

Vasarinių miežių augimo ir vystymosi priklausomybė nuo naftaleno koncentracijos dirvožemyje

Karolina Barčauskaitė,

Romas Mažeika

Lietuvos agrarinių ir miškų
mokslų centras,
Instituto al. 1,
58344 Akademija, Kėdainių r.
El. paštas karolina.barcauskaite@lammc.lt

Naftalenas – tai policiklinis aromatinis angliavandenilis, sudarytas iš dviejų kondensuotų benzeno žiedų ir pasižymintis didžiausiu tirpumu vandenyje. Dėl šios savybės naftalenas gali turėti neigiamą poveikį augalų daigumui ir vystymuisi. Tyrimų tikslas – nustatyti naftaleno poveikį vasarinių miežių daigumui ir augalų masei ankstyvaisiais augimo tarpsniais bei įvertinti jo poveikį augalų kiekiui ir derliui auginant augalus visą vegetacijos laikotarpį. Patvarius organinius teršalus augalai absorbuoja iš dirvožemio arba atmosferos. Šiuo atveju kaip taršos šaltinis pasirinktas kompostas, į kurį papildomai pridėta naftaleno. Vykdyti du eksperimentai: 28 dienų trukmės fitotoksiškumo eksperimentas ir vegetacinis eksperimentas iki visiško derliaus suformavimo. Fitotoksiškumo eksperimento metu penktą dieną po sėjos nustatytas sumažėjęs vasarinių miežių daigumas nuo 13 iki 72 %, palyginti su kontrole. 10 dienų po sėjos vasarinių miežių daigumas užfiksuotas 12 % mažesnis variante, kuriame pridėto naftaleno koncentracija buvo didžiausia. Auginant vasarinius miežius visą vegetacijos laikotarpį reikšmingas sumažėjimas abejais metais nustatytas tik šiaudų ir 1 000 grūdų masės tyrimuose.

Raktažodžiai: žaliųjų atliekų kompostas, vasariniai miežiai, naftalenas, policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA)

ĮVADAS

Populiariausias bioskaidžių atliekų tvarkymo būdas – kompostavimas, kai biologiškai skaidžios atliekos suardomos veikiant biologiniams, biocheminiams ir fizikiniams procesams. Komposto gamybos metu susidaro naujas produktas, turintis augalams ir dirvožemiui reikalingų maistingų medžiagų, mikro- ir makroelementų bei organinės medžiagos (*Compost production and use in the EU*, 2007). Kompostas vertinamas kaip kompleksinė medžiaga, turinti gana įvairių ir kintančią sudėtį, kuri priklauso nuo pradinės komposto žaliavos (prieš mikroorganizmų veiklos pradžią) ir komposto gamybos proceso (Adediran et al.,

2003; Riedel et al., 2008; Staugaitis et al., 2016). Kompostuojant susidaro ne tik dirvožemiui ir augalams naudingos, bet ir aplinkai pavojingos medžiagos: sunkieji metalai ir patvarūs organiniai junginiai (Cesaro et al., 2015). Aplinkai pavojingos medžiagos į kompostą patenka kartu su žalia arba susidaro kaip šalutiniai produktai vykstant kompostavimo procesui (Taiwo, 2011). Tik XXI amžiuje, kai kompostuoti pradėta pramoniniu būdu ir didelis komunalinių atliekų kiekis verčiamas kompostu, susirūpinta dėl galimos dirvožemio taršos patvariais organiniais junginiais. Pažangūs instrumentinės analizės metodai, prietaisų jautrumas ir selektyvumas leidžia patikimai atpažinti ir nustatyti itin mažus teršalų kiekius

dirvožemyje, kompostuose ir pačiuose augaluose. Policikliniai aromatiniai angliavandeniliai (PAA) ir polichlorbifenilai (PCB) yra patvarūs gamtos ir mikroorganizmų poveikiui, todėl dirvožemyje išlieka net ir tada, kai kompostas visiškai suyra ir nebetenka savo tręšiamųjų savybių (Berset et al., 1995). Dėl šios priežasties nuolatos tręšiant laukus kompostais, turinčiais patvarių organinių teršalų, iškyla grėsmė, kad dirvožemyje susikaups dideli kiekiai junginių, darančių dirvožemiui ir augalams neigiamą ir negrįžtamą poveikį. Užterštas dirvožemis būtų netinkamas naudojimui, mažėtų dirbamos žemės plotai. Patvarius organinius teršalus augalai absorbuoja iš dirvožemio arba iš atmosferos. Manoma, kad užterštame dirvožemyje užaugintuose augaluose gali pradėti kauptis patvarūs organiniai teršalai (Yogui et al., 2011). PAA pasižymi kancerogeninėmis, mutageninėmis, toksiškomis reprodukcijai savybėmis. Toksiškumo, ekotoksiškumo ir aplinkos mokslinis komitetas (CSTEE) patvirtino mokslinius duomenis, įrodančius, kad policikliniai aromatiniai angliavandeniliai kenkia žmogaus sveikatai labiau nei sunkieji metalai. Kambario temperatūroje PAA yra kietos kristalinės medžiagos, kurioms būdinga aukšta lydymosi ir virimo temperatūra, žemas garų slėgis (Urbienė, 2010; Karimi et al., 2015). Tam tikri jų kiekiai išsiskiria nepilno organinių medžiagų degimo ar jų pirolizės metu. Šie junginiai yra hidrofobiški, jų tirpumas mažėja didėjant molekuliniai masei. Tačiau jie labai gerai tirpsta organiniuose tirpikliuose, yra lipofiliški (Urbienė, 2010).

Policiklinius aromatinius angliavandenilius sudaro du ir daugiau benzeno žiedų, kai du atomai viename aromatinėje žiede yra dalis kito aromatinio žiedo. Paprasčiausias toks junginys – naftalenas, kurio cheminė formulė yra $C_{10}H_8$ (Moss, 1998). Naftalenas sudarytas iš dviejų kondensuotų benzeno žiedų. Jis dažniausiai randamas akmens anglių dervose, naftoje ir naftos produktuose. Nedidelius naftaleno kiekius išskiria magnolijos ir kai kurios elnių rūšys. Požeminis termitas (*Coptotermes formosanus*) naftaleną išskiria kaip repelentą apsaugoti nuo skruzdžių ir kirminų nematodų (*Termite mothball*, 1998). Literatūros duomenimis, nedideli kiekiai naftaleno randami ir kompostuose (Berset et al., 1995; Brändli et al., 2006; Bucheli et al., 2015).

Tyrimų tikslas – nustatyti naftaleno poveikį vasarinių miežių augimui ir vystymuisi.

TYRIMO METODAI IR SĄLYGOS

Vegetacinis 28 dienų fitotoksiškumo eksperimentas atliktas 2015–2016 m. Lietuvos agrarinių ir miškų mokslų centro (LAMMC) filialo Žemdirbystės instituto Agrobiologijos laboratorijoje. Eksperimento metu 28 dienas auginti LAMMC filiale Žemdirbystės institute sukurti vasariniai miežiai 'Ema DS', siekta įvertinti fitotoksišką patvaraus aromatinio angliavandenilio – naftaleno – poveikį augalui pirmaisiais augimo tarpsniais. Vegetaciniam eksperimentui buvo naudojamas dirvožemis ir kompostas su padidintu organinių teršalų kiekiu mišinys. Paskaičiuotas įterpto komposto kiekis pagal tręšimo normą azotu 170 t ha^{-1} . Tai atitiko 90 g žaliųjų atliekų komposto. Dirvožemis ir kompostas ruošiant auginimo terpę buvo sveriami. Teršalas įnešamas maišant jį su smėliu, vėliau su kompostu ir dirvožemiu. Vegetaciniam eksperimentui naudotas dirvožemis iš Anykščių rajono LAMMC filialo Elmininkų bandymų stoties, tai glėjiškas karbonatingas išplautžemis. Jo granulimetrinė sudėtis ariamajame sluoksnyje – moreninis, smėlingas lengvas priemolis. Prieš vykdant vegetacinį fitotoksiškumo eksperimentą dirvožemis buvo ištirtas. PH nustatytas taikant potenciometrinį metodą pagal LST ISO 10390:2005; judrūs fosforo (P_2O_5) ir kalio (K_2O) kiekiai – pagal laboratorijoje parengtą LVP D-07:2012 Egner–Riehm–Domingo, (A-L) ištraukoje metodą; judrios sieros kiekis – laboratorijoje parengtu LVP D-12:2011 turbidimetrinio metodu. Dirvožemio organinės anglies kiekis analizuotas ISO 10694:1995 metodu, elektrinis laidumas – pagal ISO 11265:1994. Nustatytas pH yra 6,3. Judriojo fosforo (P_2O_5) koncentracija 47 mg kg^{-1} , judriojo kalio (K_2O) ir judrios sieros (S) kiekiai atitinkamai 87 mg kg^{-1} ir $2,3 \text{ mg kg}^{-1}$. Organinės anglies 1,21 %, dirvožemio elektrinis laidis – $6,77 \text{ mS m}^{-1}$. Dirvožemio elektrinis laidis parodo, kiek druskų yra ištirpusių dirvožemyje (Behera, Shukla, 2015). Prieš vykdant vegetacinį eksperimentą pirmiausia buvo ištirta žaliųjų atliekų komposto kokybė. Vegetacinis eksperimentas iki visiško vasarinių miežių derliaus nuėmimo buvo vykdomas dvejus metus iš eilės, jam naudotas žaliųjų atliekų kompostas, paimtas iš Alytaus regioninio atliekų tvarkymo centro kompostavimo aikštelės. Pirmiausia buvo ištirta komposto cheminė sudėtis ir tręšiamoji vertė, gauti rezultatai pateikti 1 lentelėje.

1 lentelė. Žaliųjų atliekų komposto kokybės rodikliai

Table 1. Quality of green waste compost

Metai / Year	pH	Sausos medžiagos masė % Amount of dry weight, %	Organinės medžiagos kiekis % Amount of organic matter, %	P ₂ O ₅ , %	K ₂ O, %	Organinės anglies kiekis % Amount of organic carbon, %	Bendras azoto kiekis % Total amount of nitrogen, %	Naftaleno kiekis mg kg ⁻¹ Amount of naphthalene, mg kg ⁻¹
2015	8,4 ± 0,21	59,8 ± 0,86	19,2 ± 0,37	0,97 ± 0,007	1,28 ± 0,092	10,2 ± 0,04	0,65 ± 0,007	0,02 ± 0,002
2017	9,1 ± 0,07	63,0 ± 2,44	24,1 ± 0,09	0,44 ± 0,078	0,39 ± 0,049	10,4 ± 0,64	0,95 ± 0,007	0,03 ± 0,001

Vasariniai miežiai sėti į vegetacinius indus – 0,55 l tūrio plastikinius vazonėlius. Į kiekvieną vegetacinį indą įpilta 0,5 kg substrato, sijoto per 8 mm sietą. Kiekviename vegetaciniame inde pasėta po 20 vasarinių miežių 'Ema DS' sėklų. Sėklos įterptos į auginimo terpę 1 cm gylyje lygiais atstumais. Po sėjos vasariniai miežiai laistyti rankiniu būdu atsižvelgiant į auginimo terpės paviršiaus drėgmę. Pagal metodiką (Baumgarten, Spiegel, 2004), 5 ir 10 dieną po sėjos buvo nustatytas vasarinių miežių daigumas. 28 dieną po sėjos (1 pav.) augalai nupjauti, įvertinta vazonėlio augalų bendra masė ir apskaičiuota vieno augalo vidutinė masė. Vegetacinis eksperimentas vykdy-

tas kartojant penkis kartus. Vegetacinio eksperimento variantai pateikti 2 lentelėje.

Paraleliai LAMMC Agrocheminių tyrimų laboratorijos vegetacinių bandymų aikštelėje 2016–2017 m. buvo auginami vasariniai miežiai 'Ema DS' iki visiško derliaus subrendimo. Kaip ir aprašytame eksperimente, 10 dieną po sėjos buvo nustatytas augalų daigumas. Vegetacijai pasibaigus buvo įvertinta: grūdų skaičius varpoje, augalų masė vegetaciniame inde, indo šiaudų masė, subrendusių vasarinių miežių grūdų masė ir 1 000 grūdų masė. Tyrimai atlikti siekiant įvertinti fitotoksišką naftaleno poveikį vasarinių miežių augimui ir vystymuisi. Vegetacinis eksperimentas



1 pav. Vasariniai miežiai 'Ema DS' 28 dieną po sėjos
Fig. 1. Spring barley 'Ema DS' 28 days after sowing

2 lentelė. Vegetacinio 28 dienų fitotoksiškumo eksperimento variantai

Table 2. Treatments of the fitotoxicity vegetation experiment

Varianto numeris Treatment number	Auginimo terpė Growing medium	Naftaleno koncentracija auginimo terpėje mg kg ⁻¹ Concentration of naphthalene in growing medium, mg kg ⁻¹
1	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	0
2	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	4
3	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	8
4	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	24
5	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	50
6	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	100
7	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	300
8	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 0.41 kg + 0.09 kg green waste compost	500

iki visiško derliaus nuėmimo vykdytas 5 l talpos vegetaciniuose induose – 21 cm aukščio, 20 cm skersmens viršuje ir 15 cm skersmens apačioje plastikiniuose vazonuose. Vegetaciniai indai užpildyti tokia pačia kaip ir pirmajame eksperimente auginimo terpe. Eksperimentui naudotas tas pats dirvožemis, žaliųjų atliekų kompostas ir sintetinis policiklinis aromatinis angliavandenis – naftalenas (grynumas 99 %, CAS Nr. 91-20-3). Eksperimento variantai pateikti 3 lentelėje. Į kiekvieną vegetacinį indą pasėta po 15 vasarinių mie-

žių 'Ema DS' sėklų. Sėklos įterptos į auginimo terpę 1 cm gylyje lygiais atstumais. Vegetaciniai indai laikyti natūralaus klimato sąlygomis. Laistyti rankiniu būdu pagal auginimo terpės drėgmę. Vegetacinis eksperimentas vykdytas keturiais pakartojimais dvejus metus iš eilės.

Vegetacinio eksperimento pabaigoje vasarinių miežių antžeminės dalies žaliosios masės kiekis nustatytas gravimetrijos metodu naudojant elektronines analitines svarstyklės (Shimadzu AW/AX/AY, Japonija).

3 lentelė. Vegetacinio eksperimento variantai

Table 3. Treatments of the vegetation experiment

Varianto numeris Treatment number	Auginimo terpė Growing medium	Naftaleno koncentracija auginimo terpėje mg kg ⁻¹ Concentration of naphthalene in growing medium, mg kg ⁻¹
1a	Dirvožemis 4,1 kg + 0,9 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 4.1 kg + 0.9 kg green waste compost	0
2a	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 4.1 kg + 0.9 kg green waste compost	100
3a	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 4.1 kg + 0.9 kg green waste compost	300
4a	Dirvožemis 0,41 kg + 0,09 kg žaliųjų atliekų kompostas Soil 4.1 kg + 0.9 kg green waste compost	500

Komposto $\text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$ nustatytas pagal standartą LST EN 13037, vandeninis ekstraktas matuotas mišriu elektrodu. Ekstrakto sudėtis – viena dalis mėginio ir penkios dalys analizės vandens, plakta 1 val. Suminis azotas nustatytas pagal standartą LST EN ISO 13654 – 1:2002; suminis fosforas ir kalis – pagal standartą LST EN 13650:2006. Sausos medžiagos kiekis įvertintas pagal standartą LST EN ISO 13040:2008, komposto ėminiai džiovinti iki nekintančios masės $103 \pm 2^\circ\text{C}$ temperatūroje. Organinė medžiaga – pagal standartą LST EN 13039:2012. Naftaleno kiekis kompostuose nustatytas skysčių chromatografijos metodu pagal ISO 13859:2014 metodą. Visos analizės atliktos kartojant tris kartus. Komposto kokybės rezultatai pateikti aritmetiniu vidurkiu \pm standartinis nuokrypis. Vegetacinių eksperimentų rezultatai apdoroti taikant dispersinės analizės metodą DISVEG (Raudonius, 2009).

TYRIMŲ REZULTATAI IR JŲ APTARIMAS

Atlikus 28 dienų trukmės vegetacinį eksperimentą gauti statistiškai patikimi duomenys, kai tikimybės lygis $R_{0,5}$. Vasarinių miežių 'Ema DS' daigumas penktą dieną po sėjos vegetaciniuose induose, kuriuose naftaleno koncentracija siekė 24–500 mg kg^{-1} , buvo esmingai mažesnis, palyginti su vegetaciniais indais, kuriuose naftaleno nebuvo. Esant naftaleno koncentracijai 4 mg kg^{-1} ir 8 mg kg^{-1} auginimo terpėje esminių daigumo skirtumų nepastebėta. 10 dieną po sėjos iš esmės mažesnis augalų daigumas buvo nustatytas tik aštuntame variante, kur buvo pridėtas didžiausias kiekis policiklinio aromatinio angliavandenilio. Gauti rezultatai atitinka ir kitų autorių atliktų tyrimų duomenis, kai buvo vertinama naftaleno ir kitų policiklinių aromatinių angliavandenių įtaka augalų daigumui (Hanner et al., 1999). Poveikis augalų daigumui siejamas su didžiausiu naftaleno tirpumu vandenyje, kuris yra 31 mg L^{-1} (Hanner et al., 1999). Vertinant vazonėlio žaliosios masės kiekį po 28 dienų nustatyta, kad esant 4 ir 8 mg kg^{-1} naftaleno gautas esmingai didesnis žaliosios masės kiekis, palyginti su kontrole. Gautą rezultatą galima paaiškinti tuo, kad nedidelis pridėto teršalo koncentracijos poveikis yra kompensuojamas su kompostu įneštu maistinių medžiagų kiekiu, kuris ir lemia didesnę vegetacinio indo žaliosios masės kiekį. Vegetaciniuose

induose esant 24, 50 ir 100 mg kg^{-1} naftaleno koncentracijai esminių skirtumų nenustatyta, kai $R_{0,5}$. Į auginimo terpę įmaišius 300 ir 500 mg kg^{-1} naftaleno po 28 dienų nustatyta esmingai mažesnė, vegetaciniame inde išauginta, žalioji masė, palyginti su kontroliniu variantu. Pasibaigus 28 dienų trukmės fitotoksiškumo eksperimentui ir įvertinus vieno augalo masę, variantuose, kuriuose naftaleno koncentracija buvo 4 ir 8 mg kg^{-1} , nustatytas statistiškai reikšmingas augalo masės padidėjimas. Žalioji masė mažėjo esant naftaleno koncentracijai nuo 24 iki 300 mg kg^{-1} auginimo terpėje, tačiau esminių skirtumų nebuvo. Esant 500 mg kg^{-1} naftaleno koncentracijai vieno augalo masė buvo reikšmingai mažesnė nei kontroliniame variante.

Atsižvelgiant į atliktą fitotoksiškumo eksperimentą, 2016–2017 m. vasariniai miežiai 'Ema DS' buvo auginami kol visiškai subrendo derlius. Eksperimento variantai pateikti 3 lentelėje.

5 lentelėje pateikti dvejų metų vegetacinio eksperimento iki visiško derliaus subrandinimo rezultatai. Įvertinus vasarinių miežių daigumą 10 dieną po sėjos statistiškai reikšmingas sumažėjimas užfiksuotas esant 300 ir 500 mg kg^{-1} naftaleno koncentracijai 2016 m. ir 500 mg kg^{-1} koncentracijai 2017 metais. Vertinant vegetaciniame inde išaugintą žaliąją masę ir vidutinę vieno augalo masę, esminiai skirtumai nustatyti tik naudojant 500 mg kg^{-1} koncentraciją 2017 metais. Bendra šiaudų masė abejais metais, kai naftaleno koncentracija 500 mg kg^{-1} , nustatyta iš esmės mažesnė esant tikimybei $R_{0,5}$. Pagal bendrą grūdų masę 2016 m. esminių skirtumų tarp variantų nebuvo. 2017 m. reikšmingai mažesnė vasarinių miežių grūdų masė nustatyta, kai naftaleno kiekis auginimo terpėje buvo 300 ir 500 mg kg^{-1} . 1 000 grūdų masė tiek 2016, tiek 2017 m. esmingai mažesnė buvo variantuose, kuriuose naftaleno koncentracija siekė 500 mg kg^{-1} . Nė vienais eksperimento vykdymo metais reikšmingų skirtumų nenustatyta skaičiuojant subrandintų grūdų skaičių vienoje varpoje, išskyrus 2017 m., kai buvo nustatytas esminis grūdų skaičiaus padidėjimas (naudojant 100 mg kg^{-1} naftaleno koncentraciją). Mokslininkai, tyrę dirbtinę PAA įtaką kukurūzų biomasės ir derliaus kiekiui, nustatė, kad tirtų PAA buvimas auginimo terpėje neturėjo įtakos kukurūzų augimui ir vystymuisi (Gondek et al., 2014). Atliktame tyrime nenustatyti jokie reikšmingi

4 lentelė. 28 dienų trukmės vegetacinio eksperimento rezultatai

Table 4. Results of the 28-day vegetation experiment

Naftaleno koncentracija auginimo terpėje mg kg ⁻¹ Concentration of naphthalene in growing medium, mg kg ⁻¹	Daigumas % Germination, %		28 dieną po sėjos (BBCH 18 tarpsnis) 28th day after sowing (BBCH 18)	
	5 dieną po sėjos 5th day after sowing	10 dieną po sėjos 10th day after sowing	Augalų žalioji masė vazonėlyje g Total amount of green weight in the pot, g	Vidutinė vieno augalo masė g Average weight of one plant, g
0	74	95	10,74	0,55
4	65	96	13,18	0,68
8	65	97	12,82	0,67
24	47	92	10,25	0,54
50	44	95	10,67	0,56
100	36	93	10,02	0,51
300	25	90	8,88	0,51
500	21	84	8,70	0,48
R _{0,5}	13,2	9,6	1,179	0,049

5 lentelė. Vegetacinio eksperimento rezultatai

Table 5. Results of the vegetation experiment

Naftaleno koncentracija auginimo terpėje mg kg ⁻¹ Concentration of naphthalene in growing medium, mg kg ⁻¹	Eksperimento vykdymo metai Year of vegetation experiment	Daigumas % Germination, %	Subrendę vasariniai miežiai (BBCH 89 tarpsnis) Maturity spring barley (BBCH 89)					
		10 dieną po sėjos 10th day after sowing	Augalų žalioji masė vazone g Amount of green weight in the pot, g	Vidutinė vieno augalo masė g Average weight of one plant, g	Šiaudų masė vazone g Amount of straw in the pot, g	Grūdų masė vazone g Amount of grain in the pot, g	Vidutinis grūdų skaičius varpoje vnt. Average amount of grain in ear, unit	1 000 grūdų masė g Mass of 1 000 grain, g
0	2016	87	17,12	1,34	8,74	8,38	13	46,33
	2017	93	24,00	1,78	12,27	11,73	10	41,15
100	2016	83	15,58	1,20	7,28	8,30	13	45,93
	2017	90	25,35	1,91	12,76	12,59	12	39,15
300	2016	58	15,41	1,29	6,87	8,55	13	45,08
	2017	78	19,52	1,39	10,49	9,03	10	43,43
500	2016	57	15,34	1,46	5,58	9,76	14	35,95
	2017	75	14,97	1,17	6,42	8,55	10	37,83
R _{0,5}	2016	17,5	3,114	0,382	1,894	2,583	2,4	2,124
R _{0,5}	2017	15,3	5,401	0,569	4,766	2,367	1,7	3,317

skirtumai tarp augalo šaknų ir ūglių biomasės. Tyrime buvo vertinamas trijų (fluoreno, chrizeno, benz(α)pireno), sudarytų atitinkamai iš trijų, keturių ir penkių benzeno žiedų, policiklinių aromatinių angliavandenilių sinergetinis efektas augalams. Mūsų atlikti eksperimentai iš dalies patvirtina rezultatus, gautus K. Gondeko ir jo kolegų 2014 m., nes esant mažoms naftaleno koncentracijoms auginimo terpėje esminių augalų biomasės kiekio skirtumų nebuvo.

IŠVADOS

1. Vykdant 28 dienų trukmės fitotoksiškumo eksperimentą penktą dieną po sėjos nustatytas sumažėjęs vasarinių miežių daigumas nuo 13 iki 72 %, palyginti su kontrole. Praėjus 10 dienų po sėjos statistiškai reikšmingas daigumo sumažėjimas užfiksuotas variantuose, kur naftaleno koncentracija auginimo terpėje siekė 500 mg kg⁻¹.

2. Nedidelis naftaleno kiekis auginimo terpėje padidina vazonėlyje išaugintą vasarinių miežių žaliąją masę.

3. Auginant vasarinius miežius visą vegetacijos laikotarpį 10 dieną po sėjos nustatytas reikšmingai mažesnis augalų daigumas, kai naftaleno koncentracija auginimo terpėje 300 ir 500 mg kg⁻¹ (2016 m.) bei 500 mg kg⁻¹ (2017 m.). Daigumas užfiksuotas atitinkamai 34, 39 ir 20 % mažesnis nei kontrolyje.

4. Statistiškai reikšmingas šiaudų masės ir 1 000 grūdų masės sumažėjimas abejais tyrimų metais nustatytas, kai naftaleno koncentracija buvo 500 mg kg⁻¹. Esmingai mažiausia žaliųjų masė ir vieno augalo masė nustatyta 2017 m. vegetaciniuose induose, kuriuose naftaleno koncentracija buvo didžiausia. Iš esmės mažesnė grūdų masė 2017 m. buvo vegetaciniuose induose, kuriuose naftaleno koncentracija auginimo terpėje siekė 300 ir 500 mg kg⁻¹, tačiau į auginimo terpę pridėtas naftaleno kiekis jokios įtakos neturėjo subrandintų grūdų skaičiui vienoje varpoje, išskyrus 2017 m., kai naftaleno koncentracija buvo 100 mg kg⁻¹, o vidutinis subrandintas grūdų skaičius varpoje iš esmės buvo didesnis nei kontroliuotame variante.

Gauta 2018 01 22
Priimta 2018 03 26

LITERATŪRA

1. Adediran J. A., Taiwo L. B., Sobulo R. A. 2003. Effect of organic wastes and method of composting on compost maturity, nutrient composition of compost and yields of two vegetable crops. *Journal of Sustainable Agriculture*. Vol. 22. No. 4. P. 95–109.
2. Baumgarten A., Spiegel H. 2004. *Phytotoxicity (Plant Tolerance)*. Vienna: Agency for Health and Food Safety. 36 p.
3. Behera S. K., Shukla A. K. 2015. Spatial distribution of surface soil acidity, electrical conductivity, soil organic carbon content and exchangeable potassium, calcium and magnesium in some cropped acid soils of India. *Land Degradation & Development*. Vol. 26. No. 1. P. 71–79.
4. Berset J. D., Holzer R. 1995. Organic micropollutants in Swiss agriculture: distribution of polynuclear aromatic hydrocarbons (PAH) and polychlorinated biphenyls (PCB) in soil, liquid manure, sewage sludge and compost samples: a comparative study. *International Journal of Environmental Analytical Chemistry*. Vol. 59. No. 2–4. P. 145–165.
5. Brändli R., Bucheli T., Kupper T., Zennegg M., Berger U., Edder P., Oehme M., Müller J., Schaffner C., Furrer R. 2006. Organic pollutants in source-separated compost. *Organohalogen Compounds*. Vol. 68. P. 863–866.
6. Bucheli T. D., Hilber I., Schmidt H. P. 2015. Polycyclic aromatic hydrocarbons and polychlorinated aromatic compounds in biochar. In: *Biochar for Environmental Management: Science, Technology and Implementation*. London: Routledge. P. 595–624.
7. Cesaro A., Belgiorno V., Guida M. 2015. Compost from organic solid waste: Quality assessment and European regulations for its sustainable use. *Resources, Conservation and Recycling*. Vol. 94. P. 72–79.
8. *Compost Production and Use in the EU: final report*. 2007. Orbit e. V. European Compost Network ECN. European Commission Joint Research Centre. 180 p.
9. Gondek K., Tabak M., Kopec M. 2014. Effect of soil pollution with polycyclic aromatic hydrocarbons on maize biomass yield and accumulation of selected trace elements. *Journal of Elementology*. Vol. 19. No. 4. P. 989–1000.
10. Henner P., Schiavon M., Druelle V., Lichtfouse E. 1999. Phytotoxicity of ancient gaswork soils. Effect of polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs) on plant germination. *Organic Geochemistry*. Vol. 30. No. 8. P. 963–969.
11. Karimi B., Habibi M., Esvand M. 2015. Biodegradation of naphthalene using *Pseudomonas aeruginosa* by up flow anoxic-aerobic continuous flow combined bioreactor. *Journal of Environmental Health Science and Engineering*. Vol. 13. No. 1. P. 26.

12. Moss G. P. 1998. Nomenclature of fused and bridged fused ring systems (IUPAC Recommendations 1998). *Pure and Applied Chemistry*. Vol. 70. No. 1. P. 143–216.
13. www.bbc.co.uk/news [žiūrėta 2018-01-13]. Prieiga per internetą: <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/76115.stm>
14. Raudonius S. 2009. *Mokslinių tyrimų metodika*. Kaunas: Akademija. P. 80–91.
15. Riedel H., Marb C. 2008. Heavy Metals and Organic Contaminants in Bavarian Composts – an Overview. *Proceedings of the International Congress CODIS 2008*. Solothurn, Switzerland. P. 63–64.
16. Staugaitis G., Narutytė I., Arbačiauskas J., Vaišvila Z., Rainys K., Mažeika R., Masevičienė A., Žičkienė L., Šumskis D. 2016. The influence of composts on yield and chemical elements of winter wheat and spring barley. *Žemdirbystė–Agriculture*. Vol. 103. No. 4. P. 355–362.
17. Taiwo A. M. 2011. Composting as a sustainable waste management technique in developing countries. *Journal of Environmental Science and Technology*. Vol. 4. No. 2. P. 93–102.
18. Urbienė S. 2010. *Maisto toksikologijos pagrindai*. Kaunas: Akademija. P. 113–135.
19. Yogui G. T., Sericano J. L., Montone R. C. 2011. Accumulation of semivolatile organic compounds in antarctic vegetation: a case study of polybrominated diphenyl ethers. *Science of the Total Environment*. Vol. 409. No. 19. P. 3902–3908.

Karolina Barčauskaitė, Romas Mažeika

THE DEPENDENCE OF SUMMER BARLEY GROWING AND DEVELOPMENT ON THE CONCENTRATION OF NAPHTHALENE IN SOIL

S u m m a r y

Naphthalene is polycyclic aromatic hydrocarbon (PAH) containing only carbon and hydrogen that are composed of multiple aromatic rings. The simplest PAH, naphthalene, consists of two condensed benzene rings and shows the highest solubility in water. Due to this naphthalene could have a negative effect on plant germination and development. The aim of this thesis is to determine the effect of naphthalene on spring barley germination and the amount of green mass in early stages of growing. Moreover, to evaluate the effect of naphthalene on the spring barley amount and yield when growing for the full vegetation period. Persistent organic pollutants are absorbed from atmosphere or soil by plants. Compost was chosen for this research with a different amount of naphthalene inserted in it.

During the research, there were two experiments done: one phytotoxicity experiment with a duration of 28 days and another vegetation experiment for the full vegetation period until the whole yield growing. During the phytotoxicity experiment, 5 days after sowing, decreasing of the germination of spring barley was determined. The germination decreased from 13 to 72% in comparison to the control variant. On the 10th day after sowing, the germination of spring barley was 12% lower in the variant of the experiment where the concentration of naphthalene was highest. When spring barley was growing for the full vegetation period, a significant decreasing amount of straw and an average mass of 1 000 grains were determined in both years.

Keywords: green waste compost, spring barley, naphthalene, polycyclic aromatic hydrocarbons (PAHs)