



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

NPK trąšų lazdelių su bioaktyviomis medžiagomis gavimas ir savybės

Baigiamasis magistro projektas

Viktorija Rutkauskaitė

Projekto autorė

Doc. dr. Rasa Šlinkšienė

Vadovė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

NPK trąšų lazdelių su bioaktyviomis medžiagomis gavimas ir savybės

Baigiamasis magistro projektas

Chemijos inžinerija (6211EX020)

Viktorija Rutkauskaitė

Projekto autorė

Doc. dr. Rasa Šlinkšienė

Vadovė

Doc. dr. Rasa Paleckienė

Recenzentė

Kaunas, 2019



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Viktorija Rutkauskaitė

NPK trąšų lazdelių su bioaktyviomis medžiagomis gavimas ir savybės

Akademinio sąžiningumo deklaracija

Patvirtinu, kad mano, Viktorijos Rutkauskaitės, baigiamasis projektas tema „Sudėtinių NPK trąšų lazdelės ir jų savybės“ yra parašytas visiškai savarankiškai ir visi pateikti duomenys ar tyrimų rezultatai yra teisingi ir gauti sąžiningai. Šiame darbe nei viena dalis nėra plagijuota nuo jokių spausdintinių ar internetinių šaltinių, visos kitų šaltinių tiesioginės ir netiesioginės citatos nurodytos literatūros nuorodose. Įstatymų nenumatytų piniginių sumų už šį darbą niekam nesu mokėjęs.

Aš suprantu, kad išaiškėjus nesąžiningumo faktui, man bus taikomos nuobaudos, remiantis Kauno technologijos universitete galiojančia tvarka.

(vardą ir pavardę įrašyti ranka)

(parašas)



Kauno technologijos universitetas

Cheminės technologijos fakultetas

Tvirtinu:
Cheminės technologijos fakulteto dekanas
prof. dr. K. Baltakys

Suderinta:
Fizikinės ir neorganinės chemijos
katedros vedėja prof. dr. I. Ancutienė

Dekano įsakymas Nr. ST18-F-02-03, 2019–04–24

2019 m. balandžio mėn. 19 d.

Baigiamojo magistro projekto užduotis

Projekto tema NPK trąšų lazdelių su bioaktyviomis medžiagomis gavimas ir savybės

Darbo tikslas ir
uždaviniai

Darbo tikslas – sukurti ir pagaminti NPK trąšų lazdeles su bioaktyviomis medžiagomis ir ištirti jų savybes.

Darbo uždaviniai:

atlikti biriųjų trąšų paskirties, gamybos būdų, savybių, esamų trąšų lazdelių asortimento ir poreikio literatūros apžvalgą;

parinkti žaliavas, tinkamas NPK trąšų lazdelėms su bioaktyviomis medžiagomis gaminti;

laboratorinėmis sąlygomis pagaminti NPK trąšų lazdeles, nustatyti optimalias tokių trąšų gavimo sąlygas ir ištirti jų savybes;

pasiūlyti principinę technologinę schemą NPK trąšų lazdelių gamybai ir pateikti technologines rekomendacijas.

Reikalavimai ir sąlygos

Turi būti visos privalomos baigiamojo projekto sudėtinės dalys kaip nurodyta dekanų 2019 m. kovo 28 d. potvarkiu Nr. V25-02-02 patvirtintuose „Pirmosios pakopos Cheminė technologija ir inžinerija ir antrosios pakopos Chemijos inžinerija studijų programų baigiamųjų projektų rengimo ir gynimo metodiniuose reikalavimuose“.

Vadovas / Vadovė

Doc. Rasa Šlinkšienė

2019–03–04

(vadovo pareigos, vardas, pavardė, parašas)

(data)

Užduotį gavau:

Viktorija Rutkauskaitė

(studento vardas, pavardė)

(parašas, data)

Rutkauskaitė Viktorija. NPK trąšų lazdelių su bioaktyviomis medžiagomis gavimas ir savybės. Magistro studijų baigiamasis projektas / vadovė doc. dr. Rasa Šlinkšienė; Kauno technologijos universitetas, Cheminės technologijos fakultetas.

Studijų kryptis ir sritis (studijų kryptių grupė): Inžinerijos mokslai, Chemijos inžinerija.

Reikšminiai žodžiai: trąšų lazdelės, bioaktyvios medžiagos, gamyba, stipris, higroskopiškumas, drėgmė

Kaunas, 2019. 54 p.

Santrauka

Magistro baigiamajame darbe išnagrinėta biriųjų NPK trąšų technologija, sukurtos sudėtinių NPK trąšų lazdelės ir pateiktos technologinės rekomendacijos joms gaminti.

Literatūros apžvalgoje aptarta trąšų klasifikacija, jų savybės, poveikis ir poreikis augalams. Pateikta informacija apie bakterijų ir mikroorganizmų įtaką ir būtinybę dirvožemio derlingumui. Tiriamojoje dalyje nurodytos naudotos medžiagos, aprašyti darbe naudoti fizikiniai, cheminiai ir instrumentiniai analizės metodai. Nustatyta ir išanalizuota įvairių rišamųjų medžiagų įtaka sudėtinių NPK 6–24–33–5(CaO)–2(S) trąšų lazdelių savybėms (statiniam stipriui, drėgmei, higroskopiškumui). Inžinerinėje dalyje pateikta rekomenduojama principinė technologinė schema, sudėtinėms NPK trąšų lazdelėms gaminti. Aptarti reikalavimai darbuotojų saugai ir sveikatai.

Darbo apimtis – 54 puslapiai. Jį sudaro įvadas, literatūros apžvalga, tiriamoji dalis, inžinerinė dalis darbuotojų sauga ir sveikata, išvados, naudotos literatūros sąrašas. Aiškinamajame rašte yra 11 lentelių, 29 paveikslai.

Rutkauskaitė Viktorija. Production and Properties of NPK Fertilizer Sticks with Bioactive Substances. Master's thesis final project / work supervisor Assoc. Prof. Rasa Šlinkšienė; Faculty of Chemical Technology, Kaunas University of Technology.

Study field and area (study field group): Engineering Sciences, Chemical Engineering.

Keywords: fertilizer sticks, bioactive materials, production, strength, hygroscopicity, humidity

Kaunas, 2019. 54 p.

Summary

The technology of dry NPK fertilizers has been analyzed, the composite NPK fertilizer sticks have been developed and technological recommendations for their production are presented in the Master's thesis.

The classification of fertilizers, their properties, their effects and the need for plants are discussed in the literature review. Information on the impact of bacteria and microorganisms and the need for soil fertility is provided. The research section describes the materials used, the physical, chemical and instrumental analysis methods used in the work. The influence of various binding materials on complex NPKs has been determined and analyzed 6–24–33-5(CaO)-2(S) properties of fertilizer sticks (static strength, humidity, hygroscopicity).

The principal technological scheme recommended for the production of compound NPK fertilizer sticks is in the engineering section. Workers' safety and health requirements are discussed.

Work size – 54 pages. It consists of introduction, literature review, research part, engineering part of employee safety and health, conclusions, list of used literature. The explanatory note contains 11 tables, 29 figures

Turinys

Įvadas	8
1. Literatūros apžvalga	9
1.1. Trąšų klasifikacija	9
1.2. Biriųjų trąšų fizikinės ir mechaninės savybės	10
1.3. Trąšų poreikis augalams	11
1.4. Trąšose naudojami bioaktyvūs priedai	15
1.5. Bakterijų ir mikroorganizmų įtaka dirvožemio derlingumui.....	16
1.6. Birių trąšų granuliavimo metodai ir technologijos	17
1.7. Trąšų normos ir tręšimo būdai.....	20
2. Tiriamoji dalis	24
2.1. Metodinė dalis	24
2.1.1. Naudotos medžiagos.....	24
2.1.2. Cheminės analizės metodai	25
2.1.3. Instrumentinės analizės metodai.....	26
2.1.4. Fizikinių savybių nustatymo metodai.....	26
2.1.5. Statistinis duomenų apdorojimas.....	27
2.2. Eksperimento rezultatai ir jų aptarimas	28
2.2.1. Trąšų lazdelių balansas ir gavimo sąlygos	28
2.2.2. NPK trąšų lazdelių gavimas naudojant rišamąją medžiagą H ₂ O.....	28
2.2.3. NPK trąšų lazdelių gavimas naudojant rišamąją medžiagą Fosfix tirpalą	33
2.2.4. NPK trąšų lazdelių gavimas naudojant rišamąją medžiagą <i>Humicop</i> tirpalą.....	37
2.2.5. Tiriamosios dalies apibendrinimas	41
3. Inžinerinė dalis	45
3.1. NPK trąšų lazdelių gamybos principinė technologinė schema	45
3.2. Ekstruderio skaičiavimai	46
4. Darbuotojų sauga ir sveikata	49
Išvados	51
Literatūros sąrašas	52

Įvadas

Medžiagos, kurių pagrindinė paskirtis – aprūpinti augalus maisto medžiagomis, vadinamos trąšomis. Visi elementai vienodai svarbūs, bet kurio iš jų negaudamas augalas nyksta ir netgi žūva. Nei vieno būtinojo elemento net labai panašių cheminių savybių negalima pakeisti kitu, nes kiekvienas jų atlieka specifinę funkciją. Labai svarbu, kad visi augalams būtini ir tinkamai subalansuoti elementai būtų vienoje granulėje arba tinkamai pagamintose skystosiose trąšose nes tai mažina tręšimo kaštus, taupo laiką ir pasėlius, užtikrina tręšimo efektyvumą.

Literatūroje pateikiamais mokslininkų duomenimis, dėl intensyvaus ūkininkavimo, trąšų ir pesticidų naudojimo sumažėjo derlingojo dirvožemio kiekis, ko pasekmė – išaugę kaštai norimam derliui gauti. Siekiant atstatyti nualintą dirvožemį, rekomenduojama naudoti biologinius preparatus. Tokiu būdu dirvožemyje suaktyvinami natūraliai vykstantys procesai ir padidinama mikrobiologinė įvairovė. Mokslininkai nuolat ieško naujų sprendimų, siekiant padidinti gaminamų trąšų efektyvumą.

Apie 5–10 % pasaulyje gaminamų trąšų skirtos tręšti vaismedžiams, daržovėms, vaiskrūmiams ir gėlėms. Pastaraisiais metais šių specialiųjų trąšų asortimentas plečiasi ir didėja. Ypač daug specialiųjų, tame tarpe ir lazdelių pavidalo trąšų gaminama Lenkijoje, Olandijoje, Vokietijoje ir kitose sodininkyste, daržininkyste ir gėlininkyste užsiimančiose Europos šalyse, tačiau Lietuvoje sudėtinių NPK trąšų lazdelės negaminamos. Todėl šiame darbe buvo siekiama sukurti sudėtines koncentruotas NPK lazdelių formos trąšas, kurios būtų praturtintos bioaktyviomis medžiagomis.

Darbo tikslas – sukurti ir pagaminti NPK trąšų lazdeles su bioaktyviomis medžiagomis ir ištirti jų savybes.

Darbo uždaviniai:

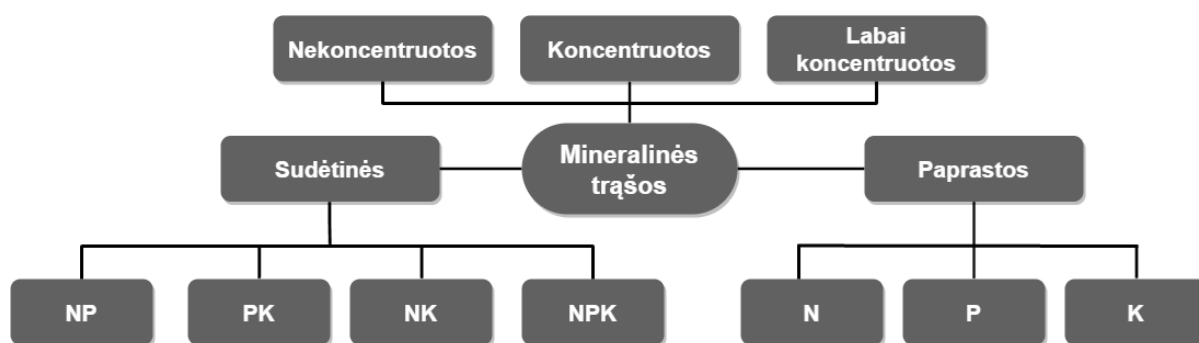
1. atlikti biriųjų trąšų paskirties, gamybos būdų, savybių, esamų trąšų lazdelių asortimento ir poreikio literatūros apžvalgą;
2. parinkti žaliavas, tinkamas NPK trąšų lazdelėms su bioaktyviomis medžiagomis gaminti;
3. laboratorinėmis sąlygomis pagaminti NPK trąšų lazdeles, nustatyti optimalias tokių trąšų gavimo sąlygas ir ištirti jų savybes;
4. pasiūlyti principinę technologinę schemą NPK trąšų lazdelių gamybai ir pateikti technologines rekomendacijas.

1. Literatūros apžvalga

1.1. Trąšų klasifikacija

Medžiagos, kurių pagrindinė ir svarbiausia paskirtis – aprūpinti augalus maisto medžiagomis, vadinamos trąšomis. Cheminiai elementai, būtini augalams augti, vadinami augalų maisto medžiagomis (AMM). AMM skirstomos į: pagrindines (azotas (*N*), fosforas (*P*), perskaičiuojant į P_2O_5) ir kalis (*K*, perskaičiuojant į K_2O)), antrines (kalcis (*Ca*, perskaičiuojant į CaO), magnis (*Mg*, perskaičiuojant į MgO), natris (*Na*) ir siera (*S*) ir mikroelementines (boras (*B*), cinkas (*Zn*), geležis (*Fe*), kobaltas (*Co*), manganas (*Mn*), molibdenas (*Mo*) ir varis (*Cu*) [1].

Trąšos gali būti klasifikuojamos pagal įvairius kriterijus, pvz.: koncentraciją, prigimtį ir t.t. Viena iš paprasčiausių klasifikacijos schemų pateikta 1.1 paveiksle. Pagal prigimtį trąšos skirstomos į neorganines, mineralines, organines ir organines mineralines trąšas. Neorganinės trąšos – tokios trąšos, kuriose maisto medžiagos yra neorganinių druskų pavidalo. Mineralinės trąšos – neorganinės kilmės produktai, gaunami pramoniniu būdu chemiškai arba mechaniškai perdirdant neorganines žaliavas. Organinės trąšos – trąšos, kuriose daugiausiai yra augalinės ir (arba) gyvulinės kilmės anglies junginių. Organinės mineralinės trąšos – tokios trąšos, kuriose esančios maisto medžiagos yra organinės ir neorganinės kilmės [2].



1.1 pav. Mineralinių trąšų klasifikavimo schema [3]

Pagal pagrindinių maisto medžiagų kiekį trąšos skirstomos į paprastas ir sudėtines. Paprastose trąšose yra tik vienas iš pagrindinių elementų: azotas, fosforas arba kalis. Todėl gali būti azoto, fosforo arba kalio paprastosios trąšos. Sudėtinėse trąšose yra ne mažiau kaip du pagrindiniai maisto elementai. Jos gaunamos chemiškai arba mechaniškai maišant, arba abiem būdais. Sudėtinės trąšos, kuriose yra ne mažiau kaip du pagrindiniai elementai ir kai jos gaunamos cheminės sąveikos būdu, yra kompleksinės trąšos.

Pagal maisto medžiagų maisto medžiagų koncentraciją trąšos gali būti skirstomos į nekoncentruotas, kai maisto medžiagų koncentracija yra 20–25 %, koncentruotas – 30–60 %, labai koncentruotas – daugiau negu 60 % ir ultra koncentruotas – beveik 100 % maisto medžiagų [4].

Pagal fiziologinį poveikį trąšos gali būti skirstomos į rūgščias, šarmines ir neutralias.

Pagal agregatinę būseną trąšos skirstomos į kietąsias ir skystąsias. Kietosios trąšos pagal gamybos būdą ir pavidalą gali būti miltinės, granuliuotos, priliuotos ir gumulinės. Granuliuotos trąšos gaunamos kietąsias trąšas granuluojant, kai jos suformuojamos į reikiamo dydžio daleles. Priliuotos

trašos gaunamos trašų lydalo lašelius sukietinant dujinėje arba skystoje aušinimo terpėje. Gumulinės trašos gaunamos trašų mišinių ekstruzijos būdu, t. y. išspaudimu pro profiliuojantį plyšį. Skystosios trašos – suspensinės trašos arba trašų tirpalai ir suskystintas amoniakas. Trašų tirpalai (tirpalinės trašos) – skystosios trašos be kietųjų dalelių. Suspensinės trašos – dviejų fazių trašos, kuriose kietosios dalelės laikosi pakibusios vandens fazėje [5].

1.2. Biriųjų trašų fizikinės ir mechaninės savybės

Kietosioms arba kitaip biriosioms trašoms gaminti, transportuoti, laikyti, saugoti ir sandėliuoti svarbūs tokie kokybiniai rodikliai [6]:

- higroskopiškumas,
- granulimetrinė sudėtis,
- granulių stipris,
- drėgmė,
- susigulėjimas,
- piltinis tankis,
- porėtumas,
- granulių forma,
- dulkėtumas ir kt.

Higroskopiškumas nusako medžiagų gebėjimą iš oro sugerti drėgmę ir jį įvertina higroskopinis taškas, išreiškiamas procentais (%). Vandenyje tirpių druskų higroskopinis taškas (h) išreiškiamas vandens garų virš sotaus druskos tirpalo dalinio slėgio (P_a) santykiu su oro prisotinto vandens garų slėgiu (p), esant tam tikrai temperatūrai:

$$h = \frac{p_a}{p} \cdot 100, \%$$
 (1.1)

Trašų santykinė drėgmė – vandens kiekis (%) esantis trašose, nustatytas naudojant gravimetrinį metodą. Jei santykinė drėgmė siekia iki 40 %, granulės laikomos labai higroskopiškomis.

Granulimetrinė trašų sudėtis nusako skirtingo dydžio frakcijų kiekį (procentais) trašose ir nustatoma sijojant skirtingo akučių dydžio pintais sietais. Medžiagos dalis, kuri išbyrėjo per tam tikro akučių dydžio sietą, vadinama išbiros, o medžiagos dalis, kuri neišbyrėjo per tam tikro akučių dydžio sietą, vadinama nuosijos.

Granulių stiprį (stiprumą) nusako jėga, kuri reikalinga sutrupinti (sugniuždyti) atskiras daleles. Šis rodiklis yra dažnai įtraukiamas į trašų kokybės standartus [7], gali būti nustatomas įvairiais pneumatiniiais arba mechaniniais prietaisais ir matuojamas $N/granulei$ arba MPa ($1 MPa = 1 N/mm^2$).

Segregacija – skirtingas dalelių judėjimas laike mišinyje (išsisluoksniavimas) dėl skirtingo dydžio, formos ir tankio. Laikant ilgesnį laiką birias trašas tiek palaidas, tiek maišuose, jos išsisluoksniuoja.

Laisvai supiltų trašų piltinis tankis (t/m^3) – medžiagos, laisvai supiltos į konteinerį, tūrio vieneto masė. Sutankintų trašų piltinis tankis tankis (t/m^3) – medžiagos, sutankinant supiltos į konteinerį, tūrio vieneto masė.

Poringumas – trašų tūrio dalis, tenkanti poroms arba kitaip – dydis atvirkščias piltiniam tankiui: $100\% - \text{kietos medžiagos dalis, \%} = \text{porų tūris, \%}$

$$\frac{\text{Piltinis tankis}}{\text{Dalelių tankis}} \cdot 100 \% = \text{kietos medžiagos dalis, \%} \quad (1.2)$$

Granulių forma priklausomai nuo gamybos būdo ir trąšų paskirties gali būti įvairi: lazdelės, tabletės, cilindrai, rutuliukai. Nuo granulių formos priklauso tokie kietųjų trąšų parametrai kaip – dulketumas, higroskopiskumas, piltinis tankis ir kt.

Dulketumas – sukelia materialius trąšų nuostolius, užteršia aplinką ir kenkia žmonėms trąšas gaminant, transportuojant, saugant ir naudojant.

Trąšų supylimo kampas nėra labai svarbus kokybinis rodiklis tuo atveju kai trąšos fasuojamos į maišus arba didmaišius. Tačiau, į jį atsižvelgiama, trąšas sandėliuojant krūvose ir turint ribotą plotą.

Trąšų susigulėjimas – tai sulipusios masės susiformavimas iš atskirų dalelių (granulių). Susigulėjimas mažina trąšų birumą, apsunkina trąšų dozavimą ir išbarstymą ant dirvožemio paviršiaus. Pačiu paprasčiausiu atveju, kai trąšų susigulėjimas vyksta dėl aplinkoje esančios per didelio drėgmės kiekio, tai jis gali būti stebimas tik trąšų paviršiuje.

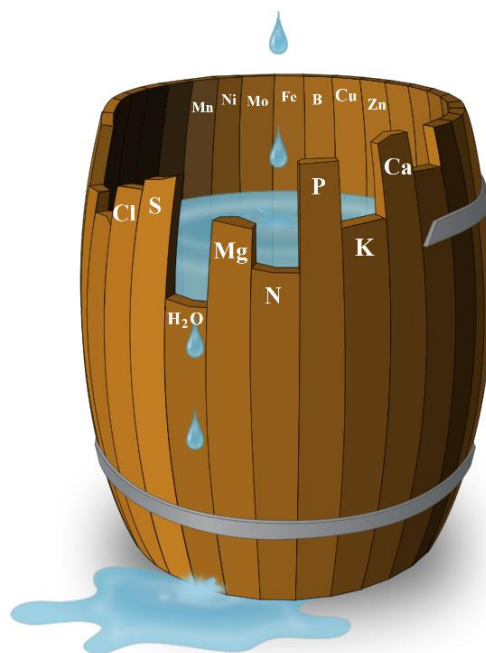
Birumas – trąšų nesusigulėjimo matas, nėra standartizuojamas, tačiau tai svarbus rodiklis, nusakantis kietųjų trąšų kokybę ir dalinai įvertinantis trąšų saugojimo sąlygas.

Maisto medžiagų koncentracija (NPK), kitaip gali būti apibūdinama kaip trąšų markė, priklauso nuo trąšoms gaminti naudojamose druskose esančių AMM koncentracijos, žaliavų tarpusavio suderinamumo ir nuo poreikio, t. y. kokiems augalams ir koku metų laiku tręšti jos bus skirtos, pvz.: 5–15–25+MgO+S ; 10–10–20+S; 18–10–12+B [8].

1.3. Trąšų poreikis augalams

Dėl AMM, tiek pagrindinių maisto medžiagų, tiek mikroelementų, veikimo komplekse – tręšimas turi būti savalaikis ir subalansuotas. Visi elementai vienodai svarbūs, bet kurio iš jų negaudamas augalas nyksta ir netgi žūva. Nei vieno būtinojo elemento net labai panašių cheminių savybių negalima pakeisti kitu, nes kiekvienas jų atlieka specifinę funkciją. Minimumo dėsnis teigia, kad derlius priklauso nuo to elemento, kurio yra mažiausiai. Jei vieno elemento trūkumą panaikinsime, tai derlius priklausys nuo kito elemento, kurio bus mažiausiai. Šį dėsnį iliustruoja diagrama, žinoma kaip *Lybigo* statinė (žr. 1.2 pav.) [9].

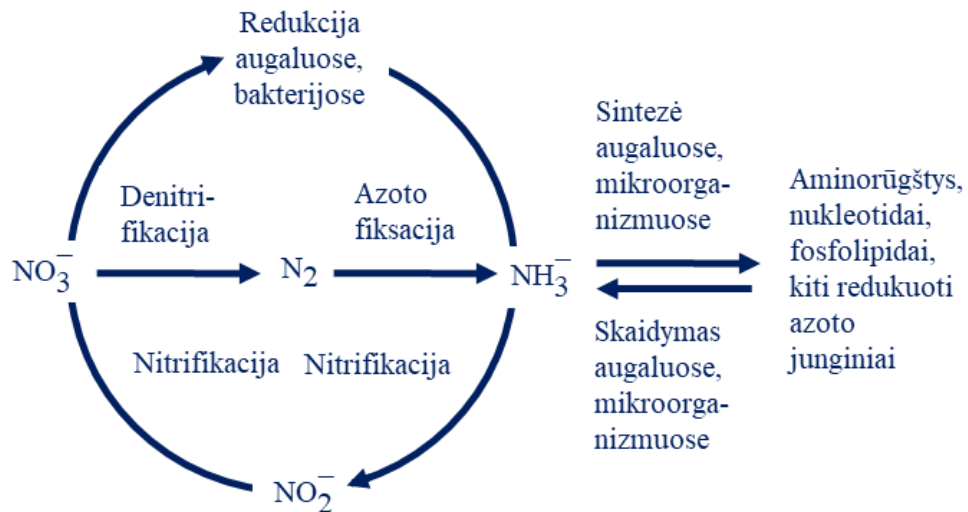
Azotas – būtinas amino rūgščių sintezei, baltymų, koenzimų, nukleino rūgščių formavimuisi, chlorofilo ir ATP (ATF) sintezei. Šis elementas yra sudėtinė baltymų, nukleino rūgščių, fermentų dalis ir baltymuose bei amino rūgštyse būna amidų ir aminų pavidalo. Augaluose azotas skatina ir reguliuoja daugelį augimo ir vystymosi procesų .



1.2 pav. J. Lybigo derlingumo minimumo statinė (trumpiausias šulas lemia statinės talpumą) [9]

Azotas, kaip sudėtinė chlorofilo dalis, yra labiausiai augalo augimą skatinanti maisto medžiaga. Trūkstant azoto sulėtėja augalų augimas, sumažėja chlorofilo kiekis, lapai būna maži, pailgi, šviesiai žali, vėliau pagelsta. Šio elemento trūkumo požymiai labiausiai pastebimi, kai oras yra vėsus ir lietingas. Didžioji dalis azoto yra humuse ir organiniuose junginiuose. Dirvožemyje azotas atsipalaiduoja yrant organinėms medžiagoms, tačiau pagrindinis AMM šaltinis yra organinės ir mineralinės trąšos. Augalai, tinkamai patręšti azotu, mažiau nukenčia nuo sausros. Pakankamas azoto kiekis ypač aktualus augalų vegetacijos pradžioje, nes būtent tada išsivysto didesnis asimiliacinis paviršius. Antroje vegetacijos laikotarpio pusėje azoto trąšomis tręšti reikėtų mažiau, nes azoto perteklius kenkia derliaus kokybei, pvz., didelis azoto kiekis vegetacijos pabaigoje cukriniams runkeliams žalingas, nes skatina nebaltyminio azoto kaupimąsi [10].

Analizuojant šios vienos iš pagrindinių augalų maisto medžiagų apytaką gamtoje išskiriamos kelios azoto formų kitimo stadijos, sudarančios vientisą ciklą (žr. 1.3 pav.). Yra žinoma, kad 99,96 % Žemėje esančio azoto sudaro molekulinis azotas, kuris yra chemiškai inertiškas. Atmosferos azotas gali reaguoti su deguonimi tik labai aukštoje temperatūroje, pvz., žaibuojant arba deginant kurą. Susidarę azoto oksidai NO ir NO₂ atmosferoje yra oksiduojamas iki nitratų, kurie į Žemės paviršių patenka su krituliais. Molekulinio azoto redukciją iki amoniako (amonio jonų) atlieka simbiozėje su augalais (daugiausiai ankštiniais) arba laisvai gyvenančios azotą fiksuojančios bakterijos. Chemijos pramonėje iš atmosferos azoto ir gamtinių dujų aukštoje temperatūroje bei dideliame slėgyje, esant katalizatoriui, gaminamas amoniakas. Perdirbant amoniaką toliau gaminamos įvairios biriosios ir skystosios azoto trąšos ir kiti azoto junginiai. Augalai jiems reikalingą amoniakinį ir/arba nitratinį azotą gauna iš dirvos (fiksotą bakterijų arba iš azoto trąšų), o gyvūnai – misdami augalais arba kitais gyvūnais. Organiniai azoto junginiai patenka į aplinką augalams arba gyvūnams žuvus (gyvūnai azotą išskiria ir būdami gyvi). Vykstant mikrobiologinei amonifikacijai šie organiniai junginiai paverčiami amoniaku (amonio jonais). Amoniakinis azotas dirvoje bakterijų yra oksiduojamas iki nitritų ir nitratų (nitrifikacija). Vykstant mikrobiologinei denitrifikacijai nitratinis azotas yra redukuojamas iki molekulinio azoto, kuris grįžta į atmosferą. Denitrifikacijos proceso metu susidaro ir nedideli kiekiai diazoto monoksido bei azoto monoksido [11, 12].



1.3 pav. Azoto apytakos gamtoje ciklas [13]

Fosforas taip pat priskiriamas prie pagrindinių AMM ir yra būtinas visaverčiam augalų vystymuisi, augimui ir brendimui. Medžiagų įsisavinimo grandinėje fosfatai dalyvauja augaluose esančių medžiagų ir energijos apykaitos procese, nukleino rūgščių susidaryme, baltymų sintezėje, ląstelių sienelių formavimesi, fotosintezėje, kvėpavimo, oksidacijos ir krakmolo skaidymo procesuose. Jaunų augalų šaknų ir lapų audiniuose fosforo randama iki kelių tūkstančių kartų daugiau negu senų, nustojusiuose augti. Todėl fosforas ypač reikalingas pradiniais augimo tarpsniais sėkmingai šaknų veiklai ir sparčiam lapų augimui užtikrinti. Fosforo trūkumas ankstyvaisiais augimo tarpsniais negali būti kompensuotas gausiai tręšiant fosforo turinčiomis trąšomis vėliau. Trūkstant fosforo lapai būna smulkūs, tamsiai žali, violetinio arba rausvo atspalvio, apatinių lapų pakraščiai tamsiai rudi, užsiritę į viršų [12].

Didžiausią įtaką augalams prieinamam fosforo kiekiui turi dirvožemio pH. Fosforo prieinamumas augalams mažėja, tiek dirvožemiui šarmėjant, tiek dirvožemiui rūgštėjant. Neutraliuose ir šarminiuose dirvožemiuose augalai fosforą iš dirvožemio daugiausia įsisavina hidrofosfatų (HPO_4^{3-}) pavidalo. Tačiau didžioji dalis Lietuvos dirvožemių augalams prieinamo fosforo turi mažai. Todėl pagrindinis augalų fosforo šaltinis yra trąšos [13].

Kalis – viena pagrindinių maisto medžiagų, kuri skatina fotosintezę, padeda kauptis amino rūgštims, stiprina baltymų sintezę, didina augalų atsparumą ligoms ir sausroms, sodrina žiedų spalvą ir kvapą. Kadangi kalis dalyvauja svarbiausiuose augalo vystymosi procesuose, padidėja augalo atsparumas šalčiui, sausrai ir kitoms nepalankioms sąlygoms. Augalai kalį įsisavina K^+ jonais. Jo daugiau būna sunkesnės granuliometrinės sudėties dirvožemiuose. Iš lengvų dirvožemių kalis lengvai išplaunamas, todėl jo atsargos lengvuose dirvožemiuose yra menkos. Augalams trūkstant kalio lapai pasidaro tamsiai žali, atsiranda baltos arba gelsvos dėmės, kurios vėliau paruduoja. Lapų pakraščiai riečiasi į apačią, ima džiūti viršūnės. Be pagrindinių AMM labai svarbūs ir kiti elementai, kurių reikšmė ir trūkumo požymiai pateikti 1.1 lentelėje [14].

1.1 lentelė. Elementų reikšmė, sąlygos elementų trūkumui atsirasti, trūkumo požymiai [15]

Elementai	Mobilumas augale	Elemento reikšmė augalams	Sąlygos trūkumui atsirasti	Požymiai, rodantys cheminio elemento trūkumą
MAKROELEMENTAI				
1	2	3	4	5
Siera	Lėtas	Enzimų ir koenzimų veiklai, baltymų sintezei, amino rūgščių susidarymui.	Rūgščios dirvos, lengvos, smėlio dirvos, dirvose mažai organikos, prasta dirvos aeracija, užmirkusios dirvos, maža SO ₂ emisija su krituliais.	Sulėtėjęs augalų vystymasis, žemi augalai, šviesiai žali, ištįsę jaunesnieji lapai, sumažėjęs baltymų kiekis javų grūduose, silpnas žydėjimas ir ankštaraų mezgimas (rapsai), sumažėjęs riebalų kiekis rapsų sėklose
Magnis	Judrus	Įeina į chlorofilo sudėtį, fosfatų ir azoto skaidymui, baltymų sintezei, vandens judėjimui augaluose.	Rūgščios dirvos, lengvos, smėlio dirvos, daug kalio turinčios dirvos, gausiai patreštus kalio trąšomis, šaltu drėgnu laikotarpiu.	Sulėtėjęs augalų augimas, gelsta ir krenta senesni lapai, tačiau lapų gyslos lieka žalios, lapų pakraščiai violetinio atspalvio, javų lapai su perlinių siūlelių piešiniais.
Kalcis	Lėtas	Laštelių sienelių formavimuisi, laštelių membranų veiklai, laštelių sienelių laidumui.	Rūgščios dirvos, lengvos, smėlio dirvos, rūgštūs dirvožemiai, dirvos turtingos aliuminiu, fosforu ir natriu, esant sausrai.	Sulėtėjęs augalų augimas, trapūs, šiurkštūs lapai, jų galai nudžiuvę, susiraukšlėję lapai, gyslos parudusios, jauniausi lapai susisukę galiukais į apačią.
MIKROELEMENTAI				
Elementai	Mobilumas augale	Elemento reikšmė augalams	Sąlygos trūkumui atsirasti	Požymiai, rodantys cheminio elemento trūkumą
Geležis	Dalinai judrus	Chlorofilo susidarymui, fotosintezės reakcijoms, baltymų sintezei.	Šarminės, kalkingos dirvos, turtingos variu dirvos, daug fosforo, kalcio, mangano, cinko turinčios dirvos, užmirkusios dirvos.	Šviesiai geltoni lapai, augalai nesikrūmija, jaunuose lapuose tarp gyslų chlorozė, lapų susmulkėjimas.
Boras	Dalinai judrus	Stiebų, šaknų, žiedų augimui, krakmolo metabolizmui, nukleino rūgščių sintezei, laštelių sienelių formavimuisi, žiedadulkių gyvybingumui.	Lengvos, smėlio dirvos, daug azoto, kalio, kalcio turinčios dirvos, šaltos, drėgnos sąlygos, sausra.	Trūkinėja rapsų stiebai, augalai silpni ir ilgai žydi, silpnai mezga ankštaraus ir sėklas (rapsai) susitraukę lapai, pailgėjusi vegetacija.
Manganas	Dalinai judrus	Įvairių enzymų veiklai, nitratų redukcijos reakcijoms, fotosintezės reakcijoms, baltymų sintezei.	Lengvos, smėlio ar daug organikos turinčios dirvos, šarminės dirvos, pakalkinus, daug kalcio, vario turinčios dirvos, šaltu, drėgnu periodu.	Ant lapų ir stiebų gelsvos, rusvos nekrozinės dėmės, silpni, nuleipę augalai, dėmėtas laukas. Pirmiausia pasireiškia jaunuose lapuose.

1	2	3	4	5
Cinkas	Dalinai judrus	Įvairių enzymų veiklai, nukleino rūgščių sintezei, auksinių (augalų hormonų) metabolizmui.	Daug organikos turinčios dirvos, šarminės dirvos, fosforu, kalciumu turtingos dirvos, taip pat šaltu, drėgnu periodu.	Sulėtėjęs augalų augimas, šviesios, pailgos dėmės ant lapų, gelsvai oranžinis lapų atspalvis, sutrupėję tarpubaliai.
Varis	Dalinai judrus	Įvairių enzymų veiklai, fotosintezės reakcijoms, lignino susidarymui ląstelių sienelės, grūdų susidarymui.	Daug organikos turinčios dirvos, šarminės dirvos, fosforu, azotu turtingos dirvos, lengvos, smėlio dirvos.	Sulėtėjęs augalų augimas, jaunų lapų baltėjimas, senų- chlorozė, lapai ploni, susisukę, varpos begrūdų, juose sumažėję baltymų kiekis.
Molibdenas	Dalinai judrus	Azoto, geležies ir fosforo metabolizmui, chlorofilo atsinaujinimui, azoto fiksacijai.	Žemas dirvos pH, mažai organikos turinčios dirvos.	Rapsams: smulkūs, susisukę, lancetiški jauni augalų lapai, žalios lapų gyslos, lapai purvinai žalios spalvos.

1.4. Trašose naudojami bioaktyvūs priedai

Dirvožemio nykimas bei jo derlingumo mažėjimas yra opi viso pasaulio problema. Jungtinių Tautų Organizacijos duomenimis, apie trečdalis planetos žemės yra nualinta. Kasmet pasaulyje dėl intensyvaus ūkininkavimo prarandama apie 24 mlrd. tonų derlingo dirvožemio. Skaičiuojama, jog dėl to pasauliniai derlingumo nuostoliai viršija 40 mlrd. JAV dolerių per metus [16]. Viena naujausių dirvožemio gerinimo kryptių – dirvožemio mikrobiologija. Siekiant atstatyti nualintą dirvožemį, rekomenduojama naudoti biologinius preparatus. Tokiu būdu dirvožemyje suaktyvinami natūraliai vykstantys procesai ir padidinama mikrobiologinė įvairovė. Kubiniame centimetre derlingo dirvožemio yra milijonai bakterijų, kurios padeda augalams įsisavinti į dirvožemį vienu ar kitu būdu patekusias AMM.

Biologiškai aktyvios medžiagos veikia fitohormoninę augalo sistemą. Didina biologinio azoto, fosforo įsisavinimą dirvoje, gerindamos derliaus kokybę taip pat skatina žydėjimą. Geba stiprinti augalų imuninę sistemą, atsparumą ligoms kenkėjams ir netinkamoms oro sąlygoms. Naudojant biologinius aktyvatorius neteršiama aplinka, nevykdomas neigiamas poveikis augalams, gyvūnams ar žmonėms [16].

Dirvožemio derlingumą tiesiogiai lemia humuso (organinės medžiagos) kiekis. Humusas yra sudėtingas kompleksinis junginys, glaudžiai susijungęs su dirvožemio mineraline dalimi. Humuso kiekis – vienas svarbiausių dirvos sukultūrinimo rodiklių. Jis padidina sorbcijos imlumą, gerina dirvožemio struktūrą, to rezultatas sunkiau išplaunamos maisto medžiagos, o patekę įvairūs teršalai (pesticidai, sunkieji metalai) surišami į nejudrius junginius. Siekiant išvengti humuso mažėjimo pradėta naudoti koncentruotas huminių ir fulvo rūgščių turinčias medžiagas – humatines arba humusines trąšas [17].

Huminės ir fulvo rūgštys mikroelementus paverčia į augalui prieinamą formą. Šios medžiagos gerina dirvožemio struktūrą, skatina humuso irimo procesus, pagerina maisto medžiagų pasisavinimą. Taip pat turi įtakos fermentų aktyvumui dirvožemyje, o jų poveikis priklauso nuo augalo rūšies ir aplinkos sąlygų.

Huminės rūgšys – charakterizuojamos kaip augimo stimulatoriai – skatina šaknų vystymąsi (padidėja siurbiamoji dalis), augalo vegetacinės dalies augimą, chlorofilo kiekį lapuose, suintensyvina kvėpavimą, fotosintezę, stimuliuoja sėklų dygimą. Dėl šių rūgščių poveikio augalai tampa atsparesni nepalankioms aplinkos sąlygoms, taip pat didėja jų derlingumas. [18]

1.5. Bakterijų ir mikroorganizmų įtaka dirvožemio derlingumui

Azoto fiksavimas. Mikroorganizmų gebėjimas fiksuoti azotą, svarbi funkcija, kadangi jo trūkumas riboja augalų augimą. Biologinis azotas kaupiamas, dėl augaluose esančio fermento – *nitrogenazės*. Azotą fiksuojančios bakterijos dar yra vadinamos – *diazotrofinėmis*. Daugiausiai azoto sukaupia bakterijos gyvenančios ankštinių augalų šaknų gumbeliuose. Šios bakterijos vadinamos gumbelinėmis azotą kaupiančiomis bakterijomis. Nustatyta, kad azoto kaupimą lemia augalo rūšis, bei aplinkos sąlygos, kuriose jis gyvena. [19]

Rhizobium bakterijos fiksuoja atmosferos azotą. Kolonizuodamos šaknų paviršių, gumbelinės bakterijos geba ne tik fiksuoti azotą iš oro, bet ir sintetinti augalų augimą stimuliuojančias medžiagas. Augalų reakcija į endofitų poveikį didžiajia dalimi yra sąlygojama augalų genotipo. Išskirtos iš pelkinių ryžių rizoferos bakterijos - *Klebsiella oxytoca*, *Enterobacter cloacae*, *Alcaligenes* ir *Azospirillum*, fiksuoja azotą. Azotą fiksuojančios bakterijos taip pat išgaunamos iš Kamarūno žolės, cukranendrių ar saldžių bulvių [20].

Fosforo fiksavimas. Dėl dažnai naudojamų trąšų, dirvožemiai pasižymi dideliu bendrojo fosforo kiekiu. Didžioji fosforo dalis įeina į augalams sunkiai prieinamas formas. *Rizosferos* bakterijų gebėjimas tirpinti netirpius fosforo junginius yra priskiriamas prie jų sugebėjimo išskirti organines rūgštis (pvz., citratas, laktatas) ir protonus (per NH_4 įsisavinimą) bei taip sumažinti pH. Šios bakterijos apibūdintos kaip *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Klebsiella*, *Kluyvera*, *Streptomyces*, *Pantoea* ir *Pseudomonas* genčių nariai. Šie mikroorganizmai auga terpėse su trikalčio fosfatu ar panašiomis netirpiomis medžiagomis, kurios yra vienintelis fosforo šaltinis bakterijoms. Ištirpinamas didesnis fosfato kiekis, negu asimiliuojamas pačių bakterijų, tuo būdu fosforas tampa prieinamas augalams [21].

Organinis fosforas sudaro apie 30–50 % bendro jo kiekio, esančio dirvožemyje. Tarp fitazę gaminančių bakterijų daugiausiai yra priklausančių *Bacillus*, *Burkholderia*, *Enterobacter*, *Pseudomonas*, *Serratia* ir *Staphylococcus* gentims. Dauguma šių bakterijų yra nepaprastai efektyvios.

Šiandieninis mikroorganizmų panaudojimas yra ribotas dėl nepastovaus fosforo tirpymo efektyvumo lauko sąlygomis. Panašu, kad tai priklauso nuo konkuravimo su vietine mikroflora ir aplinkos veiksnių, kurie riboja populiacijos dydį arba augalų augimą skatinančių bakterijų aktyvumą. Fosfatų tirpdančios bakterijos – naudingų bakterijų grupė, galinti hidrolizuoti organinį ir neorganinį fosforą iš netirpių junginių. Visuotinai pripažįstama, kad PSM kamienų vykdomas mineralinių fosfatų tirpymo mechanizmas yra susijęs su mažos molekulinės masės organinėmis rūgštimis [23].

Dirvožemis gali fiksuoti tik ribotą kalio katijonų kiekį, todėl, jei jis fiksuoja daugiau kalio, gauto iš mėšlo ar kalkinių medžiagų, tai mineralinių trąšų kalio fiksacija bus mažesnė. Kalio fiksacija silpnesnė rūgštesnės reakcijos dirvožemiuose. Sumažėjus puvenų ir dirvožemio rūgštingumui, kalis fiksuojamas stipriau. Humusui skaidantis ir dirvožemiui rūgštėjant iki pH 4,5–5,5 kalio fiksuojama mažiau. Kalis, kaip maisto elementas, patekęs į augalus, po kurio laiko augalinių liekanų forma vėl grįžta į dirvožemį [22].

Kalio jonų koncentracija dirvožemio tirpale yra pusiausvyroje su dirvožemio kietos fazės jonais, kurie yra sorbuoti ir fiksuoti. Kuo didesnė dirvožemio sorbcinė geba, tuo mažesni kalio koncentracijos kitimai dirvožemio tirpale, pažeidžiant pusiausvyrą. Naudingiausia augalams yra tada, kai pakankamai didelė ir pakankamai pastovi maisto medžiagų koncentracija išsilaiko visą augalų augimo laikotarpį, tačiau ne visuose dirvožemiuose tokį maisto medžiagų režimą pavyksta palaikyti. Pvz., smėlėtuose dirvožemiuose, kuriuose mažai humuso, dėl mažos jų sorbcinės gebos kalio koncentracija dirvožemio tirpaluose iškart po tręšimo būna didelė, bet jo atsargos greitai išsenka. Dirvožemiuose, kurių didelė sorbcinė geba, kalio jonų perėjimo į dirvožemio tirpalą greitis yra nedidelis ir ilgą laiką pastovus, todėl ilgai išlieka pusiausvyra tarp dirvožemio ir tirpalo [23].

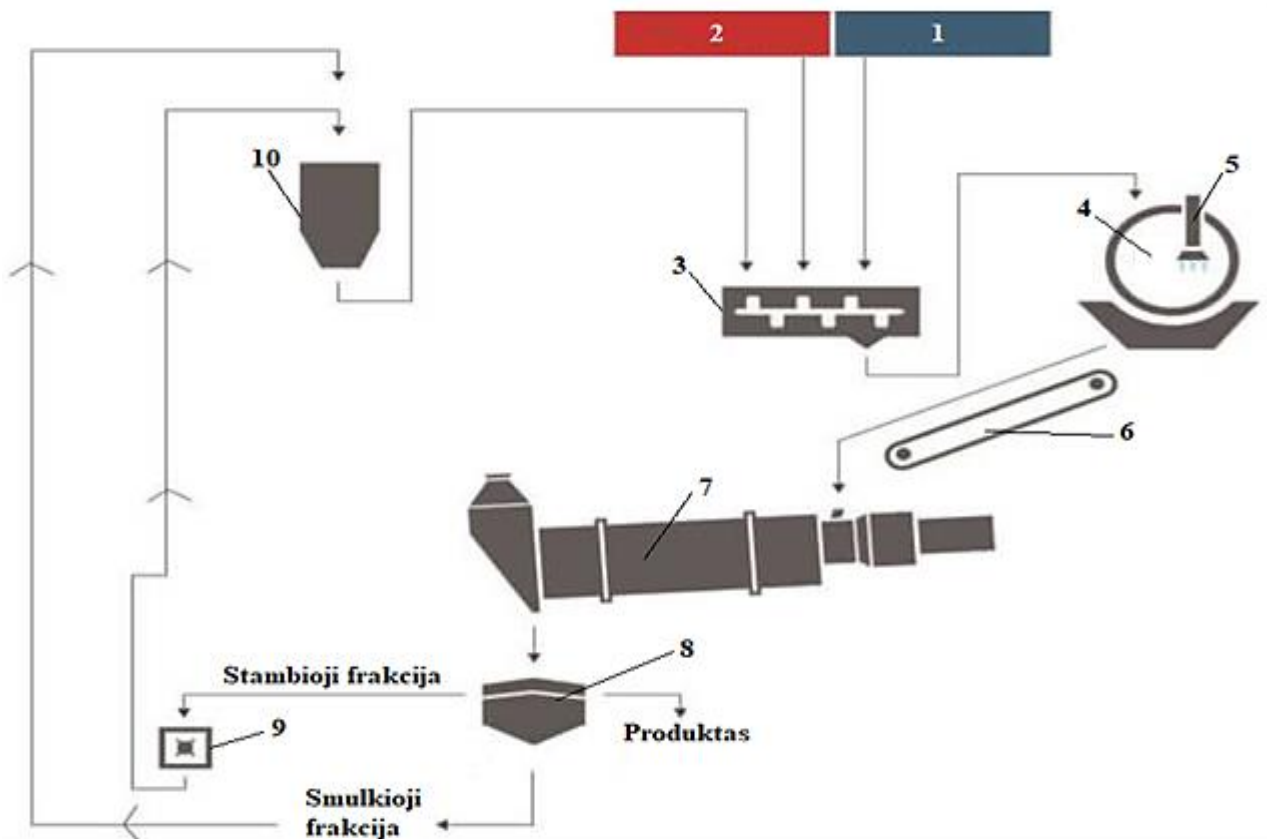
Kai dirvožemyje yra mažai kalio, dažnai, pridėjus kalio trąšų, kalis dirvožemyje pradžioje intensyviai fiksuojamas, o po to lėtai pereina į dirvožemį ir derlius padidėja tik kelis metus tręšiant kalio trąšomis. Svarbu, kad kalio trąšos būtų efektyvios ir santykinai nebrangios, nes norint išauginti gerą derlių, kalio reikia iki 1,0 kg arui. Įvairiose dirvose jo yra nuo 3 iki 19 kg arui. Rūgščioje terpėje jis tirpsta ir pereina į augalams prieinamą formą. Kalio trąšos žemės ūkiui augalams tręšti parenkamos atsižvelgiant į dirvožemio tipą, jo granulimetrinę sudėtį, reakciją, dirvožemio apsirūpinimą kaliu ir t.t. [8, 24].

1.6. Birių trąšų granuliavimo metodai ir technologijos

Granuliavimas – miltelių, lydalo ar susmulkintos plaušinės medžiagos (stiklo, metalo, trąšų, vaistų) vertimas granuluotomis t. y. beveik vienodomis aglomeruotomis stambesnėmis dalelėmis – granulėmis, sąveikoje su skysta faze [8]. Nors trąšų forma gali būti įvairi (sferinės, taisyklingos arba netaisyklingos formos, gumulėlio pavidalo), granulės turi būti mechaniškai tvirtos. Mechaniškai tvirtesnės, mažiau susitrina beriant ir tolygiau pasiskleidžia ant dirvos – sferinės formos granulės. Granuluotomis vadinamos medžiagos, kurių dalelių skersmuo didesnis kaip 0,5 mm, o smulkesnės dalelės vadinamos milteliais. Taisyklingų kristalų, gautų kristalizacijos būdu iš tirpalų ir natūralios kilmės produktai – nėra priskiriami granuluotoms medžiagoms. Daugeliu atvejų granuluoti produktai yra pranašesni už miltelius, nes ilgiau išlieka birūs, lengviau siojami, nedulka, ilgiau neišplaunami paviršiniaus vandenimis, dėl mažesnio paviršiaus sąlyčio ploto su dirvos komponentais. Dažnai tokie produktai efektyviau tręšia, nes ilgesnį laiką išlieka nepakitę [25].

Trąšų granuliavimo būdo parinkimas labiausiai priklauso nuo trąšų komponentų fizikinių ir cheminių savybių bei agregatinio būvio, kuriam esant medžiagos granuliuojamos, ir gali būti: sausų medžiagų granuliavimas drėkinant vandeniu arba garais, pulpos granuliavimas, lydalo granuliavimas, kompaktinis granuliavimas [25]. Paprasčiausiai sausosios trąšos granuliuojamos, kai sausas trąšų mišinys drėkinamas purškiant vandeniu ir mechaniškai maišomos dalelės aglomeruojasi į mažiau ar daugiau taisyklingas granules, kurios džiovinamos ir siojamos.

Norint parinkti trąšų žaliavų mišiniui tinkamą granuliavimo būdą ir granulatoriaus tipą būtina išanalizuoti žinomų granuliatorių taikymą skirtingoms medžiagoms. Granuliatorių būna įvairių: pseudoverdančio sluoksnio granulatorius – džiovykla, oru aušinamas granuliavimo (priliavimo) bokštas, mentelinis granulatorius, būgninis granulatorius, amonizatorius-granulatorius, sferodaizeris, dviejų būgnų granulatorius, lėkštinis granulatorius, ekstruderis. Principinė technologinė granuliavimo schema pateikiama 1.4 paveiksle.

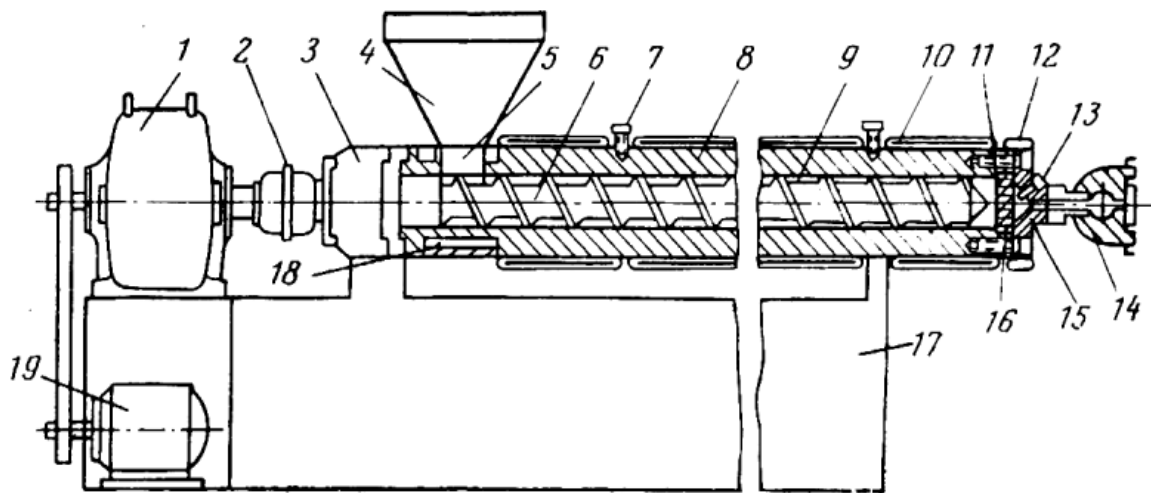


1.4 pav. Principinė technologinė granuliavimo schema [26]: 1 – rišiklis, 2 – žaliavos, 3 – maišyklė, 4 – būgninis granuliatorius, 5 – skysčio išpurškimo sistema, 6 – juostinis transporteris, 7 – būgninė džiovyklė, 8 – vibruojantys sietai, 9 – malūnas, 10 – tarpinis bunkeris

Sumaišytos žaliavos su rišikliu iš maišyklės (3) patenka į būgninį granuliatorių, kuriame trąšų masė apipurškiama vandeniu arba vandens garais (5), juostiniu elevatoriumi tiekama į būgninę džiovyklę (7). Granulės sijojamos (8), didesnės kaip 4 ar 5 mm dalelės susmulkinamos malūne (9), prekinės frakcijos granulės (2–4 mm) fasavimo įrenginiuose supilamos į maišus, o mažesnios (<1–2 mm), kaip returą, grąžinamos į gamybos liniją maišymui su pradinėmis medžiagomis.

Be šio granuliavimo būdų dar yra tablečių ir lazdelių gamyba. Dažniausiai tokio tipo trąšos naudojamos sodininkystėje, kuomet nereikalaujama didelių kiekių.

Ekstruzija vadinamas gaminių periodinis arba nepertraukiamas formavimo procesas, kai žaliava, esanti plastiškame arba klampiai takiaame būvyje, praspaudžiama per profiliuojantį instrumentą – galvutę. Galvutės profilio kiaurymės lemia gaminio konfiguraciją. Aparatas, kuriuo atliekama ekstruzija, vadinamas ekstruderiu. Ekstruderiai gali būti įvairūs – vieno, dviejų sraigčių, besraigčiai diskiniai, plunžeriniai. Dažniausiai naudojami vieno sraigto ekstruderiai. Toks ekstruderis (1.5 pav.) susideda iš sraigto, kuris sukasi cilindriname korpusė. Dažniausiai korpusė įpresuota įvorė (gilzė), kurios paviršius specialiai paruoštas. Cilindro korpusas gali būti šildomas ar šaldomas.

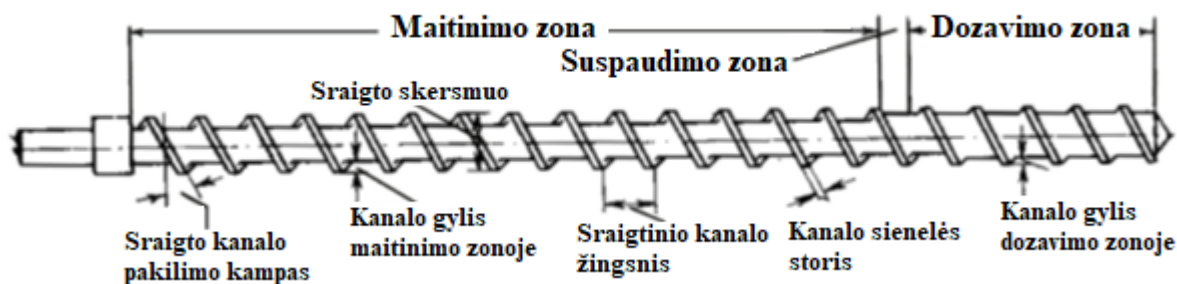


1.5 pav. Ekstruderis [27]: 1 – reduktorius, 2 – elastinga mova, 3 – atraminis guolis, 4 – pakrovimo talpykla, 5 – pakrovimo piltuvas, 6 – sraigtas, 7 – termopora, 8 – apšildomas korpusas, 9 – grūdintas cilindras, 10 – juostinis kaitintuvas, 11 – tinkleliai, 12 – jungiamojo antbriaunio šildytuvas, 13 – neapsaugota termopora, 14 – galvutė, 15 – jungiamasis antbriaunis, 16 – tinklelis, 17 – stovas, 18 – pakrovimo zonos aušinimo apvalkalas, 19 – variklis

Žaliava iš pakrovimo talpos per piltuvą (5) patenka į sraigto (6) kanalą. Sraigtas sukasi korpuso (8), esančio grūdinto cilindro viduje. Sukimą užtikrina elektrovareiklis (19), sujungtas su apskaitu mažinančiu reduktoriumi (1). Korpuso šildymas atliekamas išoriniu kaitintuvu (10), o temperatūra matuojama termopora (13). Žaliavos granulės judėdamos sraigto kanalu lydosi. Lydalas praspaudžiamas per groteles (11), už kurių gali būti tinkleliai (16). Po to lydalas patenka į galvutę (14).

Ekstruderiai gali būti klasifikuojami pagal eilę požymių. Pagal pakraunamų žaliavų fizinę būklę ekstruderiai skirstomi į plastifikuojančius arba lydalus perdirbančius. Pagal perdirbimo stadijų kiekį ekstruderiai skirstomi į vienstadijinius ir dvistadijinius. Pagal temperatūrinį režimą ekstruderiai gali būti universalūs arba politropiniai. Universaliose ekstruderiuose žaliavos kaitinimas ir lydymasis vyksta dėl išorinės šilumos tiekimo ir šilumos, išsiskiriančios dėl šlyties lydale. Politropiniuose ekstruderiuose visa šiluma generuojama dėl trinties ir šlyties.

Ekstruderio sraigatą galima suskirstyti į tris skirtingas geometrines zonas (1.6 pav.) – pakrovimo, suspaudimo ir dozavimo (homogenizavimo, išspaudimo). Kai kurie ekstruderiai turi ir degazavimo zoną, kurioje pašalinamos lakios medžiagos. Zonos skiriasi sraigto gyliu, taigi ir sraigtinio kanalo tūriu. Pakrovimo zonoje, į kurią patenka žaliavos, kanalo gylis didžiausias, o dozavimo zonoje, iš kurios lydalas išspaudžiamas į galvutę, mažiausias. Šias zonas jungia suspaudimo zona, kurioje kanalo gylis kinta nuo pakrovimo zonos kanalo gylio iki dozavimo zonos kanalo gylio. Taip pasiekiamas reikiamas suspaudimo laipsnis. Priklausomai nuo žaliavos fizinio būvio, sraigtas skirstomas į darbinės zonas, kurios ne būtinai sutampa su geometrinėmis zonomis – pakrovimo ir tiekimo, lydymosi ir homogenizacijos (dozavimo). Darbinių zonų ribos paslankios ir priklauso nuo perdirbamo polimero, sraigto konstrukcijos ir ekstruzijos režimo. Ekstruzijos parametrų pokytis keičia ir darbinių zonų ilgį.



1.4 pav. Ekstruderio sraigto schema [27]

Pakrovimo zonoje žaliava pašildoma ir transportuojama į kitą zoną. Šioje zonoje ypač svarbus sraigto dizainas, nes nuo sraigto kanalo gylio priklausys ar į sekančią zoną pateks pakankamai žaliavos. Bet negali būti tiekama ir per didelis kiekis. Optimalus dizainas susijęs su žaliavos forma ir prigimtimi, frikinėmis žaliavos komponentų savybėmis.

Suspaudimo zonoje sraigto gylis žymiai sumažėja, todėl plastiko žaliava suspaudžiama. Čia vyksta du svarbūs procesai – oro išstūmimas atgal į pakrovimo zoną ir šilumos perdavimo pagerėjimas dėl sumažėjusio plastiko storio.

Dozavimo zonoje sraigto kanalo gylis vėl pastovus, bet žymiai mažesnis nei buvo pakrovimo zonoje. Čia žaliavos lydalas yra homogenizuotas ir gali būti pastoviu greičiu tiekiamas į galvutę kaip tokios pačios temperatūros ir slėgio medžiaga.

1.7. Trąšų normos ir tręšimo būdai

Apie 5–10 % pasaulyje gaminamų trąšų skirtos tręšti vaismedžiams, daržovėms, vaiskrūmiams ir gėlėms. Pastaraisiais metais šių specialiųjų trąšų asortimentas plečiasi ir didėja.

Išanalizavus specialiųjų trąšų, skirtų sodo ir daržo bei dekoratyviniams augalams tręšti, asortimentą pasaulyje, specialiąsias trąšas galima suskirstyti į grupes:

- pagrindiniam tręšimui;
- maitinimui per lapus (papildomam tręšimui purškiant);
- kambarinėms ir balkoninėms gėlėms;
- aplinkos apželdinimui.

Skirtingos augalų rūšys pasižymi skirtingomis ir specifinėmis savybėmis, todėl reikalauja skirtingo maisto medžiagų kiekio ir santykio. Todėl augant augalams reikalingas įvairus specialiųjų trąšų asortimentas. Specialių trąšų gamyba nuo tradicinių skiriasi, pirmiausia mažesniu gamybos pajėgumu. Žaliavos parenkamos taip, kad neturėtų kenksmingų priemaišų, kurios galėtų likti trąšose ir vėliau turėtų įtakos žmogaus sveikatai ar gyvybei.

Specialiųjų trąšų įvairovė labai didelė, gaminama daugybė trąšų kompozicijų įvairioms augalų rūšims tręšti. Pradedant nuo kompleksinių trąšų su azoto, fosforo ir kalio (su mikroelementais arba be jų) iki vienkomponenčių trąšų, biologiškai aktyvių medžiagų, humuso rūgščių ir jų junginių. Pagrindinė specialiųjų trąšų paskirtis – maksimaliai aprūpinti augalą reikalingomis maisto medžiagomis bet kuriuo augimo laikotarpiu. Trąšos, kuriose yra daug azoto, skirtos dekoratyviniams žaliesiems augalams. Trąšos, kuriose yra didelis fosforo kiekis, dažniausiai būna, skirtos žydintiems augalams.

Kaktusams ir kitiems sokulentams reikia trąšų, kuriose azoto ir kalcio kiekiai maži, o daug yra fosforo ir kalio. Orchidėjoms skirtos mažos koncentracijos trąšos, o azalijoms ir rododendrams tinka trąšos, kuriose nėra kalcio.

Dėl specifinio naudojimo specialiosios trąšos pasižymi didele formos ir būvio įvairove, nuo kurių priklauso ir šių trąšų naudojimo būdas (žr. 1.7 pav.)



1.5 pav. Trąšų vartojimo būdai priklausomai nuo naudojamų trąšų formos [27]

Presuotos trąšos gaminamos įvairių formų: lazdelės, tabletės. Kai kurių trąšų formų pavyzdžiai pateikiami 1.8 paveiksle.



1.6 pav. Presuotų trąšų formų pavyzdžiai [29, 30]

Augalų tręšimas lazdelėmis labai paprastas (žr. 1.7 pav.). Priklausomai nuo augalo ir jo augimui naudojamo indo (vazono) skersmens į dirvožemį įterpiama atitinkamas kiekis trąšų lazdelių/tablečių (žr. 1.2 lentelė). Presuotos trąšos dirvoje tirpsta pamažu, jose esančias maisto medžiagas augalas įsisavina palaipsniui ir taip išvengiama trąšų normos perdozavimo, taigi ir augalo nudeginimo.

1.2 lentelė. Augalų tręšimui, prekės ženklo „COMPO“ (NPK (Mg) 8-10-13 (+3) + (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn)) trąšų, skirtų žydinčioms gėlėms, rekomenduojamos lazdelių normos

Vazono diametras, cm	9	14	18	23	28
Rekomenduojamas trąšų lazdelių skaičius, vnt	2	3	4	5	6

Tręšimo lazdelės gaminamos įvairių matmenų, o taip pat ir labai skirtingos scheminės sudėties, taigi ir skirtingo maisto medžiagų kiekio ir santykio. Dažniausiai jos skirtos žydintiems augalams (balkoninėms, kambario ar sodo gėlėms), orchidėjoms, augalams nusilpusiems nuo ligų, lapiniams augalams. Gaminamų trąšų lazdelių asortimentas labai platus, rinkoje esantys pavyzdžiai pateikiami 1.3 lentelėje.

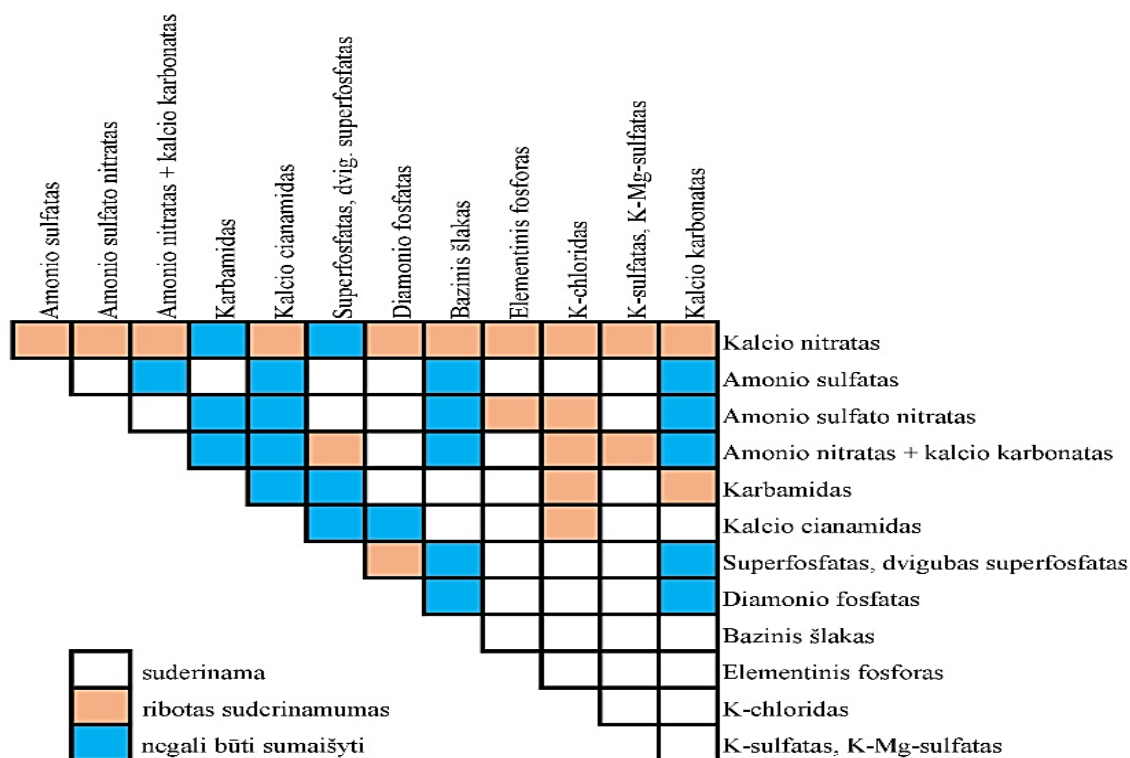
1.3 lentelė. Trąšų lazdelių asortimentas

Trąšų lazdelių markė (pavadinimas)	Paskirtis	Prekės ženklas (šalis)
NPK 10,5-10,8-10,2+(B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn).	Trąšų lazdelės skirtos orchidėjoms tręšti	<i>SUBSTRAL</i> (Vokietija)
N:P ₂ O ₅ :K ₂ O (MgO) 10,7-6,4-8,6 (+2,4)+(B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn).	Lapinių augalų lazdelės	<i>SUBSTRAL</i> (Austrija)
N:P ₂ O ₅ :K ₂ O 10-10-10+(B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn)	Žydinčių augalų lazdelės	<i>SUBSTRAL</i> (Austrija)
NPK (Mg) 8-10-13 (+3) + (B, Cu, Fe, Mn, Mo, Zn).	Trąšų lazdelės skirtos orchidėjoms tręšti	<i>COMPO</i> (Vokietija)
Natūralūs fermentai, grybai, bakterijos ir mikroorganizmai gauti iš natūralaus Guano.	Augalams nusilpusiems nuo grybelinių ligų	<i>Zielony Dom</i> (Lenkija)
Natūralūs fermentai, grybai, bakterijos ir mikroorganizmai gauti iš natūralaus Guano.	Nuo grunto ar antžeminių kenkėjų, nusilpusiems augalams.	<i>Zielony Dom</i> (Lenkija)
NPK 10-6-6 su mikroelementais (B, Cu, Fe, Mn, Mo)	Tinka visiems žydintiems balkoniniams ir kambariniams augalams	<i>BIOPON</i> (Lenkija)
NPK 12 : 6 : 9 turi mikroelementų.	Žaliesiems augalams	<i>BIOPON</i> (Lenkija)
NPK 8-10-15 su mikroelementais (B, Cu, Fe, Mn, Mo)	Lazdelės žydintiems augalams	<i>BIOPON</i> (Lenkija)
NPK 12-8-10 su mikroelementais	Skirtos visiems žydintiems balkoniniams ir kambariniams augalams	<i>BIOPON</i> (Lenkija)
NPK 12-6-9 su mikroelementais	Lapiniams augalams	<i>BIOPON</i> (Lenkija)
NPK 8-10-12 su mikroelementais	Pelergonijoms	<i>BIOPON</i> (Lenkija)
NPK 8-8-8 su mikroelementais	Orchidėjoms	<i>BIOPON</i> (Lenkija)
NPK 10-10-10- 4 MgO	Skirtos orchidėjoms tręšti	<i>Agrecol</i> (Lenkija)
Pagamintos iš kompostuoto broilerių mėšlo, jūros dumblių miltų ir kitų augalų	Skirtos visoms kambarinėms gėlėms tręšti	<i>Biolan</i> (Suomija)

Iš 1.3 lentelėje pateikto trąšų lazdelių asortimento matome, kad yra labai skirtingos cheminės sudėties trąšos, kurios skirtos įvairiems augalams (gausiai žydinčioms gėlėms, orchidėjoms, lapiniams augalams ir pan.). Daugiausiai trąšų lazdelių importuojama iš Lenkijos. Mažesnė dalis iš Vokietijos, Austrijos, Suomijos. Kadangi Lietuvoje trąšų lazdelių negaminama, tai gali būti viena iš naujų rinkų.

Presuotų trąšų gamybai gali būti taikomi komponentai, nesąveikaujantys tarpusavyje ir neturintys pašalinių kenksmingų priemaišų. Dažniausiai naudojami pradiniai komponentai presuotoms NPK trąšoms gaminti yra karbamidas, kalio sulfatas, paprastas ir dvigubas superfosfatas, diamonifosfatas, amonio salietra, amonio sulfatas, amofosas, sulfoamofosas. Šie komponentai turi turėti minimalų

kiekį drėgmės. Kad išvengti produkto savybių pablogėjimo, dėl medžiagų cheminės sąveikos, būtina atitinkamai parinkti žaliavas. Tam tikslui pasiekti naudojamos specialios diagramos, vadinamos sumaišymo lentelės. Duomenys apie galimus presuotų trąšų komponentų derinius pateikti 1.9 paveiksle.



1.7 pav. Trąšų komponentų suderinamumo diagrama [11]

Cheminiai procesai, maišant trąšas, dažniausiai daro įtaką trąšų kokybei, cheminei sudėčiai ir fizikinėms savybėms. Trąšų kokybė priklauso nuo komponentų sureagavimo tikimybės, drėgmės ir aplinkos temperatūros. Padidėjus temperatūrai ir aplinkos drėgmei cheminių reakcijų greitis tarp komponentų sudarančių trąšas didėja, o trąšų kokybė blogėja.

* * *

Apivendrinant literatūros apžvalgą – medžiagos, kurių pagrindinė ir svarbiausia paskirtis – aprūpinti augalus maisto medžiagomis, vadinamos trąšomis. Visi elementai vienodai svarbūs, bet kurio iš jų negaudamas augalas nyksta ir netgi žūva. Nei vieno būtinojo elemento net labai panašių cheminių savybių negalima pakeisti kitu, nes kiekvienas jų atlieka specifinę funkciją. Apie 5–10 % pasaulyje gaminamų trąšų skirtos tręšti vaismedžiams, daržovėms, vaiskrūmiams ir gėlėms. Pastaraisiais metais šių specialiųjų trąšų asortimentas plečiasi ir didėja. Dirvožemio nykimas bei jo derlingumo mažėjimas yra opi viso pasaulio problema. Jungtinių Tautų Organizacijos duomenimis, apie trečdalis planetos žemės yra nualinta. Kasmet pasaulyje dėl intensyvaus ūkininkavimo prarandama apie 24 mlrd. tonų derlingo dirvožemio. Siekiant atstatyti nualintą dirvožemį, rekomenduojama naudoti biologinius preparatus. Tokiu būdu dirvožemyje suaktyvinami natūraliai vykstantys procesai ir padidinama mikrobiologinė įvairovė. Išanalizavus trąšų lazdelių asortimentą pastebėta, kad didžiausias asortimentas tokių lazdelių importuojama iš Lenkijos šiek tiek mažiau iš Vokietijos, Austrijos, Suomijos. Rinkoje esančių trąšų lazdelių koncentracija yra nedidelė, todėl darbo tikslas – sukurti ir pagaminti NPK trąšų lazdeles su bioaktyviomis medžiagomis ir ištirti jų savybes.

2. Tiriamoji dalis

2.1. Metodinė dalis

2.1.1. Naudotos medžiagos

Kalio nitratas (KNO_3) – bespalviai, kietos agregatinės būsenos milteliai, kurių lydymosi temperatūra yra $334\text{ }^\circ\text{C}$. Jie gerai tirpsta vandenyje ($20\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje – 320 g/l). Gamintojas – *LACHEMA*.

Kalio dihidrofosfatas (KH_2PO_4) – bespalviai – balsvi, bekvapiai, kietos kristalinės būsenos milteliai, kurių lydymosi temperatūra – $250\text{--}255\text{ }^\circ\text{C}$. Jie gerai tirpsta vandenyje ($20\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje – 200 g/l). Gamintojas – *LACHEMA*.

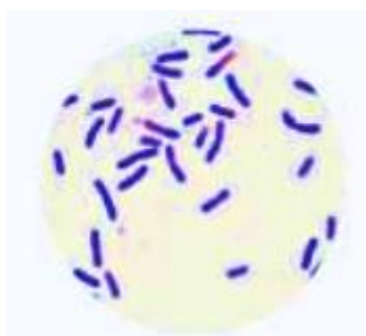
Kalcio hipofosfitas $Ca(H_2PO_2)_2$ – balti, kietos agregatinės būsenos milteliai, tirpūs vandenyje. Gamintojas – *REAHIM*.

Kalio sulfatas (K_2SO_4) – šviesiai pilki, kietos kristalinės būsenos milteliai; lydymosi temperatūra – $1069\text{ }^\circ\text{C}$. Jie gerai tirpsta vandenyje ($20\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje – 108 g/l). Gamintojas – *LACHEMA*.

Magnio sulfatas ($MgSO_4 \cdot 7H_2O$) – bespalviai, bekvapiai, kietos agregatinės būsenos milteliai, kurie gerai tirpsta vandenyje ($20\text{ }^\circ\text{C}$ temperatūroje – 300 g/l). Gamintojas – *LACHEMA*.

Distiliuotas vanduo, kuris gaminamas naudojant laboratorinį vandens distiliatorių *GFL-2001/4*.

Fosfix – biologinis preparatas, kurio veiklioji medžiaga yra bakterijos *Bacillus sp* (žr. 2.1 pav.). Patekusios į dirvą atpalaiduoja fosforą iš neprieinamų augalams formų tokių kaip kalcio, geležies ir aliuminio fosfatai, kurie tokiu būdu paverčiami augalams prieinamu fosfatu. Bakterijos atlieka ir daugiau funkcijų, jos sintetina tokias medžiagas kaip tiaminas, nikotininė ir pantotetinė rūgštis, biotinas, pridoksinas ir kt. Preparatas yra draugiškas dirvožemiui, nes pH vertė yra neutrali ir lygi 6,5.



2.1 pav. Fosfix biologinis preparatas [31]

Humicop – skystosios formos trąšos su dideliu kiekiu huminių rūgščių, išgautų iš leonardito. Sudėtis: huminis ekstraktas sudaro 15 %, huminės rūgštys – 11 %, fulvinės rūgštys – 4 %. Preparato paskirtis atstatyti dirvožemio struktūrą, išlaikyti jo vientisumą, stabilumą, poringumą, pralaidumą. Būdamas dirvoje jis padeda susidaryti dirvos molio–humuso dalelių kompleksams, nuo kurių priklauso geresnis maisto medžiagų prieinamumas ir įsisavinimas. Taip pat didina dirvožemio gyvybingumą, gausina mikroorganizmų populiaciją, skatina jų veiklos aktyvumą dirvodaros ir humuso susidarymo procesuose. Produktas gali būti maišomas su kitomis trąšomis ir pesticidais arba herbicidais.

2.1.2. Cheminės analizės metodai

Azoto masės dalis buvo nustatyta Kjeldal'o metodu, naudojant *Gerhardt Vapodest 45s* prietaisą, kuris atitinka *DIN EN ISO 9001* standartą. Metodas pagrįstas nitratinio azoto redukavimu iki amoniakinio šarminėje aplinkoje, naudojant Devardos lydinį, ir viso azoto distiliavimu į boro rūgšties tirpalą bei jo kiekio nustatymu titruojant druskos rūgšties tirpalu.

Bendrojo azoto masės dalis, išreikšta procentais, skaičiuojama pagal formulę [32]:

$$C_N = \frac{(V - V_0) \cdot K \cdot 0,0028 \cdot 250 \cdot 100}{m \cdot 25}, \%; \quad (2.1)$$

čia V – 0,2 mol/dm³ koncentracijos druskos rūgšties tirpalo, sunaudotos analizuojame pavyzdžio titravimui, tūris, cm³; V_0 – 0,2 mol/dm³ koncentruotos druskos rūgšties tirpalo, sunaudoto tuščiojo pavyzdžio titravimui, tūris, cm³; K – pataisos koeficientas perskaičiavimui į tikslią druskos rūgšties $c(\text{HCl}) = 0,2$ mol/dm³ koncentraciją; 0,0028 – azoto masė, atitinkanti $c(\text{HCl}) = 0,2$ mol/dm³ koncentracijos druskos rūgšties tirpalo 1 cm³, g; m – trąšų ėminio masė, g.

Bandymo rezultatas yra dviejų lygiagrečiai atliktų bandymų rezultatų aritmetinis vidurkis, kai skirtumas tarp šių bandymų rezultatų yra ne didesnis kaip 0,3 % (pakankama bandymo tikimybė $P = 0,95$).

Fosforo fotokolorimetrinis nustatymas remiasi fosfato sąveika su amonio molibdatu ir vanadatu, susidarant geltonos spalvos fosforo – molibdeno – vanadžio kompleksui $\text{P}_2\text{O}_5 \cdot \text{V}_2\text{O}_5 \cdot 22\text{MoO}_3 \cdot \text{H}_2\text{O}$. Šio komplekso spalvos intensyvumas priklauso nuo P_2O_5 koncentracijos. Analizės tikslumui padidinti, nustatant didesnę fosforo koncentraciją ($\text{P}_2\text{O}_5 > 25\%$) naudojamas diferencinis būdas. Jis paremtas geltono fosforo – molibdeno – vanadžio komplekso šviesos laidumo matavimu, lyginant jį su tirpalu, kuriame yra žinomas P_2O_5 kiekis. Komplekso optinis tankis matuojamas fotokolorimetru, esant bangos ilgiui $\lambda = 450$ nm. Metodas leidžia analizuoti trąšų gamybos produktus, kuriuose yra iki 70 % P_2O_5 . Santykinė paklaida ± 1 %. Analizė atlikta naudojant *T70/T80 UV – VIS* Spektrofotometrą, kurio bangos ilgio diapazonas 190 – 1100 nm, bangos ilgio tikslumas $\pm 0,3$ nm, bangos ilgio atsikartojamumas $\pm 0,2$ nm [32].

Naudojant etaloninius tirpalus sudaromas gradavimo grafikas, iš kurio randama P_2O_5 koncentracija (mg/100 cm³). P_2O_5 masės dalis apskaičiuojama pagal formulę:

$$C_{\text{P}_2\text{O}_5} = \frac{a \cdot 250 \cdot 100}{G \cdot V \cdot 1000}, \%; \quad (2.2)$$

čia a – P_2O_5 koncentracija, nustatyta pagal kalibravimo grafiką, mg/100 cm³; G – tiriamo mėginio masė, g; V – tirpalo, paimto analizei, tūris, cm³.

Kalio nustatymas liepsnos fotometriniu metodu esmė yra analizuojamo tirpalo suspausto oro išpurškimas į liepsną, kuri yra atomų sužadavimo šaltinis. Kalis analizuojamas pagal 766,5 nm ir 769,9 nm spektro linijų dubletą. Spektro linijų intensyvumas yra proporcingas elemento

koncentracijai. Elemento koncentracija nustatoma 0,5–3,0 % tikslumu. Koncentracijos nustatymui naudojamas gradavimo grafiko metodas. Analizė atlikta naudojant *Jenway PFP7* prietaisą.

Kalio masės dalis (perskaičiuota į K_2O) apskaičiuojama pagal formulę:

$$C_{K_2O} = \frac{b_I \cdot 1,205 \cdot 500 \cdot 100}{1000 \cdot m \cdot 2} \cdot 100, \% \quad (2.3)$$

čia b_I – kalio koncentracija analizuojamame bandinyje, nustatyta gradavimo grafiko arba ribojančių tirpalų, mg/cm^3 ; m – analizei paimta bandinio masė, g.

2.1.3. Instrumentinės analizės metodai

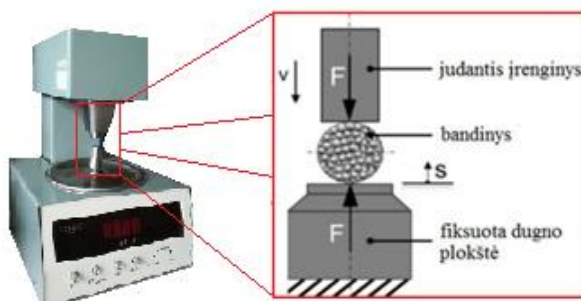
Mineralams, cheminiams junginiams ir jų atmainoms identifikuoti bei kokybinei junginių analizei, monokristalų ir polikristalinių medžiagų kristalų gardelės struktūrai ir jos defektams, kristalų dydžiui nustatyti naudojama kiekybinė rentgeno spinduliuotės difrakcinė analizė (RSDA). Rentgeno spinduliuotės fluorescensinė analizė atlikta spektrometru Bruker X-ray S8 Tiger WD. Naudotas rodžio (Rh) vamzdelis, antodinė įtampa U_a iki 60 kV, srovės stipris (I) iki 130 mA. Bandiniai buvo matuoti helio atmosferoje. Matavimai atlikti naudojant *SPECTRA Plus QUANT EXPRESS* metodą [33].

2.1.4. Fizikinių savybių nustatymo metodai

pH – vandenilio jonų (H^+) koncentracijos tirpale matas, parodantis tirpalo rūgštingumą ar šarminumą. pH išmatuota pH – metru *HANNA pH 211* naudojant stiklo membraninį elektrodą H11 131 B, kurio užpildas – palyginamasis 1N KCl tirpalas.

Drėgmės kiekiui nustatyti buvo naudojamas elektroninis drėgmės analizatorius – *KERN MLS_N*. Analizatoriaus veikimas pagristas išgarinamo vandens, naudojant halogeno lempą, svorio pokyčio nustatymu, kaitinant bandinį iki 100 °C, kol nesikeitė masė.

Stipriui nustatyti buvo naudojamas *IPG-2* prietaisas, kurio didžiausia spaudžiamoji jėga yra 200 N, paklaida $\pm 1,6$ %. Stipris nustatytas traiskant 10 cilindro formos dalelių (plonų lazdelių išmatavimai – 0,5x0,5 cm., storų lazdelių – 0,5x0,9 cm) ir pagal intervalinį įvertį skaičiuojant aritmetinį vidurkį, santykinę, standartinę bei absoliučiąsias paklaidas.



2.2 pav. Stiprio matavimo prietaisas *IPG – 2*

Hidroskopiškumui nustatyti suformuotos trąšų lazdelės buvo laikomos eksikatoriuje virš sotaus natrio nitrito tirpalo, nuolat nustatant jų masę, kol ji nustojo keistis. Masės pokyčiui nustatyti naudotos elektroninės *WPS 210/C KERN ABJ* ($\pm 0,001$ g) svarstyklės. Eksikatoriuje virš sotaus $NaNO_2$ tirpalo buvo palaikoma 60–63 % drėgmė ir 21–25 °C temperatūra.

Pagrindinė pagamintus tirpalus, kurie naudojami trąšų lazdelėms gaminti, apibūdinti savybė yra tirpalų tankis. Tai – fizikinis dydis, rodantis medžiagos masę tūrio vienetu. Tankio nustatymui naudota stikliniai 5 cm³ piknometrai. Sausas ir švarus piknometras pasveriamas 0,0002 g tikslumu, pipete pripildomas šviežiai virto ir iki kambario temperatūros atvėsinto distiliuoto vandens ir pasveriamas 0,0002 g tikslumu. Piknometro vandens skaičius apskaičiuojamas taip:

$$m = m_2 - m_1; \quad (2.4)$$

čia m_2 – piknometro su vandeniu masė, g; m_1 – tuščio piknometro masė, g.

Tankis nustatomas taip: sausas ir švarus piknometras 18–20 °C temperatūroje pipete pripildomas tiriamojo trąšų tirpalo, neištepant piknometro sienelių. Piknometras pasveriamas 0,0002 g tikslumu. Tiriamojo trąšų tirpalo tankis ρ' apskaičiuojamas pagal lygtį:

$$\rho' = \frac{m_3 - m_1}{m} \quad (2.5)$$

čia m_2 – piknometro su trąšų tirpalu masė, g; m_1 – tuščio piknometro masė, g.; m – piknometro vandens skaičius, g.

2.1.5. Statistinis duomenų apdorojimas

Aritmetinis vidurkis – visų imties baigčių x_1, x_2, \dots, x_n sumos ir imties tūrio santykis. Apskaičiuojamas pagal 2.3 lygtį, arba naudojant *Microsoft Excel* funkciją AVERAGE [34].

$$\bar{x} = \frac{x_1 + x_2 + \dots + x_n}{n} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (2.6)$$

Standartinis nuokrypis – dydis parodantis, kiek daug reikšmės skiriasi nuo aritmetinio vidurkio (vidutinės reikšmės). Apskaičiuojamas naudojantis 2.4 lygtimi, arba *Microsoft Excel* funkciją STDEV [34].

$$s = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (\bar{x} - x_i)^2} \quad (2.7)$$

Absoliučioji paklaida – dydžio apytikslės ir tikslios reikšmių skirtumo modulis vadinamas absoliučiąja paklaida. Jei skaičiaus a apytikslė reikšmė lygi skaičiui x , tai apytikslės reikšmės absoliučioji paklaida randama pagal 2.5 formulę [19].

$$\Delta a = |x - a| \quad (2.8)$$

Santykinė paklaida – dydžio apytikslės reikšmės santykinė paklaida vadiname absoliučiosios paklaidos ir apytikslės reikšmės santykį. Apytikslės reikšmės santykinė paklaida randama pagal 2.6 formulę [19].

$$\frac{|x - a|}{a} \quad (2.9)$$

2.2. Eksperimento rezultatai ir jų aptarimas

2.2.1. Trąšų lazdelių balansas ir gavimo sąlygos

Įvertinus literatūroje esančią informaciją apie trąšų lazdelių naudojimo sritis, žaliavoms keliamus reikalavimus ir esamą specialiųjų trąšų asortimentą buvo parinktos žaliavos, kuriose yra visos reikalingos AMM, bet nėra chlorido jonų. Be to, atsižvelgta į tarpusavio sąveikos diagramą, siekiant, kad žaliavos tarpusavyje nereaguotų ir nepablogintų produkto savybių.

Pagal pasirinktose žaliavose (druskose) esančią AMM koncentraciją buvo parinkta 6–24–33–5 (CaO)–2 (S) NPK markė ir sudarytas reikalingų medžiagų balansas (žr. 2.1 lentelė).

2.1 lentelė. 6–24–33–5 (CaO)–2 (S) markės trąšų gamybos žaliavų balansas

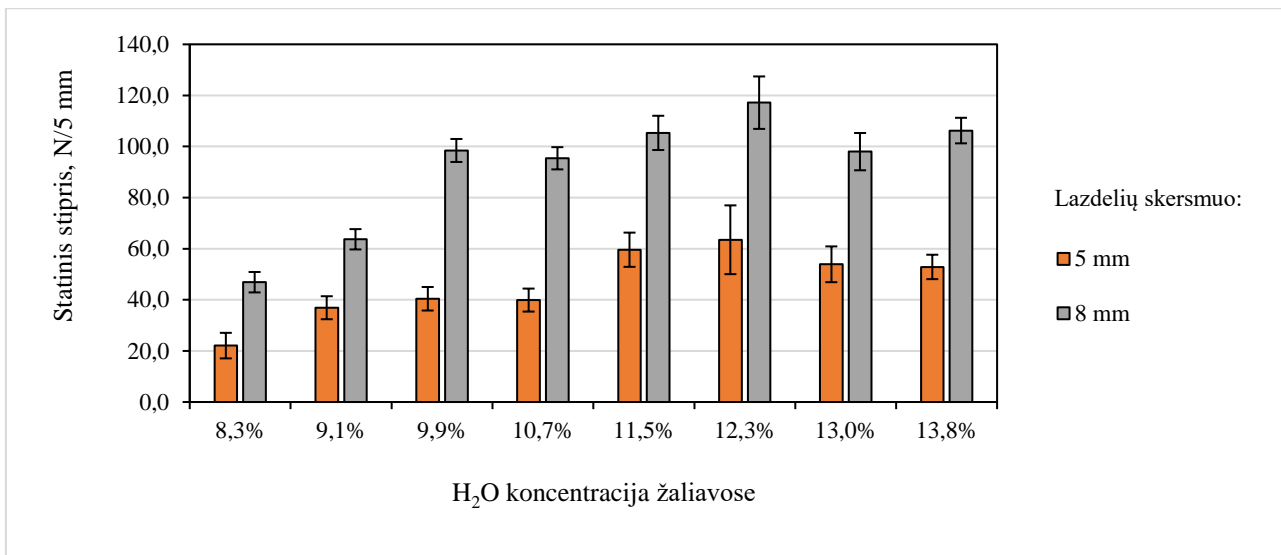
Komponentas	Sudėtis	Maisto medžiagų kiekis, kg					Kiekis, kg/t
		NO ₃ ⁻	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	S	
Kalio nitratas	14–0–39	55,45	–	154,45	–	–	400,00
Kalio dihidrofosfatas	0–23–29	–	77,50	97,50	–	–	340,00
Kalcio hipofosfitas	0–18–0	–	27,35	–	50,64	–	150,00
Kalio sulfatas	0–0–23	–	–	22,40	–	18,40	100,00
Magnio sulfatas	0–0–0	–	–	–	–	1,30	10,00
Viso:		60	240	330	50	20	1000

Iš 2.1 lentelės duomenų matome, kad vienai 1 t mišinio gauti reikės: 400,00 kg – KNO₃, 340,00 kg – KH₂PO₄, 150,00 kg – Ca(H₂PO₂)₂, 100,00 kg – K₂SO₄, 10,00 kg – MgSO₄ · 7 H₂O. Suminis AMM kiekis tonoje mišinio: NO₃⁻ – 60 kg, P₂O₅ – 240 kg, K₂O – 330 kg, CaO – 50 kg, S – 20 kg.

Reikiamai trąšų formai išgauti, pasirinktas ekstruzinis lazdelių gamybos būdas, kurio esmė yra norimos formos trąšų gavimas, perleidžiant drėgną žaliavų masę per tam tikro profilio ertmę. Siekiant gauti geriausių fizinių ir cheminių savybių lazdeles, buvo gamina seriją mėginių iš tų pačių žaliavų tačiau keičiant rišamąsias medžiagas, jų koncentraciją ir kiekį. Kaip rišamosios medžiagos buvo naudojama: H₂O, Fosfix (1, 2, 3 %) ir Humicop (1, 2, 3 %) vandeniniai tirpalai. Buvo gaminamos, dviejų skirtingų matmenų (5 ir 8 mm skersmens ir 4,5 cm ilgio lazdelės).

2.2.2. NPK trąšų lazdelių gavimas naudojant rišamąją medžiagą H₂O

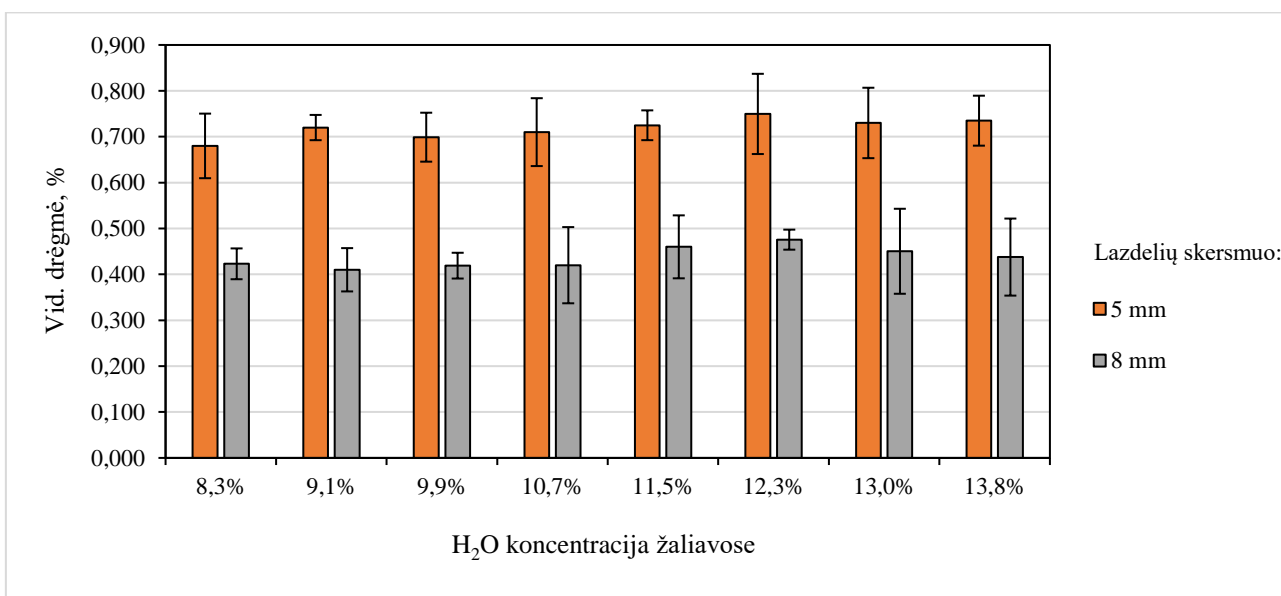
Kadangi trąšų lazdelės turi būti vazone įsmeigiamos į dirvą gana giliai, viena iš svarbiausių jų fizikinių savybių yra statinis stipris. Jis buvo nustatytas gniuždant 10 cilindro formos bandinių, esančių vienodo (5 mm) ilgio ir skirtingo skersmens (5 mm ir 8 mm). Iš gautų eksperimentinių duomenų pagal intervalinį įvertį skaičiuotas aritmetinis vidurkis, standartinis nuokrypis, santykinė ir absoliučioji paklaidos. Gauti rezultatai pateikti 2.3 paveiksle.



2.3 pav. NPK trąšų lazdelių statinio stiprio priklausomybė keičiant H₂O tirpalo koncentraciją žaliavose

Iš 2.3 paveiksle pateiktų rezultatų matyti, kad drėgmės kiekis žaliavose daro skirtingą įtaką. Didinant vandens koncentraciją iki 12,3 % – statinis stipris didėja, o po to pradeda po truputį mažėti. Tai leidžia daryti išvadą, kad norint gauti stipriausias lazdeles reikia nustatyti optimalų vandens kiekį žaliavose. Stipriausios lazdelės gaunamos, kai rišamojo tirpalo koncentracija žaliavose yra 12,3 %, 5 mm skersmens lazdelių stipris yra 63,5 N/5 mm, o 8 mm – 117,2 N/5 mm.

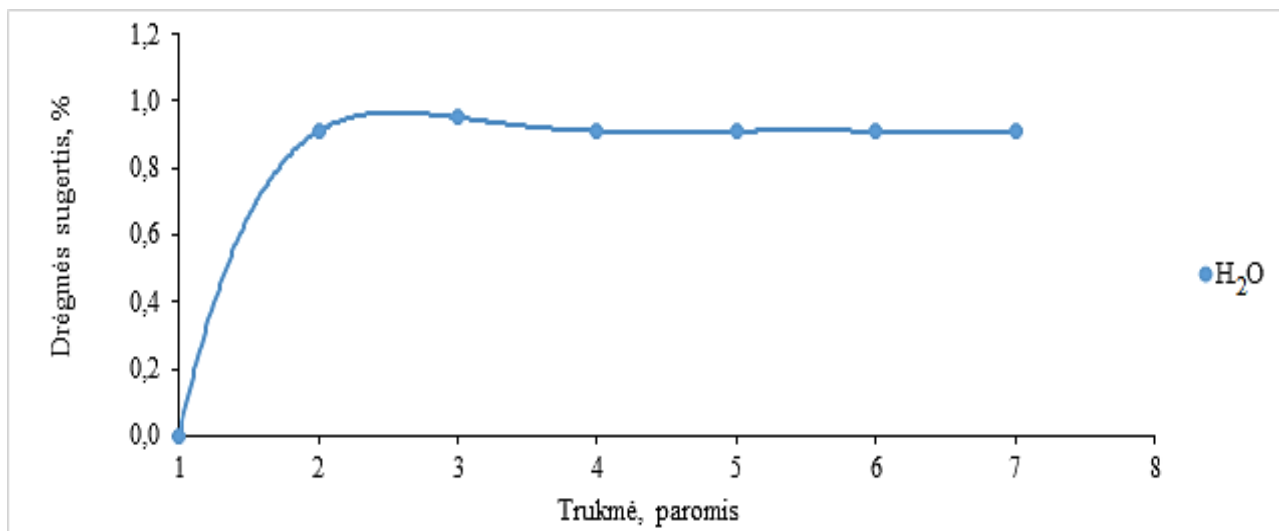
Analizuojant pagamintų NPK trąšų lazdelių drėgmę po džiovavimo, kaip rišamąją medžiagą naudojant H₂O (žr. 2.4 pav.) matyti, kad 8 mm skersmens lazdelėse likusios drėgmės kiekis yra šiek tiek mažesnis, nei 5 mm skersmens lazdelėse. Tai būtų galima paaiškinti didesniu paviršiaus plotu, nuo kurio džiovavimo metu pasišalina drėgmė, esant didesnio skersmens lazdelėms.



2.4 pav. NPK trąšų lazdelių statinio drėgmės priklausomybė keičiant H₂O tirpalo koncentraciją žaliavose

Pagamintų trąšų lazdelių kokybei įvertinti buvo tiriamas ir šių trąšų higroskopiškumas. Iš 2.5 paveiksle pateiktų duomenų matyti, kad trąšų lazdelės yra nehigroskopiškos, nes didžiausias sugertos drėgmės kiekis, laikant jas 60–63 % drėgmės ir 21–25 °C temperatūros sąlygomis, yra

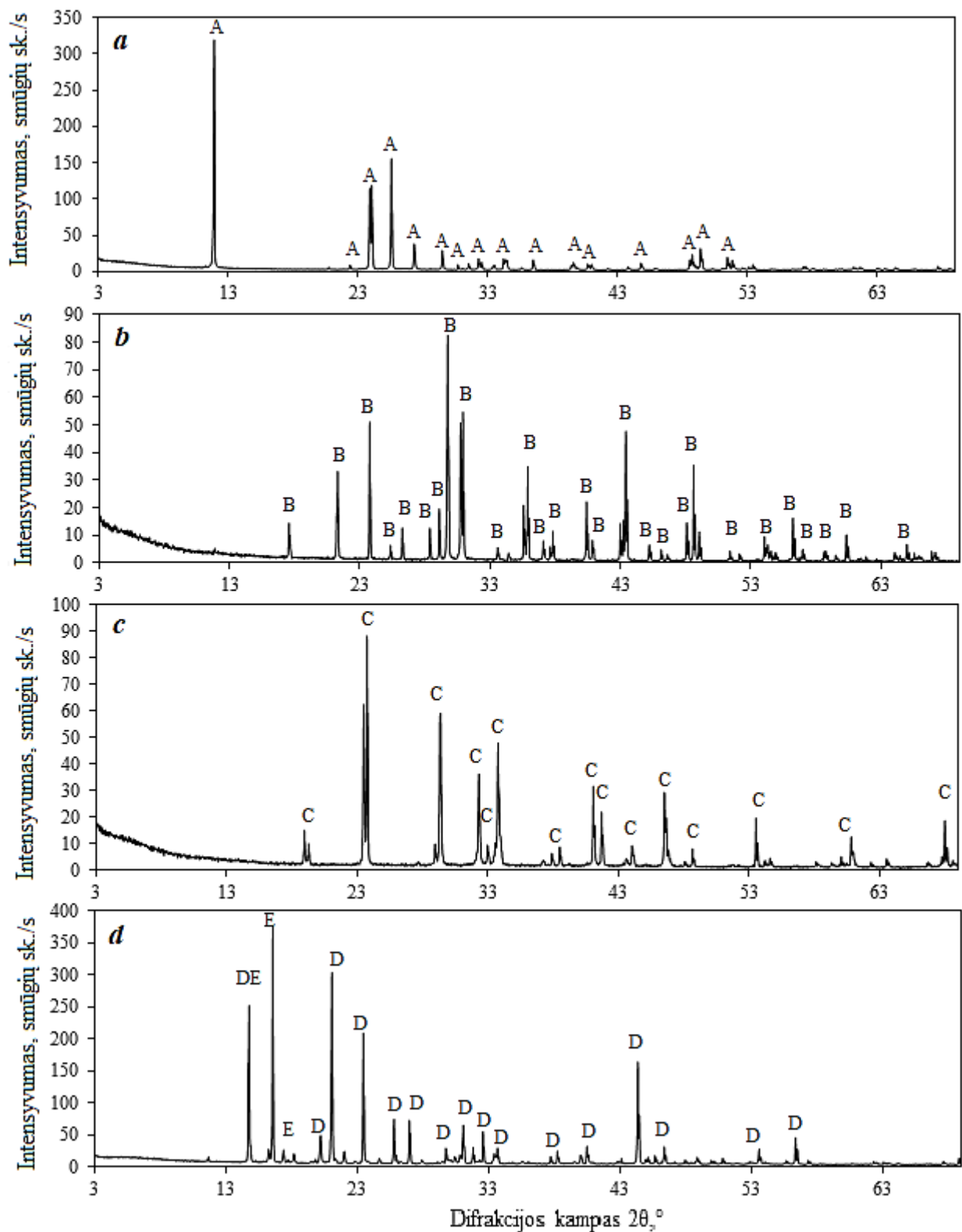
1,17 %. Iš kreivės galime daryti išvadą, kad didžiausias drėgmės sugėrimo greitis yra 1-ąją parą, o po 3–sios paros nusistovi ir praktiškai nesikeičia. Kreivėse matomi tam tikri minimalūs (iki 0,26 %) drėgmės svyravimai yra visiškai suprantami ir paaiškinami temperatūros ir drėgmės svyravimu eksikatoriuje tyrimo metu.



2.5 pav. NPK trąšų lazdelių higroskopiškumo priklausomybė, kai rišamojo tirpalo koncentracija žaliavose 12,3 %

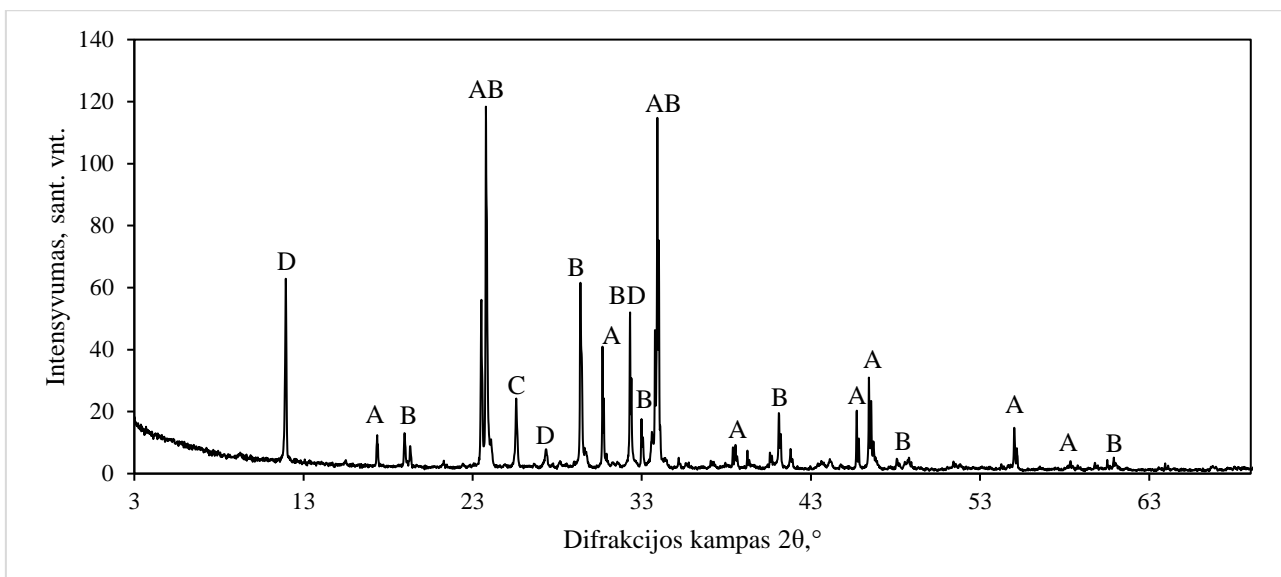
Kadangi geriausiomis savybėmis, pasižymi mėginiai, kai rišamojo tirpalo koncentracija žaliavose 12,3 %, naudojant cheminės (Kjeldal'o, fotokolorimetrį ir liepsnos fotometrinių) analizės metodus, nustatyta pagamintų NPK trąšų cheminė sudėtis: N – 5,03 %, P_2O_5 – 18,00 %, K_2O – 38,03 %. Iš šių duomenų matyti, kad naudojant rišamąją medžiagą H_2O , pagal augalų maisto medžiagų koncentraciją, gautų trąšų markė būtų 5–18–38.

Siekiant įsitikinti ar parinktoje žaliavoje yra grynos ir nėra pašalinių cheminių junginių buvo atlikta žaliavų rentgeno difrakcinė analizė (žr. 2.6 pav.). A dalyje pateikta $Ca(H_2PO_2)_2$ rentgeno difrakcinės analizės kreivė, žaliavoje nepastebėta cheminių priemaišų. B dalyje pateikta K_2SO_4 rentgeno difrakcinės analizės kreivė, žaliavoje nepastebėta cheminių priemaišų. C dalyje pateikta KNO_3 rentgeno difrakcinės analizės kreivė, žaliavoje nepastebėta cheminių priemaišų. D dalyje pateikta $MgSO_4 \cdot 7H_2O$ rentgeno difrakcinės analizės kreivė. Pastebėta, kad žaliavoje randama ir $MgSO_4 \cdot 6H_2O$. Galime daryti išvadą, kad druskos hidratavosi ir neteko dalies H_2O molekulių.



2.6 pav. NPK trąšų lazdelių gamybai, naudojamų žaliavų, rentgeno difrakcinės analizės kreivės:
a $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$ grafikas: A – $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_2)_2$, *b* K_2SO_4 grafikas: B – K_2SO_4 , *c* KNO_3 grafikas: C – KNO_3 ,
d KNO_3 grafikas: D – $\text{MgSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$, E – $\text{MgSO}_4 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$

Norint įsitikinti, kad tarp žaliavų nevyko cheminė reakcija ir nesudarė nauji cheminiai junginiai buvo atlikta NPK trąšų lazdelių rentgeno difrakcinė analizė (žr. 2.7 pav.).



2.7 pav. Ekstruziniu metodu pagamintų NPK trąšų lazdelių, naudojant rišamąją medžiagą H₂O, rentgeno difrakcinės analizės kreivė: A – K(H₂PO₄), B – KNO₃, C – K₂SO₄, D – Ca(H₂PO₂)₂

Rentgeno difrakcinės analizės kreivėje buvo identifikuoti tokie junginiai: K(H₂PO₄), KNO₃, K₂SO₄, Ca(H₂PO₂)₂. Galime daryti išvadą, kad tarp rišamosios medžiagos ir žaliavų nevyksta cheminė reakcija ir nesusidaro nauji junginiai.

Siekiant ištirti maisto medžiagų išplovimą iš dirvožemio 0,280 g NPK 5–18–38 trąšų įdedama į 30 g dirvožemio ir užpilama 50 ml vandens. Naudojant cheminės (Kjeldal'o, fotokolorimetriją ir liepsnos fotometrinių) analizės metodus tirtas filtratas ir nustatyta išplautų pagrindinių AMM koncentracija (žr. 2.2 lentelė).

2.2 lentelė. Išplautų maisto medžiagų koncentracija filtrate, kai rišamojo tirpalo koncentracija 12,3 %

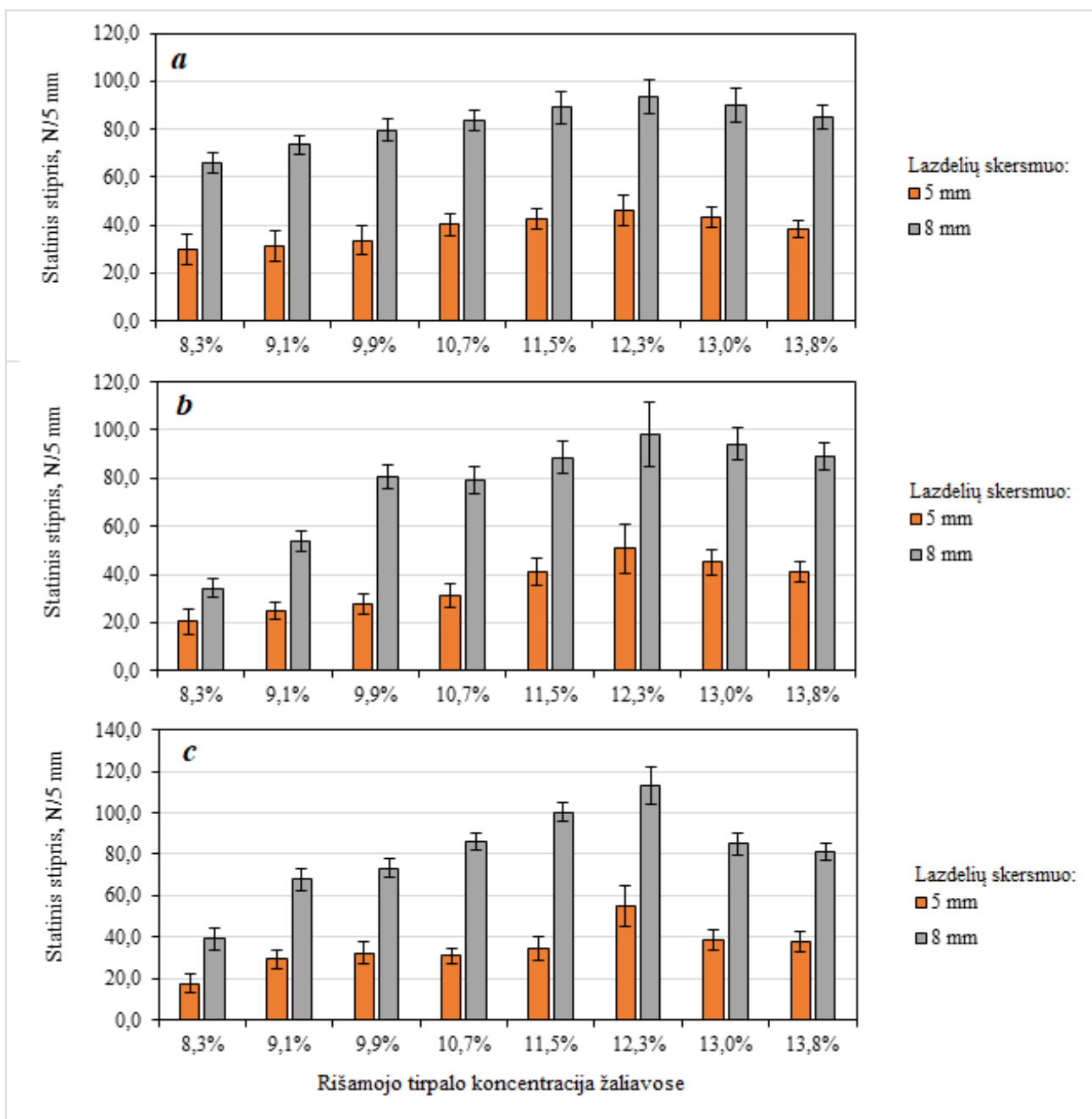
Naudotas tirpalas	Filtratas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
H ₂ O	Filtratas nr. 1	2,725 %	1,250 %	5,336
	Filtratas nr. 2	0,285 %	–	3,615
	Filtratas nr. 3	0,0048 %	–	–

Išanalizavus rezultatus matyti, kad didžiausias azoto kiekis (2,7 %) išsiplauna po 1-ojo užpylimo, o po 3-ojo praktiškai jau neišsiplauna, nes nustatyta azoto koncentracija yra paklaidos ribose. Atlikus tris užpylimus sumoje išsiplauna 3,015 % azoto. Fosforas, perskaičiuotas į P₂O₅ išsiplauna tik po pirmojo užpylimo (1,250 %). Kalis, perskaičiuoto į K₂O, sumoje per du užpylimus išsiplauna 8,951 %. Neišplautas AMM kiekis yra augalams prieinamoje formoje.

Nustatyta geriausių savybių lazdelių (kai rišančio tirpalo koncentracija 12,3 %) 10 % koncentracijos tirpalo pH – 4,55, vadinasi NPK 5–18–38 markės lazdelės rūgštis dirvožemi.

2.2.3. NPK trąšų lazdelių gavimas naudojant rišamąją medžiagą Fosfix tirpalą

Kaip buvo minėta lieteratūros apžvalgoje visaverčiam augalų auginimui labai svarbu dirvožemyje esančios bakterijos ir mikroorganizmai. Remiantis *Fizikinės ir neorganinės chemijos katedroje* atliktu Marijaus Grodickio baigiamuoju darbu, rišamuoju tirpalu buvo parinktas bakterijų tirpalas *Fosfix*. Šiame tirpale esančių bakterijų paskirtis yra dirvoje trąšose esantį fosforą paversti į tokią formą, kurią augalai lengvai įsisavina. *Fosfix* tirpalo koncentracija žaliavose, buvo keičiama kas 1 %, t.y. buvo: 1 %, 2 %, 3 %. Pagaminto tirpalo kiekis buvo išlaikomas toks pat, kaip naudojant gyvą vandenį.

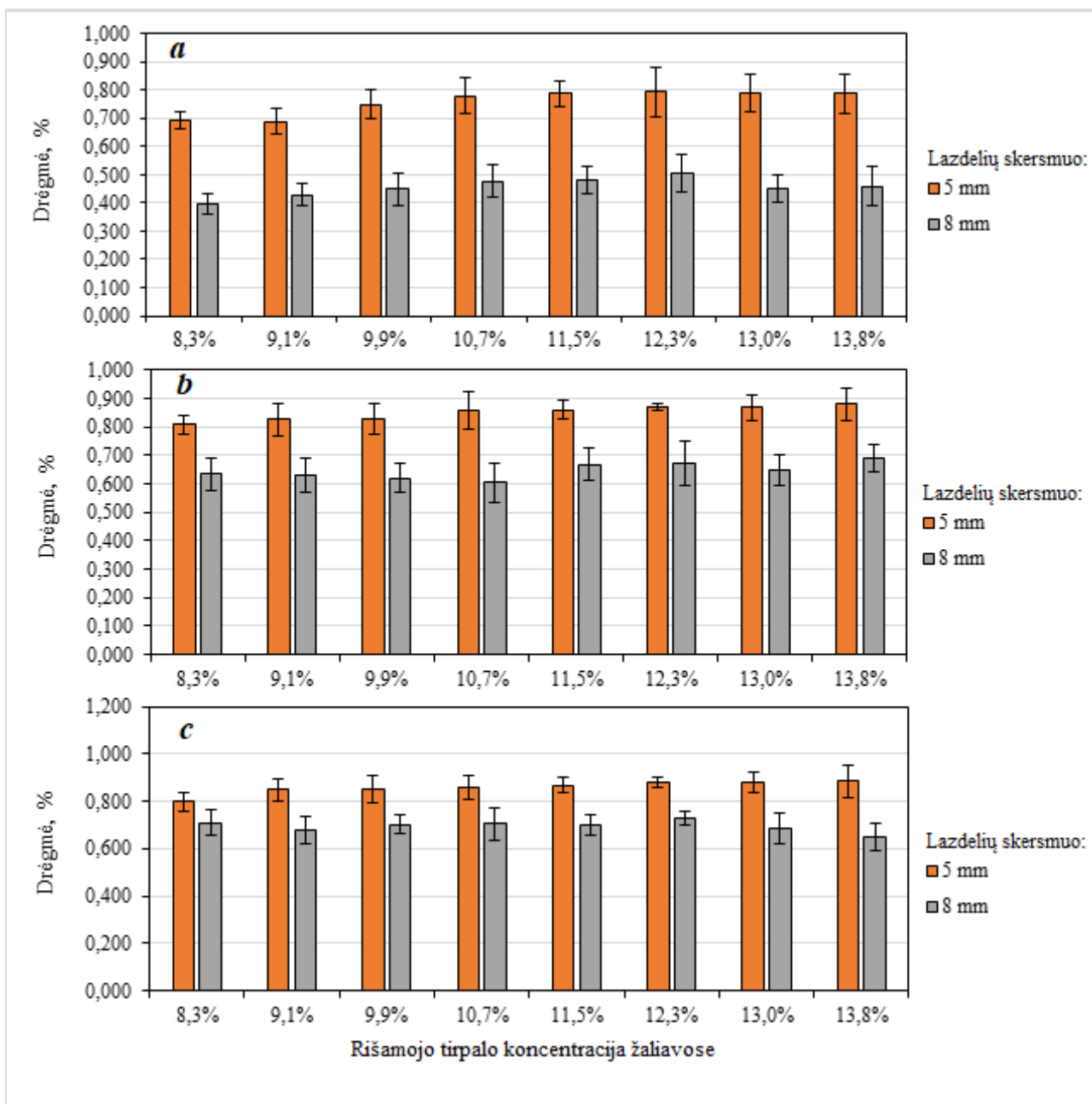


2.8 pav. NPK trąšų lazdelių statinio stiprio priklausomybė keičiant rišamojo tirpalo koncentraciją žaliavose: a – Fosfix 1 %, b – Fosfix 2 %, Fosfix 3 %

Iš gautų stiprio rezultatų galime daryti išvadą, kad esant 12,3 % rišamosios medžiagos NPK trąšų lazdelių statinis stipris išlieka didžiausias. Didinant Fosfix 1, 2, 3 % rišamojo tirpalo koncentraciją

žaliavose iki 12,3 %, statinis lazdelių praporingai didėja, toliau didinant rišamojo tirpalo koncentraciją statinis stipris mažėja. Didžiausias statinis stipris, esant 12,3 % koncentracijai. Kai lazdelių skersmuo 5 mm, statinis stipris, didinant rišamosios tirpalo koncentraciją, taip pat didėja: Fosfix 1 % – 46,2 N/5 mm, Fosfix 2 % – 50,8 N/5 mm, Fosfix 3 % – 55,2 N/5 mm. . Esant 8 mm lazdelių skersmeniui, statinis stipris, didinant rišamosios tirpalo koncentraciją, taip pat didėja: Fosfix 1 % – 93,7 N/5 mm, Fosfix 2 % – 98,3 N/5 mm, Fosfix 3 % – 112,9 N/5 mm. Matomi, kad 8 mm skersmens lazdelės yra ženkliai stipresnės.

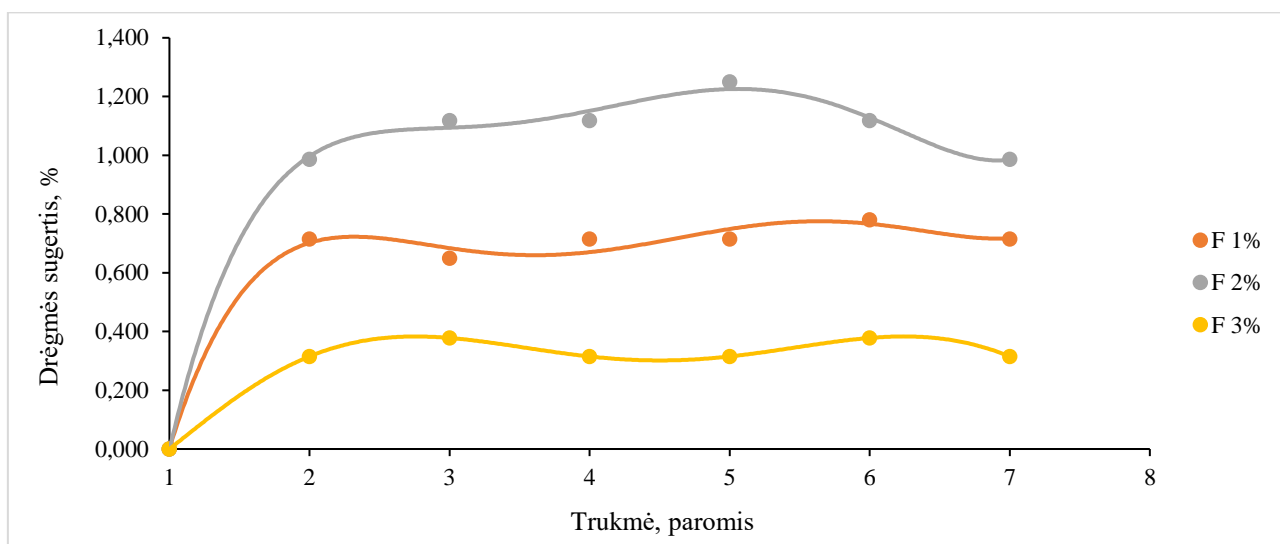
Analizuojant pagamintų NPK trąšų lazdelių drėgmę po džiovavimo, rezultatai pateikiami 2.9 paveiksle.



2.9 pav. NPK trąšų lazdelių drėgmės priklausomybė keičiant rišamojo tirpalo koncentraciją žaliavose:
a – Fosfix 1 %, b – Fosfix 2 %, Fosfix 3 %

Analizuojant drėgmės priklausomybę, keičiant rišamojo tirpalo koncentraciją, pastebime, kad 8 mm skersmens lazdelėse likusios drėgmės kiekis yra šiek tiek mažesnis, nei 5 mm skersmens lazdelėse. Tai būtų galima paaiškinti didesniu paviršiaus plotu, nuo kurio džiovinimo metu pašalinama drėgmė, esant didesnio skersmens lazdelėms. Vertinant rišamojo tirpalo koncentracijos įtaką drėgmei, labai didelių svyravimų nenustatyta. Naudojant *Fosfix* 1 %, 5 mm skersmens lazdelėse drėgmė svyruoja siaurame intervale nuo 0,695 % iki 0,795 %, 8 mm skersmens lazdelėse drėgmės kiekis svyruoja nuo 0,396 % iki 0,506 %. Naudojant *Fosfix* 2 %, 5 mm skersmens lazdelėse drėgmė svyruoja nuo 0,808 % iki 0,880 %, 8 mm skersmens lazdelėse drėgmės kiekis svyruoja nuo 0,635 % iki 0,691 %. Naudojant *Fosfix* 3 %, 5 mm skersmens lazdelėse drėgmė svyruoja nuo 0,800 % iki 0,885 %, 8 mm skersmens lazdelėse drėgmės kiekis svyruoja nuo 0,652 % iki 0,729 %.

Analizuojant hidroskopiškumą nustatyta, kad lazdelės yra nehidroskopiškos, nesdižiausias sugertos drėgmės kiekis, laikant jas 60–63 % drėgmės ir 21–25 °C temperatūros sąlygomis, yra 1,25 %. Iš 2.10 paveiksle pateiktų kreivių matome, kad po antros paros drėgmės sugėrimo greitis nusistovi. Kreivėse matomi minimalūs (iki 0,2 %) drėgmės svyravimai yra visiškai suprantami ir paaiškinami temperatūros ir drėgmės svyravimais eksikatoriuje tyrimo metu.



2.10 pav. NPK trąšų lazdelių higroskopiškumo priklausomybė, kai rišamojo Fosfix tirpalo koncentracija žaliavose 12,3 %

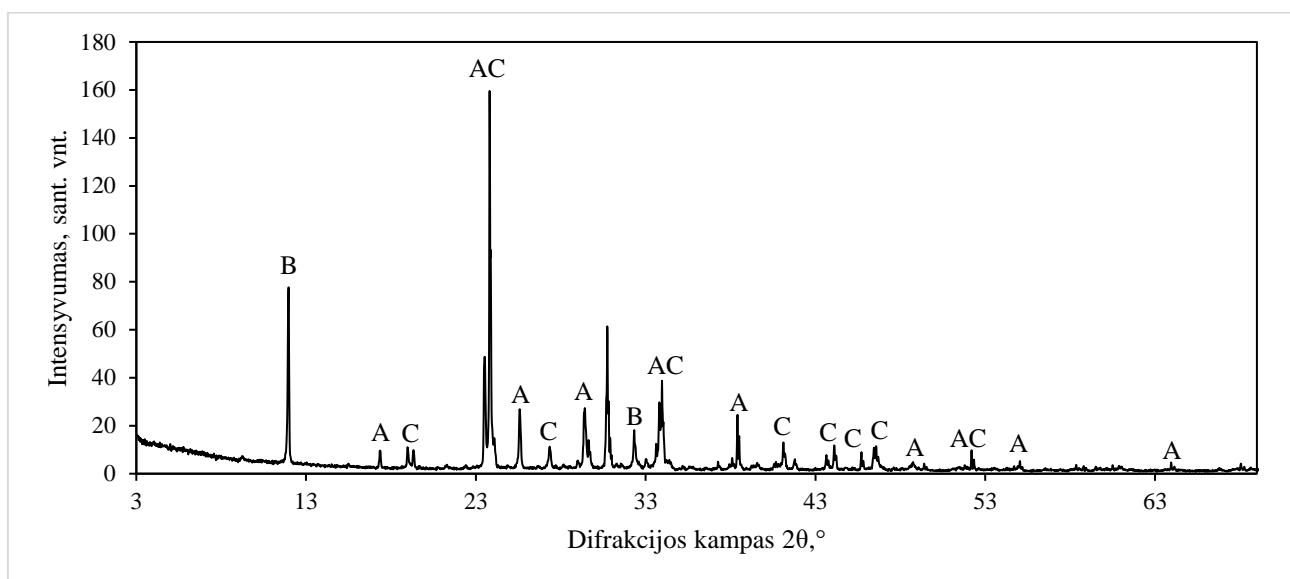
Geriausiomis savybėmis, pasižymi mėginiai, kai rišamojo tirpalo koncentracija žaliavose 12,3 %. Naudojant cheminės (Kjeldal'o, fotokolorimetrį ir liepsnos fotometrinių) analizės metodus, nustatyta pagamintų NPK trąšų cheminė sudėtis (1 lent.). Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad naudojant Fosfix rišamąją medžiagą, augalų maisto medžiagų koncentracijos kinta nežymiai ir svyruoja ribose: 5,10–5,27 % N; 17,70–18,10 % P₂O₅; 36,42–36,88 % K₂O.

2.3 lentelė. Trąšose esančių AMM koncentracija, kai rišančio tirpalo koncentracija 12,3 %

Naudotas tirpalas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Fosfix 1 %	5,11	18,10	36,42
Fosfix 2 %	5,10	17,95	36,88
Fosfix 3 %	5,27	17,70	36,54

Nustatyta pagamintų trąšų mąrtkė NPK 5–18–37.

Norint įsitikinti, kad tarp žaliavų nevyko cheminė reakcija ir nesusidarė nauji cheminiai junginiai buvo atlikta NPK trąšų lazdelių rentgeno difrakcinė (žr. 2.11 pav.) analizė.



2.11 pav. Ekstruziniu metodu pagamintų sudėtinių NPK trąšų lazdelių rentgeno difrakcinės analizės kreivės, kai rišamojo tirpalo *Fosfix* (3 %) koncentracija žaliavose 12,3 %: A – $K(H_2PO_4)$, B – $Ca(H_2PO_2)_2$, C – KNO_3

Siekiant ištirti maisto medžiagų išplovimą iš dirvožemio 0,280 g NPK 5–18–37 trąšų įdedama į 30 g dirvožemio ir užpilama 50 ml vandens. Naudojant cheminės (Kjeldal'o, fotokolorimetrį ir liepsnos fotometrini) analizės metodus tirtas filtratas ir nustatyta išplautų pagrindinių maisto medžiagų koncentracija. Dirvožemis vandeniu buvo užpilamas tris kartus ir po kiekvieno užpylimo filtrate rasta AMM koncentracija pateikta 2.4 lentelėje.

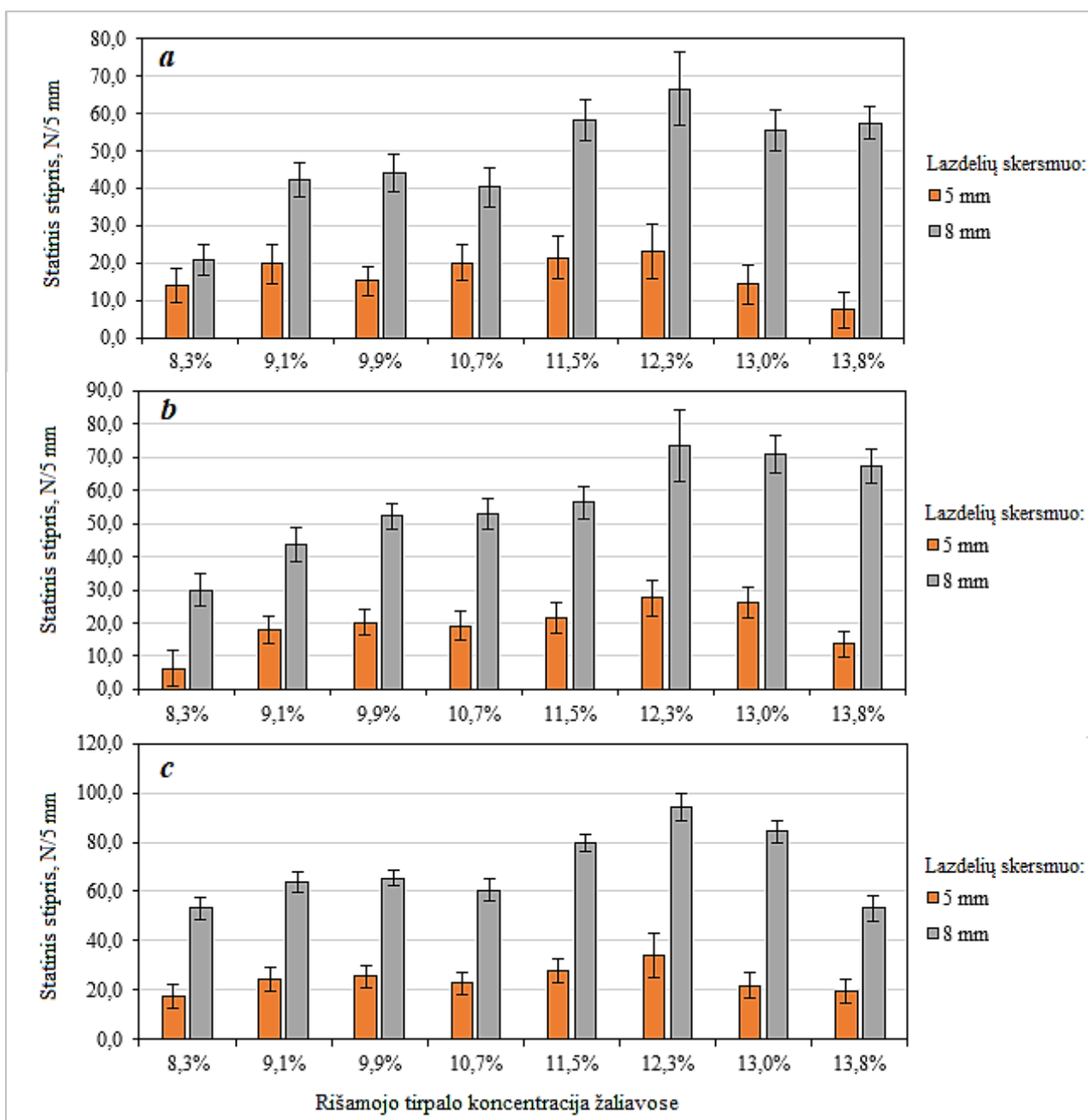
2.4 lentelė. Išplautų maisto medžiagų koncentracija filtrate, kai rišamojo tirpalo koncentracija 12,3 %

Naudotas tirpalas	Filtratas	N	P_2O_5	K_2O
<i>Fosfix</i> 1 %	Filtratas nr. 1	3,436	1,200	4,562
	Filtratas nr. 2	0,648	–	4,560
	Filtratas nr. 3	0,192	–	–
<i>Fosfix</i> 2 %	Filtratas nr. 1	3,416	1,350	5,164
	Filtratas nr. 2	0,555	–	4,992
	Filtratas nr. 3	0,290	–	–
<i>Fosfix</i> 3 %	Filtratas nr. 1	3,692	1,450	5,336
	Filtratas nr. 2	0,369	–	2,892
	Filtratas nr. 3	0,336	–	–

Išanalizavus rezultatus matyti, kad didžiausias azoto kiekis (~3,5 %) išsiplauna po 1-ojo užpylimo, o po 3-ojo praktiškai neišsiplauna, nes nustatyta azoto koncentracija yra paklaidos ribose. Fosforo, perskaičiuoto į P_2O_5 , didžiausia koncentracija rasta po pirmo išplovimo (nuo 1,20 % iki 1,450 %), atlikus antrą ir trečią užpylimus P_2O_5 neišsiplauna. Kalio filtrate randama tik po pirmo ir antro užpylimo. Nustatyta geriausių savybių lazdelių (kai rišančio tirpalo koncentracija 12,3 %) 10 % koncentracijos tirpalo pH, naudojant skirtingos koncentracijos rišamąją medžiagą: *Fosfix* 1 % – 4,45, *Fosfix* 2 % – 4,45 *Fosfix* 3 % – 4,50. Vadinas NPK 5–18–37 markės lazdelės rūgštins dirvožemį.

2.2.4. NPK trąšų lazdelių gavimas naudojant rišamąją medžiagą *Humicop* tirpalą

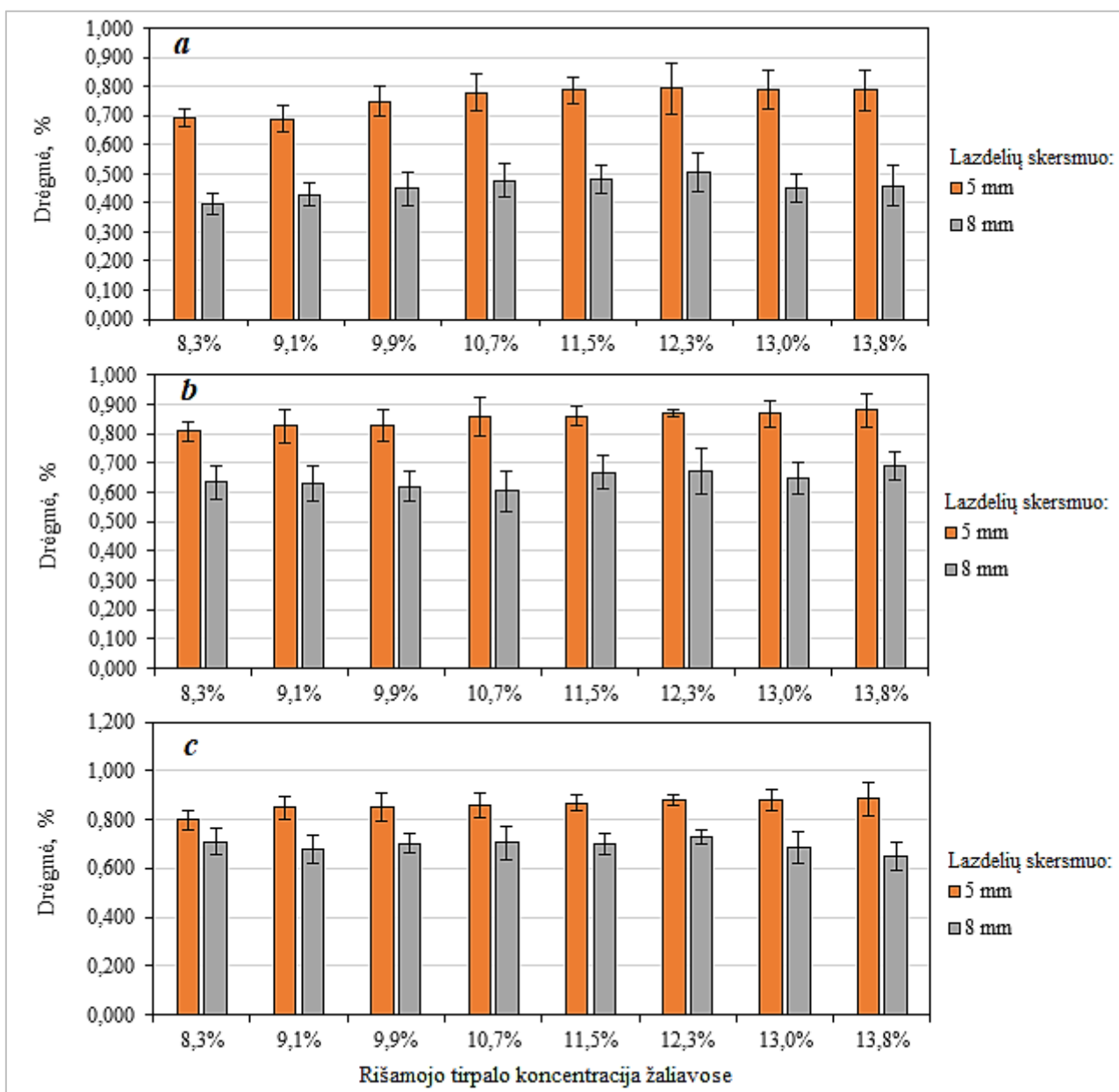
Humusas svarbus įvairių mikroorganizmų, bei augalų maisto šaltinis, ypač azoto, fosforo, sieros, mikroelementų. Didėjant ūkininkavimo intensyvumui, trąšų ir pesticidų naudojimui, sumažėjo derlingojo dirvožemio kiekis. Kuriant specialias trąšas labai svarbu, kad su jomis patenkančios medžiagos būtų kuo geriau pasisavinamos, t.y., kad augaluose vyktų aktyvi medžiagų apykaita. Siekiant padidinti dirvožemio humusingumą ir siekiant padidinti maisto medžiagų pasisavinimą, pasirinktas rišamasis tirpalas – *Humicop*. Tai skystos formos trąša su dideliu kiekiu huminių rūgščių. Tirpalas gerina dirvožemio derlingumą, didina maisto medžiagų sorbciją. Pagamintų NPK trąšų lazdelių su *Humicop* rišamuoju tirpalu, stiprio rezultatai pateikiami 2.12 paveiksle.



2.12 pav. NPK trąšų lazdelių statinio stiprio priklausomybė keičiant rišamojo tirpalo koncentraciją žaliavose:
a – *Humicop* 1 %, b – *Humicop* 2 %, *Humicop* 3 %

Iš gautų stiprio rezultatų galime daryti išvadą, kad esant 12,3 % rišamosios medžiagos NPK trąšų lazdelių statinis stipris taip pat išlieka didžiausias. Didinant *Humicop* 1, 2, 3 % rišamojo tirpalo koncentraciją žaliavose iki 12,3 %, statinis lazdelių proporcingai didėja, toliau didinant rišamojo tirpalo koncentraciją statinis stipris mažėja. Didžiausias statinis stipris, esant 12,3 % koncentracijai. Kai lazdelių skersmuo 5 mm, statinis stipris, didinant rišamosios tirpalo koncentraciją, taip pat didėja: *Humicop* 1 % – 23,2 N/5 mm, *Humicop* 2 % – 27,59,8 N/5 mm, *Humicop* 3 % – 34,262 N/5 mm. . Esant 8 mm lazdelių skersmeniui, statinis stipris, didinant rišamosios tirpalo koncentraciją, taip pat didėja: *Humicop* 1 % – 66,4 N/5 mm, *Humicop* 2 % – 73,5 N/5 mm, *Humicop* 3 % – 94,3 N/5 mm. Matomi, kad 8 mm skersmens lazdelės yra ženkliai stipresnės.

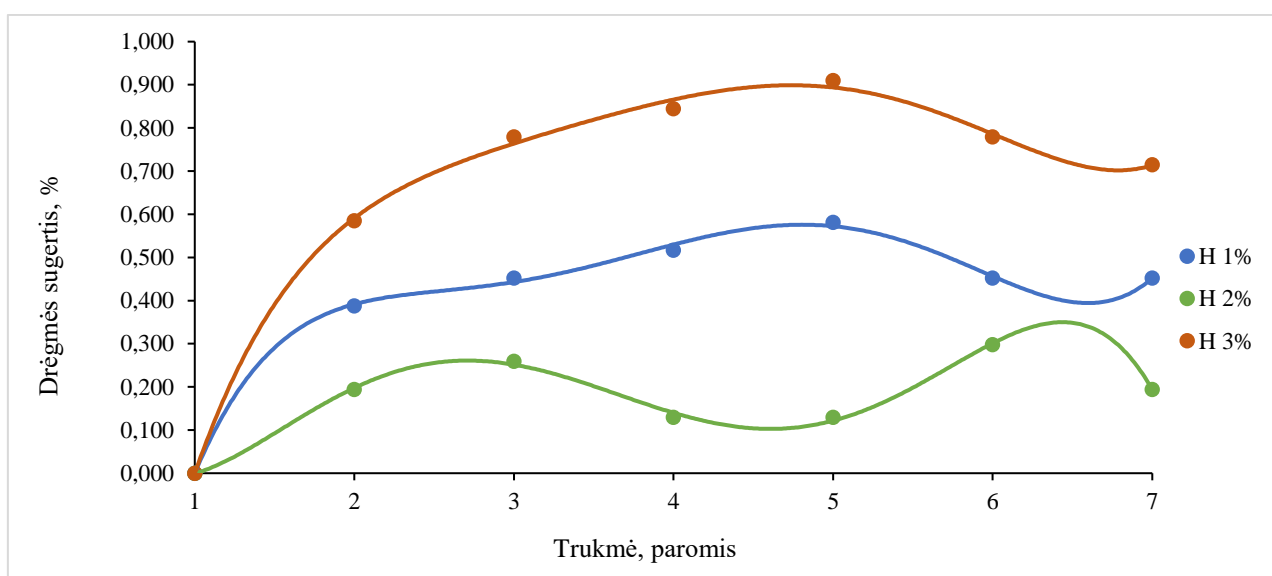
Analizuojant pagamintų NPK trąšų lazdelių drėgmę po džiovinimo, rezultatai pateikiami 2.13 paveiksle.



2.13 pav. NPK trąšų lazdelių drėgmės priklausomybė keičiant rišamojo tirpalo koncentraciją žaliavose:
a – *Humicop* 1 %, b – *Humicop* 2 %, *Humicop* 3 %

Naudojant *Humicop* rišamąjį tirpalą pastebime, kad 8 mm skersmens lazdelėse likusios drėgmės kiekis taip pat yra šiek tiek mažesnis, nei 5 mm skersmens lazdelėse. Tai būtų galima paaiškinti didesniu paviršiaus plotu, nuo kurio džiovinimo metu pasišalina drėgmė, esant didesnio skersmens lazdelėms. Vertinant rišamojo tirpalo koncentracijos įtaką drėgmei, labai didelių svyravimų taip pat nenustatyta. Naudojant *Humicop* 1 %, 5 mm skersmens lazdelėse drėgmė svyruoja siaurame intervale nuo 0,610 % iki 0,780 %, 8 mm skersmens lazdelėse drėgmės kiekis svyruoja nuo 0,590 % iki 0,738 %. Naudojant *Humicop* 2 %, 5 mm skersmens lazdelėse drėgmė svyruoja nuo 0,0,732 % iki 0,800 %, 8 mm skersmens lazdelėse drėgmės kiekis svyruoja nuo 0,690 % iki 0,779 %. Naudojant *Humicop* 3 %, 5 mm skersmens lazdelėse drėgmė svyruoja nuo 0,790 % iki 0,850 %, 8 mm skersmens lazdelėse drėgmės kiekis svyruoja nuo 0,706 % iki 0,799 %.

Nors analizuojant hidroskopiškumą matomi, nukrypimai darome išvadą, kad lazdelės yra nehidroskopiškos. Nukrypimus paaiškinami temperatūros ir drėgmės svyravimais eksikatoriuje tyrimo metu (žr. 2.14 pav.).



2.14 pav. NPK trąšų lazdelių higroskopiškumo priklausomybė, kai rišamojo *Humicop* tirpalo koncentracija žaliavose 12,3 %

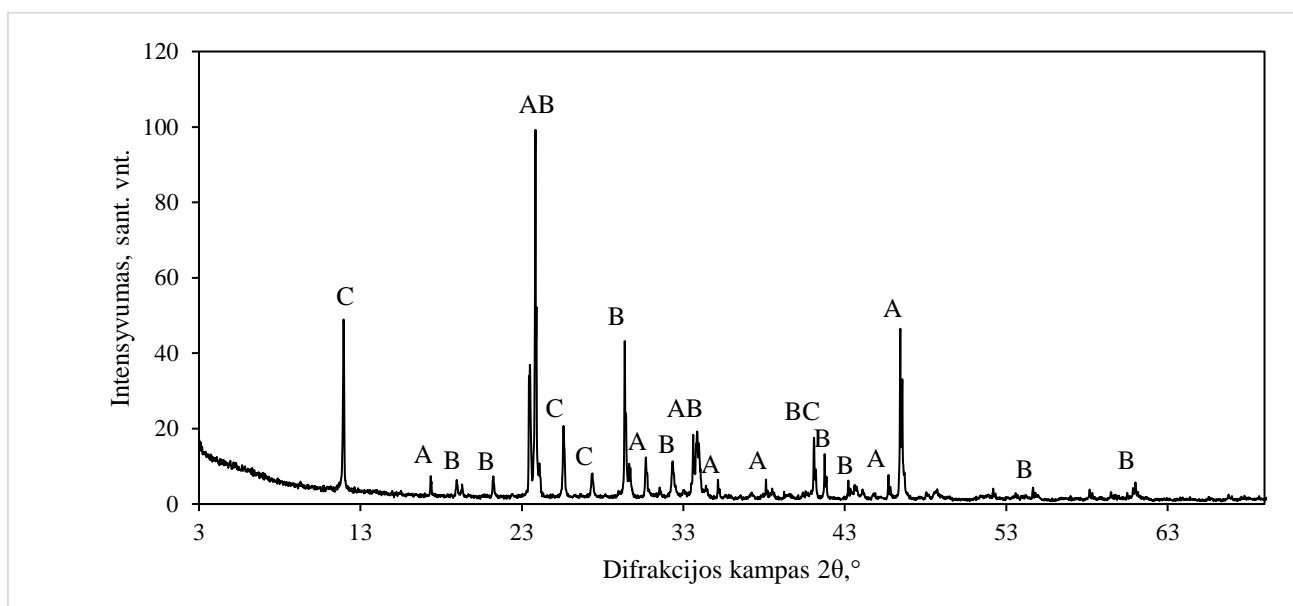
Geriausiomis savybėmis, pasižymi mėginiai, kai rišamojo tirpalo koncentracija žaliavose 12,3 %. Naudojant cheminės (Kjeldal'o, fotokolorimetrį ir liepsnos fotometrinių) analizės metodus, nustatyta pagamintų NPK trąšų cheminė sudėtis (žr. 2.5 lent.). Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad naudojant Fosfix rišamąją medžiagą, augalų maisto medžiagų koncentracijos kinta nežymiai ir svyruoja ribose: 5,15–5,28 % N; 17,45–17,80 % P₂O₅; 36,29–38,10 % K₂O.

2.5 lentelė. Trąšose esančių AMM koncentracija, kai rišančio tirpalo koncentracija 12,3 %

Naudotas tirpalas	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Humicop 1 %	5,27	17,80	38,10
Humicop 2 %	5,28	17,45	36,29
Humicop 3 %	5,15	17,45	36,61

Nustatyta pagamintų trąšų markė NPK 5–18–38.

Norint įsitikinti, kad tarp žaliavų nevyko cheminė reakcija ir nesusidarė nauji cheminiai junginiai buvo atlikta NPK trąšų lazdelių rentgeno difrakcinė (žr. 2.15 pav.) analizė.



2.15 pav. Ekstruziniu metodu pagamintų sudėtinių NPK trąšų lazdelių rentgeno difrakcinės analizės kreivės, kai rišamojo tirpalo Humicop (3 %) koncentracija žaliavose 12,3 %: A – $K(H_2PO_4)$, B – KNO_3 , C – $Ca(H_2PO_2)_2$

Iš rentgeno difrakcinės kreivės matome, kad naujų junginių neaptikome, todėl galime daryti išvadą, kad cheminė reakcija tarp žaliavų ir rišamojo tirpalo nevyko.

Siekiant ištirti maisto medžiagų išplovimą iš dirvožemio 0,280 g NPK 5–18–38 trąšų įdedama į 30 g dirvožemio ir užpilama 50 ml vandens. Naudojant cheminės (Kjeldal'o, fotokolorimetrį ir liepsnos fotometrinių) analizės metodus tirtas filtratas ir nustatyta išplautų pagrindinių maisto medžiagų koncentracija. Dirvožemis vandeniu buvo užpilamas tris kartus ir po kiekvieno užpylimo filtrate rasta AMM koncentracija pateikta 2.6 lentelėje.

2.6 lentelė. Išplautų maisto medžiagų koncentracija filtrate, kai rišančio tirpalo koncentracija 12,3 %

Naudotas tirpalas	Filtratas	N, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %
Humicop 1 %	Filtratas nr. 1	2,964	1,100	4,459
	Filtratas nr. 2	0,735	–	3,099
	Filtratas nr. 3	0,620	–	–
Humicop 2 %	Filtratas nr. 1	2,608	0,750	2,944
	Filtratas nr. 2	1,782	–	3,254
	Filtratas nr. 3	1,538	–	–
Humicop 3 %	Filtratas nr. 1	1,670	0,725	2,582
	Filtratas nr. 2	1,697	–	3,236
	Filtratas nr. 3	1,630	–	–

Išanalizavus rezultatus, matome, kad naudojant Humicop rišamąjį tirpalą išplaunamo azoto kiekis mažesnis (iki 3 %), lyginant su kitais naudojamais tirpalais. Didinat Humicop tirpalo koncentraciją išplaunamo azoto kiekis mažėja. Fosforo, perskaičiuoto į P₂O₅, didžiausia koncentracija rasta po pirmo išplovimo (nuo 0,725 % iki 1,100 %), atlikus antrą ir trečią užpylimus P₂O₅ neišsiplauna. Kalio, perskaičiuoto į K₂O, randama iki 4,5 %. Nustatyta geriausių savybių lazdelių (kai rišančio

tirpalo koncentracija žaliavose 12,3 %) 10 % koncentracijos tirpalo pH, naudojant skirtingos koncentracijos rišamąją medžiagą: Fosfix 1 % – 4,45, Fosfix 2 % – 4,45 Fosfix 3 % – 4,50. Vadinasi NPK 5–18–38 markės lazdelės nestirpiai rūgštins dirvožemį.

2.2.5. Tiriamosios dalies apibendrinimas

Remiantis agronominėmis rekomendacijomis ir cheminių elementų suderinamumo lentelėmis, parinktos žaliavos: kalio nitratas, kalio dihidrofosfatas, kalcio hipofosfitas, kalcio sulfatas ir magnio sulfatas. Parinkti rišamieji tirpalai: vanduo, biologinis preparatas – Fosfix, skytos huminių rūgščių trąšos – Humicop. Darbe taikytas ekstruzinis gamybos metodas, kai žaliava praspaudžiama per profiliuojantį instrumentą – galvutę. Buvo gaminama serija mėginių iš tų pačių žaliavų, keičiant rišamąsias medžiagas, jų kiekį ir koncentraciją. Pagamintos skirtingų matmenų lazdelė (5 mm ir 8 mm skersmens ir 45 mm ilgio).

Darbe nustatyti kokybiniai rodikliai:

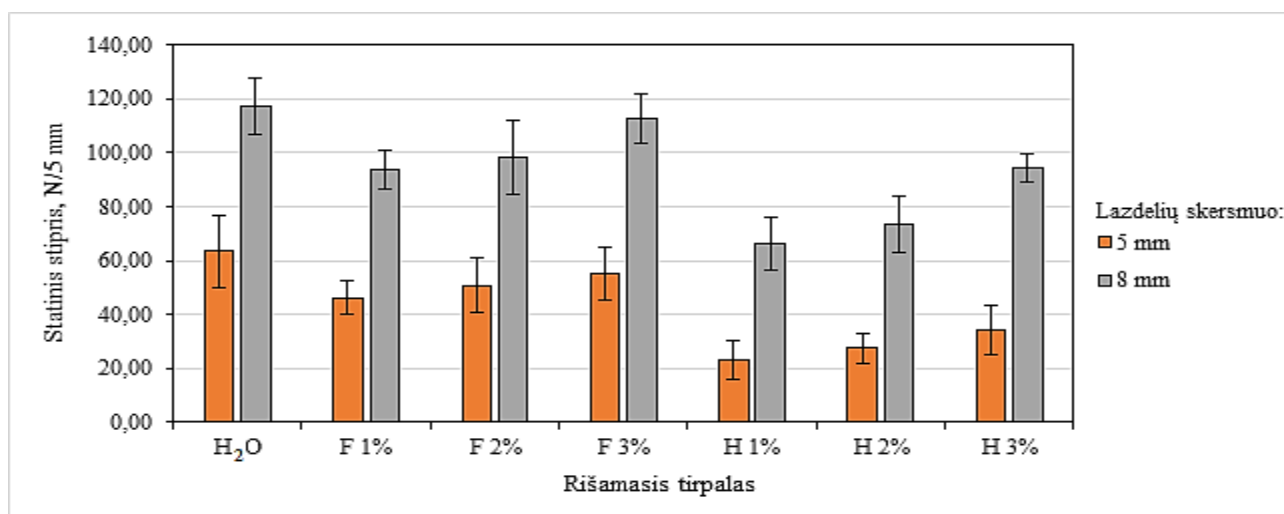
- pH;
- lazdelių stipris;
- drėgnis;
- higroskopiškumas.

Cheminės analizės metodai:

- N nustatymas Kjeldal'o metodu;
- P₂O₅ nustatymas fotokolorimetriniu metodu;
- K₂O nustatymas liespnos fotometriniu metodu.

Taikytas instrumentinės analizės metodas – rentgeno spinduliuotės fluorescencinė analizė

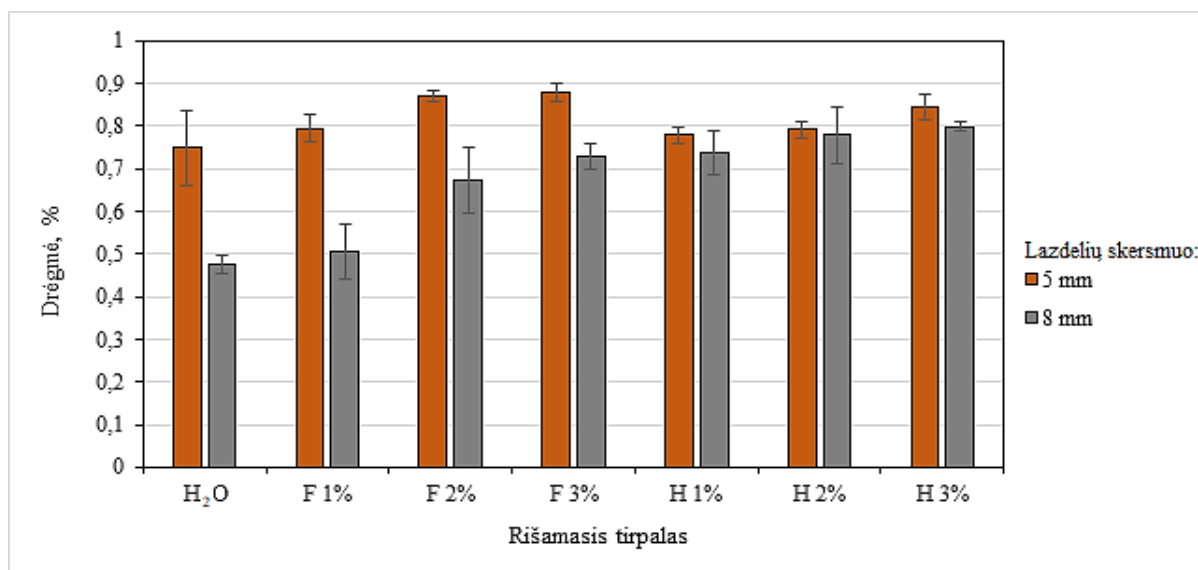
Siekiant nustatyti, vieną svarbiausių fizikinių savybių – statinį stiprį, buvo gniuždoma 10 cilindro formos bandinių, esančių vienodo (5 mm) ilgio ir skirtingo skersmens (5 mm ir 8 mm). Atrinkti geriausi statinio stiprio duomenys pateikiami 2.16 paveiksle.



2.16 pav. NPK trąšų lazdelių statinio stiprio priklausomybė nuo jų gamyboje naudojamo rišamojo tirpalo kilmės ir koncentracijos

Stipriausios lazdelės gaunamos, kai žaliavų mišinys prieš formavimą drėkinamas vandeniu: 5 mm skersmens lazdelių stipris yra 63,5 N/5 mm, o 8 mm – 117,2 N/5 mm. Kaip rišančią medžiagą naudojant įvairios koncentracijos Fosfix ir Humicop tirpalus, statinis stipris sumažėja. Tačiau visos nustatytos statinio stiprio vertės yra labai didelės (ypač 8 mm skersmens lazdelių) ir pagamintos lazdelės yra pakankamai tvirtos, todėl nesubyra smeigiant jas į dirvą. Naudojant rišamąjį tirpalą Fosfix, gaunamos lazdelės yra stipnės, nei naudojant Humicop rišančiąją medžiagą.

Geriausių darbe gautų NPK trąšų mėginių drėgmės priklausomybė pateikiama 2.17 paveiksle.



2.17 pav. NPK trąšų lazdelių drėgmės priklausomybė nuo jų gamyboje naudojamo rišamojo tirpalo kilmės ir koncentracijos

Analizuojant pagamintų NPK trąšų lazdelių drėgmę po džiovinimo (2.17 pav.), matyti, kad daugeliu atvejų 8 mm skersmens lazdelėse likusios drėgmės kiekis yra šiek tiek mažesnis, nei 5 mm skersmens lazdelėse. Tai būtų galima paaiškinti didesniu paviršiaus plotu, nuo kurio džiovinimo metu pasišalina drėgmė, esant didesnio skersmens lazdelėms. Vertinant rišamojo tirpalo kilmės ir koncentracijos įtaką, labai didelių svyravimų nenustatyta. Galima teigti, kad trąšų lazdelių drėgmė svyruoja labai siaurame intervale (nuo 0,48 % iki 0,88 %) ir visi bandiniai atitinka trąšoms keliamus reikalavimus, pagal kuriuos produkte drėgmė negali viršyti 2 %.

Pagamintos trąšos nehidroskopiškos. Pagal gautus rezultatus, buvo išrinkti geriausiomis savybėmis pasižymintys bandiniai, ir naudojant cheminės (Kjeldal'o, fotokolorimetrį ir liepsnos fotometrinių) analizės metodus, nustatyta pagamintų NPK trąšų cheminė sudėtis (žr. 2.7 lentelė.).

2.7 lentelė. Trąšose esančių augalų maisto medžiagų konc., kai rišančiojo tirpalo kiekis žaliavose 12,3 %

Naudotas tirpalas	H ₂ O	Fosfix 1 %	Fosfix 2 %	Fosfix 3 %	Humicop 1 %	Humicop 2 %	Humicop 3 %
N	5,03	5,11	5,1	5,27	5,27	5,28	5,15
P ₂ O ₅	18	18,1	17,95	17,7	17,8	17,45	17,45
K ₂ O	38,03	36,42	36,88	36,54	38,1	36,29	36,61

Pagal nustatytą AMM koncentraciją, patikslinta trąšų markė NPK Iš lentelėje pateiktų duomenų matyti, kad naudojant skirtingas rišamasias m5–18–38–5(CaO)–2(S). edžiagas, augalų maisto medžiagų koncentracijos kinta nežymiai ir svyruoja ribose: 5,03–5,28 % N; 17,45–18,10 % P₂O₅; 36,29–38,10 % K₂O.

Išanalizavus žaliavų rentgeno difrakcinės analizės kreives (2.6 pav.), nustatyta, kad žaliavose nėra pašalinių priemaišų ir žaliavos tinkamos darbui. Nustačius geriausiomis savybėmis pasižyminčių trąšų sudėtį (žr. 2.7, 2.11, 2.15 pav.) nustatėme, kad tarp žaliavų ir rišamųjų tirpalų cheminė reakcija nevyksta, nesusidaro nauji junginiai, todėl galime daryti išvadą, kad žaliavos ir rišamieji tirpalai parinkti teisingai.

Atliktas agronominis tyrimas, siekiant išsiaiškinti trąšų poveikį augalams. Tyrimo metu pridaigintos gėlės (žr. 2.18 pav.), pasodintos vienodą kiekį dirvožemio (274,00 g) ir įdėta 5 mm skersmens ir 15 mm ilgio lazdelė. Laistoma periodiškai ir palaikoma vienodos sąlygos.



2.18 pav. NPK trąšų lazdelių įtaka augalams, kai lazdelės pagamintos naudojant skirtingą rišamąjį tirpalą: 1– H₂O, 2 – Fosfix 3 %, 3 – Humicop 3 %, 4 – lyginamasis bandinys be trąšų ir esant skirtingai laiko trukmei: *a* – pradžioje, *b* – po 21 paros, *c* – po 37 parų

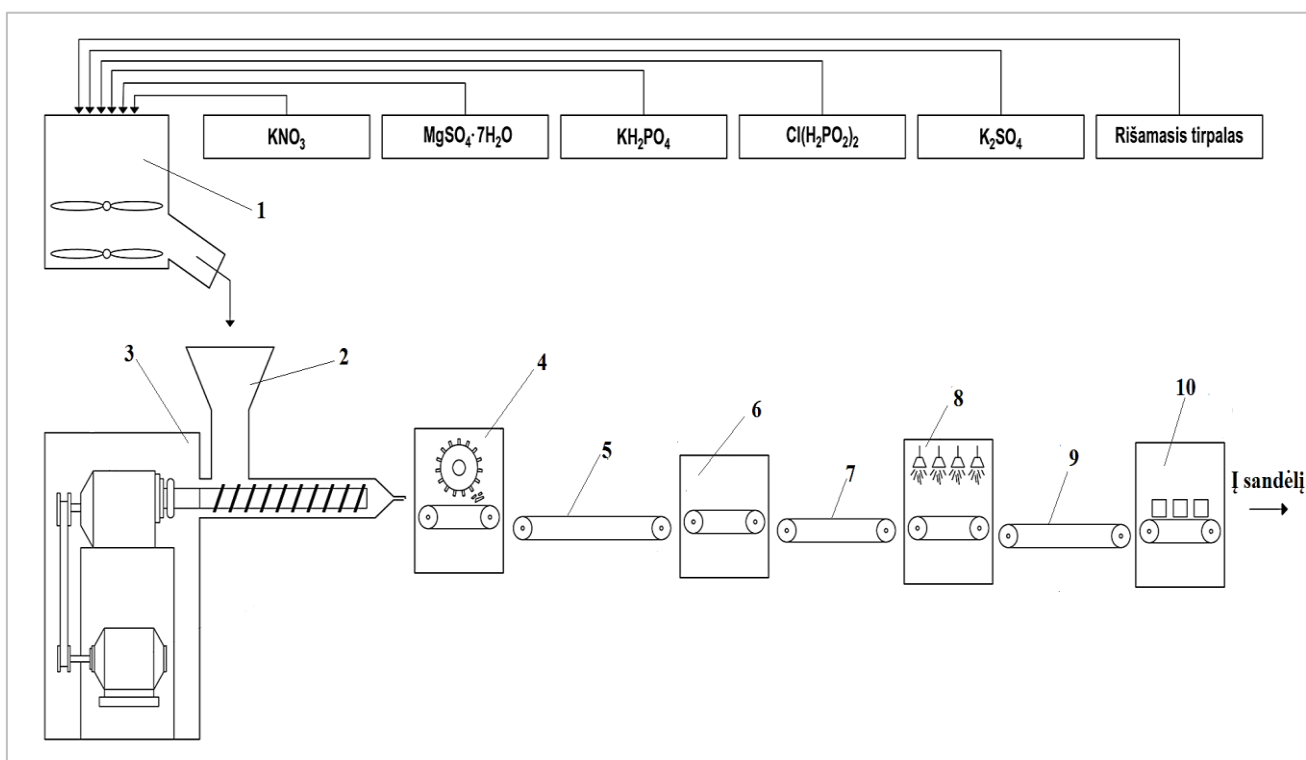
Paveikslo 2.18 *a–b* matyti nuotraukos augalų (gėlių) į kuriuos dedamos trąšų lazdelės ir stebimas jų pokytis po dvidešimt vienos ir po trisdešimt septynių parų nuo trąšų įdėjimo. Jau po 21 paros matoma trąšų, o konkrečiau – jose esančios azoto ir kalcio, daroma teigiama įtaka augalams, o po 37 parų ji dar akivaizdesnė. Lapai tapo tvirtesni ir labiau blizga, matomas ženklus lapų paaugimas, ypač 1 bandinyje, kuriame pradinis augaliukas buvo labai prastos būklės, tik su keliais mažais lapeliais. Kadangi pasodinti augalai (gėlės kalankės) dar nepasiekė savo brandos, nesukrovė žiedų ir nepažydo, kol kas sunku labai tiksliai nustatyti kurios trąšos daro didžiausią įtaką šių gėlių augimui ir žydėjimui per visą vegetacijos laikotarpį ir taip įvertinti kitų trąšose esančių elementų, t. y. fosforo ir kalio poveikį.

3. Inžinerinė dalis

3.1. NPK trąšų lazdelių gamybos principinė technologinė schema

NPK trąšas lazdeles planuojama gaminti periodinio veikimo technologinėje linijoje. Technologinis procesas vykdomas komponentų sumaišymo būdu, t. y. nevykstant cheminei reakcijai. Siūloma NPK trąšų lazdelių gamybos principinė technologinė schema, kurioje naudojamas ekstruzijos procesas, pateikta 3.1 paveiksle.

Ekstruzija – periodinis arba nepertraukiamas tam tikros formos gaminių formavimo procesas, kai žaliava praspaudžiama per profiliuojantį instrumentą – galvutę. NPK trąšų lazdelės bus gaminamos sausų žaliavų mišinį maišant su rišamuoju tirpalu, o po to jas formuojant ekstruderyje ir išdžiovinant.



3.1 pav. NPK trąšų gamybos principinė technologinė schema: 1 – maišyklė; 2 – piltuvai; 3 – ekstruderis; 4 – pjaustytuvas; 5, 7, 9 – juostiniai transporteriai; 6 – džiovykla; 8 – padengimo įrenginys; 10 – pakavimo įrenginys

Pagrindinės šios trąšų gamybos stadijos: žaliavų bei rišamosios medžiagos paruošimas ir dozavimas; sumaišymas; NPK trąšų lazdelių gamyba; džiovinimas; padengimas (esant poreikiui); pakavimas ir transportavimas.

Žaliavų dozavimas. 5–18–38–5(CaO)–2(S) markės trąšoms gauti reikalingos žaliavos yra druskos: kalio nitratas, kalio dihidrofosfatas, kalcio hipofosfitas, kalio sulfatas ir rišamoji medžiaga (H₂O, biologinis preparatas Fosfix arba Humicop). Gaminant NPK trąšas lazdeles komponentų sumaišymo tvarka nėra svarbi, todėl šioje stadijoje į maišyklę (1) tiekiamos žaliavos ir rišamoji medžiaga kartu.

Ekstruzija. Sumaišyta žaliava iš maišyklės (1) per piltuvą (2) patenka į ekstruderio (3) sraigto kanalą. Sraigtas sukasi korpuso, esančio grūdinto cilindro viduje. Sukimą užtikrina elektros variklis (4),

sujungtas su apsakas mažinančiu reduktoriumi (5). Mišinys judėdamas sraigto kanalu patenka į formuojančią ekstruderio galvutę.

Pjaustymas. Iš ekstruderio suformuotas gaminys patenka į pjaustytuvą (6), kuriame yra susmulkinamas iki užduoto ilgio lazdelių, ir juostiniu transporteriu (7) tiekiamas į elektrinę džiovyklą (8). Esant poreikiui, išdžiovintos trąšų lazdelės juostiniu transporteriu (9) tiekiamos į padengimo (kondicionavimo) įrenginį (10).

Pakavimas. Išdžiovintos ir padengtos (jeigu reikia) trąšų lazdelės juostiniu transporteriu (11) tiekiamos į pakavimo įrenginį (12).

3.2. Ekstruderio skaičiavimai

Ekstruderio našiam darbui reikalingas teisingas santykis tarp atskirų tūrinių našumų – Q_P (pakrovimo), Q_L (lydymo) ir Q_D (dozavimo). Tai našumai, kuriais galėtų vykti medžiagos transportavimo procesai, jei jie vyktų nepriklausomai vienas nuo kito. Kada $Q_P < Q_D$ ir $Q_L < Q_D$, ekstruderis dirba nepilnu režimu ir jo galimybės neišnaudojamos. Kai $Q_P \geq Q_L \geq Q_D$ ekstruzija vyksta stabiliai ir gaunamas geros kokybės produktas. Bet jei $Q_P \gg Q_L \gg Q_D$, pakrovimo zona būna perkrauta, o dėl to svyruoja įrenginio našumas ir sumažėja produkto kokybė.

Galima rasti optimalias ekstruderio darbines sąlygas, naudojantis optimalaus slėgio ir našumo grafiku. Atidėjus našumo priklausomybę nuo galvutės charakteristikų ir našumo priklausomybę nuo slėgio ekstruderyje, randamas tiesių susikirtimo taškas, kuris nurodo optimaliausią variantą. Tačiau nustatytos vertės būna tik apytikslės.

Siekiant tikslumo bendras ekstruderio našumas, kai nesusidaro slėgis ($P = 0$), yra apskaičiuojamas pagal 3.1 formulę:

$$Q_{max} = 0,5 \cdot \pi^2 \cdot D^2 \cdot N \cdot H \cdot \sin\varphi \cos\varphi \quad (3.1)$$

čia D – sraigto skersmuo, m; H – kanalo gylis, m; N – sraigto greitis, aps./s; φ – kanalo kilimo kampas, °.

$$Q_{max} = 0,5 \cdot \pi^2 \cdot 0,09^2 \cdot \frac{80}{60} \cdot 0,007 \cdot \sin(17,7) \cdot \cos(17,7) = 1,08 \cdot 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

Esant slėgiui, medžiagos judėjimas gali vykti ir atgaline kryptimi, todėl tokiu atveju našumas sumažėja. Dėl kylančio slėgio, kurį sukelia ekstruderio gale esanti formuojanti galvutė, todėl našumas taip pat sumažėja. Jis lygus nuliui ($Q = 0$), kai slėgis pasieks maksimalią leistiną slėgio ribą, apskaičiuojamą pagal 3.2 formulę:

$$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot D \cdot L \cdot N \cdot \eta}{H^2 \cdot \tan\varphi} \quad (3.2)$$

čia D – sraigto skersmuo, m; N – sraigto greitis, aps./s; φ – kanalo kilimo kampas, °; L – sraigto ilgis, m; η – žaliavų klampa, Pa·s.

$$P_{max} = \frac{6 \cdot \pi \cdot 0,09 \cdot 0,64 \cdot \frac{80}{60} \cdot 12}{0,007^2 \cdot \tan 17,7} = 18,5 \text{ MPa}$$

Optimalus slėgis yra apskaičiuojamas pagal 3.3 formulę:

$$P_{OP} = \frac{2 \cdot \pi \cdot \eta \cdot D^2 \cdot N \cdot H \cdot \sin \phi \cdot \cos \varphi}{\frac{F \cdot b \cdot d^3}{3 \cdot \pi \cdot L_d} + \left(\frac{D \cdot H^3 \cdot \sin^2 \varphi}{3 \cdot L_d} \right)} \quad (3.3)$$

čia D – sraigto skersmuo, m; N – sraigto greitis, aps./s; φ – kanalo kilimo kampas; L – sraigto ilgis, m; η – žaliavų klampa, Pa·s; b – didžiausias matmuo, m; d – mažiausias matmuo, m; F – bedimensis faktorius.

$$P_{OP} = \frac{2 \cdot 3,14 \cdot 12 \cdot 0,09^2 \cdot \frac{80}{60} \cdot 0,007 \cdot \sin 17,7 \cdot \cos 17,7}{\frac{0,72 \cdot 0,008 \cdot 0,003^3}{3 \cdot 3,14 \cdot 0,06} + \frac{0,09 \cdot 0,007^3 \cdot \sin^2 17,7}{3 \cdot 0,06}} = 1,72 \text{ MPa}$$

Optimalus ekstruderio našumas yra apskaičiuojamas pagal 3.4 formulę:

$$Q_{OP} = K \cdot P_{OP} \quad (3.4)$$

čia K – sraigto konstanta, kuri apskaičiuojama pagal 3.5 formulę.

$$K = \frac{F \cdot b \cdot d^3}{12 \cdot \eta \cdot L_d} \quad (3.5)$$

$$Q_{OP} = 1,08 \cdot 10^{-12} \cdot 1,72 \cdot 10^6 = 1,86 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s};$$

$$K = \frac{0,72 \cdot 0,008 \cdot 0,003^3}{12 \cdot 12 \cdot 0,06} = 1,08 \cdot 10^{-12}$$

Naudojant šią skaičiavimo metodiką [35], nustatyta, kad 5–18–38–5(CaO)–2(S) markės NPK trąšų lazdelių gamybos technologijoje optimalus ekstruderio našumas būtų $Q_{OP} = 1,86 \cdot 10^{-6} \text{ m}^3/\text{s}$, o optimalus slėgis $P_{OP} = 1,72 \text{ MPa}$.

Naudojant 3.2 paveiksle pateiktoje principinėje technologinėje schemoje esančias stadijas (išskyrus padengimą), laboratorinėmis sąlygomis buvo pagamintas ir išanalizuotas produktas, kurio pavyzdžiai pateikiami 3.2 paveiksle.



3.2 pav. NPK trąšų lazdelės, pagamintos drėkinimo agentu naudojant 2 % koncentracijos *Fosfix* tirpalą, kuris žaliavose sudarė: *a* – 9,9 % , *b* – 10,7 % , *c* – 11,5 % . Taip pat pagamintos drėkinimo agentu naudojant 3 % koncentracijos *Humicop* tirpalą, kuris žaliavose sudarė: *d* – 11,5 %

Kaip matyti iš 3.2 paveikslo NPK 5–18–38–5(CaO)–2(S) markės trąšų lazdelėms pagaminti yra svarbu parinkti tinkamą rišamojo tirpalo koncentraciją žaliavose. Iš paveiksle pateiktų pavyzdžių matyti, kad naudojant rišamąjį tirpalą Fosfix, geriausios lazdelės gaunamos, kai rišamojo tirpalo koncentracija žaliavose yra 10,7 % (3.2 pav, *b*), o blogiausios esant 9,9 % (3.2 pav, *a*), nes lazdelės gaunamos trumpos ir trapios. Lyginant 3.2 paveikslo *c* ir *d* dalis, kai rišamojo tirpalo koncentracija žaliavose tokia pati, tačiau naudoti skirtingi rišamieji tirpalai (atitinkamai – 2 % koncentracijos Fosfix ir 3 % koncentracijos Humicop), matyti, kad lazdelės gaunamos vienodo dydžio, tačiau skiriasi spalva. Naudojant rišamąją medžiagą biologinis preparatą – Fosfix, gaunamos baltos spalvos lazdelės, o naudojant skystą humininių rūgščių tirpalą Humicop, gaunamos rudo atspalvio lazdelės.

4. Darbuotojų sauga ir sveikata

Darbuotojų sauga ir sveikata – visos prevencinės priemonės, skirtos darbuotojų darbingumui, sveikatai ir gyvybei darbe išsaugoti, kurios naudojamos ar planuojamos visuose įmonės veiklos etapuose, kad darbuotojai būtų apsaugoti nuo profesinės rizikos arba kad ji būtų kiek įmanoma sumažinta. Sudaryti darbuotojams saugias ir sveikatai nekenksmingas darbo sąlygas visais su darbu susijusiais aspektais yra darbdavio pareiga. Darbuotojų saugą ir sveikatą reglamentuoja Darbo kodeksas, Darbuotojų saugos ir sveikatos įstatymas, kiti įstatymai, Vyriausybės nutarimai, socialinės apsaugos ir darbo ministro arba šio ministro su kitu (kitais) ministru (ministrais) įsakymai, sveikatos apsaugos ministro įsakymai, vyriausiojo valstybinio darbo inspektoriaus įsakymai. [20]

Dirbant chemijos srityje būtina suprasti naudojamų medžiagų fizikines ir chemines savybes. Gamyklose susikaupus dulkėms, sprogioms ir toksinėms medžiagoms gali susidaryti terpė užsiliepsnojimui ar sprogimui. Pagal sprogumo ir degimo laipsnį dulkės skirstomis:

- Sprogios medžiagos, kurios gali sureaguoti egzotermiškai be atmosferinio deguonies ir prie atitinkamų bandymo sąlygų sprogsa,
- Oksiduojančios medžiagos tai chemikalai, kurie sureagavę su kitomis, ypač degiomis medžiagomis, sukelia intensyvias egzotermines reakcijas;
- Ypač degios medžiagos - skystos ir dujinės medžiagos, kurios užsidega po kontakto su oru esant aplinkos temp.ir slėgiui.
- Labai degios medžiagos tai chemikalai, kurie gali įkaisti ir užsidegti esant aplinkos temp. Be papildomos energijos po kontakto su oru, arba kieti chemikalai, kurie gali užsiliepsnoti po trumpo kontakto su ugnies šaltiniu ir kurie toliau dega arba sudega pašalinus ugnies šaltinį, arba skysti chemikalai, pasižymintys itin žema pliūpsnio temperatūra arba chemikalai, kurie po kontakto su vandeniu arba drėgnu oru pavojingais kiekiais išskiria itin sproglas dujas;
- Degios medžiagos - chemikalai, pasižymintys žema pliūpsnio temperatūra.

Dulkių koncentracija nustatoma tiesioginiais metodais – kai tiesiogiai nustatoma dulkių masė mg/m^3 arba dalelių skaičius tūrio vienetu ir netiesioginiais metodais – kai tiesiogiai nustatomi kiti dulkėto oro parametrai, kurie transformuojami į dulkių koncentraciją ore. Tiesioginiams priklauso: dulkių svėrimo ir dalelių skaičiavimo metodai, o netiesioginiams – radioizotopinis, pjezoelektrinis, talpinis ir optinės absorbcijos.

Laikantis saugumo reikalavimų trąšų laikymo sandėliai turi būti uždari, sausi ir pastatyti iš nedegių medžiagų. Turi būti įrengtos tinkamos vėdinimo sistemos. Grindys turi būti aukščiau žemės paviršiaus. Parinktas tinkamas trąšų sandėliavimo būdas.

- Pagal oro judėjimo būdą patalpose ventiliacija gali būti: Natūrali, mechaninė, mišri.
- Pagal paskirtį: ištraukiamoji, tiekiamoji, ištraukiamoji-tiekiamoji, ištraukiamoji-tiekiamoji su daline oro recirkuliacija
- Pagal aptarnaujamos zonos apimtį: bendraapykaitinės, vietinės.

Dirbant su cheminėmis medžiagomis ir jų mišiniais, darbdavys privalo:

- nustatyti kiekvienoje darbo vietoje esančius pavojingus cheminius veiksnius,
- įvertinti jų keliamą riziką darbuotojų saugai ir sveikatai,
- numatyti ir įgyvendinti tinkamas prevencines priemones,
- apmokyti darbuotojus saugiai dirbti.

Gaminant sudėtines NPK trąšas lazdeles reikia vertinti jas gaminant naudojamų komponentų pavojingumą. Darbe naudojamos medžiagos pateikiamos 4.1 lentelėje.

4.1 lentelė. Trąšoms naudojamų žaliavų pavojingumo charakteristikos[36, 37]

CAS Nr.	EB numeris	Cheminis pavadinimas	Molinė masė	Atsargumo frazės	Rizikos frazės
7487-88-9	231-818-8	Kalio nitratas	101,1 g/mol	P221 Imtis visų atsargumo priemonių, kad nebūtų sumaišyta su degiomis medžiagomis. P280 Mūvėti apsaugines pirštines/dėvėti apsauginius drabužius/naudoti akių apsaugos priemonės/veido apsaugos priemonės.	H272 Gali padidinti gaisro pavojų; oksidatorius.
7778-77-0	231-913-4	Kalio dihidrofosfatas	136,1 g/mol	-	-
7778-80-5	231-915-5	Kalio sulfatas	174,1 g/mol	-	-
7487-88-9	231-298-2	Magnio sulfatas	120,4 g/mol	Nereikia imtis jokių ypatingų priemonių.	

Kaip matyti iš lentelėje pateiktų duomenų, trąšas sudarantys komponentai nepasižymi ypatingai dideliu pavojingumu, išskyrus kalio nitrata, kuris stiprus oksidatorius ir didina gaisro pavojų, ir dirbant su šiomis cheminėmis medžiagomis pakanka naudoti įprastines apsaugos priemonės, tokia kaip pirštinės, veido apsaugos priemonės, specialūs darbiniai drabužiai ir t.t.

Išvados

1. Atlikus biriųjų trąšų paskirties, gamybos būdų, savybių, esamų trąšų lazdelių asortimento ir poreikio literatūros apžvalgą, nustatyta, kad nors specialiųjų trąšų lazdelių poreikis ir asortimentas Lietuvos prekybos vietose yra nemažas, mūsų šalyje tokios trąšos nėra gaminamos.
2. Remiantis agronominėmis rekomendacijomis ir cheminių elementų suderinamumo lentelėmis, parinktos pagrindinės žaliavos: kalio nitratas, kalio dihidrofosfatas, kalcio hipofosfitas, kalio sulfatas ir magnio sulfatas bei išamosios: vanduo, biologinis preparatas – *Fosfix*, skystų huminių rūgščių trąšos – *Humicop* ir apskaičiuotas žaliavų balansas.
3. Laboratorinėmis sąlygomis pagamintos 5–18–38–5(CaO)–2(S) markės trąšų lazdelės ir nustatyta, kad lazdelės yra nehidroskopiškos, o jų savybės priklauso nuo naudojamos išamosios medžiagos kiekio ir koncentracijos:
 - 3.1. lazdelių (atitinkamai plonų ir storų), kurios pagamintos išamuoju tirpalu naudojant vandenį atitinkamai, drėgmė yra 0,750–0,476 %; statinis stipris yra 63,51–117,19 N/5 mm;
 - 3.2. lazdelių (atitinkamai plonų ir storų), kurios pagamintos išamuoju tirpalu naudojant įvairių koncentracijų Fosfix tirpalą: drėgmė yra 0,795–0,880 % ir 0,506– 0,729 %; statinis stipris 46,2–55,2 N/5 mm ir 93,7–112,9 N/5 mm;
 - 3.3. lazdelių (atitinkamai plonų ir storų), kurios pagamintos išamuoju tirpalu naudojant įvairių koncentracijų Humicop tirpalą: drėgmė yra 0,780–0,845 % ir 0,738–0,779 %, statinis stipris 23,19–34,26 N/5 mm ir 66,4–94,3 N/5 mm.
4. Įvertinus eksperimentinių tyrimų duomenis, pasiūlyta principinė technologinė schema NPK trąšų lazdelėms gaminti, kai jų formavimui naudojamas ekstruderis, ir apžvelgti darbuotojų saugos ir sveikatos reikalavimai šioje technologijoje.

Literatūros sąrašas

1. MyliuSoda.lt. Augalams būtiniausias maisto medžiagos ir trąšos. Straipsnis [interaktyvus]. 2019, 1 p [žiūrėta 2019 03 19]. Prieiga per internetą: <https://www.myliusoda.lt/augalams-butiniausias-maisto-medziagos-ir-trasos/>
2. Agro. Trąšos ir mikroelementai žemės ūkio augalams. Straipsnis [interaktyvus]. 2015, [žiūrėta 2019 04 15]. Prieiga per internetą: <http://www.agrokoncernas.lt/uploads/images/leidiniai/musu/Trasu.pdf>
3. SVIKLAS A.M.; PALECKIENĖ R.; ŠLINKŠIENĖ R. Sudėtinės trąšos. Vadovėlis. Vilnius: Vilniaus pedagoginio universiteto leidykla, 2008, 195 p.
4. PALECKIENĖ R.; SVIKLAS A.M.; Trąšų agrochemija. Metodinė priemonė. Vilnius: TEV, 2012, 139 p.
5. R. PALECKIENĖ. Mineralinių trąšų ir rūgščių technologija. Prezentacija [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019 04 29]. Prieiga per internetą: https://2016r.moodle.ktu.edu/pluginfile.php/275172/mod_resource/content/1/MINERALIN%C4%96S%20TR%C4%84%C5%A0OS%202.Klasifikavimas.pdf
6. R. ŠLINKŠIENĖ. Sudėtinių biriųjų ir skystųjų trąšų kokybės rodikliai. Prezentacija [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019 05 03]. Prieiga per internetą: https://2017r.moodle.ktu.edu/pluginfile.php/275928/mod_resource/content/0/Tema_kokybes%20Rodikliai.pdf
7. Lietuvos standartizacijos departamentas. Trąšų granulių stiprio standartas. Standartas [interaktyvus]. 2006 [žiūrėta 2019 06 01]. Prieiga per internetą: <http://lsd.lt/index.php?-1910257370>
8. V. BOGUŠAS, J. ARVASAS, P. ŠNIAUKA. Žemdirbystė. Vadovėlis [interaktyvus]. Akademija 2013 [žiūrėta 2019 04 05]. Prieiga per internetą: http://dspace.lzuu.lt/bitstream/1/2507/1/Zemdirbyste_vadovelis.pdf
9. HAROLD F. REETZ, JR. Fertilizers and their Efficient Use [interaktyvus]. Payžius, Prancūzija, 2016 [žiūrėta 2019 06 01]. Prieiga per internetą: https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2016_ifa_reetz.pdf
10. PALECKIENĖ R.; SVIKLAS A.M.; Trąšų agrochemija. Metodinė priemonė. Vilnius: TEV, 2012, 139 p.
11. HAROLD F. REETZ, JR. Fertilizers and their Efficient Use [interaktyvus]. Payžius, Prancūzija, 2016 [žiūrėta 2019 06 01]. Prieiga per internetą: https://www.fertilizer.org/images/Library_Downloads/2016_ifa_reetz.pdf
12. R. PALECKIENĖ. Mineralinių trąšų agrochemija ir jų gamybos perspektyvos. Prezentacija [interaktyvus]. 2017 [žiūrėta 2019 05 03]. Prieiga per internetą: https://2018p.moodle.ktu.edu/pluginfile.php/323007/mod_resource/content/2/Paskaita%202.pdf
13. MUDĖNIENĖ, REGINA, JUZELIŪNAS, EIMUTIS. Chemijos enciklopedija. Enciklopedija. Vilnius: Mokslo ir enciklopedijų leidybos centras, 2015, 815 p.
14. Sodo spalvos. Pagrindinės augalams reikalingos maisto medžiagos. Straipsnis [interaktyvus]. 2019, [žiūrėta 2019 04 15]. Prieiga per internetą: http://www.sodospalvos.lt/Darzas-2465-Pagrindines_augalams_reikalingos_maisto_medziagos_ir_ju_reiksme
15. Agro. Elementų reikšmė. sąlygos elementų trūkumui atsirasti, trūkumo požymiai [interaktyvus]. 2019, [žiūrėta 2019 05 14], prieiga per internetą: <https://www.agrokoncernas.lt/news/166/201/Elementu-reiksme-salygos-elementu-trukumui-atzirasti-trukumo-pozymiai/d.tresimo/>

16. VDU Žemės ūkio akademija. Dirvožemio gelbėjimo planas – mokslininkų rankose. [interaktyvus]. 2019, [žiūrėta 2019 05 14], prieiga per internetą: <https://zua.vdu.lt/dirvozemio-gelbejimo-planas-mokslininku-rankose/>
17. UAB Chemcentras. Biologiniai produktai. 2019, [žiūrėta 2019 05 14], prieiga per internetą: <http://www.amvmt.lt/Images/Veikla/MSAT/Patarimai/dirvai.pdf>
18. Agroakademija.lt. Nauda žemės ūkio augalams – humusinių preparatų naudojimas. [interaktyvus]. 2014, [žiūrėta 2019 05 16], prieiga per internetą: <http://www.agroakademija.lt/Straipsniai/StraipPerziura?StraipsnisID=1305&TemaID=1>
19. GRODICKAS M. Biriųjų NPK Trąšų su bioaktyviais priedais gamybos technologija. Baigiamasis magistro darbas. Kaunas, 2018.
20. Ahmad F., Ahmad I., Khan M. S. Screening of free-living rhizospheric bacteria for their multiple plant growth promoting activities. *Microbiological Research*. Elsevier. 2006, 163(2008):173-181. ISSN: 0360-5442.
21. MILIŪTĖ I. Obelių ir pušų endofitinės kilmės bakterijų savybės, susijusios su augalų augimo skatinimu bei patogenų biokontrolė. Magistro baigiamasis darbas. Kaunas, 2013.
22. MUZZAMAL H., SARWAR R., SAJID I., HASNAIN S. ISOLATION, Identification and Screening of Endophytic Bacteria Antagonistic to Biofilm Formers. *Microbiology and Molecular Genetic*. 2012. 44(1):249-257. ISSN : 2320-3188.
23. MUZZAMAL H., SARWAR R., SAJID I., HASNAIN S. ISOLATION, Identification and Screening of Endophytic Bacteria Antagonistic to Biofilm Formers. *Microbiology and Molecular Genetic*. 2012. 44(1):249-257. ISSN : 2320-3188.
24. Global intreprenurial growth. Annual report [interaktyvus]. Amsterdamas, 2015, 162 p. [žiūrėta 2019 05 24]. Prieiga per internetą: http://www.oci.nl/media/cms_page_media/2/OCI%20NV%20Annual%20Report%202015.pdf
25. ŠLINKŠIENĖ R., BALIUTAVIČIUS V. Kai kurių granuliavimo parametrų įtaka NPK trąšų savybėms. Straipsnis. ISSN 1392 – 1231. *CHEMINĖ TECHNOLOGIJA*. 2012. Nr. 1
26. SEIM J. Quuestionof the Week: What does a Typical Pelletizing Process Look Like [interaktyvus]. 2015, [žiūrėta 2019 05 29]. Prieiga internete: <https://feeco.com/question-of-the-week-what-does-a-typical-pelletizing-process-look-like/>
27. Dynisco. Introduction to Extrusion. Pristatymas. [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019 06 01]. Prieiga per internetą: https://www.dynisco.com/userfiles/files/Introduction_To_Extrusion.pdf
28. Delfi.lt Kaip teisingai tręšti kambarinius augalus ir kokias trąšas rinktis. Staipsnis. [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019 06 01]. Prieiga per internetą: <https://www.delfi.lt/gyvenimas/namai/kaip-teisingai-tresti-kambarinius-augalus-ir-kokias-trasas-rinktis.d?id=77478381>
29. Fertilizer Stakes For Trees. [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019 06 01]. Prieiga per internetą: <http://staceyalickman.com/>
30. ProGrower.eu. Biotabs organic fertilizer tablet. [interaktyvus]. 2018 [žiūrėta 2019 06 01]. Prieiga per internetą: <https://www.progrower.eu/en/biotabs/1852-biotabs-organic-fertilizer-tablet-1-pcs.html>
31. Agrotikslas. Fosfix. [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019 06 02]. Prieiga per internetą: <http://www.agrotikslas.lt/produktai/fosfix/>
32. SVIKLAS A.M., PALECKIENĖ R., ŠLINKŠIENĖ R.; Mineralinių trąšų laboratoriniai darbai. Mokomoji knyga. Kaunas: Technologija, 2002, 119 p.
33. ŠIAUČIŪNAS R., BALTAKYS K., BALTUŠNIKAS A.; Silikatinių medžiagų instrumentinė analizė. Vadovėlis. Kaunas: Technologija, 2007, 241 p.

34. BARBARA WEBER. Kišeninis žinynas Matematika, Kaunas: Šviesa, 2001 m., 126 psl.
35. BUIKA G. Ekstruzija ir ekstruderiai. [interaktyvus]. 2019 [žiūrėta 2019 06 02]. Prieiga per internetą: https://2016r.moodle.ktu.edu/pluginfile.php/303835/mod_resource/content/1/EKSTRUZIJA%20IR%20EKSTRUDERIAI%20studentams.pdf
36. Roth. Saugos duomenų lapas [interaktyvus]. Lietuva, 13 p. [žiūrėta 2019 06 05]. Prieiga per internetą: https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/8/SDB_8001_LT_LT.pdf
37. Roth. Saugos duomenų lapas [interaktyvus]. Lietuva, 12 p. [žiūrėta 2019 06 05]. Prieiga per internetą: https://www.carlroth.com/downloads/sdb/lt/P/SDB_P018_LT_LT.pdf