

## Agrotechnika i mechanizacja

# ORGANICZNE I MINERALNE NAWOŻENIE ZIEMNIAKA W INTEGROWANYM SYSTEMIE PRODUKCJI

## ORGANIC AND MINERAL FERTILIZATION OF POTATO IN AN INTEGRATED PRODUCTION SYSTEM

dr inż. Cezary Trawczyński ORCID: 0000-0003-2338-0707  
IHAR-PIB Oddział w Jadwisinie, Zakład Agronomii Ziemniaka  
e-mail: c.trawczynski@ihar.edu.pl

### Streszczenie

Jednym z głównych elementów agrotechniki w aspekcie wielkości uzyskiwanego plonu i jakości bulw ziemniaka jest nawożenie. Z uwagi na dość długi okres pobierania składników pokarmowych przez ziemniak, jak również znaczną w porównaniu z innymi gatunkami roślin rolniczych masę wytwarzanego plonu, należy dążyć do możliwie optymalnego zaopatrzenia go w składniki mineralne w ciągu całego okresu wegetacji. Równie ważne jest podstawowe nawożenie przed sadzeniem bulw, jak i uzupełniające, stosowane w okresie wegetacji. Kompleksowe, pełne zaopatrzenie w składniki pokarmowe przekłada się bezpośrednio na wzrost plonu i jakość bulw. Omówiono główne zasady dotyczące nawożenia ziemniaka, rodzaje nawozów, wielkości dawek składników i terminy ich stosowania.

**Słowa kluczowe:** dawka składnika, rodzaj nawozu, system integrowany, termin stosowania, ziemniak

### Abstract

One of the main elements of agricultural technology in terms of the yield and quality of potato tubers is fertilization. Due to the relatively long period of nutrient uptake by potato, as well as the significant mass of the produced crop compared to other types of agricultural plants, it is necessary to strive for an optimal supply of minerals throughout the growing season. The basic fertilization performed before planting the tubers is equally important as the supplementary fertilization applied during the growing season of the potato plants. A comprehensive and complete supply of nutrients directly translates into an increase in yield and quality. The article discusses the main principles of fertilization of potato grown in the integrated production system, related to the type of fertilizers, the size of the component doses, and the date of their application.

**Keywords:** application date, ingredient dose, integrated system, potato, type of fertilizer

**E**lementem produkcji ziemniaków w znacznym stopniu wpływającym na wielkość plonu i jakość bulw oraz wysokość ponoszonych nakładów na ich uprawę jest nawożenie. Szacuje się, że rolnik przeznaczają na nawozy i ich stosowanie ok. 30% środków przeznaczonych na produkcję (Gugała i in. 2014). Należy dążyć więc do jak najbardziej efektywnego ich wykorzystania, o czym decyduje – oprócz wielkości dawki – również rodzaj nawozu, jego forma oraz termin zastosowania. Według obowiązujących od 1 stycznia 2014 r. zasad integrowanej ochrony roślin (Integrated Pest Management – IPM) jednym z głównych celów nawożenia ziemniaka powinno być utrzymanie właściwej żyzności gleby oraz dostosowanie nawożenia fosforem i potasem do wymagań pokarmowych z uwzględnieniem aktualnej zasobności gleby w te składniki, nawożenia azotem do wymagań poszczególnych odmian oraz dodatkowo monitorowanie stanu odżywienia roślin w okresie wegetacji i na tej podstawie stosowanie dokarmiania dolistnego (Nowacki 2020).

Jednym z głównych elementów utrzymania prawidłowej żyzności gleby w systemie integrowanej produkcji ziemniaków jest stosowanie nawozów naturalnych (obornik, gnojowica, gnojówka) i organicznych (kompost, słoma, zielona masa roślin międzyplonowych). Stanowią one nie tylko źródło substancji organicznej, a później próchnicy, ale również dostarczają znacznych ilości podstawowych makroelementów (N, P, K, Ca, Mg) oraz niezbędnych mikroelementów (Fe, Mn, Zn, Cu, B, Mo). Należy pamiętać, że uprawa ziemniaka w szerokich rzędach i mechaniczna pielęgnacja powodują wzrost mineralizacji substancji organicznej, co przyczynia się do ubytku próchnicy w glebie. Współczynnik reprodukcji substancji organicznej dla uprawy ziemniaka wynosi -1,40 t/ha, co oznacza, że dla zrównoważenia tego ubytku należy zużyć 3,6 t/ha suchej masy obornika, stąd konieczność zastosowania odpowiedniej ilości substancji organicznej (Zimny i in. 2015). Szczególnie w przypadku nawozów naturalnych należy mieć na uwadze, aby dawki nie powodowały przekroczenia dopuszczalnej ilości azotu mineralnego, czyli 170 kg/N/rok wnoszonego w ich formie (Rozporządzenie 2020).

**Obornik.** Powinien być dobrze przefermentowany i pod ziemniaki należy zastosować go w dawce 25-30 t/ha. Wykorzystanie przez ziemniaki składników z obornika w pierwszym roku może wynieść do 50%, z czego azotu do 30%, czyli ok. 45 kg, do 30% fosforu, czyli ok. 30 kg, i do 50% potasu, co stanowi ok. 90 kg. W uprawie ziemniaków obornik należy zastosować jesienią, gdyż rozkład i mineralizacja tego nawozu przebiegają powoli i wykorzystanie składników pokarmowych przy wiosennym stosowaniu może być mniejsze. Przewaga obornika jesiennego nad wiosennym, oprócz uzyskiwania wyższych plonów, wynika również z dotrzymania optymalnego terminu sadzenia oraz dokładniejszego i równomiernego sadzenia sadzarkami. W wypadku jesiennego stosowania obornika powinno się wybrać jeden z następujących wariantów:

- bezpośrednio po zbiorze przedplonu wywózka obornika i pogłębiona podorywka (10-12 cm), następnie pielęgnowanie podorywki i przed zimą orka przedzimowa;
- podorywka bezpośrednio po zbiorze przedplonu, pielęgnowanie podorywki, przed zimą orka głęboka z przyoraniem obornika;
- bezpośrednio po zbiorze przedplonu podorywka i siew poplonu, skarmianie poplonu lub przyoranie wraz z obornikiem.



Fot. 1. Obornik jest najlepszym nawozem utrzymującym żyzność gleby (wszystkie zdjęcia C. Trawczyński)

Część azotu w oborniku występuje w formie amonowej, która dość łatwo ulatnia się do atmosfery. Aby temu zapobiec, należy obornik po rozrzuceniu na polu przyorać jeszcze w tym samym dniu. Jest to podstawowa reguła, która niestety bardzo często nie jest przestrzegana. Ograniczeniu strat azotu sprzyja również stosowanie obornika w dni bezwietrzne i pochmurne lub dżdżyste.

**Gnojowica**, czyli mieszanina części stałej odchodów i moczu, z uwagi na brak słomy zawiera tylko 6-8% suchej masy. Stąd składniki mineralne gnojowicy występują w formie łatwiej przyswajalnej dla roślin niż zawarte w oborniku i działanie następcze gnojowicy na rośliny nie przekracza z reguły 2 lat. Nie należy więc stosować jej w nadmiernych dawkach ze względu na bezpieczeństwo środowiska przyrodniczego, a zwłaszcza ochronę wód powierzchniowych i gruntowych. Najbardziej racjonalnym terminem stosowania gnojowicy, szczególnie na glebach lekkich, jest wczesna wiosna, a na glebach cięższych także jesień.

Ustalając dawkę gnojowicy, przyjmuje się, że nie powinna przekraczać więcej niż 50-70% potrzeb pokarmowych roślin na azot, co powinno stanowić ok. 50 m<sup>3</sup>/ha gnojowicy bydłowej lub ok. 40 m<sup>3</sup>/ha gnojowicy trzody chlewnej, która zawiera więcej w porównaniu z bydłą azotu ogólnego. W gospodarstwach, które dysponują gnojowicą, można ją polecać jako wartościowy nawóz organiczny szczególnie pod ziemniaki przemysłowe. Należy unikać nawożenia gnojowicą ziemniaków jadalnych, gdyż pogorszyć to może cechy jakości bulw.

**Gnojówka**. Stanowi przefermentowany mocz zwierząt i jest nawozem potasowo-azotowym. Zawiera jedynie znikome ilości fosforu, dlatego nawożąc gnojówką, należy pamiętać o uzupełnieniu tego składnika. Gnojówkę pod ziemniaki najlepiej stosować wiosną w dawce 20-30 m<sup>3</sup>, pamiętając, że azot występuje w całości w formie amonowej, łatwo dla roślin dostępnej, ale i łatwo ulegającej stratom do atmosfery. Dlatego po zastosowaniu gnojówkę najlepiej natychmiast wymieszać z glebą. Działanie nawozowe gnojówki ogranicza się do jednego roku.

**Kompost**. Stanowi nawóz organiczny otrzymany przez tlenowy rozkład materii organicznej ułożonej w specjalnej przyźmie. Składniki kompostu mogą stanowić wszelkiego rodzaju odpadowe materiały organiczne. Najlepiej mieszać ze sobą materiały o dużym stosunku C : N (słoma, trociny, kora itp.) z materiałami o małym stosunku C : N (odchody zwierząt, fekalia, pomiot ptasi itp.). Przy produkcji kompostów wyjściowy materiał organiczny formuje się w przyźmie i utrzymuje przez kilka miesięcy, zapewniając napowietrzanie (kilkakrotne mieszanie masy organicznej) i wilgotność 60-70%. Materiał jest gotowy do użycia, gdy stosunek C:N kształtuje się na poziomie 30-20 : 1, a masa kompostowa zatraci strukturę wyjściowej substancji organicznej i stanie się jednolita. Ze względu na różnorodność użytych materiałów zawartość składników nawozowych w gotowym kompoście może się wahać w szerokim zakresie. Kompost wytworzony z biomasy roślinnej można zastosować pod ziemniaki w dawce do 40 t/ha.

**Słoma**. Dostarcza niewielkich ilości składników pokarmowych w porównaniu z innymi formami nawozów, ale może być dobrym źródłem substancji organicznej, pod warunkiem że zostanie rozdrobniona – najlepiej na odcinki mniejsze niż 10 cm – i przyorana natychmiast po zbiorze ziarna. Specyficzną cechą słomy jest szeroki stosunek C : N, wynoszący 80-100 : 1, podczas gdy w oborniku stosunek C:N waha się w granicach 20-25:1, zaś w glebie 8-12 : 1. Taki szeroki stosunek C : N w słomie po jej zastosowaniu może prowadzić do unieruchomienia azotu w glebie. Chcąc temu zapobiec oraz przyspieszyć rozkład słomy, można zastosować na pociętą słomę przed przyoraniem oferowane na rynku różnego rodzaju preparaty mikrobiologiczne. Stosowanie do gleby mikroorganizmów dodatkowo wzmacnia jej aktywność biologiczną i eliminuje procesy gnilne, rozpuszcza związki mineralne trudno dostępne dla roślin, może prowadzić również do poprawy struktury gleby (Higa 1998).

**Nawozy zielone z roślin międzyplonowych**. Alternatywną formę nawozu organicznego może stanowić zielona masa roślin uprawianych jako międzyplony. Godna polecenia jest uprawa ziemniaków po przyorywanych międzyplonach ścierniskowych, czyli

wysiewanych po zbiorze roślin zbożowych i przyorywanych jesienią tego samego roku. W międzyplonach powinny dominować rośliny

bobowate lub mieszanki z ich udziałem, które stanowią dodatkowe źródło działającego azotu (tab. 1).

Tabela 1  
Ilość azotu działającego pozostającego po uprawie roślin bobowatych (kg/ha)

Rodzaj	Bobowate w czystym siewie		Bobowate w mieszankach z trawami lub zbożami	
	plon główny	międzyplon	plon główny	międzyplon
Resztki poźniwne	30 kg	15 kg	20 kg	10 kg
Przyorane całe rośliny na zielony nawóz	łubin żółty – 74 kg groch – 77 kg seradela – 65 kg pozostałe – 60 kg	koniczyna czerw. – 30 kg koniczyna biała – 27 kg seradela – 33 kg pozostałe – 30 kg	50 kg	20 kg

Źródło: Rozporządzenie 2020

Wykaz zalecanych roślin, przydatnych do uprawy jako międzyplony pod ziemniaki, oraz terminy ich wysiewu i zalecane normy wysiewu przedstawia tabela 2.

Oprócz dostarczania zielonej masy rośliny międzyplonowe chronią glebę przed erozją wodną i wietrzną, przyczyniając się również do poprawy warunków fitosanitarnych w zmianowaniu roślin. Dodatkową korzyścią z uprawy roślin międzyplonowych jest jeszcze to, że dzięki głęboko sięgającemu systemowi korzeniowemu jest możliwe przemieszczanie makro- i mikroelementów z głębszych do wierzchnich warstw gleby. Warunkiem udania się międzyplonów ścierniskowych (uzyskanie możliwie największej masy zielonej roślin) jest:

- możliwie wczesny zbiór z pola rośliny przedplonowej;
- wysiew nawozów fosforowych i potasowych (na ściern) i natychmiastowe przy-

stąpienie do orki na głębokość 15-18 cm, najlepiej połączonej z narzędziem wyrównującym pole (brona, wał strunowy);

- wysiew roślin w odpowiednim terminie oraz odpowiednia ilość opadów w sierpniu i wrzeźniu;

- dobór odpowiednich gatunków roślin, np. gorczyca, facelii, rzepaku ozimego, słonecznika jako roślin mniej zawodnych;

- odpowiednie nawożenie mineralne, tzn. 40-50 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> i 60-80 kg K<sub>2</sub>O na 1 ha oraz 60-90 kg N w przypadku uprawy roślin niebobowatych.

Międzyplony ścierniskowe należy przyorać późną jesienią, najlepiej po wystąpieniu pierwszych przymrozków.

Ilości składników wnoszonych w zalecanych dawkach nawozów naturalnych i organicznych przedstawiono w tabelach 3 i 4.



Tabela 2

## Zalecane rośliny międzyplonowe pod ziemniaki

Forma	Roślina	Kategoria gleby		Termin siewu	Norma wysiewu (kg/ha)
		lekka	średnia		
Międzyplony ścierniskowe z roślin bobowatych	peluszką + łubin żółty + seradela	+		do końca lipca	100 + 80 + 20
	wyka jara + peluszką. + łubin żółty	+			40 + 120 + 60
	łubin żółty + seradela	+			130 + 30
	wyka ozima + łubin żółty	+			40 + 100
	łubin żółty + peluszką				100 + 100
	łubin żółty + peluszką + wyka ozima		+		120 + 60 + 40
	łubin wąskolistny + peluszką		+		140 + 100
	peluszką		+		200
	łubin żółty	+			200
	seradela	+			70
Międzyplony ścierniskowe z innych roślin	bobik + peluszką + wyka ozima		+	do 15 sierpnia	90 + 60 + 50
	gorczyca biała	+			20
	facelia	+			10
	rzepak		+		10
	słonecznik		+		35
	gorczyca biała + facelia	+			15 + 5
	gorczyca biała + rzepak		+		10 + 5
	peluszką + słonecznik		+		150 + 15
	łubin żółty + facelia	+			80 + 4
	facelia + seradela	+			5 + 30
Międzyplony ścierniskowe z roślin bobowatych i innych	seradela + gryka	+		do 5 sierpnia	40 + 40
	facelia + wyka ozima		+		6 + 40
	bobik + peluszką + słonecznik		+		100 + 100 + 15
	bobik + wyka jara + słonecznik		+		80 + 100 + 15
	peluszką + wyka jara + rzepak		+		50 + 20 + 4
	peluszką + owies	+			200 + 60

Źródło: Gruzek 1994

Tabela 3

## Wnoszenie makroelementów w nawozach naturalnych i organicznych

Rodzaj nawozu i dawka	Ilość składników (kg)				
	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	CaO	MgO
Obornik (30 t)	150	90	210	150	60
Gnojowica (45 m <sup>3</sup> )	170	125	170	90	50
Gnojówka (20 m <sup>3</sup> )	60	6	140	15	10
Słoma (5 t)	25	15	50	90	50
Mięczyplon (łubin) – 30 t	300	45	255	45	25
Mięczyplon (gorczyca) – 30 t	120	40	195	105	45
Kompost (40 t)	160	80	200	160	40

Źródło: Gorchach, Mazur 2001; Maćkowiak 2004; przeliczenia własne

Tabela 4

## Wnoszenie mikroelementów w nawozach naturalnych i organicznych

Rodzaj nawozu i dawka	Ilość składników (g)				
	Fe	Mn	Zn	Cu	B
Obornik (30 t)	13750	1830	1000	125	120
Gnojowica (45 m <sup>3</sup> )	4000	640	650	70	80
Gnojówka (20 m <sup>3</sup> )	660	60	50	10	40
Słoma (5 t)	280	400	150	20	20
Mięczyplon (łubin) – 30 t	600	430	240	45	105
Mięczyplon (gorczyca) – 30 t	975	300	285	45	150
Kompost (40 t)	1350	1700	1100	120	110

Źródło: Gorchach, Mazur 2001; Maćkowiak 2004; przeliczenia własne

Ze względu na dużą masę wytwarzanego plonu bulw, nawet 50-60 t z ha, pokrycie potrzeb nawozowych roślin ziemniaka w stosunku do podstawowych składników pokarmowych makroelementowych (**potas K<sub>2</sub>O – 6,0 kg, azot N – 5,0 kg, fosfor P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 1,5 kg, magnez MgO – 0,7 kg, siarka S – 0,6 kg, wapń CaO – 0,6 kg na 1 tonę bulw**) i mikroelementów (**żelazo Fe – 43,0 g, mangan Mn – 7,7 g, cynk Zn – 7,5 g, bor B – 2,7 g, miedź Cu – 2,2 g, molibden Mo – 0,1 g na 1 tonę bulw**) z nawozów naturalnych czy organicznych jest niewystarczające. Z zastosowanych form nawozów naturalnych czy organicznych można pokryć jedynie ok. 30% całkowitego zapotrzebowania dla roślin ziemniaka. Stąd konieczność uzupełniania składników pokarmowych nawozami mineralnymi.

Z uwagi na rozkład w glebie pierwszeństwo mają nawozy fosforowo-potasowe, które można zastosować już w okresie jesienno-wiosennym, np. przyorując je wraz z nawozami organicznymi czy naturalnymi, lub wczesno-wiosennym, przed rozpoczęciem zabiegów

uprawowych. Na glebie lekkiej i w rejonach o większej ilości opadów szczególnie nawozy potasowe, ze względu na możliwość wymycia składnika, lepiej stosować wczesną wiosną. Fosfor pod ziemniaki może być w formie dostępnych superfosfatów: pojedynczego granulowanego lub o bardziej skoncentrowanej zawartości tego składnika (40% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), czyli superfosfatu wzbogaconego, albo (46% P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) superfosfatu potrójnego.

Z kolei najlepszymi nawozami potasowymi dla ziemniaka są: siarczan potasu, siarczan magnezu (hortisul) i kalimagnezja (patentkali), które zawierają niewielkie ilości szkodliwego chlorku sodu (NaCl) oraz dodatkowo siarkę i magnez. W przypadku stosowania formy chlorkowej potas najlepiej zastosować w postaci wysokoprocentowej soli potasowej (60% K<sub>2</sub>O), która zawiera znacznie mniejszy w porównaniu z niskoprocentowymi dodatkami chlorku sodu. Odpowiednio wczesne zastosowanie wysokoprocentowej soli potasowej (4-5 tygodni przed sadzeniem umożliwia wypłukanie z gleby szkodliwego NaCl.

Tabela 5

**Współczynniki\* do przeliczenia ilości składników pobieranych z plonem bulw na dawki nawozów fosforowych i potasowych**

Nawożenie	Składniki	Klasa zasobności gleby				
		bardzo niska	niska	średnia	wysoka	bardzo wysoka
Organiczne (+)	fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	2,8	1,8	1,0	0,5	0,3
	potas (K <sub>2</sub> O)	0,9	0,8	0,6	0,4	0,2
Organiczne (-)	fosfor (P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> )	3,0	2,0	1,2	0,7	0,5
	potas (K <sub>2</sub> O)	1,3	1,2	1,0	0,7	0,5

\* ilość składnika pobranego z oczekiwanym plonem pomnożyć przez określony współczynnik  
Źródło: Czuba 1996

Ustalając wysokość dawek fosforu i potasu, oprócz określenia potrzeb pokarmowych ziemniaka i wykorzystania składników z zastosowanego nawozu organicznego, należy ustalić zasobność gleby w przyswajalne for-

my fosforu i potasu. Znając zasobność gleby w przyswajalne formy tych składników, posłużyć się można współczynnikami do przeliczenia ilości składników pobieranych z plonem ziemniaka na dawki nawozów (tab. 5).

**Przykład:**

**fosfor** – plon bulw 30 t/ha x 1,5 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (pobranie fosforu z 1 t bulw) = 45 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> x współczynnik 1,0 (średnia zawartość fosforu w glebie plus nawożenie organiczne) = 45 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>

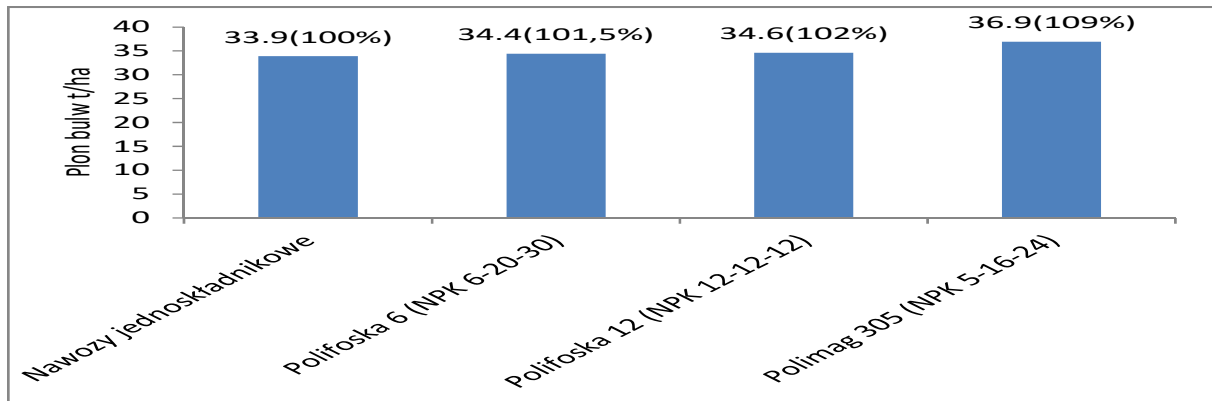
**potas** – plon bulw 30 t x 6,0 kg K<sub>2</sub>O (pobranie potasu z 1 t bulw) = 180 kg/ha K<sub>2</sub>O x współczynnik 0,6 (średnia zawartość potasu w glebie plus nawożenie organiczne) = 108 kg/ha K<sub>2</sub>O

Najbardziej efektywne i ekonomicznie uzasadnione jest stosowanie nawozów wieloskładnikowych, które zapewniają roślinie pełny komfort odżywiania. Do zastosowania w uprawie ziemniaków najbardziej wartościowe są nawozy wieloskładnikowe z dużym udziałem potasu, szczególnie w formie siarczanowej, co wynika z największych w porównaniu z pozostałymi składnikami wymagań tej rośliny. W przypadku uprawy ziemniaków na glebie lekkiej pożądane są również nawozy wieloskładnikowe z dodatkiem magnezu, którego na ogół stwierdza się niski poziom w glebie. Godnymi poleceniami spośród szerokiej oferty wieloskładnikowych do zastosowania w uprawie ziemniaków są nawozy typu: amofoski, agrafoski, azofoski, hydrofoski, lubofoski, luboplony, nitrofoski czy polifoski.

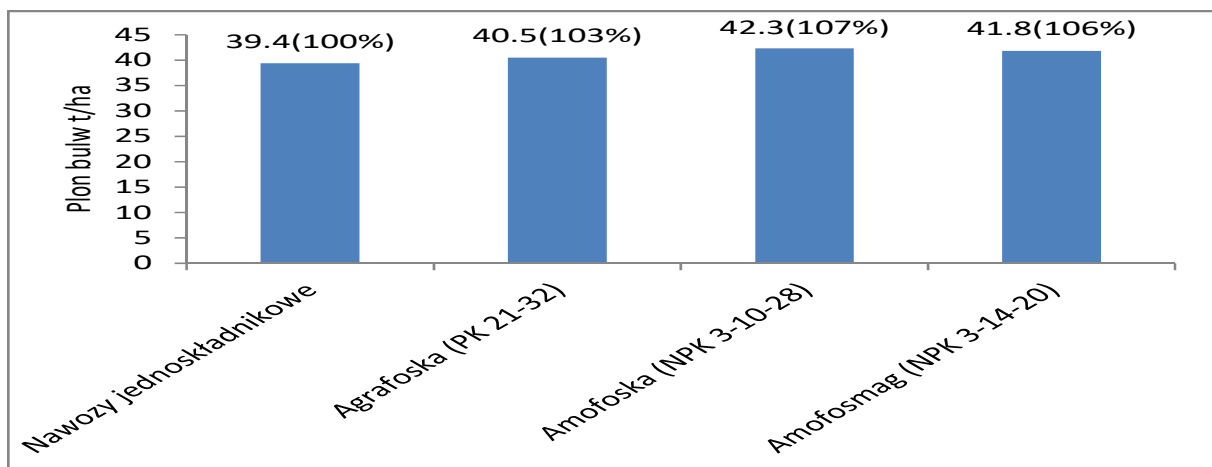
W badaniach przeprowadzonych w oddziale IHAR-PIB w Jadwisinie po zastosowaniu nawozów wieloskładnikowych wczesną wiosną uzyskano 3-9-proc. przyrost plonu bulw w stosunku do takich samych dawek nawozów jednoskładnikowych – mocznika, superfosfatu i soli potasowej (rys. 1).



Fot. 2. Wczesna wiosna to najlepszy termin wysiewu nawozów mineralnych pod ziemniaki na glebie lekkiej



Rys. 1. Wpływ nawozów typu polifoski na plon bulw ziemniaka  
Źródło: Grześkiewicz, Trawczyński 1998



Rys. 2. Wpływ nawozów typu agrafoski na plon bulw ziemniaka  
Źródło: Trawczyński, Socha 2006

Składnikiem w największym stopniu kształtującym wielkość plonu i szereg cech jakości bulw, decydujących m.in. o ich wartości kulinarnej i odżywczej, stanowi azot, stąd powinien on być stosowany rozważnie. Nawożenie mineralne azotem tylko do pewnego poziomu pozwala uzyskiwać opłacalną efektywność przyrostu plonu, a powyżej tego poziomu mamy do czynienia z przenawożeniem, które obniża jakość bulw (wzrost ciemnienia miąższu, zawartości azotanów, obniżenie zawartości suchej masy, skrobi, witaminy C itp.).

Jedną z metod określania wymagań nawozowych względem azotu mineralnego jest funkcja produkcji nawożenia, czyli matematyczny opis zależności między przyrostem dawki składnika a przyrostem plonu bulw. Zależność ta na ogół jest paraboliczna, co oznacza, że plon ziemniaków w miarę wzrostu dawki azotu początkowo przyrasta szybko, później maleje, a po przekroczeniu określonej dawki N zaznacza się jego spadek

(Mercik 2002). Prowadzone systematycznie od wielu lat w oddziale IHAR-PIB w Jadwisinie badania w odniesieniu do nowych odmian ziemniaka z krajowego rejestru (KR) wykazują, że odznaczają się one dużym zróżnicowaniem reakcji na stosowany azot mineralny (Trawczyński 2008, 2015, 2016, 2020).

Określanie potrzeb nawożenia mineralnego azotem w stosunku do poszczególnych odmian wpisuje się w aktualny trend proekologicznych rozwiązań w systemach produkcji ziemniaków, w tym integrowanej produkcji. Wykorzystując zależność: wzrost plonu bulw w miarę podwyższania dawki azotu mineralnego, ustalono podział odmian na trzy grupy: o małych, średnich i dużych wymaganiach w stosunku do tego składnika (Trawczyński 2004).

W przypadku odmian uprawianych na glebie lekkiej i zbieranych w czasie wegetacji (60-70 dni od posadzenia), o małych wymaganiach względem dawki azotu mineralnego,



należy zastosować 50 kg N/ha, o wymaganiach średnich 70 kg i o dużych – 90 kg (tab. 6), natomiast zbieranych po zakończeniu wegetacji odpowiednio: 100, 120 i 140 kg N/ha (tab. 7). Dla odmian uprawianych na

glebie średniej i zbieranych na wczesny zbiór dawki należy zwiększyć o 10 kg N/ha, a zbieranych po zakończeniu wegetacji o 30 kg N/ha w odniesieniu do poszczególnych grup.

Tabela 6

**Wymagania odnośnie do azotu mineralnego bardzo wczesnych i wczesnych odmian ziemniaka (KR 2022 r.) z przeznaczeniem na wczesny zbiór\***

Wczesność	Odmiany o wymaganiach w stosunku do azotu (N)		
	małych	średnich	dużych
Bardzo wczesne	Impala, Tonacja	Denar, Lord, Tacja	Impresja, Irys, Riviera
Wczesne	Bohun, Lawenda, Lady Rosetta, Magnolia	Altesse, Bila, Carrera, Ignacy, Madeleine, Stokrotka, Vineta	Bellarosa, Gwiazda, Lady Claire, Michalina

\* uprawa na przyorywanej słoimie i międzyplonie z gorczycy białej

Źródło: Nowacki 2022

Tabela 7

**Wymagania odnośnie do azotu mineralnego odmian ziemniaka (KR 2022 r.) zbieranych po zakończeniu wegetacji\***

Odmiany uszeregowane od bardzo wczesnych do późnych o wymaganiach:		
małych	średnich	dużych
<b>Jadalne:</b> Impala, Tacja, Tonacja, Bila, Bohun, Ignacy, Magnolia, Owacja, Asterix, Laskara, Malaga, Mazur, Satina, Jelly	<b>Jadalne:</b> Denar, Impresja, Altesse, Bellarosa, Carrera, Lady Claire, Michalina, Stokrotka, Vineta, Finezja, Gardena, Irmiona, Jurata, Jurek, Otolia, Tajfun, Victoria, Bryza	<b>Jadalne:</b> Irys, Lord, Riviera, Gwiazda, Lady Rosetta, Lawenda, Madeleine, Cekin, Honorata, Irga, Oberon, Sagitta
<b>Skrobiowe:</b> Boryna, Glada, Harpun, Jubilat, Kaszub, Pasat, Rumpel, Widawa, Amarant, Ikar, Jasia, Kuras, Pokusa, Rudawa	<b>Skrobiowe:</b> Kuba, Mieszko, Szyper, Bzura, Hinga, Inwestor, Skawa	<b>Skrobiowe:</b> Cedron, Partner, Pasja Pomorska

\* uprawa na przyorywanej słoimie i poplonie z gorczycy białej

Źródło: Nowacki 2022

Azot mineralny pod ziemniaki najlepiej stosować w jednej dawce do 100 kg N/ha, przed wysadzeniem bulw, co dotyczy odmian o małych wymaganiach w stosunku do tego składnika oraz ziemniaków uprawianych na wczesny zbiór, lub podzielonej na dwie części, jeżeli zaplanowana dawka azotu wynosi powyżej 100 kg N/ha.

Podział dawki z jednej strony zapewnia dostępność azotu w szerszym przedziale czasowym, a z drugiej ogranicza ewentualne jego straty, szczególnie przy wyższym poziomie dawki, poprzez wymywanie w formie azotanów do wód gruntowych w przypadku utrudnionego z różnych względów pobierania z gleby. Z taką sytuacją możemy mieć do

czynienia zarówno w okresie wegetacji, jak i po zbiorze.

W przypadku nawożenia azotem odmian o średnich wymaganiach zalecaną dawkę najlepiej podzielić w proporcji: 60% wiosną przed sadzeniem i 40% jako dawka uzupełniająca. Z kolei w przypadku dużych wymagań względem azotu mineralnego zaplanowaną ilość azotu dobrze jest podzielić na połowę, czyli 50% dawki zastosować pogłównie. Pierwszą, podstawową, dawkę najlepiej zastosować kilka dni przed sadzeniem i wymieszać, np. za pomocą agregatu uprawowego doprawiającego i wyrównującego pole. Natomiast termin stosowania uzupełniającej dawki azotu może wynikać z systemu pielęgnowania plantacji.

Chemiczne zwalczanie chwastów z wykorzystaniem herbicydów doglebowych, a następnie ostateczne formowanie redlin obrypnikiem z profilatorem uniemożliwia wymieszanie nawozu z glebą po jego zastosowaniu, co wymusza aplikację uzupełniającej dawki azotu przed wschodami.

W przypadku mechanicznego systemu zwalczania chwastów na plantacji, a tym samym możliwości obredlania do zwierania roślin w międzyrzędziach, co z uwagi na obowiązujące od 2014 r. zasady integrowanej uprawy i ochrony ziemniaka jest obecnie zalecane, uzupełniającą dawkę azotu można też zastosować po wschodach ziemniaka, najlepiej do fazy BBCH 19, czyli zwierania roślin w rzędach. Zastosowanie dawki pogłównej powinno umożliwić wymieszanie nawozu azotowego z glebą, czyli wykonanie obredlania, aby ograniczyć ulatnianie się składnika w formie amoniaku do atmosfery i zapewnić równomierne rozmieszczenie nawozu w całym profilu redliny.

Należy też mieć na uwadze, że zbyt późne stosowanie azotu mineralnego do gleby może m.in. przedłużać wegetację oraz opóźniać wykształcenie i korkowacenie skórki na bulwie, przez co zwiększać podatność bulw na uszkodzenia mechaniczne podczas zbioru. Najlepiej też w tym terminie zastosować nawozy azotowe w formie saletrzanego (saletra wapniowa czy potasowa) lub saletrzano-amonowego (saletra amonowa, saletrzak), które szybciej rozkładają się w glebie w porównaniu z nawozami zawierającymi formę amonową czy amidową. Z kolei przed sadzeniem odmian zbieranych po dojrzewaniu (zaschnięciu łęcin) najlepiej zastosować mocznik, który ma dłuższy proces rozkładu i działanie w glebie. Na glebach o uregulowanym odczynie (pH powyżej 5,5) godnym polecenia do stosowania przed sadzeniem może też nawóz w formie amonowej, czyli siarczan amonu.

Podczas wegetacji roślin układ czynników pogodowych w różnym stopniu oddziałuje również na glebę, z czego mogą wynikać określone trudności w pobraniu przez rośliny składników ustalonych na podstawie analizy gleby czy wyliczonych z zależności plonu od ich dawki. Objawiać to się może widocznym lub niewidocznym niedoborem składników na roślinach, co uzasadnia uzupełnienie ich

poprzez aplikację dolistną. Do najbardziej efektywnych plonotwórczo stosowanych dolistnie składników makroelementowych zalicza się azot, magnez i potas, a spośród mikroelementów rośliny ziemniaka wykazują wysoką wrażliwość na niedostatek manganu i cynku, a ostatnio również boru.

Najskuteczniejszym rozwiązaniem w zakresie dolistnego uzupełniania składników jest wykonywanie różnego rodzaju testów roślinnych, np. analizy całych roślin lub ich części wskaźnikowych (ogonki liściowe, liście czy łodygi) w określonych fazach rozwojowych, głównie w okresie intensywnego wzrostu roślin. Znacznym uproszczeniem, jeśli chodzi o precyzyjne określenie stanu odżywienia roślin w okresie wegetacji, są cieszące się coraz większym zainteresowaniem testy roślinne z wykorzystaniem przyrządów optycznych.

Jednym z przykładów jest test indeksu zieloności liścia wykonywany za pomocą przyrządu zwanego N-Testerem (Gianquinto i in. 2003, 2004). Przyrząd oblicza średnią zawartość chlorofilu, co przekłada się bezpośrednio na poziom odżywienia roślin azotem. Test indeksu zieloności liścia jest prosty i szybki, a pomiary wykonuje się w polu bezpośrednio na liściach bez ich zrywania. Wynik pomiarów wyświetlany jest na ekranie aparatu w postaci tzw. jednostek SPAD (Soil Plant Analysis Development). Test indeksu zieloności liścia powtarzany może być kilkakrotnie w okresie wegetacji, co służy precyzyjnemu dawkowaniu azotu i zapobieganiu nadmiernemu gromadzeniu azotu w glebie po zbiorze.

W badaniach przeprowadzonych w Zakładzie Agronomii Ziemniaka IHAR-PIB w Jadwisinie optymalny stan odżywienia ziemniaka azotem w okresie od zwarcia roślin w międzyrzędziach do końca fazy kwitnienia zapewniła wartość jednostki SPAD średnio 43,8 dla odmian o różnej wczesności, wskazana na przyrządzie pomiarowym Minolta Camera SPAD 502 (Trawczyński 2019). Z kolei zastosowanie fluorymetru pozwala w równie szybki i bezdestrukcyjny sposób, bez niszczenia roślin, zmierzyć intensywność fotosyntezy oraz zawartość, na podstawie pomiaru w liściach, siedmiu składników pokarmowych (N, K, Mg, Ca, Mn, B, Fe). Dzięki różnego rodzaju testom roślinnym dolistne

dokarmianie może być bardziej skuteczne i tańsze niż zabiegi wykonywane profilaktycznie bez stwierdzenia konkretnych objawów niedoboru składników w roślinach.



Fot. 3. Dolistne dokarmianie można stosować już od fazy zwierania roślin ziemniaka w rzędach

Obecnie na rynku dostępnych jest bardzo dużo nawozów wieloskładnikowych, a także zawierających pojedyncze pierwiastki mikroelementowe, w formie chelatów (najczęściej EDTA). Formy chelatowe związków są dobrze rozpuszczalne w wodzie, łatwo przyswajalne i nie wykazują działania parzącego na rośliny. Nawozy chelatowe mogą również zawierać dodatki obniżające napięcie powierzchniowe liści i ułatwiające wchłanianie oraz substancje zwiększające przyleganie kropli do liści i łodyg.

W ostatnich latach z uwagi na coraz bardziej ekstremalny układ warunków pogodowych w okresie wegetacji, głównie związany z nierównomiernym rozkładem opadów, w ofercie handlowej pojawia się coraz więcej produktów do dolistnego stosowania, wytwarzanych w specjalistycznych technologiach.

Należą do nich m.in. technologia zmikronizowanych cząsteczek, tzw. nanonawozów (zmielonych na pył skał wapiennych i osadowych różnego pochodzenia), hydroliza enzymatyczna (pozyskiwanie z białek roślinnych i zwierzęcych aminokwasów z wykorzystaniem naturalnych enzymów), ekstrakcja różnego pochodzenia alg morskich czy zastosowania preparatów na bazie skał organicznych zawierających substancje humusowe (Du Jardin 2015; Naderi, Danesh-Shahraki 2013; Prajapati i in. 2016). Produkty te dzięki wysokiej zawartości substancji bioaktywnych, oprócz funkcji odżywczej, zwiększają odporność roślin na czynniki stresowe, m.in. związane z układem warunków pogodowych w okresie ich wegetacji, czyli wykazują również działanie biostymulujące (Wierzbowska i in. 2015). Efektem ich działania może być m.in. wzrost plonu, co wykazały badania przeprowadzone w Zakładzie Agronomii Ziemniaka IHAR-PIB w Jadwisinie.

Nawozy w formie roztworów wodnych stosowano 2-krotnie w czasie wegetacji, w okresie rozwoju pędów bocznych (BBCH 20) i na początku kwitnienia (BBCH 59). Przyrost plonu bulw, średnio w latach był podobny w odniesieniu do zastosowanych nawozów i większy o 4 t/ha, co stanowiło 9,5% w stosunku do obiektu kontrolnego (bez dolistnego dokarmiania). Przyrost plonu był znacznie zróżnicowany pomiędzy latami. W latach z niedoborem opadów i w warunkach podwyższonej temperatury powietrza (2018 i 2019) uzyskano większy procentowo przyrost niż w roku o dostatecznej ilości opadów i umiarkowanej temperaturze powietrza w okresie wegetacji (2020) – tabela 8.

Tabela 8

**Wpływ dolistnego stosowania nawozów wieloskładnikowych w formie nanocząsteczek na plonowanie ziemniaków (t/ha). Lata 2018-2020**

Wyszczególnienie	Kontrola*			Herbagreen**			Nano Active Forte***		
	2018	2019	2020	2018	2019	2020	2018	2019	2020
Plon bulw (t/ha)	51,0	26,9	48,7	55,9	29,8	52,9	57,1	30,0	51,9
Przyrost w stosunku do kontroli (t/ha)	-	-	-	4,9	2,9	4,2	6,1	3,1	3,2
Przyrost w stosunku do kontroli (%)	-	-	-	9,6	10,8	8,6	11,9	11,5	6,5

\* bez dolistnego dokarmiania; \*\* 2 x 2 kg/ha; \*\*\* 2 x 2 kg/ha

Źródło: Trawczyński 2022

W przypadku roślin ziemniaka dokarmianie dolistne można wykonywać już od zwarcia roślin w rzędach aż do końca formowania jagód i początku żółknięcia liści, w odstępach ok. 2-tygodniowych. W zależności od wczesności odmiany warunki sprzyjające stosowaniu składników dolistnie występują więc od czerwca nawet do początku sierpnia. Najlepszą skuteczność uzyskuje się wtedy, gdy zabiegi wykonywane są w dni pochmurne, przy temperaturze ok. 15°C i względnie wysokiej wilgotności powietrza. W takich warunkach ograniczone jest parowanie zastosowanego roztworu z powierzchni liści. Przy utrzymującej się w okresie letnim wysokiej temperaturze powietrza i dużym nasłonecznieniu najkorzystniejszą porą zabiegu dolistnego są godziny przedwieczne, które umożliwiają w dostatecznie długim czasie, przy obniżonej temperaturze i podwyższonej wilgotności powietrza, wnikanie zastosowanych roztworów nawozowych.

### Podsumowanie

Integrowana produkcja (IP) jest systemem gospodarowania wymagającym od producenta dużej wiedzy, doświadczenia i przestrzegania ustalonych zasad oraz procedur w uprawie, a także prowadzenia szczegółowej dokumentacji całego procesu produkcyjnego. Nawożenie plantacji według systemu IP powinno wynikać z zasobności gleby, czyli opierać się na corocznej jej analizie z uwzględnieniem wymagań uprawianych odmian i przy założeniu, że nie chodzi o maksymalizację plonu za wszelką cenę, ale o jego dobrą jakość poprzez optymalizację nawożenia.

### Literatura

- Czuba R. 1996.** Nawożenie mineralne roślin uprawnych. Wyd. Zakłady Chem. Police: 413 s;
- Du Jardin P. 2015.** Plant biostimulants: definition, concept, main categories and regulation. – *Sci. Hortic.* 196: 3-14;
- Gianquinto G., Sambo P., Bona M. 2003.** The use of SPAD-502 chlorophyll meter for dynamically optimizing the nitrogen supply in potato crop: a methodological approach. – *Acta Hort.* 607: 197-204;
- Gianquinto G., Goffart J.P., Olivier M., Guarda G., Colauzzi M., Dalla Costa L., Delle Vedove G., Vos J., Mackeron D. K. L. 2004.** The use of hand-held chlorophyll meters as a tool to assess the nitrogen status and to guide nitrogen fertilization of potato crop. – *Potato Res.* 47: 35-80;
- Gorlach E., Mazur T. 2001.** *Chemia rolna. Podstawy żywienia i zasady nawożenia roślin.* PWN Warszawa: 346 s.;
- Gruczek T. 1994.** Gospodarka bezobornikowa na glebie lekkiej. – *Frag. Agron.* 2(42): 72-82;
- Grześkiewicz H., Trawczyński C. 1998.** Wpływ nawozów wieloskładnikowych typu Polifoski na plonowanie i jakość bulw ziemniaka. – *Fol. Univ. Agric. Stetin.* 190, *Agricultura* 72: 81-85;
- Gugała M., Zarzecka K., Sikorska A. 2014.** Porównanie opłacalności produkcji ziemniaka jadalnego w dwóch kolejnych latach uprawy. – *Rocz. Nauk.* XVI(2): 79-81;
- Higa T. 1998.** Effective Microorganisms, concept and recent advances in technology. – *Proc. Conf. on Effective Microorganisms for a sustainable agriculture and environment.* 4th Int. Conf. on Kyusei Nature Farming, Bellingham – Washington USA: 247-248;
- Maćkowiak Cz. 2004.** Stosowanie agrochemikaliów. [W:] *Zasady stosowania nawozów naturalnych i organicznych.* Mat. Szkol. nr 90. Wyd. IUNG Puławy: 192;
- Mercik S. (Red.) 2002.** *Chemia rolna. Podstawy teoretyczne i praktyczne.* Wyd. SGGW Warszawa: 287 s.;
- Naderi M. R., Danesh-Shahraki A. 2013.** Nanofertilizers and their roles in sustainable agriculture. – *Int. J. Agric. Crop Sci.* 5(19): 2229-2232;
- Nowacki W. (red.) 2020.** *Metodyka integrowanej produkcji ziemniaków.* Wyd. IV. <https://piorin.gov.pl>: 84 s.;
- Nowacki W. (red.) 2022.** *Charakterystyka krajowego rejestru odmian ziemniaka.* Wyd. XXV. IHAR-PIB Oddz. Jadwisin: 44 s.;
- Prajapati A., Patel C. K., Singh N., Jain S. K., Chongtham S. K., Maheshwari M. N., Patel R. N. 2016.** Evaluation of seaweed extract on growth and yield of potato. – *Environ. Ecol.* 34(2): 605-608;
- Rozporządzenie Rady Ministrów z dn. 12.02.2020 r.** w sprawie przyjęcia „Programu działań mających na celu zmniejszenie zanieczyszczenia wód azotanami pochodzącymi ze źródeł rolniczych oraz zapobiegania dalszemu zanieczyszczeniu” – *Dz. U.* z 2020 r., poz. 243, zał. nr 9;
- Trawczyński C. 2004.** Zależność między dawką azotu a plonem odmian ziemniaka. – *Biul. IHAR* 232: 131-140;
- Trawczyński C. 2008.** Reakcja nowych odmian ziemniaka na nawożenie azotem. – *Zesz. Probl. Post. Nauk Rol.* 530: 187-196;
- Trawczyński C. 2015.** Wpływ nawożenia mineralnego azotem na plon i jakość bulw nowych odmian ziemniaka. – *Biul. IHAR* 276: 115-125;
- Trawczyński C. 2016.** Plon i jakość bulw nowych odmian ziemniaka w warunkach zróżnicowanego nawożenia mineralnego azotem. – *Acta Agrophys.* 23(2): 261-273;
- Trawczyński C. 2019.** Assessment of the nutrition of potato plants with nitrogen according to the NNI test and SPAD indicator. – *J. Elem.* 24(2): 687-700;
- Trawczyński C. 2020.** The effect of nitrogen fertilization on yield efficiency



- and quality of tubers potato varieties cultivated in an integrated production system. – Biul. IHAR 288: 15-22;
- 23. Trawczyński C. 2022.** Oddziaływanie dolistnego dokarmiania nawozami wieloskładnikowymi w formie nanocząsteczek na plon i jakość bulw ziemniaka – Agron. Sci. 77(2): 77-90;
- 24. Trawczyński C., Socha T. 2006.** Wpływ nawozów wieloskładnikowych Agrafo-ska, Amofoska, Amofosmag na plon i skład chemiczny bulw ziemniaka. – Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 511: 157-164;
- 25. Wierzbowska J., Cwalina-Ambroziak B., Głosek M., Sienkiewicz S. 2015.** Effect of biostimulators on yield and selected chemical properties of potato tubers. – J. Elem. 20: 757-768;
- 26. Zimny L., Waclawowicz R., Zych A. 2015.** Porównanie bilansu substancji organicznej w glebie metodami Eicha i Kundlera oraz Heylanda. – Zesz. Probl. Post. Nauk Rol. 582: 137-146

