

SOPRONI EGYETEM
ERDŐMÉRNÖKI KAR
ROTH GYULA ERDÉSZETI ÉS VADGAZDÁLKODÁSI
TUDOMÁNYOK DOKTORI ISKOLA

Erdei köztestermesztéses rendszerek mikroklíma vizsgálata és
gépesítési lehetőségei

Doktori (PhD) értekezés tézisei

KOVÁCS KLAUDIA
okl.erdőmérnök

Sopron
2024

Doktori Iskola: Roth Gyula Erdészeti És Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola

Program: Erdészeti műszaki ismeretek

Témavezetők: Dr. Vityi Andrea
Dr. Czupy Imre

A KUTATÁS TÉMA AKTUALITÁSA

A klímaváltozás a környezet, a gazdaság és a társadalom szempontjából is egyre nagyobb problémát jelent. A probléma megoldásához olyan technológiák alkalmazására van szükség, amelyek lehetővé teszik az áttérést a tisztább, rugalmasabban alkalmazkodó gazdaságra. Ezek a megoldások nem kizárólag az éghajlatváltozás mérséklésére fókuszálnak, hanem a fenntartható fejlődés céljaival összhangban álló teljes átalakulást szolgálják. Az agroerdészeti rendszereket a világ számos táján sikeresen alkalmazzák a klímaváltozáshoz való adaptáció céljából, az elsivatagosodás és a talajerózió ellen, valamint a biológiai sokféleség támogatására. A gyakorlati tapasztalatok azt mutatják, hogy a köztes termesztés erdészeti alkalmazása segítheti a fiatal erdőállományok klímaadaptációját egy jól megválasztott technológiával.

A KUTATÁS CÉLKITŰZÉSE

A köztestermesztést jelenleg több magyarországi állami erdőgazdaság területén alkalmazzák erdőfelújításokban. Az eddig megszerzett tapasztalatok azt bizonyítják, hogy a köztesnövény jelenléte elősegíti az erdőfelújítás eredményességének növelését, a csemeték egészségi állapotának, túlélési arányának javulását. A kedvező tapasztalatokat alátámasztó kutatás azonban mindeddig nem készült Magyarországon, és a nemzetközi szakirodalomban is csak néhány, a témához kapcsolódó – leginkább talajjavítási szempontokra és helyi élelmezési problémák megoldására koncentrált – eredmény található. Ezért a kutatás fő célja annak vizsgálata, hogy egy erdei köztes termesztéses rendszerben milyen környezeti változások következnek be, és mely tényezők játszhatnak szerepet ezekben a változásokban. A vizsgálatok elsősorban a rendszer mikroklimájában bekövetkezett változások mérésére irányultak, kiegészítve a rendszer fenntartásának monetáris oldalával, amelynek egy jelentős részét képezi a gépesítettség. A kutatás célkitűzései:

- i) Megvizsgálni az köztes termesztéses mesterséges erdőfelújítás és a hasonló körülmények között létrehozott köztesnövény nélküli kontroll terület összehasonlításával a köztes termesztés mikroklíma módosító hatásait a talajhőmérséklet, talaj-vezetőképesség, talajvízszint, léghőmérséklet, relatív páratartalom és szélesség paraméterek alapján.
- ii) Megvizsgálni milyen földgyenérték-mutatóval rendelkeznek az AE rendszerek a homogén kultúrával hasznosított területhez képest.
- iii) Feltérképezni a Magyarországon előforduló ilyen jellegű rendszereket, majd gépesítettségük és egyéb jellemzőik felmérését követően javaslatot tenni a rentábilisabb technológiai megoldásokra

A KUTATÁS MÓDSZEREI

A kutatási kérdések megválaszolásához többféle módszert alkalmaztunk. A kutatás megalapozása a hazai és nemzetközi szakirodalom áttekintésével, a vizsgált technológia hazai helyzetének és eddigi tapasztalatainak felmérésével, kiértékelésével történt. Ezt követően valós, üzemi körülmények között kialakított kísérleti területeket hoztunk létre, melyek mindegyikét két egységre bontottuk: kialakításra került egy kontroll terület és egy agrárerdészeti terület. A kísérleti területeken három éven keresztül végeztünk terepi mintavételezéseket és adatgyűjtéseket, melyek a kísérleti rendszerek mikroklíma változására és technológiai vonatkozásaira koncentráltak. A termőhelyvizsgálat-hoz szükséges talajminták laboratóriumi vizsgálatot követően kerültek kiértékelésre.

Mikroklíma vizsgálatok

A mikroklíma vizsgálatokat a 2020–2022. években az állományra veszélyes nyári aszályra leginkább hajlamos időszakokban végeztük, hente 2–3 alkalommal. A mérések kézi mobil műszerekkel történtek, 12–14 óra között. Az adatgyűjtéseket az alábbi táblázatban foglaltuk össze.

<i>Vizsgált paraméterek</i>	<i>Talajhőmérséklet</i>	<i>Elektromos vezetőképesség</i>	<i>Lég hőmérséklet</i>	<i>Légnedvesség</i>
Időszak	Júl. 01-Aug. 30.	Júl. 01-Aug. 30.	Júl. 01-Aug. 30.	Júl. 01-Aug. 30.
Mérési pontok	2 szelvény/ rendszer 5 pont/ szelvény	2 szelvény/ rendszer 5 pont/ szelvény	2 szelvény/ rendszer 2 pont/ szelvény	2 szelvény/ rendszer 2 pont/ szelvény
Magasság/ mélység	Talajfelszín, -10 cm	Talajfelszín, - 10 cm	Talajfelszín, 1 m, 2m	Talajfelszín, 1 m, 2m

A szél sebességét 2 méteren mértük szelvényenként a fasorokban és a sorközökben.

Növekedési paraméterek

A kísérleti területeken nemesnyár suháng lett elültetve. A csemeték mérése júniusban, augusztusban és szeptemberben történt, mindhárom egymást követő évben. A mért paraméterek:

- famagasság
- tőkerület
- mellmagassági kerület

A famagassági értékeket 10 cm-es pontossággal rögzítettük, hogy elég legyen a méretbeli és a korbéli mérésre vonatkozó előírások korlátozásoknak. Mind a tő-, mind a mellmagassági kerület 0,5 centiméteres pontossággal rögzítésre került. A mérésekhez szabócentit és egy 10 cm-es pontosságú mérőrudat használtunk. A kontroll és agrár-erdészeti rendszerben is 3–3 mérési parcella lett kijelölve, párhuzamos elrendezésben.

A mérések elvégzése utána az adatok kiértékelésére a TIBCO Statistica™ version 13 programot használtuk. A statisztikai minták ugyanazon függő változó mikroklíma méréseinek eredményeit két független csoportba soroltuk (agroerdészeti és kontroll terület). A kapott változók átlagait összehasonlítottuk. A statisztikai mintákat normál eloszlású sokaságból vettük.

Kiegészítő vizsgálatok

Talajvizsgálati célokra az egyes területek felső 30 cm-ből kevert minták kerültek begyűjtésre és kiértékelésre laboratóriumi körülmények között.

A talajvízszint méréseket a mikroklíma mérések időpontjában, hetente 2–3-szor végeztük el.

Földegyenérték mutató (LER)

A földhasználat erőforráshatékonyságával összefüggő földegyenérték mutató tekintetében az agroerdészeti és a kontroll területeken álló fák fejlődését leíró paraméterek összevetése, valamint a köztesnövény hozama és a KSH által szolgáltatott országos éves termés hozamok összehasonlítása alapján állapítottuk meg a két rendszer közötti relációt.

Technológiai adatgyűjtés

Az adatgyűjtés során kérdőíves felmérés történt, több lépcsőben: elsőként a hazai erdészeti gyakorlatban alkalmazott hasonló technológiák előfordulásait mértük fel, ezt követően az egyes területekhez kapcsolódó technológiát az alkalmazott gépekkel. A beérkezett adatok alapján a *Mezőgazdasági gépek költségei* című kiadvány melléklete alapján területi és gép kategóriánként megállapításra került a gépmunka és az abból származó költségek.

A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA

Az agrárerdészeti rendszerek a világ számos részén pozitív hatást gyakorolnak a környezetükre, ezért széleskörben alkalmazott gazdálkodási formák. Az erdei köztestermesztéses rendszerek, mint agroerdészeti rendszerek azonban csak igen csekély körben és területen elterjedt mező-erdőgazdálkodási gyakorlatok. Magyarországon jellemzően állami erdőterületeken alkalmazzák, ahol az erdősítés érdekei kerülnek előtérbe. A kutatásaink során nyert eredmények tekintetében elmondható, hogy a köztestermesztés kedvező hatásai összességében meghaladták a negatív hatásokat.

A talajhőmérsékleti eredmények alapján leírható, hogy az erdei köztestermesztéses rendszer kedvező befolyást gyakorol a rendszerre. A jövőre vonatkozóan felmerül az a kérdés, vajon milyen mértékben lesz képes ezt a kedvező hatást fenntartani a klíma melegedésével szemben. A talaj elektromos vezetőképessége esetén ilyen egyértelmű megállapítás nem tehető, ugyanakkor fontos kiemelni, hogy ezt a paramétert nagyon sok tényező befolyásolja, mint például a lehullott csapadék mennyisége, a talajvíz szint, a vegetáció sűrűsége és ezáltal az intercepció, valamint az evapotranspiráció. Az eredményekben felfedezhetők ezek az összefüggések.

Az AE rendszerről a léghőmérséklet vonatkozásában kijelenthető, hogy azt többnyire kis mértékben csökkenti, de nem szignifikánsan. Azonban ez a hatás tovább segíti a talaj hűtését, más esetben annak melegedését, és összességében egy sokkal kiegyensúlyozottabb rendszer létrejöttét.

A köztestermesztéses rendszer magasabb relatív páratartalmi értéket adott, statisztikailag szignifikáns különbség azonban csak 2021-ben és 2022-ben, 1 méteres magasságban mutatkozott. A köztesnövény növekedésével a felületi érdesség is nőtt, ezzel szignifikánsan csökkentve a szélsébséget.

A rendszer talajvíz felhasználására nagy hatással volt a tenyészidőszakban tapasztalható időjárás és ennek megfelelően hasznosult a vegetáció számára elérhető vízmennyiség. Egy-egy csapadékesemény hozadékát a következő mérési alkalommal számszerűsíteni lehetett. A vegetáció talajvízszintre gyakorolt hatása hasonlóan jellemezhető,

mint a talaj elektromos vezetőképességének alakulása, tehát a havi időjárás függvényében alakult.

Területegységre vetített összbiomassza-hozam tekintetében az a következtetés vonható le, hogy megfelelő köztesnövény és művelési technológia mellett, továbbá, ha a vad nem károsítja jelentősen a területet, rentábilis lehet egy ehhez hasonló rendszer kialakítása, fenntartása.

Amint az adatok kiértékelése során tapasztalhattuk, fontos mérlegelni, hogy milyen területi adottságok és környezeti feltételek mellett alkalmazhatjuk az erdészeti köztestermesztéses rendszereket, mert a nem jól megválasztott technológia a csemetékre nézve negatív befolyásoló tényezővé is válhat. Ugyanakkor az adottságoknak megfelelően kivitelezett és üzemeltetett köztestermesztésnek a telepített faállományra nézve több kedvező hozadéka is lehet. A tapasztalatok és a mérések alapján elmondható, hogy az alkalmazott agroerdészeti gyakorlat növelheti az erdősítés hatékonyságát és a területkihasználást, emellett pedig egyéb célokat is szolgál (ökoszisztéma szolgáltatások, takarmányozás). Az erdősítésben alkalmazott köztesnövény-termesztés így erőforrás-hatékonysággal és jobb gazdasági megtérüléssel párosulhat, főként, ha a megfelelő gépsort alkalmazzuk a kialakításához és fenntartásához.

TÉZISEK, ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

A vizsgálat során a legfontosabbnak ítélt tudományos eredmények a következők:

1. Három éves vizsgálatok eredményeként kijelenthető, hogy a nemesnyárból (*Populus × euramericana* cv. I-214) és a kukoricából (*Zea mays* L.) álló erdei köztes termesztéses rendszer mind a talajfelszínen (átlagosan a sorközökben 7,26 °C-kal, a fasorokban 4,30 °C -kal, mind a talaj 10 cm-es mélységében (átlagosan a sorközökben 2,70 °C-kal, a fasorokban 1,69 °C-kal) szignifikánsan csökkentette a talajhőmérsékletet, a hasonló termőhelyi körülmények között fejlődő kontroll erdőterülethez képest. A talaj elektromos vezetőképességének eredményei alapján nem állapítható meg szignifikáns különbség, azonban 3 év eredményei alapján kijelenthető, hogy az elektromos vezetőképesség

alakulása növényborítottság- és időjárásfüggő. A növényi vízigényt meghaladó talajnedvességet a köztesnövényzettel borított terület jobban meg tudta őrizni, aminek az a jelentősége, hogy így hosszabb ideig tudja a rendszer mérsékelni egy esetlegesen jelentkező légköri aszály káros hatásait.

2. Hasonló feltételekkel rendelkező kísérleti parcellák összehasonlításában a szélesebb vizsgálatok során kimutatásra került, hogy 2 méteres magasságban az agroerdészeti rendszer felületérdesség-növelő hatására szignifikánsan (átlagosan 0,19 m/s-mal, vagyis 31,7 %-kal) csökkent a szélesebbesség a kontroll rendszerhez viszonyítva.
3. A léghőmérsékletet három magasságban vizsgálva, megállapítottuk, hogy a sorközökben (átlagosan a sorközök talajfelszínén 1,31 °C-kal, a fasorokban 0,61 °C-kal; 1 méteres magasságban a sorközökben 0,90 °C-kal, a fasorokban 0,39 °C-kal; 2 méteres magasságban a sorközökben 0,48 °C-kal, a fasorokban 0,41 °C-kal) kedvezőbb értékeket produkált az AE rendszer. Ez mindhárom évben kimutatható volt a kontroll rendszerrel szemben. Az agroerdészeti rendszer a relatív páratartalmi értékeket is növeli, főként a talajfelszín feletti 0–1 méteres szintben. Átlagosan a sorközök talajfelszínén 6,19 %-kal, a fasorokban 3,92 %-kal; 1 méteres magasságban a sorközökben 4,49 %-kal, a fasorokban 5,27 %-kal; 2 méteres magasságban a sorközökben 2,23 %-kal, a fasorokban 2,37 %-kal.
4. A köztesnövény jelenléte nem befolyásolta hátrányosan, sőt kifejezetten elősegítette a facsemeték fejlődését. A fák növekedési erélyét tekintve tőkerület, mellmagassági kerület és magassági növekedés szempontjából a nemesnyárból /*Populus × euramericana* cv. I-214/ és a kukoricából (*Zea mays L.*) álló köztestermesztéses rendszer kedvezőbb képet mutatott. A helyzeti középértékek alapján a kerületi értékek átlagosan 1,0 cm-rel, a magassági értékek 0,5 méterrel haladták meg a kontroll terület értékeit. Ennek és a köztesnövénynek köszönhetően az össz-biomassza hozam az agrárerdészeti rendszerben magasabb, mint a köztesnövény nélküli mesterséges erdőfelújításban. A területegységre jutó magasabb össz-biomassza hozamból adódóan a köztestermesztéses erdőfelújítás földgyenérték-aránya (LER értéke)

minden évben magasabb (2021-ben $\geq 2,14$; 2022-ben $\geq 2,47$) volt a köztestermesztés nélküli erdőfelújításhoz képest.

5. Az erdőgazdaságok körében végzett felmérés alapján megállapítható, hogy a köztestermesztéses mesterséges erdősitések aránya nagyon alacsony az országos átlagos éves erdősitések összterületéhez képest. A 2010-2022 időszakban 0,11%-a volt a köztestermesztés részarány.
6. Vizsgálataim alapján megállapítottam, hogy az erdei köztestermesztéses rendszerek létrehozására és fenntartására alkalmas erő- és munkagépek az erdőgazdálkodásban és a mezőgazdálkodásban egyaránt elterjedt típusok, tehát ezek a rendszerek nem igénylik semmilyen specifikus gépek használatát. Megállapítottam továbbá, hogy ezen rendszerek költséghatékonyságának növelése, illetve a jobb kezelhetőségük érdekében bizonyos munkaműveletek elvégzéséhez gépfejlesztésekre igény mutatkozik.

A TÉMAKÖRHÖZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK JEGYZÉKE

Tudományos közlemények

Kovács, K., & Vityi, A. (2022). Soil and Atmospheric Microclimate Research in Poplar Forestry Intercropping System in Hungary. *ACTA Silvatica et Lignaria Hungarica: An International Journal In Forest, Wood And Environmental Sciences*, 18(1), 9–24. <http://doi.org/10.37045/aslh-2022-0001>

V., P., D., S., A., V., A., H., T., M., K., S. M., ... I., C. (2020). Sustainable dendromass management research to meet the growing energy demand in Hungary. *Geosciences and Engineering: A Publication of The University of Miskolc*, 8(12), 151–183.

Kovács, K., Szigeti, N., & Vityi, A. (2019). Results of Soil Microclimate Research in Forestry Intercropping Systems in Hungary. *Regional and Business Studies*, 11(1), 13–19. <http://doi.org/10.33568/rbs.2402>

Kovács, K., Vityi, A., & Szalay, D. (2019a). Az agroerdészet szerepe az erdőfelújításban és a növekvő faanyagigény kielégítésében. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 14(2), 59–63.

Kovács, K., Vityi, A., & Horváth, A. L. (2020). Agroerdészeti erdei köztes termesztésű rendszerek technológiája. In *Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar : Tudományos közlemények* (pp. 195–199).

Kovács, K., Czupy, I., Hemida, M., & Vityi, A. (2020a). Potential contribution of agroforestry practices used in agricultural areas to meet future wood demands in Hungary. In *Proceedings of the Miskolc IPW-IV. Sustainable raw materials international project week* (p. A-114 1-A-114 7).

Szakálosné, M. K., Kovács, K., Vityi, A., & Horváth, A. L. (2020). Logisztika az agroerdészetben. In *Proceedings of the Miskolc IPW-IV. Sustainable raw materials international project week* (pp. B102-1-B102-7).

Szakálosné, M. K., Horváth, A. L., Kovács, K., & Vityi, A. (2020). Agroerdészeti rendszerek fenntartásának logisztikai kérdései az alföldi erdőgazdálkodásban. In *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Napja* (pp. 51–59).

Kovács, K., & Vityi, A. (2019). How can agroforestry improve the success of afforestation and contribute to meeting the growing demand for wood? In *Exceeding The Vision: Forest Mechanisation Of The Future* (p. 606).

Kovács, K., & Vityi, A. (2019b). Köztesnövény alkalmazása erdőfelújításokban: az eddigi hazai vizsgálatok eredményei és tapasztalatai. In *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap : Tudományos eredmények a gyakorlatban* (pp. 91–103).

Vityi, A., & Kovács, K. (2019). Az erdei köztes művelés szerepe a növekvő faanyag igény kielégítésében. In *Sustainable resource management* (pp. 176–179).

Vityi, A., & Kovács, K. (2018). Improve the efficiency of afforestation by the use of alley cropping system. In Proceedings of the 4th European Agroforestry Conference (pp. 457–461).

Vityi, A., Kiss-Szigeti, N., & Kovács, K. (2018). Az agrárerdészet magyarországi helyzete. In Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon (pp. 34–40).

Kovács, K., & Vityi, A. (2017). Erdőtelepítés támogatása agroerdészeti rendszerekkel. In Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia: a konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai (pp. 81–84).

Kovács, K., & Vityi, A. (2017). A rég elfeledett vákáncsosok. In Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században: a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia tanulmányai (pp. 384–387).

Vityi, A., Kovács, K., Dufla, F., Bácsmegi, L., & Nagy, I. (2016). Improve the efficiency of afforestation by the use of agroforestry practices. In 3rd European Agroforestry Conference (pp. 144–145).

Kovács, K., & Vityi, A. (2019a). A területkihasználás és a biomassza hozam növelése erdősítésekben agrár-erdészeti gyakorlat alkalmazásával. In VII. Kari Tudományos Konferencia: a konferencia előadásainak és poszttereinek kivonatai (p. 27).

Szigeti, N., Kovács, K., & Vityi, A. (2019). Csökkenthető-e a faültetvényekben és erdőfelújításban megjelenő vadkár agroerdészeti technológiákkal? In Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban (pp. 282–289).

Kovács, K., Vityi, A., & Marosvölgyi, B. (2019). Is there a place for alley cropping in the European forest areas? In Book of Abstracts, 4th World Congress on Agroforestry. (p. 85).

Konferenciaelőadások

Kovács, K., Szigeti, N., & Vityi, A. (2019). Results of Soil Microclimate Research in Forestry Intercropping Systems in Hungary. Regional and Business Studies, Konferencia helye és ideje: Kaposvár, 2019. November 14.

Szakálosné, M. K., Kovács, K., Vityi, A., & Horváth, A. L. (2020). Logisztika az agroerdészetben. In Proceedings of the Miskolc IPW-IV. Sustainable raw materials international project week. Konferencia helye és ideje: Miskolc, 2020. November 25-27.

Kovács, K., & Vityi, A. (2019). Köztesnövény alkalmazása erdőfelújításokban: az eddigi hazai vizsgálatok eredményei és tapasztalatai. In Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap. Konferencia helye és ideje: Lakitelek, 2019. Június 21.

Kovács, K., & Vityi, A. (2017). Erdőtelepítés támogatása agroerdészeti rendszerekkel. In Soproni Egyetem Erdőmérnöki Kar VI. Kari Tudományos Konferencia. Konferencia helye és ideje: Sopron, 2017. október 27.

Kovács, K., & Vityi, A. (2017). A rég elfeledett vákáncsosok. In Interdiszciplináris táj kutatás a XXI. században: a VII. Magyar Tájökológiai Konferencia. Konferencia helye és ideje: Szeged, 2017. május 25-27.

Kovács, K., Czupy, I., Hemida, M., & Vityi, A. (2020b). Potential contribution of agroforestry practices used in agricultural areas to meet future wood demands in Hungary. IPW - IV. Sustainable Raw Materials International Project Week, Konferencia helye és ideje: Miskolc, 2020. 11. 25-27.

Poszter

Kovács, K., & Vityi, A. (2019). A területkihasználás és a biomassza hozam növelése erdőültésekben agrárerdészeti gyakorlat alkalmazásával. VII. Kari Tudományos Konferencia. Konferencia helye és ideje: Sopron, 2019. Február 12.

Vityi, A., & Kovács, K. (2018). Improve the efficiency of afforestation by the use of alley cropping system. In Proceedings of the 4th European Agroforestry Conference. Konferencia helye és ideje: Nijmegen, 2018. Május 28-30.

Vityi, A., Kovács, K., Dufla, F., Bácsmegi, L., & Nagy, I. (2016). Improve the efficiency of afforestation by the use of agroforestry practices. In 3rd European Agroforestry Conference. Konferencia helye és ideje: Montpellier, 2016.május 23-25.

Kovács, K., Vityi, A., & Marosvölgyi, B. (2019). Is there a place for alley cropping in the European forest areas? 4th World Congress on Agroforestry. Konferencia helye és ideje: Montpellier, 2019. Május 19-22.

Kovács, K., Vityi, A., & Szalay, D. (2019b). Az Agroerdészet Szerepe az Erőfelújításban és a Növekvő Faanyagigény Kielégítésében. Technológiai és Gazdasági Kihívások a 21. században. Konferencia helye és ideje: Szeged, 2019. május 31.

Ismeretterjesztő művek

Vityi, A., & Kovács, K. (2019). Agroforestry in support of afforestation. In AFINET Handbook (p. 110).