

Sudėtinės trąšos su boru

A. M. Sviklas, R. Paleckienė, R. Šlinkšienė

*Kauno technologijos universitetas,
Radvilėnų pl. 19, LT-50254 Kaunas, Lietuva
El. paštas alfredas.sviklas@ktu.lt*

Gauta 2010 m. gegužės 3 d.; priimta spaudai 2010 m. gegužės 20 d.

Boro trąšos efektyvios tada, kai dirvožemyje pakanka pagrindinių maisto medžiagų: azoto, fosforo, kalio. Racionalu boru tręšti kartu su šiais (N, P, K) elementais. Darbe analizuota galimybė gaminti sudėtinės trąšas, boro komponentu naudojant boro rūgštį arba dinatrio tetraboratą. Tirta drėgmės, temperatūros ir naudojamo boro komponento įtaka granuliavimo procesui, kuris buvo vykdomas laboratoriniame–modeliniame granuliatoriuje. Nustatytos gauto produkto – sudėtinų trąšų su boru – savybės. Instrumentinės analizės metodais įvertintas gautų trąšų stabilumas.

Įvadas

Mikroelementų gyvūnų ir augalų organizmams reikia labai mažai, tačiau be jų organizmai negali normaliai funkcionuoti. Augalams gyvybiškai svarbūs yra 6 mikroelementai – boras, varis, manganas, cinkas, kobaltas ir molibdenas [1–3].

Augalams boro reikia per visą vegetaciją ir jis negali būti pakeistas kitu elementu. Trūkstant boro augalas gali augti, bet neformuoja vaisių ir sėklų [2]. Boras itin svarbus angliavandenių sintezei ir apykaitai, didina vitamino C ir karotino kiekį augaluose. Boras didina augalų atsparumą ligoms ir nepalankioms sąlygoms (pvz., vaismedžių atsparumą šalčiui). Trūkstant boro, augalai nepajėgia pasisavinti kalcio. Augaluose boras yra nepaslankus, todėl augalų būklę lemia ir tai, ar jie nuolat gauna šio mikroelemento [3].

Elementinis boras gamtoje neaptinkamas, plačiai žinomi įvairūs jo junginiai, iš kurių labiausiai paplitę borosilikatai ir kalcio, magnio, natrio ir kt. elementų boratai. Žinoma daugiau nei 150 boro mineralų, pramoniniu būdu perdirbama 12–15 labiausiai paplitusių [3]. Trąšų gamyboje boro komponentu dažniausiai naudojama boro rūgštis (H_3BO_3 – 17 % B) ir boratai: $Na_2B_4O_7$ – 20,2 % B, $Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$ – 14,3 % B, $Na_2B_4O_7 \cdot 10H_2O$ – 11,4 % B.

Boro turinčios trąšos – vienos pirmųjų pasaulyje pradėtų gaminti mikroelementinių trąšų. Jų gamyba įvairiose pasaulio šalyse užima vieną pirmųjų pozicijų tiek pagal asortimentą, tiek pagal gamybos apimtį. Yra gaminamos skirtingos pagrindiniam tręšimui tirpios vandenyje ir lėtai išsavinamos vienkomentės boro trąšos arba boru praturtintos tradicinės trąšos. Papildomam tręšimui ir/arba sėklų apdorojimui prieš sėją gaminamos vandenyje tirpios boro trąšos.

Mažiausias deklaruojamas boro kiekis trąšose yra apibrėžiamas standartuose; JAV – 0,02 % [3], ES šalyse – 0,01 % [4].

Didžiausias boro kiekis į dirvą įterpiamas kartu su tradicinėmis trąšomis. Mineralinės trąšos, kuriose yra pagrindinių maisto medžiagų ir boro, gaminamos keliais būdais: pridėdant boro komponentą trąšų gamybos metu; sumaišant jau pagamintas trąšų granules su boro komponentu; ištirpinant boro komponentą gaminant skystąsias kompleksines trąšas.

Boro trąšos, kaip ir visos mikroelementinės trąšos, efektyvios tada, kai dirvožemyje yra pakankamai augalams reikalingų pagrindinių maisto medžiagų: azoto, fosforo, kalio. Tiksliausia boru tręšti naudojant trąšas, kuriose yra pagrindinių ir/arba antrinių maisto medžiagų. Racionaliausia gaminti kompleksines trąšas, kuriose visos maisto medžiagos yra vienoje granulėje. Vienas dažniausių kompleksinių trąšų gamybos būdų – sausų komponentų granuliavimas, kuris naudojamas daugelyje mažesnių įmonių visame pasaulyje. Šis būdas leidžia pagaminti pakankamai įvairaus asortimento produktą [5, 6].

Sausiesiems trąšų mišiniam granuluoti dažniausiai naudojamas amonio sulfatas, paprastasis arba dvigubasis superfosfatas ir kalio chloridas. Trąšų koncentracija padidėja pakeitus amonio sulfatą amonio nitratu (kietu arba lydalų) arba karbamidu, o paprastąjį superfosfatą – dvigubuoju superfosfatu arba amonio fosfatu.

Gaminant kompleksines trąšas labai svarbu tinkamai parinkti komponentus, nes priešingu atveju (netinkamai parinkus) gali pablogėti fizikinės produkto savybės arba dėl cheminės sąveikos sumažėti maisto medžiagų. Literatūroje [5, 6] pateikiami duomenys apie trąšų komponentų suderinamumą dažniausiai taikomi trąšų mišiniam gaminti. Gaminant sudėtinės trąšas komponentų suderinamumą reikia įvertinti dar atsakingiau. Būtina įvertinti galimą cheminę sąveiką, temperatūros įtaką ir kt.

Siekiant išplėsti ir papildyti sudėtinų trąšų asortimentą, tirta boro komponento – boro rūgšties ir dinatrio tetraborato naudojimo galimybė kompleksinėms trąšoms gaminti, todėl būtina įvertinti galimą cheminę sąveiką tarp naudojamų komponentų, apibūdinti jų fizikines ir fizikines chemines savybes, taip pat įvertinti trąšų komponentų terminį stabilumą. Šie duomenys leistų parinkti optimalius sudėtinų trąšų gamybos technologinius parametrus.

Tyrimų metodikos ir žaliavų charakteristika

Sudėtinės trąšos granuluotos laboratoriniu būgniniu granuliatoriumi–džiovykla [7, 8]. Sudėtinų trąšų komponentų bei pagamintų trąšų cheminė sudėtis bei fizikinės savybės nustatytos naudojant standartinius metodus ir prietaisus [4, 9, 10]: drėgmės kiekis produkte – svorio

metodu; 10 % trašų tirpalo pH vertė – pH-metru (*HANNA instruments pH 211*); granuliu stipris – prietaisu *III-2*.

Kietosios fazės bandinių rentgeno spindulių difrakcinė analizė atlikta rentgeno difraktometru *DRON-6* (Cu K_{α} spinduliuotė, Ni filtras, detektoriaus judėjimo žingsnis – 0,02°, intensyvumo matavimo žingsnyje trukmė – 0,5 s, įtampa $U = 30$ kV, srovės stiprumas $I = 20$ mA). Medžiagos buvo identifikuojamos remiantis literatūros duomenimis [11–13] ir lyginant gautas rentgenogramas su grynų medžiagų kreivėmis, užrašytomis tomis pačiomis sąlygomis.

Terminė analizė atlikta terminiu analizatoriumi *NETZCH* (Vokietija). Parametrai: temperatūros kėlimo greitis 10 °C/min, didžiausia tyrimo temperatūra 1500 °C, keraminiai bandinio laikikliai, inertinė medžiaga – aliuminio oksidas (Al_2O_3), tiriamo bandinio masė – iki 500 mg, aplinkos terpė – oras. Bandiniai buvo kaitinami iki 350 °C temperatūros. Medžiagos buvo identifikuojamos remiantis literatūros duomenimis [12–15] ir lyginant gautas termogramas su grynų medžiagų DTA kreivėmis, užrašytomis tomis pačiomis sąlygomis.

Parinktoms 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės sudėtinėms trašoms gaminti buvo naudojamos tradicinės trašų pramonės žaliavos: amonio sulfatas (20–0–0–24,5(S)), karbamidą (46–0–0), amonio hidrofosfatas (17,5–46–0) ir kalio chloridas (0–0–60,5). Boro komponentu naudota boro rūgštis (17 % B) ir dinatrio tetraboratas (14,3 % B).

Tarp komponentų, naudojamų sudėtinėms 14–18–18–6(S)–0,3(B) trašoms gaminti, dėl drėgmės ir aukštos temperatūros poveikio gali vykti įvairios reakcijos. Šių reakcijų metu susidarę nauji komponentai gali turėti įtakos granuliavimo procesui ir keisti granuliavimo režimo parametrus. Išsamesnei žaliavų charakteristikai buvo atlik-

ta terminė atskirų komponentų analizė. Pradinių komponentų terminės analizės duomenys [16] patvirtina, kad iki 300 °C temperatūros pagal TG ir DSK kreives stabiliausi yra $(NH_4)_2SO_4$ ir KCl, mažiau stabilūs – $(NH_4)_2HPO_4$, kurio skilimas (amoniako atpalaidavimas) prasideda jau 78 °C temperatūroje, bei $CO(NH_2)_2$.

Rezultatai ir jų aptarimas

Sudėtinių 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trašų su boru granuliavimo tendencijų tyrimai buvo atliekami esant skirtingai granuliavimo proceso temperatūrai, drėkinimui naudotas skirtingas drėgmės kiekis. Pagal maisto medžiagų balansą ir žaliavų maisto medžiagų koncentracijas iš komponentų: amonio sulfato, karbamido, amonio hidrofosfato, kalio chlorido ir boro komponento pagaminta 18 trašų bandinių. Boro komponentu naudota boro rūgštis arba dinatrio tetraboratas, arba abu boro komponentai.

Trašų žaliavų komponentai buvo sumalti ir išfrakcionuoti, granuliavimui naudota smulki frakcija – 0,25–0,5 ir < 0,25 mm.

Granuliavimo proceso metu buvo palaikomas pastovus (26 aps./min) granulatoriaus sukimo greitis ir 3° pasvirimo kampas. Žaliavos į granuliatorių tiekiamos pašildytos, į būgninį granuliatorių granuliu džiovinimui orapūte pučiamas karštas oras.

Drėkinimui naudotas vanduo arba 0,1 % fosforo rūgšties tirpalas, kuris išpurškiamas į žaliavų mišinį prieš granuliatorių, ir gautasis drėgnas mišinys dozuojamas į granuliatorių. Granuliavimui ruošiami 200 g bandiniai, kurių paruošimo, granuliavimo ir džiovinimo sąlygos pateiktos 1 lentelėje.

1 lentelė. 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trašų mišinių paruošimo ir granuliavimo sąlygos

Bandinys	Boro komponentas, g		Drėkinimo tirpalas	Drėgmės kiekis mišinyje, %	Granuliavimo temperatūra, °C
	H_3BO_3	$Na_2B_4O_7 \cdot 5H_2O$			
1	2	3	4	5	6
1	3,6	–	H_2O	7,0	65*–85**
2	–	4,1			
3	1,8	2,1			
4	3,6	–	$H_2O + H_3PO_4$	5,0	
5	–	4,1			
6	1,8	2,1			
7	3,6	–	$H_2O + H_3PO_4$	7,0	
8	–	4,1			
9	1,8	2,1			
10	3,6	–	H_2O	7,0	90*–130**
11	–	4,1			
12	1,8	2,1			
13	3,6	–	$H_2O + H_3PO_4$		
14	–	4,1			
15	1,8	2,1			

1 lentelė. (Tęsinys)

1	2	3	4	5	6
16	3,6	–	H ₂ O + H ₃ PO ₄	7,0	150*–150**
17	–	4,1			
18	1,8	2,1			

* Temperatūra žaliavų tiekimo į granuliatorių vietoje. ** Temperatūra karšto oro tiekimo į granuliatorių vietoje.

Pirmieji sudėtinių trąšų granuliavimo tyrimai (1–3 band.) atlikti bandinius drėkinant vandeniu, o granuliatoriuje palaikant 65–85 °C temperatūrą. Drėgmės kiekis žaliavų mišinyje – 7 %. Granuliavimo metu jaučiamas nestiprus amoniako kvapas. Kadangi pramoniniu būdu gaminant trąšas drėkinimui dažnai naudojamas parūgštin-tas vanduo, taip pat įvertinant ir anksčiau atliktus mūsų tyrimus [7, 8, 16], tolesni granuliavimo tyrimai buvo atliekami drėkinimui naudojant fosforo rūgštimi parūgš-tintą (0,1 %) vandenį (pH 3). Fosforo rūgštimi parūgštin-tas vanduo sumažina amoniako nuostolius.

4–6 bandiniai granuluoti esant tai pačiai tempera-tūrai (65–85 °C) ir drėkinimui naudojant parūgštin-tą van-denį. Drėgmės kiekis žaliavų mišinyje – 5 %. Bandiniai granuliuojasi gana gerai, tačiau gaunama daug smulkios frakcijos (3 lent.). Prekinės frakcijos yra 6,85 % (6 band.), 12,49 % (5 band.) ir 24,33 % (4 band.).

Padidinus žaliavų mišiniui drėkinti naudojamo fos-foro rūgštimi parūgštin-tos vandens kiekį iki 7 %, paruošti trąšų žaliavų mišinio bandiniai (7–9 band.), kurie granu-liuojami tomis pačiomis sąlygomis. Granuliuojant gauti geresni rezultatai, t. y. daugiau prekinės frakcijos, kurios kiekis keičiasi nuo 17,4 % (8 band.) iki 29,9% (9 band.).

Siekiant laboratorinėmis sąlygomis imituoti pramo-ninei gamybai [7, 17] artimas sąlygas, temperatūra granu-liavimo metu buvo padidinta: iki 130 °C karšto oro tiekimo į granuliatorių vietoje ir iki ~90 °C žaliavų tie-kimo į granuliatorių vietoje. 10–12 bandiniai drėkinti van-deniu, o 13–15 bandiniai – 0,1 % fosforo rūgšties tirpalu. Drėgmės kiekis žaliavų mišinyje buvo pastovus – 7 %. Šių bandinių granuliavimo procesas vyksta gerai, bet granu-liavimo metu aktyviai išsiskiria amoniakas.

Temperatūros įtakos išsamesniam įvertinimui atliktas granuliavimas, kai temperatūra granuliatoriuje ~150 °C. Esant šiai temperatūrai granuluoti 0,1 % H₃PO₄ tirpalu drėkinti žaliavų mišiniai (16–18 band.), drėgmės kiekis mišinyje – 7 %.

Aukštoje (150 °C) temperatūroje 16–18 trąšų bandi-niai granuliuojasi prasčiau nei 13–14 bandiniai, kurie granuluoti esant žemesnei temperatūrai. Granuliuojant skiriasi amoniakas. Tai susiję su žaliavų skilimu ir tech-nologiniais azoto nuostoliais. Amoniako išsiskyrimas trą-šų granuliavimo metu sukelia aplinkos taršą. Kadangi granuliuojant susidaro amoniako nuostoliai, tai galimi trąšų sudėties pokyčiai.

Svarbi mišinio savybė – pH. Trąšoms įvertinti nau-dojama 10 % trąšų tirpalo pH vertė [4, 6]. Siekiant išsiaiškinti boro komponento, temperatūros, taip pat drė-kinimui naudojamo tirpalo įtaką buvo ne tik atlikti gau-tojo produkto 10 % koncentracijos tirpalo pH matavimai, bet ir nustatyta 10 % koncentracijos žaliavų tirpalų pH.

pH nustatymui skirti tirpalai paruošti naudojant sausą pradinį žaliavų mišinį, sudrėkintą pradinį mišinį ir drėgną granuliotą produktą. Šios skirtingų bandinių 10 % koncentracijos tirpalų pH pateikti 2 lentelėje.

2 lentelė. 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trąšų bandinių pH

Bandi-nys	Drėgmės kiekis, %	pH (10 %)		
		Sauso mišinio	Sudrėkinto mišinio	Granuliuoto produkto
1	7	6,95	6,90	–
4	5		6,95	6,95
2	7	7,10	7,0	–
5	5		7,05	7,00
3	7	7,03	6,95	–
6	5		7,05	7,10

Pagal šiuos duomenis galima spręsti apie tai, kad boro komponentu naudojant boro rūgštį (1, 4 band.) žalia-vų, kartu ir trąšų pH vertė yra mažiausia, tuo tarpu naudojant dinatrio tetraboratą (2, 5 band.) žaliavų pH padidėja. Kai žaliavų mišinyje boro komponentas yra boro rūgštis, tai trąšų pH nekinta visą procesą. Naudojant dinatrio tetraboratą, žaliavas drėkinant ir granuliuojant pH mažėja. Trąšų žaliavų pH priklauso nuo drėkinimui naudojamos drėgmės kiekio. Kadangi tiek boro kompo-nento, tiek drėkinimui naudojamo tirpalo dalis bendroje žaliavų masėje – nedidelė, tai ir pH pokyčiai yra nedideli (0,05 %).

Laboratorinėmis sąlygomis granuliavimo tyrimai atlikti nenaudojant returo. Esant gamybiniam būtinumui, returo įtakos eksperimentinis įvertinimas turi būti atlieka-mas papildomai.

Po granuliavimo gautas produktas papildomai džio-vinamas. Visi bandiniai išdžiovinus buvo atvėsinami, sve-riami, frakcionuojami ir nustatoma 10 % tirpalo pH bei 3 mm skersmens granulų statinis stipris. Gauti rezultatai pateikiami 3 lentelėje.

Iš 3 lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad granu-liuojamame mišinyje esant ~5 % drėgmės (granuliavimo temperatūra 65–85 °C) gaunamas nedidelis prekinės frak-cijos (2–5 mm skersmens) kiekis – nuo ~7 iki ~24 % (4 ir 5 band.). Padidinus drėgmės kiekį iki ~7 % prekinės frakcijos kiekis padidėja. 10 % trąšų tirpalo pH kinta ne-žymiai, mažiausios pH vertės yra bandiniuose, kuriuose boro komponentu naudojama boro rūgštis, didesnės – kai dinatrio tetraboratas. Naudojant abiejų boro komponentų mišinį pH yra tarpinis tarp jau minėtų. Kai lyginami tos

pačios sudėties bandinių granuliavimo rezultatai (skiriasi tik temperatūra), tai akivaizdu, kad produkto pH mažėja,

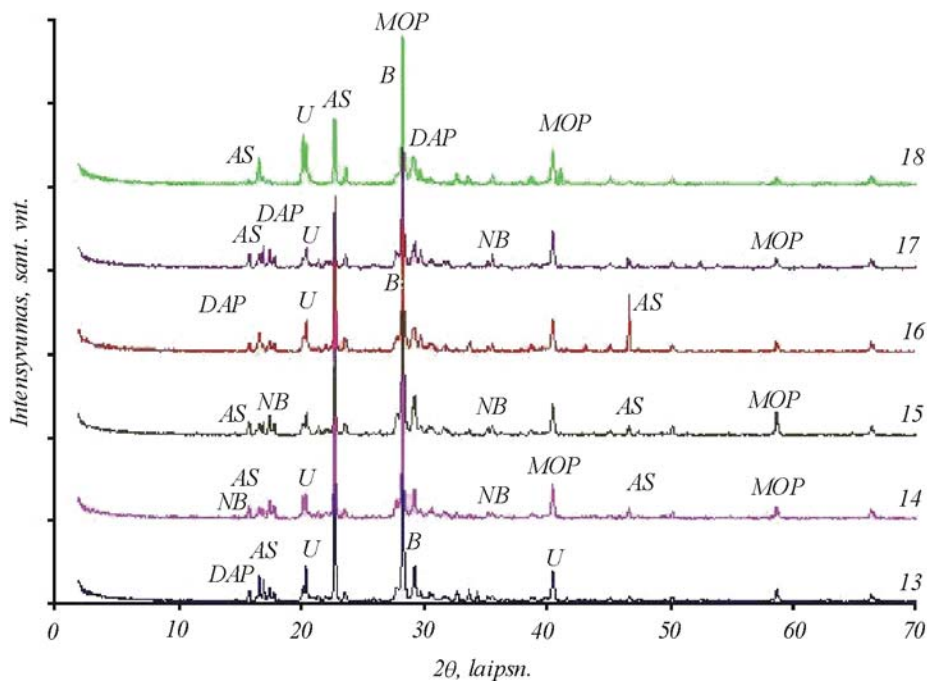
didėjant drėkinimui naudojamo tirpalo kiekiui, taip pat didinant granuliavimo temperatūrą.

3 lentelė. 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trąšų granuluotų bandinių rodikliai

Bandinys	Produkto granuliometrinė sudėtis, %					pH (10 %)	Granulių stipris, N/gran.
	> 5	3–5	2–3	1–2	< 1		
1	0,22	2,56	18,64	74,75	3,83	6,80	39,58
2	1,36	3,48	19,84	71,62	3,70	6,95	36,41
3	1,04	2,77	16,61	76,00	3,59	6,85	46,47
4	0,17	2,10	22,23	73,55	1,94	6,85	36,87
5	0,09	1,30	11,19	77,73	9,69	7,00	56,33
6	0,35	1,11	5,74	69,98	22,82	6,90	55,64
7	1,37	4,38	24,24	68,47	1,54	6,75	46,01
8	0,81	2,87	14,51	76,21	5,60	6,90	40,69
9	2,11	4,55	25,38	64,36	3,61	6,85	43,90
10	3,48	4,88	43,54	45,39	2,72	6,65	36,09
11	1,45	2,80	27,26	64,64	3,84	6,65	33,17
12	17,34	6,69	23,60	50,84	1,53	6,70	33,15
13	1,61	10,70	65,05	21,66	0,98	6,85	36,28
14	1,48	4,68	48,26	44,17	1,40	6,87	34,75
15	2,13	6,30	53,38	37,71	0,48	6,72	30,08
16	3,19	9,93	38,96	45,11	2,82	6,58	34,39
17	2,30	4,03	20,28	64,85	8,54	6,84	39,44
18	29,49	7,57	21,01	37,70	4,22	6,45	31,04

Granulių statinis stipris kinta nuo 31,04 iki 56,33 N/gran. Didžiausias granulių stipris nustatytas 5 ir 6 bandiniuose,

kurie gauti granuliuojant 65–85 °C temperatūroje ir drėkinimui naudojant parūgštintą vandenį.



1 pav. 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trąšų rentgenodifraktogramos, skaičiai atitinka bandinių numerius. 13, 14, 15 bandiniai – temperatūra granuliatoriuje 90–130 °C; 16, 17, 18 bandiniai – temperatūra granuliatoriuje 150 °C. Žymenys: AS – $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, DAP – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, MOP – KCl, U – $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, B – H_3BO_3 ir NB – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$

Didžiausias prekinės frakcijos kiekis gautas 13–15 bandiniuose, kurie yra sugruntuoti esant 90–130 °C temperatūrai, o bandiniai drėkinti parūgštintu vandeniu.

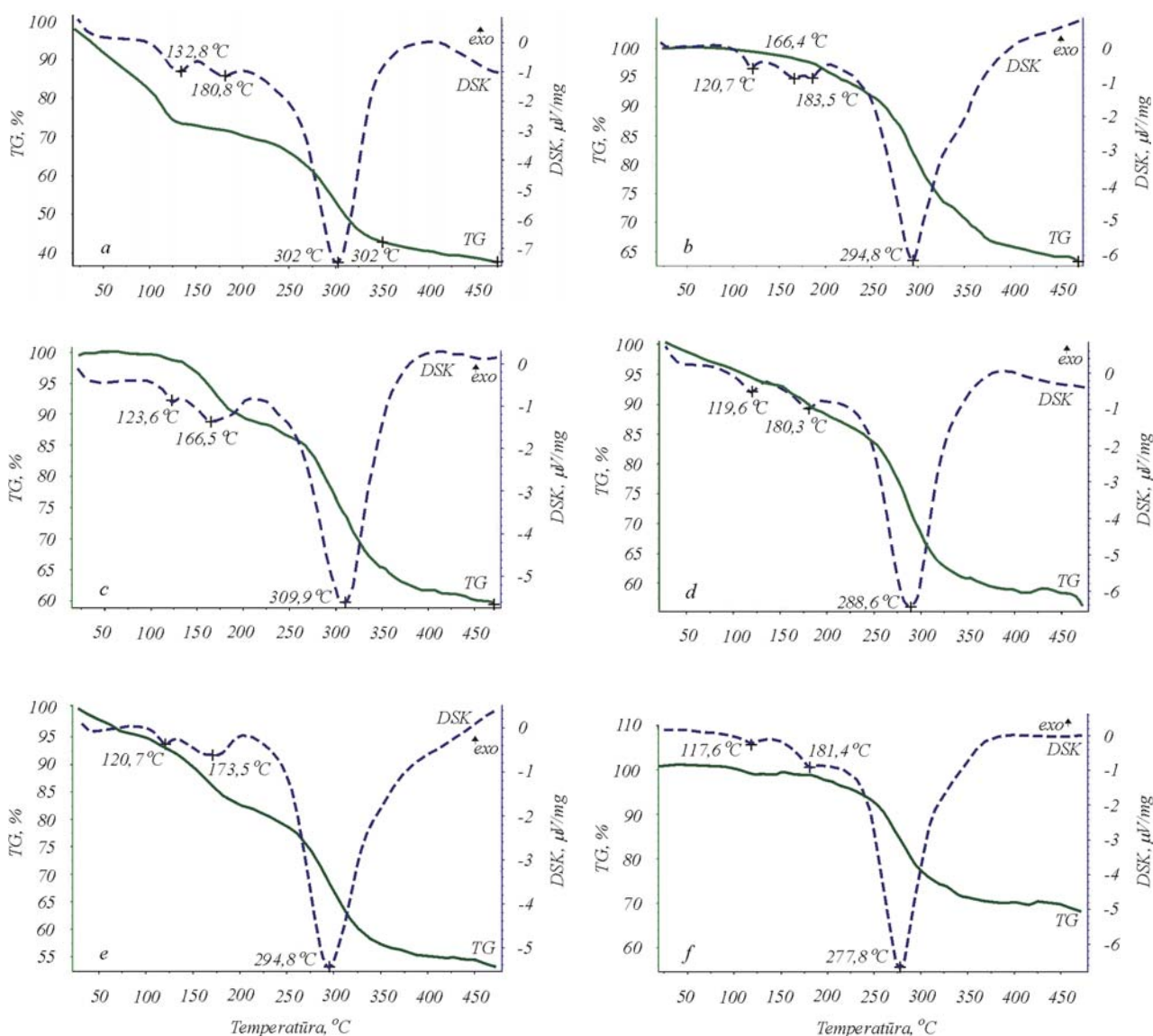
Atliktų tyrimų rezultatai leidžia teigti, kad granuliuoto produkto – 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trašų – rodikliai priklauso nuo drėkinimui naudojamo tirpalo kiekio, granuliavimo temperatūros, rūgštingumo ir nežymiai priklauso nuo boro komponento.

Analizuojant temperatūros įtaką trašų mišinio stabilumui matyti, kad žaliavų mišinį granuliuojant aukštesnėje (130 ir 150 °C) temperatūroje medžiagos skyla, garuoja amoniakas ir susidaro dideli azoto nuostoliai, o 65–85 °C temperatūroje azoto nuostoliai labai maži arba jų visai nėra. Todėl sudėtinių trašų terminiam stabilumui bei cheminės sudėties pokyčiams įvertinti buvo atlikta terminė ir rentgenodifrakcinė analizė. 14–18–18–6(S)–0,3(B) mar-

kės trašų, granuliuotų esant skirtingai (90–130 ir 150 °C) temperatūrai, kai mišiniams drėkinti naudotas 0,1 % fosforo rūgšties tirpalas, rentgenodifraktogramos parodytos 1 paveiksle, o tų pačių bandinių terminės analizės kreivės – 2 paveiksle.

Matyti, kad visais atvejais kreivės yra praktiškai vienodos. Nežymus smailių persitūmimas ir intensyvumo pokyčiai nėra reikšmingi ir atsiranda dėl kiekybinių sudėties pokyčių.

Rentgenodifraktogramose esančios smailės yra pradinė junginių būdingosios smailės, stebimi visoms pradinėms žaliavoms – $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$, $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$, KCl ir $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$, H_3BO_3 [18] arba $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ būdingi tarplokštuminius atstumus atitinkantys atspindžiai. Visi atspindžiai yra identifikuoti, tai leidžia teigti, kad nesusidaro jokie nauji junginiai.



2 pav. 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trašų DSK–TG analizės kreivės: a – temperatūra granuliuojant 90–130 °C, boro komponentas – H_3BO_3 (13 band.); b – temperatūra granuliuojant 90–130 °C, boro komponentas – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (14 band.); c – temperatūra granuliuojant 90–130 °C, boro komponentas – H_3BO_3 ir $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (15 band.); d – temperatūra granuliuojant 150 °C, boro komponentas – H_3BO_3 (16 band.); e – temperatūra granuliuojant 150 °C, boro komponentas – $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (17 band.); f – temperatūra granuliuojant 150 °C, boro komponentas – H_3BO_3 ir $\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$ (18 band.)

Kaip matyti iš DSK–TG analizės kreivių, vyksta endoterminiai virsmai, kurių metu trąšos skyla. Juos atitinka endoterminės smailės DSK kreivėje ir masės nuostoliai TG kreivėje. Iš 2 paveiksle esančių termogramų matyti, kad trąšos sąlyginai termiškai stabilios iki ~130 °C temperatūros (DSK kr.), o pagrindiniai masės nuostoliai gaunami esant ~300 °C temperatūrai. Tokia temperatūra trąšų technologinio proceso metu nėra pasiekama, todėl medžiagų skilimo išvengiama. Skirtumai tarp tos pačios sudėties trąšų bandinių (13 ir 16, 14 ir 17 bei 15 ir 18 band.) terminės analizės kreivių atsiranda, nes bandiniai buvo granuliuojami esant skirtingai temperatūrai. 16–18 bandiniuose, granuliuotuose esant 150 °C temperatūrai, amoniako nuostoliai buvo gauti jau granuliuavimo metu, tai patvirtina ir mažesni masės nuostoliai TG kreivėse (2 pav., d–f). Pagrindiniai masės nuostoliai susiję su amonio sulfato ir kalio chlorido skilimu [16], nes šie trąšų komponentai iki 300 °C temperatūros yra stabilūs.

Išvados

1. Laboratoriniame modeliniame granulatoriuje sugrąnuluotos 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės sudėtinės trąšos su boru, boro komponentu naudojant boro rūgštį ir dinatrio tetraboratą.
2. Optimalios sudėtinių trąšų su boru gavimo sąlygos: 7 % žaliavų mišinio drėgmė, 65–85 °C temperatūra granulatoriuje, drėkinimui naudojamas parūgštintas vanduo. Tokiomis sąlygomis gaunamas 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trąšų prekinės frakcijos kiekis – ~30 %, granuliu stipris 40–46 N/gran.
3. Nustatyta, kad kaitinant 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės trąšų mišinį 150 °C temperatūroje medžiagos skyla, garuoja amoniakas ir susidaro dideli azoto nuostoliai. Šį procesą truputį sulėtina žaliavų mišinio parūgštinimas.
4. Nustatyta, kad granuliuoto 14–18–18–6(S)–0,3(B) markės produkto rodikliai priklauso nuo granuliuavimo metu drėkinimui naudojamo tirpalo kiekio, rūgštingumo, granuliuavimo temperatūros ir praktiškai nepriklauso nuo to, koks boro komponentas naudojamas.

Literatūra

1. **Pekarskas J., Petrauskas E.** Mikroelementų reikšmė augalams. LŽŪU, 2004.
2. Ullmann's Encyclopedia of Industrial Chemistry. Wiley-VCH Verlag GmbH & Co, 2002.
3. **Федюшкин Б. Ф.** Минеральные удобрения с микроэлементами. Москва, 1989.
4. Regulation (EC) No 2003/2003 of the European Parliament and of the Council of 13 October 2003 relating to fertilisers. Official Journal L: Nr.304-1, 2003-11-21.

5. **Sviklas A. M., Paleckienė R., Šlinkšienė R.** Sudėtinės trąšos. Vilnius, 2008.
6. Manual of fertilizer processing. Taylor & Francis Group, 1987.
7. **Sviklas A. M., Paleckienė R., Šlinkšienė R.** ir kt. // Nawozy i Nawożenie = Fertilizers and Fertilization. 2003, Vol. 4. P. 49–55.
8. **Sviklas A. M., Paleckienė R., Šlinkšienė R., Štreimikis V.** // Cheminė technologija. 2006. Nr. 1(39). P. 59–65.
9. Технические условия на минеральные удобрения. Москва, 1979.
10. Технический анализ в производстве неорганических веществ. Под ред. Н. С. Торочешникова. Москва, 1976.
11. **Mickevičius D.** Cheminės analizės metodai. Vilnius, 2000. D. 3.
12. **Юинг Г.** Инструментальные методы химического анализа. Москва, 1989.
13. **Šiaučiūnas R., Baltakys K., Baltušnikas A.** Silikatinių medžiagų instrumentinė analizė. Kaunas, 2007.
14. **Берг Л. Г.** Введение в термографию. Москва, 1969.
15. **Лидин Р. А., Молочко В. А., Андреева Л. Л.** Химические свойства неорганических веществ. Москва, 2003.
16. **Sviklas A. M., Paleckienė R., Šlinkšienė R.** // Cheminė technologija. 2006. Nr. 3(41). P. 45–51.
17. Технология фосфорных и комплексных удобрений. Под ред. С. Д. Эвеньчика и А. А. Бродского. Москва, 1987.
18. **Sviklas A. M.** // Cheminė technologija. 2004. Nr. 2(32). P. 63–67.

A. M. Sviklas, R. Paleckienė, R. Šlinkšienė

COMPOUND FERTILIZER WITH BORON

Summary

A compound fertilizer with boron was granulated employing laboratory equipment. As a boron component, boric acid and sodium tetraborate were used. Compound fertilizers of grade 14–18–18–6(S)–0,3(B) were obtained. The main physico-chemical properties of the granulated products were determined.

The optimal conditions of a compound fertilizer with boron granulation were determined as 7% humidity of the raw materials' mixture, 65–85 °C of granulators, as well as acidified water used for irrigation. In these conditions, 14–18–18–6(S)–0,3(B) commercial grade fertilizer fraction was obtained (approximately 30 percent, grain strength 40–46 N / gran).

Analysis of the stability of the 14–18–18–6(S)–0,3(B) fertilizer grade showed that by heating at a temperature of 150 °C material degradation started, and evaporation of ammonia and nitrogen losses were considerable. This process could be slowed down by a slight acidification of raw materials.

The characteristics of the granulated product depended on the acidification solution quantity, granulation temperature and did not depend on any component of boron.