

Anna Kocoń

*Instytut Uprawy Nawożenia i Gleboznawstwa – Państwowy Instytut Badawczy
w Puławach*

AKTUALNE TRENDY I INNOWACJE W DOLISTNYM DOKARMIANIU ROŚLIN UPRAWNYCH*

Słowa kluczowe: nawozy dolistne, koncentracje składników w nawozie, forma chemiczna nawozu, dokarmianie roślin, plon

Wstęp

Rośliny pobierają składniki pokarmowe głównie przez korzenie. Są one podstawowymi organami przystosowanymi do tego celu. Jednak rośliny mogą i pobierają składniki mineralne także przez liście oraz zielone części roślin. Mimo iż wszystkie składniki pokarmowe mogą być podawane i pobierane przez liście, występują ograniczenia co do ilości pobrania niektórych z nich (1, 13, 20). Tą drogą można dostarczyć tylko niewielką ilość makroskładników w stosunku do potrzeb rośliny, szczególnie jeśli chodzi o podstawowe makroelementy, do których należą NPK. Stąd też nawożenie dolistne traktowane jest jako uzupełnienie podstawowego nawożenia doglebowego roślin i określane jest mianem ich dokarmiania. Chociaż w przypadku mikroelementów, ze względu na niewielkie potrzeby roślin, tą drogą można podać nawet całą dawkę składnika (10, 16, 18).

Dokarmianie dolistne jest jedną z form nawożenia pogłównego, gdzie nawóz w postaci roztworu wodnego jest podawany na liście roślin w formie oprysku, najczęściej jako uzupełnienie nawożenia doglebowego. Podstawowym kryterium efektywności tego sposobu nawożenia jest tempo absorpcji i przemieszczania składników pokarmowych wewnątrz rośliny. Składniki pokarmowe pobierane są przez liście w postaci kationów i anionów. Kationy, podane zwłaszcza w formie soli, na ogół pobierane są szybciej od anionów. Z badań wynika, iż przez liście najszybciej pobierany jest azot, następnie magnez i sód, w dalszej kolejności cynk, mangan, bor, a dużo wolniej potas, fosfor czy siarka (20). Główną zaletą dolistnego dokarmiania jest szybkość i efektywność działania składnika (14, 20). Przyjmuje się, iż mikroelementy są 10-, a niektóre nawet 30-krotnie lepiej wykorzystywane przez rośliny w porównaniu

* Opracowanie wykonano w ramach zadania 2.2 w programie wieloletnim IUNG-PIB.

z ich dogłębowym stosowaniem (10, 16). Dokarmianie dolistne to metoda bardziej przyjazna dla środowiska, która pozwala uzyskać wysoką efektywność wykonywanego zabiegu, przy jednoczesnym ograniczeniu strat, bowiem ilość nawozu użytego do nawożenia, zwłaszcza jeśli chodzi o mikroelementy, jest stosunkowo niewielka w porównaniu ze standardowymi metodami nawożenia (16).

Dolistne dokarmianie roślin jest nieodzownym elementem rolnictwa intensywnego i zrównoważonego. Może być stosowane zapobiegawczo dla pełnego pokrycia potrzeb pokarmowych roślin lub interwencyjnie – w przypadku niedoboru składników pokarmowych (1, 2, 3, 9, 14, 18, 20, 22). Celem dokarmiania zapobiegawczego jest uzyskanie wysokich plonów roślin poprzez eliminowanie ukrytych niedoborów składników pokarmowych. Dotyczy to przede wszystkim intensywnych upraw i krytycznych faz wzrostu, kiedy to z różnych względów korzeń nie jest w stanie dostarczyć wymaganej ilości składników, nawet przy ich wystarczającej zawartości w glebie. Jak podają *Szewczuk i Sugier* (19), uzyskanie wysokich plonów, np. powyżej 5 t z hektara ziarna zbóż lub ponad 4 t z ha nasion rzepaku, bez dokarmiania roślin w okresie wegetacji nawozami dolistnymi jest mało realne.

Na krajowym rynku istnieje szeroka gama nawozów dolistnych (ponad 200) i dlatego warto wiedzieć, czym kierować się przy wyborze konkretnego produktu pod określone uprawy. Mimo dużej liczby produktów w tej grupie nawozów, oferta nie jest zbyt różnorodna, gdyż producenci wprowadzając nowe środki na rynek, rzadko modyfikują podstawowy skład nawozu. Zazwyczaj tylko proporcje składników są zmieniane lub dodawane są inne związki chelatujące czy kompleksujące, fitohormony oraz adiuwanty. Dodatki takie jak fitohormony czy adiuwanty można dzisiaj kupić oddzielnie, co na ogół jest tańszym i korzystniejszym rozwiązaniem (18).

Celem opracowania jest zatem przybliżenie wiedzy na temat dostępnych na polskim rynku nawozów dolistnych, przykładowych zaleceń ich aplikacji w dokarmianiu roślin uprawy polowej, a także efektywności plonotwórczej ich stosowania.

Rynek nawozów dolistnych w Polsce

Jeszcze do roku 1970 rynek nawozów dolistnych zdominowany był głównie przez produkty oparte na nieorganicznych związkach, występujących w postaci soli. Od lat 80. XX wieku zaczęto wprowadzać na polski rynek różne warianty „schelatowanych” i „skompleksowanych” różnymi związkami organicznymi nawozy mikroelementowe. Określenie „schelatowany składnik pokarmowy” oznacza jego związanie przez jeden z wielu związków organicznych, w skrócie określanym jako: EDTA, DTPA, EDDHA, HEEDTA i in. Na przykład EDTA to kwas etylenodiaminotetraoctowy ($C_{10}H_{16}O_8N_2$), DTPA – kwas dietylenotriaminopentaoctowy ($C_{14}H_{23}O_{10}N_3$). Jednym z ważniejszych kryteriów wyboru rodzaju chelatora jest współczynnik stabilności, który informuje o sile wiązania metalu z czynnikiem chelatującym. Wyższy współczynnik oznacza lepszą stabilność. Tak dla przykładu, współczynnik

stabilności dla EDTA i EDDHA z żelazem (Fe^{3+}) wynosi odpowiednio: 25 i 33,9 (19). Natomiast określenie „skompleksowany składnik pokarmowy” oznacza jego zwiążanie ze związkiem kompleksującym innym niż wyżej wymienione chelaty, np. z kwasem cytrynowym, askorbinowym, bursztynowym. Należy dodać, że chelatowane mogą być tylko metale, natomiast kompleksowane zarówno metale, jak i niemetale.

Mając na uwadze szeroką gamę dostępnych na naszym rynku nawozów dolistnych, można za Szewczukiem i Sugier (19) podzielić je według następujących kryteriów: właściwości fizycznych, formy chemicznej, dodatkowych składników i substancji poprawiających cechy użytkowe nawozów, liczby i rodzaju pierwiastków występujących w nawozach oraz ich przeznaczenia. Poniżej podano podział nawozów w zależności od rodzaju kryterium.

Właściwości fizyczne

- płynne i zawiesinowe, powszechne w stosowaniu, wygodne w użyciu, charakteryzujące się na ogół mniejszą koncentracją składników;
- krystaliczne (sypkie), z reguły charakteryzują się wyższą koncentracją składników oraz niższą ceną jednostkową czystego składnika.

Forma chemiczna

- w postaci soli lub tlenków, obecnie rzadziej stosowane ze względu na gorsze wykorzystanie zawartych w nich składników pokarmowych;
- w postaci schelatowanej lub skompleksowanej, co umożliwia lepsze wykorzystanie składników przez rośliny.

Dodatkowe składniki i substancje poprawiające cechy użytkowe nawozów

- bez dodatkowych składników, obecnie dominują na rynku;
- z dodatkiem innych składników mineralnych, np. Na, Si, Co, J, Ti i Se. Dodatki te pełnią różne funkcje i są zalecane pod określone uprawy lub jako uniwersalne, np. tytan (Ti). Krzem (Si) i Tytan (Ti) spełniają funkcje ochronne przeciwko patogenom grzybowym lub traktowane są jako biostymulatory;
- z dodatkiem substancji poprawiających cechy użytkowe nawozu i zwiększające przyswajalność składników pokarmowych, np. regulatorów wzrostu (głównie auksyn), emulgatorów, środków obniżających napięcie powierzchniowe, zwiększających przyczepność, rozluźniających zewnętrzne warstwy liścia (kutykuli);
- charakteryzujących się wysoką wartością pH (11,5-13,5), co ogranicza rozwój patogenów.

Liczba i rodzaj pierwiastków występujących w nawozach

- pojedyncze, z reguły z bardzo dużą koncentracją składnika;
- wieloskładnikowe, zawierające co najmniej dwa pierwiastki. Do tej grupy

należą nawozy kilkuskładnikowe (2-5 pierwiastków), z wyższą koncentracją składników oraz typowe nawozy wieloskładnikowe, zawierające więcej niż 5 pierwiastków (najczęściej 8-12), zazwyczaj o mniejszej koncentracji;

- makroelementowe, z wysoką koncentracją makroelementów;
- mikroelementowe, zawierające głównie mikroelementy, niekiedy z dodatkiem azotu i magnezu. Te nawozy dominują na naszym rynku.

W zależności od przeznaczenia

- pod określoną uprawę, a nawet fazę rozwojową rośliny;
- uniwersalne, zalecane pod szeroką gamę roślin uprawnych.

Jakimi kryteriami kierować się przy wyborze nawozu?

Przy wyborze nawozu dolistnego pod określone uprawy należy przede wszystkim kierować się koncentracjami poszczególnych składników oraz właściwościami fizykochemicznymi nawozu. Obecnie na polskim rynku dominują płynne dolistne nawozy wieloskładnikowe. Ich zaletą jest niska cena oraz szeroka gama składników w nich zawartych, a także łatwa w użyciu płynna forma. Natomiast wadą, zwłaszcza płynnych, są niskie koncentracje składników, chociaż w nawozach krystalicznych ich koncentracje mogą być znacznie większe. Stąd też, w wyniku ich pojedynczej aplikacji nalistnej, nie jest możliwe pokrycie potrzeb pokarmowych roślin, w związku z tym konieczne jest ich wielokrotne stosowanie. Funkcjonujące na rynku krajowym dolistne nawozy wieloskładnikowe, w zależności od koncentracji składników, S z e w c z u k i S u g i e r (19) podzielili na 4 grupy, o niskiej, średniej, wysokiej i bardzo wysokiej zawartości makro- i mikroskładników (tab. 1). Z rolniczego punktu widzenia najlepsze są nawozy o bardzo wysokich koncentracjach składników. Dlatego też godne uwagi są nawozy jedno- i kilkuskładnikowe (do 5 składników), które charakteryzują się na ogół wyższymi koncentracjami pierwiastków i które mogą być stosowane zarówno osobno, jak i łącznie z innymi nawozami wieloskładnikowymi.

Ze względu na formę chemiczną nawozu i wykorzystanie składników pokarmowych przez rośliny, znacznie lepsze są produkty, w których składniki występują w postaci organicznych związków chelatujących lub innych kompleksów organiczno-mineralnych, w porównaniu do nawozów, w których składniki występują w postaci soli. W tych drugich, przy ich aplikacji, istotne znaczenie odgrywa fitotoksyczność, która może występować już przy stosunkowo niskich koncentracjach, co uniemożliwia stosowanie roztworów o wyższych stężeniach. Ponadto podane na liście składniki w formie soli potrzebują dodatkowych nośników w roślinie, którymi najczęściej są białka, aminokwasy czy inne związki organiczne ułatwiające transport jonu do komórki i wewnątrz niej (20). Stąd też zrodził się pomysł stosowania mineralnych składników pokarmowych w formie chelatów. Są to związki, które składają się

z atomu metalu połączonego kilkoma wiązaniami koordynacyjnymi ze związkiem organicznym – chelatorem, tworzące budowę pierścieniową. Stosowanie chelatów w dokarmianiu roślin nie zwiększa pobierania danego składnika przez części nadziemne roślin w porównaniu z pobieraniem tych składników w formie soli mineralnych, ale zapewnia szybszą absorpcję i przemieszczanie się w roślinie, a ponadto sprzyja ich metabolizmowi (14, 20).

Tabela 1

Ocena zawartości makro- i mikroelementów
w dolistnych nawozach wieloskładnikowych (w % wagowych)

Składnik	Ocena zawartości			
	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
N	do 5,0	5,1-10,0	10,1-20,0	>20,0
P	do 1,5	1,6-2,5	2,6-5,0	>5,0
K	do 5,0	5,1-10,0	10,1-20,0	>20,0
Mg	do 1,5	1,6-3,0	3,1-5,0	>5,0
S	do 1,5	1,6-3,0	3,1-5,0	>5,0
B	do 0,4	0,5-0,8	0,9-1,2	>1,2
Cu	do 0,3	0,4-0,6	0,7-1,0	>1,0
Zn	do 0,4	0,5-0,8	0,9-1,2	>1,2
Mn	do 0,5	0,6-0,9	1,0-1,5	>1,5
Fe	do 0,5	0,6-0,9	1,0-1,5	>1,5
Mo	do 0,005	0,006-0,009	0,01-0,03	>0,03

Źródło: Szewczuk i Sugier, 2009 (19)

Dolistne dokarmianie roślin uprawy polowej

Jednym z warunków uzyskiwania dużych plonów roślin jest zbilansowany system nawożenia dostosowany do potrzeb pokarmowych i nawozowych danej rośliny. Każdy gatunek ma swoje wymagania pokarmowe, a co za tym idzie i wymagania nawozowe co do ilości niezbędnych składników makro- i mikro-, jakie roślina musi pobrać dla wydania odpowiedniego plonu. Na przykład rzepak zaliczany jest do roślin o większych wymaganiach pokarmowych w porównaniu ze zbożami (5). Z badań IUNG-PIB wynika, że z plonem nasion w wysokości 4 t/ha rośliny rzepaku pobierają średnio około: 220 kg N, 43 kg P, 230 kg K, 25 kg Mg, 60 kg S, a także znaczne ilości mikroelementów: 240 g B, 400 g Mn, 420 g Zn, 100 g Cu oraz 6 g Mo. Natomiast zboża, średnio z plonem ziarna 4 t/ha, wynoszą około: 120 kg N, 22 kg P, 72 kg K, 10 kg Mg oraz: 20 g B, 400 g Mn, 320 g Zn, 36 g Cu, 4 g Mo. Plony zbóż w gospodarstwach produkcyjnych często są większe niż 4 t/ha, więc i potrzeby

pokarmowe i nawozowe w stosunku do oczekiwanego plonu są odpowiednio wyższe. Chcąc pokryć potrzeby pokarmowe roślin, należy zaplanować odpowiednią strategię zbilansowanego i zrównoważonego ich nawożenia, uwzględniającą zapotrzebowanie roślin na wszystkie niezbędne makro- i mikroskładniki oraz nawożenie nie tylko dogłębowe, ale również dolistne (7).

Jak wykazały badania, gleby Polski aż w 75% charakteryzują się niedostateczną zawartością boru (B), 40% jest ubogich w miedź (Cu), 20% w molibden (Mo) i około 10% w cynk (Zn) i mangan (Mn) (16). Ponadto często mikroelementy, nawet przy wystarczającej zasobności gleb w ww. składniki, przy pH wyższym od 6,5, są trudniej lub nawet niedostępne dla uprawianych roślin. Także w niesprzyjających warunkach pogodowych część składników pokarmowych z gleby jest słabo dostępna dla roślin, stąd tak ważne jest dostarczenie ich roślinom w aplikacji dolistnej.

Mimo, że mikroelementy pobierane są przez rośliny w niewielkich ilościach, w porównaniu z makroelementami, od kilku gramów do około 2 kg z ha, to są pierwiastkami niezbędnymi w ich żywieniu, bez których rośliny nie mogłyby rosnąć i wydać odpowiedniego plonu. Generalnie rola mikroelementów w roślinach sprowadza się głównie do regulacji procesów biochemicznych, tym niemniej funkcja każdego z nich jest ogromna i nie może być zastąpiona innym pierwiastkiem. Jako składniki lub aktywatory enzymów, mikroelementy uczestniczą w wielu reakcjach metabolicznych oraz spełniają bardzo ważne funkcje fizjologiczne w roślinach, m.in. decydujące o efektywnym wykorzystaniu azotu, potasu, fosforu oraz pozostałych makroelementów. Niedobór mikroelementów w roślinach prowadzi w pierwszej kolejności do zahamowania podstawowych procesów, w tym fotosyntezy i dystrybucji asymilatów (9, 21) oraz do większej podatności roślin na niekorzystne warunki środowiska, a następnie do obniżenia wielkości plonu i pogorszenia jego jakości. W intensywnych technologiach uprawy roślin, nawożenie dolistne azotem, magnezem oraz mikroelementami, a niekiedy potasem i fosforem, ma na celu nie tylko uzupełnić ich niedobory, ale także spełniać rolę stymulatorów przyrostu biomasy, plonu organów rolniczo użytecznych.

W tabeli 2 podano przykładowe zalecane terminy i fazy rozwojowe dla dolistnego dokarmiania niektórych, ważniejszych upraw polowych. Do dokarmiania roślin najczęściej stosuje się wieloskładnikowe nawozy płynne z mikroelementami, wodny roztwór mocznika oraz jedno- lub siedmiowodny roztwór magnezu. Zabieg ten często wykonuje się w połączeniu z zabiegami i środkami ochrony roślin. Wieloskładnikowe nawozy płynne, oprócz mikroelementów, zawierają zestaw makroskładników dla konkretnego gatunku rośliny, przy zachowaniu odpowiednich proporcji między składnikami. Wiadomo bowiem, iż każdy gatunek rośliny ma inne wymagania pokarmowe i jest szczególnie wrażliwy na niedobór konkretnego składnika, szczególnie odnosi się to do mikroelementu (tab. 2).

Tabela 2

Zalecane fazy rozwojowe i terminy stosowania nawozów z dodatkiem mocznika, magnezu i mikroelementów w dolistnym dokarmianiu niektórych upraw

Roślina	Faza rozwojowa lub termin oprysku	Stężenie w % cieczy roboczej		Mikroelementy	
		mocznika	magnezu	stężenie wg zaleceń producenta	wrażliwe na niedobór
Zboża	1. Ozime – w połowie października	-	do 5	+	miedź, cynk, mangan
	2. Ozime i jare – w f. krzewienia	do 15	do 5	+	
	3. P. strzelania w źdźbło – wiosna	do 10	do 5	+	
	4. Po wytworz. liścia flagowego	do 8	do 5	+	
	5. W fazie nalewania ziarna	do 6	-	-	
Rzepak	1. Ozimy – w poł. października	-	do 5	+	bor, mangan, molibden
	2. Ozimy – po ruszeniu vegetacji	do 15	do 5	+	
	Jary – po wytworzeniu 6-8 liści	do 15	do 5	+	
	3. W fazie zielonego pąka	do 10	do 5	+	
4. W fazie zielonej luszczyny	do 8	do 5	+		
Ziemniak	1. Przed zwarciem międzyrzędzi	do 6	do 5	+	miedź, cynk, mangan
	2. Przed kwitnieniem	do 6	do 5	+	
	3. Po 2 tygodniach	do 6	do 5	+	
Burak	1. W fazie 6-8 liści	do 6	do 5	+	bor, mangan, molibden
	2. Po 2 tygodniach	do 6	do 5	+	
	3. Przed zakryciem międzyrzędzi	do 6	do 5	+	
Kukurydza	1. Po wytworzeniu 6. liścia	do 6	do 5	+	cynk, bor, miedź, mangan
	2. Po około 10 dniach	do 6	do 5	+	
	3. Po około 10 dniach	do 6	do 5	+	

* podane stężenie dotyczy $MgSO_4 \cdot 7H_2O$, w przypadku $MgSO_4 \cdot H_2O$ stosować w stężeniu do 2,5%.

Źródło: opracowanie własne

Obecnie w intensywnych technologiach uprawy roślin zaleca się, niezależnie od nawożenia dogłębowego, kilkakrotne dolistne dokarmianie roślin (3, 9, 17). Pierwsze stosuje się w przypadku zbóż i rzepaku ozimego przed zimą, około połowy października (tab. 2). Celem jesiennego dokarmiania jest lepsze odżywienie roślin i zapewnienie tzw. dobrego „startu” poprzez dostarczenie młodym roślinom wszystkich niezbędnych składników w postaci łatwo przyswajalnych form makro- i mikroelementów oraz poprawienie ich zimotrwałości. Następne stosuje się na wiosnę i obejmuje fazę ruszenia vegetacji (czy w przypadku zbóż jarych fazę krzewienia), strzelania w źdźbło oraz fazę po kwitnieniu roślin – a nawet fazę nalewania i wypełniania ziarna (w pszenicach jakościowych). Są to fazy krytyczne w rozwoju zbóż,

a nawożenie w tych fazach ma na celu zabezpieczenie i dostarczenie roślinom łatwo dostępnych składników pokarmowych, stosownie do ich potrzeb. Przy dolistnym dokarmianiu roślin należy zwracać uwagę na dopuszczalne stężenia roztworu, szczególnie mocznika, w zależności od fazy rozwojowej roślin (tab. 2). Zasadą jest, że rośliny młodsze znoszą większe obciążenie tym składnikiem, stąd w młodocianych stadiach rozwojowych dopuszcza się wyższe stężenia roztworu mocznika, dochodzące nawet do 15%. Natomiast rośliny starsze są bardziej wrażliwe i wówczas zaleca się 6% roztwór mocznika, a niekiedy nawet 4%.

Dokarmianie nalistne roślin stosuje się także w przypadku uzupełnienia niedoborów składników pokarmowych, wynikających nie tylko z niskiej zawartości w glebach, ale także z utrudnionego ich pobierania, nawet przy wysokiej zasobności gleb, co m.in. ma miejsce przy pH gleby $>6,5$, gdzie wszystkie mikroelementy, za wyjątkiem molibdenu, ulegają uwsteczniению. Ponadto dolistne dokarmianie wielu roślin daje dobre efekty w warunkach utrudnionego pobierania składników w czasie suszy czy chłodu.

Optymalne warunki prawidłowej aplikacji dolistnej nawozu

- Ciecz użytkową, przeznaczoną do dolistnego dokarmiania roślin należy przygotować bezpośrednio przed jej stosowaniem, żeby nie zachodziły w niej niekorzystne reakcje chemiczne między zmieszanyimi środkami.
- Ciecz robocza powinna mieć temperaturę wyższą od 10°C. Jest to ważne, gdy zabieg wykonuje się przy wysokich temperaturach powietrza, aby nie powodować dodatkowego stresu roślin i ich poparzeń.
- Przy sporządzaniu cieczy roboczej należy zachować bezpieczne stężenia składników (zwłaszcza mocznika) oraz kolejność ich łączenia; najpierw mocznik, następnie siarczan magnezu, mikroelementy, a na końcu środek ochrony roślin.
- Do sporządzanego roztworu nawozów można dodać jeden środek ochrony roślin (grzybo- lub owadobójczy), zgodnie z instrukcją jego stosowania. Wskazany jest też dodatek zwilżacza.
- W przeliczeniu na 1 ha należy przewidzieć około 300 litrów roztworu cieczy roboczej. Zasadą jest, by równomiernie zwilżyć rośliny, a jednocześnie, by nanieiony roztwór nie spływał z liści do gleby.
- Optymalną temperaturą dla wykonania oprysku roślin oraz dobrej przyswajalności podawanych składników jest 12-20°C. Po przekroczeniu 25°C oprysk nie powinien być wykonywany, gdyż może powodować uszkodzenia (poparzenia) roślin.
- Opryski należy wykonywać wieczorem lub całonocowo w pochmurny dzień. Wybierając termin oprysku, należy uwzględnić prognozę pogody, aby w okresie 48 godzin po oprysku nie spadł większy deszcz.

Wpływ dolistnego dokarmiania na plon i jego jakość

Czynnikami wpływającymi na pobieranie składników przez nadziemne części roślin są: czynniki środowiskowe (m.in. warunki klimatyczne, pora dnia), roślinne (gatunek, wiek liścia, turgor liścia, kutykula, ektodesmy i in.) oraz oprysk (stężenie, technika opryskiwania, czynnik zwilżający, higroskopijność, forma stosowanego związku i in.). Niektóre z tych czynników działają bezpośrednio i dwukierunkowo, np. światło i temperatura. Oba te czynniki sprzyjają powstawaniu powłoki woskowej, ale równocześnie sprzyjają aktywnemu pobieraniu. Inne są niejako współzależne, np. grubość powłoki woskowej i wiek liścia. Bogactwo czynników wpływających na absorpcję składników pokarmowych przez nadziemne części roślin (liść) prowadzi do dużej zmienności w pobieraniu, a tym samym dużej zmienności w plonowaniu roślin (20). W związku z tym, wyniki doświadczeń nie zawsze są jednoznaczne pod względem wysokości, jak i jakości plonu.

Efektywność dolistnego dokarmiania roślin zależy od zastosowanego asortymentu nawozów, ilości zabiegów, technologii stosowania, gatunku rośliny oraz warunków pogodowych. Na przykład w trzyletnich badaniach polowych Jabłońskiego (6), dotyczących dolistnego dokarmiania ziemniaka różnymi nawozami, podawanymi w dwóch terminach, stwierdzono istotny wzrost plonu ogólnego (od 4 do 12%) i handlowego (6,7-15,5%) ziemniaka w stosunku do obiektów kontrolnych, w których nie stosowano nawozów dolistnych (tab. 3). Ponadto w tych doświadczeniach wykazano także, że badane nawozy mikroelementowe nie miały istotnego wpływu na zawartość skrobi w bulwach.

Tabela 3

Wpływ dolistnego nawożenia Basfoliarem 36 E i ADOB Mn
na plon ziemniaków i zawartość skrobi

Obiekty	Plon ziarna w t·ha ⁻¹		Zawartość skrobi (%)
	ogólny	handlowy	
Kontrola	41,9	37,3	15,5
Basfoliar 36	46,8	43,1	15,5
Basfoliar 36 E + Solobor	45,8	41,6	15,6
ADOB Mn	44,6	41,4	16,0
Solobor	43,6	39,8	15,9
NIR _{0,05}	3,2	2,6	r.n.

Źródło: Jabłoński, 2003 (6)

Natomiast w trzyletnich badaniach Jareckiego i Bobreckiej-Jamro (8) z pszenicą jarą dokarmianą mocznikiem i Mikrokompleksem stwierdzono, że zastosowane nawozy nie modyfikowały liczby ziaren w kłosie i MTN, jednak plon nasion

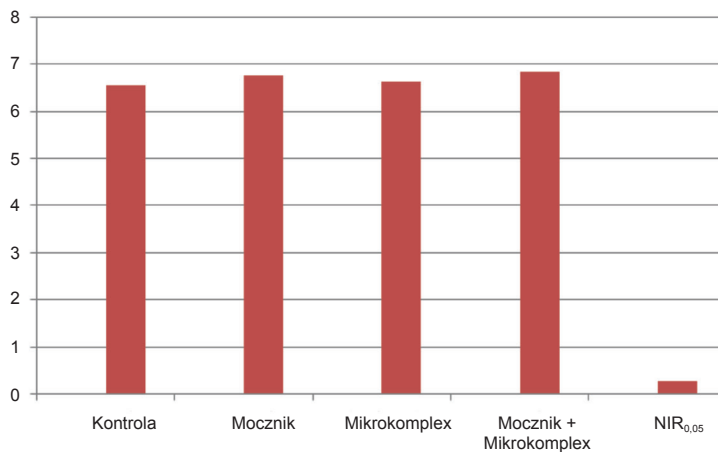
w obiektach dokarmianych był większy w porównaniu z kontrolą, przy czym istotna różnica dotyczyła tylko łącznej aplikacji mocznika i Mikrokomplexu (rys. 1), również największą zawartość białka ogólnego otrzymano w ziarnie ww. obiektów i wyniosła ona 14,6 % w stosunku do kontroli (rys. 2). W badaniach własnych (9) prowadzonych nad efektywnością dolistnego dokarmiania pszenicy i rzepaku ozimego wybranymi nawozami, w ramach ścisłych doświadczeń wazonowych, w warunkach optymalnego podstawowego nawożenia i uwilgotnienia gleby wykazano, że dolistne dokarmianie ww. roślin zawsze prowadziło do wzrostu plonu nasion, niezależnie od układu i zestawu zastosowanych nawozów (tab. 4). Przyrost plonu nasion pszenicy i rzepaku był największy w obiektach, w których dokarmiano rośliny jesienią i wiosną, najszerszym asortymentem nawozów dolistnych i wyniósł 4% dla pszenicy i 7% dla rzepaku w stosunku do obiektów kontrolnych. Wzrost plonu nasion rzepaku związany był z przyrostem liczby łuszczyń z rośliny i z wazonu, a także w niewielkim stopniu ze wzrostem MTN. W przypadku pszenicy o wzroście plonu zdecydowało głównie lepsze wypełnienie ziarna, czyli MTN, a w mniejszym stopniu wzrost liczby kłosów w wazonie. Uzyskany pozytywny efekt plonotwórczy testowanych nawozów w warunkach optymalnych nawożenia podstawowego i nawadniania podłoża świadczył o celowości dolistnego dokarmiania pszenicy i rzepaku ozimego nawet w warunkach uprawy, kiedy wydawałoby się, że dostępność składników pokarmowych jest optymalna.

Tabela 4

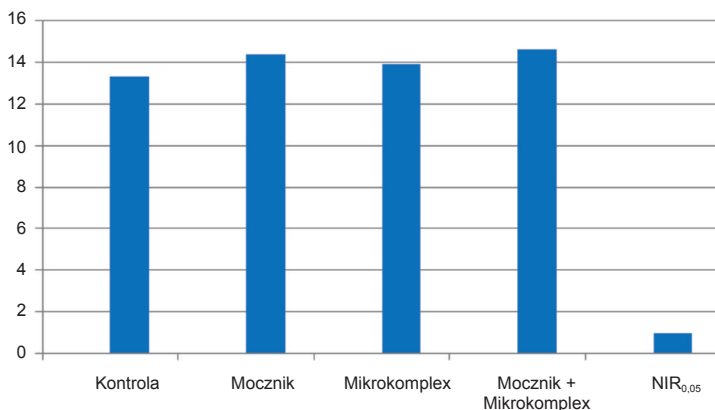
Plony nasion oraz niektóre parametry struktury
plonu pszenicy i rzepaku ozimego (średnie z dwóch lat)

Obiekt	Pszenica ozima			Rzepak ozimy		
	plon (g·waz. ⁻¹)	liczba kłosów	MTN (g)	plon (g·waz. ⁻¹)	liczba łuszczyń	MTN (g)
1. Kontrola	88,0	41,3	41,2	53,3	781,7	3,28
2. Plonvit Z + MgSO ₄ (jesień) + Plonvit Z + MgSO ₄ + Mocznik + Tytanit (2-krotny oprysk roślin wiosną)	91,4	43,0	42,7	57,2	853,0	3,23
3. Plonvit Z + MgSO ₄ + Mocznik + Tytanit (2-krotny oprysk roślin wiosną)	91,0	42,7	42,4	57,0	851,7	3,34
4. Mocznik + Tytanit (2-krotny oprysk roślin wiosną)	90,2	42,0	43,4	55,9	809,0	3,42
NIR _{0,05}	2,18	r.n.	1,22	3,17	33,21	r.n.

Źródło: Kocoń, 2009 (9)

Rys. 1. Plon ziarna pszenicy jarej odmiany Parabola (t·ha⁻¹)

Źródło: Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2011 (8)



Rys. 2. Średnia zawartość białka ogółem (% s.m.) w ziarnie pszenicy jarej (2008-2010)

Źródło: Jarecki i Bobrecka-Jamro, 2011 (8)

Zdaniem Szevczuka (17), rośliny rzepaku w uprawach polowych na ogół reagują pozytywnie na stosowane dokarmianie dolistne, a przyrost plonu nasion często jest znaczący. Cytowany autor, w zależności od ilości stosowanych zabiegów i zestawu użytych nawozów, uzyskał średnio dla rzepaku od 11 do 21% wzrost plonu nasion w porównaniu z kontrolą, w której nie stosowano nawozów dolistnych.

Innowacje w nawozach dolistnych

W ostatnich kilkunastu czy nawet kilku latach, na rynku polskim nastąpił znaczny postęp technologiczny w nawozach dolistnych i dotyczy on m.in. czynnika chelatującego i kompleksującego. Jako czynnik chelatujący wprowadzono IDHA. Innowacyjny czynnik chelatujący nowej generacji, który w odróżnieniu od większości związków chelatujących dostępnych do tej pory na rynku, po aplikacji dolistnej ulega prawie całkowitej biodegradacji. Oznacza to, iż w czasie kilkunastu dni od zastosowania rozkłada się w 80% na proste, nieszkodliwe dla środowiska związki. Ze względu na biodegradowalność oraz odpowiednio wysoką stałą kompleksowania, IDHA stanowi doskonałą alternatywę dla popularnego EDTA. Z łatwością tworzy efektywne agronomicznie połączenia, m.in. z żelazem, miedzią, cynkiem i manganem. Jest doskonale tolerowany przez rośliny i bezpieczny w stosowaniu.

Natomiast nowością wśród czynników kompleksujących są aminokwasy. Obecnie na naszym rynku pojawiły się pierwsze polskie stymulatory i nawozy z aminokwasami do aplikacji dolistnej (15). W badaniach rolniczych prowadzonych w IUNG-PIB, przed dopuszczeniem przez właściwego ministra MRiRW tychże stymulatorów i nawozów na rynek (zgodnie z obowiązującymi procedurami wprowadzania na rynek nowych nawozów i stymulatorów), stwierdzono korzystny wpływ ww. produktów na wybrane procesy fizjologiczne, wzrost i rozwój roślin oraz ich plonowanie. Stwierdzono między innymi istotny wzrost natężenia intensywności fotosyntezy netto, zwiększone pobieranie wybranych składników pokarmowych przez testowane rośliny, przyrost ich biomasy oraz plonu użytecznego rolniczo w stosunku do obiektów kontrolnych, w których nie stosowano ww. nawozów (11, 12). Również pierwsze doniesienia z praktycznego ich stosowania w rolnictwie, w uprawach rolnych i w sadownictwie, są zadowalające. Pozytywny efekt ich stosowania, jak się wydaje, wynika z szybszego i lepszego wykorzystania składników z tych nawozów. Makro- i mikroelementy zawarte w nawozach z aminokwasami pobierane są prawie w całości, w ciągu 2-5 godzin (4). Molekuły aminokwasów, w odróżnieniu od soli technicznych czy syntetycznych chelatów, są znacznie mniejsze, elektrycznie obojętne (15), dzięki czemu mogą być transferowane w komórce rośliny przez ektodesmy do membrany plazmatycznej (plazmalemmy). Końcowa absorpcja minerałów z plazmalemmy do cytoplazmy jest możliwa dzięki aminokwasom zawartym w nawozie. Aminokwasy, dzięki pełnej kompatybilności z metabolizmem nawożonych roślin, zapewniają szybki i łatwy transport składników odżywczych wewnątrz roślin do miejsc, w których jest największy deficyt danego składnika. Dzięki tym zaletom, nawozy zawierające aminokwasy, mimo że są droższe niż tradycyjne, zyskują coraz większą popularność.

Ostatnie lata to również innowacje w nawozach dolistnych polegające na zastosowaniu nanotechnologii. Innowacyjność tzw. „nanonawozów” polega na możliwości otrzymywania i zastosowania struktur, których przynajmniej dla jednego wymiaru

jednostką naturalną jest nanometr, czyli 10^{-9} metra. Struktury takie cechują osobliwe możliwości działania fizycznego, chemicznego i biologicznego. Z uwagi na nano rozmiary, uzyskujemy większą powierzchnię czynną, co oznacza bardzo szybką ich absorpcję przez przestrzenie międzykutykularne, przetchlinki i aparaty szparkowe. Bardzo małe rozmiary umożliwiają szybkie przemieszczanie się nanocząsteczek po całej roślinie.

Podsumowanie

Dolistne dokarmianie roślin daje na ogół dobre efekty w gospodarstwach reprezentujących wysoki poziom agrotechniki, przy oczekiwanych dużych plonach. Prawidłowo zastosowane dolistne dokarmianie roślin wykazuje szereg wymiernych zalet w porównaniu z niektórymi elementami tradycyjnej techniki nawożenia, m.in. lepsze i szybsze wykorzystanie składników, zwłaszcza mikroelementów, ze względu na mniejsze ilości stosowane w dolistnej aplikacji, w porównaniu z nawożeniem doglebowym. Ponadto dozowanie składników pokarmowych w niewielkich dawkach, w zależności od potrzeb roślin, zapobiega zanieczyszczeniu środowiska.

Oferowane na rynku nawozy do dolistnego dokarmiania roślin można podzielić według różnych kryteriów, jednak najważniejszym kryterium, którym należy się kierować przy wyborze nawozu jest koncentracja składników i związana z tym możliwość zaspokajania potrzeb pokarmowych roślin, a także właściwości fizykochemiczne nawozu. Obecnie preferowane są nawozy dolistne, w których składniki występują w postaci schelatowanej lub skompleksowanej, gdyż taka forma umożliwi lepsze ich wykorzystanie przez rośliny w porównaniu do form w postaci soli lub tlenków, z których wykorzystanie składników pokarmowych jest gorsze. W ostatnich latach na rynku polskim nastąpił znaczny postęp technologiczny w nawozach dolistnych, który dotyczy m.in. czynnika chelatującego i kompleksującego. Jako czynnik chelatujący wprowadzono IDHA, który po aplikacji ulega prawie całkowitej biodegradacji. Natomiast nowością wśród czynników kompleksujących są aminokwasy. Obecnie na naszym rynku pojawiły się już pierwsze polskie nawozy i stymulatory z aminokwasami do aplikacji dolistnej. Wstępne wyniki badań rolniczych oraz ich stosowanie w produkcji rolniczej wypadają obiecująco. Nowością wśród nawozów dolistnych są również nanonawozy dolistne, które ze względu na bardzo małe rozmiary związków, uzyskują większą powierzchnię czynną, co przekłada się na szybszą absorpcję i przemieszczanie składników w roślinie.

Literatura

1. Alexander A. : Optimum timing of foliar nutrient sprays: Foliar fertilization (Ed. A. Alexander). Berlin, Martinus Nijhoff Publishers, 1986, 44-60.
2. Czuba R., Sztuder H., Świerczewska M. : Dolistne dokarmianie rzepaku ozimego i gorczycy białej azotem, magnezem i mikroelementami. Wyd. IUNG Puławy, 1995, **P(58)**, ss. 26.
3. Faber A., Kęsik K., Winiarski A. : Ocena skuteczności krajowych wieloskładnikowych nawozów dolistnych w doświadczeniach wazonowych i polowych. Mat. Sem. Nauk. Dolistne dokarmianie i ochrona roślin w świetle badań i doświadczeń praktyki rolniczej. Wyd. IUNG Puławy, 1998, 170-179.
4. <http://www.farmer.pl/produkcja-roslinna/nawozy/nawozy-aminokwasowe-rewolucja-w-nawozeniu,51305.html> (Data dostępu: 21.06.2016 r.).
5. <http://www.iung.pl/dpr/nawozenie.html> (Data dostępu: 22.06.2016 r.).
6. Jabłoński K. : Wpływ dolistnego nawożenia ziemniaka nawozami dolistnymi ADOB na plon roślin i jego strukturę oraz porażenie bulw ziemniaka. Acta Agrophysica, 2003, **85**: 137-143.
7. Jadczyzyn T., Kowalczyk J., Lipiński W. : Nawożenie mineralne na gruntach ornych i trwałych użytkach zielonych. Instrukcja upowszechnieniowa, IUNG-PIB, Puławy 2013, **184**.
8. Jarecki W., Bobrecka-Jamro D. : Reakcja pszenicy jarej odmiany Parabola na dolistne dokarmianie mocznikiem i Mikrokomplexem. Biuletyn IHAR, 2011, **262**: 39-45.
9. Kocóń A. : Efektywność dolistnego dokarmiania pszenicy i rzepaku ozimego wybranymi nawozami w warunkach optymalnego nawożenia i wilgotności gleby. Ann. UMCS Sect. E Agricultura, 2008, **63**: 23-28.
10. Kocóń A. : Perspektywy stosowania mikroelementów w uprawach rolniczych. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2010, **25**: 43-51.
11. Kocóń A. : Określenie wpływu nawozu organiczno-mineralnego AMINOHORT na plonowanie kukurydzy uprawianej na kiszonce. Sprawozdanie z badań. IUNG-PIB, Puławy, 2015, ss. 11.
12. Kocóń A. : Określenie wpływu stymulatora wzrostu AGRO-SORB Folium na wzrost, wybrane procesy fizjologiczne i plonowanie rzepaku ozimego. Sprawozdanie z badań. IUNG-PIB, Puławy, 2015, ss. 12.
13. Marschner H. : Mineral Nutrition of Higher Plants. Academic Press., London, 1995.
14. Michałojć Z., Szewczuk C. : Teoretyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. Acta Agrophysica, 2003, **85**: 9-17.
15. Popko A. : Dolistne nawozy organiczno-mineralne wzbogacone w mikroelementy na bazie hydrolizatu białka keratyny. Streszczenie pracy doktorskiej. www.wch.pwr.edu.pl/files/prv/id1/...popko/popko_streszczenie_pracy_pol.pdf
16. Stanisławska-Głubiak E., Korzeniowska J. : Zasady nawożenia mikroelementami roślin uprawnych. Studia i Raporty IUNG-PIB, Puławy, 2007, **8**: 99-110.
17. Szewczuk C. : Wpływ stosowania wybranych nawozów dolistnych na przetrwanie i plony nasion rzepaku ozimego. Acta Agrophysica, 2003, **85**: 289-295.
18. Szewczuk C., Michałojć Z. : Praktyczne aspekty dolistnego dokarmiania roślin. Acta Agrophysica, 2003, **85**: 19-29.

-
19. Szewczuk Cz., Sugier D.: Ogólna charakterystyka i podział nawozów dolistnych oferowanych na polskim rynku. *Annales UMCS Sec. E.*, 2009, **LXIV(1)**: 29-36.
 20. Warchołowa M.: Fizjologiczne podstawy dolistnego dokarmiania roślin. *Mat. Sem. Nauk. Dolistne dokarmianie i ochrona roślin w świetle badań i doświadczeń praktyki rolniczej.* Wyd. IUNG Puławy, 1988, 5-23.
 21. Wojcieszka-Wyskupajtys U.: Fotosynteza netto w warunkach stresu świetlnego i żywieniowego. *Ekofizjologiczne aspekty reakcji roślin na działanie abiotycznych czynników stresowych.* Kraków, 1996, 567-573.
 22. Wójcik P.: Pobieranie składników mineralnych przez części nadziemne roślin z nawożenia pozakorzeniowego. *Post. Nauk Roln.*, 1998, **1**: 49-64.
-

Adres do korespondencji:

dr Anna Kocoń
Zakład Żywienia Roślin i Nawożenia
IUNG-PIB
ul. Czartoryskich 8
24-100 Puławy
tel. 81 47 86 833
e-mail: akocon@iung.pulawy.pl

