

Sposób wytwarzania nawozu z podłoża popieczarkowego do uprawy roślin, zwłaszcza warzywnych korzeniowych

Przedmiot wynalazku stanowi sposób wytwarzania nawozu z podłoża popieczarkowego do uprawy roślin, zwłaszcza warzywnych korzeniowych.

Warzywa korzeniowe, a w szczególności marchew są popularnymi na całym świecie roślinami konsumpcyjnymi, określanymi mianem prozdrowotnych. Wynika to z cennego składu chemicznego korzeni – dużej zawartości witaminy A, B, PP, kwasu askorbinowego, beta-karotenu, makro- i mikroelementów, oraz naturalnych właściwości antyoksydacyjnych (przeciwnowotworowych). Jakość warzyw korzeniowych (skład pokarmowy) zależy w dużej mierze od rodzaju nawożenia. Przykładowo wiele odmian marchwi ma przeznaczenie zwłaszcza dla dzieci (soki, przeciery), stąd ważne jest by w środowisku glebowym nie kumulowała się nadmierna ilość szkodliwych azotanów i azotynów – pochodnych transformacji związków azotu w glebie. Wobec powyższego, w rolnictwie konwencjonalnym, a z założenia - w rolnictwie ekologicznym poszukuje się alternatywy dla tradycyjnego nawożenia mineralnego NPK – zastąpienia go naturalnymi nawozami organicznymi, w tym produktami odpadowymi, na przykład z podłoża popieczarkowego, co wobec deficytu tego nawozu wynikającego ze spadku pogłowia zwierząt hodowlanych może stanowić dużą szansę dla rolników prowadzących uprawę roślin w sposób zrównoważony i ekologiczny.

W publikacji patentu PL220660 B1 przedstawiono nawóz z podłoża po uprawie pieczarek składający się z podłoża popieczarkowego w ilości od 50 do 70% wag., ewentualnie uzupełnionego nieużytecznymi częściami pieczarek w ilości nieprzekraczającej 10% wag. w stosunku do ilości podłoża, słomy w ilości 20-50% wag., tak aby stosunek C:N w otrzymanym surowcu do kompostowania wynosił nie mniej niż 30:1, wodorowęglanu sodu NaHCO_3 i/lub wodorowęglanu potasu KHCO_3 w ilości od 1 do 4% wag., fosforanu wapnia $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ w ilości od 1 do 3% wag., węglanu magnezu MgCO_3 w ilości od 1 do 5% wag. oraz dodatkowych substancji odpadowych w ilości pozwalającej na uzyskanie udziału azotu w produkcie na poziomie od 1 do 5% wag. na kilogram suchej masy produktu. Wynalazek ten nie jest jednak w pełni nawozem naturalnym, podłoże popieczarkowe zostało bowiem wzbogacone/uzupełnione w dodatki syntetyczne takie jak: fosforan wapnia, węglan magnezu, wodorowęglan sodu lub

wodorowęglan potasu, sole potasowe, mineralne nawozy azotowe – mocznik, saletra amonowa, sole techniczne zawierające mikroelementy, a także odpady rzeźne niskiego ryzyka i odpady roślinne z produkcji rolnej. Taka wieloskładnikowa kompozycja nawozowa poddawana jest procesowi kompostowania z dodatkiem bakterii celuloitycznych, a następnie procesom zgniotu i granulacji. Proces wytwarzania takiej mieszanki nawozowej jest długotrwały i pracochłonny.

Istota sposobu wytwarzania nawozu z podłoża popieczarkowego do uprawy roślin, zwłaszcza warzywnych korzeniowych polega na tym, że obejmuje etap uprawy pieczarek, w którym dla pieczarek przygotowuje się podłoże z dodatkiem zmielonych ziaren kukurydzy w ilości $0,025-0,035 \text{ kg m}^{-2}$, a po 2 dniach od załadunku podłoża do hali wegetacyjnej, z pierwszą wodą aplikuje się w ilości $4,8-5,1 \text{ l ha}^{-1}$ organiczno-mineralny preparat nawozowy. Preparat nawozowy zawiera w swoim składzie: kwasy humusowe 25%, węgiel organiczny 22%, aminokwasy 10%, betainę 10%, azot całkowity (N) 4%, fosfor (P_2O_5) 0,10%, tlenek potasu (K_2O) 5%, magnez (MgO) 0,5 % i materię organiczną 52%, a także witaminy: B2 – 95 mg kg^{-1} i B1 – 3 mg kg^{-1} . W trakcie wegetacji grzybni wlewa się do podłoża $26-28 \text{ l m}^{-2}$ wody. W trakcie przerastania okrywy, do momentu zawiązywania się owocników pieczarek w hali wegetacyjnej utrzymywana jest temperatura podłoża $20,5-21,5^\circ\text{C}$, stężenie CO_2 na poziomie $2800-3000 \text{ ppm}$ i wilgotność względna 95%. Po zawiązaniu owocników stopniowo obniża się temperaturę powietrza w hali do $17-18^\circ\text{C}$, a podłoża do temperatury 19°C , zaś poziom CO_2 obniża się do wartości $1200-1300 \text{ ppm}$. Po zbiorze pieczarek podłoże popieczarkowe stanowi nawóz

Korzystnie po zbiorze pieczarek podłoże jest odkażanie poprzez podgrzewanie go parą wodną do temperatury 70°C .

Po zbiorze pieczarek podłoże popieczarkowe składa się na pryzmach nie dłużej niż 4 tygodnie.

Nawóz otrzymany sposobem według wynalazku ma skład chemiczny zbliżony do obornika bydlęcego i opiera się na zużytym podłożu popieczarkowym wzbogaconym w dodatki naturalne. Jest to naturalny nawóz organiczny, bez żadnych dodatków syntetycznych. Monitorowanie w halach wegetacyjnych stężenia dwutlenku węgla wpływa na poprawę wzrostu i jakości pieczarek. Jednocześnie jednak kontrolowane jest jego stężenie, tak aby było ono na wysokim poziomie, lecz nie przekraczającym stężeń

wpływających na rozwój pieczarek w poszczególnych fazach ich wegetacji. Utrzymywanie wysokiego poziomu CO_2 powoduje, że jest on częściowo sorbowany przez podłoże. W podłożu natomiast CO_2 przekształca się w węgiel organiczny. Nawóz otrzymany sposobem według wynalazku poprawia właściwości fizyko-chemiczne gleby oraz wzbogaca jej życie mikrobiologiczne i zapewnia skuteczne działanie płonotwórcze. Przy wysokiej zawartości C-organicznego nawóz cechuje się jednocześnie wąskim stosunkiem C/N, co wpływa na lepszą i szybszą jego mineralizację w glebie, zwiększoną aktywność enzymów glebowych, a w konsekwencji większe (lepsze) wykorzystanie składników pokarmowych z gleby przez roślinę uprawną. Dodatkowo jest to skuteczny sposób zagospodarowania odpadu, jakim jest podłoże popieczarkowe. Koszt wytworzenia nawozu z podłoża jest poza tym niższy, wobec czego stosowanie takiego nawozu ma uzasadnienie ekonomiczne.

Sposób według wynalazku opisano szczegółowo poniżej w przykładzie realizacji.

Przygotowanie podłoża pod uprawy pieczarek, które następnie zostanie wykorzystane jako nawóz do uprawy roślin, zwłaszcza warzywnych korzeniowych polegało na tym, że do podłoża pod pieczarki pozbawionego gipsu dodano mielonych ziaren kukurydzy w ilości $0,03 \text{ kg m}^{-2}$. Po 2 dniach od załadunku podłoża do hali wegetacyjnej, z pierwszą wodą aplikowano organiczno-mineralny preparat nawozowy w ilości $4,8\text{--}5,1 \text{ l ha}^{-1}$. Preparatem tym był komercyjnie dostępny preparat nawozowy pod handlową nazwą Humik. Preparat Humik zawiera w swoim składzie: kwasy humusowe 25%, węgiel organiczny 22%, aminokwasy 10%, betainę 10%, azot całkowity (N) 4%, fosfor (P_2O_5) 0,10%, tlenek potasu (K_2O) 5%, magnez (MgO) 0,5 % i materię organiczną 52%, a także witaminy: B2 – 95 mg kg^{-1} i B1 – 3 mg kg^{-1} . W trakcie wegetacji grzybni wlewano do podłoża ok. $26\text{--}28 \text{ l m}^{-2}$ wody. W trakcie przerastania okrywy, do momentu zawiązywania się owocników pieczarek w hali wegetacyjnej utrzymywana była temperatura podłoża na poziomie 21°C przy stałym ruchu powietrza. Monitorowano stężenie CO_2 , utrzymując je na poziomie 3000 ppm i nie dopuszczając do przekroczenia tej wartości. Wilgotność względna wynosiła 95%. Po zawiązaniu owocników stopniowo obniżano temperaturę powietrza w hali do $17\text{--}18^\circ\text{C}$, a podłoża do temperatury 19°C . Wpuszczono też do hali uprawowej świeże powietrze w celu obniżenia poziomu CO_2 do wartości ok. 1200–1300 ppm. Po zbiorze pieczarek podłoże odkazano podgrzewając je parą wodną do temperatury 70°C w kilku cyklach co 30 minut. Otrzymane podłoże popieczarkowe stanowiące nawóz składa się na pryzmach nie dłużej niż 3–4 tygodnie.

Otrzymany w ten sposób nawóz organiczny na bazie zużytego podłoża popieczarkowego składa się ze słomy zbożowej (pszenicy ozimej), torfu i obornika kurzego w relacji: 35% : 30% : 35%. Zużyte podłoże popieczarkowe jest odkażane termicznie, nie zawiera więc grzybów chorobotwórczych, a pozostałości pieczarek są minimalne, na poziomie 3-5%. Taką obróbką podłoża popieczarkowego powoduje, że odkazony odpad jest gotowym nawozem organicznym do dogłębowego zastosowania na jesieni (tak jak obornik) i wymieszania z glebą w uprawach warzyw korzeniowych wysiewanych do gruntu wiosną. Podłoże popieczarkowe przeznaczone na cele nawozowe podlega krótkoterminowemu składowaniu na przyzmach, najlepiej 3-4 tygodnie i powinno być po takim okresie składowania zastosowane na polu, co zapewnia zachowanie jego wartości nawozowej. W okresie jesienno-zimowym nawóz odpadowy ulega w glebie stopniowej mineralizacji, a uwalniane do gleby składniki pokarmowe są wykorzystywane wiosną przez rozwijające się rośliny warzywne. Nawóz może być przeznaczony do uprawy marchwi i innych roślin okopowych korzeniowych. W tabeli 1 przedstawiono wartości nawozowe proponowanego wynalazku na tle składu chemicznego obornika.

Tabela 1. Skład chemiczny nawozu z podłoża popieczarkowego do zastosowania nawozowego w uprawie warzyw korzeniowych, w porównaniu ze składem chemicznym obornika bydlęcego.

Składnik	Zawartość składnika	
	Podłoże popieczarkowe	Obornik bydlęcy
pH	6,5 1 mol KCl	6,5 1 mol KCl
Sucha masa	28,6 %	26,4 %
C-organiczny	376,4 g kg ⁻¹ s.m.	382,3 g kg ⁻¹ s.m.
N	26,8 g kg ⁻¹ s.m.	22,3 g kg ⁻¹ s.m.
P	10,9 g kg ⁻¹ s.m.	13,4 g kg ⁻¹ s.m.
K	14,2 g kg ⁻¹ s.m.	19,5 g kg ⁻¹ s.m.
Ca	7600 mg kg ⁻¹ s.m.	7712 mg kg ⁻¹ s.m.
Mg	1320 mg kg ⁻¹ s.m.	1216 mg kg ⁻¹ s.m.
Zn	91,3 mg kg ⁻¹ s.m.	98,6 mg kg ⁻¹ s.m.
Cu	17,2 mg kg ⁻¹ s.m.	15,4 mg kg ⁻¹ s.m.
Mn	15,3 mg kg ⁻¹ s.m.	2,4 mg kg ⁻¹ s.m.
Se	14,6 mg kg ⁻¹ s.m.	1,9 mg kg ⁻¹ s.m.

Z danych zawartych w tabeli 1 wynika, że skład chemiczny nawozu z podłoża popieczarkowego jest zbliżony do składu obornika (zwłaszcza w przypadku odczynu nawozu, zawartości suchej masy, C-organicznego, wapnia, magnezu i cynku). Co ważne, nawóz z podłoża popieczarkowego posiada większą zawartość azotu w suchej masie niż

obornik oraz zawiera dużo manganu i selenu, przy śladowych zawartościach tych składników w oborniku. Przy zbliżonej zawartości C-organicznego w obu nawozach, większa zawartość azotu w nawozie z podłoża popieczarkowego wpływa na korzystniejszą (węższą relację C/N) w tym nawozie. Nawóz z podłoża popieczarkowego posiada też trochę większą zawartość magnezu i miedzi, zaś nieco mniejszą zawartość fosforu i potasu niż obornik. Podsumowując, skład chemiczny nawozu z podłoża popieczarkowego zapewnia porównywalne do obornika oddziaływanie na właściwości gleby oraz na produktywność i jakość rośliny uprawnej. W tabeli 2 zaprezentowano wpływ wynalazku na skład chemiczny gleby i aktywność enzymów glebowych pod zasiewami marchwi jadalnej.

Tabela 2. Wpływ nawozu z podłoża popieczarkowego na skład chemiczny i aktywność enzymatyczną gleby pod zasiewami marchwi jadalnej.

Składnik	Zawartość	
	Gleba bez nawożenia	Gleba nawożona podłożem popieczarkowym
pH	6,3 1 mol KCl	6,5 1 mol KCl
C-organiczny	0,70 %	0,91 %
Å	0,05 %	0,11 %
P	155 g kg ⁻¹	172 g kg ⁻¹
K	255 g kg ⁻¹	287 g kg ⁻¹
Mg	58 g kg ⁻¹	69 g kg ⁻¹
Cu	2,13 mg kg ⁻¹	7,94 mg kg ⁻¹
Mn	31 mg kg ⁻¹	194 mg kg ⁻¹
Zn	2,06 mg kg ⁻¹	9,64 mg kg ⁻¹
Próchnica	1,31 %	1,58 %
Dehydrogenaza	3,9 (μmol TPF kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	6,9 (μmol TPF kg ⁻¹ ·h ⁻¹)
Ureaza	3,7 (mmol NH ₄ ⁺ kg ⁻¹ ·h ⁻¹)	5,9 (mmol NH ₄ ⁺ kg ⁻¹ ·h ⁻¹)

Z zestawienia wynika, że zastosowanie nawozu z podłoża popieczarkowego poprawia radykalnie właściwości wszystkich oznaczeń chemicznych gleby lessowej – w porównaniu ze stanem wejściowym, a w szczególności zawartość miedzi, manganu i cynku, a także pH gleby, zawartość azotu (przeszło 2-krotnie), zawartość C-organicznego i próchnicy glebowej. Jeszcze większy pozytywny wpływ nawozu z podłoża popieczarkowego stwierdza się w przypadku aktywności enzymów glebowych (blisko 2-krotny wzrost). Aktywność enzymów glebowych odgrywa kluczową rolę w rozkładzie związków pokarmowych w glebie do form przyswajalnych i efektywnie wykorzystywanych przez roślinę uprawną. W tabeli 3 przedstawiono wymierny wpływ

nawozu z podłoża popieczarkowego na plonowanie i skład pokarmowy warzyw na przykładzie marchwi jadalnej:

Tabela 3. Wpływ nawozu z podłoża popieczarkowego na plon i skład chemiczny korzeni marchwi jadalnej.

Plon / Składnik	Zawartość	
	Gleba bez nawożenia	Gleba nawożona podłożem popieczarkowym
Plon korzeni	17,2 t ha ⁻¹	35,8 t ha ⁻¹
Sucha masa korzeni	10,88 %	11,88 %
Kwas L-askorbinowy	5,62 mg 100 g ⁻¹ świeżej masy	7,59 mg 100 g ⁻¹ świeżej masy
Sacharoza	4,08 mg 100 g ⁻¹ świeżej masy	5,61 mg 100 g ⁻¹ świeżej masy
Karotenoidy	13,54 mg 100 g ⁻¹ świeżej masy	18,42 mg 100 g ⁻¹ świeżej masy
Azotany	169,0 mg NO ₃ 1 kg ⁻¹ świeżej masy	172,0 mg NO ₃ 1 kg ⁻¹ świeżej masy
N	9,8 g kg ⁻¹ suchej masy	11,6 g kg ⁻¹ suchej masy
P	2,1 g kg ⁻¹ suchej masy	3,8 g kg ⁻¹ suchej masy
K	20,1 g kg ⁻¹ suchej masy	24,5 g kg ⁻¹ suchej masy
Ca	2,14 g kg ⁻¹ suchej masy	4,20 g kg ⁻¹ suchej masy
Mg	0,63 g kg ⁻¹ suchej masy	1,28 g kg ⁻¹ suchej masy
Na	0,49 g kg ⁻¹ suchej masy	1,24 g kg ⁻¹ suchej masy

Analizując dane zawarte w tabeli 3 zauważamy, że nawóz z podłoża popieczarkowego wpływa na ponad 2-krotne zwiększenie plonu korzeni marchwi, w stosunku do gleby bez nawożenia. Wpływa także na istotne zwiększenie zawartości suchej masy w korzeniach i wszystkich analizowanych składników pokarmowych. Szczególnie pozytywny wpływ nawozu z podłoża popieczarkowego stwierdzono w przypadku magnezu i sodu (wzrost zawartości 2-3-krotny). Co ważne, wprowadzenie do gleby nawozu z podłoża popieczarkowego pozostało niemal bez wpływu na zawartość w korzeniach marchwi szkodliwych azotanów.

Ustalenie dawki nawozu z podłoża popieczarkowego w nawożeniu warzyw korzeniowych wynika z naturalnej zasobności gleby pod uprawę w składniki pokarmowe, której skład chemiczny oznacza się w Stacji Chemiczno-Rolniczej, z zaleceń wielkości nawożenia dla konkretnego gatunku rośliny, jak też od składu chemicznego samego nawozu z podłoża popieczarkowego. Przykładowo, przy średniej zasobności gleby płowej wytworzonej z lessu (II klasa bonitacyjna) w składniki pokarmowe (N = 0,10%, P = 167 mg kg⁻¹, K = 276 mg kg⁻¹, Mg = 67 mg kg⁻¹, C-organiczny = 0,83%) oraz pH gleby = 6,5 =

- wielkość dawki nawozu z podłoża popieczarkowego w nawożeniu marchwi jadalnej będzie wynosiła około 20 t ha⁻¹. Jeśli gleba cechuje się wysoką zasobnością w składniki pokarmowe (N = 0,15%, P = 181 mg kg⁻¹, K = 298 mg kg⁻¹, Mg = 75 mg kg⁻¹, C-organiczny = 1,02%), dawkę nawozu z podłoża popieczarkowego należy zmniejszyć do 15 t ha⁻¹. Natomiast w przypadku niskiej zasobności gleby w składniki pokarmowe (N = 0,05%, P = 144 mg kg⁻¹, K = 252 mg kg⁻¹, Mg = 55 mg kg⁻¹, C-organiczny = 0,61%), dawka nawozu z podłoża popieczarkowego będzie wynosiła 25 t ha⁻¹.

- Techniczna strona stosowania nawozu z podłoża popieczarkowego jako nawozu organicznego jest podobna do stosowania obornika na polach uprawnych. Nawożenie wykonuje się w 1-3 dekadzie października. W przypadku większych arealów pola, podłoże popieczarkowe rozprowadzamy na polu rozrzutnikiem do obornika, a następnie mieszamy z glebą płytką orką lub kultywátorem. Na małych powierzchniach roślin warzywnych korzeniowych (kilka arów) nawóz można rozprowadzić na polu ręcznie (widłami ogrodniczymi), następnie wyrównać zabiegiem bronowania i wymieszać nawóz z glebą kultywátorem.

PROREKTOR
ds. Nauki i Współpracy z Zagranicą

[Signature]
dr hab. Bartosz Salowicz
prof. uczelni

[Signature]
mgr inż. Magdalena Tarała
RZECZNIK PATENTOWY
Nr 3268