

KOKYBINIŲ IR PRODUKTYVUMO RODIKLIŲ VERTINIMAS AUGINANT PIEVAGRYBIUS SKIRTINGUOSE SUBSTRATUOSE

Lorena JANUŠKEVIČIŪTĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas:
lorena.januskeviciute@vdu.lt

Kristina LEKAVIČIENĖ, Vytauto Didžiojo universitetas, Žemės ūkio akademija, Inžinerijos fakultetas, el. paštas:
kristina.lekaviciene@vdu.lt

Santrauka

Pievagrybiai yra vieni iš svarbiausių ir dažniausiai auginamų grybų komerciniais tikslais pasaulyje. Padidėjus pievagrybių paklausai pasaulinėje rinkoje, daugelyje šalių jų auginimas virto žemės ūkio industrine šaka. Pievagrybių auginimas reikalauja specifinių sąlygų, o vienas iš svarbiausių faktorių, darančių įtaką auginimo rezultatams, yra substratas – medžiaga, kurioje auga grybai. Grybų auginimo specialistai kasdien susiduria su problemomis auginant pievagrybius. Pievagrybiai yra labai jautrūs aplinkai ir net kelių procentų santykinio drėgnumo svyravimams, ir net pusės laipsnio oro temperatūros pokytis ypatingai veikia jų augimą ir brendimą. Atsižvelgiant į didėjančią pievagrybių vartojimą ir augančią jų paklausą, svarbu išsiaiškinti ir žinoti bei pritaikyti optimalius auginimo metodus ir substratus, kurie leistų gauti geriausią derlių užtikrint produktų kokybę.

Tyrimai atlikti ekologiškame ir neekologiškame substratuose auginant baltus ir rudus pievagrybius. Pievagrybių auginimo ūkyje tyrimo metu buvo naudojamos kelios auginimo kameros. Kameroje pievagrybiai auginami lentynų sistemoje. Tyrimo metu buvo vertinamos pagrindinės substrato savybės – temperatūra, drėgmė, elektrinis laidumas sausos medžiagos ir derlius. Tyrimo rezultatai parodė, kad substrato fizikinių savybių stabilumas yra pagrindinis veiksnys, lemiantis pievagrybių didesnę produktyvumą.

Reikšminiai žodžiai: pievagrybiai, substratas, fizikinės savybės, sausosios medžiagos, derlius.

Įvadas

Pievagrybiai yra vieni svarbiausių ir dažniausiai auginamų grybų komerciniais tikslais pasaulyje. Šie grybai plačiai naudojami tiek kulinarijoje, tiek medicinoje dėl savo vertingų maistinių savybių. Pievagrybių auginimas reikalauja specifinių sąlygų, o vienas iš svarbiausių faktorių, įtakančių auginimo rezultatus, yra substratas – medžiaga, kurioje auga grybai. Substrato pasirinkimas tiesiogiai veikia pievagrybių augimą, vaisiakūnių susidarymą, derlių ir grybų kokybę (Den Auden, 2018).

Padidėjus pievagrybių paklausai pasaulinėje rinkoje, daugelyje šalių jų auginimas virto žemės ūkio industrine šaka. Pievagrybių auginimas yra toks verslas kuris auga greitai kaip ir grybai. Grybų auginimo specialistai kasdien susiduria su problemomis auginant pievagrybius. Pievagrybiai yra labai jautrūs aplinkai ir net kelių procentų santykinio drėgnumo svyravimams, ir net pusės laipsnio oro temperatūros pokytis ypatingai veikia jų augimą ir brendimą. Atrodo, kad visada grybai auga arba per greitai, arba per lėtai: tai juntamas jų perteklius, tai trūkumas. Pievagrybių auginimo sėkmė priklauso nuo optimalių sąlygų užtikrinimo, iš kurių svarbiausią vaidmenį atlieka substratai (Den Auden, 2018).

Substratas – tai pagrindas, kuriame auga pievagrybiai, ir nuo jo savybių priklauso grybienos augimas, derliaus kiekis bei kokybė. Moksliniai tyrimai rodo, kad substratų sudėtis, fizikinės ir cheminės savybės (pvz., drėgmės kiekis, pH, maistinių medžiagų kiekis) daro didelę įtaką pievagrybių produktyvumui. Šiame darbe pagrindinis dėmesys buvo skiriamas substratų savybių pokyčiams analizuoti auginant skirtingus grybus, taip pat nustatyti šių savybių poveikį pievagrybių produktyvumui. Paskutiniu metu sparčiai vystosi naujos auginimo technologijos, kuriose naudojami įvairūs alternatyvūs substratai ir metodai, siekiant ne tik padidinti pievagrybių produktyvumą, bet ir prisidėti prie tvaresnės žemės ūkio praktikos. Tačiau vis dar trūksta išsamios analizės, kokie substratai ir auginimo metodai yra optimalūs siekiant efektyvumo ir kokybės (Jasinska, 2024).

Tyrimo tikslas – ištirti ekologinių ir neekologinių pievagrybių auginimo technologijų įtaką substratų fizikinėms savybėms ir produktyvumui.

Iškeltam tikslui pasiekti sprendžiami šie **uždaviniai**:

1. Atlikti substratų temperatūros, drėgmės ir elektrinio laidumo eksperimentinius tyrimus skirtingais auginimo etapais.
2. Nustatyti išaugintų pievagrybių sausos medžiagos kiekį ir derlių.
3. Įvertinti substratų fizikinių savybių sąsajas su pievagrybių produktyvumu.

Tyrimų objektas ir metodai

Tyrimai atlikti 2025–2026 m. pievagrybių auginimo įmonėje. Auginami rudi ekologiški pievagrybiai, balti ekologiški pievagrybiai ir balti neekologiški pievagrybiai. Grybų auginimo įmonėje tyrimo metu buvo naudojamos kelios auginimo kameros. Kameroje pievagrybiai auginami lentynų sistemoje. Tyrimo metu darbas pradedamas nuo substrato pakrovimo į lentynas. Įkrovimo tankis sudarys nuo 80 iki 95 kg/m². Substrato aukštis lentynose nuo 24 iki 36 cm.

Visą auginimo laiką tolygiai palaikyta 24–25 °C substrato temperatūra, kad substratas neperkaistų, t. y. neviršytų 28–30 °C. Pievagrybių skynimo metu temperatūra palaikyta apie 18–19 °C. Tyrimo metu substratų (rudų ekologiškų pievagrybių (REP), baltų ekologiškų pievagrybių (BEP), baltų neekologiškų pievagrybių (BP)) temperatūra, drėgmė ir elektrinis laidumas buvo matuojami prietaisu „HH2 Moisture Meter“ (žr. 1 pav.) trimis pakartojimais, keliais etapais. Pirmame etape – pievagrybių auginimo etape po kameros įkrovimo, kai substratas jau pakrautas į auginimo lentynas. Antrame etape – pievagrybių formavimosi ir skynimo fazėje. Matavimai buvo atliekami periodiškai (1, 3, 7, 11, 15, 19, 23) dienomis po substrato įkrovimo. Šie skaičiai nurodo laiko intervalą dienomis nuo pradinės fazės iki derliaus surinkimo.



1 pav. Substratų fizikinių savybių matavimo prietaisas „HH2 Moisture Meter“
Fig. 1. Device of measuring the physical properties of substrate „HH2 Moisture Meter)

Rudų ekologiškų pievagrybių, baltų ekologiškų pievagrybių, baltų neekologiškų pievagrybių sausųjų medžiagų kiekis buvo tiriamas siekiant įvertinti tikrąją grybų struktūrinę ir maistinę sudėtį, eliminuojant vandens kiekio įtaką. Tyrimas atliktas naudojant džiovinimo spintą, kurioje grybai džiovinami 105 °C temperatūroje 72 val. Tyrimas vykdytas trimis pakartojimais. Grybų derlius nustatytas sveriant svarstyklėmis kiekvienos rūšies pievagrybius sumuojant per derėjimo laikotarpį surinktus grybus.

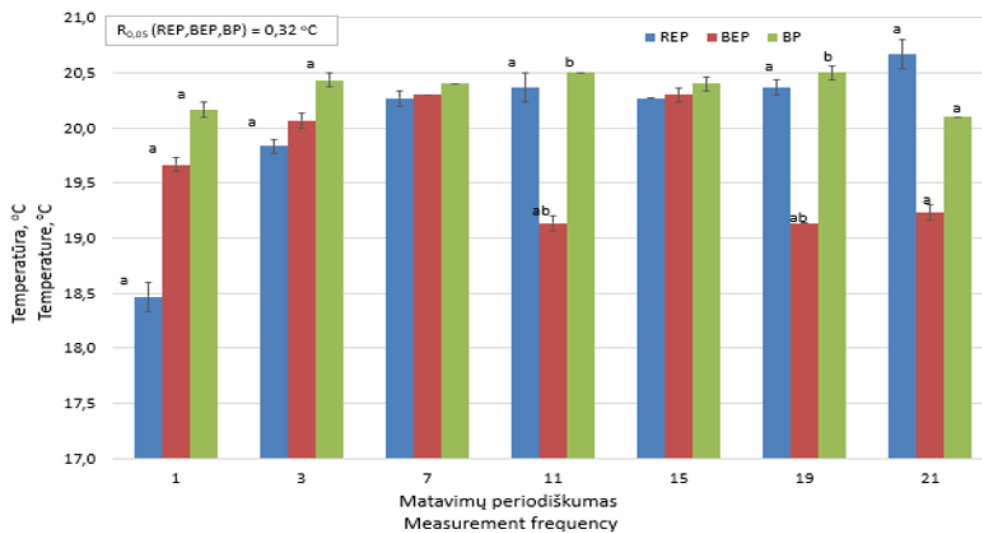
Tiriamieji rodikliai pasirinkti todėl, kad jie tiesiogiai susiję su grybienos metaboliniais procesais, mikrobiologiniu aktyvumu substrate ir maistinių medžiagų prieinamumu.

Kiekvienam tiriamajam variantui ir matavimo laikotarpiui buvo apskaičiuoti aritmetiniai vidurkiai ir standartiniai nuokrypiai. Duomenų sklaidai ir patikimumui įvertinti taip pat apskaičiuoti 95 % pasikliautinieji intervalai, leidžiantys įvertinti vidurkio įverčio tikslumą. Skirtumams tarp tiriamųjų variantų įvertinti taikyta dispersinė analizė (ANOVA). Mažiausio esminio skirtumo riba ($R_{0,05}$) apskaičiuota siekiant nustatyti, ar skirtumai tarp atskirų variantų vidurkių yra statistiškai reikšmingi. Skirtumai laikyti esminiais, kai vidurkių skirtumas viršijo apskaičiuotą mažiausio esminio skirtumo ribos reikšmę.

Tyrimų rezultatai ir jų aptarimas

Tyrimai atlikti siekiant įvertinti, kaip skirtingų substratų savybės veikia pievagrybių auginimo sąlygas ir galutinį produktyvumą. Atsižvelgiant į tai, kad pievagrybiai yra itin jautrūs aplinkos sąlygoms, o net ir nedideli temperatūros, drėgmės ar maistinių medžiagų koncentracijos pokyčiai gali reikšmingai paveikti grybienos vystymąsi ir derliaus formavimąsi.

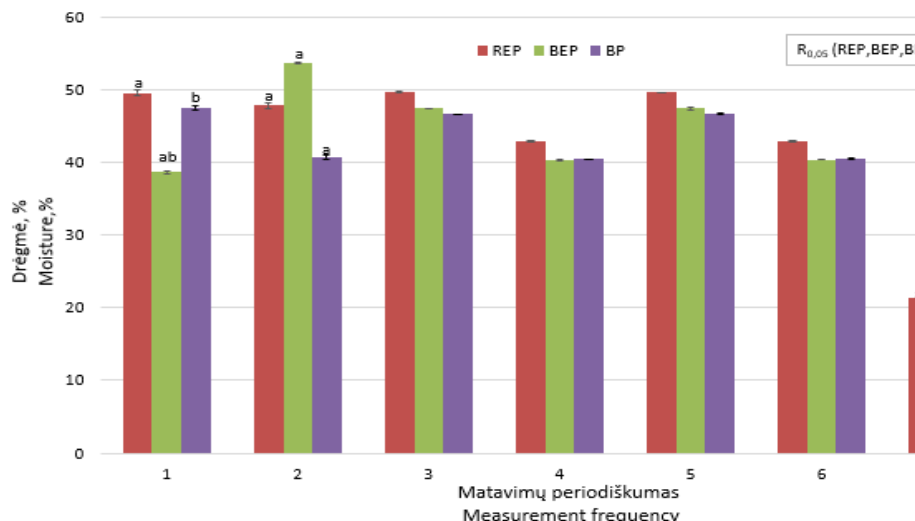
Tyrimo metu nustatyta, kad substrato temperatūra kito priklausomai nuo auginimo varianto ir matavimo periodo (žr. 2 pav.). Vienfaktorinės dispersinės analizės (ANOVA) rezultatai parodė, kad temperatūros skirtumai tarp kai kurių variantų buvo statistiškai reikšmingi (žr. 2 pav.). Vidutinės temperatūros reikšmės rudų ekologiškų pievagrybių substrate svyravo nuo 18,5 °C iki 20,7 °C, baltų ekologiškų pievagrybių substrate – nuo 19,1 °C iki 20,3 °C, o baltų neekologiškų pievagrybių substrate – nuo 20,1 °C iki 20,5 °C. (žr. 2 pav.). Bendrai stebima, kad visais matavimo laikotarpiais temperatūra svyruoja nedideliame intervale (~18,5–20,7 °C). Aukščiausios ir stabiliausios temperatūros fiksuotos BP variante, tuo tarpu ekologiškuose substratuose buvo stebimi didesni temperatūros svyravimai, ypač ankstyvaisiais matavimo periodais.



2 pav. Temperatūros kitimas pievagrybių auginimo variantuose: REP – rudų ekologiškų pievagrybių substratas, BEP – baltų ekologiškų pievagrybių substratas, BP – baltų neekologiškų pievagrybių substratas. Vienodos raidės virš stulpelių reiškia, kad tarp variantų tame pačiame matavimų periode yra esminis skirtumas.

Fig. 2. Temperature variation in mushroom cultivation variants: REP – substrate for brown organic mushrooms, BEP – substrate for white organic mushrooms, BP – substrate for white non-organic mushrooms. Identical letters above the columns indicate that there is a significant difference between the variants within the same measurement period.

Drėgmė tiesiogiai veikia maistinių medžiagų tirpumą, jų pasisavinimą ir grybienos augimo intensyvumą. Be to, drėgmės kiekis substrate turi įtakos substrato struktūrai, aeracijai ir mikrobiologinių procesų eigai. Tyrimų metu nustatyta, kad substrato drėgmė visų auginimo variantų atveju laikui bėgant mažėjo, tačiau drėgmės mažėjimo intensyvumas skyrėsi priklausomai nuo substrato tipo (žr. 3 pav.). Didžiausios drėgmės reikšmės fiksuotos ankstyvaisiais auginimo etapais, o vėlesniais periodais stebėta nuosekli mažėjimo tendencija. Ekologiškuose substratuose drėgmės reikšmės tyrimo pradžioje buvo didesnės, tačiau vėliau jos sumažėjo labiau nei neekologiniame substrate. Tai gali būti siejama su didesniu vandens sunaudojimu biologinių procesų metu ir intensyvesniu garavimu. Neekologiniame substrate drėgmės reikšmės buvo stabilesnės, o tai sudarė palankesnes sąlygas tolygiam grybienos vystymuisi. Vidutinė drėgmė REP variante sumažėjo nuo 49,6 % iki 21,4 %, BEP variante – nuo 53,7 % iki 30,4 %, o BP variante – nuo 47,5 % iki 30,4 %. (žr. 3 pav.). Nors bendrieji vidutiniai skirtumai tarp variantų nebuvo statistškai reikšmingi ($p > 0,05$), atskiruose matavimo perioduose buvo nustatyti reikšmingi skirtumai, kuriuos rodo skirtingos raidės grafikuose.



3 pav. Drėgmės kitimas pievagrybių auginimo variantuose: REP – rudų ekologiškų pievagrybių substratas, BEP – baltų ekologiškų pievagrybių substratas, BP – baltų neekologiškų pievagrybių substratas. Vienodos raidės virš stulpelių reiškia, kad tarp variantų tame pačiame matavimų periode yra esminis skirtumas.

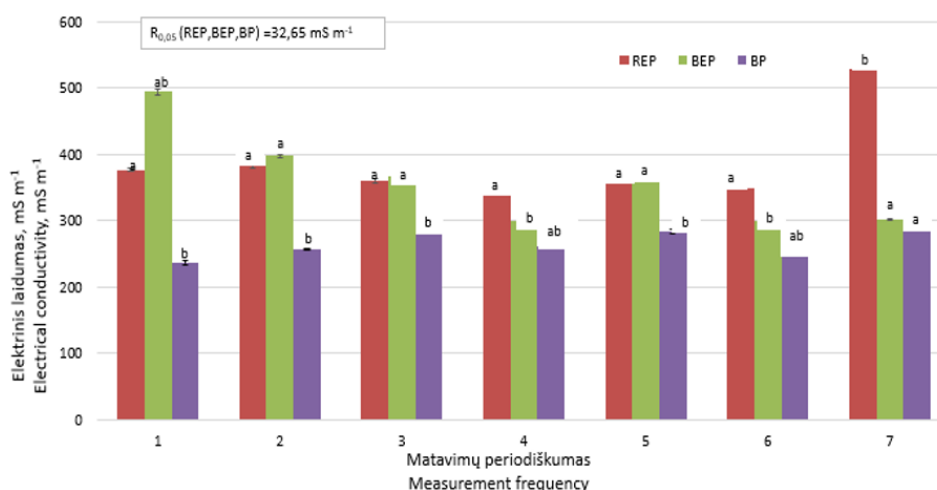
Fig. 3. Moisture changes in different mushroom cultivation variants: REP – substrate for brown organic mushrooms, BEP – substrate for white organic mushrooms, BP – substrate for white non-organic mushrooms. Identical letters above the columns indicate that there is a significant difference between the variants during the same measurement period.

Elektrinis laidumas buvo tiriamas siekiant įvertinti substrato joninės sudėties ir ištirpusių druskų koncentracijos pokyčius, nes šis rodiklis tiesiogiai susijęs su maistinių medžiagų prieinamumu grybieniui, mikrobiologiniu aktyvumu ir osmosiniu slėgiu substrate. Elektrinis laidumas substratuose pievagrybių auginime yra svarbus parametras, kuris gali suteikti vertingų įžvalgų apie substrato savybes, mikrofloros aktyvumą ir augimo sąlygas. Elektrinis laidumas pievagrybių

substrate dažniausiai išreiškiamas milisiemensais viename centimetre (**mS/cm**). Tai yra rodiklis, parodantis, kiek ištirpusių druskų (jonų) yra substrate – iš esmės, kiek maistinių medžiagų yra prieinama grybams ir mikroorganizmams. Elektrinis laidumas (EC) substratuose tiesiogiai susijęs su drėgmės kiekiu, maistinių medžiagų koncentracija ir substrato kokybe, ir gali būti naudojamas kaip indikatorius optimalioms augimo sąlygoms palaikyti. Pievagrybiams auginant substratuose, svarbu palaikyti tam tikrą elektrinio laidumo lygį, kad substratas būtų subalansuotas tiek mikroflorai, tiek grybams. Per mažas laidumas $<1,0$ mS/cm gali reikšti, kad substratas neturi pakankamai maistinių medžiagų, o per didelis laidumas ($>3,0$ mS/cm) gali sukelti jonų disbalansą, kuris slopina grybų augimą. Optimalus ($\sim 1,5\text{--}2,5$ mS/cm). Tiriant pievagrybių auginimo substratus, svarbu, kad elektrinis laidumas būtų tinkamai subalansuotas ir neviršytų rekomenduojamų ribų. Matavimai buvo atliekami su elektriniui laidumui matuoti naudojamu prietaisu „HH2 Moisture Meter“. Substrato elektrinis laidumas matuojamas keliuose etapuose.

Tyrimo metu nustatyta, kad elektrinis laidumas reikšmingai skyrėsi tarp skirtingų substratų tipų ir matavimo periodų (žr. 4 pav.). Ekologiniuose substratuose (REP ir BEP) elektrinio laidumo reikšmės visais matavimo laikotarpiais buvo didesnės nei neekologiniame substrate (BP), kas rodo didesnę ištirpusių druskų ir aktyvių jonų koncentraciją. Vidutinės elektrinio laidumo reikšmės ekologiniuose substratuose svyravo nuo maždaug 350 iki 500 mS m^{-1} , tuo tarpu neekologiniame substrate – nuo apie 230 iki 290 mS m^{-1} . Didžiausios elektrinio laidumo reikšmės buvo nustatytos baltų ekologiškų pievagrybių substrate (BEP) ankstyvaisiais matavimo periodais, kai substrate vyko intensyvūs biologiniai ir mikrobiologiniai procesai.

Analizuojant elektrinio laidumo kitimo tendencijas laike, nustatyta, kad pradiniais auginimo etapais elektrinis laidumas buvo didžiausias, ypač ekologiniuose substratuose. Vėlesniais matavimo periodais ekologiniuose substratuose stebėta laipsniško elektrinio laidumo mažėjimo tendencija. Neekologiniame substrate elektrinio laidumo reikšmės buvo mažesnės ir stabilesnės viso tyrimo metu, o jų kitimas laike buvo mažiau ryškus.

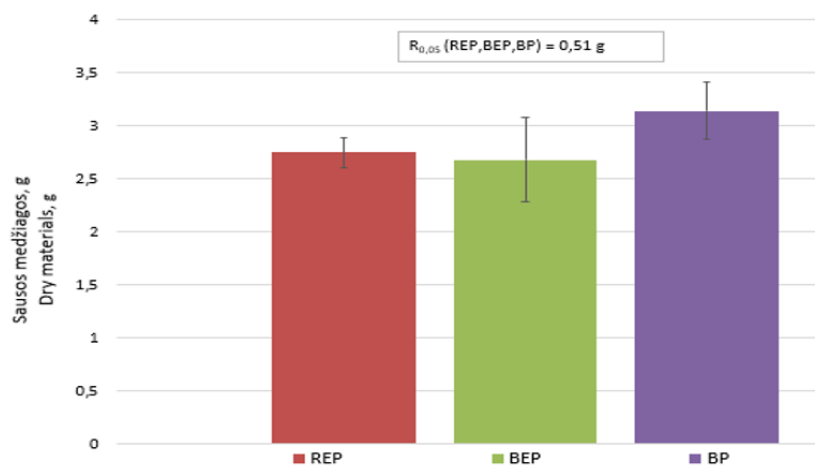


4 pav. Elektrinio laidumo kitimas pievagrybių auginimo variantuose: REP – rudų ekologiškų pievagrybių substratas, BEP – baltų ekologiškų pievagrybių substratas, BP – baltų neekologiškų pievagrybių substratas. Vienodos raidės virš stulpelių reiškia, kad tarp variantų tame pačiame matavimų periode yra esminis skirtumas.

Fig. 4. Changes in electrical conductivity in different mushroom cultivation variants: REP – substrate for brown organic mushrooms, BEP – substrate for white organic mushrooms, BP – substrate for white non-organic mushrooms. Identical letters above the columns indicate that there is a significant difference between the variants within the same measurement period.

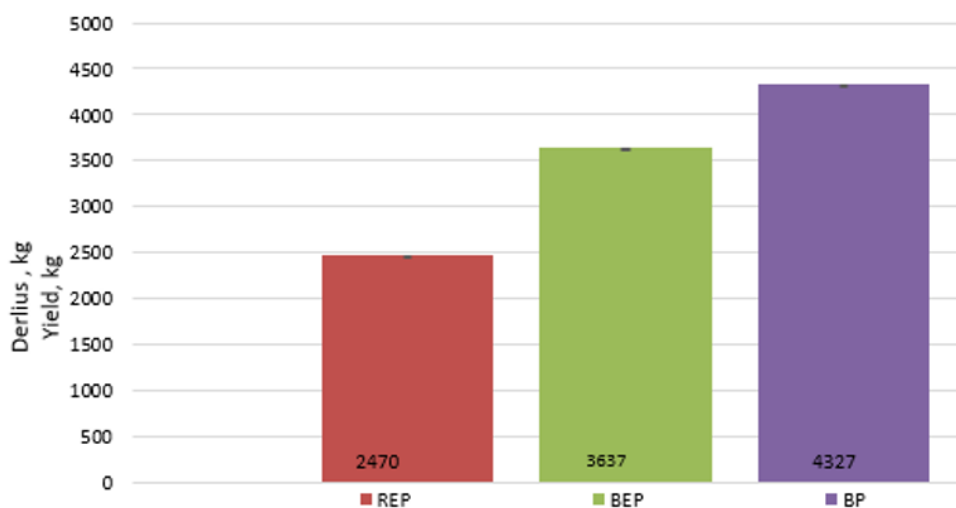
Sausųjų medžiagų kiekis substrate buvo tiriamas siekiant įvertinti tikrąją substrato struktūrinę ir maistinę sudėtį, eliminuojant vandens kiekio įtaką. Tyrimo metu nustatyta, kad sausųjų medžiagų kiekis skirtinguose pievagrybių auginimo variantuose buvo panašus, o statistinė analizė parodė, kad skirtumai tarp variantų nebuvo statistiškai reikšmingi ($p > 0,05$) (žr. 5 pav.). Vidutinės sausųjų medžiagų reikšmės sudarė 2,75 g rudų ekologiškų pievagrybių substrate (REP), 2,68 g baltų ekologiškų pievagrybių substrate (BEP) ir 3,14 g baltų neekologiškų pievagrybių substrate (BP). Nors neekologiniame substrate buvo nustatytas didesnis sausųjų medžiagų kiekis, skirtumai tarp variantų nevirsijo mažiausios esminio skirtumo ribos ($R_{0,05} = 0,51$ g), todėl laikomi statistiškai nereikšmingais.

Pievagrybių derlius buvo vertinamas kaip galutinis ir integruotas visų tirtų veiksnių rezultatas, atspindintis substrato savybių, auginimo technologijos ir aplinkos sąlygų poveikį pievagrybių produktyvumui. Tyrimo metu nustatyta, kad pievagrybių derlius reikšmingai skyrėsi tarp skirtingų auginimo variantų (žr. 6 pav.). Didžiausias priskintų pievagrybių kiekis buvo gautas baltų neekologiškų pievagrybių substrate (BP), o mažiausias – rudų ekologiškų pievagrybių substrate (REP).



5 pav. Sausų medžiagų kitimas pievagrybių auginimo variantuose: REP – rudų ekologiškų pievagrybių substratas, BEP – baltų ekologiškų pievagrybių substratas, BP – baltų neekologiškų pievagrybių substratas.

Fig. 5. Changes in dry matter content in different mushroom cultivation treatments: REP – substrate for brown organic mushrooms, BEP – substrate for white organic oyster mushrooms, BP – substrate for white non-organic mushrooms.



6 pav. Pievagrybių derliaus kitimas skirtinguose substratuose: REP – rudų ekologiškų pievagrybių substratas, BEP – baltų ekologiškų pievagrybių substratas, BP – baltų neekologiškų pievagrybių substratas.

Fig. 6. Variation in mushroom yield across different substrates: REP – substrate for brown organic mushrooms, BEP – substrate for white organic oyster mushrooms, BP – substrate for white non-organic mushrooms.

Išvados

1. Nustatyta, kad substrato temperatūra, drėgmė ir elektrinis laidumas kito, priklausomai nuo auginimo varianto ir laiko, o stabilesnės šių rodyklių reikšmės, nustatytos BP sudarė palankesnes sąlygas pievagrybių augimui.

2. Tyrimo metu nustatyta, BP variante buvo didžiausias grybų sausų medžiagų kiekis. Didžiausias derlius gautas baltų neekologiškų pievagrybių substrate, o mažiausias – rudų ekologiškų pievagrybių substrate.

3. Ekologinė auginimo technologija nepademonstravo pranašumo produktyvumo atžvilgiu. Nors ekologiniuose substratuose fiksuotas aukštesnis elektrinis laidumas, didesnė drėgmė, tai neatspindėjo didesniame derliuje. Neekologinis substratas pasižymėjo stabilesnėmis fizikinėmis savybėmis ir efektyvesniu derliaus formavimu.

Literatūra

1. Den Ouden, M. (2020). *Mushroom Signals: A practical guide to optimal mushroom growing*. Roodbont Publishers. 150 p.
2. Jasińska, A., Stoknes, K., Niedzielski, P., Budka, A., & Mleczek, M. (2024). Mushroom production on digestate: Mineral composition of cultivation compost, mushrooms, spent mushroom compost and spent casing. *Journal of Agriculture and Food Research*, 18, 101518. <https://doi.org/10.1016/j.jafr.2024.101518>.
3. Van den Munckhof-Vedder, M., Vedder, P.J.C. (2020). *Modern mushroom growing 2020: Harvesting*. Dublin, GA, USA: P.J.C. Vedder. 448 p.

ASSESSMENT OF QUALITY AND PRODUCTIVITY INDICATORS IN MUSHROOM CULTIVATION USING DIFFERENT SUBSTRATES

Abstract.

Button mushrooms are among the most important and most commonly cultivated mushrooms for commercial purposes worldwide. As demand for button mushrooms has grown in the global market, their cultivation has become an industrial branch of agriculture in many countries. Cultivating button mushrooms requires specific conditions, and one of the most important factors influencing cultivation results is the substrate the material in which the mushrooms grow. Mushroom cultivation specialists face daily challenges when growing button mushrooms. Button mushrooms are highly sensitive to their environment and even slight fluctuations in relative humidity—as little as a few percentage points—and even a half-degree change in air temperature can significantly affect their growth and maturation. Given the increasing consumption of oyster mushrooms and the growing demand for them, it is important to identify, understand, and apply optimal cultivation methods and substrates that would ensure the best yield and product quality.

The study was conducted using organic and non-organic substrates for the cultivation of white and brown button mushrooms. During the study, several growing chambers were used at the mushroom farm. In the chambers, the mushrooms were grown on a shelf system. The study evaluated the main properties of the substrate - temperature, moisture, electrical conductivity of dry matter, and yield. The results of the study showed that the stability of the substrates physical properties is the key factor determining higher productivity of field mushrooms.

Keywords: mushrooms, substrate, physical properties, dry matter, yield.