

Efektywność stosowania krzemu w uprawie buraka cukrowego

Należy mieć świadomość, że wprowadzenie do technologii uprawy związków o charakterze stymulatorów wzrostu pod najróżniejszą postacią nie zastąpi kluczowych czynników warunkujących plon.

Zrównoważone nawożenie makro- i mikroskładnikami oparte na zasobności gleby i wymaganiach pokarmowych roślin należy do podstawowych elementów efektywnej technologii uprawy. Niezmiennie ważny jest również płodozmian, system uprawy dostosowany do konkretnych warunków siedliskowych, dobór odmiany oraz skuteczna i bezpieczna dla środowiska ochrona roślin. Wymienione czynniki były, są i będą podstawą gwarantującą poziom stabilnych plonów. Zastosowanie stymulatorów czy składników „korzystnych” może jedynie w specyficznych warunkach zwiększyć sumaryczny efekt działania wyżej wymienionych czynników w postaci wzrostu plonów lub ograniczenia negatywnego wpływu stresów środowiskowych.

Podstawowy kanon, jeśli chodzi o składniki pokarmowe niezbędne w odżywianiu roślin, od dawna się nie zmienia. Do makroelementów (ang. essential macronutrients) zalicza się azot (N), fosfor (P), potas (K), wapń (Ca), magnez (Mg) i siarkę (S), natomiast do mikroskładników (ang. essential micronutrients) bor (B), cynk (Zn), molibden (Mo), miedź (Cu), żelazo (Fe), mangan (Mn), chlor (Cl), niekiedy także nikiel (Ni) oraz kobalt (Co) dla roślin wiążących azot. Dla przypomnienia za niezbędne uważa się te składniki, które są konieczne do pełnego wzrostu i rozwoju roślin, pełnią określone funkcje biochemiczne oraz nie można ich zastąpić innymi pierwiastkami. Krzem (Si), podobnie jak sód (Na), należy do grupy składników korzystnych, czyli takich, których znaczenie nie jest udokumentowane dla wybranych gatunków roślin, np. sód dla buraka cukrowego, a krzem dla ryżu.



Fot. Zrównoważone nawożenie oparte o niezbędne makro- i mikroskładniki zapewnia dynamiczny wzrost i rozwój roślin

Co z tym krzemem?

W ostatnich latach dość ciekawym, ale i budzącym wiele sprzecznych opinii – pociągających za sobą dyskusje i spory nie tylko wśród praktyków, ale także w świecie nauki – jest nawożenie krzemem. Jest grono entuzjastów, ale i sceptyków. Obydwie strony argumentują swoje stanowisko na podstawie własnych obserwacji lub wyników badań. Kto ma rację? Na dzień dzisiejszy nie da się rozstrzygnąć. Niewątpliwie jest coraz więcej danych literaturowych wskazujących na korzystne działanie krzemu i to na wielu płaszczyznach, głównie spoza Europy. Najlepsze rezultaty stwierdzono dla roślin, które mają zdolność wysokiej akumulacji pierwiastka w suchej masie, jak ryż czy trzcina cukrowa.

Wyniki badań wskazują, że krzem korzystnie oddziałuje na wzrost i rozwój roślin oraz odporność na różne czynniki stresowe, zarówno biotyczne, jak i abiotyczne. Zwiększa tolerancję na suszę, zasolenie oraz stres oksydacyjny. Wysycenie krzemem ściany komórkowe stanowią dodatkową barierę ograniczającą wnikanie patogenów i uszkodzenia przez szkodniki. Dane literaturowe pokazują również, że krzem ogranicza pobieranie i częściowo łagodzi fitotoksyczność metali ciężkich, wpływa korzystnie na przyswajalność fosforu, zwiększa wydajność fotosyntezy oraz wytrzymałość mechaniczną roślin. Najczęściej dodatnie reakcje ujawniały się w warunkach wystąpienia czynnika stresowego, niezależnie od rodzaju.

Różne badania, różne wnioski

Niestety dane dotyczące wpływu krzemu na wzrost i rozwój oraz plon buraka cukrowego – zarówno w literaturze światowej, jak i krajowej – są bardzo skromne i do tego niejednoznaczne, co tylko dowodzi złożoności zagadnienia. W ostatniej dekadzie, głównie w południowo-wschodniej części Polski, testowano kilka produktów zawierających m.in. krzem, który aplikowany był dolistnie w technologii uprawy buraka cukrowego. Podstawą oceny był poziom plonów i jakość korzeni buraka cukrowego. W większości przypadków efekty były wysoce dodatnie, a niejednokrotnie notowano wzrost plonu korzeni i cukru powyżej 20%. Warto zwrócić jednak uwagę, że żaden z badanych produktów nie zawierał czystego krzemu, który był tylko jednym ze składników. Weźmy na przykład nawóz mający w składzie: Ca – 262 g/kg, Si – 79,9 g/kg, Mg – 14,5 g/kg, K – 5,8 g/kg, Na – 3,7 g/kg, S – 1,6 g/kg, P – 0,9 g/kg, Fe – 23,8 g/kg, Ti – 3,0 g/kg, Mn – 0,8 g/kg oraz śladowe ilości B, Co, Cu i Zn. Jeżeli w doświadczeniach nie zaplanowano żadnego wariantu wyrażającego efekt działania czystego krzemu, a tak właśnie było, to nie można wnioskować, że akurat ten pierwiastek był głównym czynnikiem odpowiedzialnym za wzrost plonów. Równie dobrze mógł to być każdy z pozostałych składników nawozu – choćby wapń, którego zawartość była największa, czy tytan znany skądinąd ze swoich biostymulujących właściwości. Nawet sam producent tłumaczy wysoką efektywność działania nawozu głównie zawartym w nim wysoce reaktywnym węglanem wapnia, a nic nie wspomina o krzemie. Niestety na rynku nie ma produktu, który zawierałby wyłącznie czysty krzem w formie przyswajalnej dla roślin, co utrudnia jednoznaczne formułowanie wniosków. Nie jest to jednak argument, który usprawiedliwia nadinterpretację wyników.

W badaniach własnych przeprowadzonych w województwie kujawsko-pomorskim w latach 2011-2013, w których badano ten sam nawóz, biorąc pod uwagę średnie ogólne (synteza dla lat i miejscowości), istotnych efektów dolistnej aplikacji produktu nie stwierdzono. Co prawda rozpatrując wyniki w poszczególnych miejscowościach i latach, obserwowano niekiedy pewne tendencje pozytywne, ale także i negatywne. W zdecydowanej większości były to jednak różnice nieistotne statystycznie. Inaczej mówiąc – plon i jakość korzeni kształtowały się na poziomie wariantu kontrolnego. Zatem wyniki tych badań, jak również innych bez wariantu porównawczego w stosunku do krzemu, pozwalają jedynie stwierdzić, że dany produkt o ustalonym składzie i pochodzeniu w określonych warunkach dał taki bądź inny efekt.

W przypadku tego konkretnego nawozu jest jeszcze jeden niuans, który rodzi dodatkowe pytania o skuteczność aplikacji nalistnej. Mianowicie nawóz ten nie rozpuszcza się w wodzie, natomiast tworzy bardzo szybko opadającą zawiesinę. Nie podlega zatem prawu dyfuzji, na którym opiera się pobieranie składników przez liście. Wysoka efektywność zabiegów dolistnych jest zagadnieniem niewątpliwie interesującym i wartym wyjaśnienia. Poza tym w nawozach dolistnych bardzo ważna jest forma chemiczna składników w nich zawartych. Krzem występuje tutaj w formie dwutlenku krzemu (SiO_2), natomiast przy-

swajalną formą tego pierwiastka dla roślin jest kwas ortokrzemowy (H_4SiO_4).

Jednak z wynikami uzyskanymi w przeprowadzonych doświadczeniach trudno polemizować. Istota problemu może tkwić w ich interpretacji, gdy pozostają pytania bez odpowiedzi lub obserwowane efekty w podobnych badaniach prowadzą do różnych wniosków.

Trudno mówić o działaniu samego krzemu

Podobnie ma się sprawa oceny pochoptycznych uogólnień w przypadku wielu innych produktów zawierających między innymi krzem, chociaż już w zdecydowanie mniej liczonym „towarzystwie”. Weźmy na przykład nawóz, który zawiera 2% Ca i 0,6% Si w postaci kwasu ortokrzemowego stabilizowanego choliną. Zakłada się, że to właśnie krzem w nim zawarty odpowiada za jego efektywność. W tym produkcie przynajmniej forma krzemu co do możliwości pobrania jej przez roślinę drogą pozakorzeniową, nie budzi żadnych wątpliwości. W badaniach polowych prowadzonych w latach 2015-2016 na południowym wschodzie Polski wykazano wysoką efektywność nawożenia dolistnego tym produktem w uprawie buraka cukrowego. W zależności od wariantu doświadczalnego (testowano kilka różnych produktów) odnotowano między innymi wzrost plonu korzeni w stosunku do kontroli w zakresie 7,5-25,1%. Największy przyrost plonu korzeni i cukru stwierdzono w kombinacji po dwu- i trzykrotnym oprysku wskazanym nawozem.

Analogicznie jak powyżej ponownie można postawić pytanie o skuteczność i efektywność działania krzemu w produktach, w których nie występuje on samodzielnie. Skoro dominującym składnikiem w nawozie jest wapń (Ca), to dlaczego zaobserwowane pozytywne efekty wykonanych zabiegów przypisuje się krzemowi? Brak w schemacie doświadczenia wariantu nawożonego wyłącznie krzemem nie daje podstaw do formułowania takich wniosków.

Warto zwrócić uwagę, że gros pozytywnych efektów odnoszonych do krzemu równie dobrze można przypisać drugiemu składnikowi, jakim jest wapń. Wapń w przeciwieństwie do krzemu należy do grona niezbędnych składników

pokarmowych. Bynajmniej, jego rola nie ogranicza się tylko do odkwaszania gleby i pośrednio poprawy szeregu jej właściwości fizycznych, chemicznych i biologicznych. Składnik ten pełni bardzo ważne funkcje w roślinie, dobrze rozpoznane i udokumentowane w literaturze przedmiotu.

Roślina dobrze zaopatrzona w wapń, zgodnie z potrzebami pokarmowymi, wytwarza zdrowy i głęboki system korzeniowy, dzięki czemu może efektywnie pobierać wodę i inne składniki pokarmowe. Lepiej gospodaruje wodą i wykazuje większą tolerancję na suszę. Wapń stanowi bardzo ważny składnik ścian komórkowych i blaszki środkowej, w których znajduje się 60% całości składnika zakumulowanego w roślinie. Zapewnia odpowiednią sztywność i wytrzymałość mechaniczną tkankom i organom roślin, co zwiększa ich odporność na niesprzyjające warunki klimatyczne, uszkodzenia mechaniczne, a także porażenie przez patogeny czy uszkodzenia przez szkodniki. Ogranicza skutki stresu przez neutralizację reaktywnych form tlenu, powstających w komórkach roślinnych na skutek wystąpienia czynników stresowych. Jest niezbędny przy podziałach komórkowych w merystemach wzrostu pędu i korzenia. Jego deficyt prowadzi do zahamowania podziału, wzrostu i w końcu śmierci komórek. Jest aktywatorem enzymów. Odpowiada za przepuszczalność i selektywność błon komórkowych, umożliwiając transport składników odżywczych. Uczestniczy w mechanizmach przekazywania bodźców ze środowiska do wnętrza komórki.

Burak cukrowy ma bardzo wysokie potrzeby pokarmowe w stosunku do wapnia. Na wytworzenie jednej tony korzeni z odpowiednią masą liści potrzebuje 5 kg Ca. To niewiele mniej od potasu (K – 5,4 kg) i znacznie więcej niż azotu (N – 3,5 kg), fosforu (P – 0,7 kg), magnezu (Mg – 1,1 kg) czy siarki (S – 1,0 kg). Co do krzemu, nie ma tu ustalonej wartości.

Zatem rodzi się pytanie, który ze składników zawartych w nawozie (Ca – 2%, Si – 0,6%), odpowiedzialny był za stwierdzone efekty? Bez odpowiedniego odniesienia do założeń metodycznych przeprowadzonych doświadczeń polowych wnioskowanie może być błędne.

Decyzja należy do plantatora

Wy tłumaczeniem różnic w efektywności działania tych samych produktów w podobnych badaniach są zazwyczaj niejednolite sposoby prowadzenia doświadczeń. Chodzi o dawki, odmiany, terminy zabiegów oraz testowane kombinacje doświadczalne. Nie bez znaczenia jest także zmienność warunków klimatycznych i siedliskowych, wystąpienie lub brak czynników stresowych. Osobną kwestią jest stwierdzenie wystąpienia tzw. efektów istotnych. Zaobserwowanie samych różnic pomiędzy wariantami doświadczalnymi, nawet wysokich, jeszcze o niczym nie świadczy. Muszą być potwierdzone odpowiednią procedurą statystyczną, która dopiero daje obiektywną odpowiedź na pytanie, czy efekt działania czynnika doświadczalnego był odpowiednio większy od niekontrolowanych przez badacza czynników losowych! Kolejną kwestią wymagającą uwzględnienia jest czynnik ekonomiczny, to znaczy opłacalność zabiegów. Może się okazać, że nawet przy istotnym efekcie plonotwórczym wartość dodatkowo wytworzonej produkcji, na skutek wykonanych zabiegów, nie zrekompensuje poniesionych kosztów. Pewną dezinformację wprowadza także niejednokrotnie brak precyzyjnych informacji w etykietach nawozów o pełnym ich składzie oraz o formie chemicznej składników w nich zawartych.

Jak zawsze – najważniejszy jest zdrowy rozsądek. Grunt to właściwa uprawa, płodozmian, nawożenie podstawowe oraz skuteczna ochrona roślin. Wszystko „inne” może być, ale nie musi. Ostateczna decyzja pozostaje w rękach rolnika. Ważne tylko, aby miał dostęp do wiarygodnych informacji.

dr inż. Dariusz Górski
Instytut Ochrony Roślin – PIB
Terenowa Stacja w Toruniu