

Kai kurių granuliavimo parametrų įtaka NPK trąšų savybėms

R. Šlinkšienė, V. Baliutavičius

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.59.1.1527>

Gauta 2012 m. sausio 30 d.; priimta spaudai 2012 m. vasario 14 d.

Augalams tręšti daugeliu atvejų racionaliau naudoti granuluotas kompleksines trąšas, kurių vienoje granulėje yra subalansuotas azoto (N), fosforo (P) ir kalio (K) kiekis bei santykis. Miltelių granuliavimas yra sudėtingas procesas, priklausantis nuo daugybės veiksnių, todėl kokybiškam produktui gauti reikia parinkti tinkamus proceso parametrus. Šiame darbe tirta kai kurių granuliavimo parametrų (užpildo kilmės, granuliavimo temperatūros, drėgmės kiekio, drėkinimui naudojamo tirpalo pH) įtaka granuluotų 8–20–25 markės NPK trąšų savybėms (granulimetrinei sudėčiai, statiniam granulių stipriui, piltiniam tankiui ir 10 % trąšų tirpalo pH). Taip pat laboratorinėmis (artimomis gamybinėms) sąlygomis nustatyti kai kurie optimalūs parametrai kokybiškoms 8–20–25 markės NPK trąšoms gaminti.

Įvadas

Granuliavimas yra labai smulkių miltelių pavidalo medžiagų virsmas granuluotomis, t. y. beveik vienodomis aglomeruotomis stambesnėmis dalelėmis – granulėmis, sąveikoje su skystąja faze. Tai vienas pagrindinių procesų, naudojamų daugelyje pramonės šakų (farmacijos, maisto, trąšų, kuro ir t. t.) [1]. Trąšų granulės turi būti mechaniškai tvirtos, gali būti sferinės arba kitokios, taisyklingos arba netaisyklingos formos ir gumulėlio pavidalo. Geriausia granulių forma yra sferinė, nes tada jos būna mechaniškai stipresnės, mažiau susitrina beriant, barstant tolygiau pasiskleidžia ant dirvos. Granuluotoms nepriskiriamos medžiagos, kurios sudarytos iš taisyklingų kristalų, gautų kristalizacijos būdu iš tirpalų, ir natūralios kilmės produktai. Granuluotomis vadinamos medžiagos, kurių dalelių skersmuo didesnis kaip 0,5 mm, o smulkesnės dalelės vadinamos milteliais [2]. Daugeliu atvejų granuluoti produktai yra pranašesni už miltelius, nes ilgiau išlieka birūs, nedulka, lengviau sijojami, ilgiau neišplauunami paviršiniiais vandenimis, dėl mažesnio paviršiaus sąlyčio ploto su dirvos komponentais jie ilgesnį laiką nepakinta dirvoje, todėl efektyviau tręšia. Netirpios vandenyje trąšos geriau augalų pasisavinamos, kai jos būna ne granulių, bet smulkių miltelių pavidalo [3]. Gaminamų mineralinių trąšų granulių skersmuo yra 1–6 mm, tačiau dažniausiai – 2–4 mm.

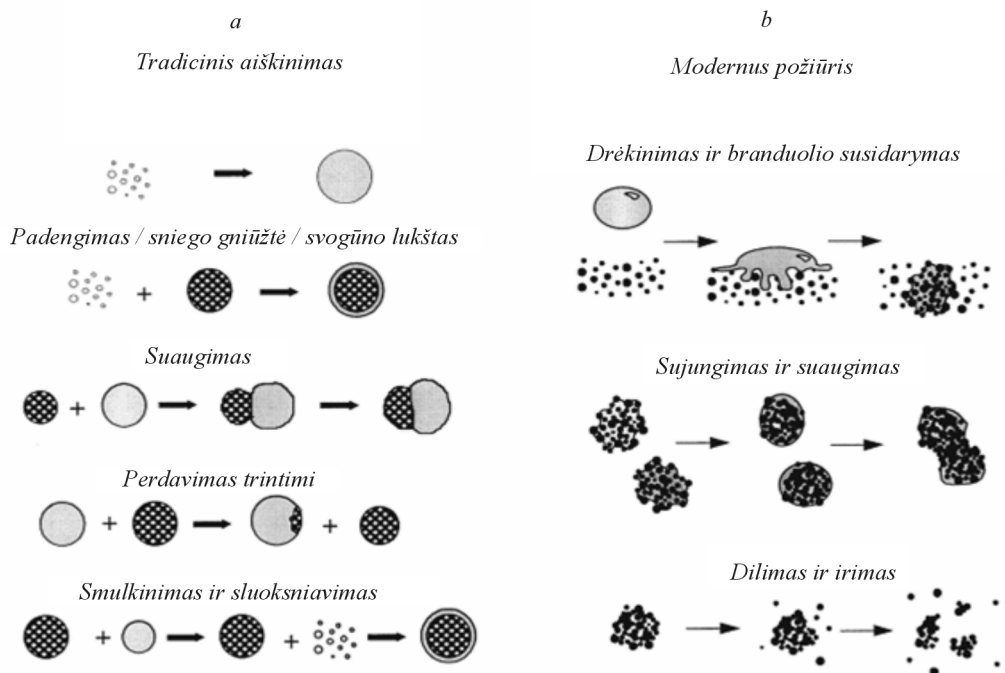
Trąšų granuliavimo būdo parinkimas labiausiai priklauso nuo trąšų komponentų fizikinių ir cheminių savybių bei agregatinio būvio, kuriam esant medžiagos granuluojamos, ir gali būti: sausų medžiagų granuliavimas drėkinant vandeniu arba garu; pulpos granuliavimas; lydalo granuliavimas; kompaktinis granuliavimas [2, 4]. Paprasčiausiai sausosios trąšos granuluojamos, kai sausas trąšų mišinys drėkinamas purškiant vandeniu ir mechaniškai maišomos dalelės aglomeruojasi į mažiau ar daugiau taisyklingas granules, kurios džiovinamos ir sijojamos. Aglomeracija – procesas, kurio metu pavienės smulkiosios dalelės jungiasi į vientisą granulę. Šis procesas plačiai

tyrinėjamas, įvairiai aiškinamas ir nuolat tobulinamas [5–9]. Aglomeracijos proceso aiškinimo palyginimas parodytas 1 paveiksle [10].

Sausų medžiagų granuliavimo parametrai labiausiai priklauso nuo granuluojamo mišinio drėgmės ir komponentų cheminės prigimties arba plastiškumo, kuris skirtingų medžiagų yra labai nevienodas ir sunkiai nustatomas bei išmatuojamas. Granuliavimui skirtos masės plastiškumui padidinti į mišinį pridėjama molio arba kitų priedų – užpildų. Kai kuriais atvejais aglomeracija pagerėja, kai palaikoma didesnė granuluojamo mišinio temperatūra, todėl dažnai mišinys drėkinamas garais, o ne vandeni. Tokiu atveju geriausiai tinka būgniniai, lėkštiniai arba minkytuvo tipo granulatoriai. Teoriškai kiekvieną granuluojamą trąšų mišinį turi atitikti tam tikro dydžio skystosios fazės masės dalis granulatoriuje ir tinkama skystosios fazės pH vertė. Skystoji fazė susideda iš drėgmės ir vandenyje ištirpusių druskų. Kadangi druskų tirpumas didesnis, kai temperatūra yra aukštesnė, tai granuluojant aukštesnėje temperatūroje reikia mažiau vandens [11].

Yra žinoma, kad mineralinių trąšų sudėtis bei maisto medžiagų koncentracija lemia produkto paklausą rinkoje. Tačiau trąšų gamybai, pervežimui, laikymui, naudojimui labai svarbios ir kai kurios kitos trąšų fizikinės cheminės ir mechaninės savybės, kintančios dėl granuliavimo sąlygų. Svarbiausios jų yra granulimetrinė sudėtis, granulių stipris, drėgnis, piltinis tankis, higroskopiskumas, birumas, supylimo kampas ir kai kurios kitos. Beveik visi šie rodikliai yra glaudžiai tarpusavyje susiję [12].

Šio darbo tikslas – modeliniu laboratoriniu būgniniu granulatoriumi džiovykla (BGD) sugranuluoti 8–20–25 markės NPK trąšas, ištirti kai kurias šių trąšų fizikines chemines savybes (granulimetrinę sudėtį, statinį granulių stiprį, laisvai supiltų trąšų piltinį tankį, 10 % tirpalo pH) ir nustatyti jų priklausomybę nuo trąšose naudojamo užpildo kilmės, drėkinimui naudojamo vandens kiekio ir jo pH.



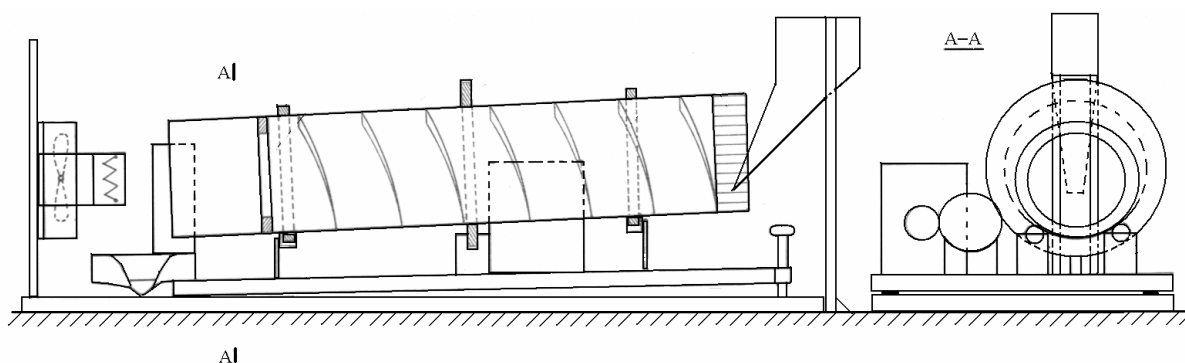
1 pav. Aglomeracijos proceso aiškinimas: *a* – Sastry and Fuerstenau, 1973 m., *b* – Ennis and Litster, 1997 m.

Tyrimų medžiagos ir metodikos

Gaminant granuluotas kompleksines NPK 8–20–25 markės trąšas buvo naudojamos tokios techninės druskos: amonio sulfatas $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ – markė (20,5–0–0); amonio hidrofosfatas $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ – markė (17,5–46–0); kalio chloridas KCl – markė (0–0–60,5); amonio dihidrofosfatas $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ – markė (11,5–52–0) bei užpildai: ceolitas (C), Palemono molis (M), dolomitas (D) (frakcija < 0,2 mm), kvarcinis smėlis (S), cemento dulkės (CD). Granuliuojamo mišinio drėkinimui buvo naudojamas vandentiekio vanduo ir techninė koncentruota 98 % H_3PO_4 .

Techninių druskų terminė analizė atlikta terminiu analizatoriumi *NETZCH* (Vokietija). Parametrai: temperatūros kėlimo greitis 10 °C/min, keraminiai bandinio laikikliai, inertinė medžiaga – aliuminio oksidas (Al_2O_3), tiriamo bandinio masė – iki 500 mg, aplinka – oras. Bandiniai buvo kaitinami iki 350 °C temperatūros [13].

NPK trąšos buvo granuliuojamos laboratoriniu būginiu granuliatoriumi džiovykla (2 pav.). BGD konstrukcija ir veikimas pagrįsta pramoninių granuliatorių duomenimis [14]. Sugranuluotos trąšos buvo džiovinamos, frakcionuojamos ir nustatomos jų fizikinės cheminės savybės.



2 pav. Laboratorinis būginis granuliatorius džiovykla (BGD)

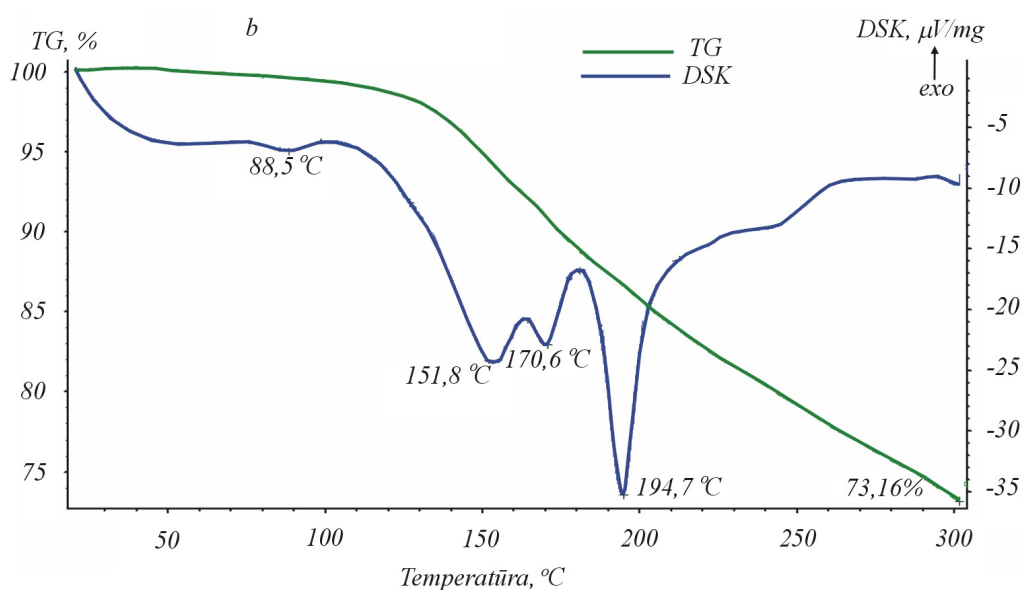
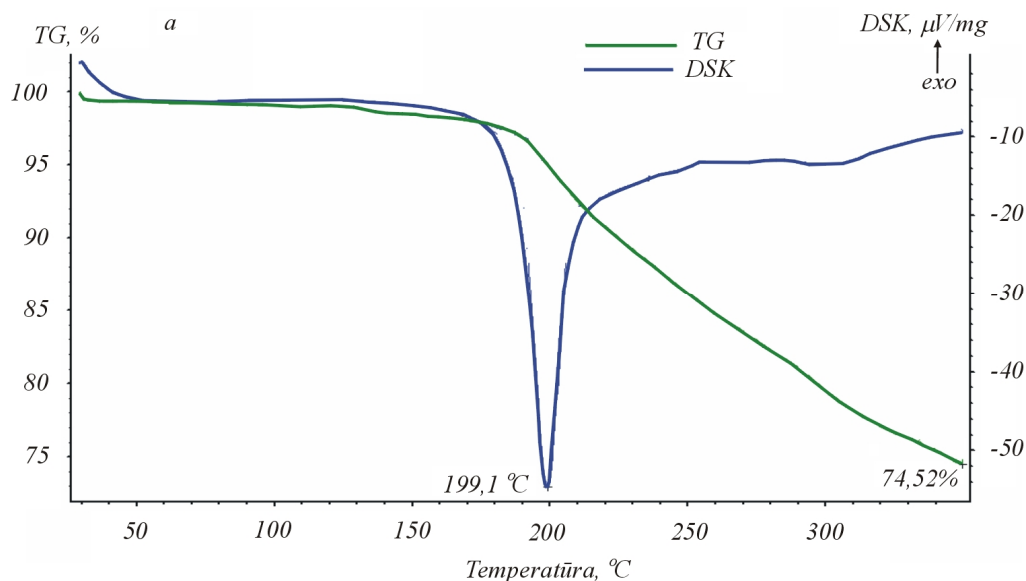
Granuluotos NPK trąšos frakcionuotos *RETSCH* firmos pintais sietais (DIN-ISO 3310/1), o frakcijos kiekis (%) nustatytas sveriant elektroninėmis svarstyklėmis *WPS 210/C KERN ABJ* (svarstyklių tikslumas 0,001 g) [15]. Prekinės frakcijos (3 mm ir 5 mm) granuliu stipriui nustatyti buvo naudojamas granuliu stiprio matuoklis

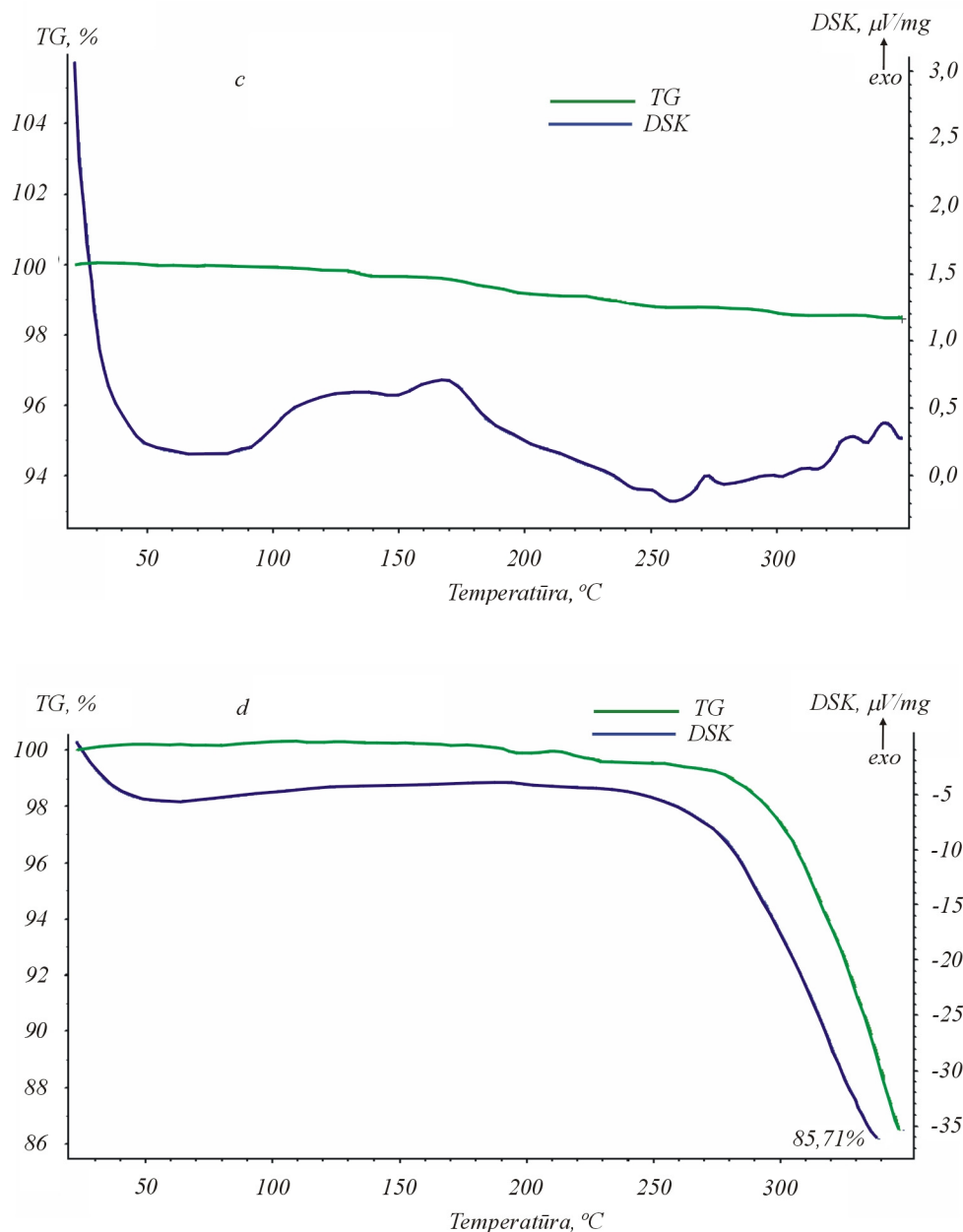
IPG-2, kurio didžiausia galia 200 N/gran. Stipris nustatytas traiškant 20 granuliu ir, pagal intervalinį įvertį, skaičiuojant aritmetinį vidurkį. Laisvai supiltų trąšų piltinis tankis nustatytas pagal standartinę metodiką [16]. Trąšų 10 % tirpalo pH buvo matuojamas pH-metru (Hanna Instruments pH 211).

Rezultatai ir jų aptarimas

NPK 8–20–25 markės trąšoms gaminti buvo parinktos techninės žaliavos, kuriose yra pagrindinių maisto medžiagų: azoto, fosforo ir kalio. Kadangi realiose trąšų gamybos technologijose kai kuriose granuliavimo proceso stadijose būna aukšta (iki 200–300 °C) temperatūra ir granuliavimo procese naudojamos ne chemiškai švrios medžiagos, kurioms temperatūros įtaka yra žinoma, reikia įvertinti techninių žaliavų terminį stabilumą. Pasirinktos markės NPK trąšoms gaminti pagal apskaičiuotą medžiagų balansą naudojama $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ ir KCl , todėl buvo atlikta šių žaliavų vienalaikė terminė analizė.

3 paveiksle (a–b) parodytos pradinių komponentų termogramos, iš kurių matyti, kad iki 300 °C temperatūros, pagal TG ir DSK kreives stabiliausias yra kalio chloridas, kurio DSK kreivėje (3 pav., c) tirtame temperatūrų intervale nėra užfiksuota žymesnių egzo- arba endoterminių efektų ir nesudaro masės nuostoliai (TG kr.). Iki 300 °C temperatūros stabilus ir amonio sulfatas (3 pav., d), vėliau prasideda amoniako atpalaidavimas (DSK ir TG kr.). Terminiu požiūriu mažiausiai stabilus yra amonio hidrofosfatas (3 pav., b), kurio skilimas (amoniako atpalaidavimas) prasideda jau 78 °C temperatūroje ir toliau vyksta keliomis atskiromis stadijomis iki 200 °C temperatūros.





3 pav. Termogramos: a – $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$, b – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, c – KCl, d – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$

Amoniaiko atpalaidavimą atitinka endoterminės smailės DSK kreivėje. Esant $\sim 200^\circ\text{C}$ temperatūrai prasideda ir amonio dihidrofosfato (3 pav., a) skilimas. Skylant abiems amonio fosfatams dėl amoniako praradimo susidaro masės nuostoliai, kurie matyti TG kreivėse.

Pagal šiuos terminės analizės duomenis, norint išvengti amoniako nuostolių, laboratorinėmis sąlygomis granuliuojant 8–20–25 markės trąšas, buvo palaikoma pastovi $70\text{--}80^\circ\text{C}$ temperatūra. Pagal žaliavų balansą apskaičiuota, kad norint gauti 1 t žaliavų mišinio, reikia įdėti 89 kg užpildo. Užpildu buvo naudojamas ceolitas, kvarcinis smėlis, Palemono molis, cemento dulkės, dolomitas ($< 0,2\text{ mm}$). Įvertinant laboratorinio būginio granuliatoriaus geometrinis parametrus granuliuotam produktui gauti buvo gaminama 200 g reikalingos sudėties žaliavų mišinio, kuris drėkinamas vandentiekio vandeniu arba koncentruota fosforo rūgštimi parūgštintu vandeniu

(1 %). Granuliatoriaus pasvirimo kampas buvo 5° , granulavimo trukmė – 24–27 min. Tomis pačiomis sąlygomis eksperimentas kartotas 2 kartus.

8–20–25 markės NPK trąšos $70\text{--}80^\circ\text{C}$ temperatūroje buvo granuliuojamos naudojant įvairius užpildus (ceolitą, cemento dulkes, molį, smėlį ir dolomitą) ir mišinio drėkinimui – 10, 15 ir 20 ml (arba 5, 7,5 ir 10 % sauso mišinio masės) iki 70°C temperatūros pašildyto vandentiekio vandens. Šiomis sąlygomis laboratoriniu granuliatoriumi sugrąnuota 15 bandinių (1 lent.), kurie $\sim 12\text{ h}$ buvo džiovinami 70°C temperatūroje. Po to buvo nustatomos fizikinės cheminės savybės (džiovinimo metu iš granuliuoto produkto išgaravusios drėgmės kiekis, granulimetrinė sudėtis, granulų statinis stipris, piltinis tankis, 10 % tirpalo pH) ir analizuojama šių savybių priklausomumas nuo užpildo bei drėgmės kiekio (1 lent.).

1 lentelė. 8–20–25 markės NPK trąšų granuliavimo sąlygos ir granulioto produkto savybės

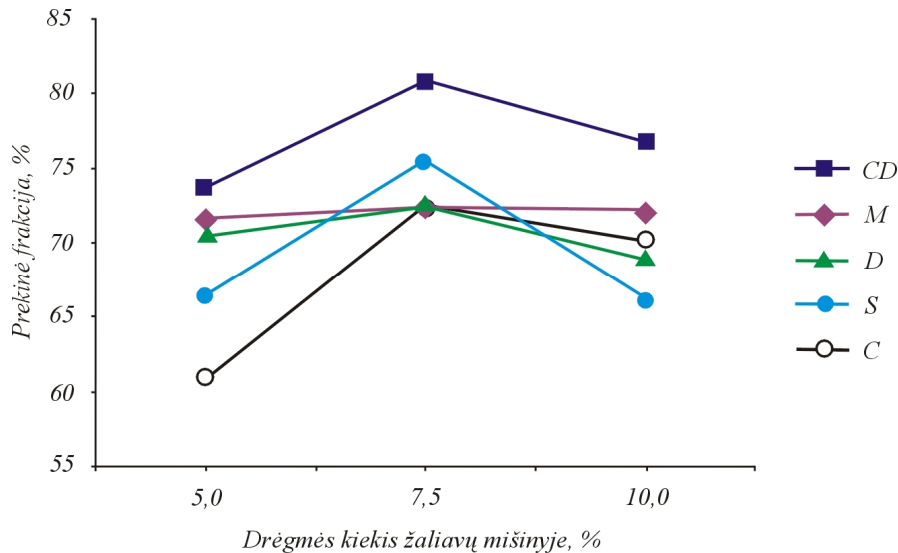
Užpildas	Drėkinimui naudoto H ₂ O kiekis, %	Džiovinant išgaravusios drėgmės kiekis, %	Granulimetrinė sudėtis, %				Granulių stipris, N/gran.	Piltinis tankis, kg/m ³	10% tirpalo pH
			< 2 mm	2–3 mm	3–5 mm	> 5mm			
Ceolitas	5	1,08	35,71	35,80	25,04	3,45	15,78	0,751	6,47
Cemento dulkės		1,03	24,11	42,56	31,19	2,14	28,68	0,746	6,50
Palemono molis		1,01	23,45	30,25	41,32	4,98	27,98	0,751	6,54
Kvarcinis smėlis		1,19	29,36	38,25	28,18	4,21	16,45	0,748	6,47
Dolomitas		1,02	23,12	32,24	32,28	6,36	20,83	0,739	6,47
Ceolitas	7,5	2,12	18,83	36,51	36,28	8,38	28,99	0,746	6,45
Cemento dulkės		2,27	16,18	38,32	42,43	3,07	32,65	0,770	6,48
Palemono molis		2,05	17,33	30,52	41,80	10,35	31,64	0,746	6,52
Kvarcinis smėlis		2,36	18,43	38,71	36,71	6,15	16,755	0,746	6,46
Dolomitas		2,17	17,62	37,89	34,65	9,84	21,085	0,759	6,45
Ceolitas	10	3,08	13,92	29,63	40,43	16,02	23,29	0,746	6,46
Cemento dulkės		3,02	14,86	30,69	46,07	8,38	25,74	0,781	6,46
Palemono molis		3,01	10,47	28,23	43,94	17,36	26,58	0,769	6,51
Kvarcinis smėlis		3,47	17,72	26,28	40,00	16,00	19,96	0,740	6,40
Dolomitas		3,13	15,99	27,74	41,07	15,20	28,92	0,734	6,50

Iš 1 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad džiovinant granuliuotas trąšas išgaravusios drėgmės kiekis tiesiogiai proporcingas mišinio drėkinimui naudoto vandens kiekiui: mažiausiai (~1 %) drėgmės išgaravo, kai vanduo sudarė 5 % sauso mišinio masės, o daugiausiai (~3 %) – kai granuliuojamame mišinyje vandens buvo 10 %. Analizuojant išgaruojančios drėgmės kiekio priklausomumą nuo užpildo, nustatyta, kad mažiausiai drėgmės prarandama, kai užpildu naudojamas Palemono molis, daugiausiai – kai kvarcinis smėlis. Tačiau užpildo kilmė džiovinimo metu išgaruojančios drėgmės kiekiui didelės įtakos neturi.

Svarbi granuliėtų trąšų savybė, veikianti transportavimo kaštus, yra laisvai supiltų trąšų piltinis tankis. Analizuojant aprašytomis sąlygomis pagamintų trąšų piltinio tankio skaitines vertes (1 lent.) matyti, kad jos kinta labai nedideliame intervale – nuo 0,734 iki 0,781 kg/m³. Galima manyti, kad piltinį tankį lemia pagrindinės trąšų žaliavos, o užpildo, kurio santykinai yra mažai, kilmė ir žaliavų mišinio drėgmės kiekis žymesnės įtakos šiai granuliėtų NPK trąšų savybei neturi. Tą patį galima pastebėti analizuojant 10 % trąšų tirpalo pH vertės priklausomumą nuo drėkinimui naudoto vandens kiekio ir užpildo kilmės (1 lent.). Visais atvejais sugranuliuotų 8–20–25 markės NPK trąšų tirpalų pH yra arti neutralios ir kinta ~6,5.

Viena svarbiausių granuliėtų NPK trąšų savybių yra granulimetrinė sudėtis, kurią apibūdina smulkiosios frakcijos arba returo (granulių skersmuo mažesnis už 2 mm), prekinės frakcijos arba produkto (granulių skersmuo nuo 2 iki 5 mm) ir stambiosios frakcijos (granulių

skersmuo didesnis už 5 mm) dalys. Dažniausiai trąšų granuliavimo technologijose stambioji frakcija po smulkinimo ir sijojimo, o smulkioji frakcija tiesiogiai grąžinama į granuliavimo sistemą kaip returas. Returo kiekis, atsižvelgus į naudojamą technologiją, gali kisti nuo 10 iki 30 %. Kaip matyti iš 1 lentelėje pateiktų granulimetrinės sudėties duomenų, dėl žaliavų mišinio drėkinimui naudojamo vandens kiekio kinta smulkiosios ir stambiosios frakcijos kiekis. Daugiausiai (23,12–35,71 %) smulkiosios frakcijos ir mažiausiai (2,14–6,36 %) stambiosios frakcijos gaunama, kai žaliavų drėkinimo vanduo sudaro 5 % sauso mišinio masės. Didinant mišinio drėkinimui naudojamo vandens tūrį iki 10 % sauso mišinio masės, mažėja (10,47–17,72 %) smulkiosios frakcijos ir didėja (8,38–17,36 %) stambiosios frakcijos kiekis. Taip pat nustatyta, kad šių frakcijų kiekis priklauso ir nuo naudojamo užpildo. Žaliavų mišinį drėkinant mažiau (5,0 ir 7,5 %) daugiausiai smulkiosios frakcijos gaunama užpildu naudojant ceolitą arba kvarcinį smėlį, o padidinus vandens kiekį iki 10 % – kvarcinį smėlį ir dolomitą. Stambiosios frakcijos, esant mažam (5,0 %) vandens kiekiui, daugiausiai susidaro užpildu naudojant dolomitą, o padidinus drėgmės kiekį iki 7,5 arba 10,0 % – Palemono molį. Bendrai granulės, kurių skersmuo mažesnis nei 2 mm, ir granulės, kurių skersmuo didesnis nei 5 mm, sudaro nuo ~26 iki ~39 %, kai vandens 5 %, nuo ~19 iki ~25 %, kai vandens 7,5 %, ir nuo ~23 iki ~34 %, kai vandens 10 %. Prekinės frakcijos (granulių skersmuo 2–5 mm) kiekio priklausomumas nuo mišinio drėkinimui naudoto vandens kiekio ir užpildo kilmės parodytas 4 paveiksle.

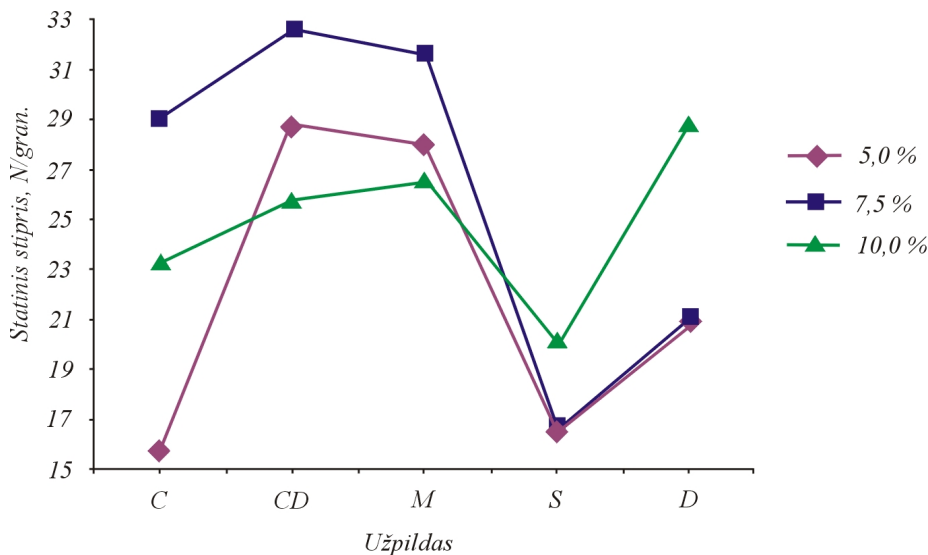


4 pav. Prekinės frakcijos kiekio priklausomumas nuo mišinio drėkinimui naudoto vandens kiekio ir užpildo kilmės

Iš 4 paveikslo kreivių matyti, kad visais atvejais daugiausiai prekinės frakcijos gaunama esant 7,5 % drėgmės. Padidinus vandens kiekį iki 10,0 % granulioto produkto kiekis sumažėja, tačiau išlieka didesnis, nei esant mažiausiam (5 %) vandens kiekiui granuliuojamame mišinyje. Užpildu naudojant Palemono molį granulioto produkto kiekis mažiausiai priklauso nuo drėkinimui naudoto vandens kiekio, tačiau nėra didžiausias ir kinta apie 72 %. Nepaisant drėkinimui naudojamo vandens kiekio, daugiausiai (nuo ~74 iki ~81 %) prekinės frakcijos gaunama užpildu naudojant cemento dulkes, o mažiausiai (nuo

~62 iki ~75 %) – ceolitą arba kvarcinį smėlį.

Kaip matyti iš 5 paveiksle pateiktų granulių statinio stiprio duomenų, visos kreivės, gautos esant 5,0, 7,5 ir 10,0 % mišinio drėgniui, yra tokios pačios formos. Prekinės frakcijos granulių maksimalus statinis stipris (26–33 N/gran.) gaunamas užpildu naudojant cemento dulkes arba Palemono molį, o minimalus (16–20 N/gran.) – kai užpildas yra kvarcinis smėlis. Iš 5 paveiksle parodytų kreivių taip pat matyti, kad granuliuojamo žaliavų mišinio drėgniui padidėjus nuo 5,0 iki 7,5 %, teigiamai veikiamas granulių statinis stipris.



5 pav. Granulių statinio stiprio priklausomumas nuo mišinio drėkinimui naudoto vandens kiekio ir užpildo kilmės

Tuo atveju kai užpildu naudojama cemento dulkes ir molis, padidinus drėgmės kiekį iki 10 % gaunamos mažesnio stiprio granulės, nes 12 h džiovinant 70 °C temperatūroje, iš granulių neišgaruoja pakankamai drėgmės. Vadinas, galima teigti, kad norint gauti didesnio statinio stiprio granules žaliavų drėkinimui naudojamo vandens

kiekis gali būti didinamas iki tam tikros optimalios vertės, kuri skiriasi dėl naudojamo užpildo kilmės.

Yra žinoma, kad kai kuriose pramonės įmonėse gaminant granuliuotas NPK trąšas, pradinį žaliavų drėkinimui naudojamas fosforo rūgštimi parūgštintas, t. y. skruberių apytakinis vanduo, todėl tęsiant eksperimentą buvo norima nustatyti drėkinimui naudojamo vandens pH

vertės įtaką granuliuotų trąšų savybėms. Tomis pačiomis granuliavimo sąlygomis (žaliavų mišinio masė – 200 g, temperatūra – 70–80 °C, granulatoriaus pasvirimo kampas – 5°, granuliavimo trukmė – 24–27 min) granuliuojamo mišinio drėkinimui naudotas parūgštintas (1 %) vanduo. Vanduo rūgštintas koncentruota technine fosforo rūgštimi, jo kiekis – toks pat kaip ir ankstesniuose bandiniuose, t. y. 5,0, 7,5 ir 10,0 % (arba 10, 15 ir 20 ml) nuo žaliavų mišinio masės. Šiomis sąlygomis gauti bandiniai ~12 h buvo džiovinami 70° C temperatūroje, o po to nustatytos jų fizikinės cheminės savybės (džiovinimo metu iš granuliuoto produkto išgaravusios drėgmės kiekis, granulimetrinė sudėtis, granulijų statinis stipris, piltinis tankis, 10 % tirpalo pH) ir analizuojamas šių savybių priklausomumas nuo užpildo bei drėgmės kiekio (2 lent.).

Iš duomenų, pateiktų 2 lentelėje, matyti, kad džiovinant granuliuotas trąšas išgaravusios drėgmės kiekis didėja didėjant mišinio drėkinimui naudoto vandens kiekiui. Kai vandens kiekis žaliavose kinta nuo 5 iki 10 %, džiovinant prarandama nuo ~1,5 iki ~2,5 % sugranuliuoto produkto masės. Vertinant išgaruojančios drėgmės kiekio priklausomumą nuo užpildo nustatyta, kad mažiau drėgmės prarandama, kai užpildu naudojamas Palemono molis arba ceolitas, ir šiek tiek daugiau – kai kvarcinis smėlis arba cemento dulkės. Šiek tiek didesnę drėgmės sulaikymą gali lemti molio ir ceolito fizikinės savybės bei struktūra. Tačiau galima teigti, kad šiuo atveju (žaliavų mišinio drėkinimui naudojant parūgštintą vandenį), kaip ir drėkinant vandentiekio vandeniu, užpildo kilmės įtaka džiovinimo metu išgaruojančios drėgmės kiekiui yra maža.

2 lentelė. 8–20–25 markės NPK trąšų granuliavimo sąlygos ir granuliuoto produkto savybės

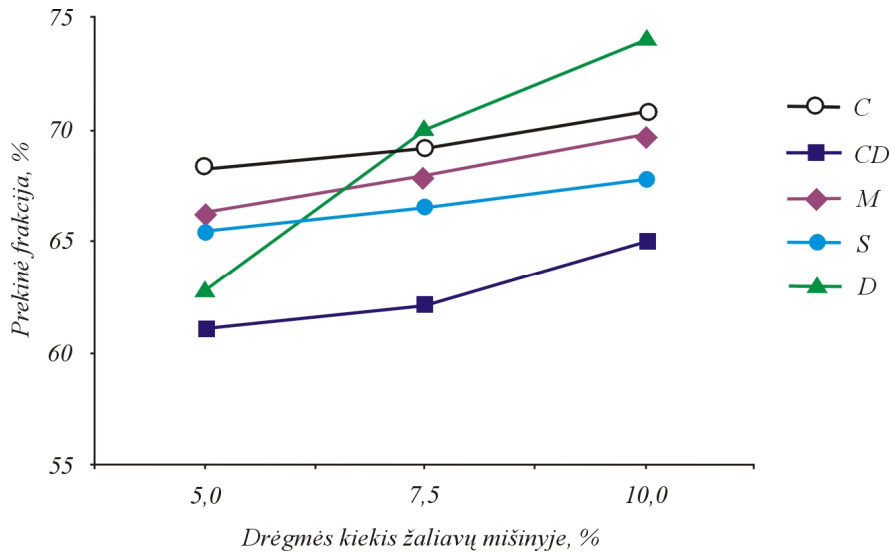
Užpildas	Drėkinimui naudoto parūgštinto H ₂ O kiekis, %	Džiovinant išgaravusios drėgmės kiekis, %	Granulimetrinė sudėtis, %				Granulių stipris, N/gran.	Piltinis tankis, kg/m ³	10 % tirpalo pH
			< 2 mm	2–3 mm	3–5 mm	> 5mm			
Ceolitas	5	1,33	22,33	37,52	30,75	9,40	22,47	0,742	6,30
Cemento dulkės		1,50	28,04	36,77	24,31	10,88	22,20	0,773	6,25
Palemono molis		1,40	22,84	33,64	32,71	10,81	23,72	0,751	6,30
Kvarcinis smėlis		1,60	25,54	38,51	26,94	9,01	17,46	0,740	6,35
Dolomitas		1,45	26,78	32,87	29,94	10,41	20,87	0,763	6,25
Ceolitas	7,5	1,80	19,45	34,92	34,23	11,40	29,21	0,725	6,20
Cemento dulkės		1,90	25,21	32,23	29,92	12,64	27,87	0,752	6,15
Palemono molis		1,76	20,35	34,58	33,39	11,68	29,80	0,754	6,20
Kvarcinis smėlis		1,88	23,25	34,45	32,15	10,15	23,48	0,732	6,15
Dolomitas		1,95	20,87	31,51	38,48	9,14	29,50	0,742	6,20
Ceolitas	10	2,40	18,12	32,52	38,21	11,15	27,47	0,780	6,00
Cemento dulkės		2,49	21,52	30,12	34,92	13,44	23,73	0,776	6,05
Palemono molis		2,35	17,13	32,20	37,52	13,15	24,87	0,753	6,10
Kvarcinis smėlis		2,55	20,68	33,50	34,28	11,54	22,75	0,773	6,00
Dolomitas		2,46	16,15	34,64	39,41	9,80	25,37	0,790	6,10

Iš lentelėje pateiktų laisvai supiltų trąšų piltinio tankio verčių matyti, kad parūgštintus drėkinimui naudojamą vandenį, jos mažai pakinta (nuo 0,725 iki 0,790 kg/m³). 10 % 8–20–25 markės NPK trąšų tirpalo pH vertės naudojant parūgštintą vandenį sumažėja, palyginus su vandentiekio, ir kinta nuo ~6,3 iki ~6,05, atsižvelgus į drėkinimui naudoto vandens kiekį.

6 paveiksle parodytos kreivės vaizduoja prekinės frakcijos (2–5 mm) kiekio priklausomumą nuo žaliavų mišinio drėkinimui naudoto fosforo rūgštimi parūgštinto (1 %) vandens kiekio (5,0; 7,5; 10,0 % nuo bendro mišinio kiekio). Šių kreivių pobūdis skiriasi nuo parodytų 4 paveiksle, nes jose stebimas ne prekinės frakcijos kiekio maksimumas esant 7,5 % drėgmei, o pastovus jo didėjimas (iki ~74 %) didėjant mišinio drėgniui. Didžiausia žaliavų mišinio drėgnio įtaka stebima kreivėje, kuri vaiz-

duoja prekinės frakcijos kiekį, kai užpildu naudojamas dolomitas. Šiuo atveju prekinės frakcijos kiekis padidėja nuo ~62 %, kai drėgnis yra 5,0 %, iki ~74 %, kai drėgnis – 10,0 %. Kai užpildu naudojama ceolitas, molis arba smėlis, kreivių pobūdis labai panašus ir prekinė frakcija nedaug tepadidėja.

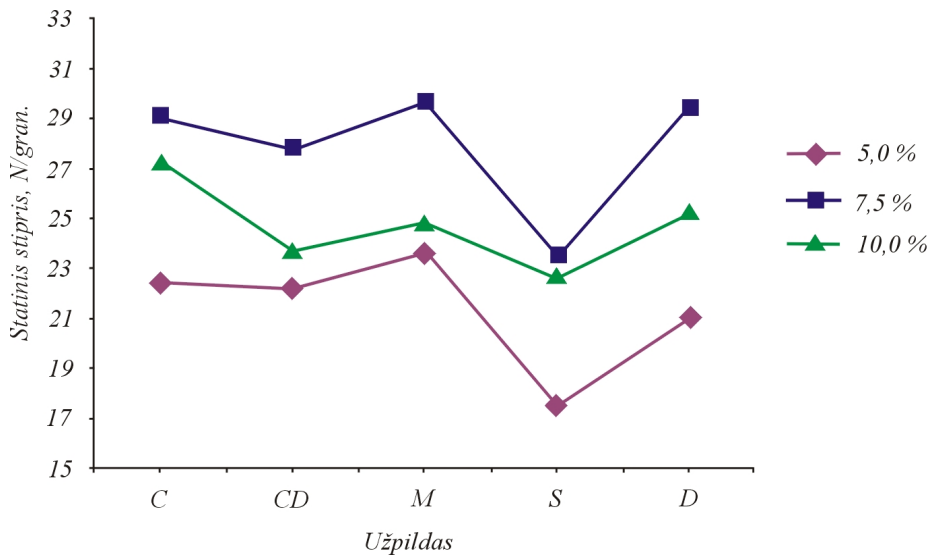
Lyginant drėkinimui naudojamo vandens pH įtaką granulimetrinei sudėčiai (4 ir 6 pav.) matyti, kad parūgštintus drėkinimui naudojamą vandenį prekinės frakcijos sumažėja, o smulkiosios frakcijos kiekis padidėja. Mažiausiai prekinės frakcijos (61,08–65,04 %) gaunama užpildu naudojant cemento dulkes, daugiausiai (62,81–74,05 %) – dolomitą. Iš 1 ir 2 lentelių duomenų matyti, kad 8–20–25 markės NPK trąšų granulimetrinė sudėtis gaunama tolydesnė, t. y. mažiau priklausoma nuo tokių granuliavimo parametrų kaip užpildo kilmė ir žaliavų mišinio drėgnis.



6 pav. Prekinės frakcijos kiekio priklausomumas nuo mišinio drėkinimui naudoto parūgštinto (1 % H₃PO₄) vandens kiekio ir užpildo kilmės

8–20–25 markės trąšų granulių statinio stiprio priklausomumas nuo žaliavų mišinio drėkinimui naudoto

parūgštinto (1 % H₃PO₄) vandens kiekio ir užpildo kilmės parodytas 7 paveiksle.



7 pav. Granulių statinio stiprio priklausomumas nuo mišinio drėkinimui naudoto parūgštinto (1 % H₃PO₄) vandens kiekio ir užpildo kilmės

Galima teigti, kad vandens parūgštinimas teigiamai veikia granulių statinį stiprį, nes daugeliu atvejų (ypač užpildu naudojant ceolitą) matomas granulių stiprio padidėjimas. Nors šiuo atveju užpildo įtaka yra mažesnė, tačiau visose paveiksle esančiose kreivėse, kaip ir 5 paveiksle, matyti statinio stiprio minimumas (17,46–23,48 N/gran.), kai užpildu naudojamas kvarcinis smėlis. Nedidelį granulių stiprio sumažėjimą, kai užpildu naudojamas cementas, būtų galima paaiškinti cemente esančio hidroksilapato neatsparumu rūgštimis. Analizuojant drėkinimui naudojamos drėgmės kiekio įtaką granulių stipriui matyti, kad silpniausios granulės gaunamos, kai naudojama mažiausiai drėgmės (5,0 %), o stipriausios – kai

vidutiniškai (7,5 %). Padidinus drėgmės kiekį iki 10,0 %, dėl per trumpos granulių džiovimo trukmės granulių stipris sumažėja. Stipriausios (29,80 N/gran.) granulės gaunamos, kai užpildu naudojamas molis, o žaliavų drėgnis yra 7,5 %.

Apibendrinant gautus rezultatus galima teigti, kad ne visi naudoti užpildai gerina granuliuotų NPK 8–20–25 markės trąšų savybes. Išanalizavus granulimetrinės sudėties ir statinio granulių stiprio duomenis matyti, kad esant pakankamam drėgmės kiekiui aglomeracijos procesą gerina molis, cemento dulkės ir dolomitas. Smėlis nepagerina granuliuotų trąšų savybių, todėl jis gali būti naudojamas tik maisto medžiagų balansui patikslinti. Taip

pat nustatyta, kad norint pagaminti geros kokybės trąšas, kuriose būtų daug stiprių prekinės frakcijos granuliu, turi būti išlaikomas tam tikras drėgmės kiekis žaliavose. Drėgmės perteklius blogina produkto kokybę ir didina šilumos sąnaudas džiovinant. Užpildo kilmė ir žaliavų mišinio drėgmė praktiškai neturi įtakos trąšų piltiniam tankiui ir 10 % trąšų tirpalo pH vertei. Pastarajai įtakos turi tik žaliavų drėkinimui naudojamo vandens pH.

Išvados

1. Atlikta viena laikė terminė analizė žaliavų ((NH₄)₂SO₄, (NH₄)₂HPO₄, NH₄H₂PO₄ ir KCl), reikalingų 8–20–25 markės NPK trąšoms gaminti, ir nustatyta, kad iki 300 °C temperatūros kalio chloridas ir amonio sulfatas yra stabilūs, o amonio hidrofosfatas (88,5 °C) ir amonio dihidrofosfatas (199,1 °C) skyla atpalaiduodami amoniaką.
2. Keičiant kai kuriuos granuliavimo proceso parametrus laboratoriniu būgniniu granulatoriumi džiovykla sugranuliuotos 8–20–25 markės trąšos ir nustatytos fizikinės cheminės savybės (džiovinimo metu iš granuliuoto produkto išgaravusios drėgmės kiekis, granulimetrinė sudėtis, granuliu statinis stipris, piltinis tankis, 10 % tirpalo pH).
3. Nustatyta, kad džiovinant granuluotas trąšas išgaravusios drėgmės kiekis tiesiogiai proporcingas mišinio drėkinimui naudoto vandentiekio arba parūgštinto vandens kiekiui ir mažiausiai drėgmės prarandama, kai užpildu naudojamas Palemono molis, o daugiausiai – kai kvarcinis smėlis.
4. Žaliavų mišinio drėkinimui naudojant vandentiekio vandenį, esant 7,5 % drėgmei, su visais užpildais gaunama daugiausiai (72,32–80,75 %) prekinės frakcijos. Prekinės frakcijos granuliu maksimalus statinis stipris (26–33 N/gran.) gaunamas užpildu naudojant cemento dulkes arba Palemono molį, o minimalus (16–20 N/gran.) – kai užpildas yra kvarcinis smėlis.
5. Žaliavų mišinio drėkinimui naudojant parūgštintą vandentiekio vandenį, prekinės frakcijos daugėja (iki ~74 %) didėjant mišinio drėkinimui naudojamo vandens kiekiui. Mažiausiai prekinės frakcijos (61,08–65,04 %) gaunama užpildu naudojant cemento dulkes, daugiausiai (62,81–74,05 %) – dolomitą. Kai užpildu naudojamas kvarcinis smėlis, gaunamas mažiausias (17,46–23,48 N/gran.) granuliu statinis stipris. Kai žaliavų drėgnis yra 7,5 %, o užpildu naudojamas molis, gaunamos stipriausios (29,80 N/gran.) prekinės frakcijos granulės.
6. Užpildo kilmė ir žaliavų mišinio drėgmė praktiškai neturi įtakos trąšų piltiniam tankiui ir 10 % trąšų tirpalo pH vertei. Pastarajai įtakos turi tik žaliavų drėkinimui naudojamo vandens pH.

Literatūra

1. Papiya R., Manish V., Rajesh K., Subbarao D. Size-dependent coalescence kernel in fertilizer granulation-A

- comparative study // Particuology. 2009. Vol. 7. P. 445–450.
2. Sviklas A. M., Paleckienė R., Šlinkšienė R. Sudėtinės trąšos. Vilnius, 2008.
 3. Kučinskas J., Pekarskas J., Pranckietienė I. ir kt. Agrochemija. Kaunas, 1999.
 4. Sviklas A. M., Paleckienė R., Šlinkšienė R. Fosforo trąšos. Kaunas, 2006.
 5. Valiulis G. Trąšų granuliavimo proceso išplėstiniai imitaciniai modeliai (Daktaro disertacijos santrauka). Kauno technologijos universitetas, 2010. P. 31.
 6. Adetayo A. A., Litster J. D., Desai M. // Chemical Engineering Science. 1993. Vol. 48(23). P. 3951–3961.
 7. Walker G. M., Holland C. R., Ahmad M. N., Fox J. N., Kells A. G. // Powder Technology. 2000. Vol. 107(3). P. 282–288.
 8. Maurstad O. Population Balance Modeling of Agglomeration in Granulation Processes (Dissertation for the degree of doktor). Norwegian University of Science and Technology, 2002. P. 94.
 9. Gispem W. H. The paradox of High Shear Granulation; the Formation of Non-homogeneous Granules. Netherlands, 2004. P. 175.
 10. Peciar M., Pisca M. Dust Waste Processing by Agglomeration // Proceedings of 6th International Conference „Technique of Environmental Protection“. Papiernicka, 2000. P. 375–380.
 11. Gowariker V., Krishnamurthy V. N., Gowariker S., Dhanorkar M. The Fertilizer Encyclopedia. New Jersey, 2009. P. 880.
 12. LR standartas LST EN 12944-2+AC:2005. Trąšos ir kalkinimo medžiagos. Aiškinamasis žodynas. 2 dalis. Trąšų terminai.
 13. Šiaučiūnas R., Baltakys K., Baltušnikas A. Silikatinių medžiagų instrumentinė analizė. Kaunas, 2007. P. 244.
 14. Химическая технология неорганических веществ / Под ред. Т. Г. Ахметова. Москва, 2002. С. 688.
 15. LR standartas LST EN 1236:2002. Kietosios trąšos. Trąšų granulimetrinės sudėties nustatymas sijojant.
 16. LR standartas LST EN 1235:2002/A1:2005. Trąšos. Laisvai supiltų trąšų piltinio tankio nustatymas.

R. Šlinkšienė, V. Baliutavičius

INFLUENCE SOME GRANULATION PARAMETERS ON THE PROPERTIES OF NPK FERTILIZERS

Summary

The use of granular compound fertilizers for plant fertilization is most rational. In this case, a balanced content and ratio of nitrogen (N), phosphorus (P) and potassium (K) is formed in each pellet. Powder granulation is a complicated process, which depends on many factors. Choosing the suitable process parameters is imperative for the quality of the product. The effect of some of the granulation parameters (chemical nature of filler, granulation temperature, moisture content, pH of irrigation solution) on 8–20–25 granular NPK fertilizer properties (granulometric composition, static strength of granules, bulk of density and the pH of 10% fertilizer solution) were examined. The optimum parameters of the granulation process in drier drum granulator conditions in laboratory were determined and high-quality 8–20–25 NPK fertilizers were produced.