

Sudėtinių trąšų granuliavimas naudojant skirtingas žaliavas ir skirtingus būdus

R. Šlinkšienė, T. Zagorskis

Kauno technologijos universitetas

Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas, Lietuva

El. paštas rasa.slinksiene@ktu.lt

crossref <http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.65.1.8883>

Gauta 2014 m. gruodžio 07 d.; priimta spaudai 2014 m. gruodžio 21 d.

Šiame darbe granuluotoms sudėtinėms 8–0–30+S markės trąšoms gaminti buvo naudojamos skirtingos kilmės azoto ir kalio žaliavos. Trąšos buvo sugranuluotos naudojant įrangą: būgninį granuliatorių džiovyklą ir pseudoverdančio sluoksnio granuliatorių. Remiantis gautais eksperimentiniais rezultatais galima teigti, kad visos taikytos žaliavos gali būti naudojamos sudėtinėms trąšoms gaminti. Sudėtinės trąšos, pasižyminčios geriausiomis fizikinėmis savybėmis (prekinės frakcijos dalis – nuo 63,0 % iki 85,0 %, o statinis granuliuotųjų stipris – nuo 34,60 N/gran. iki 43,18 N/gran.), buvo sugranuluotos būgniniu granuliatoriumi, kai žaliavų mišiniui drėkinti naudoto fosforo rūgštimi parūgštinto (1 %) vandens kiekis buvo 7–9 % (arba 15–20 ml/200 g žaliavų mišinio), returo kiekis žaliavų mišinyje – 10–20 %. Nustatyta, kad trąšų savybės nepriklauso nuo žaliavų kilmės, tačiau labai priklauso nuo drėkinti naudojamo parūgštinto vandens kiekio ir žaliavų mišinio granuliometrinės sudėties, t. y. nuo naudojamo returo kiekio. Taip pat nustatyta, kad, naudojant pseudoverdančio sluoksnio granuliatorių, pagamintų sudėtinių 8–0–30+S markės trąšų savybės blogesnės nei gautų, naudojant būgninį granuliatorių džiovyklą.

Reikšminiai žodžiai: sudėtinės trąšos, būgninis granuliatorius, pseudoverdančio sluoksnio granuliatorius, statinis stipris, granuliometrinė sudėtis.

Įvadas

Tik išplitus ir suaktyvėjus tradicinei žemdirbystei, staigiai didėjanti žmonių populiacija pasaulyje gali būti aprūpinta maistu ir kitais žemės ūkio produktais. Dėl suintensyvėjusios žemdirbystės antroje XX a. pusėje žemės ūkio augalų derlius padidėjo tris ir daugiau kartų lyginant su pirmąja XX a. puse. Vienas aktualiausių žemdirbystės klausimų šiuo metu yra pigiausias ir paprasčiausias augalų aprūpinimas tinkamomis maisto medžiagomis [1, 2]. Pagrindinės maisto medžiagos, lemiančios derlingumą, yra azotas (N), fosforas (P) ir kalis (K).

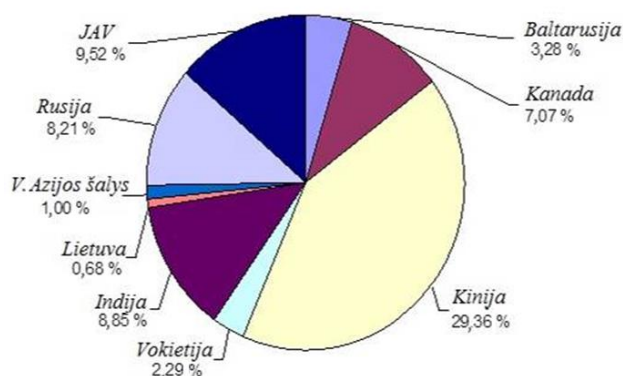
Azotas – pats svarbiausias elementas, be kurio augalas negali augti ir vystytis. Jis įeina į visų aminorūgščių sudėtį, reguliuoja asimiliacijos procesus, yra sudėtinė chlorofilo dalis. Trūkstant azoto sulėtėja augalų augimas, sumažėja chlorofilo kiekis, lapai būna maži, pailgi, šviesiai žali, vėliau pagelsta. Azoto trūkumo požymiai labiausiai pastebimi, kai oras yra vėsus ir lietingas. Augalai azotą iš dirvožemio pasisavina nitrato (NO_3^-), amonio (NH_4^+) jonų pavidalu [3–5].

Fosforas – elementas, skatinantis augalo šaknų sistemos vystymąsi ir reguliuojantis generatyvinių pumpurų susidarymą. Jis labai svarbus fotosintezės, kvėpavimo, oksidacijos procesams, augaluose esančių medžiagų ir energijos apykaitai. Trūkstant fosforo lapai būna smulkūs, violetinio arba rausvo atspalvio, apatinių lapų pakraščiai tamsiai rudi, užsiritę į viršų. Neutraliuose ir šarminiuose dirvožemiuose augalai fosforą iš dirvožemio daugiausia pasisavina hidrofosfato (HPO_4^{2-}) pavidalu [3–5].

Kalis reguliuoja maisto medžiagų transportavimą ir sintetinimą augalo ląstelėje, taip pat padeda susidaryti

žiediniams pumpurams. Jis yra normalaus ir sveiko augalo augimo ir vystymosi veiksnys. Taip pat dalyvauja fotosintezėje, organinių medžiagų ir cukrų sintezės ir apykaitos procesuose, didina druskų koncentraciją augalų sultyse, todėl augalas atsparesnis šalčiui, sausrai ir kitoms nepalankioms sąlygoms. Trūkstant kalio augalų lapai pradeda garbanotis, būna tamsiai žali su melsvu atspalviu, vėliau apatinių lapų pakraščiai ima ruduoti, ilgesnį laiką kalio stygių patiriančių augalų lapų pakraščiai pradeda džiūti. Augalai kalį pasisavina K^+ jonų pavidalu [3–5].

Kadangi augalams reikalingų maisto medžiagų koncentracija ir santykis labai įvairus, tai visaverčiam augalų tręšimui patogiau ir ekonomiškiau naudoti subalansuotas granuluotas kompleksines azoto fosforo kalio (NPK) trąšas. Didžiausia pasaulyje sudėtinių NPK trąšų gamintoja yra Kinija, paskui – JAV, Indija ir Rusija (1 pav.).



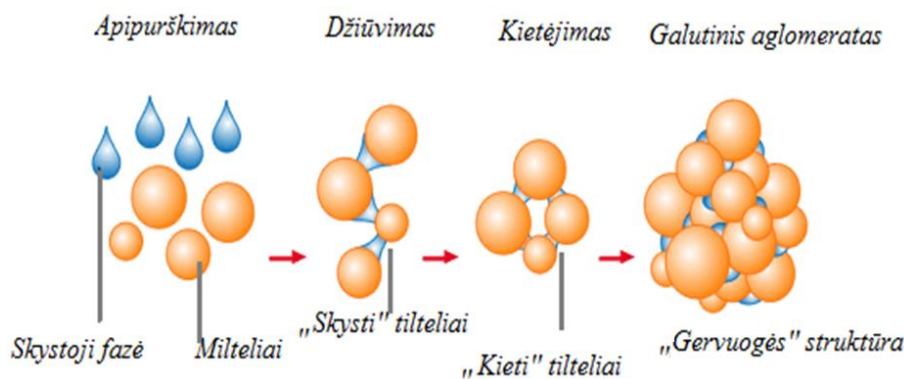
1 pav. NPK trąšų gamyba pasaulyje 2010 m. [6]

Tai šalys, su kuriomis sunku konkuruoti, kai trąšoms gaminti naudojamos tradicinės žaliavos: pagrindinis kalio ir fosforo šaltinis – gamtiniai mineralų telkiniai, o azoto – gamtinės dujos, kurios toliau perdirbamos.

Todėl pastaruoju metu, norint išsaugoti gamtą ir jos išteklius, pasiekti kuo didesnę ekonominę efektą ir pagaminti konkurencingą produktą, ieškoma būdų, kaip panaudoti visas cheminių arba kitų žmogaus veiklos procesų metu susidaranti atliekas ir šalutinius produktus. Ne išimtis ir trąšų pramonė, kurioje norima panaudoti tokias atliekines kitos gamybos metu susidariusias medžiagas, kuriose yra augalams reikalingų maisto medžiagų ir nėra kenksmingų priemaišų [7, 8].

Atliekinėse medžiagose būna tik viena arba dvi augalų maisto medžiagos, be to, jos būna miltelių arba skirtingo dydžio kristalų pavidalo, todėl tiesiogiai negali būti naudojamos kaip NPK trąšos ir turi būti granuliuojamos. Granuliavimas yra vienas pagrindinių procesų, naudojamų daugelyje pramonės šakų (farmacijos, maisto, trąšų, kuro ir t. t.). Trąšų granulės turi būti mechaniškai tvirtos, gali

būti sferinės arba kitokios, taisyklingos arba netaisyklingos formos ir gumulėlio pavidalo. Geriausia trąšų granuliuojama forma yra sferinė, nes tada jos būna mechaniškai stipresnės, mažiau susitrina transportuojant, barstant tolygiau pasiskleidžia ant dirvos. Gaminamų mineralinių trąšų granuliuojama skersmuo dažniausiai yra 2–4 mm. Daugeliu atvejų granuliuoti produktai yra pranašesni už miltelius, nes ilgiau išlieka birūs, nedulka, lengviau siojami, ilgiau neišplaunami paviršiniiais vandenimis, dėl mažesnio paviršiaus sąlyčio ploto su dirvos komponentais jie ilgesnį laiką nepakinta dirvoje, todėl jais tręšiama efektyviau. Trąšų granuliuojimo būdo parinkimas labiausiai priklauso nuo trąšų komponentų fizikinių ir cheminių savybių, komponentų suderinamumo ir granuliuojamų žaliavų plastiškumo, kuris lemia dalelių aglomeraciją (2 pav.). Norint parinkti naujam trąšų mišiniui tinkamą granuliuojimo būdą ir granulatoriaus tipą, būtina išanalizuoti žinomų granulatorių taikymą skirtingoms trąšoms granuliuoti, nes tam pačiam produktui gauti dažnai gali būti taikomi įvairūs būdai [9–11].



2 pav. Aglomeracijos procesas [10]

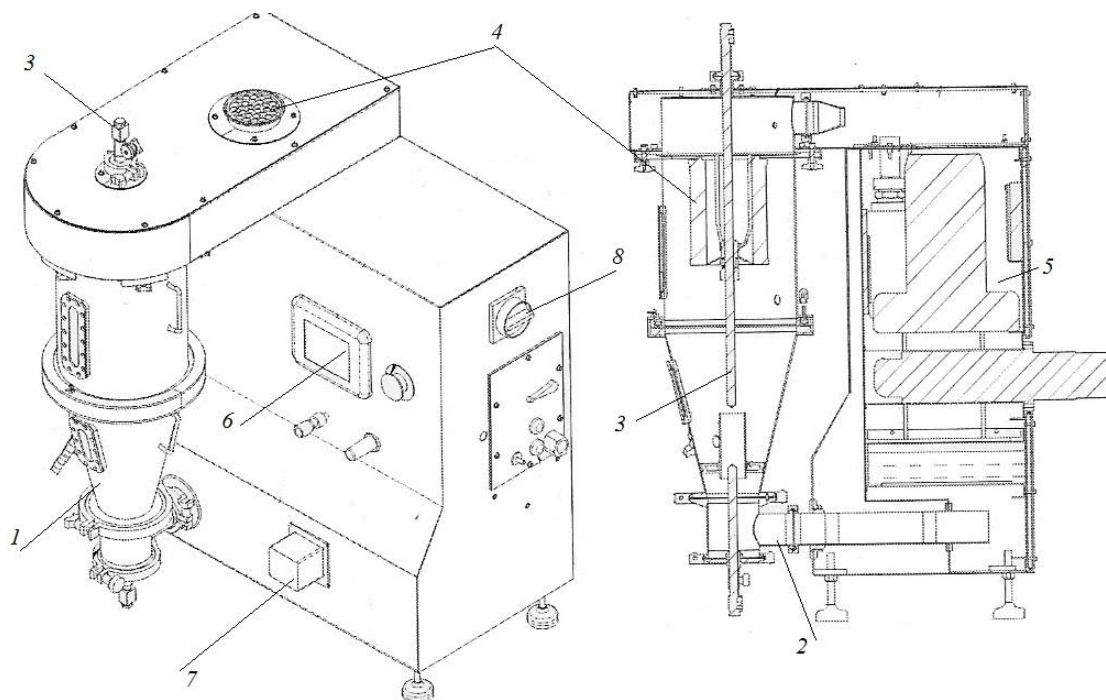
Šio darbo tikslas – nustatyti kai kurių granuliuojimo sąlygų (žaliavų kilmės, žaliavų mišinio granuliuojamumo sudėties, drėgmės kiekio žaliavų mišinyje ir granuliuojimo būdo) įtaka biriųjų NPK trąšų gavimui ir savybėms.

Medžiagos ir tyrimų metodikos

Biriosioms sudėtinėms 8–20–30 NPK trąšoms su siera gaminti buvo naudojamos tokios medžiagos: amonio sulfatas (NH_4SO_4 (AS), kuriame veikliosios medžiagos – azoto yra 20,5 % (naudotas 3 rūšių AS: iš Rusijos miesto Žemutinio Tagilo (N.T.), iš Baltarusijos miestų Gardino (Gr.) ir Novopolacko (Nov.)); amonio hidrofosfatas ($\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (DAP), kuriame veikliųjų medžiagų koncentracija: 18 % N ir 46 % P_2O_5 ; amonio dihidrofosfatas $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (MAP), kuriame veikliųjų medžiagų koncentracija: 12 % N ir 52 % P_2O_5 ; kalio chloridas KCl (MOP), kuriame veikliosios medžiagos yra 60 % K_2O (naudotas 2 rūšių MOP: galurginis (BK.g.) ir flotacinis (BK.f.)). Kaip užpildas buvo naudojamas kvarcinis smėlis, o granuliuojamam mišiniui drėkinti – vandentiekio vanduo, parūgštintas ekstrakcine fosforo rūgštimi H_3PO_4 .

Skirtingos kilmės amonio sulfato švarumui įvertinti buvo taikomas rentgeno difrakcinė analizės metodas naudojant rentgeno difraktometrą DRON-6 (Cu K_α spinduliuotė, Ni filtras, detektoriaus judėjimo žingsnis – $0,02^\circ$, intensyvumo matavimo trukmė žingsnyje – 0,5 s, įtampa $U = 30$ kV, srovės stipris $I = 20$ mA). Medžiagos buvo identifikuojamos naudojant programą „Match“. Taip pat šių žaliavų terminiam stabilumui įvertinti atlikta vienalaikė terminė analizė naudojant terminį analizatorių NETZCH STA 409 PC Luxx, kurio parametrai: temperatūros kėlimo greitis $10^\circ\text{C}/\text{min}$, keraminiai bandinio laikikliai, inertinė medžiaga – aliuminio oksidas (Al_2O_3), tiriamojo bandinio masė – iki 500 mg, aplinkos atmosfera – oras. Bandiniai buvo kaitinami iki 450°C temperatūros.

Sudėtinėms 8–20–30+S NPK trąšoms granuliuoti buvo naudojamas laboratorinis būgninis granulatoriaus džiovykla [12] ir pseudoverdančio sluoksnio granulatoriaus O'Hara FDBG 1 Bench Top (3 pav.), kurio darbiniai parametrai buvo tokie: oro greitis $35\text{--}120$ m^3/h , tirpalo purškimo greitis $5\text{--}10$ ml/min , žaliavos, granuliuojamos 50°C temperatūroje.



3 pav. Pseudoverdančio sluoksnio granuliatorius: 1 – granuliavimo kamera, 2 – oro tiekimo atvamzdis, 3 – skystosios fazės purkštukas, 4 – filtrai, 5 – valdymo blokas, 6 – parametrų reguliavimo ekranas, 7 – peristaltinis siurblys, 8 – įjungimo ir išjungimo mygtukas

Sugranuluotos trąšos buvo džiovinamos 70 °C temperatūroje ir nustatomos jų fizikinės cheminės savybės. Granulimetrinė trąšų sudėtis nustatyta frakcionuojant „RETSCH“ firmos pintais sietais (DIN-ISO 3310/1), o frakcijos kiekis (%) nustatytas sveriant elektroninėmis svarstyklėmis WPS 210/C KERN ABJ (tikslumas 0,001 g) [13]. Statinis granulių stipris nustatytas naudojant granulių stiprio matuoklį IPG-2, kurio didžiausia spaudžiamoji galia 200 N/gran. Stipris nustatytas traiškant 3–5 mm skersmens granules (20 vnt.) ir skaičiuojant aritmetinį vidurkį [14].

Rezultatai ir jų aptarimas

Yra žinoma, kad trąšų gamybos technologijose granuliuojant ir džiovinant granules pasiekama ~250 °C temperatūra, dėl kurios poveikio gali skilti trąšų komponentai ar juose esantys priedai. Šis procesas būtų žalingas susiformavusiai granulei, todėl naudojant technines žaliavas reikia nustatyti jų terminį stabilumą. Pasirinktoms 8–20–30+S markės NPK trąšoms gaminti pagal apskaičiuotą medžiagų balansą naudojama $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCl, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ir $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$. Dviejų pastarųjų techninių druskų ir galurginio KCl termogramos yra pateiktos literatūroje [15, 16], todėl šiame darbe buvo vertinamas skirtingos kilmės amonio sulfato ir flotacinio kalio chlorido terminis stabilumas (4 pav.).

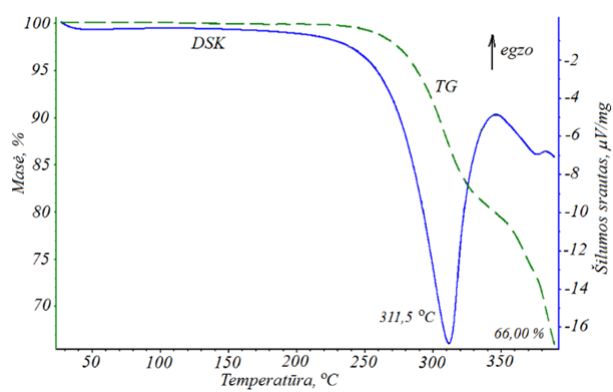
Iš 4 pav. pateiktų TG ir DSK kreivių matyti, kad atsižvelgiant į kilmę visoks amonio sulfatas (AS (N.T.), AS (Gr.a.) ir AS (Nov.)) yra stabilus iki 250 °C temperatūros (4 pav., a, b, c), vėliau amoniakas atspalaiduoja ir susiformuoja amonio hidrosulfatas

$(\text{NH}_4)\text{HSO}_4$. Amoniako atpalaidavimą atitinka šiluminis efektas ~309 °C temperatūroje. Šios smailės temperatūra šiek tiek svyruoja atsižvelgiant į žaliavos kilmę: žemiausia temperatūra 306,9 °C yra AS (N.T.), o aukščiausia temperatūra 311,5 °C yra AS (Nov.) termogramoje. Tačiau šie svyravimai labai maži ir suprantami. Kalio chloridas (4 pav., d) iki 300 °C temperatūros yra stabilus ir masės nuostolių nėra.

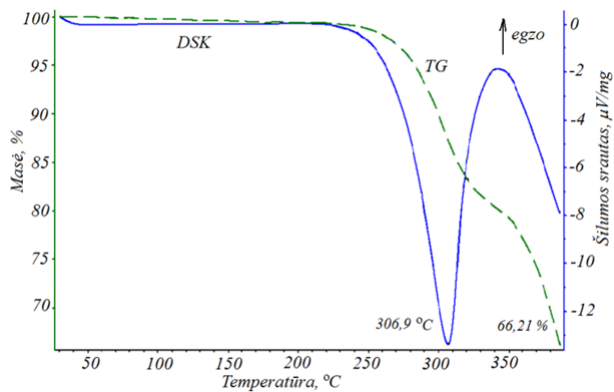
Siaurose ribose (nuo 33,79 % AS (N.T.) iki 39,25 % AS (Gr.)) svyruoja ir dėl amoniako išgaravimo atsirandantys masės nuostoliai, kurie matomi skirtingose TG kreivėse (4 pav., a, b, c). Atsižvelgiant į pateiktus duomenis galima teigti, kad amonio sulfatas, neatsižvelgiant į jo kilmę, yra stabilus iki 250 °C temperatūros, todėl norint išvengti amoniako nuostolių, džiovinant granuluotas NPK trąšas, reikėtų palaikyti tinkamą temperatūrinį režimą.

Naudojamų techninių druskų švarumui įvertinti atlikta rentgenodifrakcinė analizė (5 pav.). Iš gautų rezultatų matyti, kad žaliavos yra gana švarios, nes visos intensyviausios žaliavų smailės yra būdingos amonio sulfatui: AS (N.T.) (0,523; 0,434; 0,389; 0,312; 0,305; 0,300; 0,266; 0,252; 0,232; 0,217; 0,195 nm) (5 pav., a); AS (Gr.a.) (0,522; 0,434; 0,389; 0,312; 0,305; 0,300; 0,266; 0,252; 0,232; 0,217; 0,195 nm) (5 pav., b); AS (Nov.) (0,523; 0,434; 0,390; 0,314; 0,306; 0,300; 0,266; 0,252; 0,232; 0,217; 0,195; 0,183 nm) (5 pav., c). Kadangi amonio sulfatas yra gaunamas skirtingais būdais, tai matomos kelios nedidelės neidentifikuotos smailės gali atsirasti dėl skirtingų technologijų.

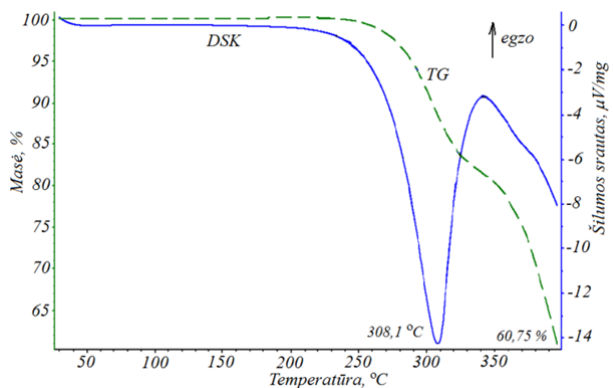
Kalio chloridui būdingos šios smailės – 0,315; 0,223; 0,182; 0,157 nm (5 pav., d), o smailė, kai tarplokštuminis atstumas yra 0,282 nm, gali būti priskirta KCl gamybos metu naudotam flotacijos agentui.



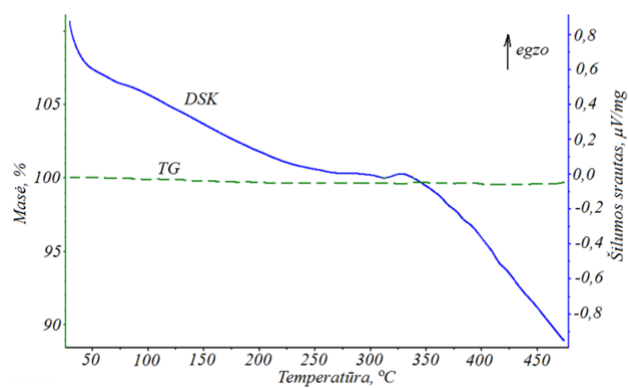
a



b

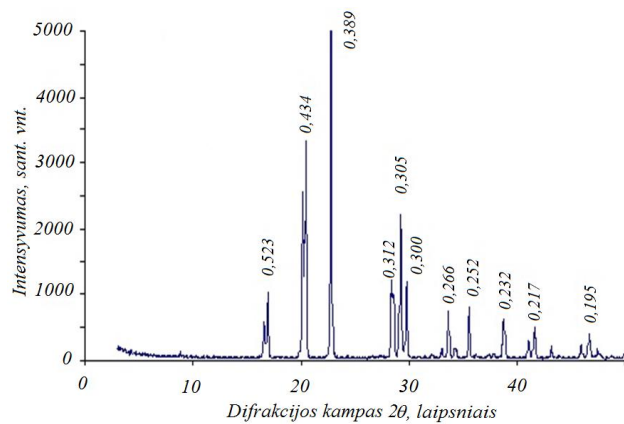


c

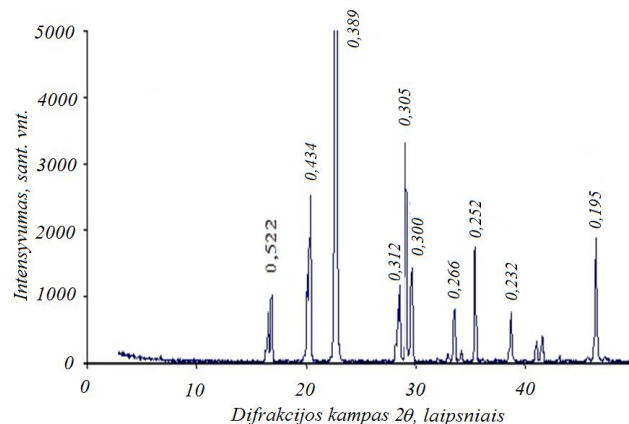


d

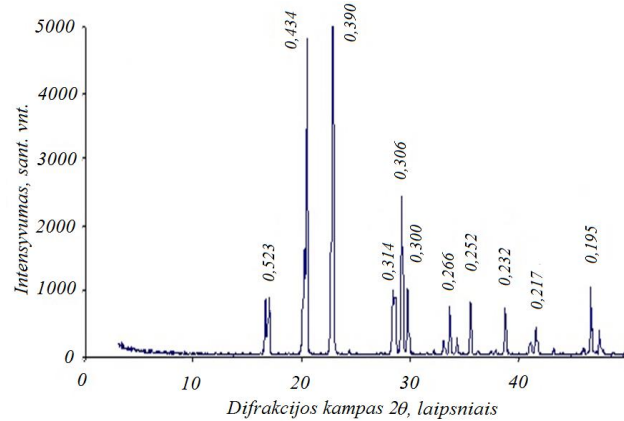
4 pav. Vienlaikēs terminēs analizēs (DSK/TG) kreivēs: a – AS (N.T.), b – AS (Gr.), c – AS (Nov.), d – MOP (BK.f.)



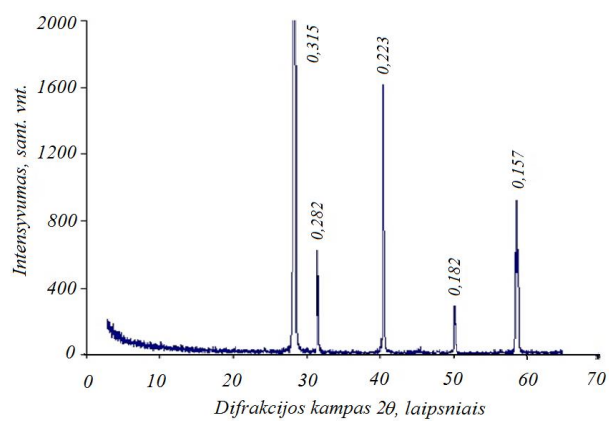
a



b



c

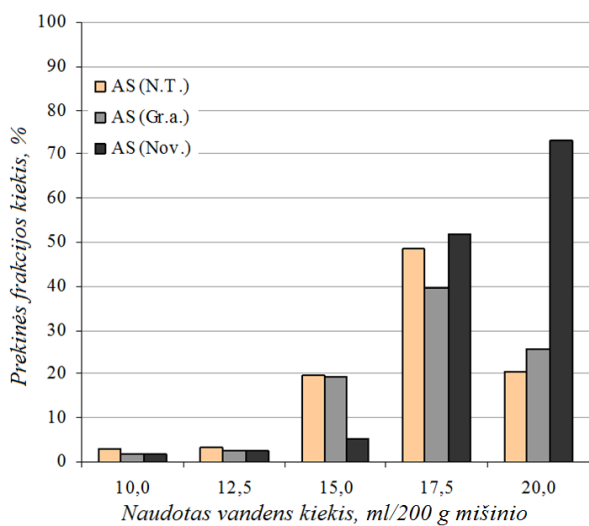


d

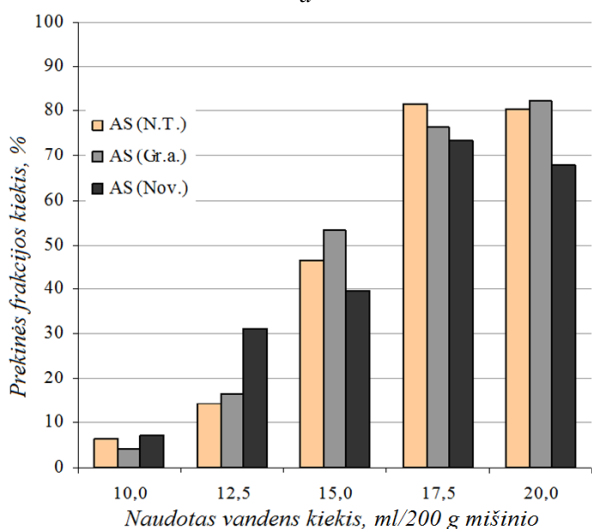
5 pav. Rentģeno difrakcinēs analizēs kreivēs: a – AS (N.T.), b – AS (Gr.a.), c – AS (Nov.), d – MOP (BK.f.)

Žinoma, kad naudojant būgninį granuliatorių vienas iš granuliavimo procesą ir granuluoto produkto savybes gerinančių veiksnių yra returas (1–2 mm dydžio dalelės), todėl eksperimentas buvo atliekamas naudojant skirtingo smulkumo žaliavų mišinį: be returo (0 %), su 10 % ir su 20 % returo. Pagrindinė žaliavų dalis sudaryta iš mažesnių nei 1 mm dalelių. Prieš patenkant į būgninį granuliatorių žaliavų mišinys buvo šildomas iki 70 °C, drėkinamas koncentruota fosforo rūgštimi parūgštintu (1 %) ir iki 70 °C pašildytu vandeniu. Į pradinį 200 g žaliavų mišinį supilama 10,0 ml parūgštinto vandens, kaskart į kitus bandinius papildomai įpilama 2,5 ml parūgštinto vandens tol, kol gaunamos per didelės frakcijos granulės.

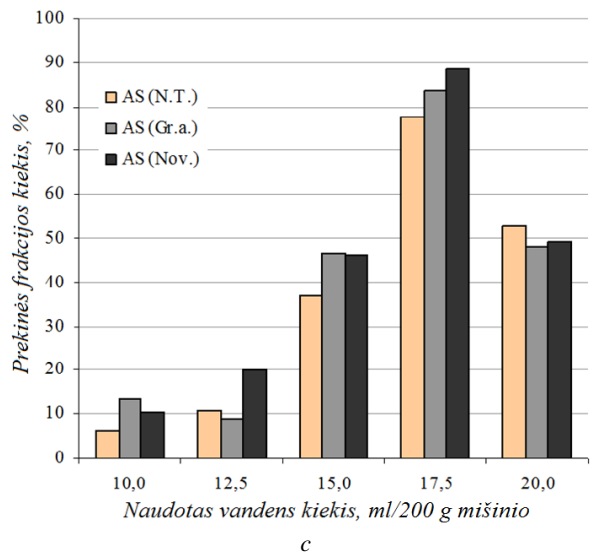
Naudojant skirtingos kilmės amonio sulfatą (AS (N.T.), AS (Gr.), AS (Nov.)) ir kalio chloridą (MOP (BK.g.) ir MOP (BK.f.)), amonio hidrofosfatą (DAP), amonio dihidrofosfatą (MAP) ir kvarcinį smėlį, aprašytomis sąlygomis laboratoriniu būgniniu granuliatoriumi sugrąnuluota daugelis bandinių. Granuliavimo trukmė ~10 min, gauto produkto granulės ~12 val. buvo džiovinamos 70 °C temperatūroje. Paskui buvo nustatomos pagrindinės jų savybės: granulimetrinė sudėtis ir granulų statinis stipris. Gauti rezultatai pateikti 6–9 paveiksluose.



a



b



6 pav. Prekinės frakcijos (2–5 mm) kiekio priklausomybė nuo žaliavų mišinio drėgmės, esant skirtingos kilmės AS ir MOP (BK.g.), kai returo kiekis: a – 0 %; b – 10 % ir c – 20 %

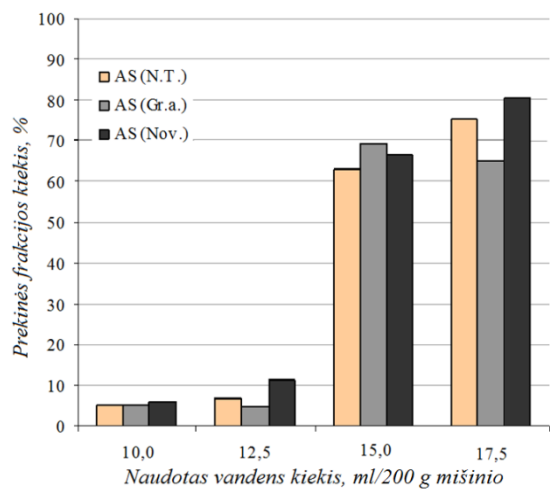
Išanalizavus 6 paveiksle pateiktas priklausomybes matyti, kad atsižvelgiant į AS kilmę mažiausiai (iki 20 %) prekinės frakcijos gaunama granuluojant be returo (6 pav., a) ir naudojant iki 15 ml vandens. Be returo, bet esant 17,5 ml ir 20 ml vandens, prekinės frakcijos (2–5 mm) kiekis bandiniuose su AS (Nov.) viršijo 50 %. Esant 10 % returo (6 pav., b), daugiausia (daugiau negu 75 %) prekinės frakcijos gauta granuluojant su AS (N.T.) arba AS (Gr.) ir naudojant 17,5 ml ir 20 ml vandens mišiniuose. Padidinus returo kiekį iki 20 % (6 pav., c), didžiausia prekinės frakcijos išėiga gaunama, kai žaliavose yra 17,5 ml vandens (su AS (Nov.) gaunama išėiga lygi 88,3 %, su AS (Gr.) – 83,7 % ir su AS (N.T.) – 77,5 %). Iš 6 pav. duomenų matyti, kad vienu atveju geresni prekinės frakcijos išėigos rezultatai gaunami su vienu amonio sulfatu, kitu atveju – su kitu, bet iš esmės jie mažai skiriasi.

Iš 7 pav. pateiktų priklausomybių matyti, kad granuluojant NPK trąšas su flotaciniu KCl ir skirtingos kilmės amonio sulfatais (AS (N.T.), AS (Gr.), AS (Nov.)), bet nenaudojant returo (7 pav., a) mažiausiai (iki 10 %) prekinės frakcijos gaunama, kai žaliavose yra 10 ml arba 12,5 ml vandens. Daugiausia prekinės frakcijos (70–80 %), esant tai pačiai žaliavų granulimetrijai, gauta esant 15 ml arba 17,5 ml vandens bandinyje. Lyginant skirtingos kilmės amonio sulfato įtaką prekei frakcijai, matyti, kad naudojant AS (N.T.) daugiausia, 85,0 %, prekinės frakcijos gaunama esant 20 % returo ir 15 ml vandens žaliavose (7 pav., c). Naudojant AS (Nov.) – 80,6 %, kai nėra returo, o žaliavose yra 17,5 ml vandens (7 pav., a). Naudojant AS (Gr.) – ~78,0 % esant 20 % returo ir 15 ml arba 17,5 ml vandens žaliavose (7 pav., c) ir esant 10 % returo ir 15 ml (7 pav., b) vandens žaliavų mišinyje. Didelis skirtumas tarp skirtingų AS matomas tik atskirais atvejais.

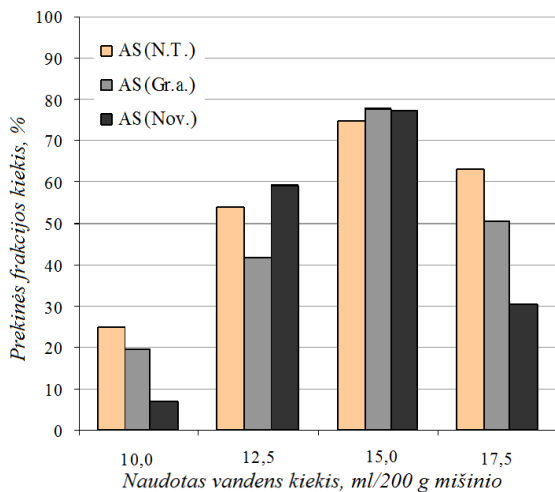
Todėl apibendrinant galima teigti, kad, kai naudojamas tas pats KCl – galurginis (6 pav.) arba flotacinis (7 pav.), granuluojant 8–20–30+S markės NPK trąšas amonio sulfato kilmė prekinės frakcijos kiekiui daro

mažesnę įtaką nei žaliavų mišinio granulimetrinė sudėtis ir drėkinti naudoto vandens kiekis.

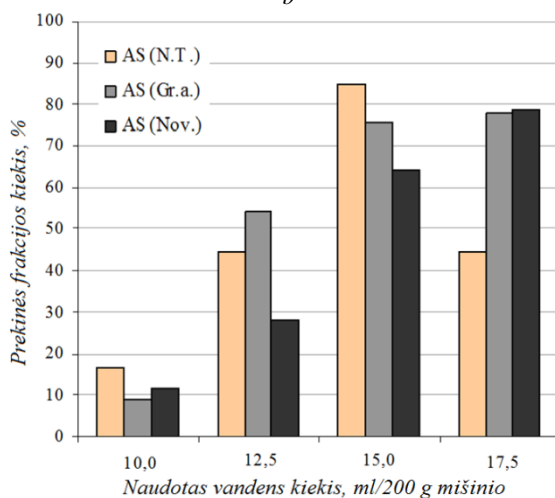
Lyginant skirtingo kalio chlorido (MOP) įtaką (6 ir 7 pav.), matyti, kad naudojant flotacinį KCl reikia mažiau vandens (7 pav.), norint gauti 70–80 % prekinės frakcijos.



a



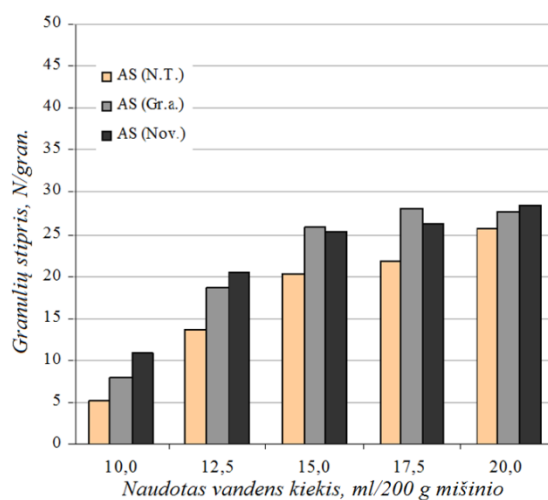
b



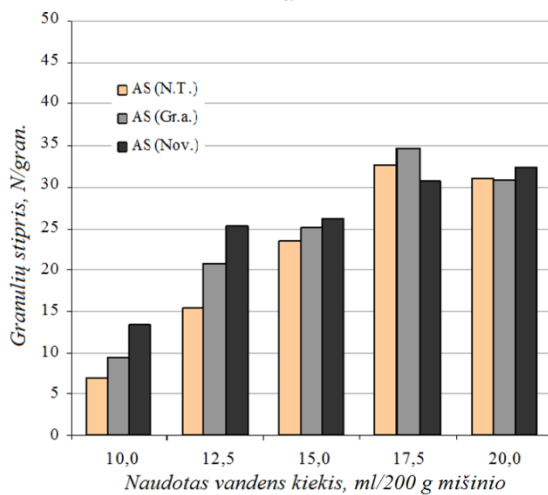
c

7 pav. Prekinės frakcijos kiekio priklausomybė nuo žaliavų mišinio drėgmės, esant skirtingos kilmės AS ir MOP (BK.f.), kai returo kiekis: a – 0 %; b – 10 % ir c – 20 %

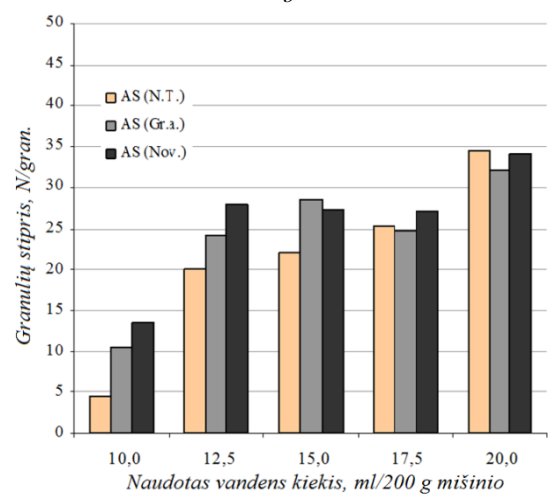
8 paveiksle pateikta granuliu statinio stiprio priklausomybė nuo AS kilmės, žaliavų mišiniui drėkinti naudoto vandens kiekio ir žaliavų mišinio granulimetrinės sudėties, kai kaip kalio žaliava buvo naudotas galurginiu būdu gautas kalio chloridas – MOP (BK.g.).



a



b



c

8 pav. Statinio granuliu stiprio priklausomybė nuo žaliavų mišinio drėgmės, esant skirtingos kilmės AS ir MOP (BK.g.), kai returo kiekis: a – 0 %; b – 10 % ir c – 20 %

Kai žaliavose nenaudotas returas (8 pav., a), stebima tiesioginė granulių stiprio priklausomybė nuo žaliavų mišinio drėgmės. Silpniausios granulės gautos, kai 200 g žaliavų buvo 10 ml parūgštinto vandens, o stipriausios, – kai 200 g žaliavų buvo 20 ml parūgštinto vandens. Granuliuojant NPK trąšas su 10 % returo, tvirčiausios granulės gautos žaliavose esant 17,5 ml vandens (8 pav., b). Šiomis sąlygomis statinis granulių stipris mažai kinta naudojant skirtingos kilmės amonio sulfatą: su AS (Gr.) stipris yra 34,6 N/gran., su AS (N.T.) – 34,44 N/gran. ir su AS (Nov.) – 30,09 N/gran. Esant 20 % returo (8 pav., c), granulių stiprio padidėjimas nuo ~5–13 N/gran. iki ~20–28 N/gran. matomas žaliavose vandens kiekį padidinus nuo 10 ml iki 12,5 ml. Dar stipresnės granulės (~32–34 N/gran.) gaunamos, kai drėkinimui naudoto vandens tūris siekia 20 ml. Tiesioginė granulių stiprio priklausomybė nuo žaliavų mišinio drėgmės, esant 0 % ir 20 % returo, geriausiai matoma, kai NPK trąšoms gauti naudojamas AS (N.T.). Tuo atveju, kai žaliavose buvo 10 % returo, esant 17,5 ml parūgštinto vandens, pasiekiamas granulių stiprio maksimumas, o toliau jo vertės šiek tiek sumažėja. Aiškios skirtingos kilmės amonio sulfato įtakos statiniam granulių stipriui šiuo atveju nustatyti nepavyko.

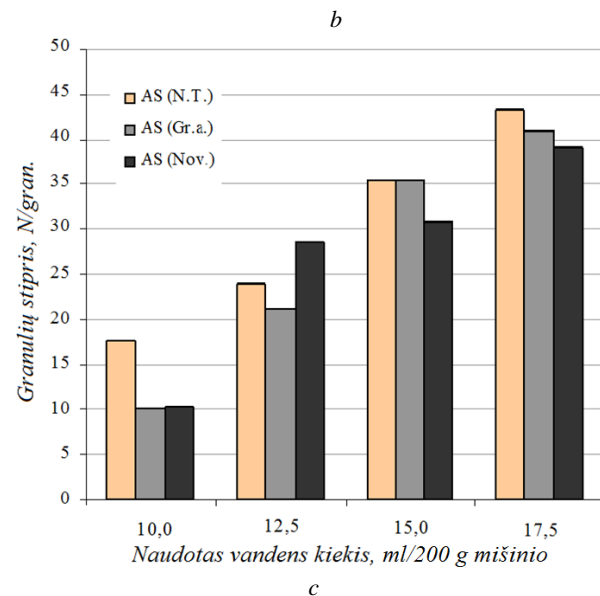
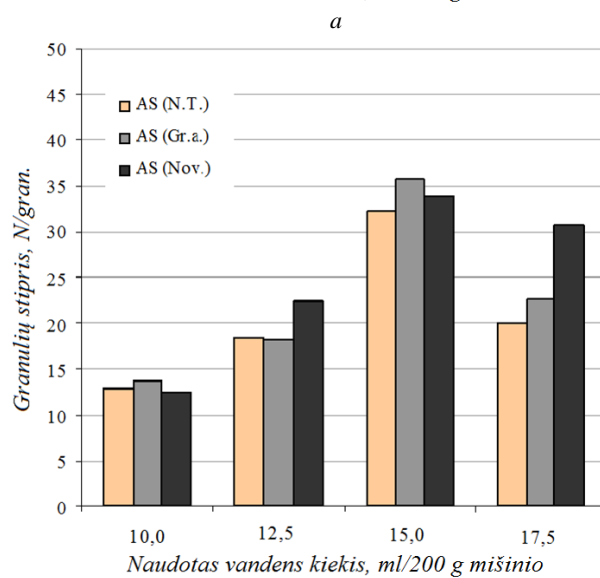
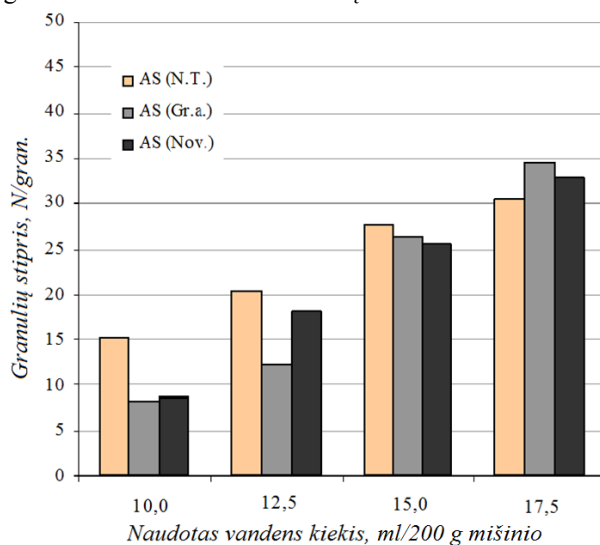
9 paveiksle pateikta granulių statinio stiprio priklausomybė nuo žaliavų mišiniui naudoto vandens kiekio, skirtingos kilmės AS ir skirtingo returo kiekio, kai kaip kalio žaliava buvo naudotas flotaciniu būdu gautas kalio chloridas – MOP (BK.f.).

Žaliavų mišiniuose nenaudojant (9 pav., a) arba naudojant 20 % (9 pav., c) returo, neatsižvelgiant į amonio sulfato kilmę, stebima tiesioginė granulių stiprio priklausomybė nuo žaliavoms drėkinti naudoto vandens kiekio. Tuo atveju, kai žaliavose buvo 10 % returo, esant 15 ml parūgštinto vandens, pasiekiamas didžiausias granulių stipris, o toliau jo vertės sumažėja. Toks pats kitimas nustatytas naudojant bet kurį amonio sulfatą. Analizuojant granulių statinio stiprio rezultatus, matyti, kad stipris mažai priklauso nuo AS kilmės, nes tvirčiausios granulės su visų rūšių amonio sulfatu gautos tomis pačiomis sąlygomis, t. y. esant 20 % returo ir 17,5 ml parūgštinto vandens žaliavose (9 pav., c): kai naudojamas AS (N.T.), granulių stipris yra 43,18 N/gran., kai naudojamas AS (Gr.a.), granulių stipris yra 41,03 N/gran., kai naudojamas AS (Nov.), granulių stipris yra 39,05 N/gran.

Apibendrinant galima teigti, kad būgniniu granuliatoriumi gaminant 8–20–30+S markės NPK trąšas, daugeliu atvejų granulių stipris mažai priklauso nuo AS kilmės, bet dažniausiai tiesiogiai priklauso nuo žaliavų mišinio drėgmės. Lyginant statinį stiprį granulių, gautų naudojant skirtingos kilmės kalio chloridą, matyti, kad nustatytos panašaus pobūdžio priklausomybės su skirtingos kilmės kalio chloridu, tačiau su flotaciniu kalio chloridu gaunamos stipresnės granulės, kai žaliavų mišinyje yra 20 % returo ir 17,5 ml parūgštinto vandens.

Maisto, farmacijos ir trąšų pramonėje gaminant granuliuotą produktą yra naudojamas pseudoverdančio sluoksnio granuliatorius, todėl tęsiant eksperimentą buvo bandoma tokio tipo granuliatoriumi sugranuliuoti sudėtinės NPK 8–20–30+S markės trąšas. Granuliuojimui

atlikti buvo paruošta 200 g skirtingos sudėties ir skirtingos granuliometrinės sudėties žaliavų mišinio.



9 pav. Statinio granulių stiprio priklausomybė nuo žaliavų mišinio drėgmės, esant skirtingos kilmės AS ir MOP (BK.f.), kai returo kiekis: a – 0 %; b – 10 % ir c – 20 %

Atsižvelgiant į gautus rezultatus ir siekiant palyginti bei įvertinti skirtingais granuliavimo būdais gauto produkto savybes, ir šiuo atveju žaliavų mišinyje naudota 0, 10, 20 % returo. Granuliuojant palaikoma 50–60 °C temperatūra ir palaipsniui didinamas oro srauto greitis nuo 35 m³/h iki 120 m³/h, granuliavimo trukmė – 26–30 min, granuliuojamam mišiniui drėkinti naudotas fosforo rūgštimi parūgštintas (1 %) vanduo, kuris išpurkštas

10 ml/min greičiu. Drėkinimui sunaudoto vandens tūris buvo parenkamas regimai įvertinus granuliuojamą mišinį. Šiomis sąlygomis gauti bandiniai ~12 val. buvo džiovinami 70 °C temperatūroje, paskui nustatyta jų granuliuojamumo sudėtis ir statinis granuliuojamumą stipris. Gauti rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. NPK 8–20–30+S markės trąšų granuliavimo sąlygos ir jų savybės, granuluojant pseudoverdančio sluoksnio granuliuojamumui

Bandinys	AS kilmė	MOP kilmė	Returo kiekis, %	H ₂ O tūris žaliavose, ml	Granuliuojamumo sudėtis, %					Granulių stipris, N/gran.
					>5 mm	5–3 mm	3–2 mm	2–1 mm	<1 mm	
1	AS (Nov.)	MOP (BK.g.)	0	140	25,1	28,0	29,2	13,3	4,4	29,4
2	AS (Gr.a.)		10	300	3,9	4,0	17,8	61,6	12,7	4,0
3	AS (N.T.)		20	150	35,5	25,0	22,1	11,2	6,2	15,4
4	AS (Nov.)	MOP (BK.f.)	0	120	2,2	6,9	13,8	49,5	27,6	14,5
5	AS (Gr.a.)		10	135	0,8	1,8	10,9	69,7	16,7	9,1
6	AS (N.T.)		20	135	1,1	3,0	18,1	59,2	18,6	8,1

Granuluojant pseudoverdančio sluoksnio granuliuojamumui, norint gauti granuluotą produktą, kuriame būtų daug prekinės (2–5 mm) frakcijos, sunaudojamas labai didelis (135–150 ml) parūgštinto vandens kiekis. Atskiru atveju (2 bandinys) buvo panaudotas ypač didelis vandens kiekis (300 ml), tačiau, kaip matyti iš lentelėje pateiktų duomenų, tai nepagerino produkto granuliuojamumo sudėties. Analizuojant gautus rezultatus, galima daryti prielaidą, kad prekinės frakcijos kiekiui daugiau įtakos turi naudojamų žaliavų kilmė. Vertinant amonio sulfato kilmės įtaką prekinės frakcijos kiekiui, nustatyta, kad su abiem kalio chloridais, naudojant AS (Nov.) ir AS (N.T.), prekinės frakcijos gaunama šiek tiek daugiau nei naudojant AS (Gr.). Taip pat daugiau prekinės frakcijos (21,8–57,2 %) gaunama naudojant MOP (BK.g.) nei MOP (BK.f.).

Analizuojant pseudoverdančio sluoksnio granuliuojamumui granuluotų bandinių su skirtingos kilmės amonio sulfatu ir kalio chloridu granuliuojamumą statinio stiprio vertes, galima teigti, kad granuliuojamumo statinis stipris nėra didelis ir svyruoja nuo 4,0 N/gran iki 15,4 N/gran. Pagal granuliuojamumo nustatytą granuliuojamumą stiprį išsiskiria produktas, sugranuluotas be returo, naudojant MOP (BK.g.) bei AS (Nov.) ir išpurškiant 140 ml parūgštinto vandens. Šių granuliuojamumą stipris yra 29,4 N/gran.

Apibendrinant galima teigti, kad tirtomis sąlygomis sudėtinėms 8–20–30+S markės NPK trąšoms granuluoti geriau naudoti būgninį granuliuojamumą džiovyklą. Būgniniu granuliuojamumu gauti rezultatai nesikartoja naudojant pseudoverdančio sluoksnio granuliuojamumą. Norint tiksliai nustatyti, kokiomis sąlygomis šioms trąšoms granuluoti geriau būtų naudoti pseudoverdančio sluoksnio granuliuojamumą, reikia atlikti išsamesnius tyrimus.

Išvados

- Keičiant granuliavimo sąlygas (žaliavų mišinio drėgmę, returo kiekį, skirtingą amonio sulfatą ir kalio chloridą), laboratoriniu būgniniu granuliuojamumu džiovykla ir pseudoverdančio sluoksnio granuliuojamumu sugranuluotos 8–20–30+S markės trąšos ir nustatyta produkto granuliuojamumo sudėtis bei statinis granuliuojamumą stipris.
- Nustatyta, kad granuluojant būgniniu granuliuojamumu biriųjų 8–20–30+S markės NPK trąšų savybės labai priklauso nuo žaliavų mišiniui drėkinti naudoto parūgštinto vandens kiekio ir granuliuojamumo sudėties. AS kilmės įtaka yra nedidelė. Kalio chlorido kilmės įtaka pastebima, nes naudojant MOP, pagamintą flotacijos būdu, reikia mažiau drėgmės žaliavose, norint gauti daugiau prekinės frakcijos ir stipresnes granules.
- Nustatyta, kad naudojant būgninį granuliuojamumą džiovyklą geriausios pagrindinės biriųjų trąšų savybės (63,0–85,0 % prekinės frakcijos ir 34,60–43,18 N/gran. granuliuojamumą stipris), neatsižvelgiant į AS ir MOP kilmę, nustatytos produkte, gautame žaliavų mišiniui drėkinti naudojant 7–9 % (arba 15–20 ml/200 g žaliavų mišinio) parūgštinto vandens ir 10–20 % returo.
- Nustatyta, kad tirtomis sąlygomis 8–20–30+S markės trąšoms gaminti geriau tinka būgninis granuliuojamumas džiovykla, nes granuluojant pseudoverdančio sluoksnio granuliuojamumu sunaudojama labai daug vandens, o gautas produktas neatitinka biriosioms trąšoms keliamų reikalavimų.

Literatūra

1. Didžioji Britanija pradės tirti žmonių populiacijos augimo pasekmes. Prieiga per internetą: http://www.technologijos.lt/n/zmoniu_pasaulis/kaip_mes_gyvename/S-13907/straipsnis/ [žiūrėta 2014-09-26].
2. **Bruulsema T. W., Heffer P., Welch M. R., Cakmak I., Moran K.** Fertilizing Crops to Improve Human Health: A Scientific Review. IPNI, IFA, 2012. 290 p.
3. **Paleckienė R., Sviklas A. M.** Trąšų agrochemija. KTU Cheminės technologijos fakultetas, UAB TEV, 2012. 152 p.
<http://dx.doi.org/10.5755/e01.9786094331312>
4. Augalams būtinai cheminiai elementai. Prieiga per internetą: <http://www.asu.lt/nm/1-projektas/DirvozemioIstekliu/5.html> [žiūrėta 2014-04-26].
5. NPK elementų poreikis augalams. Prieiga per internetą: http://www.schetelig.lt/index.php?page_id=66 [žiūrėta 2014-09-26].
6. IFADATA. Prieiga per internetą: <http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/STATISTICS> [žiūrėta 2013-04-30].
7. Organinių atliekų perdirbimas. Prieiga per internetą: www.asu.lt/file.doc?id=59048 [žiūrėta 2014-09-30].
8. Waste-Derived Fertilizers. United States Environmental Protection Agency. EPA530-F-97-053. 1997.
9. **Sviklas A. M., Paleckienė R., Šlinkšienė R.** Sudėtinės trąšos. Vilniaus pedagoginis universitetas, 2008. 197 p.
10. Agglomeration/Granulation. Prieiga per internetą: <http://www.cjtech.co.kr/Process%20Principles%20Agglomeration%20Granulation.htm> [žiūrėta 2014-05-26].
11. Neuhaus Neotec Fluidized Bed Processes – Bringing Ideas in Motion. Prieiga per internetą: http://www.neuhaus-neotec.de/partikel_ws/en/wirbelschicht/agglomeration [žiūrėta 2014-05-26].
12. **Paleckienė R., Sviklas A. M., Šlinkšienė R., Štreimikis V.** Processing of rape straw ash into compound fertilizers using sugar factory waste // Polish Journal of Environmental Studies. 2012. Vol. 21. N 4. P. 993–999.
13. LR standartas LST EN 1236:2002. Kietosios trąšos. Trąšų granulimetrinės sudėties nustatymas sijoiant.
14. LR standartas LST CR 1233:2006. Trąšos. Trąšų granuliu stiprio nustatymas.
15. **Šlinkšienė R., Brigaitytė O.** Kalio žaliavų kilmės įtaka biriųjų NPK trąšų gavimui ir savybėms // Cheminė technologija. 2013. Vol. 64. N 2. P. 63–71.
<http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.64.2.6099>
16. **Šlinkšienė R., Baliutavičius V.** Kai kurių granuliavimo parametrų įtaka NPK trąšų savybėms // Cheminė technologija. 2012. Vol. 59. N 1. P. 31–39.
<http://dx.doi.org/10.5755/j01.ct.59.1.1527>

R. Šlinkšienė, T. Zagorskis

COMPOUND FERTILIZERS' GRANULATION USING DIFFERENT MATERIALS AND DIFFERENT WAYS

Summary

In this work, different sources of nitrogen and potassium for 8–0–30+S fertilizers' granulation were used. Fertilizers were granulated using a drum granulator and a fluid bed granulator. All used waste materials were found to be suitable for the production of compound fertilizers. The best properties of the compound fertilizers (marketable fraction part – from 63.0 % to 85.0 % and static strength of granules – from 34.60 N/gran. to 43.18 N/gran.) were obtained when the content of irrigation water in the raw material mixture was 7–9 % (15–20 ml/200 g of the mixture) and the recycle was 10–20 %. It was found that the properties of the fertilizer depend on the irrigation water content and the particle size of the raw material. The origin of raw materials had a negligible influence. The 8–0–30+S compound fertilizer properties were worse when using a fluid bed granulator than a dryer drum granulator.

Keywords: compound fertilizer, drum granulator, fluid bed granulator, static strength, granulometric composition.