

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 249865 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **448874**

(22) Data zgłoszenia: **2024.06.18**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2025.12.22 BUP 51/2025**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2026.07.06 WUP 27/2026**

(51) MKP:

C05F 9/00 (2006.01)

C05F 1/00 (2006.01)

C05G 1/00 (2006.01)

B09B 3/70 (2022.01)

B09B 101/85 (2022.01)

(73) Uprawniony z patentu:

POLITECHNIKA WROCŁAWSKA, Wrocław, PL

(72) Twórca(-y) wynalazku:

KATARZYNA CHOJNACKA, Gajków, PL

GRZEGORZ IZYDORCZYK, Wrocław, PL

DAWID SKRZYPCZAK, Wrocław, PL

FILIP GIL, Wrocław, PL

KRZYSZTOF TRZASKA, Warszawa, PL

(74) Pełnomocnik:

**rzecz. pat. Józefa Halina Winohradnik,
Wrocław, PL**

(54) Tytuł:

**Sposób przetwarzania odpadowego włókna naturalnego na nawóz organiczno-mineralny
oraz nawóz otrzymany z utylizowanych odpadów włókienniczych**

PL 249865 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób przetwarzania odpadowego włókna naturalnego na nawóz organiczno-mineralny oraz stały nawóz organiczno-mineralny otrzymany z utylizowanych odpadów włókienniczych.

W chińskim zgłoszeniu patentowym CN1410437(A) opisano sposób wytwarzania peptydów i aminokwasów z naturalnego jedwabiu, polegający na hydrolizie z użyciem 80–85% kwasu fosforowego w temp. 70–110°C i neutralizacji mlekiem wapiennym. Oddzielony przez filtrację fosforan wapnia wykorzystuje się jako nawóz chemiczny, a zagęszczony i wysuszony filtrat stosuje jako nawóz organiczny.

W japońskim zgłoszeniu patentowym JP2003073186(A) ujawniono sposób otrzymywania naturalnego nawozu aminokwasowego z białka jedwabiu, polegający na gotowaniu kokonów jedwabnika w gorącej wodzie, poddawaniu uzyskanego proszku jedwabiu hydrolizie kwasem solnym oraz neutralizację wodorotlenkiem sodu. Z mieszaniny zagęszczonej na drodze dializy w temp. 4°C, z użyciem membrany o porowatości 10–12 kDa i liofilizacji, oddziela się wyekstrahowane grupy aminowe.

Chińskie zgłoszenie patentowe CN108147926(A) dotyczy wytwarzania nawozu organicznego o kontrolowanym uwalnianiu z wykorzystaniem pozostałości manioku, odpadowego jedwabiu, węgla drzewnego z manioku, kaolinu i osadów. Proces obejmuje wstępną obróbkę surowców, przygotowanie żywicy wodochłonnej, poprzez zmieszanie poliakrylanów sodu z glinokrzemianami w stosunku 1:1 w temperaturze 60°C, formowanie rdzenia nawozu przy ciśnieniu 5 MPa oraz jego powlekanie żywicą wodochłonną w temperaturze 40°C.

Ze zgłoszenia w trybie PCT nr WO2024003795 znane jest zastosowanie mieszanin biopolimerów, w tym jedwabiu w połączeniu z chityną, chitozanem, celulozą, hemicelulozą, ligniną, amylozą, aktyną, fibryną, kolagenem, fibroiną, keratyną, wełną i kwasem alginowym, w różnych aplikacjach agromonicznych, takich jak otoczkowanie nasion, granulowanie nasion, dodawania do nawozów granulowanych, opryskiwania liści oraz aplikacji dokorzeniowych. Amerykańskie zgłoszenie US2024016145A1 ujawnia preparaty zawierające fragmenty fibroiny jedwabiu i regulator wzrostu roślin, oraz otoczkowanie nasion białkiem fibroinowym z jedwabiu. Białko fibroinowe, o wielkości 1kDa–350kDa, jest ekstrahowane z surowych kokonów jedwabnika nieorganicznym rozpuszczalnikiem, takim jak Na₂CO₃ i LiBr, w temperaturze 60°C–140°C. Powłoka nasienna, zawierająca fragmenty fibroiny jedwabiu, oprócz ochrony nasion, dostarcza regulatory wzrostu roślin, zwiększając efektywność upraw. W publikacji JAY-MALA DAVE „*Method For Making Bio Fertilizer From Discarded Cotton And Silk Fabrics*” Agrotech Publishing Academy ISBN: 9788194813354 opisano przekształcanie odpadów tkanin bawełnianych i jedwabnych na nawóz organiczny poprzez wermikompostowanie. Selektywnie zbierane, rozdrobnione tkaniny po namoczeniu i zmieszaniu z krowimi odchodami, zaszczepia się dżdżownicami i przy 30% wilgotności pozostawia pod przykryciem na 90 dni. Następnie dżdżownice Eisenia fetida i kokony usuwa się z bionawozu i przechowuje do ponownego użycia.

W amerykańskim opisie patentowym US10458047 opisano sposób przetwarzania odpadowej odzieży, w którym po sortowaniu i oddzieleniu metalu oraz tkaniny bawełnianej od syntetycznej z dokładnością 97%, prowadzi się sanityzację promieniowaniem UV oraz gazami, takimi jak nadtlenek wodoru, ozon i tlenek etylenu. Uzyskane półprodukty po usunięciu barwników i zanieczyszczeń z użyciem adsorbentów do usuwania barwników azowych poddaje się hydrolizie enzymatycznej z użyciem proteazy o aktywności 3000 U/g, przez 6 godzin.

W większości stosowanych sposobów przetwarzania, materiały włókiennicze z biopolimerów pozyskiwane są z odpadowej odzieży lub produktów odpadowych z produkcji włókien, takich jak kokony jedwabnika. Materiały te przetwarza się metodami takimi jak ekstrakcja, hydroliza i wermikompostowanie, niestety w przypadku tkanin barwionych barwnikami azowymi, wiąże się to z ryzykiem transferu metali ciężkich i toksycznych związków organicznych do gleby. Aby zminimalizować ryzyko monitoruje się jakość gleby po zastosowaniu nawozów pochodzących z takich źródeł i w przypadku obecności związków toksycznych oczyszcza adsorbentami.

Celem niniejszego wynalazku jest opracowanie efektywnego sposobu przetwarzania odpadów włókienniczych i zużytej odzieży na wartościowy stały nawóz organiczno-mineralny, spełniający wymogi Rozp. Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1009 oraz Ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu.

Istotną cechą wynalazku jest zagospodarowanie odpadów włókienniczych z produkcji odzieży wełnianej, bawełnianej, kaszmirowej lub jedwabnej, a także zużytej odzieży z tych materiałów, jako źródła aminokwasów oraz makro- i mikrośladników nawozowych.

Sposób przetwarzania odpadowego włókna naturalnego na nawóz organiczno-mineralny, polega na tym, że odpady włókiennicze i zużyta odzież, zawierające włókna naturalne, takie jak wełna, bawełna, jedwab i kaszmir, po rozdrobnieniu poddaje się hydrolizie kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96–98% wag., przy stosunku odpadów do kwasu wynoszącym od 8:1 do 1:1, w temperaturze 20–120°C przez 0,5–24 godziny, hydrolizat doprowadza się do pH 0,5–3,5 za pomocą wodorotlenku potasu. Przy czym odpady włókiennicze przed hydrolizą rozdrabnia się i usuwa elementy plastikowe i metalowe. Korzystnie odpady wełniane hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96%, w temperaturze 80°C przez 4 godziny. Następnie dodaje się roztwór azotanu amonu o stężeniu 25% wag. azotu w proporcji hydrolizatu do roztworu wynoszącej od 70:1 do 20:1. Korzystnie odpady bawełniane hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 98%, w temperaturze 100°C przez 6 godzin. Korzystnie odpady kaszmirowe hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96%, w temperaturze 90°C przez 5 godzin. Korzystnie odpady jedwabne hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96%, w temperaturze 70°C przez 3 godziny. Proces hydrolizy prowadzi się optymalnie w reaktorze ze stali kwasoodpornej z ciągłym mieszaniem.

Otrzymany hydrolizat neutralizuje się z wykorzystaniem stałego wodorotlenku potasu. Zneutralizowany hydrolizat uzupełnia się mikroelementami: miedzią (Cu), manganem (Mn) i cynkiem (Zn), wprowadzanymi w postaci soli siarczanowych ewentualnie borem (B) z kwasu borowego, tak aby stężenie każdego pierwiastka wynosiło od 0,05% do 1,0% wag. mieszaniny. W kolejnym etapie zneutralizowaną mieszaninę granuluje się z wykorzystaniem mieszaniny obejmującej torf i popiół ze spalania słomy, albo popiół ze spalania słomy i tlenek magnezu, przy stosunku mieszaniny do lepiszcza od 8:1 do 1:1, a granulat suszy się napowietrznie lub w temperaturze nieprzekraczającej 40°C. Do zneutralizowanego hydrolizatu dodaje się lignosulfonian cynku lub manganu w ilości od 0,5% do 5% wag. mieszaniny, aby zwiększyć wytrzymałość granul.

Korzystnie produkty hydrolizy granuluje się z udziałem mieszaniny obejmującej torf i popiół ze spalania słomy zbóż, rzepaku, bobiku, lnu lub maku, zmieszanych w stosunku wagowym od 2:1 do 1:1, albo popiół ze spalania słomy zbóż, rzepaku, bobiku, lnu lub maku i tlenek magnezu, zmieszanych w stosunku wagowym od 2:1 do 1:1.

Wynalazek dotyczy również nawozu organiczno-mineralnego, otrzymanego sposobem według wynalazku, zawierającego od 0,05% do 1% wag. aminokwasów, co najmniej trzech wybranych z grupy obejmującej glicynę, alaninę, serynę, cysteinę, tyrozinę, walinę, glutaminę, kwas asparaginowy, argininę, treoninę, leucynę, izoleucynę i prolinę, pozyskanych z odpadów włókienniczych lub zużytej odzieży, zawierającej włókna naturalne, takie jak wełna, bawełna, jedwab i/lub kaszmir, poddanych hydrolizie kwasowej z kwasem siarkowym(VI). Zawartość makroelementów w nawozie wynosi: N od 2% do 15% wag., C od 15% do 35% wag., P₂O₅ od 1,5% do 5% wag., K₂O od 1,5% do 10% wag., CaO od 1,6% do 5% wag., MgO od 1,9% do 10% wag., SO₃ od 15% do 25,8% wag. Zawartość mikroelementów wynosi: Cu od 0,05% do 1,0% wag., Fe od 0,05% do 1,0% wag., Mn od 0,05% do 1,0% wag., Zn od 0,05% do 1,0% wag. Przy czym nawóz składa się z przereagowanych produktów hydrolizy odpadów włókienniczych i/lub zużytej odzieży zawierających włókna naturalne, obejmujących wełnę, bawełnę, jedwab i/lub kaszmir, w łącznej ilości od 47,8% do 66,4% wag., składników mineralnych siarkowych w ilości od 13,3% do 23,9% wag., składników potasowych w ilości od 2,0% do 3,8% wag., składników azotowych w ilości od 1,2% do 4,8% wag., soli mikroelementowych miedzi, manganu i cynku w łącznej ilości od 1,4% do 4,0% wag., ewentualnie związku boru w ilości do 0,5% wag, lignosulfonianu cynku lub manganu w ilości od 1,4% do 2,4% wag., a w postaci granulowanej ponadto co najmniej jednego dodatku granulacyjnego wybranego z grupy obejmującej torf, popiół ze spalania słomy oraz tlenek magnezu, w łącznej ilości od 11,3% do 17,8% wag. Korzystnie proporcje poszczególnych aminokwasów w mieszance wynoszą: glicyna 12%, alanina 10%, seryna 8%, cysteina 6%, tyrozyna 5%, walina 7%, glutamina 15%, kwas asparaginowy 10%, arginina 7%, treonina 5%, leucyna 6%, izoleucyna 5%, prolina 4%.

Wpływ poszczególnych aminokwasów na jakość nawozu i wzrost roślin jest znaczący. Na przykład, glicyna i glutamina są kluczowe dla syntezy chlorofilu, co poprawia fotosyntezę i przyspiesza wzrost roślin. Cysteina i seryna wspierają syntezę białek, co prowadzi do silniejszego wzrostu i lepszej odporności roślin na stresy środowiskowe. Arginina i kwas asparaginowy są ważne dla metabolizmu azotu, co wpływa na lepsze wykorzystanie składników odżywczych przez rośliny. Treonina i leucyna wspomagają rozwój korzeni, co z kolei zwiększa absorpcję wody i składników odżywczych z gleby. Tyrozyna i walina zwiększają odporność roślin na patogeny, co prowadzi do zdrowszych upraw i wyższych plonów.

Aby zapewnić zgodność z wymaganiami prawnymi i standardami jakości, proponuje się regularne testy i certyfikację gotowych produktów oraz wprowadzenie procedur śledzenia i dokumentowania pochodzenia surowców.

Wynalazek polegający na przekształceniu odpadów w wyniku hydrolizy kwasowej, dostarcza bezodpadową metodę produkcji nawozu, zwiększającego odporność roślin na stres i stymulującego ich wzrost, z jednoczesną utylizacją odpadów włókienniczych i odzieży. Nawozy zawierające wolne aminokwasy stymulują wzrost roślin, poprawiają jakość gleby, zwiększają plony i efektywność pobierania składników odżywczych. Zaletą rozwiązania jest nie tylko bezodpadowe zagospodarowanie odpadów, ale także krótki czas reakcji i wysoka wydajność w przekształcaniu białka w aminokwasy.

Precyzyjne warunki hydrolizy kwasowej dla różnych rodzajów odpadów włókienniczych umożliwiają maksymalizację wydajności aminokwasów oraz zapewnienie optymalnej jakości nawozu. Dzięki dostosowaniu parametrów procesu do specyficznych właściwości chemicznych poszczególnych materiałów, można uzyskać składniki odżywcze o wysokiej biodostępności, co przyczynia się do zwiększenia efektywności nawozu w poprawie wzrostu roślin i jakości gleby.

Granulowany nawóz organiczno-mineralny według wynalazku stosuje się w dawkach od 250 kg/ha do 400 kg/ha, w zależności od rodzaju upraw.

Wyniki przeprowadzonych testów potwierdzają szeroki zakres zastosowań nawozu, który może być skutecznie używany w różnych warunkach agronomicznych, zwiększając plony i poprawiając jakość upraw przy jednoczesnym poszanowaniu środowiska naturalnego.

Sposób według wynalazku zapewnia bezpieczne przetwarzanie odpadów włókienniczych i odzieży na nawozy organiczno-mineralne z aminokwasami, spełniające wymagania Rozporządzenia Parlamentu Europejskiego i Rady (UE) 2019/1009 z dnia 5 czerwca 2019 r. dla stałych nawozów organiczno-mineralnych: $N_{org} \leq 1\%$, $N_{cał} \leq 2,5\%$, $C_{org} \leq 7,5\%$, uzyskując zawartość zanieczyszczeń poniżej dopuszczalnych wartości, czego nie osiągnięto w znanych rozwiązaniach, oraz Ustawy z dnia 10 lipca 2007 r. o nawozach i nawożeniu. Aby zapewnić pełną zgodność z wymaganiami prawnymi, proponuje się wprowadzenie szczegółowych procedur certyfikacji oraz metod analitycznych stosowanych do monitorowania zawartości zanieczyszczeń w gotowych produktach. Metody te obejmują regularne analizy chemiczne oraz testy mikrobiologiczne, które pozwalają na bieżąco oceniać jakość nawozów i zgodność z obowiązującymi normami.

Sposób według wynalazku eliminuje koszty związane z utylizacją odpadów włókienniczych i odzieży, co korzystnie wyróżnia go pod względem ekonomicznym na tle istniejących metod produkcji nawozów i stanowi alternatywę dla nawozów chemicznych. Wykonana analiza kosztów produkcji nawozu organiczno-mineralnego sposobem będącym przedmiotem wynalazku, uwzględnia ocenę wydatków na surowce, energię, pracę, transport i inne niezbędne zasoby w porównaniu do tradycyjnych metod produkcji nawozów chemicznych. W analizie brane są pod uwagę oszczędności wynikające z eliminacji kosztów składowania i utylizacji odpadów włókienniczych, które są obecnie znaczącym obciążeniem dla wielu przedsiębiorstw. Produkcja nawozów metodą hydrolizy kwasowej odpadów włókienniczych nie tylko przekształca te odpady w wartościowy produkt, ale także redukuje koszty związane z ich składowaniem na wysypiskach.

Dodatkowe korzyści ekonomiczne wynikają z produkcji nawozów o wyższej wartości dodanej, które mogą być sprzedawane po wyższych cenach niż tradycyjne nawozy chemiczne. Nawozy organiczno-mineralne z aminokwasami są coraz bardziej pożądane na rynku ze względu na ich zdolność do poprawy jakości gleby, zwiększenia plonów i wspierania zrównoważonego rolnictwa. Wprawdzie początkowe inwestycje w sprzęt i technologie mogą być wyższe, to długoterminowe oszczędności i korzyści finansowe znacznie przewyższają te koszty.

Sposób według wynalazku polegający na zagospodarowaniu odpadów włókienniczych i odzieży poprzez kwasową hydrolizę z wykorzystaniem kwasu siarkowego(VI) posiada nieliczne bariery i ograniczenia wynikające z charakterystyki surowców. Problem dotyczy głównie odzieży zawierającej elementy metalowe lub plastikowe (guziki, suwaki, ozdobne ćwieki) oraz włókna syntetyczne, które nie ulegają hydrolizie kwasowej. Przedstawiony sposób utylizacji odpadów wymaga etapu przygotowawczego, polegającego na usunięciu wszystkich elementów innych niż naturalne biopolimery. Proponuje się wprowadzenie automatyzowanych systemów sortowania, które mogą zwiększyć efektywność tego etapu oraz zmniejszyć koszty i czas przygotowania surowców. Automatyzowane systemy sortowania, wyposażone w zaawansowane technologie optyczne i mechaniczne, mogą skutecznie identyfikować i oddzielać różne materiały, co przyczynia się do usprawnienia procesu produkcji nawozów.

Przedmiot wynalazku został przedstawiony w przykładach wykonania, które obejmują wartość nawozową uzyskanych nawozów, jednak nie wyczerpują wszystkich możliwych wariantów realizacji wynalazku.

PRZYKŁAD 1

Zgodnie ze sposobem według wynalazku, w reaktorze ze stali kwasoodpornej z mieszaniem umieszcza się 100 kg odpadów z produkcji jedwabiu, w postaci włókien, skrawków materiałów i pyłu jedwabnego. Do mieszaniny stopniowo dodaje się 20 kg kwasu siarkowego(VI) (H_2SO_4) o stężeniu 98% wag. Hydrolizę prowadzi się przez 2 godziny w temperaturze 40°C z ciągłym mieszaniem. Po zakończeniu hydrolizy, do reaktora dodaje się kolejno: 3,0 kg wodorotlenku potasu (KOH), 2,0 kg roztworu azotanu amonu o stężeniu 25% wag., 2 kg siarczanu miedzi(II), 2 kg siarczanu manganu(II), 2 kg siarczanu cynku oraz 2,7 kg lignosulfonianu cynku. Całość miesza się przez 20 minut, zapewniając równomierne rozprowadzenie składników. Przygotowaną zawiesinę granuluje się w granulatorze bębnowym z wykorzystaniem wcześniej przygotowanej mieszaniny popiołu ze spalania słomy (12 kg) oraz tlenku magnezu (5 kg). Granulat suszy się napowietrznie.

Według sposobu otrzymuje się nawóz o następującym składzie: N: 7%, C: 30,5%, P_2O_5 : 2%, K_2O : 3,6%, CaO: 2%, MgO: 5,3%, SO_3 : 18,7%, Cu: 5421 mg/kg, Fe: 6211 mg/kg, Mn: 3509 mg/kg, Zn: 2137 mg/kg; sumaryczna ilość aminokwasów: 2546 mg/kg, zawierający glicynę, cysteinę, alaninę, serynę oraz aminokwasy takie jak tyrozyna, walina, glutamina, kwas asparaginowy, arginina, treonina, leucyna, izoleucyna i prolina. Zawartość zanieczyszczeń: As < 40 mg/kg s.m., Cd < 3 mg/kg s.m., Cr(VI) < 2,0 mg/kg s.m., Hg < 1,0 mg/kg s.m., Ni < 50 mg/kg s.m., Pb < 12 mg/kg s.m., biuret < 12 mg/kg s.m., natomiast zawartość zanieczyszczeń mikrobiologicznych: Salmonella spp. nieobecna w 25 g, Escherichia coli lub Enterococcaceae nie więcej niż 1 000 w 1 g. Nawóz stosuje się pod uprawę pszenicy w dawce 250 kg/ha, uzyskując około 13% większy plon.

PRZYKŁAD 2

W reaktorze ze stali kwasoodpornej z mieszaniem umieszcza się 150 kg odpadowej odzieży z wełny i kaszmiru, po uprzednim oddzieleniu elementów plastikowych i metalowych. Do odpadów dodaje się 50 kg kwasu siarkowego(VI) (H_2SO_4) o stężeniu 96% wag. Hydrolizę prowadzi się przez godzinę w temperaturze 100°C, z ciągłym mieszaniem. Po zakończeniu hydrolizy, hydrolizat doprowadza się do pH 1,5 poprzez dodanie w kolejności: 6 kg wodorotlenku potasu (KOH), 13 kg roztworu azotanu amonu o stężeniu 25% wag. azotu oraz mikroskładników: 2,0 kg siarczanu miedzi(II), 2,0 kg siarczanu manganu(II) i 2,0 kg siarczanu cynku. Następnie wprowadza się 4,7 kg lignosulfonianu cynku w celu zwiększenia wytrzymałości granul. Całość miesza się przez 20 minut, zapewniając równomierne rozprowadzenie składników. Przygotowaną zawiesinę granuluje się w granulatorze bębnowym z wykorzystaniem wcześniej przygotowanej mieszaniny torfu (25,2 kg) oraz popiołu ze spalania słomy (16,8 kg). Granulat suszy się napowietrznie.

Według sposobu otrzymuje się nawóz o składzie: N: 7,0%, C: 25,1%, P_2O_5 : 3,0%, K_2O : 5,5%, CaO: 3,1%, MgO: 4,1%, SO_3 : 20,6%, Cu: 2078 mg/kg, Fe: 4221 mg/kg, Mn: 1235 mg/kg, Zn: 4218 mg/kg; sumaryczna ilość aminokwasów: 1782 mg/kg, zawierający glicynę, cysteinę, alaninę, serynę oraz pozostałe aminokwasy takie jak tyrozyna, walina, glutamina, kwas asparaginowy, arginina, treonina, leucyna, izoleucyna i prolina. Zawartość zanieczyszczeń: As < 40 mg/kg s.m., Cd < 3 mg/kg s.m., Cr(VI) < 2,0 mg/kg s.m., Hg < 1,0 mg/kg s.m., Ni < 50 mg/kg s.m., Pb < 12 mg/kg s.m., biuret < 12 mg/kg s.m. Zawartość zanieczyszczeń mikrobiologicznych: Salmonella spp. nieobecna w 25 g, Escherichia coli lub Enterococcaceae nie więcej niż 1 000 w 1 g. Nawóz stosuje się pod uprawę rzepaku w dawce 400 kg/ha, uzyskując około 15% większy plon.

PRZYKŁAD 3

W reaktorze ze stali kwasoodpornej z mieszaniem umieszcza się mieszaninę 50 kg odpadów z produkcji jedwabiu, 25 kg odpadów z produkcji bawełny i 25 kg odpadów z produkcji kaszmiru. Do mieszaniny dodaje się 25 kg kwasu siarkowego(VI) (H_2SO_4) o stężeniu 96% wag. Hydrolizę prowadzi się przez 24 godziny w temperaturze 20°C z ciągłym mieszaniem. Po zakończeniu hydrolizy, do reaktora dodaje się kolejno: 5,0 kg wodorotlenku potasu (KOH), 2,0 kg roztworu azotanu amonu o stężeniu 25% wag., 0,80 kg siarczanu miedzi(II), 0,80 kg siarczanu manganu(II), 0,80 kg siarczanu cynku, 0,80 kg kwasu borowego oraz 4,0 kg lignosulfonianu manganu. Całość miesza się przez 20 minut, zapewniając równomierne rozprowadzenie składników. Przygotowaną zawiesinę granuluje się w granulatorze talerzowym z wykorzystaniem wcześniej przygotowanej mieszaniny torfu (10 kg) oraz popiołu ze spalania słomy (20 kg). Granulat suszy się w temperaturze nieprzekraczającej 40°C.

Według sposobu otrzymuje się nawóz o następującym składzie: N: 7,2%, C: 29,4%, P_2O_5 : 2,0%, K_2O : 5,3%, CaO : 3,6%, MgO : 1,9%, SO_3 : 25,8%, Cu: 2040 mg/kg, Fe: 7043 mg/kg, Mn: 4857 mg/kg, Zn: 2201 mg/kg; sumaryczna ilość aminokwasów: 613 mg/kg, zawierający glicynę, cysteinę, alaninę, serynę oraz aminokwasy takie jak tyrozyna, walina, glutamina, kwas asparaginowy, arginina, treonina, leucyna, izoleucyna i próbna. Zawartość zanieczyszczeń: As < 40 mg/kg s.m., Cd < 3 mg/kg s.m., Cr(VI) < 2,0 mg/kg s.m., Hg < 1,0 mg/kg s.m., Ni < 50 mg/kg s.m., Pb < 12 mg/kg s.m., biuret < 12 mg/kg s.m. Zawartość zanieczyszczeń mikrobiologicznych: Salmonella spp. nieobecna w 25 g, Escherichia coli lub Enterococcaceae nie więcej niż 1 000 w 1 g. Nawóz stosuje się pod uprawę kukurydzy w dawce 300 kg/ha, uzyskując około 14% większy plon.

Granulat nawozu organiczno-mineralnego stosuje się w dawkach od 250 kg/ha do 400 kg/ha, w zależności od rodzaju upraw.

Metody testowania efektywności nawozu obejmują badania polowe oraz kontrolowane eksperymenty w warunkach laboratoryjnych. W różnych warunkach glebowych i klimatycznych przeprowadzono testy w celu oceny wpływu nawozu na wzrost roślin, plony oraz zdrowotność gleby. Badania polowe w regionach o zróżnicowanych warunkach klimatycznych, takich jak klimaty umiarkowane, tropikalne i narażone na suszę, wykazały, że zastosowanie nawozu zwiększyło plony o średnio 15–20% w porównaniu z tradycyjnymi nawozami chemicznymi. Kontrolowane eksperymenty w warunkach laboratoryjnych, w których rośliny były uprawiane w różnych typach gleb (piaszczystych, gliniastych, ilastych) i nawadniane wodą o różnym stopniu zasolenia, wykazały, że nawóz poprawił zdolność roślin do pobierania składników odżywczych i wody, co skutkowało zdrowszym wzrostem i lepszą odpornością na stresy środowiskowe. Testy długoterminowe, monitorujące zdrowie gleby przez kilka sezonów uprawnych, wykazały, że regularne stosowanie nawozu przyczynia się do wzrostu zawartości materii organicznej w glebie, poprawy jej struktury i zwiększenia bioróżnorodności mikroorganizmów glebowych.

Wyniki tych testów potwierdzają szeroki zakres zastosowań nawozu, który może być skutecznie używany w różnych warunkach agronomicznych, zwiększając plony i poprawiając jakość upraw przy jednoczesnym poszanowaniu środowiska naturalnego.

Wprowadzenie standaryzowanych procedur kontroli jakości obejmuje regularne analizy składu chemicznego nawozów, w tym zawartości makroelementów (N, P, K, Ca, Mg, S) i mikroelementów (Cu, Fe, Mn, Zn), a także aminokwasów i peptydów. Testy biodostępności są kluczowe dla oceny, jak skutecznie rośliny mogą przyswajać składniki odżywcze zawarte w nawozie. Procedury te powinny obejmować zarówno analizy laboratoryjne, jak i testy polowe, aby zapewnić, że nawóz spełnia wszystkie wymagania jakościowe i prawne, oraz że jest efektywny w różnych warunkach glebowych i klimatycznych.

PRZYKŁAD 4

W reaktorze ze stali kwasoodpornej z mieszaniem umieszcza się 100 kg odpadowej odzieży bawełnianej oraz wełnianej, a następnie do odpadów dodaje się 50 kg kwasu siarkowego(VI) (H_2SO_4) o stężeniu 98% wag. Hydrolizę prowadzi się przez 6 godzin w temperaturze 100°C, z ciągłym mieszaniem. Po zakończeniu hydrolizy, hydrolizat doprowadza się do pH 1,5 poprzez dodanie w kolejności: 8 kg wodorotlenku potasu (KOH), 10 kg roztworu azotanu amonu o stężeniu 25% wag. azotu oraz mikroskładników: 1,0 kg siarczanu miedzi(II), 1,0 kg siarczanu manganu(II) i 1,0 kg siarczanu cynku(II). Następnie wprowadza się 3 kg lignosulfonianu cynku w celu zwiększenia wytrzymałości granul. Całość miesza się przez 20 minut, zapewniając równomierne rozprowadzenie składników. Przygotowaną zawiesinę granuluje się w granulatorze bębnowym z wykorzystaniem wcześniej przygotowanej mieszaniny torfu (20 kg) oraz popiołu ze spalania słomy (15 kg). Granulat suszy się napowietrznie.

Według sposobu otrzymuje się nawóz o składzie: N: 6,0%, C: 24,2%, P_2O_5 : 5,0%, K_2O : 4,5%, CaO : 3,7%, MgO : 3,9%, SO_3 : 24,1%, Cu: 1008 mg/kg, Fe: 1421 mg/kg, Mn: 1035 mg/kg, Zn: 4218 mg/kg; sumaryczna ilość aminokwasów: 1012 mg/kg, zawierający glicynę, cysteinę, alaninę, serynę oraz pozostałe aminokwasy takie jak tyrozyna, walina, glutamina, kwas asparaginowy, arginina, treonina, leucyna, izoleucyna i prolina. Zawartość zanieczyszczeń: As < 40 mg/kg s.m., Cd < 3 mg/kg s.m., Cr(VI) < 2,0 mg/kg s.m., Hg < 1,0 mg/kg s.m., Ni < 50 mg/kg s.m., Pb < 12 mg/kg s.m., biuret < 12 mg/kg s.m. Zawartość zanieczyszczeń mikrobiologicznych: Salmonella spp. nieobecna w 25 g, Escherichia coli lub Enterococcaceae nie więcej niż 1 000 w 1 g. Nawóz stosuje się pod uprawę ogórka w dawce 350 kg/ha, uzyskując około 10% większy plon.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób przetwarzania odpadowego włókna naturalnego na nawóz organiczno-mineralny, **znamienny tym**, że odpady włókiennicze i zużyta odzież, zawierające włókna naturalne, takie jak wełna, bawełna, jedwab i/lub kaszmir, po rozdrobnieniu poddaje się hydrolizie kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96–98% wagowych, przy stosunku odpadów do kwasu wynoszącym od 8:1 do 1:1, w temperaturze 20–120°C przez 0,5–24 godziny, hydrolizat doprowadza się do pH 0,5–3,5 za pomocą wodorotlenku potasu, po czym dodaje się roztwór azotanu amonu o stężeniu 25% wag. azotu w proporcji hydrolizatu do roztworu od 70:1 do 20:1, uzyskaną mieszaninę aminokwasów uzupełnia się miedzią Cu, manganem Mn i cynkiem Zn, wprowadzając te mikroelementy w postaci soli siarczanowych oraz ewentualnie borem B z kwasu borowego, tak aby stężenie każdego pierwiastka wynosiło od 0,05% do 1,0% wagowych, mieszając dodaje się lignosulfonian cynku lub manganu, a następnie granuluje z wykorzystaniem mieszaniny torfu, popiołu ze spalania słomy i/lub tlenku magnezu, przy stosunku mieszaniny do lepiszcza od 8:1 do 1:1 oraz suszy granulát.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że z odpadów włókienniczych i zużytej odzieży przed hydrolizą usuwa się elementy plastikowe, metalowe i włókna syntetyczne.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że odpady wełniane hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96%, w temperaturze 80°C przez 4 godziny.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że odpady bawełniane hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 98%, w temperaturze 100°C przez 6 godzin.
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że odpady kaszmirowe hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96%, w temperaturze 90°C przez 5 godzin.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że odpady jedwabne hydrolizuje się kwasem siarkowym(VI) o stężeniu 96%, w temperaturze 70°C przez 3 godziny.
7. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że proces hydrolizy prowadzi się w reaktorze ze stali kwasoodpornej z ciągłym mieszaniem.
8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że do hydrolizatu dodaje się środki zwiększające wytrzymałość granul, takie jak lignosulfonian cynku lub manganu w ilości od 0,5% do 5% wagowych.
9. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że granulát suszy się napowietrznie lub w temperaturze nieprzekraczającej 40°C.
10. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że produkty hydrolizy granuluje się z udziałem mieszaniny obejmującej torf i popiół ze spalania słomy zbóż, rzepaku, bobiku, lnu lub maku, zmieszanych w stosunku wagowym od 2:1 do 1:1, albo popiół ze spalania słomy zbóż, rzepaku, bobiku, lnu lub maku i tlenek magnezu, zmieszanych w stosunku wagowym od 2:1 do 1:1.
11. Nawóz organiczno-mineralny otrzymany z utylizowanych odpadów włókienniczych lub zużytej odzieży, sposobem określonym w zastrzeżeniach 1–10, **znamienny tym**, że zawiera od 0,05% do 1% wag. aminokwasów, co najmniej trzech wybranych z grupy obejmującej glicynę, alaninę, serynę, cysteinę, tyrozinę, walinę, glutaminę, kwas asparaginowy, argininę, treoninę, leucynę, izoleucynę i prolinę, ponadto makroelementy w następujących ilościach wagowych: N od 2% do 15%, C od 15% do 35%, P₂O₅ od 1,5% do 5%, K₂O od 1,5% do 10%, CaO od 1,6% do 5%, MgO od 1,9% do 10%, SO₃ od 15% do 25,8%, oraz mikroelementy w następujących ilościach wagowych: Cu od 0,05% do 1,0%, Fe od 0,05% do 1,0%, Mn od 0,05% do 1,0% i Zn od 0,05% do 1,0%, przy czym nawóz składa się z przereagowanych produktów hydrolizy odpadów włókienniczych i/lub zużytej odzieży zawierających włókna naturalne, obejmujących wełnę, bawełnę, jedwab i/lub kaszmir, w łącznej ilości od 47,8% do 66,4% wag., składników mineralnych siarkowych w ilości od 13,3% do 23,9% wag., składników potasowych w ilości od 2,0% do 3,8% wag., składników azotowych w ilości od 1,2% do 4,8% wag., soli mikroelementowych miedzi, manganu i cynku w łącznej ilości od 1,4% do 4,0% wag., ewentualnie związku boru w ilości do 0,5% wag., lignosulfonianu cynku lub manganu w ilości od 1,4% do 2,4% wag., a w postaci granulowanej ponadto co najmniej jednego dodatku granulacyjnego wybranego z grupy obejmującej torf, popiół ze spalania słomy oraz tlenek magnezu, w łącznej ilości od 11,3% do 17,8% wag.

12. Nawóz organiczno-mineralny według zastrz. 11, **znamienny tym**, że zawiera co najmniej trzy aminokwasy wybrane z grupy obejmującej glicynę, alaninę, serynę, cysteinę, tyrozynę, walinę, glutaminę, kwas asparaginowy, argininę, treoninę, leucynę, izoleucynę i prolinę, pozyskane z odpadowego włókna naturalnego, takiego jak wełna, bawełna, jedwab i kaszmir, poddanego hydrolizie kwasem siarkowym(VI).
13. Nawóz organiczno-mineralny według zastrz. 11, **znamienny tym**, że proporcje poszczególnych aminokwasów w mieszance aminokwasów wynoszą: glicyna 12%, alanina 10%, seryna 8%, cysteina 6%, tyrozyna 5%, walina 7%, glutamina 15%, kwas asparaginowy 10%, arginina 7%, treonina 5%, leucyna 6%, izoleucyna 5% i prolina 4%.