeniu zaobserwowano wzrost plonu korzeni w efekcie dokarmiania dolistnego, w zależności od kombinacji doświadczalnej, o 7,5–25,1%, plonu biologicznego cukru o 7,1–23,2%, a plonu technologicznego cukru o 4,8–22,2%, w porównaniu z kombinacją kontrolną. Największe przyrosty plonu korzeni, plonu biologicznego cukru i plonu technologicznego cukru odnotowano w wariancie z dwu- i trzykrotnym zastosowaniem nawozu Actisil. W przypadku obu pozostałych produktów liczba zabiegów nie miała istotnego wpływu na plonowanie buraka cukrowego. W zdecydowanej większości wariantów dokarmianie dolistne nie różnicowało istotnie zawartości cukru w korzeniach, a zwiększało zawartość azotu- $\alpha$ -aminowego. Dokarmianie dolistne albo nie miało istotnego wpływu na zawartość potasu w korzeniach, albo powodowało jego istotny wzrost. Zawartość sodu w zasadzie nie uległa istotnym zmianom pod wpływem dokarmiania dolistnego. Największe przyrosty plonu pod wpływem tego zabiegu uzyskano w 2015 roku, w którym panowały mniej korzystne warunki pogodowe do wzrostu roślin (susza i wysoka temperatura w okresie wegetacji) niż w 2016 roku.

Wyniki badań, zamieszczone w publikacjach nr 2, 3 i 5 wchodzących w skład przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego, pozwoliły na udowodnienie korzystnego wpływu dokarmiania dolistnego buraka cukrowego kalcytem morskim, stymulatorem wzrostu i nawozem zawierającym krzem na plon korzeni (tylko w doświadczeniu, którego wyniki przedstawiono w publikacji nr 8 nie uzyskano wzrostu korzeni po aplikacji dolistnej kalcytem morskim).

Jednocześnie wykazano, że aplikacja w/w produktów najczęściej nie miała wpływu na jakość technologiczną korzeni (zawartość cukru i składników melasotwórczych). Udowodniono, że zastosowane zabiegi przyczyniły się do znaczącego wzrostu plonu biologicznego i technologicznego cukru, a uzyskany wzrost plonu był zróżnicowany pomiędzy latami badań i był większy w latach o niekorzystnym dla wzrostu buraka cukrowego przebiegu warunków pogodowych. Z badanych produktów najlepsze efekty uzyskano w przypadku zastosowania nawozu Actisil, szczególnie po dwu- i trzykrotnej aplikacji. W przypadku pozostałych produktów liczba zabiegów nie miała istotnego wpływu na plonowanie buraka cukrowego.

W literaturze można znaleźć tylko nieliczne publikacje dotyczące dokarmiania dolistnego buraka cukrowego krzemem. Górski i in. (2017) stosując na plantacjach produkcyjnych kalcyt morski (Hergreen Basic) w dawce  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  trzykrotnie (pierwszy raz w stadium 3–4 par liści właściwych, a kolejne zabiegi w odstępach co 10–14 dni) nie stwierdzili istotnych różnic w plonie korzeni, jakości technologicznej korzeni oraz plonie technologicznym cukru. Jednak autorzy ci podkreślają, że celowo nie ingerowali w technologię uprawy oraz w nawożenie mineralne stosowane przez właścicieli pól, bez względu na to czy dane stanowisko było odpowiednie do uprawy buraka cukrowego, a nawożenie mineralne było dostosowane do zasobności gleby. Artyszak i in. (2014) kalcyt morski (Hergreen Basic) stosowali dolistnie w dwóch wariantach: 1)  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) +  $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  21 dni później, 2)  $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) +  $2 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  21 dni później i porównywali z kontrolą (bez dokarmiania dolistnego). Dawka wody w każdym zabiegu wynosiła  $250 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Autorzy ci stwierdzili wzrost plonu korzeni buraka cukrowego odmiany Danuška KWS w wariancie pierwszym o 14,6%, a w wariancie drugim o 11,6%, plonu biologicznego cukru o 15,9 i 15,1%, a plonu

technologicznego cukru o 17,6 i 17,8% w stosunku do wariantu kontrolnego (bez dokarmiania dolistnego). Zaobserwowali też brak istotnych różnic w zawartości cukru, potasu i sodu, a także zmniejszenie odpowiednio o 17,9 i 26,4% zawartości azotu- $\alpha$ -aminowego w korzeniach buraka cukrowego.

Hřivna i in. (2017) oceniali efekty dokarmiania dolistnego buraka cukrowego nawozem NanoFYT Si (hydratowane nanocząstki  $\text{SiO}_2 - 230 \text{ g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ) oraz K-gel 175 ( $175 \text{ g K}_2\text{O}$  i  $58 \text{ g S}\cdot\text{dm}^{-3}$ ). Stosowano trzy kombinacje z dokarmieniem dolistnym: 1) NanoFYT Si ( $0,5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  18 lipca) + NanoFYT Si ( $0,5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  19 sierpnia); 2) NanoFYT Si ( $0,5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  19 sierpnia) i 3) K-gel 175 ( $5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  6 sierpnia) + NanoFYT Si ( $0,5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$  19 sierpnia), które porównywano z obiektem kontrolnym. Warto zwrócić uwagę na znacznie późniejszy niż w badaniach własnych termin wykonywania oprysków dolistnych. Autorzy tłumaczyli to celowością ograniczenia porażenia roślin przez choroby grzybowe. Wzrost plonu korzeni w roku 2015, w którym warunki pogodowe były mniej korzystne dla wzrostu buraka cukrowego wyniósł: 2,2, 16,1 i 24,5% (wariant kontrolny –  $71,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Natomiast w roku 2014 o w miarę optymalnym dla wzrostu buraka cukrowego przebiegu warunków pogodowych wzrost plonu korzeni wynosił odpowiednio: 5,1, 3,8 i 4,2% w stosunku do kombinacji kontrolnej ( $98,5 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Plon biologiczny cukru średnio w latach 2014–2015 zwiększył się w kombinacji pierwszej o 6,4%, w drugiej o 12,1%, a w trzeciej o 19,6% w porównaniu z wariantem kontrolnym ( $16,1 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Natomiast plon technologiczny cukru wzrósł odpowiednio o 7,3, 13,5 i 21,2% (wariant kontrolny  $14,8 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Zawartość cukru w korzeniach zwiększyła się średnio w wariancie pierwszym o 3,14%, w drugim o 3,51% i w trzecim o 5,92% w porównaniu z kombinacją kontrolną (19,1%). Zawartość azotu- $\alpha$ -aminowego w korzeniach zmalała w wariancie pierwszym o 16,7%, w wariancie drugim i trzecim o 25,0% w porównaniu z kombinacją kontrolną ( $30,0 \text{ mg}\cdot 100 \text{ g}^{-1}$ ). Zawartość potasu w korzeniach wzrosła w wariancie pierwszym o 4,0%, a zmalała w wariancie drugim o 1,7% i w wariancie trzecim o 13,9% w porównaniu z kombinacją kontrolną ( $30,3 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ). Zawartość sodu w korzeniach zmalała w kombinacji pierwszej o 35,7%, w kombinacji drugiej o 48,6% i w kombinacji trzeciej o 54,4% w porównaniu z obiektem kontrolnym ( $2,94 \text{ mmol}\cdot\text{kg}^{-1}$ ).

### **Wpływ dokarmiania dolistnego krzemem aplikowanym w formie kalcytu morskiego, stymulatora wzrostu (stabilizowany kwas orto- i polikrzemowy) oraz nawozu zawierającego stabilizowany kwas ortokrzemowy na wybrane cechy morfologiczne roślin podczas zbioru**

Wyniki badań dotyczące tego zagadnienia przedstawiono w publikacjach nr 2, 4 i 6. W celu zbadania jak aplikacja dolistna krzemu wpływa na cechy morfologiczne roślin buraka cukrowego w doświadczeniu przeprowadzonym w latach 2010–2012 na odmianie buraka cukrowego Britannia bezpośrednio przed zbiorem w sposób losowy pobierano po 4 rośliny na każdym poletku – łącznie 16 roślin z każdej kombinacji. Kalcyt morski (Herbagreen Basic) w tym doświadczeniu stosowano dolistnie w dwóch wariantach: 1)  $1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) +  $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  21 dni później, 2)  $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) +  $2 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$  21 dni później i porównywano z kontrolą (bez dokarmiania dolistnego). Dawka wody w każdym zabiegu wynosiła  $250 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ . Dla każdej rośliny określono świeżą masę (ś.m.) blaszek liściowych, ogonków liściowych i korzenia oraz liczbę liści. Z każdej rośliny pobrano po 100 g blaszek, ogonków liściowych i korzeni i wysuszono w suszarce w temperaturze  $105^\circ\text{C}$  w laboratorium Katedry Agronomii SGGW w Warszawie celem oznaczenia zawartości suchej masy (s.m.). Powierzchnię blaszek liściowych określono metodą krążkową. W tym celu z każdej rośliny w sposób losowo pobierano po 25 krążków o łącznej powierzchni  $0,02 \text{ m}^2$ . Następnie wysuszono je w suszarce w temperaturze  $105^\circ\text{C}$ . Po ich wysuszeniu określano powierzchnię z zależności pomiędzy powierzchnią krążków, ich



s.m. a s.m. blaszek całej rośliny:

$$\text{powierzchnia blaszek liściowych (m}^2\text{)} = \frac{\text{s.m. blaszek liściowych (g)}}{\text{s.m. krążków (g)}} \cdot 0,02 \text{ m}^2$$

Wyliczono również udział s.m. blaszek, ogonków liściowych i korzenia w s.m. całej rośliny, a także wskaźnik plonowania Harvest Index (HI). Wyniki tego doświadczenia przedstawiono w **publikacji nr 6**. Dokarmianie dolistne kalcytem morskim miało istotny i korzystny wpływ na zawartość s.m. w blaszkach liściowych, s.m. blaszek liściowych i ich powierzchnię oraz liczbę liści na roślinie. Zaobserwowano także tendencję do wzrostu s.m. ogonków liściowych i korzenia pod wpływem dokarmiania dolistnego.

Jednocześnie w latach 2011–2012 identyczne doświadczenie przeprowadzono na odmianie buraka cukrowego Danuška KWS. W doświadczeniu tym dodatkowo policzono współczynniki korelacji liniowej Pearsona pomiędzy wybranymi cechami, w celu oceny związku pomiędzy plonowaniem buraka cukrowego (plon korzeni, plon biologiczny cukru i plon technologiczny cukru) i jakością technologiczną korzeni (zawartość cukru, azotu- $\alpha$ -aminowego, potasu i sodu) a cechami morfologicznymi roślin podczas zbioru (s.m. blaszek, ogonków, korzenia i całej rośliny, udział s.m. blaszek, ogonków i korzenia w s.m. całej rośliny, liczba liści i powierzchnia blaszek liściowych). Istotność korelacji pomiędzy cechami oceniono przy  $P \leq 0,05$  i  $P \leq 0,01$ . Wyniki tego doświadczenia przedstawiono w **publikacji nr 4**. Na podstawie przeprowadzonych badań stwierdzono tendencję do zwiększania s.m. blaszek, ogonków liściowych, korzenia, całej rośliny, a także liczby i powierzchni blaszek liściowych pod wpływem dokarmiania dolistnego kalcytem morskim. Plon korzeni był istotnie dodatnio skorelowany z s.m. ogonków liściowych oraz jej udziałem w s.m. rośliny, a ujemnie z udziałem s.m. korzenia w s.m. rośliny. Stwierdzono istotny dodatni związek plonu technologicznego cukru, podobnie jak i plonu biologicznego cukru, z udziałem s.m. ogonków liściowych w s.m. całej rośliny, a ujemny z udziałem s.m. korzenia w s.m. rośliny.

W latach 2015–2016 przeprowadzono doświadczenie na odmianie buraka cukrowego Primadonna KWS, w którym Actisil, Herbagreen Z20 i Optysil stosowano jednokrotnie (w stadium 6 liści buraka – BBCH 16), dwukrotnie (w stadium BBCH 16 i 7 dni później) oraz trzykrotnie (w stadium BBCH 16, 7 dni i 14 później). Dawka Actisilu oraz Optysilu w każdym zabiegu wynosiła  $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , a Herbagreenu Z20  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wszystkie produkty stosowano w  $250 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  wody. Na podstawie: obsady roślin podczas zbioru, plonu korzeni i plonu liści wyliczono:

- s.m. korzenia (kg) jako iloraz plonu korzeni (kg) i obsady roślin podczas zbioru na poletku (szt.),
- s.m. liści pojedynczej rośliny (kg) jako iloraz plonu liści (kg) i obsady roślin podczas zbioru na poletku (szt.),
- s.m. rośliny (kg) jako sumę s.m. korzenia (kg) i liści pojedynczej rośliny (kg),
- współczynnik plonowania (Harvest Index) jako udział plonu korzeni w plonie s.m.,
- współczynnik ulistnienia jako stosunek plonu liści do plonu korzeni.

Podczas zbioru z każdego poletka pobierano reprezentatywne próby liści i korzeni celem oznaczenia zawartości s.m. zgodnie z Polską Normą PN-R-04013:1988, które wykonano w laboratorium Katedry Agronomii SGGW w Warszawie. Na podstawie zawartości s.m. określono suchą masę korzenia, liści pojedynczej rośliny i całej rośliny. Wyniki doświadczenia przedstawiono w **publikacji nr 2**.

Uzyskane wyniki pozwoliły stwierdzić, że s.m. korzenia na skutek wykonania oprysków dolistnych zwiększyła się w latach 2015–2016 przeciętnie o 12,9% w stosunku do obiektu kontrolnego. Największy przyrost uzyskano w wariacie z dwukrotnym (o 25,6%) i trzykrotnym zastosowaniem nawozu Actisil (o 23,5%). Wzrost s.m. korzenia pod wpływem dokarmiania dolistnego w 2015 r. był ponad dwukrotnie większy (18,6%) niż w 2016 r. (7,7%).

Świeża masa liści pojedynczej rośliny po zastosowaniu dokarmiania dolistnego średnio dla wszystkich kombinacji w obu latach prowadzenia doświadczenia zwiększyła się o 21,4% w stosunku dla wariantu kontrolnego. Największy wzrost stwierdzono w kombinacji z trzykrotnym (33,3%) oraz jednokrotnym użyciem nawozu Actisil (32,1%). Przyrost ś.m. liści pojedynczej rośliny w 2015 r. był prawie trzykrotnie większy (35,8%) niż rok później (12,9%).

Świeża masa rośliny pod wpływem dokarmiania dolistnego, średnio dla wszystkich kombinacji, w obu latach badań wzrosła o 15,2% w stosunku dla wariantu kontrolnego. Największy wzrost odnotowano na obiekcie z dwoma i trzema zabiegami z nawozem Actisil (26,2%). Przyrost ś.m. rośliny w 2015 r. był ponad dwukrotnie większy (22,4%) niż w 2016 r. (9,2%).

Współczynnik plonowania (HI) pod wpływem dolistnego stosowania krzemu uległ nieznacznemu obniżeniu (średnio o 2,2%) w stosunku do obiektu kontrolnego. W 2015 r. obniżka ta była większa (3,0%) niż w 2016 r. (1,3%). Liczba zabiegów dolistnej aplikacji krzemem zazwyczaj nie wpływała na wartość współczynnika HI. Jedynie w przypadku kalcytu morskiego (Herbagreen Z20) zaobserwowano istotny wpływ liczby zabiegów na wartość współczynnika HI, którego wartość po trzykrotnym użyciu produktu była istotnie mniejsza niż po jednokrotnej aplikacji.

Współczynnik ulistnienia pod wpływem dokarmiania dolistnego wzrósł w obu latach badań przeciętnie dla wszystkich wariantów o 8,1% w stosunku dla wariantu kontrolnego. Największy wzrost zanotowano w kombinacji z jednokrotnym użyciem nawozu Actisil (15,9%). W pierwszym roku badań współczynnik ulistnienia zwiększył się średnio o 14,0%, a w drugim o 4,4%.

Zaobserwowano, że s.m. korzenia po zastosowaniu nawozów dolistnych zwiększyła się średnio o 10,9% w latach 2015–2016 w porównaniu z kombinacją kontrolną. Największy wzrost stwierdzono w wariacie z dwoma opryskami nawozem Actisil (24,2%). W 2015 r. średni przyrost s.m. korzenia wyniósł dla wszystkich kombinacji 9,6%, a rok później 11,5% w stosunku do obiektu kontrolnego.

Sucha masa liści pojedynczej rośliny po zastosowaniu dokarmiania dolistnego średnio dla wszystkich kombinacji w obu latach prowadzenia doświadczenia zwiększyła się o 23,9% w stosunku dla wariantu kontrolnego. Największy wzrost stwierdzono w kombinacji z dwoma zabiegami stymulatorem Optysil (37,0%) oraz jednokrotną aplikacją nawozu Actisil (34,8%). Przyrost s.m. liści pojedynczej rośliny w 2015 r. był ponad trzykrotnie większy (46,9%) niż w 2016 r.

Sucha masa pojedynczej rośliny na skutek dokarmiania dolistnego średnio dla wszystkich kombinacji w latach 2015–2016 zwiększyła się o 13,7% w stosunku dla wariantu kontrolnego. Największy przyrost stwierdzono w kombinacji z dwoma zabiegami nawozem Actisil (25,1%). Wzrost s.m. pojedynczej rośliny w 2015 r. wyniósł 15,9%, a rok później 12,0%.

Wyniki badań dotyczących wpływu dolistnej aplikacji krzemu na wybrane cechy morfologiczne roślin podczas zbioru buraka cukrowego, zamieszczone w publikacjach nr 2, 4 i 6 wchodzących w skład przedstawionego do oceny osiągnięcia naukowego pozwoliły na udowodnienie, że dokarmianie dolistne kalcytem morskim miało korzystny wpływ na s.m. blaszek liściowych i ogonków liściowych pojedynczej rośliny oraz korzeni buraka cukrowego. Przyniosło to również do zwiększania liczby liści oraz powierzchni blaszek liściowych. Jednocześnie gdy w doświadczeniu nie rozdzielano liści na blaszki i ogonki liściowe, również zaobserwowano wzrost ś.m. i s.m. liści pod wpływem zastosowanego dokarmiania dolistnego wybranymi produktami. Spowodowało to wzrost współczynnika ulistnienia. Potwierdzono, że stosowanie różnych produktów zawierających krzem miało także korzystny wpływ na ś.m. i s.m. korzeni. Największy wzrost ś.m. i s.m. korzenia

zapewniała dwukrotna aplikacja nawozu Actisil. W wypadku s.m. liści pojedynczej rośliny było to dwukrotne zastosowanie stymulatora wzrostu Optysil, a ś.m. – trzykrotna aplikacja nawozu Actisil.

Obecnie w literaturze dotyczącej wpływu aplikacji krzemu na cechy morfologiczne roślin brak jest doniesień dotyczących buraka cukrowego. Nieliczne prace dotyczą innych gatunków roślin. W badaniach Wragi i Dobrowolskiej (2007) bratki opryskiwane nawozem Actisil, niezależnie od stężenia, miały ciemnozielone, sztywne oraz jędrne rozety liściowe. Nawóz Actisil w stężeniu 0,2% poprawiał wygląd bratków. Rośliny były niskie i rozłożyste. Stymulujący wpływ krzemu zawartego w nawozie Actisil zaobserwowano również w uprawie chryzantem (Startek i in. 2006). Rośliny opryskiwane tym nawozem były zdrowe, wyrównane i prawidłowo uformowane. W badaniach Mikiciuka i in. (2009) dokarmianie dolistne truskawki Alkalinem K+Si nie wpłynęło na masę i średnicę owocu, jednak istotnie zwiększyło zawartość suchej masy w owocach i ich jędrność. Wzrost jędrności owoców truskawki po zastosowaniu nawozu Actisil stwierdzili Grajkowski i in. (2006). W badaniach Mikiciuka i Mikiciuk (2008) nie stwierdzono istotnego wpływu dokarmiania dolistnego Alkalinem K+Si na wielkość sumarycznej powierzchni asymilacyjnej liści pojedynczej rośliny truskawki oraz powierzchnię pojedynczego liścia. Rośliny dokarmiane dolistnie i kontrolne charakteryzowały się także zbliżoną liczbą liści.

### **Wpływ dokarmiania dolistnego krzemem aplikowanym w formie kalcytu morskiego, stymulatora wzrostu (stabilizowany kwas orto- i polikrzemowy) oraz nawozu zawierającego stabilizowany kwas ortokrzemowy na wybrane parametry fotosyntetyczne roślin**

W celu pełniejszego zbadania efektów stosowania dolistnego krzemu na rośliny buraka cukrowego postanowiono sprawdzić jaki jest ich wpływ na wybrane parametry fotosyntetyczne roślin w warunkach polowych. Wyniki badań dotyczące tego zagadnienia przedstawiono w **publikacjach nr 2 i 7.**

W latach 2013–2014 w doświadczeniu stosowano kalcyt morski (Herbageen Basic) oraz stymulator wzrostu (Optysil). Oba produkty były aplikowane jednokrotnie w stadium 4–6 liści buraka cukrowego (BBCH 14–16), dwukrotnie (BBCH 14–16 i 7 dni później) oraz trzykrotnie (BBCH 14–16, 7 i 14 dni później). Jednorazowa dawka kalcytu morskiego wynosiła  $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a stymulatora wzrostu  $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Dawka wody w każdym zabiegu wynosiła  $250 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Efekty porównywano z kombinacją kontrolą. W doświadczeniu oceniano wpływ dokarmiania dolistnego na: wskaźnik powierzchni liści (LAI), absorpcję fotosyntetycznie aktywnej radiacji (PAR) oraz parametry fluorescencji chlorofilu *a* po adaptacji liści na światło – fluorescencję stacjonarną ( $F_s$ ), fluorescencję maksymalną ( $F_m$ ) oraz efektywną wydajność kwantową fotoukładu drugiego ( $\Phi\text{PSII}$ ). Wskaźniki LAI i PAR mierzono nad łanem (II) i pod łanem (Iu) przy użyciu sondy AccuPar LP-80 (Decagon, USA). Absorpcja PAR została wyliczona zgodnie ze wzorem:  $\text{absorpcja PAR} = \frac{II - Iu}{II} \cdot 100 [\%]$

Do pomiaru parametrów fluorescencji chlorofilu *a* w liściach zaadaptowanych do aktualnego natężenia napromieniowania użyto fluorymetru FMS-2 (Hansatech Instruments Ltd). Pomiarów parametrów fotosyntetycznych przeprowadzano pięciokrotnie: w dniu pierwszej aplikacji (26 dni po wschodach buraka), po 7 dniach od wykonania pierwszej, drugiej i trzeciej aplikacji (33, 40 i 47 dni po wschodach) oraz cztery tygodnie po trzeciej aplikacji (75 dni po wschodach). Pomiarów absorpcji PAR oraz wskaźnika LAI wykonywano w 9 losowo wybranych miejscach w 3 środkowych rzędach na poletku, a fluorescencji chlorofilu *a* na 3 losowo wybranych roślinach z 3 środkowych rzędów (9 wyrosniętych liści na poletku). Łącznie na każdej kombinacji w każdym terminie pomiaru zbadano 36 roślin. Uzyskane wyniki z doświadczenia opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji i porównania wielokrotne procedurą Tukey'a. Do porównania średnich, przyjęto poziom

istotności  $\alpha = 0,05$ . Obliczenia wykonano w programie SAS 9.1 (Cary, USA) przy użyciu procedury GLM. Ocenę współzależności między badanymi cechami wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji prostej Pearsona. Istotność współzależności oceniano przy  $P \leq 0,05$  oraz  $P \leq 0,01$ . Wyniki doświadczenia przedstawiono w **publikacji nr 7**.

Wszystkie warianty dokarmiania dolistnego miały korzystny wpływ na wartość wskaźnika LAI i absorpcję PAR. Plon korzeni i technologiczny plon cukru były istotnie i dodatnio skorelowane z absorpcją PAR oraz wartością wskaźnika LAI. Plony były istotnie ale ujemnie skorelowane z takimi parametrami chlorofilu *a* jak: fluorescencja stacjonarna ( $F_s$ ) oraz fluorescencja maksymalna ( $F_m$ ).

W latach 2015–2016 prowadzono doświadczenie, w którym Actisil, Herbagreen Z20 oraz Optysil stosowano jednokrotnie (w stadium 6 liści buraka – BBCH 16), dwukrotnie (w stadium BBCH 16 i 7 dni później) oraz trzykrotnie (w stadium BBCH 16, 7 dni i 14 później). Dawka Actisilu oraz Optysilu w każdym zabiegu wynosiła  $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ , a Herbagreenu Z20  $1 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ . Wszystkie produkty stosowano w  $250 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$  wody. Efekty porównywano z kombinacją kontrolną (bez dokarmiania dolistnego). W tym doświadczeniu prowadzono obserwacje wskaźnika LAI i absorpcji PAR, a dodatkowo także znormalizowanego różnicowego wskaźnika wegetacji (NDVI). Pomiarów wskaźnika NDVI dokonywano urządzeniem GreenSeeker (Trimble, USA). Pomiarów przeprowadzono 4 razy podczas okresu wegetacji – w dniu przed każdą aplikacją dolistną krzemem oraz po 7 dniach od ostatniej aplikacji na każdym poletku. Pomiarów dokonywano na 9 roślinach wybranych z 3 środkowych rzędów na każdym poletku. Łącznie na każdej kombinacji doświadczalnej wykonano 36 pomiarów w każdym terminie. Ocenę współzależności między badanymi cechami fizjologicznymi a plonem korzeni, plonem biologicznym cukru i plonem technologicznym cukru wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji prostej Pearsona. Istotność współzależności oceniono przy  $P \leq 0,05$  oraz  $P \leq 0,01$ . Wyniki doświadczenia przedstawiono w **publikacji nr 2**.

Średnia wartość wskaźnika LAI w 2015 r. w drugim terminie pomiaru na kombinacjach dokarmianych dolistnie zwiększyła się w porównaniu z pierwszym terminem o taką samą wartość jak na kombinacji kontrolnej – o 0,12. W trzecim terminie wzrost ten wyniósł w stosunku do pierwszego terminu 0,85 (w wariancie kontrolnym 0,52), zaś w czwartym terminie 1,41 (wariant kontrolny 0,98). W 2016 r. średnia wartość LAI w drugim terminie pomiaru na kombinacjach dokarmianych dolistnie zwiększyła się w porównaniu z pierwszym terminem o 0,60, a na kombinacji kontrolnej o 0,59. W trzecim terminie wzrost ten wyniósł w stosunku do pierwszego terminu 1,16 (wariant kontrolny 0,78), zaś w czwartym terminie 2,56 (wariant kontrolny 2,34). W obu latach badań największą wartość wskaźnika LAI w czwartym terminie pomiaru (po 7 dniach od wykonania trzeciego oprysku) zapewniało zastosowanie nawozu Actisil, następnie stymulatora Optysil i nawozu Herbagreen Z20. Liczba wykonanych zabiegów dokarmiania dolistnego danym produktem nie miała większego wpływu na wartość LAI ocenianą w tym terminie pomiaru. Wyjątkiem była kombinacja z trzykrotnym zastosowaniem stymulatora Optysil, w której uzyskano istotnie większe wartości LAI niż z jedno- i dwukrotnym użyciem tego produktu.

Absorpcja PAR w 2015 r. w drugim terminie pomiaru na kombinacjach dokarmianych dolistnie krzemem wzrosła w porównaniu z pierwszym terminem o 3,97 p.p., a na kombinacji kontrolnej o 5,61. W trzecim terminie wzrost ten wyniósł w stosunku do pierwszego terminu 23,3 p.p. (wariant kontrolny 17,4 p.p.), zaś w czwartym terminie 43,8 p.p. (wariant kontrolny 45,9 p.p.). W 2016 r. absorpcja PAR w drugim terminie pomiaru na kombinacjach dokarmianych dolistnie krzemem wzrosła w porównaniu z pierwszym terminem o 27,7 p.p. (na kombinacji kontrolnej 30,0 p.p.). W trzecim terminie wzrost ten wyniósł w stosunku do pierwszego terminu 48,5 p.p. (wariant kontrolny 36,2 p.p.), zaś w czwartym terminie 57,3 p.p. (wariant kontrolny 49,7 p.p.). Średnio za dwa lata badań największą wartość absorpcji PAR w

czwartym terminie pomiaru uzyskano po użyciu nawozu Actisil. Nie stwierdzono istotnego zróżnicowania wartości tej cechy w zależności od liczby oprysków tym produktem.

Wskaźnik NDVI w 2015 r. w drugim terminie pomiaru na kombinacjach dokarmianych dolistnie wzrósł w porównaniu z pierwszym terminem o 0,03 (na kombinacji kontrolnej o 0,01). W trzecim terminie wzrost ten wyniósł w stosunku do pierwszego terminu 0,17 (wariant kontrolny 0,10), zaś w czwartym terminie 0,41 (wariant kontrolny 0,31). W 2016 r. wskaźnik NDVI w drugim terminie pomiaru na kombinacjach dokarmianych dolistnie wzrósł w porównaniu z pierwszym terminem o taką samą wartość (0,24), co na kombinacji kontrolnej. W trzecim terminie wzrost ten wyniósł w stosunku do pierwszego terminu 0,45 (wariant kontrolny 0,46), zaś w czwartym terminie 0,52 (wariant kontrolny 0,50). Największą wartość wskaźnika NDVI w czwartym terminie pomiaru stwierdzono w przypadku stosowania nawozu Actisil oraz stymulatora Optysil. Nie zaobserwowano istotnych różnic w zależności od liczby wykonanych oprysków tymi produktami.

Zarówno plon biologiczny cukru, jak i plon technologiczny cukru, odznaczał się istotnym dodatnim związkiem z każdym z ocenianych parametrów fotosyntetycznych w każdym terminie pomiarów. Natomiast korelacja plonu korzeni była istotna dla wszystkich parametrów fotosyntetycznych w czwartym terminie pomiaru. W pierwszym terminie pomiaru stwierdzono istotny związek plonu korzeni ze wskaźnikiem LAI, w drugim terminie ze wskaźnikiem NDVI, a w trzecim terminie ze wskaźnikiem LAI i absorpcją PAR.

Udowodniono, że zastosowane dokarmianie dolistne buraka cukrowego krzemem miało korzystny wpływ na wartość wskaźnika LAI, absorpcję PAR oraz wskaźnik NDVI. Każdy z tych parametrów fotosyntetycznych miał istotny i dodatni związek z plonem biologicznym cukru oraz z plonem technologicznym cukru. Najlepsze efekty w postaci wzrostu wartości wskaźnika LAI, absorpcji PAR oraz wskaźnika NDVI uzyskano po zastosowaniu nawozu Actisil.

W dostępnej literaturze dotyczącej wpływu stosowania preparatów zawierających krzem na parametry fotosyntetyczne roślin brak jest prac dotyczących buraka cukrowego. W doświadczeniach z ryżem w warunkach suszy stosowanie krzemu spowodowało poprawę podstawowych parametrów fotosyntezy u roślin (Chen i in. 2011). Gong i in. (2005) wykazali, że aplikacja krzemu spowodowała wzrost fotosyntezy netto u roślin pszenicy podczas suszy. W badaniach Dębicz i in. (2016) zastosowanie dolistne nawozu Actisil u gazanii lśniącej doprowadziło do podwyższenia zawartości chlorofilu w liściach. Mikiciuk i Mikiciuk (2008) nie stwierdzili istotnego wpływu dokarmiania dolistnego Alkalinem K+Si na zawartość chlorofilu (*a*, *b* i całkowitego) oraz karotenoidów w liściach truskawki. W badaniach tych samych autorów (2009) na innej odmianie truskawki dokarmianie dolistne tym samym nawozem również nie wpłynęło istotnie na zawartość barwników asymilacyjnych w liściach. Liście truskawki dokarmianej i z kombinacji kontrolnej charakteryzowały się zbliżoną intensywnością asymilacji dwutlenku węgla (CO<sub>2</sub>). Wykazano istotne obniżenie intensywności transpiracji u badanych roślin pod wpływem dokarmiania dolistnego krzemem. Rośliny dokarmiane Alkalinem charakteryzowały się również większą fotosyntetyczną efektywnością wykorzystania wody.

### **Wpływ dokarmiania dolistnego krzemem aplikowanym w formie kalcytu morskiego, stymulatora wzrostu (stabilizowany kwas orto- i polikrzemowy) oraz nawozu zawierającego stabilizowany kwas ortokrzemowy na zawartość wybranych makroelementów i krzemu w liściach i korzeniach buraka cukrowego podczas zbioru**

Wyniki badań dotyczące tego zagadnienia przedstawiono w **publikacji nr 1**. W literaturze brakuje informacji o zawartości krzemu w roślinach buraka cukrowego. Interesujące było też sprawdzenie czy dokarmianie dolistne produktami zawierającymi krzem ma wpływ na zawartość tego pierwiastka oraz wybranych makroelementów w liściach i

korzeniach buraka cukrowego podczas zbioru. W tym celu w latach 2013–2014 badano wpływ dokarmiania dolistnego kalcytem morskim (Herbageen Basic) i stymulatorem wzrostu (Optysil) na zawartość makroelementów (azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia) oraz krzemu w liściach i w korzeniach buraka cukrowego podczas zbioru. Oba produkty były aplikowane jednokrotnie w stadium 4–6 liści buraka cukrowego (BBCH 14–16), dwukrotnie (BBCH 14–16 i 7 dni później) oraz trzykrotnie (BBCH 14–16, 7 i 14 dni później). Jednorazowa dawka kalcytu morskiego wynosiła  $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$  a stymulatora wzrostu  $0,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Dawka wody w każdym zabiegu wynosiła  $250 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ . Efekty porównywano z kombinacją kontrolą. Podczas zbioru z każdego poletka pobierano reprezentatywne próby liści i korzeni, które suszono w laboratorium Katedry Agronomii SGGW w Warszawie. Zawartość azotu, fosforu, potasu, magnezu i wapnia określono w powietrznie suchym materiale roślinnym po mineralizacji próbki na mokro kwasem siarkowym z dodatkiem 30% roztworu nadtlenku wodoru w Okręgowej Stacji Chemiczno-Rolniczej w Warszawie-Wesołej. Oznaczanie zawartości azotu wykonano metodą bezpośredniego miareczkowania potencjometrycznego podbromidem sodu. Oznaczanie fosforu przeprowadzono metodą spektrofotometryczną z roztworem kwasu azotowego, metawanadanu amonu i molibdenianu amonu przy długości fali 470 nm, potasu metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej przy długości fali 766,5 nm, wapnia metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej przy długości fali 422,7 nm, magnezu metodą płomieniowej absorpcyjnej spektrometrii atomowej przy długości fali 285,2 nm. Zawartość krzemu określono w laboratorium Instytutu Badawczego Leśnictwa w Sękocinie według metodyki opracowanej przez Kraska i Breitenbeck (2010). Na podstawie zawartości s.m. w liściach oraz w korzeniach a także plonów liści i korzeni wyliczono plon s.m. liści i korzeni. Plon s.m. liści i korzeni wraz z zawartością makroelementów oraz krzemu wykorzystano do określenia ilości pobranych przez rośliny składników. Uzyskane wyniki z doświadczenia opracowano statystycznie wykorzystując analizę wariancji i porównania wielokrotne procedurą Tukey'a. Do porównania średnich, przyjęto poziom istotności  $\alpha = 0,05$ . Obliczenia wykonano w programie SAS 9.1 (Cary, USA) przy użyciu procedury GLM. Ocenę współzależności między badanymi cechami wykonano na podstawie wartości współczynników korelacji prostej Pearsona. Istotność współzależności oceniano przy  $P \leq 0,05$  oraz  $P \leq 0,01$ . Zależność między plonem technologicznym cukru a zawartością makroelementów i krzemu w liściach i korzeniach oceniano za pomocą regresji wielokrotnej z użyciem regresji krokowej.

Stwierdzono, że zawartość s.m. w liściach na kombinacjach dokarmianych dolistnie kalcytem morskim (Herbageen Basic) wyniosła 14,9–15,6%, a stymulatorem wzrostu (Optysil) 15,2–15,3% (kombinacja kontrolna 14,6%). Zawartość s.m. w korzeniach wyniosła odpowiednio 24,4–24,9% oraz 23,3–24,6% (kombinacja kontrolna 24,4%). Zaobserwowano tendencję do wzrostu zawartości s.m. w liściach pod wpływem zastosowanych zabiegów. W przypadku zawartości s.m. w korzeniach wpływ ten był niejednoznaczny.

Stwierdzono, że dokarmianie dolistne miało istotny wpływ na zawartość magnezu i wapnia w liściach oraz azotu w korzeniach buraka cukrowego podczas zbioru. Wpływ ten był jednak niejednoznaczny. Zawartość magnezu w liściach wyniosła  $10,1\text{--}20,1 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. przy stosowaniu kalcytu morskiego oraz  $13,7\text{--}17,6 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. w warunkach stosowania Optysilu. W wariancie kontrolnym rośliny zawierały  $13,6 \text{ g} \text{ Mg} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. Natomiast zawartość wapnia w liściach kształtowała się w kombinacjach z kalcytem morskim od 14,6 do  $29,3 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m., a ze stymulatorem wzrostu Optysil od 18,1 do  $28,7 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. (wariant kontrolny  $18,9 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.). Natomiast zawartość azotu w korzeniach kształtowała się w kombinacjach z kalcytem morskim od 5,85 do  $8,25 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m., a ze stymulatorem wzrostu od 5,60 do  $7,50 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m. (wariant kontrolny  $5,15 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m.).

Zaobserwowano również, że zawartość krzemu w liściach roślin dokarmianych krzemem w formie kalcytu morskiego wynosiła  $0,67\text{--}0,80 \text{ g} \cdot \text{kg}^{-1}$  s.m., a w wariancie ze

stymulatorem wzrostu zawierała się w zakresie 0,59–1,04 g·kg<sup>-1</sup> s.m. (wariant kontrolny (0,84 g·kg<sup>-1</sup> s.m.) Największą zawartość krzemu w liściach stwierdzono w kombinacji z dwukrotną aplikacją Optysilu. Natomiast zawartość krzemu w korzeniach była w warunkach stosowania kalcytu morskiego i stymulatora wzrostu zazwyczaj większa niż w roślinach kontrolnych i wynosiła odpowiednio: dla kalcytu morskiego 1,13–2,08 oraz dla Optysilu 0,82–1,18 g·kg<sup>-1</sup> s.m. (kombinacja kontrolna 1,05 g·kg<sup>-1</sup> s.m.).

W plonie liści buraka cukrowego na kombinacjach dokarmianych dolistnie kalcytem morskim znajdowało się 4,10–4,35 kg krzemu·ha<sup>-1</sup> a stymulatorem wzrostu 3,62–5,57 kg krzemu·ha<sup>-1</sup> (kombinacja kontrolna 4,86 kg krzemu·ha<sup>-1</sup>). W plonie korzeni było odpowiednio 26,5–58,2 oraz 20,3–31,3 kg krzemu·ha<sup>-1</sup> (wariant kontrolny 24,8 kg krzemu·ha<sup>-1</sup>). Łącznie rośliny buraka cukrowego pobrały z 1 ha następujące ilości krzemu (kg Si·ha<sup>-1</sup>):

0. kontrola – 29,6,
1. Herbagreen Basic (0,5 kg·ha<sup>-1</sup> w stadium BBCH 14–16) – 62,5,
2. Herbagreen Basic (0,5 kg·ha<sup>-1</sup> w stadium BBCH 14–16 + 0,5 kg·ha<sup>-1</sup> 7 dni później) – 30,6,
3. Herbagreen Basic (0,5 kg·ha<sup>-1</sup> w stadium BBCH 14–16 + 0,5 kg·ha<sup>-1</sup> 7 dni później + 0,5 kg·ha<sup>-1</sup> 14 dni później) – 48,1
4. Optysil (0,5 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> w stadium BBCH 14–16) – 36,9,
5. Optysil (0,5 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> w stadium BBCH 14–16 + 0,5 kg·ha<sup>-1</sup> 7 dni później) – 30,5,
6. Optysil (0,5 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup> w stadium BBCH 14–16 + 0,5 kg·ha<sup>-1</sup> 7 dni później + 0,5 kg·ha<sup>-1</sup> 14 dni później) – 23,9.

Stwierdzono istotny dodatni związek plonu technologicznego cukru z zawartością w liściach suchej masy (współczynnik korelacji prostej  $r = 0,80$ ), fosforu ( $r = 0,78$ ) oraz krzemu ( $r = 0,80$ ), a także z zawartością w korzeniach suchej masy ( $r = 0,73$ ), fosforu ( $r = 0,83$ ) i magnezu ( $r = 0,86$ ). Zaobserwowano też istotny, ale ujemny, związek plonu technologicznego cukru z zawartością w liściach potasu ( $r = -0,86$ ).

Przeprowadzone badania wykazały, że dokarmianie dolistne krzemem nie ma istotnego wpływu na akumulację tego pierwiastka w liściach i w korzeniach buraka cukrowego podczas zbioru. Wpływ tych zabiegów na skład chemiczny liści i korzeni był niewielki, bo jedynie zawartość azotu w korzeniach z kombinacji nr 1, 3 i 5 była istotnie większa niż na kontroli.

Podobnie jak w przypadku poprzednich problemów badawczych podjętych w przeprowadzonych badaniach brak jest w literaturze doniesień na temat wpływu dokarmiania dolistnego krzemem na skład chemiczny roślin buraka cukrowego. Zawartość krzemu w roślinach lądowych wynosi od 1 do 100 g·kg<sup>-1</sup> s.m. (Liang i in. 2015a). Nawożenie krzemem wywiera znaczny wpływ na skład chemiczny traktowanych roślin. Fallah (2016) podaje, że zastosowanie doglebowe krzemianu wapnia zwiększyło zawartość krzemu, fosforu, wapnia i miedzi oraz obniżyło ilość azotu, potasu, manganu i cynku w liściach ryżu. Górecki i Danielski-Busch (2009) stwierdzili korzystne oddziaływanie spowolnionych krzemianów wapnia (CaSiO<sub>3</sub>) i amonu ((NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SiO<sub>3</sub>) dodawanych do substratu torfowego na wzrost zawartości krzemu w liściach i owocach ogórka. Jarosz (2013) zaobserwował w liściach ogórka żywionego dokorzeniowo krzemem istotnie mniejszą zawartość wapnia oraz większą krzemu w porównaniu z roślinami kontrolnymi. Owoce ogórka żywionego dokorzeniowo krzemem zawierały więcej suchej masy, ekstraktu, krzemu oraz mniej cynku i miedzi w porównaniu z owocami roślin kontrolnych. W badaniach przeprowadzonych przez Jarosza (2014) w owocach pomidora uprawianego na piasku stwierdzono więcej suchej masy, cukrów ogółem i potasu oraz istotnie więcej krzemu w porównaniu z roślinami uprawianymi na welnie mineralnej. Jednocześnie liście pomidora nawożonego pożywką wzbogaconą w krzem zawierały więcej krzemu oraz mniej manganu i cynku w porównaniu z roślinami kontrolnymi. W badaniach Kleibera i in. (2015a) z pomidorem uprawianym na welnie mineralnej i w

warunkach stresu wywołanego manganem w podłożu oprysk nawozem Actisil spowodował wzrost zawartości azotu, magnezu i sodu w liściach oraz azotu i sodu w owocach. Jednocześnie obniżył zawartość magnezu w owocach w stosunku do wariantu kontrolnego. Kleiber (2014) stosując nawóz Actisil drogą fertygacji w uprawie sałaty na wełnie mineralnej przy wysokiej zawartości manganu w pożywce stwierdził, że podawanie krzemu wpływało istotnie na zawartość makroskładników w nadziemnych częściach roślin poprzez zmniejszenie zawartości azotu oraz zwiększenie zawartości: fosforu, potasu, wapnia i magnezu w porównaniu z kontrolą. W badaniach Kleibera i in. (2015b) odżywianie sałaty krzemem poddanej stresowi wywołanemu przez mangan nie zmieniło zawartości manganu w liściach, ale spowodowało znaczny wzrost stężenia azotu, fosforu, sodu, żelaza i krzemu przy jednoczesnym obniżeniu zawartości cynku i miedzi. W badaniach Jarosza (2015) sałata nawożona krzemem zawierała istotnie więcej fosforu i potasu oraz mniej manganu w porównaniu z roślinami kontrolnymi, w których uprawie nie stosowano tego pierwiastka. W badaniach Mikiciuka i in. (2009) dokarmianie dolistne truskawki Alkalinem K+Si było istotną przyczyną zakumulowania mniejszej ilości azotanów przez owoce. W badaniach Dębicz i in. (2016) zastosowanie dolistne produktu Actisil nie wpłynęło istotnie na zawartość składników mineralnych w suchej masie liści gazanii lśniącej, szalwii omączonej i werbeny ogrodowej.

### **Podsumowanie**

Przedstawione publikacje własne są jedynymi w obiegu światowym oryginalnymi pracami naukowymi na temat wpływu dokarmiania dolistnego krzemem buraka cukrowego na wybrane parametry fotosyntetyczne, cechy morfologiczne roślin oraz zawartość makroelementów i krzemu w liściach i korzeniach podczas zbioru. Jednocześnie są jednymi z nielicznych dotyczących wpływu stosowania tego zabiegu na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego.

Wyniki przedstawionych badań własnych dowodzą, że dokarmianie dolistne buraka cukrowego zarówno kalcytem morskim (Herbageen Basic i Herbageen Z20), stymulatorem wzrostu Optysil oraz nawozem Actisil powoduje znaczący wzrost plonu korzeni, który jest najważniejszą składową plonu biologicznego oraz technologicznego cukru. Aplikacja dolistna badanych produktów najczęściej nie pogarsza jakości technologicznej surowca tzn. nie obniża zawartości cukru w korzeniach ani też nie zwiększa zawartości składników melasotwórczych (azotu- $\alpha$ -aminowego, potasu i sodu), które utrudniają wydobycie cukru. Ta cecha produktów dolistnych zawierających krzem jest szczególnie ważna dla przemysłu cukrowniczego.

Wzrost plonu korzeni należy tłumaczyć poprawą wartości parametrów fotosyntetycznych (wskaźnik LAI i NDVI, absorpcja PAR) pod wpływem zastosowanego dokarmiania dolistnego. Skutkuje to poprawą wielu ocenianych cech morfologicznych roślin podczas zbioru, w tym wzrostem zawartości ś.m. i s.m. korzenia.

Szczególnie korzystne efekty dokarmiania dolistnego produktami zawierającymi krzem uzyskano w latach o niekorzystnym dla wzrostu buraka cukrowego przebiegu warunków pogodowych, w których rośliny poddane były silnemu wpływowi stresów abiotycznych (niedobór wody, wyższa temperatura powietrza).

Spośród badanych w ciągu siedmiu lat czterech produktów zawierających różne formy krzemu najlepsze efekty przejawiające się zwiększonym plonem lub poprawą jakości plonu buraka cukrowego uzyskano po dwu- lub trzykrotnym zastosowaniu nawozu Actisil. W przypadku pozostałych produktów liczba zabiegów nie miała istotnego wpływu na plonowanie buraka cukrowego.

Można też stwierdzić, że wygodniejsze do stosowania w praktyce rolniczej są nawozy krzemowe w formie płynnej. Kalcyt morski nie rozpuszcza się w wodzie, tylko tworzy zawiesinę i aby nie dopuścić do jego osiadania w zbiorniku opryskiwacza i zapychania końcówek konieczna jest ciągła praca mieszadła.



Na podstawie uzyskanych wyników badań uważam, że dokarmianie dolistne buraka cukrowego tym pierwiastkiem powinno stać się nowym elementem technologii produkcji buraka cukrowego.

### **Propozycja wykorzystania wyników**

Uzyskane wyniki badań upowszechniano w wielu publikacjach popularno-naukowych (Nowoczesna Uprawa, Gazeta Cukrownicza, Wieś Jutra, na portalach agropolska.pl i nawozy.eu) oraz podczas spotkań i szkoleń dla plantatorów buraka cukrowego. Najnowszą monografię (**publikacja nr 2**) przygotowano w taki sposób, aby mogli z niej skorzystać także doradcy, studenci, a przede wszystkim rolnicy.

Jestem w posiadaniu 21 oświadczeń plantatorów z woj. lubelskiego, mazowieckiego, kujawsko-pomorskiego i pomorskiego oraz z farmy w Austrii (Oberfellabrunn) potwierdzających wdrożenie w swoich gospodarstwach produktu innowacji pt. „Innowacyjna technologia dokarmiania dolistnego buraka cukrowego krzemem”.

### **Piśmiennictwo**

1. Artyszak A., Gozdowski D., Kucińska K. 2014: The effect of foliar fertilization with marine calcite in sugar beet. *Plant Soil Environ.*, 60(9): 413–417.
2. Badora A., Grenda A. 2002: Wpływ krzemianów i zmodyfikowanych związków glinokrzemianowych na toksyczność Cd i Zn dla niektórych roślin uprawnych. *Zesz. Prob. Post. Nauk. Rol.*, 482: 37–46.
3. Bélanger R.R., Benhamou N., Menzies J.G. 2003: Cytological evidence of an active role of silicon in wheat resistance to powdery mildew (*Blumeria graminis* f. sp. *tritici*). *Phytopathology*, 93(4): 402–412.
4. Borkowski J., Felczyńska A., Górecki R. 2014: Wpływ nawożenia krzemem na wzrost, plon i zdrowotność pomidorów. *Zeszyty Naukowe Instytutu Ogrodnictwa*, 22: 195–202.
5. Buchholz K., Märlander B., Puke H., Glattkowski H., Thielecke K. 1995: Neubewertung des technischen Wertes von Zuckerrüben. *Zuckerindustrie*, 120: 113–121.
6. Chen W., Yao X., Cai K., Chen J. 2011: Silicon alleviates drought stress of rice plants by improving plant water status, photosynthesis and mineral nutrient absorption. *Biol Trace Elem Res*, 142(1): 67–76.
7. Dębicz R., Pawlikowska A., Wróblewska K., Bąbalewski P. 2016: Influence of foliar treatment with silicon contained in the Actisil Hydro Plus preparation on the growth, flowering and chemical composition of *Gazania rigens* (L.) Gaertn., *Salvia farinacea* Benth and *Verbena hybrida* Voss. *J Elem*, 21(3): 681–692.
8. Fallah A. 2016: Silicon nutrition and rice crop improvement in Iran: recent advances and future perspectives. W: *Silicon in plants* (eds. Tripathi D.K., Singh V.P., Ahmad P., Chauhan D.K., Prasad S.M.) CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton: 343–354.
9. Gong H., Zhu X., Chen K., Wang S., Zhang C. 2005: Silicon alleviates oxidative damage of wheat plants in pots under drought. *Plant Sci*, 169(2): 313–321.
10. Górecki R.S., Danielski-Busch W. 2009: Effect of silicate fertilizers on yielding of greenhouse cucumber (*Cucumis sativus* L.) in container cultivation. *J Elem*, 14(1): 71–78.
11. Górski D., Gaj R., Ulatowska A., Piszczek J. 2017: Wpływ dolistnego nawożenia krzemem i wapniem na plon i jakość technologiczną buraka cukrowego. *Fragm. Agron.*, 34(4): 46–58.

12. Grajkowski J., Ochman I., Popiel J. 2006: Wpływ stosowania wapniowych i krzemowych nawozów dolistnych na jakość owoców truskawki odmiany Elsanta. *Folia Univ. Agric. Stet.* 248, Agric. 101: 103–108.
13. Guével M.H., Menzies J.G., Bélanger R.R. 2007: Effect of root and foliar application of soluble silicon on powdery mildew control and growth of wheat plants. *Eur J Plant Pathol*, 119(4): 429–436.
14. Hřivna L., Hernandez Kong J., Machálková L., Burešová I., Sapáková E., Kučerová J., Šottníková V. 2017: Vliv mimokořenové výživy draslíkem a křemíkem na výnos a kvalitu cukrovky v nestandardních povětrnostních podmínkách roku 2014 a 2015. *Listy Cukrov Repar*, 133(5–6): 182–187.
15. Hu X.-J., Zhu Z.-J. 2008: Effect of silicon on resistance of powdery mildew and the activities of antioxidative enzymes in leaf apoplast of cucumber. *Acta Agriculturae Zhejiangensis*, 20(1): 67–71.
16. Jarosz Z. 2013: The effect of silicon application and type of substrate on yield and chemical composition of leaves and fruit of cucumber. *J Elem*, 3: 403–414.
17. Jarosz Z. 2014: The effect of silicon application and type of medium on yielding and chemical composition of tomato. *Acta Sci. Pol., Hortorum Cultus*, 13(4): 171–183.
18. Jarosz Z. 2015: Wpływ zróżnicowanych dawek krzemu i manganu na wielkość oraz skład chemiczny główki sałaty. *Nauka Przyr. Technol.*, 9, 1, #1.
19. Kanto T., Miyoshi A., Ogawa T., Maekawa K., Aino M. 2004: Suppressive effect of potassium silicate on powdery mildew of strawberry in hydroponics. *J Gen Plant Pathol*, 70: 207–211.
20. Kanto T., Miyoshi A., Ogawa T., Maekawa K., Aino M. 2006: Suppressive effect of liquid potassium silicate on powdery mildew of strawberry in soil. *J Gen Plant Pathol*, 72(3): 137–142.
21. Kleiber T. 2014: The effect of choline-stabilized orthosilicic acid application under Mn excessive nutrition on yielding of hydroponically grown head lettuce (*Lactuca sativa* L.). *ABiD*, 3: 219–226.
22. Kleiber T., Bosiacki M., Breś W. 2015a: The effect of choline-stabilized orthosilicic acid application on tomato grown under increasing Mn stress. *J Elem*, 20(4): 897–910.
23. Kleiber T., Krzesiński W., Przygocka-Cyna K., Spizewski T. 2015b: The response of hydroponically grown lettuce under Mn stress to differentiated application of silica sol. *J Elem*, 20(3): 609–619.
24. Kraska J.E., Breitenbeck G.A. 2010: Simple, robust method for quantifying silicon in plant tissue. *Commun Soil Sci Plan*, 41 (17): 2075–2085.
25. Laane H.M. 2017: The effects of the application of foliar sprays with stabilized silicic acid: an overview of the results from 2003-2014. *Silicon*, 9(6): 803–807.
26. Liang Y., Nikolic M., Bélanger R., Gong H., Song A. 2015a: History and introduction of silicon research. W: *Silicon in agriculture – from theory to practice*. Springer Science+Business, Dordrecht: 1–18.
27. Liang Y., Nikolic M., Bélanger R., Gong H., Song A. 2015b: Silicon and plant–pathogen interactions. W: *Silicon in agriculture – from theory to practice*. Springer Science+Business, Dordrecht: 181–196.
28. Liang Y., Nikolic M., Bélanger R., Gong H., Song A. 2015c: Silicon and insect pest resistance. W: *Silicon in agriculture – from theory to practice*. Springer Science+Business, Dordrecht: 197–208.
29. Liang Y., Nikolic M., Bélanger R., Gong H., Song A. 2015d: Effect of silicon on crop growth, yield and quality. W: *Silicon in agriculture – from theory to practice*. Springer Science+Business, Dordrecht: 209–224.

30. Liang Y., Nikolic M., Bélanger R., Gong H., Song A. 2015e: Summary and perspectives. In: Silicon in agriculture – from theory to practice. Springer Science+Business, Dordrecht: 233–235.
31. Lux A., Luxová M., Hattori T., Inanaga S., Sugimoto Y. 2002: Silicification in sorghum (*Sorghum bicolor*) cultivars with different drought tolerance. *Physiol Plantarum*, 115(1): 87–92.
32. Marschner H. 2002: Beneficial mineral elements. W: Mineral nutrition of higher plants. 2<sup>nd</sup> Edition. Academic Press An Elsevier Science Imprint, London: 405–435.
33. Mikiciuk G., Mikiciuk M. 2008: Reakcja fizjologiczna truskawki (*Fragaria ananassa* Duch.) odmiany Senga Sengana na dolistne dokarmianie potasowo-krzemowe. *Annales UMCS, Agric.*, 63(2): 81–85.
34. Mikiciuk G., Mikiciuk M. 2009: Wpływ dolistnego nawożenia potasowo-krzemowego na wybrane cechy fizjologiczne truskawki (*Fragaria ananassa* Duch.) odmiany Elvira. *Annales UMCS, Agric.*, 64(4): 19–27.
35. Mikiciuk G., Mikiciuk M., Popiel J. 2009: Wpływ nawożenia potasowo-krzemowego na jakość owoców truskawki (*Fragaria ananassa* Duch.) odmiany Senga Sengana. *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.*, 538: 163–168.
36. PN-R-04013:1988: Analiza chemiczno-rolnicza roślin – oznaczanie powietrznie suchej i suchej masy.
37. PN-R-74458: 1999: Korzenie buraka cukrowego.
38. Prabhakaran S., Manivannan A., Jeong B.R. 2016: Regulatory mechanisms by silicon to overcome the salinity-induced imbalance of essential nutrient elements. W: Silicon in plants (eds. Tripathi D.K., Singh V.P., Ahmad P., Chauhan D.K., Prasad S.M.) CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton: 47–65.
39. Robak J., Ostrowska A. 2006: Najważniejsze zagrożenia chorobami małoobszarowych upraw warzyw i potencjalne możliwości ich zwalczania. *Progress in Plant Protection* 46(1): 114–120.
40. Robak J., Ostrowska A. 2008: Najgroźniejsze choroby sałaty masłowej i lodowej uprawianej w polu i pod osłonami a konieczność weryfikacji jej ochrony. *Progress in Plant Protection* 48(4): 1539–1546.
41. Rodgers-Gray B.S., Shaw M.W. 2004: Effects of straw and silicon soil amendments on some foliar and stem-base diseases in pot-grown winter wheat. *Plant Path.*, 53: 733–740.
42. Sacala E. 2009: Role of silicon in plant resistance to water stress. *J Elem*, 14: 619–630.
43. Sacala E. 2017: The influence of increasing doses of silicon on maize seedlings grown under salt stress. *J Plant Nutr*, 40 (6): 819–827.
44. Shi G., Cai Q., Liu C., Wu L. 2010: Silicon alleviates cadmium toxicity in peanut plants in relation to cadmium distribution and stimulation of antioxidative enzymes. *Plant Growth Regul*, 61: 45–52.
45. Sienkiewicz-Cholewa U., Sumińska J., Sacala E., Dziągwa-Becker M., Kieloch R. 2018: Influence of silicon on spring wheat seedlings under salt stress. *Acta Physiol Plant*, 40: 54.
46. Stamatakis A., Papadantonakis N., Lydakis-Simantiris N., Kefalas P., Savvas D. 2003: Effects of silicon and salinity on fruit yield and quality of tomato grown hydroponically. *Acta Hort*, 609: 141–147.
47. Startek L., Placek M., Wraga K. 2006: Wpływ preparatu Actisil na niektóre cechy chryzantem uprawianych w doniczkach. *Zesz. Probl. Post. Nauk Roln.*, 510: 619–626.
48. Tripathi D.K., Singh V.P., Kumar D., Chauhan D.K. 2012: Impact of exogenous silicon addition on chromium uptake, growth, mineral elements, oxidative stress,

antioxidant capacity, and leaf and root structures in rice seedlings expose to hexavalent chromium. *Acta Physiol Plant*, 34: 279–289.

49. Vaculík M., Vaculíková M. 2016: Role of silicon under heavy metal and toxic element stress: an emphasis on root biology. W: *Silicon in plants* (eds. Tripathi D.K., Singh V.P., Ahmad P., Chauhan D.K., Prasad S.M.) CRC Press Taylor & Francis Group Boca Raton: 175–194.
50. Wraga K., Dobrowolska A. 2007: Ocena wpływu preparatu Actisil na cechy morfologiczne i wartość dekoracyjną rozsady dwóch odmian bratka ogrodowego z grupy Fancy. Część I. Wzrost roślin i wielkość liści. *Rocz. Akad. Rol. Pozn. CCCLXXXIII, Ogrodn.*, 41: 229–233.
51. Wróbel S. 2012: Wpływ nawożenia ziemniaka odmiany Jelly dolistnymi preparatami YaraVita Ziemniak oraz Actisil na plon i cechy jego jakości. *Biul. IHAR*, 266: 295–306.

## 5. Omówienie pozostałych osiągnięć badawczo-naukowych

Na mój dotychczasowy dorobek naukowy składają się dwa zasadnicze obszary tematyczne:

5.1 Agrotechniczne możliwości poprawy plonowania i jakości technologicznej korzeni buraka cukrowego oraz efektywności jego produkcji.

5.2 Wpływ integracji z Unią Europejską oraz zmian w regulacji rynku cukru na produkcję buraka cukrowego oraz cukru w Polsce.

### Ad. 5.1. Agrotechniczne możliwości poprawy plonowania i jakości technologicznej korzeni buraka cukrowego oraz efektywności jego produkcji

Badania dotyczące agrotechnicznych możliwości poprawy plonowania i jakości technologicznej korzeni buraka cukrowego oraz efektywności jego produkcji obejmują następujące grupy tematyczne:

- wpływ dokarmiania dolistnego buraka cukrowego kalcytem morskim, makro- i mikroelementami na plonowanie i jakość technologiczną korzeni;
- wpływ różnych systemów uprawy roli na plonowanie i jakość technologiczną korzeni buraka cukrowego;
- wpływ różnych sposobów uprawy roli po zbiorze przedplonu na plonowanie, jakość technologiczną oraz zdrowotność korzeni buraka w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych i w różnych stanowiskach;
- efektywność nawożenia organicznego buraka cukrowego przy zróżnicowanych dawkach azotu mineralnego;
- stymulowanie początkowego wzrostu buraka cukrowego za pomocą jakości materiału siewnego i nawożenia azotem oraz ich wpływ na plonowanie i jakość technologiczną korzeni.

### Wpływ dokarmiania dolistnego kalcytem morskim, makro- i mikroelementami na plonowanie i jakość technologiczną buraka cukrowego

W latach 2011–2012 w Sahryniu na odmianie buraka cukrowego Danuška KWS (typ cukrowy) przeprowadzono doświadczenie, w którym kalcyt morski (Herbageen Basic) stosowano dolistnie w dwóch wariantach: 1) 1 kg·ha<sup>-1</sup> w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) + 2 kg·ha<sup>-1</sup> 21 dni później, 2) 2 kg·ha<sup>-1</sup> w stadium 4–6 liści buraka (BBCH 14–16) + 2 kg·ha<sup>-1</sup> 21 dni później i porównywano z kontrolą (bez dokarmiania dolistnego). Dawka wody w każdym zabiegu wynosiła 250 dm<sup>3</sup>·ha<sup>-1</sup>. Plon korzeni zwiększył się średnio dla obu wariantów dokarmiania dolistnego o 13,1%, plon biologiczny cukru o 15,5%, a plon technologiczny cukru o 17,7% w stosunku do kombinacji kontrolnej. Dokarmianie dolistne

nie pogarszało jakości technologicznej korzeni, a nawet ją poprawiało poprzez zmniejszenie o 22,2% zawartości azotu- $\alpha$ -aminowego w korzeniach buraka cukrowego w stosunku do wariantu kontrolnego (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II A, poz. 2**).

W latach 2013–2014 w Sahryniu przeprowadzono doświadczenie, w którym burak cukrowy uprawiano w stanowisku po rzepaku ozimym w zmianowaniu: burak cukrowy – pszenica ozima – rzepak ozimy. Burak cukrowy dokarmiano dolistnie nawozami FoliQ zawierającymi makro- i mikroelementy. W doświadczeniu stosowano następujące kombinacje doświadczone:

- 1) FoliQ Ascovigor ( $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ Mg ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w stadium BBCH 14–16,
- 2) Ascovigor ( $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ Mg ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w stadium BBCH 14–16 + FoliQ Mikromix ( $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ B ( $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) 7 dni później,
- 3) Ascovigor ( $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ Mg ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w stadium BBCH 14–16 + FoliQ Mikromix ( $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ B ( $1 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) 7 dni później + FoliQ Zn ( $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) 14 dni później,
- 4) FoliQ Ascovigor ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ B ( $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w stadium BBCH 14–16,
- 5) FoliQ Ascovigor ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ B ( $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w stadium BBCH 14–16 + FoliQ B ( $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ Kombimax ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) 7 dni później,
- 6) FoliQ Ascovigor ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ B ( $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) w stadium BBCH 14–16 + FoliQ B ( $1,5 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) + FoliQ Kombimax ( $3 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) 7 dni później + FoliQ Zn ( $2 \text{ dm}^3 \cdot \text{ha}^{-1}$ ) 14 dni później.

Stwierdzono, że dokarmianie dolistne spowodowało wzrost plonu korzeni średnio o 15,6% w stosunku do kombinacji kontrolnej (bez dokarmiania dolistnego). Największy plon korzeni uzyskano w wariacie nr 2 ( $107,9 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i nr 3 ( $107,6 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Plon biologiczny cukru uległ zwiększeniu o 14,2%, a plon technologiczny cukru o 13,9%. Największy plon biologiczny i technologiczny cukru uzyskano w kombinacji nr 3 ( $19,9$  i  $17,8 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i nr 2 ( $19,7$  i  $17,7 \text{ Mg} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Dokarmianie dolistne nie miało istotnego wpływu na zawartość cukru w korzeniach. Natomiast jego wpływ na zawartość składników melasotwórczych w korzeniach był zróżnicowany. Wyliczono także efektywność ekonomiczną stosowanych wariantów dokarmiania dolistnego. Wzrost wartości produkcji pomniejszony o koszty zakupu i zastosowania nawozów w zależności od kombinacji doświadczonej wyniósł 237–450 euro·ha<sup>-1</sup>. Najbardziej opłacalne okazały się warianty nr 3 ( $450 \text{ euro} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) i nr 2 ( $436 \text{ euro} \cdot \text{ha}^{-1}$ ). Uzyskane wyniki dowodzą, że uprawa buraka cukrowego w stanowisku po rzepaku ozimym może przynosić dobre efekty. Głównym problemem w uprawie buraka cukrowego po rzepaku ozimym są samosiewy rzepaku. Mimo dużego udziału w strukturze gatunków roślin będących żywicielem mątwika burakowego (*Heterodera schachtii* Schmidt) nie zaobserwowano występowania tego szkodnika w glebie (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II A, poz. 1**). W tym doświadczeniu oceniano także wpływ dokarmiania dolistnego nawozami makro- i mikroelementowymi na wybrane parametry fotosyntetyczne roślin buraka cukrowego. Publikacja pt. „Effect of differentiated foliar fertilization on some chosen physiological features of sugar beet” została zaakceptowana do druku w nr 1 Fragmenta Agronomica w 2018 r. Wszystkie warianty dokarmiania dolistnego miały korzystny wpływ na wartość wskaźnik LAI i absorpcję PAR. Największą wartość obu parametrów zaobserwowano w wariacie nr 6. Dokarmianie dolistne istotnie poprawiało efektywną wydajność kwantową PSII w pierwszych trzech terminach pomiarów (od 26. do 40. dnia po wschodach). Dokarmianie dolistne nie miało istotnego wpływu na pozostałe parametry fluorescencji chlorofilu *a* po adaptacji liści na światło – fluorescencję stacjonarną i maksymalną. Absorpcja PAR i wskaźnik LAI w każdym terminie pomiaru były istotnie dodatnio skorelowane z plonem korzeni i plonem technologicznym cukru.

W latach 2005–2006 w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Żelaznej badano wpływ dokarmiania dolistnego borem ( $1,89 \text{ kg B} \cdot \text{ha}^{-1}$ ) na plonowanie i jakość

technologiczną korzeni oraz na cechy morfologiczne roślin dwóch odmian buraka cukrowego: Esperanza i Henrike. Burak cukrowy uprawiano po buraku cukrowym w płodozmianie: burak cukrowy – burak cukrowy – pszenica jara. Średnio za 2 lata dokarmianie dolistne borem spowodowało istotny przyrost plonu korzeni obu odmian (o 25,1%), plonu biologicznego cukru (o 14,0%) oraz plonu technologicznego cukru (o 20,8%) w stosunku do obiektu kontrolnego. Dokarmianie dolistne borem przyczyniło się także do istotnego obniżenia zawartości cukru w korzeniach (o 0,4 p.p.), cukru oczyszczonego (o 0,5 p.p.), wydajności cukru (o 1,2 p.p.) oraz współczynnika alkaliczności  $W_A$  (o 0,37). Odmiana Henrike charakteryzowała się istotnie większym plonem korzeni (o 12,1%), plonem biologicznym cukru (o 15,9%) i plonem technologicznym cukru (o 17,1%) niż odmiana Esperanza. Korzenie odmiany Henrike odznaczały się również istotnie większą zawartością cukru (o 0,6 p.p.), cukru oczyszczonego (o 0,7 p.p.), wydajnością cukru (o 1,0 p.p.) a mniejszą sodu (o  $1,02 \text{ mmol kg}^{-1}$ ) niż odmiana Esperanza (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 5**).

Dokarmianie dolistne borem nie miało istotnego wpływu na cechy morfologiczne roślin podczas zbioru. Zaobserwowano jednak tendencję do wytwarzania większej ś.m. ogonków liściowych i udziału ś.m. ogonków w ś.m. rośliny pod wpływem dokarmiania dolistnego borem w stosunku do obiektu kontrolnego. Odmiana Henrike odznaczała się istotnie większą ś.m. blaszek liściowych, powierzchnią liści oraz ś.m. i ś.m. ogonków liściowych rośliny niż odmiana Esperanza. Na kombinacji z dokarmianiem dolistnym borem plon technologiczny cukru był istotnie dodatnio skorelowany z udziałem ś.m. korzenia w ś.m. całej rośliny oraz ujemnie z udziałem ś.m. blaszek i ogonków liściowych. Na kombinacji kontrolnej plon technologiczny cukru był istotnie ujemnie skorelowany z udziałem ś.m. blaszek liściowych w ś.m. całej rośliny (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 6**).

W przeprowadzonym doświadczeniu dokonano także oceny wpływu dokarmiania dolistnego borem na teoretyczny plon metanu. Dokarmianie dolistne borem spowodowało istotne zwiększenie teoretycznego plonu metanu z liści (o 14,1%), korzeni (o 18,3%) i łącznego plonu metanu (o 17,0%) w stosunku do kontroli. Teoretyczny łączny plon metanu w większym stopniu zależał od plonu korzeni niż od plonu liści buraka cukrowego. Odmiana Henrike odznaczała się istotnie większym teoretycznym plonem metanu z liści, z korzeni oraz łącznym plonem metanu niż odmiana Esperanza (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 12**).

#### Wpływ różnych systemów uprawy roli (płużna, mulcz ze słomy, mulcz z gorczycy) na plonowanie i jakość technologiczną buraka cukrowego

W latach 2005–2008 we współpracy z koncernem Südzucker Polska S.A. przeprowadzono w kilku miejscowościach na południu kraju badania dotyczące wpływu mulczu ze słomy, mulczu z gorczycy oraz uprawy tradycyjnej z orką przedzimową, na plonowanie i jakość technologiczną korzeni dwóch odmian buraka (Esperanza i Henrike). Stwierdzono, że plon korzeni i plon technologiczny cukru były największe po mulczu ze słomy a najmniejsze po uprawie tradycyjnej. Odmiana Esperanza charakteryzowała się istotnie większym plonem korzeni i plonem technologicznym cukru niż odmiana Henrike (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II A, poz. 3**).

#### Wpływ różnych sposobów uprawy roli po zbiorze przedplonu na plonowanie, jakość technologiczną oraz zdrowotność korzeni buraka w zróżnicowanych warunkach glebowo-klimatycznych i w różnych stanowiskach

W latach 2005–2008 byłem kierownikiem projektu badawczego pt. „Agrotechniczne możliwości ograniczania zgnilizn korzeni buraka cukrowego” (2 P06R 090 28). W ramach tego projektu w Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Żelaznej przeprowadzono doświadczenie, w którym dwie odmiany buraka cukrowego (Esperanza i Henrike) uprawiano w płodozmianie: burak cukrowy – burak cukrowy – pszenica jara. W stanowisku po pszenicy jarej stosowano cztery sposoby uprawy po zbiorze przedplonu: międzyplon z gorczycy, przyoranie słomy (z dodatkiem azotu mineralnego), z głęboszowaniem i uprawę tradycyjną ścierniska wykonaną kultywátorem podorywkowym. W stanowisku po buraku cukrowym uprawiano dwie odmiany buraka (Esperanza i Henrike). Dodatkowo w Sahryniu w latach 2005–2008 przeprowadzono doświadczenie, w którym trzy odmiany buraka cukrowego (Esperanza, Henrike i Lubelska) uprawiano w płodozmianie: burak cukrowy – jęczmień jary – rzepak ozimy – pszenica ozima. Po zbiorze pszenicy ozimej stosowano trzy sposoby uprawy: międzyplon z gorczycy, przyoranie słomy (z dodatkiem azotu mineralnego) i uprawę tradycyjną (kultywátor podorywkowy). Największy plon korzeni oraz plon technologiczny cukru w korzystniejszych warunkach klimatycznych i glebowych (Sahryń) uzyskano po uprawie tradycyjnej, a w gorszych warunkach (RZD Żelazna) po międzyplonie z gorczycy. Burak uprawiany po buraku odznaczał się znacznie mniejszym plonem korzeni i plonem technologicznym cukru niż w stanowisku po pszenicy jarej. Odmiany istotnie różniły się plonem korzeni w Sahryniu, gdzie najlepiej plonowała odmiana Esperanza, natomiast odznaczały się podobnym plonem technologicznym cukru. O jakości technologicznej korzeni decydowały głównie warunki klimatyczne i glebowe, stanowisko w płodozmianie i odmiana. Plon technologiczny cukru zależał przede wszystkim od plonu korzeni a w mniejszym stopniu od zawartości sacharozy w korzeniach. Wpływ zawartości składników melasotwórczych był niewielki. Głównym patogenem powodującym gnicie korzeni buraka cukrowego w stanowisku po pszenicy (ozimej i jarej) był grzyb *Rhizoctonia solani* Kühn. Porażenie korzeni było jednak niewielkie i nie miało istotnego wpływu na plon korzeni i ich jakość technologiczną. Burak uprawiany w stanowisku po buraku był częściej porażony przez inne patogeny, głównie grzyby z rodzaju *Fusarium*, niż gdy przedplonem była pszenica jara. W RZD Żelazna sposób uprawy istotnie wpływał na zdrowotność korzeni; udział i stopień korzeni porażonych przez *R. solani* oraz udział korzeni porażonych przez *R. solani* i inne patogeny był najmniejszy po międzyplonie z gorczycy i po przyoraniu słomy. Odmiana buraka cukrowego nie miała istotnego wpływu na zdrowotność korzeni (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 14**).

Dokonano także oceny wpływu sposobu uprawy po zbiorze pszenicy (jarej i ozimej) na ilość azotu mineralnego ( $N_{\min}$ ) w glebie wiosną i po zbiorze buraka. W stanowisku po pszenicy jarej w RZD Żelazna stwierdzono, że głęboszowanie wykonane jesienią przed orką przedzimową zwiększało w stosunku do innych wariantów uprawy ilość  $N_{\min}$  i zawartość N ogólnego w glebie wiosną. Natomiast nawożenie słomą najbardziej ograniczało ilość  $N_{\min}$  w tym terminie. Stosowanie gorczycy w międzyplonie ścierniskowym sprzyjało uzyskiwaniu największej ilości  $N_{\min}$  i zawartości N ogólnego w warstwie 0–30 cm podczas zbioru buraka. W Sahryniu zastosowane sposoby uprawy w istotny sposób wpływały jedynie na ilość N-NO<sub>3</sub> i N-NH<sub>4</sub> w warstwie 0–30 cm, a także na zawartość N ogólnego w warstwie 0–30 i 30–60 cm wiosną. Uprawa tradycyjna ścierniska sprzyjała gromadzeniu się większej ilości N-NO<sub>3</sub> a mniejszych N-NH<sub>4</sub> i N ogólnego. Ilość różnych form azotu w glebie podczas zbioru buraka była zbliżona we wszystkich wariantach uprawy (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 20 i 24**).

W przeprowadzonych doświadczeniach analizowano także uszkodzenia korzeni buraka przez rolnice w zależności od stosowanych czynników badawczych. W RZD Żelazna uprawa buraka po buraku w płodozmianie: burak cukrowy – burak cukrowy – pszenica jara, przez trzy kolejne lata zwiększała czterokrotnie liczbę i procentowy udział korzeni

uszkodzonych przez te szkodniki. Głęboszowanie pozwoliło uzyskać zmniejszenie liczby korzeni uszkodzonych na poletku przez rolnice. Zróżnicowane sposoby uprawy nie miały istotnego wpływu na procentowy udział korzeni uszkodzonych na poletku. Uprawa tradycyjna istotnie zwiększała procentowy stopień uszkodzenia powierzchni korzeni przez rolnice. Procent korzeni uszkodzonych przez rolnice wysoce istotnie determinował plon biologiczny i technologiczny cukru, a procentowy stopień uszkodzenia powierzchni korzeni istotnie wpływał na wysokość plonu korzeni. W Sahryniu, zarówno sposób uprawy, jak i dobór odmiany, nie miały istotnego wpływu na cechy uszkodzenia korzeni przez te szkodniki. Cechy uszkodzenia korzeni były istotnie (dodatnio) skorelowane z zawartością azotu- $\alpha$ -aminowego, a istotnie, ale ujemnie, z wydajnością cukru (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 17 i 22**).

W obu doświadczeniach badano także wpływ sposobu uprawy roli po zbiorze przedplonu oraz przydatność odmian buraka do produkcji biogazu. W stanowisku po pszenicy jarej w RZD Żelazna największy teoretyczny plon metanu uzyskano po międzyplonie z gorczycy. Po pozostałych sposobach uprawy plony były zbliżone. Obie odmiany buraka odznaczały się zbliżonym plonem metanu. W stanowisku po pszenicy ozimej w Sahryniu stwierdzono, że zróżnicowany sposób uprawy po zbiorze przedplonu nie miał istotnego wpływu na teoretyczny plon metanu. Natomiast dobór odmiany istotnie modyfikował plon metanu, który był najmniejszy u odmiany Lubelska, a największy u odmiany Henrike (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 13 i 19**).

#### Efektywność nawożenia organicznego buraka cukrowego przy zróżnicowanych dawkach azotu mineralnego

W latach 1995–2003 uczestniczyłem w badaniach nad wpływem efektywności nawożenia organicznego i zróżnicowanego nawożenia azotem w produkcji buraka cukrowego. W Rolniczym Zakładzie Doświadczalnym SGGW w Chylicach (woj. mazowieckie) burak cukrowy uprawiano w trójpolowym płodozmianie: burak cukrowy – pszenica ozima – jęczmień jary. Pod burak stosowano dwie formy nawożenia organicznego: obornik ( $30 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), międzyplon z facelii ze słomą i porównywano z kontrolą (bez nawożenia organicznego) oraz zróżnicowane nawożenie azotem mineralnym: 0, 60, 90, 120 i  $180 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ . Do oceny ekonomicznej wykorzystano metodę porównania nadwyżki bezpośredniej. Stwierdzono, że efektywność produkcji buraka w większym stopniu zależała od wielkości plonu korzeni niż poniesionych kosztów nawożenia. Nawożenie obornikiem było efektywniejsze niż słomą łącznie z międzyplonem z facelii. Ekonomicznie uzasadniona wielkość dawki azotu mineralnego była różna w latach badań. Przeprowadzone badania były podstawą do przygotowania wielu publikacji (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 38, 41, 43, 45**). Z tych samych badań pochodzą także publikacje dotyczące jakości technologicznej korzeni w zależności od ich masy (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 40**).

W przeprowadzonych badaniach stwierdzono, że efektywność ekonomiczna produkcji buraka cukrowego w większym stopniu zależała od wielkości plonu niż od poniesionych kosztów uprawy, a uproszczenia jesienno-wiosennej uprawy prowadzące do obniżenia kosztów produkcji nie przyczyniły się do zwiększenia opłacalności produkcji (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 32**).

#### Stymulowanie początkowego wzrostu buraka cukrowego za pomocą jakości materiału siewnego i nawożenia azotem oraz wpływ tych czynników na plonowanie i jakość technologiczną korzeni



Badania w tym zakresie prowadzono w RZD SGGW w Chylicach w latach 1993–1995. Doświadczenie obejmowało trzy czynniki: odmianę buraka cukrowego (Jamira i PN Mono 1), frakcję nasion (nieotoczowane o średnicy 3,25–3,75, 3,75–4,25, 4,25–4,75 i 3,25–4,75 mm oraz otoczowane o średnicy 3,50–4,25, 4,25–4,75 i 3,50–4,75 mm) oraz sposoby nawożenia azotem ( $120 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  przedsiwnie,  $80 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$  przedsiwnie +  $40 \text{ kg N}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) dolistnie w pięciu opryskach dolistnych w formie wodnego roztworu mocznika, w tym w drugim, trzecim i czwartym zabiegu dodawano w równych częściach nawóz mikroelementowy Insol 4 w łącznej dawce  $3,5 \text{ dm}^3\cdot\text{ha}^{-1}$ . Średnio w całym okresie badań największą ś.m i s.m. charakteryzowały się rośliny, które wyrastały z nasion nieotoczowanych o kalibrze 4,25–4,75 i 3,25–4,75 mm. Tempo przyrastania s.m. w początkowych fazach wzrostu było niejednakowe i w znacznym stopniu zależało od wielkości roślin w fazach poprzedzających. Większe rośliny przyrastały szybciej niż mniejsze. Plon s.m. korzeni dwukrotnie silniej zależał od s.m. korzenia niż obsady końcowej roślin. Stwierdzono, że sposób nawożenia azotem średnio za cały okres badań nie różnicował istotnie plonów korzeni, liści, plonu technologicznego i biologicznego cukru. W warunkach prawidłowej agrotechniki oraz dobrego zaopatrzenia roślin w azot bardziej ekonomicznie uzasadnione było stosowanie azotu mineralnego w całości przed siewem buraka cukrowego. Badania były podstawą do przygotowania rozprawy doktorskiej, a także wielu publikacji (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 44, 46, 47, 48**).

W latach 1996–1998 prowadzono badania terenowe nad oceną poprawności technologii produkcji buraka cukrowego ze wskazaniem najczęściej popełnianych błędów agrotechnicznych w rejonach surowcowych Cukrowni: Werbkowice, Krasnystaw, Opalenica, Zbiersk, Włostów i Nowy Staw. Wyniki badań przedstawiono w publikacjach popularyzujących dla rolników.

Ad. 5.2.

## **Ad 2. Wpływ integracji z Unią Europejską oraz regulacji rynku cukru na produkcję buraka cukrowego oraz cukru w Polsce**

Badania dotyczące wpływu integracji Polski oraz regulacji rynku cukru obejmują następujące grupy tematyczne:

- zmiany w produkcji cukru w Polsce na tle innych krajów UE, w tym efekty reformy rynku cukru;
- następstwa integracji Polski z UE dla polskiego cukrownictwa i produkcji buraka cukrowego;
- wpływ prywatyzacji polskiego cukrownictwa na produkcję buraka cukrowego i cukru w naszym kraju.

### Zmiany w produkcji cukru w Polsce na tle innych krajów UE, w tym efekty reformy rynku cukru

Przeprowadzono analizę zmian jakie zaszły w Turcji i w Polsce w produkcji buraka cukrowego i cukru w latach 1995–2014. Turcja jest jednym z największych producentów cukru z buraka cukrowego na świecie. Od wielu lat ubiega się także o członkostwo w UE. Gdyby Turcja została członkiem UE postawiłoby to naszych producentów buraka cukrowego w trudnej sytuacji. W analizowanym okresie powierzchnia uprawy buraka cukrowego w Turcji zmniejszyła się o 7%, a w Polsce o 48%. Zbiory buraka cukrowego uległy zwiększeniu o 51% w przypadku Turcji i nie uległy zmianie dla Polski. Plony buraka cukrowego wzrosły o 63% w Turcji, a o 97% w Polsce. Z uprawy buraka cukrowego zrezygnowało 71% plantatorów w Turcji, a 87% w Polsce. Średnia wielkość plantacji zwiększyła się w Turcji ponad dwukrotnie (w porównaniu z 1997 rokiem), w Polsce prawie czterokrotnie. Produkcja

cukru w Turcji zmniejszyła się o 13% (w porównaniu z 1997 rokiem), a w Polsce zwiększyła się o 29%. W latach 1995–2014 w Turcji uruchomiono 3 nowe cukrownie, a w Polsce zamknięto 58 zakładów. W najbliższych latach należy się spodziewać umocnienia pozycji Turcji jako poważnego producenta cukru, pod warunkiem przyspieszenia koncentracji produkcji oraz wdrożenia nowych technologii produkcji. Zniesienie limitów produkcji cukru w UE spowodowało znaczny wzrost zasiewów buraka cukrowego 2017 r. w kilku krajach członkowskich, w tym w Polsce. Rozwój sytuacji w 2018 roku i kolejnych latach będzie zależał od opłacalności uprawy buraka oraz produkcji cukru. Znaczny wpływ będzie miała także konkurencja ze strony izoglukozy, której limity produkcyjne także zostały zniesione (**wykazu opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 2**).

Podobną ocenę przeprowadzono dla Węgier i Polski. Powierzchnia uprawy buraka cukrowego na Węgrzech zmniejszyła się w tym okresie o 87%, a zbiory zmalały o 25%. Z uprawy buraka cukrowego zrezygnowało lub zostało do tego zmuszonych 62% plantatorów na Węgrzech (w latach 2000–2014). W ciągu 20 lat produkcja cukru na Węgrzech zmniejszyła się o 73%. Od 1995 r. do 2008 r. zamknięto na Węgrzech 11 z 12 cukrowni. Zniesienie limitów produkcji cukru w UE w 2017 r. może spowodować całkowite zaprzestanie produkcji cukru na Węgrzech. Węgry umocnią jednak pozycję największego producenta izoglukozy w UE (**wykazu opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 3**).

Wykonano także ocenę następstw zniesienia limitów produkcji cukru na konieczność stosowania długotrwałego przechowywania surowca przez plantatorów (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 4**).

Dokonano też analizy zmian w produkcji buraka cukrowego w Polsce na tle Unii Europejskiej w latach 2001/2002–2010/2011. W Polsce powierzchnia uprawy buraka zmniejszyła się w tym okresie o 38,4%, produkcja o 10,6%, a liczba plantatorów o 61,6%. Jednocześnie wzrosły: plony korzeni o 45,2%, plony cukru o 41,5%, średnia powierzchnia plantacji o 59,4%, produkcja buraka przypadająca na 1 plantatora o 133,3% oraz produkcja cukru na 1 plantatora o 124,7%. W tym samym okresie powierzchnia uprawy buraka zmniejszyła się we Francji o 1,4%, a w Niemczech o 23,2%. Produkcja buraka w tych krajach uległa ograniczeniu odpowiednio o 3,3 i 9,3%, a liczba plantatorów o 13,9 i 37,4%. Plony korzeni we Francji nie zmieniły się, a w Niemczech wzrosły o 18,1%. Plony cukru zwiększyły się o 33,0% we Francji i o 22,0% w Niemczech. Średnia powierzchnia plantacji wzrosła odpowiednio o: 14,1 i 23,2%, produkcja buraka na 1 plantatora o 12,4 i 45,0%, a produkcja cukru na 1 plantatora o 51,7 i 50,4% (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 15**).

Na podstawie danych GUS dokonano oceny zmian w produkcji buraka cukrowego w województwach: dolnośląskim, kujawsko-pomorskim, lubelskim i wielkopolskim w latach 2002–2011. W tym okresie w województwie dolnośląskim powierzchnia uprawy buraka cukrowego zmniejszyła się o 63,1%, plony zwiększyły się o 53,7%, a zbiory zmalały o 3,0%. W województwie lubelskim powierzchnia uprawy buraka cukrowego została ograniczona o 32,2%, średnie plony wzrosły o 25,9% a zbiory obniżyły się o 14,6%. W województwie kujawsko-pomorskim powierzchnia uprawy buraka cukrowego zmniejszyła się o 30,3%, plony zwiększyły się o 7,5%, a zbiory zmalały o 16,2%. W woj. wielkopolskim powierzchnia uprawy buraka cukrowego uległa redukcji o 21,4%, plony zwiększyły się o 33,8%, a zbiory wzrosły o 1,5%. Głównym powodem ograniczenia produkcji buraka cukrowego była reforma rynku cukru w Unii Europejskiej w latach 2006–2009 (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 8, 10, 11 i 16**).

Przeprowadzono również analizę zmian, które zaszły w sektorze cukrowniczym w Polsce od 2001/2002 do 2010/2011 roku. W tym okresie produkcja cukru zmniejszyła się o 4,9%, liczba zakładów z 76 do 18, a liczba zatrudnionych podczas kampanii o 79,2%.

Jednocześnie długość kampanii wydłużyła się o 106,1% (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 7**).

Jestem także autorem oceny zmian w handlu zagranicznym cukrem, sprzedaży cukru kwotowego i pozakwotowego oraz ceny zbytu cukru kwotowego w latach 2004–2012 w Polsce. Reforma rynku cukru w Unii Europejskiej w 2006 r. spowodowała znaczne pogorszenie bilansu handlu zagranicznego Polski tym produktem w ujęciu wartościowym. Dopiero od 2012 r. obserwowano poprawę sytuacji. Natomiast nasilał się ujemny bilans w ujęciu ilościowym. Nie udało się osiągnąć jednego z podstawowych celów reformy, czyli znaczącego obniżenia cen cukru. Ceny sprzedaży cukru przez cukrownie po obniżeniu w latach 2007–2010, zaczęły wzrastać. Prognozowano, i jak się teraz okazało słusznie, że zniesienie limitów produkcji cukru może spowodować okresowe obniżenie jego cen na rynku Unii Europejskiej, ale w dłuższej perspektywie czasowej ich wzrost. Zmiana ta może spowodować także dalsze pogorszenie salda handlu zagranicznego cukrem w Polsce, ze względu na większe koszty produkcji cukru z buraka cukrowego niż z trzciny cukrowej (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 9**).

Badania, które prowadzono dowiodły, że wdrożenie reformy rynku cukru spowoduje ograniczenie produkcji cukru w Polsce poniżej zapotrzebowania krajowego, co wymusi jego import. Na przykładzie konkretnego gospodarstwa i biorąc uwagę zasady reformy rynku cukru stwierdzono, że wartość nadwyżki bezpośredniej w latach 2005–2010 zmniejszy się o 28% przy plonach wysokich korzeni ( $60 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ), o 31% przy średnich ( $50 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ) i o 36% przy plonach niskich ( $40 \text{ Mg}\cdot\text{ha}^{-1}$ ). Prognozowano, że produkcję kontynuować będą jedynie rolnicy uzyskujący wysokie plony korzeni. Reforma przyspieszy koncentrację produkcji buraka, bo jest to jedyna droga podniesienia plonów i obniżenia kosztów. Z powodu reformy na rynku pozostaną tylko najwydajniejsze cukrownie o najmniejszych kosztach produkcji. W rejonach o mniej korzystnych warunkach do uprawy miejsce buraka będzie zajmować rzepak, na który zapotrzebowanie systematycznie wzrasta. Na podstawie analizy konkretnego gospodarstwa stwierdzono, że pierwszy rok obowiązywania reformy (rok gospodarczy 2006/2007) spowodował obniżenie wartości nadwyżki bezpośredniej w produkcji buraka o 37% w stosunku do 2005 roku. Późniejszy rozwój sytuacji potwierdził te prognozy. Po drugim roku reformy (po roku gospodarczym 2007/2008), główny jej cel, czyli ograniczenie produkcji cukru o 1/3 w UE został osiągnięty. Dla Polski oznaczało to, że od roku 2008/2009 nasz kraj miał prawo produkować zaledwie 1,40 mln t cukru rocznie, co przy zapotrzebowaniu wynoszącym 1,60–1,65 mln t oznaczało konieczność importu 0,20–0,25 mln t cukru rocznie. Na podstawie przykładowego gospodarstwa wyliczyłem, że koszty bezpośrednie produkcji buraka cukrowego w pierwszych trzech latach reformy (2006–2008) wzrosły o 16,6%, co wynikało przede wszystkim ze wzrostu cen nawozów mineralnych. Łagodząco na wzrost kosztów bezpośrednich wpływała obniżka cen nasion i środków ochrony roślin. Wartość nadwyżki bezpośredniej w drugim i trzecim roku reformy obniżyła się o ponad połowę w stosunku do pierwszego roku. Pierwsze trzy lata reformy spowodowały zaniechanie produkcji cukru w sześciu krajach członkowskich UE, a w większości, w tym w Polsce, znaczne jej ograniczenie. Jednocześnie wyodrębniła się grupa krajów o produkcji większej niż przeznaczanej na rynek krajowy przed reformą (głównie Niemcy i Francja). Powierzchnia uprawy buraka cukrowego w Polsce w latach 2003–2009 zmniejszyła się o 30% a produkcja o 19%. Było to znacznie więcej niż w przypadku dwóch największych producentów cukru: Niemiec i Francji. Integracja Polski z UE i wprowadzenie reformy wymusiło czterokrotne ograniczenie liczby pracujących zakładów. Z badań tych powstały liczne publikacje (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 21, 23, 25, 26, 27, 28, 29, 30, 31, 34, 35**).

Przedmiotem moich badań była także analiza cen cukru w Polsce w latach 2008–2011. W okresie styczeń – marzec 2011 roku stwierdzono gwałtowny wzrost cen cukru, który w

marcu 2011 roku był droższy niż w grudniu 2010 roku. Stwierdzono, że głównym powodem były działania spekulacyjne i wywołanie paniki wśród większości konsumentów (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 18**).

#### Następstwa integracji Polski z UE dla polskiego cukrownictwa i produkcji buraka cukrowego

Wejście Polski do UE było dla naszego cukrownictwa z jednej strony szansą, ze względu na prognozowany znaczny wzrost cen cukru, z drugiej zaś oznaczało wzrost cen skupu buraka. Na początku 2004 r. Krajowej Spółce Cukrowej S.A. groziło bankructwo a tempo restrukturyzacji było zbyt powolne. Wejście Polski do UE spowodowało wzrost cen skupu buraka o 50% i o tyle samo przychodów plantatorów. Jednocześnie wzrosły zyski osiągane przez koncerny cukrownicze ze względu na wyższą cenę cukru (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 36**).

#### Wpływ prywatyzacji polskiego cukrownictwa na produkcję buraka cukrowego i cukru w naszym kraju

Pod koniec XX wieku polska branża cukrownicza przechodziła przekształcenia własnościowe. Prowadzone badania dowiodły, że polskie cukrownictwo wymagało jak najszybszego dokończenia procesu prywatyzacji. Konieczne było także zaprzestanie produkcji w co drugiej polskiej cukrowni, aby pozostałe mogły pracować przez 80–90 dni. Za niecelowe uznano zwiększanie produkcji cukru do ponad 2 mln t rocznie a za pilne wprowadzenie rozliczenia się cukrowni z plantatorami w oparciu o jakość technologiczną surowca (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 42**).

Pozostały dorobek naukowy skupia się wokół szans rozwoju rolnictwa ekologicznego w Polsce, produkcji fasoli na suche nasiona oraz uprawy mieszanek i mieszanin odmianowych zbóż, a także mieszanek strączkowo-zbożowych.

Brałem udział w badaniach stanu rolnictwa ekologicznego w naszym kraju (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 33**). Uczestniczyłem też w przygotowywaniu publikacji dotyczącej szans i ograniczeń dla rolnictwa ekologicznego na Nizinie Mazowieckiej (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 1**).

W latach 2000–2004 prowadzono badania terenowe dotyczące technologii produkcji fasoli na suche nasiona oraz jej efektywności w południowo-wschodnim rejonie woj. lubelskiego, z którego pochodzę. Na podstawie analizy kosztów produkcji w latach 2003–2004 stwierdzono, że wejście Polski do UE nie zmieniło niskich cen skupu nasion fasoli a wprowadzenie jednolitej płatności obszarowej (JPO) przy jednoczesnym wzroście kosztów produkcji w niewielkim stopniu poprawiło wyniki ekonomiczne produkcji. Na podstawie analizy 389 ankiet z lat 2000–2004 przedstawiono stan technologii produkcji fasoli w ww. rejonie oraz propozycje zwiększenia jej efektywności poprzez usunięcie najczęściej popełnianych błędów: brak badań pH i zasobności gleby, zbyt krótka przerwa w uprawie fasoli na tym samym polu, niestosowanie kwalifikowanego i zaprawionego materiału siewnego, niedostosowanie dawek fosforu i potasu do potrzeb roślin, stosowanie nadmiernych dawek azotu przed siewem, wałowanie posiewne oraz niewystarczająca ochrona fungicydowa oraz insektycydowa podczas wegetacji (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 37 i 39**).

Na początku swojej pracy naukowej interesowały mnie zagadnienia związane z tematem mojej pracy magisterskiej, czyli uprawa mieszanek z udziałem jarych gatunków strączkowych (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 51**), mieszanek pszenżyta z żytem (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 50**) oraz mieszanin odmianowych zbóż (**wykaz opublikowanych prac naukowych pkt. II D, poz. 49**).

Obecnie we współpracy Autorami z Instytutu Ochrony Roślin-PIB w Poznaniu przygotowywane są wspólne publikacje dotyczące plonowania buraka cukrowego uprawianego w stanowisku po rzepaku ozimym w zmianowaniu: burak cukrowy – pszenica ozima – rzepak ozimy od 2006 roku w Sahryniu. Natomiast we współpracy z Autorami z Instytutu Nowych Syntezy Chemicznych w Puławach redagowana jest publikacja na temat wpływu dokarmiania dolistnego buraka cukrowego krzemem na skład chemiczny buraka cukrowego podczas zbioru.

#### **Podsumowanie ilościowe dotychczasowego dorobku publikacyjnego**

Sumaryczna ilość punktów według listy MNiSW przed uzyskaniem stopnia doktora wynosi **28**, IF = **0**, a liczba cytowań = **0**. Natomiast ilość punktów MNiSW po uzyskaniu stopnia doktora wynosi **455**, IF = **4,385**, liczba cytowań według bazy Web of Science (All Databases): **28**.

Mój całkowity dorobek publikacyjny obejmuje **94** prace, z czego **62** to prace naukowe (w tym **3** publikacje przeglądowe) a **32** streszczenia konferencyjne.

Oprócz tego jestem autorem **1486** publikacji popularnonaukowych opublikowanych w czasopiśmie oraz **888** na portalach internetowych.

Łącznie jestem współautorem **7** prac w czasopiśmie z bazy Journal Citation Reports (JCR).

Sumaryczna wartość współczynnika IF wynosi: **4,385**. Sumaryczna liczba punktów według listy MNiSW, zgodnie z czasem opublikowania prac wynosi **483**.

Liczba cytowań według bazy Web of Science (All Databases): **28**, bez autocytań: **18**, Indeks Hirscha według bazy Web of Science: **4**. Liczba cytowań wg Google Scholar **164**, H-indeks = **7**.

Mój dorobek naukowy niewliczający się do osiągnięcia naukowego, stanowiącego cykl publikacji powiązanych tematycznie, wynosi **364 pkt.** MNiSW, wartość współczynnika IF wynosi: **2,702**.

## Łączne zestawienie ilościowe opublikowanych prac naukowych

Rodzaj publikacji	Przed uzyskaniem stopnia doktora	Po uzyskaniu stopnia doktora	Ogółem
Publikacje recenzowane w czasopismach posiadających Impact Factor (z bazy JCR)	–	7	7
- w tym w języku polskim	–	2*	2*
- w tym w języku angielskim	–	5	5
Publikacje recenzowane w czasopismach nie posiadających Impact Factor (spoza bazy JCR)	7	45	52
- w tym w języku polskim	6	42	48
- w tym w języku angielskim	1	3	4
Monografie	–	2	2
- w tym w języku polskim	–	2	2
- w tym w języku angielskim	–	–	–
Rozdziały w monografiach	–	1	1
- w tym w języku polskim	–	–	–
- w tym w języku angielskim	–	1	1
Streszczenia w materiałach konferencyjnych	5	27	32
- w tym w języku polskim	4 + 1*	17 + 5*	21 + 6*
- w tym w języku angielskim	–	5	5
Publikacje popularnonaukowe	278	1208 + 888**	1486 + 888**
- w tym w języku polskim	278	1208 + 888**	1486 + 888*
- w tym w języku angielskim	–	–	–

\* w języku czeskim; \*\* publikacje na portalach internetowych

18.04.2018  
*Arkadiusz Julian Artyszak*