



INSTYTUT
OGRODNICTWA -
PIB

Zakład Uprawy i Nawożenia Roślin
Ogrodnich

Program ochrony wód przed zanieczyszczeniami powodowanymi przez związki fosforu ze źródeł ogrodnich

Autorzy:

Dr hab. Jadwiga Treder, prof. IO

Dr hab. Paweł Wójcik, prof. IO

Dr Jacek Nowak

Dr Jacek Dyśko

Opracowanie przygotowane w ramach zadania celowego 4.1:
„Nawożenie użytków rolnych”

Finansowanego przez Ministerstwo Rolnictwa i Rozwoju Wsi



MINISTERSTWO
**ROLNICTWA
I ROZWOJU WSI**

Skierniewice 2022

Fosfor jest pierwiastkiem mało ruchliwym w glebie i najczęściej mało dostępnym dla roślin. Pomimo obecności w glebie pierwiastek ten łatwo przechodzi w formy słabo rozpuszczalne, a nawet niedostępne dla roślin. Zjawisko to zachodzi szczególnie na glebach silnie zakwaszonych. Szacuje się, że 80-90% fosforu w glebie występuje w postaci trudno dostępnej dla roślin.

Najważniejsze zasady nawożenia fosforem

- Nawożenie fosforem, podobnie jak innymi składnikami pokarmowymi, powinno być zawsze poprzedzone analizą chemiczną gleby.
- Liczby graniczne zawartości fosforu nie są uzależnione od agronomicznej kategorii gleby.
- Dostępność fosforu w niewielkim stopniu zależy od składu mechanicznego gleby.

Podział gleb na klasy zasobności w zależności od zawartości fosforu

Tabela 1. Liczby graniczne zawartości fosforu w glebie (w mg · 100 g⁻¹ gleby) według Breś i in. (2009)

Klasa zasobności	Ocena zasobności w fosfor	W przeliczeniu na P ₂ O ₅	W przeliczeniu na P
V	Bardzo niska	≤ 5,0	≤ 2,2
IV	Niska	5,1-10,0	2,3-4,4
III	Średnia	10,1-15,0	4,5-6,6
II	Wysoka	15,1-20,0	6,7-8,8
I	Bardzo wysoka	≥ 20,1	≥ 8,9

Zasady określania dawek nawozów fosforowych w zależności od zasobności gleb

Dawki nawozów fosforowych określa się na podstawie wyników analizy chemicznej gleby w oparciu o liczby graniczne dla tego składnika (Tab. 1).

- I. Jeśli zawartość fosforu jest bardzo niska, niska lub zbliżona do dolnej wartości zasobności średniej (10,1 mg P₂O₅ · 100⁻¹), to przed posadzeniem roślin należy doprowadzić zawartość P do górnej wartości zasobności średniej (15 mg P₂O₅ · 100⁻¹). Różnicę pomiędzy aktualną zawartością P w glebie a górną wartością zasobności średniej w P należy wnieść w formie nawozu fosforowego.
- II. Jeśli zawartość fosforu w glebie jest wysoka (przedział zawartości 15,1-20 mg P₂O₅ · 100⁻¹), wskazane jest użycie dawki odpowiadającej potrzebom pokarmowym danego gatunku roślin dla P.
- III. Przy obliczaniu dawki nawozów fosforowych, należy uwzględnić sorpcję tego pierwiastka w glebie

Zastosowanie nawozów fosforowych w uprawie warzyw

W uprawie warzyw oprócz optymalnego nawożenia szczególne znaczenie ma zawartość materii organicznej w glebie oraz prawidłowa struktura gleby, ułatwiająca jej nagrzewanie się oraz rozwój systemu korzeniowego. Duże znaczenie ma stosowanie właściwego płodozmianu, dzięki któremu systematycznie poprawia się żyzność gleby (szczególnie jeśli w płodozmianie

są rośliny bobowate) oraz poprawia się stan fitosanitarny gleby. Stosowanie właściwego płodozmianu, szczególnie w integrowanej produkcji warzyw, a także użycie nawozów z wysoką zawartością materii organicznej (komposty, nawozy zielone, obornik, gnojówka) pozwala zwiększyć zawartość próchnicy, a tym samym fosforu. Ilość fosforu wnoszona z materią organiczną do gleby powinna być uwzględniana w strategii stosowania nawozów zawierających fosfor.

1. Fosfor jest szczególnie potrzebny dla młodych roślin w fazie wzrostu siewek lub ukorzeniania rozsady po posadzeniu na pole. Pobieranie tego pierwiastka jest utrudnione w niskich temperaturach, przed posadzeniem rozsady (marzec, kwiecień) zawartość P w glebie powinna być uzupełniona do poziomu optymalnego (Tab. 2, Tab. 3).
2. Obliczając dawkę P powinno się uwzględniać współczynnik sorpcji tego pierwiastka w glebie. Wartości współczynnika sorpcji P wynoszą: 1,5-2 przy optymalnym odczynie gleby, 3 dla gleb lekko kwaśnych oraz 4-5 dla gleb kwaśnych. Jeśli wyliczona dawka P jest wysoka, to jego dawkę należy podzielić. Połowę lub $\frac{3}{4}$ dawki P stosuje się jesienią pod orkę, a resztę dawki wiosną podczas zabiegów agrotechnicznych, przed sadzeniem lub siewem warzyw.

Tabela 2. Optymalne zawartości fosforu w glebie (mg P dm^{-1}) dla poszczególnych gatunków roślin warzywniczych w uprawie polowej (Sady, 2014)

40-60	50-70	60-80
Fasola szparagowa	Burak ćwikłowy	Cebula
Groch	Chrzan	Brokuł
Marchew	Kapusta głowiasta (biała,	Kalafior
Pietruszka	czzerwona), włoska,	Ogórek
Rzodkiewka	brukselska)	Pomidor
Skorzonera	Salata	Por
Szparag	Szpinak	Rabarbar
	Ziemniak wczesny	Seler

Tabela 3. Standardowe zawartości P oraz optymalne zakresy odczynu gleby dla roślin warzywniczych w uprawie polowej (Wójcik i in., 2014)*

Roślina	P (mg dm^{-3})	pH
Burak ćwikłowy	50-70	6,0-7,5
Brokuł	50-60	6,2-7,0
Cebula	60-80	6,5-7,8
Chrzan	40-60	5,5-6,7
Fasola szparagowa	40-60	6,5-7,8
Groch	40-60	6,5-7,8
Kalafior	50-70	6,4-7,5
Kapusta biała	50-70	6,2-7,8
Kapusta brukselska	60-80	6,2-7,8
Marchew	60-80	6,5-7,5
Ogórek	60-80	6,0-7,2
Pietruszka	40-60	6,5-7,5
Pomidor	60-80	5,5-6,5
Por	60-80	6,0-7,4
Rabarbar	60-80	5,5-6,5
Rzodkiewka	40-60	6,0-7,4

Sałata	50-70	6,0-7,5
Seler	60-80	6,5-7,5
Skorzonera	60-80	6,4-7,5
Szparag	40-60	6,4-7,5
Szpinak	50-70	6,0-7,5

*Dostępność P w glebie oraz możliwości pobierania P są uzależnione od optymalnego odczynu podłoża

Tabela 4. Średnie ilości P pobranego z plonem najważniejszych gatunków warzyw w uprawie polowej (Flink i in., 1999)

Roślina	Plon świeżej masy (t ha ⁻¹)	P (mg dm ⁻³)
Brokuł	90	41,4
Burak ćwikłowy	100	46,0
Cebula	65	22,1
Cykoria sałatowa	50	20,0
Fasola	35	14,0
Fenkuł	70	23,8
Jarmuż	45	31,05
Kalafior	100	48,0
Kalarepa	60	27,0
Kapusta brukselska	90	60,3
Kapusta pekińska	120	43,2
Kapusta głowiasta biała	120	39,6
Kapusta głowiasta czerwona	90	33,3
Kapusta włoska	80	40,0
Marchew	100	36,0
Ogórek	120	48,0
Por	70	24,5
Rzodkiewka	35	10,5
Sałata masłowa	60	18,0
Sałata krucha	80	20,0
Seler korzeniowy	75	41,25
Szpinak	40	20,0

Nawożenie mineralne fosforem w uprawach sadowniczych na podstawie przyswajalności/dostępności fosforu w glebie i odżywiania roślin tym składnikiem

Tabela 5. Zakresy zawartości przyswajalnego fosforu (P) w glebie* oraz nawożenie doglebowe tym składnikiem przed założeniem szkółek drzew owocowych oraz w trakcie ich prowadzenia (Kłossowski i Czynczyk, 1974, zmodyfikowane przez Wójcika, 2021)

Wyszczególnienie	Klasa zasobności gleby		
	niska	optymalna	wysoka
Dla wszystkich gleb	Zawartość fosforu (mg P kg ⁻¹ s.m.)		
	<50	51-80	>80
	Nawożenie fosforem przez założeniem szkółki ^a (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)		
	50-70	30-50	-
	Nawożenie fosforem w szkółce ^b (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)		
	30-50	10-30	-

* Przewidywalność P w glebie oznaczona metodą Egnera-Riehma.

^a Stosować nawozy fosforowe na bazie ortofosforanów.

^b Stosować nawozy zawierające polifosforany bez konieczności mieszania z glebą.

Tabela 6. Zakresy zawartości dostępnego fosforu (P) w glebie* oraz nawożenie doglebowe tym składnikiem przed założeniem szkółek drzew owocowych oraz w trakcie ich prowadzenia (Wójcik, 2021)

Wyszczególnienie	Klasa zasobności gleby		
	niska	optimalna	wysoka
Dla wszystkich gleb	Zawartość fosforu (mg P kg ⁻¹ ś.m.)		
	<20	20-50	>50
	Nawożenie fosforem przed założeniem szkółki ^a (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)		
	50-70	30-50	-
	Nawożenie fosforem w szkółce ^b (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹)		
	30-50	10-30	-

* Dostępność P w glebie oznaczona według metody Nowosielskiego.

^a Stosować nawozy fosforowe na bazie ortofosforanów.

^b Stosować nawozy zawierające polifosforany bez konieczności mieszania z glebą.

Tabela 7. Nawożenie doglebowe fosforem (P) przed założeniem sadu/plantacji oraz w trakcie ich prowadzenia w zależności od przyswajalności P w glebie* (Kłossowski, 1972 zmodyfikowane przez Wójcika, 2021)

Zasobność warstwy próchnicznej w P		
niska	optimalna	wysoka
Zawartość P (mg kg ⁻¹ s.m.)		
<40	40-80	>80
Nawożenie fosforem przed założeniem sadu/plantacji (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) ^a		
100-150 ^b	50-100 ^b	0-50 ^b
Nawożenie fosforem w sadzie/plantacji (g P ₂ O ₅ m ⁻²) ^c		
10-15	0	0

* Przyswajalność P w glebie oznaczona metodą Egnera-Riehma.

^a Dawka fosforu podana na powierzchnię nawożoną.

^b Zmniejszone lub zwiększone dawki fosforu o 20% stosować, gdy jego zawartość w warstwie poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio > 40 mg P kg⁻¹ s.m. oraz < 20 mg P kg⁻¹ s.m.

^c Nawozy fosforowe na bazie ortofosforanów stosować wzdłuż rzędów drzew w sadach powyżej 3 lat, mieszając je do głębokości około 5 cm. Nawozy zawierające polifosforany stosować w młodych sadach (do 3 lat), a także na plantacjach bez konieczności mieszania z glebą.

Tabela 8. Nawożenie doglebowe fosforem (P) przed założeniem sadu/plantacji oraz w trakcie ich prowadzenia w zależności od dostępności P w glebie* (Wójcik, 2021)

Zasobność warstwy próchnicznej w P		
niska	optimalna	wysoka
Zawartość P (mg dm ⁻³ ś.m.)		
<15	15-50	>50
Nawożenie fosforem przed założeniem sadu/plantacji (kg P ₂ O ₅ ha ⁻¹) ^a		
100-150 ^b	50-100 ^b	0-50 ^b
Nawożenie fosforem w sadzie/plantacji (g P ₂ O ₅ m ⁻²) ^c		
10-15 ^b	0	0

* Dostępność P w glebie oznaczona według metody Nowosielskiego.

^a Dawka fosforu podana na powierzchnię nawożoną.

^b Zmniejszone lub zwiększone o 20% dawki fosforu stosować, gdy jego zawartość w warstwie poniżej poziomu próchnicznego wynosi odpowiednio >15 mg P dm⁻³ ś.m. oraz <7 mg P dm⁻³ ś.m.

^c Nawozy fosforowe na bazie ortofosforanów stosować wzdłuż rzędów drzew w sadach w wieku powyżej 3 lat, mieszając je do głębokości 5 cm. Nawozy zawierające polifosforany stosować w młodych sadach (do 3 lat), a także na plantacjach bez konieczności mieszania z glebą.

Tabela 9. Liczby graniczne zawartości fosforu (P) w liściach poszczególnych gatunków roślin sadowniczych oraz polecane jego dawki w owocujących sadszach/plantacjach.

Gatunek rośliny/dawka składnika w nawożeniu*	Zakres zawartości P (%)			
	deficytowy	niski	optimalny	wysoki
Jabłoń <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,11 150	0,11-0,14 100	0,15-0,26 0	>0,26 0
Grusza <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	-	< 0,14 100	0,14-0,25 0	>0,25 0
Czereśnia <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,11 150	0,11-0,14 100	0,15-0,45 0	>0,45 0
Wiśnia <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,12 150	0,12-0,14 100	0,15-0,30 0	>0,30 0
Śliwa <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,14 150	0,14-0,19 100	0,20-0,60 0	>0,60 0
Brzoskwinia <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	-	< 0,14 100-150	0,14-0,30 0	>0,30 0
Morela <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	-	0,19 100-150	0,20-0,26 0	>0,26 0
Orzech włoski <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 150	0,10-0,13 100	0,14-0,50 0	>0,50 0
Leszczyna <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,10 150	0,10-0,14 100	0,15-0,40 0	>0,40 0
Porzeczka czarna <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,15 50**	0,15-0,23 50**	0,24-0,30 0	>0,30 0
Porzeczka czerwona <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,18 50**	0,18-0,23 50**	0,24-0,30 0	>0,30 0
Agrest <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,14 50**	<0,14-18 50**	0,19-0,25 0	>0,25 0
Malina <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,11 50**	0,11-0,14 50**	0,15-0,30 0	>0,30 0
Truskawka <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	<0,15 50**	0,15-0,23 50**	0,24-0,30 0	>0,30 0
Borówka <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>		<0,10 50**	0,12-0,40 0	>0,80 0
Żurawina <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>		< 0,08 50**	0,10-0,20 0	
Winorośl właściwa <i>Dawka P₂O₅ (kg ha⁻¹)</i>	< 0,10 50**	0,10-0,19 50**	0,20-0,24 0	0,25-0,80 0

* Dawki P w przeliczeniu na powierzchnię nawożoną.

** Stosować nawozy fosforowe na bazie polifosforanów.

Rośliny ozdobne uprawiane w gruncie

Rośliny ozdobne uprawiane w gruncie to głównie plantacje roślin szkółkarskich oraz rośliny cebulowe i bulwiaste (tulipany, lilie, narcyzy, piwonie). W uprawie polowej nawozy fosforowe oraz potasowe stosowane są głównie jesienią, zaś dawki powinny być obliczane w oparciu o bieżące analizy gleby (Tab. 10 i 11).

Tabela 10. Ocena zasobności gleby w fosfor w gruntowych szkółkach roślin ozdobnych (Kacperska i in. 1993, Matysiak, 2004)

Zasobność	Zawartość P w dwóch warstwach gleby ($\text{mg} \cdot 100 \text{ g}^{-1}$)	
	0-20 cm	20-40 cm
Wysoka	>0-20	>6,5
Średnia	>10	<6,5
Niska	<6,5	<3,5

Tabela 11. Nawożenie fosforem w szkółkach gruntowych (Matysiak, 2004).

Grupa roślin	Potrzeby pokarmowe	Dawka P w zależności od zawartości składnika w glebie ($\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ rocznie)		
		zasobność wysoka	zasobność średnia	zasobność niska
Róże	wysokie	25	40	45
Gatunki liściaste (np.: <i>Rhododendron</i> , <i>Berberis</i> , <i>Viburnum</i> , itp., oraz podkładki i rośliny młode, gatunki iglaste)	średnie	20	25	40
Gatunki o mniejszych wymaganiach np. <i>Populus</i> , <i>Salix</i> , <i>Spiraea</i>	niskie	10	15	20

Ozdobne rośliny cebulowe: krokus, narcyz i tulipan oraz lilia sadzone są jesienią i dawki nawozów w tym P powinny być zastosowane głównie jesienią przed sadzeniem podczas przygotowywania pola. Mieczyki są sadzone wiosną lecz część dawki P można zastosować już jesienią przygotowując pole a resztę wiosną przed sadzeniem. Piwonie jako rośliny wieloletnie wymagają zarówno odpowiedniego uzupełnienia zawartości w glebie P przed sadzeniem jak również w kolejnych latach regularnego nawożenia zgodnie z wynikami analiz chemicznych podłoża. Rośliny cebulowe są w Polsce uprawiane na niewielkich arealach. Zwykle nie ma problemu z niedoborami P w uprawie przy stosowaniu dawek uzupełniających ten pierwiastek do zalecanego poziomu (Tab. 12).

Tabela 12. Standardowe zawartości P oraz optymalne zakresy odczynu gleby dla roślin cebulowych i bulwiastych

Roślina	P (mg dm^{-3})	pH
Krokus	40-80	5,7-6,8
Lilia	40-80	5,8-7,0
Mieczyk	50-100	6,3-7,2
Narcyz	50-100	5,7-6,8
Tulipan	50-80	6,3-7,4
Piwonia	80-100	6,4-7,5

Nawożenie fosforem ozdobnych roślin szkółkarskich

Rośliny szkółkarskie: są uprawiane dość intensywnie (krótkie cykle uprawowe, duże zagęszczenie roślin i stosunkowo intensywne nawożenie) więc często oprócz stosowania dawek nawozów dogłębowo, w tym nawozów fosforowych do zalecanego poziomu P w glebie, dodatkowo stosuje się nawadnianie kropłowe, lub zraszanie pożywkami nawozowymi (fertygacja). Zbyt duże dawki pożywki nawozowej mogą prowadzić do nadmiernej akumulacji składników w glebie, ich wymywaniu w głąb profilu glebowego, a także zanieczyszczenia wód.

Uprawy kontenerowe w szkółkach (pojemniki z roślinami ustawione gęsto na wyłożonych włókniną szkółkarską zagonach gruntowych wymagają nawożenia stosowanego do pojemników (nawozy sypkie lub nawozy o spowolnionym działaniu). Podłoże w pojemnikach jest zwykle bardziej porowate i ma mniejszą zdolność sorpcyjną niż gleba w polu więc opady deszczu mogą łatwo wypłukiwać nawozy aplikowane do pojemników (Treder i Treder, 2016). Problemem są wahania w poziomie zawartości składników czasie sezonu wegetacyjnego i konieczność dodatkowego stosowania nawozów w formie fertygacji (zraszanie, nawadnianie liniami kroplującymi) lub dokarmianie dolistne.

Dodatkowe nawożenie fosforem powinno być prowadzone po wykonaniu analiz podłoża w pojemnikach, obserwacji roślin (identyfikacja objawów niedoboru składników mineralnych), a nawet po wykonaniu analiz liści. Uprawy szkółkarskie dotyczą również roślin sadowniczych (produkcja materiału nasadzeniowego tj. drzewka, krzewy, sadzonki). Intensywne nawożenie szkółek pojemnikowych może prowadzić do wymywania składników pokarmowych i ich gromadzenia się w glebie pod pojemnikami, a także niekontrolowanego spływu biogenów zawartych w wodach drenarskich (w tym P) do środowiska. W wielu krajach (Niderlandy, Belgia, Niemcy) w szkółkach kontenerowych monitorowane są dawki wody podawane w szkółkach oraz ilość wód drenarskich generowanych przez dane gospodarstwo. Wody drenarskie nie mogą być odprowadzane do środowiska bez wcześniejszego ich oczyszczenia w zbiornikach osadowych.

Literatura:

1. Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E. 2012. Żywienie roślin ogrodnich. Podstawy i perspektywy. Opracowanie pod red. Komosa A. PWRiL, Poznań.
2. Breś W., Golcz A., Komosa A., Kozik E., Tyksiński W. 2009. Żywienie roślin ogrodnich, Wyd. UP w Poznaniu.
3. Fink M., Feller C., Scharpf H-C., Weier U., Mayne A., Ziegler J., Paschold P-J, Strohmeyer K. 1999. Nitrogen, phosphorus, potassium and magnesium contents in field vegetables - recent data for fertilizer recommendation and nutrient balances. J. Plant Nutr. Sci. 162.
4. Kacperska I., Oświęcimski W., Przeradzki D., Stojanowska J. 1993. Opracowywanie zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. Wyd. SGGW, Warszawa.
5. Kłossowski W. 1972. Nawożenie roślin sadowniczych. PWRiL, Warszawa.
6. Matysiak B. 2004. Nawożenie roślin w szkółkach ozdobnych. Szkółkarstwo 4: 104-110.
7. Nowosielski O. 1988. Zasady opracowywania zaleceń nawozowych w ogrodnictwie. PWRiL, Warszawa.
8. Sady W. 2014. Nawożenie warzyw polowych. Plantpress, Kraków.
9. Treder J., Treder W. 2016. Ocena potrzeb wodnych wybranych gatunków bylin. [W:] Współczesne kierunki badań nad roślinami ozdobnymi w Polsce. Monografia naukowa pod redakcją A. Bach, A. Kapczyńska, M. Malik, M. Maślanka. Polska Akademia Nauk – Komitet Nauk Agronomicznych, Uniwersytet Rolniczy w Krakowie. I.2., 123-136.
10. Wójcik P., Dyśko J., Kaniszewski S., Kowalczyk W., Nowak J. 2014. Zrównoważone nawożenie roślin ogrodnich. Opracowanie zbiorowe, Wyd. Instytut Ogrodnictwa, Skierniewice.