

(19)



URZĄD
PATENTOWY
RZECZYPOSPOLITEJ
POLSKIEJ

(10)

PL 243442 B1

(12)

Opis patentowy

(21) Numer zgłoszenia: **438497**

(22) Data zgłoszenia: **2021.07.15**

(43) Data publikacji o zgłoszeniu: **2023.01.16 BUP 03/2023**

(45) Data publikacji o udzieleniu patentu: **2023.08.28 WUP 35/2023**

(51) MKP:

C05G 1/00 (2006.01)

C05F 7/00 (2006.01)

C05F 3/00 (2006.01)

C05G 5/12 (2020.01)

(73) Uprawniony z patentu:

**POLITECHNIKA KRAKOWSKA IM.TADEUSZA
KOŚCIUSZKI, Kraków, PL**

(72) Twórca(-y) wynalazku:

**HALYNA KOMINKO, Kraków, PL
KATARZYNA GORAŻDA, Kraków, PL
ZBIGNIEW WZOREK, Niepołomice, PL**

(74) Pełnomocnik:

Anna Dorskoczyńska-Groyecka, Kraków, PL

(54) Tytuł:

Sposób otrzymywania granulowanego wieloskładnikowego nawozu organiczno-mineralnego

PL 243442 B1

Opis wynalazku

Przedmiotem wynalazku jest sposób otrzymywania granulowanego wieloskładnikowego nawozu organiczno-mineralnego do zastosowania w zabiegach agrotechnicznych do upraw roślin zwłaszcza przeznaczonych do produkcji biopaliw.

Zagospodarowanie osadów ściekowych stanowi poważny problem z uwagi na duże koszty gospodarki osadowej i egzekwowanie prawa unijnego. Osady ściekowe są cennym źródłem materii organicznej oraz głównych składników pokarmowych. Ponadto zawierają drugorzędne składniki pokarmowe oraz mikroelementy, niezbędne dla prawidłowego wzrostu roślin. Uzasadnia to stosowanie osadów ściekowych, zwłaszcza z obszarów o niskim poziomie uprzemysłowienia, w przemyśle nawozowym jako surowców alternatywnych.

Znane technologie przeróbki osadów ściekowych na nawozy organiczne czy organiczno-mineralne polegają głównie na dodawaniu do mechanicznie odwodnionych osadów ściekowych, zazwyczaj charakteryzujących się zawartością suchej masy do 25%, kwasów lub czynników alkalicznych w celu higienizacji. Następnie tak powstałą mieszaninę miesza się z surowcami nawozowymi i poddaje się procesowi granulacji lub peletowaniu.

W ciągu ostatnich 15 lat w oczyszczalniach ścieków w Polsce powstało około 60 suszarni (termicznych i słonecznych) w celu przygotowania osadów ściekowych między innymi do współspalania cementowniach. Jednakże, obecnie cementownie ograniczyły przyjmowanie osadów, głównie ze względu na szeroką dostępność innych paliw alternatywnych o wyższej wartości opałowej (zużyte opony, paliwo RDF (ang. *Refuse Derived Fuel*), odpady z elektrowni). W związku z tym istnieje potrzeba znalezienia ekonomicznego uzasadnionego sposobu zagospodarowania suszonych osadów ściekowych.

Suszony osad ściekowy jest osadem ustabilizowanym, co oznacza, że nie zawiera lub zawiera w minimalnej ilości substancje organiczne podatne na zagniwanie, oraz osadem zhygienizowanym, czyli bezpiecznym pod względem bakteriologicznym i parazytologicznym. Ponadto jest dogodny w transporcie i w wykorzystaniu oraz nie jest uciążliwy zapachowo w porównaniu z osadem ściekowym jedynie odwodnionym.

Osady ściekowe charakteryzują się niższą zawartością głównych składników pokarmowych w porównaniu z nawozami mineralnymi. Dlatego korzystnym jest uzupełnienie osadu w składniki mineralne w celu uzyskania pełnowartościowego nawozu typu NPK. Popiół z pomiotu kurzego jest atrakcyjnym nawozem zawierającym znaczne ilości fosforu (12,1–18,7% P_2O_5) i potasu (13,0–24,7% K_2O) oraz mikroelementy, zwłaszcza cynk i miedź. Może on również zawierać duże ilości metali ciężkich, zwłaszcza Ni (25,4–141 mg/kg) i Cr (17,8–175 mg/kg). Jednakże, popiół z pomiotu kurzego charakteryzuje się bardzo wysokim pH (12–13) oraz występuje w formie pylistej. Firmy Fibrophos (Wielka Brytania) i BMC Moerdijk (Niderlandy) wprowadzają na rynek popiół z pomiotu kurzego jako nawóz mineralny.

Znany jest z opisu patentowego PL 193 582 B1 sposób otrzymywania granulowanego nawozu organiczno-mineralnego z osadów ściekowych, który polega na tym, że do dowolnego nawozu mineralnego lub ich mieszaniny dodawano osad ściekowy o uwodnieniu 80% w ilości 30–80% w przeliczeniu na suchą masę produktu. Następnie uzyskaną mieszaninę granulowano i sezonowano znanymi metodami. W przypadku stosowania nawozów amonowych lub mocznika, osad ściekowy przed zmieszaniem poddawano obróbce kwasem siarkowym lub fosforowym dla uzyskania wartości pH wyciągu wodnego osadu w przedziale 6,5–8,0.

Z opisu patentowego PL 196 106 B1 znany jest sposób utylizacji osadów ściekowych i odpadów energetycznych, który polega na zmieszaniu osadów odwodnionych do zawartości suchej masy 20–40% z popiołami z węgla kamiennego w stosunku wagowym 2,0–0,8:1,5 w przeliczeniu na suchą masę i granulowaniu. Produkt końcowy zawiera około 50% suchej masy i może być stosowany jako nawóz w ciągu 6 miesięcy.

Znane jest z polskiego opisu patentowego PL 194 103 B1 zmieszanie odwodnionego do zawartości wilgoci poniżej 70% osadu ściekowego z popiołem lotnym z kotłów węglowych w stosunku wagowym (w przeliczeniu na suchą masę) od 2:1 do 1:5, środkiem wiążącym i uplastyczniającym (wapno hydratyzowane lub pokarbidowe) w ilości 0–20%, środkiem aktywującym (glinu siarczan, sodu meta-krzemian, sodu węglan, sodu glinian, potasu węglan) w ilości 0–3% i nawozem potasowym w ilości 0–5%. Otrzymaną mieszaninę granulowano i sezonowano w warunkach powietrzno-suchych.

Znany jest też z polskiego opisu patentowego PL 184 434 B1 sposób przekształcania osadów ściekowych w nawóz wapniowy poprzez dodawanie do osadów o zawartości wilgoci 60–90% wapna palonego w ilości do 25%, gipsu półwodnego w ilości do 5%, popiołu z ciepłowni/elektrociepłowni

w ilości do 5%, azotanów metali alkalicznych i ziem alkalicznych w ilości do 5% w przeliczeniu na N, fosforanów metali alkalicznych i ziem alkalicznych w ilości do 5% w przeliczeniu na P_2O_5 , związków potasu w ilości do 5% w przeliczeniu na K_2O i wapna rolniczego/posaturacyjnego w ilości aby uzyskać wilgotność mieszanki na poziomie 20–45%. Następnie mieszanina jest granulowana i leżakowana przez co najmniej 10 godzin w warstwie o grubości 0,2–0,4 m.

W technologii przedstawionej w zgłoszeniu patentowym US 2013/0180299 A1 przefermentowane komunalne osady ściekowe odwodnione do zawartości suchej masy 26% mieszano ze stężonym kwasem fosforowym w ilości 4% początkowej masy osadów, 4% roztworem nadżelazianu wapna (136,2 kg) i podchlorynem wapnia w ilości 2% początkowej masy osadów. W tym samym czasie w innym reaktorze mieszano stężony kwas siarkowy oraz fosforowy z wodnym roztworem amoniaku (21% N), a powstałą zawiesinę siarczanów i fosforanów amonu dodawano do osadu ściekowego. Mieszaninę utrzymywano w temperaturze 177°C pod ciśnieniem przez 5 minut, a następnie mieszano z solą potasową i popiołem lotnym w celu doprowadzenia pH nawozów do 6,3, granulowano i klasyfikowano. Tak przeprowadzony proces pozwala na uzyskanie nawozu o składzie 15-3-3-10-2-14 (N-P-K-S-Fe-materia organiczna).

W zgłoszeniu patentowym US 2010/0011823 opisano proces otrzymywania granulowanego nawozu organiczno-mineralnego, który polega na mieszaniu osadu ściekowego z wodą do uzyskania zawartości suchej masy w osadzie 10–27%, a następnie dodawaniu amoniaku (99,5%), kwasu siarkowego (93%) i kwasu fosforowego (53%). Tak uzyskaną mieszaninę rozpryskuje się na frakcję zawrzoną z poprzedniego procesu granulacji. Dodatkowo bezpośrednio do granulatora dodaje się sól potasową i rozpyla roztwór amoniaku. Granule suszono do zawartości wody poniżej 3% i klasyfikowane. Produkt końcowy zawiera 12% N, 3% P_2O_5 i 6% K_2O .

W opisie patentowym US 7175683 B2 100 kg osadu ściekowego o zawartości suchej masy 2% podgrzanego do temperatury 80°C mieszano z 1500 kg kwasu fosforowego (54% P_2O_5) i 4300 kg zawiesiny wapniowo-magnezowej (20% CaO). Powstała mieszanina jest filtrowana i granulowana z dodatkiem 0,867 kg amoniaku. Produkt końcowy zawiera 35% NPK.

Ponadto z artykułu pt. „Possibility of producing granulated organic-mineral fertilizers from some municipal and industrial wastes” (E. Krzywy, C. Wołoszyk, and E. Moździerz, Chemik, vol. 69, no. 10, pp. 684–697, 2015) znany jest sposób wytwarzania granulowanych nawozów organiczno-mineralnych poprzez zmieszanie osadu ściekowego o zawartości suchej masy 23,3% z popiołem z węgla brunatnego, siarczanem amonu, superfosfatem pojedynczym i chlorkiem potasu w stosunku 55:20:12:4:9. Powstałą mieszaninę kondycjonowano przez 14 dni w celu przereagowania składników, a następnie suszono w temperaturze 95°C i mielono. Do proszku dodawano lignosulfonian sodu w ilości 2–5% w stosunku do całej masy i granulowano w granulatorze bębnowym.

Z opisu patentowego PL 233 757 B1 znany jest sposób otrzymywania granulatu z odpadów zwierzęcych, który charakteryzuje się tym, że pierze w ilości 15–70% wag. miesza się z mączką mięsno-kostną w ilości 15–70% wagowych i/lub pomiotem ptasim w ilości 15–70% wag., a otrzymaną mieszaninę granuluje się. Granulat może być wykorzystywany jako źródło energii, natomiast popiół po spaleniu granulatu może znaleźć zastosowanie w celach nawozowych.

Celem wynalazku jest opracowanie sposobu otrzymywania granulowanego wieloskładnikowego nawozu organiczno-mineralnego typu NPK, który będzie bezpieczny pod kątem sanitarnym, łatwy w magazynowaniu, transporcie i aplikacji.

Sposób otrzymywania granulowanego wieloskładnikowego nawozu organiczno-mineralnego zawierającego osady ściekowe i nawozy mineralne, obejmujący mieszanie składników w mieszalniku, formowanie granulek w granulatorze oraz suszenie, charakteryzuje się tym, że suszony osad ściekowy poddany procesowi uziarnienia, w ilości 40–50 części wagowych, miesza się z popiołem z pomiotu kurzego poddanym procesowi uziarnienia, w ilości 5–20 części wagowych, oraz z azotanem amonu (NH_4NO_3) w ilości 0–25 części wagowych, chlorkiem potasu (KCl) w ilości 0–15 części wagowych, siarczanem potasu (K_2SO_4) w ilości 0–30 części wagowych, azotanem potasu (KNO_3) w ilości 0–40 części wagowych, a następnie uzyskaną mieszaninę granuluje się wodnym roztworem kwasu siarkowego o stężeniu od 15% wagowych do 40% wagowych lub kwasu azotowego o stężeniu od 5% wagowych do 25% wagowych przy zachowaniu stosunku wagowego roztworu kwasu siarkowego lub kwasu azotowego do mieszaniny składników suchych wynoszącego 1:2,1–3,8, po czym uzyskane granule suszy się w temperaturze 70–105°C, do zawartości wilgoci 2–5% wagowych.

Korzystnie stosuje się osad ściekowy o uziarnieniu poniżej 0,2 mm.

Korzystnie stosuje się popiół z pomiotu kurzego o uziarnieniu poniżej 0,2 mm.

Korzystnie do formowania granulek stosuje się granulator mechaniczny.

Korzystnie proces granulacji prowadzi się do uzyskania granul o rozmiarze 2–6 mm.

Korzystnie uzyskane granule suszy się w temperaturze 75°C.

Najbardziej odpowiednim osadem do stosowania w nawozie według wynalazku jest suszony osad ściekowy charakteryzujący się zawartością suchej masy od 85% do 95%, materii organicznej od 52% do 65%, azotu całkowitego od 3% do 8%, fosforu całkowitego od 4% P_2O_5 do 10% P_2O_5 , a potasu całkowitego od 0% K_2O do 3% K_2O . Natomiast najbardziej odpowiednim popiołem z pomiotu kurzego jest popiół zawierający fosfor całkowity w ilościach od 15% P_2O_5 do 20% P_2O_5 , a potas całkowity w ilościach od 15% K_2O do 25% K_2O .

Nawozy mineralne są stosowane w celu zwiększenia zawartości głównych składników pokarmowych w końcowych produktach, a ich ilość i rodzaj są uzależnione od składu osadu ściekowego i popiołu z pomiotu kurzego.

Zaletą sposobu według wynalazku jest to, że podczas procesu granulacji roztworem kwasu azotowego lub siarkowego zwiększa się biodostępność składników mineralnych, co skutkuje ich efektywniejszym wykorzystaniem przez rośliny.

Sposób wytwarzania nawozów organiczno-mineralnych korzystny jest ze względu na obniżenie zawartości metali ciężkich pochodzących z suszonych osadów ściekowych i popiołu z pomiotu kurzego w produkcie końcowym, co jest skutkiem procesu rozcieńczenia w wyniku dodawania nawozów mineralnych. Dzięki temu nawozy organiczno-mineralne spełniają wymagania pod kątem zawartości zanieczyszczeń nieorganicznych zgodnie z polskim ustawodawstwem.

Dzięki sposobowi według wynalazku możliwe jest uzyskanie wieloskładnikowych nawozów organiczno-mineralnych typu NPK o całkowitej zawartości głównych składników pokarmowych na poziomie 23,7–35,7%, wzbogaconych w drugorzędne składniki pokarmowe, zwłaszcza (Ca, Mg, S) i mikroelementy, zwłaszcza Fe, Zn, Cu, B w formie granulowanej. Korzystnym jest, że fosfor, drugorzędne składniki pokarmowe i mikroelementy w nawozach pochodzą wyłącznie z surowców odpadowych. Nawóz zawiera azot w formie azotanowej i amonowej, łatwo dostępnej dla roślin w pierwszych fazach wzrostu, i w formie organicznej, która będzie dostępna po procesie mineralizacji materii organicznej. Do zasadniczych korzyści należy fakt, że uzyskane produkty są nawozami pełnowartościowymi i ich stosowanie pozwala na dostarczanie roślinom odpowiedniej ilości składników pokarmowych oraz mikroelementów i wzbogaca glebę w substancje organiczne w jednym zabiegu agrotechnicznym, co zredukuje koszty nawożenia. Uzyskany nawóz organiczno-mineralny jest stabilny, bezpieczny, łatwy w aplikacji oraz nie traci swoich właściwości użytkowych w okresie dłuższego magazynowania, co wynika z zastosowania jako surowca suszonego osadu ściekowego.

W wyniku przeprowadzonych badań sposobem według wynalazku można otrzymać produkty zawierające: 6,77–12,6% mas. N, 4,06–5,76% mas. P_2O_5 , 10,8–23,4% mas. K_2O , 1,4–4,3% mas. CaO, 0,66–2,2% mas. MgO, 2,8–3,6% mas. Fe, 324–897 mg/kg Zn, 84–175 mg/kg Cu.

Praktyczne przykłady realizacji sposobu według wynalazku przedstawiono poniżej.

Przykład 1

Do 428 g suszonego osadu ściekowego o zawartości suchej masy 93%, zawartości materii organicznej 54,4%, azotu całkowitego 4,44%, fosforu całkowitego 7,24% P_2O_5 , potasu całkowitego 0,345% K_2O , zmielonego do uziarnienia 0,2 mm, dodawano 109 g popiołu z pomiotu kurzego o zawartości fosforu całkowitego 18,7% P_2O_5 , potasu całkowitego 24,7% K_2O , zmielonego do uziarnienia 0,2 mm, oraz 105 g azotanu amonu, 296 g azotanu potasu i granulowano 23% roztworem kwasu azotowego (388 g). Uzyskane granule suszono w temperaturze 75°C do zawartości wilgoci 3,3%. Uzyskano 965 g produktu o pH 1% wyciągu wodnego 6,20, zawierającego 11,0% mas. N, 4,6% mas. P_2O_5 , 16,3% mas. K_2O . Zawartość przyswajalnych form fosforu (rozpuszczalnych w obojętnym roztworze cytrynianu amonowego) wynosiła 98,7% całkowitej zawartości fosforu. Ponadto nawóz zawierał 3,3% mas. CaO, 1,5% mas. MgO, 2,2% mas. SO_3 , 2,90% mas. Fe, 580 mg/kg Zn, 550 mg/kg Mn, 200 mg/kg B, 160 mg/kg Cu. Zawartość metali ciężkich w stosunku do zawartości głównych składników pokarmowych wynosiła: 0,230 mg Cr/g (N+ P_2O_5 + K_2O), 0,035 mg Pb/g (N+ P_2O_5 + K_2O), 0,174 mg Ni/g (N+ P_2O_5 + K_2O), 0,004 mg Cd/g (N+ P_2O_5 + K_2O), <0,0002 mg Hg/g (N+ P_2O_5 + K_2O). Frakcja o rozmiarze ziaren 2–6 mm ma 70,8% udział w składzie granulometrycznym nawozu.

Przykład 2

Do 460 g suszonego osadu ściekowego o zawartości suchej masy 93%, zawartości materii organicznej 54,4%, azotu całkowitego 4,44%, fosforu całkowitego 7,24% P_2O_5 , potasu całkowitego 0,345%

K₂O, zmielonego do uziarnienia 0,2 mm, dodawano 100 g popiołu z pomiotu kurzego o zawartości fosforu całkowitego 18,7% P₂O₅, potasu całkowitego 24,7% K₂O, zmielonego do uziarnienia 0,2 mm, oraz 210 g azotanu amonu, 80 g chlorku potasu, 120 g azotanu potasu i granulowano 15% roztworem kwasu siarkowego (366 g). Uzyskane granule suszono w temperaturze 75°C do zawartości wilgoci 3,0%. Uzyskano 999 części wagowych produktu o pH 1% wyciągu wodnego 6,28, zawierającego 10,5% mas. N, 5,1% mas. P₂O₅, 12,9% mas. K₂O. Zawartość przyswajalnych form fosforu (rozpuszczalnych w obojętnym roztworze cytrynianu amonowego) wynosiła 92,4% całkowitej zawartości fosforu. Ponadto nawóz zawierał 3,2% mas. CaO, 1,4% mas. MgO, 5,5% mas. SO₃, 3,21% mas. Fe, 600 mg/kg Zn, 520 mg/kg Mn, 190 mg/kg B, 160 mg/kg Cu. Zawartość metali ciężkich w stosunku do zawartości głównych składników pokarmowych wynosiła: 0,233 mg Cr/g (N+P₂O₅+K₂O), 0,048 mg Pb/g (N+P₂O₅+K₂O), 0,181 mg Ni/g (N+P₂O₅+K₂O), 0,008 mg Cd/g (N+P₂O₅+K₂O), <0,0002 mg Hg/g (N+P₂O₅+K₂O). Frakcja o rozmiarze ziaren 2–6 mm ma 74,7% udział w składzie granulometrycznym nawozu.

Przykład 3

Do 433 g suszonego osadu ściekowego o zawartości suchej masy 93%, zawartości materii organicznej 54,4%, azotu całkowitego 4,44%, fosforu całkowitego 7,24% P₂O₅, potasu całkowitego 0,345% K₂O, zmielonego do uziarnienia 0,2 mm, dodawano 65 g popiołu z pomiotu kurzego o zawartości fosforu całkowitego 18,7% P₂O₅, potasu całkowitego 24,7% K₂O, zmielonego do uziarnienia 0,2 mm, oraz 150 g azotanu amonu, 325 g siarczanu potasu i granulowano 15% roztworem kwasu siarkowego (380 g). Uzyskane granule suszono w temperaturze 75°C do zawartości wilgoci 3,6%. Uzyskano 1063 g produktu o pH 1% wyciągu wodnego 6,73, zawierającego 6,3% mas. N, 4,1% mas. P₂O₅, 18,1% mas. K₂O. Zawartość przyswajalnych form fosforu (rozpuszczalnych w obojętnym roztworze cytrynianu amonowego) wynosiła 91,4% całkowitej zawartości fosforu. Ponadto nawóz zawierał 2,4% mas. CaO, 1,1% mas. MgO, 10,6% mas. SO₃, 3,11% mas. Fe, 526 mg/kg Zn, 510 mg/kg Mn, 170 mg/kg B, 120 mg/kg Cu. Zawartość metali ciężkich w stosunku do zawartości głównych składników pokarmowych wynosiła: 0,214 mg Cr/g (N+P₂O₅+K₂O), 0,042 mg Pb/g (N+P₂O₅+K₂O), 0,167 mg Ni/g (N+P₂O₅+K₂O), 0,007 mg Cd/g (N+P₂O₅+K₂O), <0,0002 mg Hg/g (N+P₂O₅+K₂O). Frakcja o rozmiarze ziaren 2–6 mm ma 69,2% udział w składzie granulometrycznym nawozu.

Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób otrzymywania granulowanego wieloskładnikowego nawozu organiczno-mineralnego zawierającego osady ściekowe i nawozy mineralne, obejmujący mieszanie składników w mieszalniku, formowanie granulek w granulatorze oraz suszenie, **znamienny tym**, że suszony osad ściekowy poddany procesowi uziarnienia, w ilości 40–50 części wagowych, miesza się z popiołem z pomiotu kurzego poddanym procesowi uziarnienia, w ilości 5–20 części wagowych, oraz z azotanem amonu (NH₄NO₃) w ilości 0–25 części wagowych, chlorkiem potasu (KCl) w ilości 0–15 części wagowych, siarczanem potasu (K₂SO₄) w ilości 0–30 części wagowych, azotanem potasu (KNO₃) w ilości 0–40 części wagowych, a następnie uzyskaną mieszaninę granuluje się wodnym roztworem kwasu siarkowego o stężeniu od 15% wagowych do 40% wagowych lub kwasu azotowego o stężeniu od 5% wagowych do 25% wagowych przy zachowaniu stosunku wagowego roztworu kwasu siarkowego lub kwasu azotowego do mieszaniny składników suchych wynoszącego 1:2,1–3,8, po czym uzyskane granule suszy się w temperaturze 70–105°C, do zawartości wilgoci 2–5% wagowych.
2. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się osad ściekowy o uziarnieniu poniżej 0,2 mm.
3. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się popiół z pomiotu kurzego o uziarnieniu poniżej 0,2 mm.
4. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że do formowania granulek stosuje się granulator mechaniczny.
5. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że proces granulacji prowadzi się do uzyskania granul o rozmiarze 2–6 mm.
6. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że uzyskane granule suszy się w temperaturze 75°C.

7. Sposób według zastrz. 1, znamienny tym, że stosuje się suszony osad ściekowy charakteryzujący się zawartością suchej masy od 85% wagowych do 95% wagowych.
8. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się suszony osad ściekowy charakteryzujący się zawartością materii organicznej od 52% wagowych do 65% wagowych.
9. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się suszony osad ściekowy charakteryzujący się zawartością azotu całkowitego od 3% wagowych do 8% wagowych, fosforu całkowitego od 4% wagowych P_2O_5 do 10% wagowych P_2O_5 , a potasu całkowitego od 0% wagowych K_2O do 3% wagowych K_2O .
10. Sposób według zastrz. 1, **znamienny tym**, że stosuje się popiół z pomiotu kurzego zawierający fosfor całkowity w ilościach od 15% wagowych P_2O_5 do 20% wagowych P_2O_5 , a potas całkowity w ilościach od 15% wagowych K_2O do 25% wagowych K_2O .