

Doktori (PhD) értekezés
Soproni Egyetem
Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola
Az erdőgazdálkodás biológia alapjai (E2) Program

**Hozamvizsgálatok eredményei agrárerdészeti rendszerben létrehozott különböző
hálózatú akác-tritikálé köztes termesztésben**

Készítette:
Honfy Veronika Anna

Témavezetők:
Dr. Borovics Attila
Dr. habil. Kovács Gábor

Sopron
2023

Hozamvizsgálatok eredményei agrárerdészeti rendszerben létrehozott különböző hálózati akác-tritikálé köztes termesztésben

Értekezés doktori (PhD) fokozat elnyerése érdekében

Írta:

Honfy Veronika Anna

Készült a Soproni Egyetem

Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola

Az erdőgazdálkodás biológia alapjai (E2) programja keretében

Témavezetők: Dr. Borovics Attila
Dr. habil. Kovács Gábor

Az értekezés témavezetőként elfogadásra javasolt: igen / nem

témavezetők aláírása

A komplex vizsga időpontja: 2018. év _____ június _____ hónap 25. nap

A komplex vizsga eredménye _____ 90 _____ %

Az értekezés bírálóként elfogadásra javasolt (igen /nem)

1. bíráló: Dr. _____ igen / nem _____
(aláírás)

2. bíráló: Dr. _____ igen / nem _____
(aláírás)

Az értekezés nyilvános védésének eredménye: _____ %

Kelt Sopron, 20 _____ év _____ hónap _____ nap

a Bíráló Bizottság elnöke

A doktori (PhD) oklevél minősítése: _____

az EDHT elnöke

NYILATKOZAT

Alulírott Honfy Veronika Anna, jelen nyilatkozat aláírásával kijelentem, hogy a Hozamvizsgálatok eredményei agrárerdészeti rendszerben létrehozott különböző hálózatu akác-tritikálé köztes termesztésben című PhD értekezésem önálló munkám, az értekezés készítése során betartottam a szerzői jogról szóló 1999. évi LXXVI. törvény szabályait, valamint a Roth Gyula Erdészeti és Vadgazdálkodási Tudományok Doktori Iskola által előírt, a doktori értekezés készítésére vonatkozó szabályokat, különösen a hivatkozások és idézések tekintetében.¹

Kijelentem továbbá, hogy az értekezés készítése során az önálló kutatómunka kitétel tekintetében témavezetőmet, illetve a programvezetőt nem tévesztettem meg.

Jelen nyilatkozat aláírásával tudomásul veszem, hogy amennyiben bizonyítható, hogy az értekezést nem magam készítettem, vagy az értekezéssel kapcsolatban szerzői jogsértés ténye merül fel, a Soproni Egyetem megtagadja az értekezés befogadását.

Az értekezés befogadásának megtagadása nem érinti a szerzői jogsértés miatti egyéb (polgári jogi, szabálysértési jogi, büntetőjogi) jogkövetkezményeket.

Sopron, 20.....

.....

doktorjelölt

¹ **1999. évi LXXVI. tv. 34. § (1) A mű részletét – az átvevő mű jellege és célja által indokolt terjedelemben és az eredetihez híven – a forrás, valamint az ott megjelölt szerző megnevezésével bárki idézheti.**

36. § (1) Nyilvánosan tartott előadások és más hasonló művek részletei, valamint politikai beszédek tájékoztatás céljára – a cél által indokolt terjedelemben – szabadon felhasználhatók. Ilyen felhasználás esetén a forrást – a szerző nevével együtt – fel kell tüntetni, hacsak ez lehetetlennek nem bizonyul.

Tartalomjegyzék

KIVONAT	7
ABSTRACT	9
1 BEVEZETÉS	10
1.1 A TÉMA AKTUALITÁSA.....	10
1.2 A KUTATÁS CÉLKITÚZÉSEI.....	11
2 A TÉMA SZAKIRODALMI ÁTTEKINTÉSE	13
2.1 AZ AGRÁRERDÉSZET FOGALMA, TÍPUSAI, FUNKCIÓI.....	13
2.2 AZ AGRÁRERDÉSZET MÚLTJA ÉS JELENE	15
2.3 AGRÁRERDÉSZET MAGYARORSZÁGON.....	16
2.4 NEMZETKÖZI KUTATÁSOK	20
2.5 KÖZTES TERMESZTÉSI RENDSZEREK (ALLEY CROPPING) ÁTTEKINTÉSE.....	21
2.5.1 A SAFE projekt kísérleti területei és a kutatás fontosabb megállapításai.....	24
2.5.2 Köztes termesztési rendszerek hozamvizsgálatai.....	26
2.6 FÖLDEGYENÉRTÉK-ARÁNY	33
2.7 AGRÁRERDÉSZET A SZAKPOLITIKÁBAN.....	35
2.8 AZ AKÁC TERMESZTÉSE.....	37
2.8.1 Ültetvényes fatermesztés.....	37
2.8.2 Az akác jelentősége.....	38
2.8.3 Az akác fontosabb erdőművelési tulajdonságai.....	38
2.8.4 Az ültetvényes akác termesztési technológia	40
2.8.5 Faállomány-nevelés.....	41
2.8.6 Az erdősítési hálózat (növénytér).....	41
2.9 A TRITIKÁLÉ TERMESZTÉSE	42
2.9.1 Jelentősége.....	42
2.9.2 Botanikája, fiziológiája	44
2.9.3 Termőhelyigénye.....	44
2.9.4 A termesztés módszere.....	44
2.9.5 Tritikálé 'GK Maros'.....	46
2.10 A KÍSÉRLET HELYSZÍNÉUL SZOLGÁLÓ GÖDÖLLŐI-DOMBSÁG ERDÉSZETI TÁJ JELLEMZÉSE.....	46
2.10.1 Természetföldrajz.....	46
2.10.2 Termőhely.....	47
2.10.3 Az erdészeti táj leggyakoribb őshonos fafajai.....	47
3 ANYAG ÉS MÓDSZER	49
3.1 A TERÜLET BEMUTATÁSA.....	49
3.1.1 Akác ültetvény.....	53
3.1.2 Tritikálé.....	55
3.2 AZ ÜLTETVÉNY VIZSGÁLATAI.....	56
3.2.1 Akác dendrometriai mérések.....	56
3.2.2 Fatérfogat és fatömeg meghatározása.....	57
3.2.3 Hektáronkénti törzsszám és növénytér meghatározása	57
3.3 A SZÁNTÓFÖLDI KULTÚRA VIZSGÁLATAI.....	61
3.3.1 Vetésterület meghatározása a hálózatok függvényében.....	61
3.3.2 Tritikálé mintagyűjtés.....	61
3.3.3 Tritikálé laborvizsgálatok.....	61
3.3.4 Tritikálé hozamok kiszámítása.....	63
3.4 A KÖZTES TERMESZTÉSI TECHNOLÓGIA VIZSGÁLATAI	64
3.4.1 Hozamvizsgálatok.....	64
3.4.2 Földegyenérték-arány számítása (LER).....	64

3.5	STATISZTIKAI ELEMZÉSEK	66
4	EREDMÉNYEK	67
4.1	A KEZELÉSEKRE JELLEMZŐ PARAMÉTEREK	67
4.2	AZ AKÁCOSOK HOZAMAI.....	68
4.2.1	<i>Az akác egyedek hozamai 2017-ben.....</i>	<i>68</i>
4.2.2	<i>Az akác egyedek hozamai 2018-ban.....</i>	<i>70</i>
4.2.3	<i>Az akác egyedek hozamai 2019-ben.....</i>	<i>73</i>
4.2.4	<i>Akác egyedek hozamai a három vizsgált évben.....</i>	<i>75</i>
4.2.5	<i>Akácok hozamai a három vizsgált évben.....</i>	<i>76</i>
4.2.6	<i>Összefüggésvizsgálatok az akác esetén.....</i>	<i>78</i>
4.3	TRITIKÁLÉ HOZAMOK.....	80
4.3.1	<i>Terméshozam 2018-ban</i>	<i>80</i>
4.3.2	<i>Terméshozam 2019-ben</i>	<i>86</i>
4.3.3	<i>Föld feletti biomassa 2018-ban</i>	<i>93</i>
4.3.4	<i>Föld feletti biomassa 2019-ben</i>	<i>98</i>
4.3.5	<i>A tritikálé hozamok és a hektáronkénti törzsszám összefüggései.....</i>	<i>104</i>
4.4	KÖZTES TERMESZTÉS HOZAMADATAI	106
4.4.1	<i>Földegyenérték-arány (LER) a különböző hálózatok esetén 5 éves állományokban</i>	<i>108</i>
4.5	A KUTATÁSI EREDMÉNYEK ÖSSZEFOGLALÁSA	109
5	ÉRTÉKELÉS	113
5.1	AZ ÜLTETVÉNYEK HOZAMÁNAK ÉRTÉKELÉSE	113
5.2	A KÖZTESNÖVÉNY HOZAMÁNAK ÉRTÉKELÉSE	114
5.3	A KÖZTES TERMESZTÉSI RENDSZEREK ÉS A FÖLDEGYENÉRTÉK-ARÁNY KIÉRTÉKELÉSE (LER)	117
6	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	119
7	ÖSSZEFOGLALÁS.....	121
8	ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK	123
9	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS.....	125
10	IRODALOMJEGYZÉK.....	126
11	ÁBRA – ÉS TÁBLÁZATJEGYZÉK.....	132

Kivonat

Cím: Hozamvizsgálatok eredményei agrárerdészeti rendszerben létrehozott különböző hálózatú akác-tritikálé köztes termesztésben

A köztes termesztés az agrárerdészeti rendszerek egyik típusa, egy fenntartható földhasználati forma, mely meghatározó gazdálkodói gyakorlat lehet a klímaváltozás mérséklésében, valamint a klímaváltozáshoz való alkalmazkodásban egyaránt. Annak ellenére, hogy számos (gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi szempontból is) kedvező tulajdonsággal bírnak az efféle gazdálkodási gyakorlatok, a termelők körében mégis lassan terjednek, mely kifejezetten igaz a mérsékelt égövön. A dolgozat célja, hogy hozzájáruljon az agrárerdészeti köztes termesztési rendszerek elterjesztéséhez, egy Magyarországon – elsőként – létrehozott demonstrációs terület tanulmányozása által, mely segítséget jelenthet produktív rendszerek tervezéséhez. A kutatás fő kérdése az volt, hogy mely ültetési hálózat a legkedvezőbb a fahozam és a köztes növény hozamának szempontjából, illetve a teljes agrárerdészeti hozamot tekintve. A szántóföldi kísérletben különböző sor- és tőtávú akác (*Robinia pseudoacacia* L.) állományok hozamainak és azok sorközeiben termesztett tritikálé (\times *Triticosecale* Wittm. ex. A. Camus 'GK Maros') hozamainak (szemtermés és föld feletti biomassza) vizsgálatára került sor 2017 és 2019 között, csernozjom barna erdőtalajon. A statisztikai vizsgálatok szignifikáns különbségeket mutattak az egyes kezelések (ültetési hálózatok) között mind az akác-, mind a tritikálé hozamok esetében ($p=0,05$). A törzsszám növelésével nőtt a hektáronkénti összes fatérfogat, és csökkentek a tritikálé hozamok, azonban a négyéves fák között a 15×2 -es és a 21×2 -es ültetési hálózatban magasabb tritikálé hozam (szemtermés és biomassza) volt megfigyelhető az agrárerdészeti rendszerben, mint a szántóföldi kontroll területen, annak ellenére, hogy a fasorok között a teljes területnek csupán a 81, illetve 86%-a volt bevetve. A fák ötéves korában a szemtermés esetén a 21×1 , biomassza esetén a 21×3 -as ültetési hálózatban voltak magasabbak a tritikálé hozamok, a 15×2 és a 15×3 -as hálózatban pedig mindkét paraméter magasabb értékeket mutatott a hagyományos termesztéshez képest. Ami az ültetvények hozamát illeti, a 9×1 -es (1001 fa/ha), vagyis a legsűrűbb hálózatban realizálódott a legmagasabb fahozam (hektáronkénti összes fatérfogat). A teljes agrárerdészeti rendszert tekintve a föld feletti biomassza szintén a 9×1 -es kezelés esetén volt a legnagyobb, mindkét vizsgált évben. A fák ötéves korában a földegyenérték-arány (LER) számítások során kilenc ültetési hálózat közül hat esetben kedvező eredmények

születtek a szemtermés alapján, a legmagasabb érték a 15×2 -es hálózatban (322 fa/ha) 1,35 volt. Föld feletti biomassza hozam alapján hét ültetési hálózatban volt kedvező a LER érték, és szintén a 15×2 -es ültetési hálózat bizonyult a legproduktívabbnak, 1,38-as értékkel. Eredményeim alapján az akác és a tritikálé agrárerdészeti rendszerben történő együttes termesztése sikeresen végezhető mérsékelt égövön, csernozjom barna erdőtalajon.

Abstract

Title: *Yields of black locust-triticale alley cropping systems, based on different planting patterns of the trees*

Alley cropping is a specific agroforestry system, which is regarded as sustainable land use management, that could play a crucial role in climate change adaptation and mitigation. Despite its appealing attributes, farmers' up-take of the system is slow in temperate regions. This study aims to contribute to scaling-up agroforestry through a case study in Hungary and to help to design productive alley cropping systems. Between 2017–2019 we investigated which tree planting pattern of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) results in the most productive alley cropping system when intercropped with triticale (*Triticosecale* Wittm. ex. A. Camus 'GK Maros') by statistically analysing the yields of the intercrop (grain yield and above ground biomass) and of the trees in nine different layouts and by calculating land equivalent ratios (LER). There were significant differences between the treatments both in triticale and black locust yields ($p=0,05$). The more trees planted on a hectare, the higher the volume of the stand, and the less yield of triticale was observed, although triticale (cereal and biomass production) was more productive between the alleys in treatment 15×2 and 21×2 compared with sole crop control, even only 81 and 86% of the area was sown, respectively. When the trees were five years old, in the case of grain yield, treatment 21×1 had higher yield, and at treatment 21×3 the above ground biomass was higher than the yields in the control plot (conventional crop production), while treatment 15×2 and 15×3 were higher regarding both of the parameters. Wood production was the highest in the most dense stand, at treatment 9×1 (1001 trees ha^{-1}), as well as the above ground biomass regarding the whole agroforestry system, in all of the investigated years. When the trees were five years old, LER values were favourable in six cases out of nine, when considering grain yield of the triticale. The highest yield was recorded at the planting pattern 15×2 (322 trees ha^{-1}), where LER was 1.35. In the case of above ground biomass production, the same treatment was the most productive with LER 1.38. Based on my results, black locust and triticale is a good combination for productive alley cropping systems.

1 Bevezetés

1.1 A téma aktualitása

Az agrárerdészet hazánkban egy viszonylag új, azonban sokrétűségének köszönhetően egyre nagyobb népszerűségnek örvendő gazdálkodási forma. Korszerű megközelítésének köszönhetően nagyon fontos kutatási téma is egyúttal, ugyanis a világ összes mezőgazdasági területének több, mint 40%-án a fával borított terület aránya a 10%-ot is meghaladja. A fák, a talaj, a kultúrnövények és a tenyésztett állatok közötti interakciók lehetnek pozitívak és negatívak is, így elengedhetetlen ezek megértése és optimalizálása. A 17 Fenntartható Fejlődési Cél közül 9 esetben nyújthat megoldást az agrárerdészeti rendszerek alkalmazása, újraélesztése, illetve elterjesztése. Mindezek gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi problémák orvoslását jelentik (van Noordwijk 2019).

A téma újszerűségénél fogva felmerült az igény a gyakorlat számára hasznosítható hazai kutatási eredmények felmutatására, ezért szükségessé vált, hogy hazai kísérletek is megvalósuljanak. Mindez külföldi példák hazai ökológiai viszonyokba való átültetésével, illetve a hagyományainkban fellelhető tudás felélénkítésével képzelhető el. A legfontosabb feladatok közé tartozik a hazai kísérleti hálózat kiépítése és monitoringja; a hagyományainkban fellelhető fás legelőkről és a mezővédő erdősávokról korábban megszerzett tudás felkarolása, valamint újragondolása; a köztes termesztés technológiájának kidolgozása; ismeretterjesztés és szemléletformálás.

A hazai kutatás és gyakorlat elmarad a nemzetközi trendekhez viszonyítva. Az agrárerdészetnek számos típusa létezik, melyek szerteágazó tudományterületeket érintenek, ezáltal változatos kutatási témákban nyilvánulnak meg. A sokféle típusból – az erdőgazdálkodás szempontjából jelentős – tág hálózatú fásoros művelést kiragadva (köztes termesztési rendszerek), jelen dolgozat egy adott típus hozamait vizsgálja különféle térbeli struktúrák mellett. Összességében az európai kutatásokról is elmondható, hogy csekély számban végeztek hozamvizsgálatokat, kiváltképp, ahol kontrollterület is kialakításra került a köztes növénykultúra esetében (Ivezić et al. 2021).

Ami a gyakorlatot illeti, Magyarországon jelenleg az extenzív és ökológiai gazdálkodók, valamint a méhészek mutatják a legnagyobb érdeklődést, de a külföldi példákat látva a magán erdőgazdálkodók fokozottabb érdeklődésére (ültetvények sorközeinek megművelése) is számítani lehet.

Az agrárerdészeti rendszerek – adott esetben – magas élők munkája igényük miatt jelentős szerepet tölthetnek be a települési önkormányzatok számára a közfoglalkoztatás területén, valamint a kutatások fontos információval szolgálhatnak a döntéshozók és a szakigazgatás számára is, különösen az élelmezésbiztonság, a klímavédelmi törekvések és a biodiverzitás megőrzésének tekintetében. 2014 óta az Agrárminisztérium is igyekszik ösztönözni agrárerdészeti rendszerek létrehozását, melynek érdekében a Vidékfejlesztési Programban elérhetővé vált egy jogcím, kifejezetten a köztes termesztési rendszerek megvalósítására.

1.2 A kutatás célkitűzései

Ma már szerteágazó ismeretekkel bírunk a szakterületről, mégis számos kérdés vár válaszra a növénytársításoktól kezdve a gazdaságosságig, mely minden adott területen más és más konfigurációt kíván. Jelen kutatás célja Magyarországon elsőként létrehozott több ismétléses tág hálózatu köztes termesztési rendszer vizsgálata, ahol különböző ültetési hálózatok között szántóföldi növénytermesztés valósult meg. A növényi komponenseként (fa és szántóföldi növény) elvégzett hozamszámítások alapján az agrárerdészeti rendszer földgyenérték aránya meghatározható, mely fontos információval szolgál a rendszer jövedelmezőségét illetően is. Ezen értekezés arra keresi a választ, hogy milyen ültetési hálózatban maximalizálható a rendszerben elérhető hozam. Az eredmények támpontként szolgálhatnak az innovatív gyakorló gazdálkodóknak, valamint a Vidékfejlesztési Program agrárerdészeti rendszereket támogató kiírás specifikációinak felülvizsgálatához is. A tanulmányban új tudományos eredményeket közlök mind az akác-, (*Robinia pseudoacacia* L.), mind a tritikálétermesztés (\times *Triticosecale* Wittm. ex. A. Camus), valamint az együttes termesztés tekintetében is. Jelen növény-kombináció, és az ültetési hálózatok tekintetében a dolgozat a nemzetközi agrárerdészeti kutatások között is hiánypótló munkának számít.

Az alábbi hipotéziseket fogalmaztam meg:

H1: Az ültetési hálózat hatással van az akác egyedek hozamára

H2: Tág hálózatu akác állomány hektáronkénti összes fatérfogata a növétér növelésével csökken

H3: Az ültetési hálózat hatással van a köztes növény hozamára

H4: Az akác sorok között csökken a tritikálé hozama a szántóföldi növénytermesztéshez képest

H5: A tritikálé hozama a törzsszám növekedésével csökken

H6: A vizsgált agrárerdészeti rendszerek teljes föld feletti biomassza hozama felülmúlja a szántóföldi növénytermesztésben elérhető mennyiséget

H7: A vizsgált agrárerdészeti termeszési rendszerekben 5 éves korban kedvezően alakul a földgyenérték-arány, azaz összességében magasabb hozamok (szemtermés és fatermés, illetve föld feletti biomassza) érhetőek el köztes termeszési rendszerben egy adott területegységen, mint külön területen termeszteve a két növénykultúrát

2 A téma szakirodalmi áttekintése

2.1 Az agrárerdészet fogalma, típusai, funkciói

Napjainkban egyre többet hallhatunk az agrárerdészetről, melyet számos szakember a globális kihívásokra adott egyik lehetséges válaszként tart számon. Az említett földhasználati rendszer a jövőben fontos szerepet tölthet be a „klímatudatos mezőgazdaság” (climate-smart agriculture) megvalósításában, ugyanis a FAO (2010) élelmiszerbiztonság témakörében készült tanulmánya szerint a fák és cserjék tudatos integrálása a mezőgazdasági termesztési rendszerekbe hozzájárulhat a sérülékeny mezőgazdaság klímaváltozáshoz való alkalmazkodásához, a klímaváltozás mérsékléséhez és az élelmiszerbiztonsághoz.

Definíció szerint az agrárerdészet egy olyan földhasználati forma, melyben különböző mezőgazdasági ágazatok kombinációja valósul meg fás elemekkel (fák és cserjék), adott helyen és egyidejűleg. A tudatosan tervezett együttes gazdálkodás célja az interakciókon alapuló ökológiai és gazdasági előny (Burgess et al. 2015).

Többféle típusát különböztetjük meg, úgymint fás legelő, legelő erdő, mezővédő erdősáv, köztes termesztési rendszerek, fás ugar, szórványgyümölcsösök, illetve ide sorolhatjuk az erdei melléktermékeket is (Mosquera-Losada 2012). Az Európai Agrárerdészeti Szövetség által legfrissebben publikált rendszerezés alapján (EURAF 2020) az *1. táblázat* szerinti csoportosítás javasolt, melyet szakpolitikai szempontok figyelembevételével állítottak össze, az agrárerdészeti rendszerek létrehozásának támogatását segítő.

Az agrárerdészeti rendszerek gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi előnyökkel járhatnak a hagyományos gazdálkodással szemben. A szántóföldi termesztés szempontjából a fák védelmet nyújtanak a mezőgazdasági növények és állatfajok számára. Árnyékot adnak, védelmet az eső (jégverés) és a szél ellen. Erdőgazdasági szempontból azok a fafajok is alkalmazhatók a rendszerben, amelyeknek nincs nagy erdőgazdasági jelentősége, azonban értékesek (pl. vadgyümölcsök). A környezetvédelem és az ökoszisztéma szolgáltatások szempontjából a víz- és a talajvédelmi funkciót kell kiemelni, valamint az agrárerdészeti rendszerek szénmegkötő képességét, mely jelentős szerepet tölthet be a klímaváltozás negatív hatásainak mérséklésében. A fák jelenléte által javulnak a mikroklimatikus tényezők is: az enyhébb sugárzás és a magasabb relatív páratartalom következtében csökken a légköri aszály mértéke (Keserű et al. 2015b). Szocio-ökonómiai

hatásuk is jelentős a vidéki lakosság megtartásával, munkahelyteremtés és alternatív jövedelemforrások biztosítása által. (Buck et al. 1998). Kiemelkedő az ökológiai (tájképi mozaikosság, biodiverzitás) és méhészeti jelentőségük. A megfelelően kiválasztott különböző fa- és cserjefajok (és fajták) jelentősen megnyújthatják a méhek természetes táplálkozási ciklusát. A különböző időben történő virágzásuk folytán a teljes vegetációs periódusban táplálékot biztosíthatnak a méheknek. A megtermelt méz növeli az agrárerdészeti rendszer jövedelmezőségét (Keserű et al. 2014).

1. táblázat: Az agrárerdészeti rendszerek csoportosítása (Mosquera-Losada 2017 és Dupraz 2018 nyomán)

A fa helye	Agrárerdészeti rendszer	Terület típusa	
		Mezőgazdasági terület	Erdő terület
Parcellán belül	Silvopastoral	1 Fás legelők	9 Erdei legeltetés
	Silvoarable	2 Fasoros köztes termesztés 3 Energetikai köztes termesztés 4 Több szintes erdőkertek	10 Több szintes erdőkertek
	Agrárerdészet évelőkkel	5 Gyümölcsfás köztes termesztés 6 Gyümölcsös legeltetés	
	Agrosilvopastoral	7 Növénytermesztés és állattartás kombinációja fákkal	
Parcellák között	Fa, mint tájképi elem	8 Fa, mint tájképi elem (védett cserje sávok, egyes fák, fasorok, facsoportok)	
Településen	Városi agrárerdészet	Kertek, közterületek stb.	

Amennyiben a fa olyan erőforrásokat hasznosít, amely a köztes növény számára elérhetetlen, például a talaj mélyebb rétegeiben található vizet (Droppelmann et al. 2000), az agrárerdészeti rendszer produktivitása meghaladhatja az egyenértékű területen, kizárólag szántóföldi növénytermesztéssel vagy erdőgazdálkodással elérhető produktumot. Egy másik példa az erőforrások jobb kihasználására, amikor a csemeték még nem képesek a teljes területen hasznosítani a beeső fényt a kis méretű lombkorona miatt, a köztes növény azonban hasznosítani tudja azt. Ezek az egymást kiegészítő jelenségeken alapszik az agrárerdészeti rendszerek által elérhető magasabb jövedelem (Van der Werf et al. 2007), valamint erre utal a kedvező föld-egyenérték arány (Dupraz 2012).

Batish és munkatársai (2008) azonban felhívják a figyelmet arra, hogy a nem megfelelően tervezett és megvalósított agrárerdészeti rendszerek nem csak súlyosbíthatják a meglévő (környezeti, gazdasági) problémákat, de önmagukban is hozzájárulhatnak a gyengülő, és kimerült ökoszisztéma további károsodásához. Ezért az elkövethető hibák csökkentésének érdekében nagyon lényeges ezen komplex rendszerekben zajló ökológiai folyamatok megértése, és az alapos tervezés.

2.2 Az agrárerdészet múltja és jelene

Az agrárerdészeti rendszerek évezredek óta bevált gyakorlatnak számítanak Európa számos térségében. Közel 10 ezer éven keresztül az állatok táplálékának meghatározó részét falevelek képezték (Goust 2017). Az ún. silvopastoral (állattartással kombinált fás rendszer) rendszer kb. 7500 évvel ezelőtt kezdődött Délkelet- és Közép-Európában, 6000 évvel ezelőtt Nagy-Britanniában, Északnyugat-Németországban és Dániában és mintegy 4000 éve a Baltikumon és a Skandináv országokban. A római időkben az olíva- (*Olea europaea* L.) és a narancs- (*Citrus sinensis* L. Osbeck) ültetvények legeltetése általánosan elterjedt volt. Az Ibériai-félsziget délnyugati részén a legeltetést már 4500 évvel ezelőtt alkalmazták (Mosquera-Losada 2012).

A világ fejlett országaiban a gépesítés intenzívebbé válása, a kemikáliák egyre kiterjedtebb alkalmazása, valamint a tulajdonviszonyok nagybirtokok felé történő jelentősebb elmozdulása az erdőgazdálkodás (fatermesztés) és a mezőgazdasági növénytermesztés elkülönüléséhez vezetett (Keserű 2014). A hagyományos agrárerdészeti rendszerek eltűnése negatív hatások sorozatát idézte elő. Feledésbemerültek a gazdálkodók szakmai ismeretei, tapasztalatai, a tájkép leegyszerűsödött, fokozottabban jelentkezik a különféle környezetvédelmi problémák, mint pl. talajerózió, szélérozió (deflációs károk), vízszennyezés, jelentős mennyiségű szénfelszabadulás, a biodiverzitás csökkenése, a kártevők természetes ellenségeinek élőhely beszűkülése, miközben a gazdálkodók is elvesztették alternatív jövedelemforrásaik jelentős részét (Keserű 2014). Franciaországban 1950 óta a tagosítás miatt eltűnt a fásorok és erdősávok mintegy 70%-a, (több, mint 800 ezer kilométer), a nagyteljesítményű munkagépek elterjedésének köszönhetően lassanként a takarmányfák szerepét is átvette a fű és a széna (Somogyi és Borovics 2015).

Goust (2017) takarmányfákról ír, miszerint szerint ezek a fák többféle jelentős szerepet tölthetnek be a mezőgazdaságban és a környezetvédelemben. Az egyre hosszabb aszályos időszakok fenyegetik a gazdálkodókat, ami túlleltetéssel és takarmányhiánnyal jár. A

takarmányként hasznosítható fák megoldást jelenthetnek erre a problémára, miközben számos más használati célt is szolgálhatnak (tűzifa, apríték, szerszámnyél). Újbóli használatuk a környezetre is hasznos lehet: az erózió elleni küzdelemben, a klimatikus szabályozásban, és a biológiai sokféleség fenntartásában. A szerző közérthető módon több tucatnyi olyan fafajt mutat be, amelyeket takarmányozási célra lehet használni. Ismerteti a fák élettanát és takarmányozási értéküket, valamint történetüket a kőkorszaktól kezdve. A könyv a terepen íródott olyan gazdálkodókkal együttműködve, akik ma is használják ezt a módszert. Bemutatja a francia Nemzeti Agrárkutató Intézetben (INRAE) folyó kutatásokat, a lehetséges technológiai fejlesztéseket, és azt, hogy milyen lehetőségek vannak a gazdálkodóknak.

Az Európai Unióban jelenleg összesen 15,4 millió hektárra tehető az agrárerdészeti művelés alatt álló területek kiterjedése, mely az összes mezőgazdasági területnek a 8,8 %-a. Ebbe beleértendő az összes típus, de a legnagyobb arányban az állattartással kombinált rendszerek vannak számon tartva. Den Herder és munkatársai (2017) a fő komponensek szerint vizsgálta az európai szintű lefedettséget, így az állattartás mellett az értékes faanyagot szolgáltató és szántóföldi rendszereket különböztetett meg. Előbbi körülbelül 1,1 millió hektárt jelent, utóbbi 358 ezer hektárra tehető.

2.3 Agrárerdészet Magyarországon

Hazánkban is elterjedt gazdálkodási formák voltak a fás legelő, a legelőerdő (Varga – Bölöni 2009, Saláta et al. 2012, Halász et al. 2015), a köztes művelés és a mezővédő erdősávok egészen a múlt évszázadig. Hazai felmérések szerint ma az országban mintegy 8000 ha fás legelő (Varga és Vityi 2015) és 16 000 hektár mezővédő erdősáv maradt fenn. Den Herder és munkatársai munkája alapján (2017), LUCAS felmérés segítségével 38100 hektárt soroltak agrárerdészeti művelés alatt álló területek közé, mely a mezőgazdasági területek 0,8%-a. Ennek túlnyomó többsége – az európai trendhez hasonlóan – silvopastoral, azaz állattartással kombinált rendszer, a minőségi faanyag előállítását szolgáló köztes termesztési területek nagysága körülbelül 2000 hektárra tehető. A pontos meghatározást nehezíti, hogy nem mindig egyértelmű egy-egy agrárerdészeti rendszer típusba való besorolása, illetve nincsenek harmonizálva a típusok Európán belül (sem), azok definíciója országoként eltéréseket mutat.

A defláció és erózió komoly gondot jelent az ország számos területén, ahol a talaj ideiglenesen takarás nélkül marad a konvencionális mezőgazdasági gyakorlatok következtében. Az egyik leghatékonyabb módja a talajvédelemnek a mezővédő erdősávok telepítése, melyek a monokultúras mezőgazdasági termeléshez viszonyítva kiemelkedő szénmegkötő képességgel is rendelkeznek (Keserű et al. 2015a). Az erdősávok múltjáról és szerepéről a közelmúltban is számos cikk született (Takács – Frank 2009, Vityi – Frank 2016). A mezővédő erdősávokat, mint környezetvédelmi fásításokat széleskörűen tárgyalja Gál és Káldy (1977) Erdősítések című könyve, mely hazai viszonylatban meghatározó műnek tekintendő, a kutatástörténetről és a kísérleti eredményekről is áttekintést ad.

A magyar nyelven elérhető szakirodalmat tekintve Radics (2007) és Rédei (2014) is tárgyalja az agrárerdészeti rendszereket, egy-egy könyvrészlet erejéig. A gazdálkodási forma jellemzői közül mindkét szerző kiemeli a rendszer szerkezetét (sajátos fás és szántóföldi kultúra-szerkezet, sok esetben állattartással kiegészülve); a fenntarthatóságot; az egységnyi területen megnövekedett termőképességet és az ebből következő jövedelmezőséget; valamint a szocioökonómiai és kulturális alkalmazhatóságot. Radics az ökológiai gazdálkodásról írt szakkönyv „Ökológiai gazdálkodás a kertészeti termelésben” alfejezetében tárgyalja az „agroforestry rendszereket”. Kitér arra, hogy a rendszerek számtalan módon osztályozhatók, melyek közül a leggyakrabban alkalmazott a szerkezet szerinti osztályozás. Ez alapján beszélhetünk mezőgazdasági erdőművelésről (agrisilviculture), kertészeti erdőművelésről (forest garden systems), legelőerdő rendszerről (sylvo-pastoral systems), mezőgazdasági legelőerdőről (agro-silvo-pastoral systems) és többcélú erdészeti rendszerekről (multipurpose forest tree production systems). Ezen kívül rendszerezhető az alkotóelemek térbeli és időbeli elrendezése szerint, a funkció (kibocsátott főtermék, a fás alkotóelemek szerepe), szocioökonómiai skála (alapszükséglet kielégítése, mint táplálék, takarmány, tűzifa stb. termelése) a beavatkozás szintje, az ökológiai kiterjedés, illetve a gazdálkodás szintjét megállapítva (kereskedelmi, közepes, vagy minimális). A szerző hangsúlyozza, hogy minden egyes szempontnak van jelentősége és mindnek megvannak a korlátai is. Az osztályozási mód a célon múlik, ami miatt osztályozni szándékozunk. Szó esik a fák potenciális szerepéről, az agrárerdészeti rendszerek előnyeiről és a gazdálkodási mód elterjedésének korlátairól, melyeket a szerző a megfelelő növények kiválasztásának dilemmájában, a kompetíció miatti faneveléstől való tartózkodásban, és a kezdetben magasabb beruházási költségekben lát. Útmutatást ad az agrárerdészeti rendszerek tervezéséhez, a növények elrendezéséhez. A kezelési változatok között megkülönbözteti a fásoros termelést nagy értékű területeken, a rétegvonalas

ültetést, a takarmánybázist, és a gyümölcsstermesztést, valamint külön alfejezetben tárgyalja a sövényeket, az élő kerítéseket és a mezővédő erdősávokat.

Rédei (2014) a téma részbeni újszerűségére hivatkozva iránymutatás céljából tárgyalja a termesztési technológiákat az ültetvényszerű fatermesztés kapcsán. Bemutatja a hazánkban elterjedtebb agrárerdészeti rendszereket, így a fás legelőket, a mezővédő erdősávokat, valamint a mezőgazdasági köztesművelés esetében javaslatokat is tesz együttes mezőgazdasági növény és nyárfatermesztés technológiájára. A termesztés-technológia előnyeit hangsúlyozza az ültetvény ápolásának szempontjából: elmaradnak a nyárfiatalost terhelő talajápolás költségei, valamint a köztes növény műtrágyázásának hatását a nyárcsemeték is élvezik. Kifejezetten keskeny koronájú nyárasokban javasolja, legalább 4 m-es sortáv esetén. A nagy véghasználati növénytérrel telepített (8×8 , 8×10 , vagy 10×10 méteres) nemes nyárasok és a mezőgazdasági köztesművelés, mint termesztés-technológiai elemek tartós összekapcsolása elvezethet az együttes szántóföldi növény és fatermesztéshez, melynek elsődleges fatermesztési célja a nagyértékű faválasztékok nagytömegű előállítására lehet.

Magyarországnak stratégiai érdeke az erdőterületek arányának 27%-ra való növelése. Potenciális területként erdősítésre alkalmas lehet közel 700 000 ha gyenge minőségű szántó, amelyen nem lehet eredményesen szántóföldi növénytermesztést folytatni, az erózióknak és deflációknak kitett területek, illetve körülbelül 100 000 ha gyenge agroökológiai potenciállal rendelkező gyepterület (Borovics és Gyuricza, 2015). Ezen területek agrárerdészeti hasznosítása megfontolandó, valamint a Natura 2000 és a Zöldítés ökológiai fókuszterületei is figyelmet érdemelnek.

2014-ben a Vidékfejlesztési Minisztérium KFI projektjének keretén belül a NAIK ERTI-ben (Nemzeti Agrárkutató és Innovációs Központ, Erdészeti Tudományos Intézet) megkezdődtek az agrárerdészeti kutatások. A nemzetközi szakirodalom feldolgozása alapján az agrárerdészeti rendszerek hazai alkalmazásának jelentőségéről a NAIK munkatársai (Keserű et al. 2014, Keserű et al. 2015b, Somogyi – Borovics, 2015, Borovics – Gyuricza, 2015, Honfy et al. 2019), valamint a Soproni Egyetem munkatársai (Vityi et al. 2015, Vityi et al. 2018a, Vityi et al. 2018b) számos publikációval jelentek meg a témát illetően. 2018-ban a NAIK gondozásában megjelent az első magyar nyelvű szakkönyv Agrárerdészet címmel (Gyuricza és Borovics 2018).

Zubay és munkatársai az agrárerdészeti rendszerekben történő gyógy- és aromanövények termesztésének lehetőségét vizsgálták (Zubay et al. 2018, Zubay et al. 2021a, Zubay et al. 2021b). Munkájuk fókuszában a gyógynövény fajok árnyéktűrése,

valamint a dió és nyár allelopatikus hatásainak vizsgálatai álltak, a gyógynövények hozamának és beltartalmi értékeinek figyelembevételével. I vitro körülmények között megállapították, hogy az orvosi ziliz (*Althea officinalis* L.), a kapor (*Anethum graveolens* L.), a kender (*Cannabis sativa* L.) a moldvai sárkányfű (*Dracocephalum moldavica* L.), a len (*Linum usitatissimum* L.) és a borsikafű (*Satureja hortensis* L.) fajok tolerálják a két vizsgált fafaj allelokemikáliáit, a csírázási paraméterek alapján. In vivo körülmények között bizonyították, hogy az orvosi körömvirág (*Calendula officinalis* L.), a moldvai sárkányfű (*Dracocephalum moldavica* L.), a citromfű (*Melissa officinalis* L.) és a borsikafű (*Satureja hortensis* L.) fajok, 30%-os fénycsökkenés mellett hozamcsökkenés, valamint a minőségi (hatóanyag-tartalom és összetétel) paraméterek romlása nélkül termesztethetők, és ezen eredményeik alapján további szántóföldi agrárerdészeti kísérletekre javasolják az említett fajokat.

„Termeljünk együtt a természettel” – az agrárerdészet mint új kitörési lehetőség címmel 2017 és 2021 között egy nagyszabású hazai kutatási projekt valósult meg egy EFOP pályázat keretében. A pályázat a Soproni Egyetem vezetésével zajlott, a Kaposvári Egyetem és a Dunaújvárosi Egyetem részvételével, a szakmai munka mellett az egyetemek közti együttműködés, hálózatosodás is kiemelt célként szerepelt. A projekt 5 tématerület köré szerveződött, melyek az alábbiak (Rétfalvi és Szabó 2018):

1. Agrárerdészet ökológiai potenciál vizsgálata
2. Agrárerdészet vadgazdálkodási hasznosítása
3. Agrárerdészetből származó faanyag minőség vizsgálata
4. Agrárerdészetben előállított lágyszárú növények hasznosítási lehetőségei
5. Agrárerdészeti alapanyagtermelés ökonómiai és társadalmi hatásai

A témák sokszínűsége jól kifejezi az agrárerdészet, mint tudományterület komplexitását. A projekt részleteit és az összefoglaló tanulmányokat a „Termeljünk együtt a természettel! – az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség” és az „Agrárerdészet a vidékfejlesztés gyakorlatában” című kiadványok foglalják össze (Horváthné és Barna 2021, Rétfalvi 2021).

2.4 Nemzetközi kutatások

A gyakorlatban az agrárerdészeti gazdálkodási forma csak marginális területeken maradt fenn, és a fejlődő országokban bír a legnagyobb jelentőséggel. A mélyszegénységből kiutat jelentő mező- és erdőgazdálkodás kombinációjával, több faj együttes termesztésével, illetve a melléktermékek hasznosítása révén alternatív jövedelemforrásokat biztosít. Ennek jelentőségét támasztja alá, hogy a kenyai székhelyű Nemzetközi Agrárerdészeti Kutatóközpont (ICRAF, ma CIFOR-ICRAF, miután 2019-ben összeolvadt a Nemzetközi Erdészeti Kutatóintézettel) immár több mint 40 éve folytat ilyen jellegű kutatásokat (Keserű 2015). Ezen kívül az Amerikai Egyesült Államokban (USDA National Agroforestry Center) és Indiában is (AFRC Agroforestry Research Centre) kifejezetten agrárerdészeti kutatóintézet működik.

Az Európai Unióban több mint 20 éve folynak agrárerdészeti kutatások, az élmezőnyben szerepel Franciaország, Görögország, Nagy-Britannia, Németország és Spanyolország. Az első jelentős európai – kifejezetten szántóföldi köztes kultúrával kombinált agrárerdészeti rendszerrel foglalkozó SAFE (Silvoarable Agroforestry For Europe) – projektben megállapítást nyert, hogy az Unió területén 90 millió hektár lehet a rendszerek kialakítására alkalmas potenciális terület. Dupraz és munkatársai (2005) szerint az agrárerdészeti termesztési technológiákkal 65 millió hektáron lehetne mérsékelni a környezeti problémákat Európában, úgymint az erózió, defláció, vagy éppen a nitrát kimosódás. Ha az ezeken a területeken gazdálkodó termelőknek csak 20 százaléka, és csak a gazdaságuk 20 százalékán létesítene agrárerdészeti rendszereket, akkor is 2,6 millió hektárral nőne az így hasznosított területek nagysága.

Ezt követően Európában az AGFORWARD (Agroforestry that will Advance Rural Development) nevű projekt keretében zajlottak specifikusan agrárerdészeti kutatások, melyben számos egyetem, agrárkutató intézet, és nemzetközi szervezet vett részt. 2012-ben, az első Agrárerdészeti Fórum alkalmával alakult meg az Európai Agrárerdészeti Szövetség (EURAF – European Agroforestry Federation), mely a gazdálkodók egyre nagyobb érdeklődését is reprezentálja (Somogyi 2014).

Az európai országok közül példaértékű Franciaország, ahol a KAP (Közös Agrárpolitika) által meghatározott kötelező ugaroltatás következtében 1995-ben kezdődtek meg a kimondottan agrárerdészeti kutatások. A francia Nemzeti Agrárkutató Intézetben (INRAE) a mezőgazdasági és erdészeti partnerek - többek között az agrárkamara – közreműködésével, valamint később a Francia Mezőgazdasági Minisztérium anyagi

támogatásával kezdetben 50 hektáron létesültek kísérletek (Somogyi 2012). A szakemberek a rendszer talajvédelmi funkcióját emelik ki, miszerint a fasorok között állandó talajborítással fenntartható földhasználati rendszer valósul meg (Somogyi – Borovics 2015). Többek között ilyen módon népszerűsítik az agrárerdészeti rendszereket a döntéshozók körében is, hogy később a gyakorlatban is mind több ilyen rendszer valósulhasson meg (Mosquera-Losada 2016).

Franciaországban az elmúlt években folyamatosan csökken a nyárfaültetvények területe, többek között a monokultúras termesztésből adódó csökkent ellenállóképesség, a nyár- és az élelmiszertermelés közti verseny, és az alacsony fapiaci árak miatt. A probléma megoldására az egyik stratégia a gazdálkodók bátorítása arra, hogy a szántóföldi növények közé újra fákat ültessenek. Ennek céljából Marchal és munkatársai (2016) egy nyárfa alapú agrárerdészeti rendszer kidolgozását tűzték ki célul. Vizsgálataik elsősorban az építőipari célra termesztett faanyag mechanikai tulajdonságaira irányulnak.

Összességében elmondható, hogy mára számtalan kutatás és eredmény látott napvilágot az agrárerdészethez kapcsolódó igen szerteágazó szakterületek legtöbbször, európai kontextusban kiemelkedően az állattartásos rendszereket illetően. Jelentősen kevesebb tanulmány érhető el azonban a tág hálózatos köztes termesztési rendszerek esetében, kiváltképp a hozamvizsgálatok tekintetében, melyet nehezít, hogy a növénykultúrák számát és a változatos termőhelyeket figyelembe véve, szinte végtelen számú kombinációval találkozhatunk. Bár biodiverzitás vizsgálatokhoz köthető vizsgálatok igen nagy számban jelennek meg, csekély mennyiségű tanulmány szól a fák növekedéséről, neveléséről, hozamáról, az állománystruktúráról.

2.5 Köztes termesztési rendszerek (alley cropping) áttekintése

Seiter és munkatársai (1999) – jelen értekezéshez hasonlóan – különböző hálózatos köztes termesztési rendszerek fa- és köztes növény hozamait vizsgálták. A négyéves tanulmány során az Egyesült Államokban, Oregonban vörös éger (*Alnus rubra* Bong.) és fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) sorközeiben öntözött kukoricát (*Zea mays* L.) termesztettek. Véletlenszerű kísérleti elrendezésben három ültetési mintával, változó egyedszámmal (a fásszárú és a köztes növény esetében is) és különféle fa-köztes növény távolsággal végezték a vizsgálatokat mind a két fafajjal, kelet-nyugati irányú fasortájolással. Mindkét komponens (fa és köztes növény) esetében a rendelkezésre álló növényter

határozta meg a termésmennyiséget. A magas kukorica hozamok alacsony fa hozamokkal jártak, és fordítva. A „monokultúrás” termesztéshez képest, a tradicionális elrendezésű köztes termesztési rendszerben a hozamok 5 és 15% között csökkentek tág hálózatu dupla soros ültetés esetén. A fás szárúakat évente kétszer takarították be és zöldtrágyaként hasznosították a területen. A vörös éger és a fehér akác erősen sarjadtak és 0,9-4,7 tonna szárazanyagot produkáltak vegetációs periódusonként a kísérleti elrendezés és a mérési időszak függvényében. A vörös éger hozama folyamatosan növekedett a kísérlet évei alatt, míg az akác esetében ez a produktív képesség (zöldtrágyaként való hasznosítása esetén) a gyakori betakarítás következtében csökkent. A faaprítékot az első betakarítást követően a fasorok között szétterítették és bedolgozták a földbe magágyelőkészítéskor (a kukorica vetésekor). Négy év elteltével a köztes termesztési rendszerek esetén a talaj humusztartalma 4-7 %-kal magasabb volt a felső rétegben, mint a „monokultúrák” esetén, mely meglepően magas érték. Azonban a kukorica több éven keresztül egyhelyben termesztése (monokultúra, a fogalom eredeti jelentése értelmében) miatt, minden kezelésben csökkent a humusztartalom a kiinduló értékekhez képest. A tanulmány következtetése szerint a terméshozam-csökkenés és az extra fenntartási inputok az akadályai annak, hogy a köztes termesztési rendszerek a mérsékelt égövön is elterjedjenek. A szerzők szerint, csak akkor lehet létjogosultsága ezeknek a termesztési rendszereknek, ha a talaj humusztartalmának enyhe növekedése mellett egyéb előnyökkel is jár ez a fajta termesztés. Érdekes azonban óvatosan fogalmazni, ugyanis azért, mert az adott társítás nem hozott terméshozam növekedést, nem terjeszthetjük ki az eredményeket minden mérsékelt övi agrárerdészeti rendszerre vonatkozóan. Mivel a kutatás hozamvizsgálatokra koncentrált, a talaj humusztartalom-növekedése mellett a szerzők figyelmen kívül hagyták a biodiverzitasban történt változásokat, mely a legtöbb esetben pozitív előjelű változást jelent a hagyományos gazdálkodáshoz képest.

Gillespie és munkatársai (2000) szerint fokozódik az érdeklődés a mérsékelt éghajlatú területeken az ökológiai alapokon nyugvó, fenntartható mezőgazdasági rendszerek iránt, és ezáltal az agrárerdészet is előtérbe kerül, mint alternatíva az intenzív monokultúrás termesztés felváltására. Azonban világszinten korlátozott a megértéshez és fenntartáshoz szükséges tudásbázis az ilyen komplex, több szintű rendszereket illetően, mely kifejezetten igaz a mérsékelt övi területek esetében. A szerzők kutatásaik során olyan köztes termesztési rendszereket vizsgáltak Középnnyugat-Amerikában, ahol kukoricatermesztést (*Zea mays* L.) folytattak feketedió (*Juglans nigra* L.), vagy vörös tölgy (*Quercus rubra* L.) fasorok között. 10 éves megfigyelések eredményeképpen azt találták,

hogy a fasorral szomszédos kukorica terméseredmények 50%-kal, illetve ezt az értéket is meghaladva csökkentek. Kísérleti jelleggel fizikailag meggátolták a kultúrnövény és a fa gyökérzetének találkozását, és azt találták, hogy ebben az esetben nem csökkent a fasor melletti kukorica sorok terméshozama, hanem ugyanúgy alakult, mint a két fasor mértani közepén mért hozamok és a kontroll terület hozama. Annak ellenére, hogy magas korrelációt írtak le a fotoszintetikusan aktív besugárzás és a fotoszintézis között, az árnyékhatásnak nem volt jelentős hatása a termésre. Egy ilyen idős (11 éves fák ből álló) rendszerben, a fotoszintetikusan aktív sugárzás hatása minimális. A tanulmányban arra jutottak, hogy a továbbiakban vizsgálni szükséges a föld alatti erőforrások használatának fa és kultúrnövény közötti megoszlását, a köztes növény hozamára ható kompetitív interakciók számszerűsítésének céljából, és hogy mit jelent mindez a gazdálkodó bevételeinek szempontjából. A később tárgyalásra kerülő SAFE projekt keretében mindezen kérdésekkel foglalkoztak a kutatók.

Burgess és munkatársainak (2004) munkája azon kevesek közé tartozik, ahol mind a fák, mind a köztes növények hozamát vizsgálták. 1992-ben három meglehetősen különböző angliai helyszínen hoztak létre köztes termesztési kísérleti ültetvényeket, négy hibrid nemesnyár klónnal (10 × 6,4 m-es hálózatban) és négy kezeléssel a köztes növényeket illetően. 1998 végére, az állományok 7 éves korában a hibridek a következő magasságokat érték el: a Beaupré klón volt a legmagasabb 11,9 méterrel, míg a Gibecq, Robusta and Trichobel magassága 8,9 és 9,8 m között változott. A marginális területen a fák csupán 9,2 méter magasra nőttek, de itt voltak a legzömökebbek, 173 mm (1,3 m-en mért) törzsátmérővel. A növekedésre hatást gyakoroltak a köztes növényekben alkalmazott kezelések. Azok a fák, melyeket mindkét oldalról gabona kultúrák szegélyeztek – 9,5 m magassággal és 143 mm átmérővel – csupán a 89, illetve 79 %-át produkálták azoknak a fáknek, melyeknek a szomszédságában ugaroltatták a területet. Ezt az eredmény akár a vízért folytatott kompetíció magyarázhatja.

Mind a három kísérleti terület esetében, a fasorok között elért átlagos terméshozam területegységre vetítve 4%-kal csökkent a kontroll (fa nélküli terület) területhez képest az első 3 évben, és átlagosan 10 %-kal a 4. és 6. év között, mely megállapítások Seiter és munkatársai (1999) korábban említett eredményeihez hasonlóak. A specifikus értékek azonban a köztes növényi kultúrától függően változtak. A kísérletben egy alternatív növénytermesztési módot is teszteltek, ahol a kultúrnövény vetése előtti évben az adott területet egy évig ugaroltatták. Ennek a módszernek az előnye – amikor gabonatermesztés helyett ugaroltatás előzi meg a vetést – első sorban a búza (*Triticum aestivum* L.)

terméseredményeiben mutatkozott meg, ezt követte az árpa (*Hordeum vulgare* L.), a bab *Vicia faba* L, a borsó (*Pisum sativum* L.), és végül a mustár (*Sinapis alba* L.).

2.5.1 A SAFE projekt kísérleti területei és a kutatás fontosabb megállapításai

2005-ben jelent meg az első nagyobb volumenű európai agrárerdészeti projekt összefoglalója (Dupraz et al. 2005), mely projekt négy éven keresztül (2001-2004) vizsgálta kifejezetten a szántóföldi növény kultúrákkal kombinált fás mezőgazdasági rendszereket Európában (SAFE – Silvoarable Agroforestry for Europe). A projekt fő célkitűzései a következők voltak: a köztes növények és a fák növekedésének elemzése föld feletti és föld alatti fiziológiai modellek fejlesztéséhez, ökonómiai modell fejlesztése, és olyan területek analizálása Európában, melyek alkalmasak lehetnek az ilyen típusú agrárerdészeti rendszerek alkalmazására, azaz a fás kultúrával kombinált növénytermesztésre. Az adatgyűjtésre szolgáló kísérleti területek helyszíneit és a rendszerek komponenseit a 2. táblázat foglalja össze.

Külön munkacsoportot dedikáltak a terepi adatgyűjtés céljára. A feladatuk a következő volt:

- kísérleti területet biztosítottak a projekthez és egy fórumot, ahol a gyakorlati tudnivalókat osztották meg;
- szántóföldi kísérleteket alakítottak ki, közösen kidolgozott egységes módszertan alapján, mind a terepi adatgyűjtést; a modellépítést; a parametrizálást; és az adatok validálását (visszaigazolását) illetően
- adatokat gyűjtöttek a kísérleti területről.

A begyűjtött adatokat modellekhez használták fel, melyek a növények és fák közötti, föld feletti és föld alatti interakciókat írták le. A szolgáltatott adatok alapján világossá vált, hogy a vizsgált agrárerdészeti rendszerek produktívak. Ugyan a köztes növény jelenléte visszavetheti a fa növekedését, és fordítva, a fák jelenléte negatívan befolyásolhatja a köztes növény növekedését, de a rendszer két komponensének együttes produktivitása akár meg is haladhatja a két komponens külön-külön, egymagában elért hozamát – legalábbis a telepítést követő néhány évben.

2. táblázat: Kísérleti területek és a rendszerek komponensei, melyek adatokat szolgáltatottak a SAFE projektben (2002 január) (Dupraz et al. 2005 nyomán)

Partner száma	Vizsgált rendszerek komponensei	A fák kora 2002-ben (év)	Terület (ha)	Helyszín
1	Dió-őszi kalászos			Restinclières
1	Dió-évelő takarmány			Castries
1	Vadcseresznye-évelő takarmány			Notre-Dame de L.
1	Nyár-őszi kalászos			Vézénobres
1	Vadcseresznye és dió-kalászos	5	9	Grazac
1	Vadcseresznye-kukorica	17	5	Pamiers
4	Nyár – őszi vetésűek (vetésváltással)	10	8	Bramham
5	Nyár – őszi vetésűek (vetésváltással)	10	8	Silsoe
6	Dió-lucerna	10	1,2	Biagio 1
6	Dió-lóhere	8	1,07	Biagio 2
7	Tölgy-őszi kalászos	Est.	4,5	Sotillo
7	Tölgy-őszi kalászos	Est.	4,5	Cerra Lobato
7	Tölgy-őszi kalászos	Est.	4,5	Dehesa Boyal
10	Tölgy-búza	kb. 150	1,0	Ksinitra
10	Dió-árpa	26	1,0	Gournes-potami
10	Nyár-árpa	4 (42)	0,27	Viliani

Megjegyzés: a csillaggal (*) jelölt területek a zonos kísérleti elrendezéssel valósultak meg. Est.: korábban telepített fákkal történő kísérletek

Ez egyértelműen látszott a nyár-gabona rendszer esetén (4. és 5. partner), ahol a kezdetekben néhol jobban teljesített a gabona a fasorok között, mint a fa nélküli területen. Egyes esetekben a köztes növény is pozitívan hat a fa növekedésére. A grazac-i kísérleti területen (1. partner) a diófa sorok között folytatott gabonatermesztés hozzájárult a fa

növekedéséhez. Ennek a magyarázata az lehet, hogy a köztes növény termesztése által több nitrogén és feltehetőleg kén vált elérhetővé a fák számára is. A fák jelenléte csökkentette a köztes növények növekedését, azonban azokban a rendszerekben, ahol a köztes növény előrehaladottabb fejlődési stádiumot ér el a fák levélzetének kifejlődését megelőzően, a hozamcsökkenés a fák alatt nem jelentős. Ez volt tetten érhető a korábban említett, az Egyesült Királyságban található bramham-i és silsoe-i kísérleti területeken nyár és gabona estén (4. és 5. partner), valamint Olaszországban a hibrid dió és lóhere társítása esetén (6. partner).

Franciaországban, a Vézénobres kísérleti területen (1. partner) végzett gyökerek nyesése a nyár-gabona rendszerekben nem volt különösebb hatással a köztes növény hozamára, mely azt jelzi, hogy bizonyos esetekben a gyökérkonkurencia hatása elhanyagolható. Mindamelllett, amikor a lombkorona nyesésének hatását vizsgálták, és a hemiszférikus fotókat elemezték, azt találták, hogy a fák lombja által elnyelt sugárzás komoly hatással van a fák alatti növényekre, már viszonylag korai fejlődési fázisban is. Ezzel szemben a korábban részletezett tanulmány szerint (Gillespie et al. 2000) még 11 éves korú fa esetén sem releváns az árnyékhatás, melyet abból a jelenségből következettek ki, hogy fizikai akadály alkalmazása esetén (a fa gyökerei és a kukorica gyökerei között), ugyanakkora hozamot ért el a kukorica, mint a kontroll fa nélküli területen, anélkül pedig csak 50%-ot hozott. Samsuzzaman és munkatársai (2002) szintén a gyökérnyesés köztes növény hozamára való pozitív hatását írták le. Egy Bangladeshből létrehozott kísérletben azt találták, hogy a hajtások nyesésével együttesen, a gabona hozama akár 22%-kal növelhető a fasorok között.

2.5.2 Köztes termesztési rendszerek hozamvizsgálatai

Egy 2019-ben megjelent tanulmányban (Nurbekov et al. 2019) eperfa (*Morus* spp. L.) sorok között és szabadföldön vizsgálták különböző takarmánynövények terméshozamát 2014 és 2016 között Tádzsikisztánban. Borsó, tritikálé, és a két növény különböző arányú keverékének paramétereit mérték, forgatás nélküli talajművelés mellett. A fák esetében az eredést, a megmaradást és a magasságot jegyezték fel. A fiatal fák között 1 méter volt a távolság (feltételezhetően a tőtáv, de a cikkből sajnos nem derül ki egyértelműen), és a fák csupán 1,05-1,22 m magasak voltak a vizsgált időszakban. Vélhetően ezért sem volt szignifikáns különbség a fák közötti és a kontroll terület mezőgazdasági növényeinek

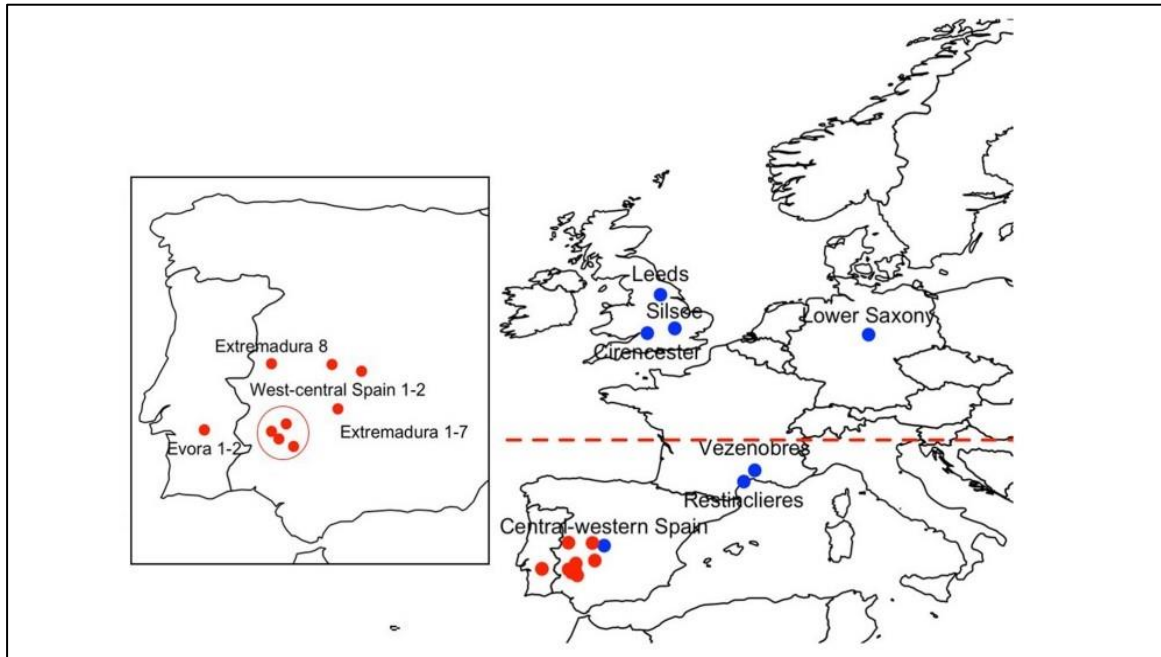
terméshozamai között. A tritikálé terméshozama az agrárerdészeti parcellában átlagosan 8069 kg/ha, míg a fa nélküli területen 7655 kg/ha volt. A dolgozat konklúziója szerint a köztes termesztési rendszerekben lehetőség rejlik, mellyel növelhető a takarmánytermesztés produkciója és az általa elérhető profit. A kísérletben alkalmazott sortáv – mely fontos paraméter – nem derül ki a cikkből, ahogy a takarmánynövény-hozam számításának módszeréről is csak annyi, hogy 1 m²-es mintaterületekről lettek feljegyezve.

A hazai szerzők közül Vityi és munkatársai (2016), illetve Kovács és Vityi (2019) az erdőfelújítások szempontjából vizsgálta és értékelt a köztes növények – ez esetben kukorica – szerepét. A vizsgálat célkitűzései a kísérleti területet szolgáltató erdőgazdálkodó szempontjait figyelembe véve a következők voltak: a rendelkezésre álló terület maximális kihasználása, a csemeték védelme és egyúttal takarmány előállítás az erdészeti munkákat segítő közelítő ló számára. A vizsgálatok kocsányos tölgy csemeték – mint kontroll terület – és a sorok között vetett kukorica köztes termesztés összehasonlítására irányultak.

A kutatási kérdések közt szerepelt a talaj-vízháztartás változása a köztes növények jelenlétéből adódóan, a talaj-hőmérséklet változása, és a növekedés menete. Jelentős eredménynek számít az erdőfelújítások szempontjából, hogy míg a kontroll területet aszálykár sújtotta és 50%-os megmaradási rátát jegyeztek fel, ugyanazon a termőhely típuson a köztes rendszerben nem jelentkezett aszálykár, és a csemeték növekedése is szignifikánsan jobbnak bizonyult, mely az eredmények értelmében a kedvezőbb mikroklimának köszönhető. A vizsgálatok részét hozamszámítások nem képezték.

Egy 2021-ben megjelent európai metaanalízis szerint (Ivezić et al. 2021), annak ellenére, hogy az agrárerdészeti rendszerekben a telepítést követő első években gazdasági szempontból a köztes növény hozama a meghatározó, kevés információ áll rendelkezésre ezeket a hozamokat illetően a szakirodalomban, és általában hiányoznak a köztes növények hozamát számszerűsítő európai áttekintések. A keresés alapját a 2019-ig megjelent, európai agrárerdészeti rendszerekről adatokat közlő cikkek nyújtották. A tanulmány során arra jutottak, hogy ilyen adatok jellemzően csupán a spanyol Dehesa és portugál Montado (fás legelő) rendszereket illetően érhetőek el, a köztes termelési rendszerek esetében pedig Észak-Európában végeztek ilyen vizsgálatokat. A mezővédő erdősávok terméshozamra gyakorolt hatásáról nem szól a tanulmány, holott ez a fajta fásítás is agrárerdészeti rendszernek minősül. A metaanalízis során kezdetben több mint 300 tanulmányt találtak, melyeket tovább szűrve, összesen 13 elemezhető munkára redukálódott a keresés eredménye. A fő szempont az volt, hogy a kísérletben szerepeljenek hozam adatok szántóföldi (fa nélküli) kontroll területről is. A tanulmányban részletesen elemzett cikkek

és azok – a metaanalízis szempontjából releváns – paramétereit a 3. táblázat foglalja össze. A kísérleti területek földrajzi elhelyezkedését a 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: A metaanalízisben szereplő kísérleti területek földrajzi elhelyezkedése. (Forrás: Ivezic et al. 2021)

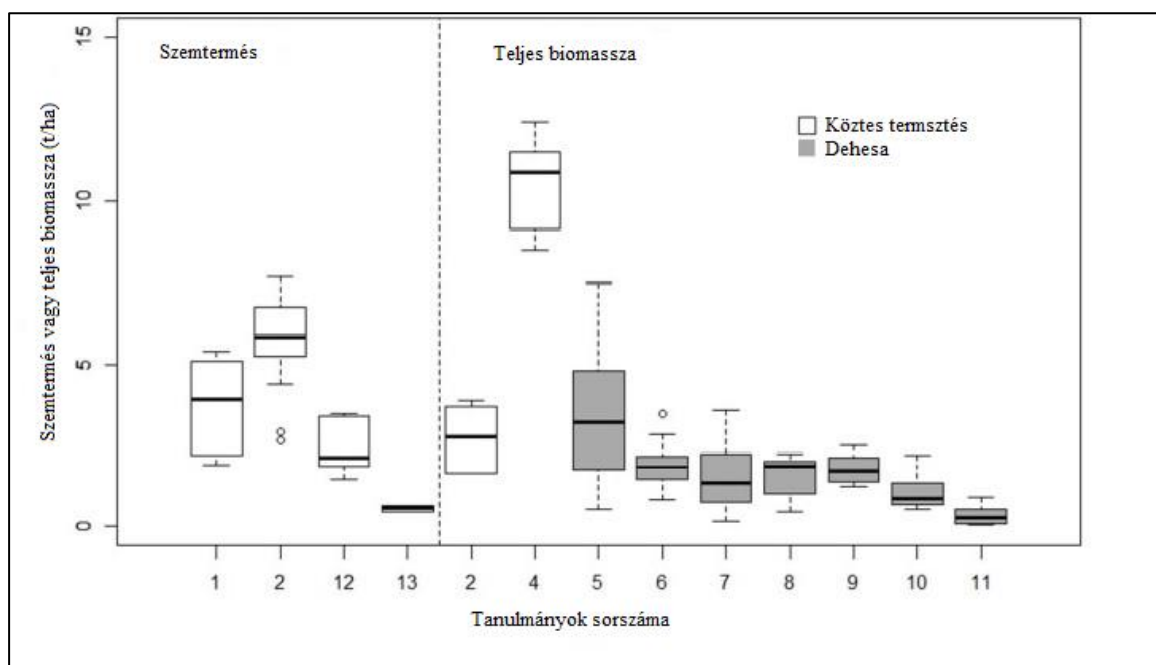
Megjegyzés: A köztes termesztési rendszereket kék pontok, a Dehesa területeket piros pontok jelölik. A 45. szélességi kört a vízszintes szaggatott vonal jelöli, mely a választóvonal az északi és déli régiók között. A melléktérképen a spanyol és portugál kísérleti területek lokációi láthatók.

3. táblázat: Európai agrárerdészeti rendszerekben végzett hozamvizsgálatok eredményeit tárgyaló tanulmányok, melyek az Ivezic és munkatársai (2021) által készített metaanalízis tárgyát képezték

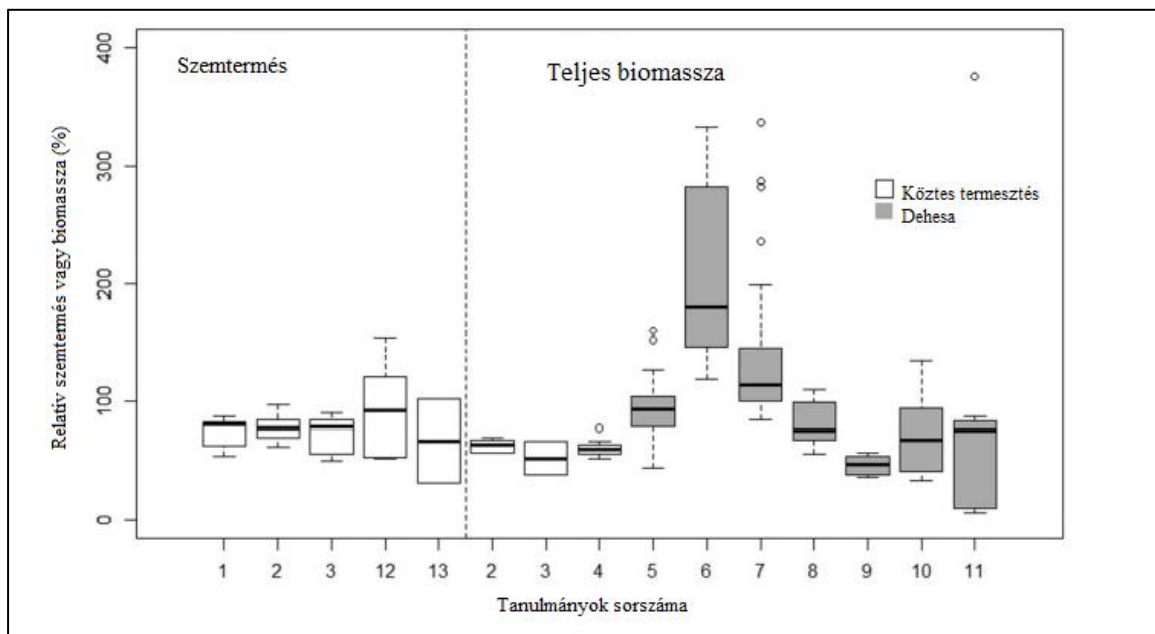
Sor-szám	Hivatkozás	Helyszín	Ország	Régió	Növény csoport	Növényfaj	Fafaj	Vizsgált hozam	Agrárerdészeti rendszer	Állomány sűrűsége (fa/ha)	Fa kora (évek)	Megfigyelések száma
1.	Dufour et al. (2013)	Restinclières	Franciaország	Dél	Gabona	Búza	Dió	Szemtermés	Köztes termesztés 13 m sortáv	100	12-13	8
2.	Burgess et al. (2004)	Cirencester	Egyesült Királyság	Észak	Gabona és takarmány	Búza, árpa, pillangósok	Nyár	Szemtermés és biomassa	Köztes termesztés 10 m sortáv	156	1-6	12
		Leeds	Egyesült Királyság	Észak	Gabona és takarmány	Búza, árpa, pillangósok	Nyár	Szemtermés és biomassa	Köztes termesztés 10 m sortáv	156	1-7	14
		Silsoe	Egyesült Királyság	Észak	Gabona és takarmány	Búza, árpa, pillangósok	Nyár	Szemtermés és biomassa	Köztes termesztés 10 m sortáv	156	3-6	8
3.	Graves et al. (2010)	Vezenobres	Franciaország	Dél	Gabona	Búza	Nyár	Szemtermés	Köztes termesztés 10 m sortáv	139	2,9,10	3
		Silsoe	Egyesült Királyság	Észak	Gabona és takarmány	Búza, árpa, pillangósok	Nyár	Szemtermés és biomassa	Köztes termesztés 10 m sortáv	156	3-11	8
4.	Ehret et al. (2015)	Lower Saxony	Németország	Észak	Takarmány	Fűfélék	Fűz	Biomassa	Köztes termesztés 9 m sortáv	nincs adat	2-3	8
5.	Moreno et al. (2007)	Extremadura 1	Spanyolország	Dél	Takarmány	Zab (takarmány)	Tölgy	Biomassa	Dehesa	15-28	~100	16
		Extremadura 2	Spanyolország	Dél	Takarmány	Zab (takarmány)	Tölgy	Biomassa	Dehesa	8-18	~100	16
		Extremadura 3	Spanyolország	Dél	Takarmány	Zab (takarmány)	Tölgy	Biomassa	Dehesa	8-20	~100	16

Sor- szám	Hivatkozás	Helyszín	Ország	Régió	Növény csoport	Növényfaj	Fafaj	Vizsgált hozam	Agrárerdészeti rendszer	Állomány sűrűsége (fa/ha)	Fa kora (évek)	Megfigyelések száma
5.	Moreno et al. (2007)	Extremadura 4	Spanyolország	Dél	Takamány	Zab (takarmány)	Tölgy	Biomassza	Dehesa	7-14	~100	16
6.	Moreno (2008)	Extremadura 5	Spanyolország	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	21	~100	4
		Extremadura 6	Spanyolország	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	29	~100	4
		Extremadura 7	Spanyolország	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	26	~100	4
7.	Gra-Izquierdo et al. (2009)	Közép-nyugat Spanyolország 1	Spanyolország	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	10-30	nincs adat	88
8.	Rivest et al. (2011)	Extremadura 8	Spanyolország	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	20	nincs adat	8
9.	Cubera et al. (2009)	Evora 1	Portugália	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	40	nincs adat	8
10.	Hussain et al. (2009)	Evora 2	Portugália	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	100	nincs adat	9
11.	López-Carrasco et al. (2018)	Közép-nyugat Spanyolország 2	Spanyolország	Dél	Takamány	Fűfélék és pillangósok	Tölgy	Biomassza	Dehesa	17	nincs adat	9
12.	Arenas-Corraliza et al. (2018)	Közép-nyugat Spanyolország 3	Spanyolország	Dél	Gabona	Búza, árpa, pillangósok	Dió	Szemtermés	Köztes termesztés 6 m sortáv	333	10,11,12	6
13.	Inurreta-Aguirre et al. (2018)	Restinclières	Franciaország	Dél	Gabona	Búza	Nyár, kőris	Szemtermés	Köztes termesztés 13 m sortáv	133,390	13	15,21

A vizsgált tanulmányok alapján a gabona termése hektáronként 2 – 7 tonna között mozgott. A takarmánynövények teljes biomasszája 0,25 és 11 t/ha között változott a Dehesa fás legelőin, nagy különbségeket mutatva az egyes tanulmányok eredményei között (2. ábra). Relatív hozamként kifejezve (agrárerdészetben elért hozam a hagyományos szántóföldi termesztéshez képest) a köztes rendszerben 50-80%-os terméshozamokat értek el, egymáshoz képest moderált különbségek mellett, míg a Dehesa esetében nagy fokú eltérések mutatkoztak (3. ábra). A fás legelőkön mért, néhol kiemelkedő relatív terméshozamok azt mutatják, hogy a fák potenciálisan pozitív hatást gyakorolhatnak a köztes növényre. Köztes termesztésben (alley cropping) egyik esetben sem mértek egynél nagyobb relatív hozamot. Ez azonban teljesen érthető, mert a fák által elfoglalt terület mindenképpen csökkenti a vetésterületet, a fa nélküli termesztéshez képest. A fák ültetésének évében a relatív gabona hozam 96% volt, majd a következő 21 évben átlagosan 2,6 %-kal csökkent évente, mely jelzi a fák korával járó kompetitív hatás növekedését az idő előrehaladtával, mind a szemtermés, mind a biomassza esetében.



2. ábra: Dobozdiagram a gabona terméshozamokról és a biomasszahozamokról európai agrárerdészeti rendszerekben (Ivezic et al. 2021 nyomán)



3. ábra: Dobozdiagram a relatív hozamokról (%) gabona terméshozamok és a biomassa esetében, az egyes tanulmányok szerint (Ivezic et al. 2021 nyomán)

Az állomány sűrűsége (hektáronkénti egyedszáma) szintén befolyásolja a relatív termésmennyiséget. Az egyedszám növekedésével csökken a relatív terméshozam, 100 fával növelve az egyedszámot, átlagosan 20 %-os relatív terméscsökkenést figyeltek meg, a tanulmányokat összegezve, mely összefüggés szignifikánsak bizonyult.

A köztes termesztési rendszerek (alley cropping systems) szakirodalmi áttekintését követően elmondható, hogy hazai viszonylatban alig, de nemzetközileg is csekély számban található kifejezetten a hozamokra irányuló vizsgálatok, kiváltképp a mérsékelt égövre vonatkozóan. Akác és tritikálé együttes termesztéséről a tudományos keresőmotorok nem jeleztek találatot.

Kétféle, merőben más megközelítési módot figyelhetünk meg a köztes termesztésű agrárerdészeti rendszerek kutatását illetően, amikor a gazdálkodó szempontjából lényeges megfigyeléseket kívánjuk leírni. Bár fás és egyéb mezőgazdasági ágazatok kombinációját vizsgáljuk, mindenképpen fontos tisztázni, hogy mi az integráció elsődleges célja. Az erdőgazdálkodást kívánjuk színesíteni egyéb haszonvételekkel, vagy a mezőgazdasági területet fásítanánk. Míg az előző esetben a gazdálkodó célja továbbra is a faegyedek minél nagyobb arányú jelenléte, a fahozam maximalizálása, addig egy mezőgazdasági termelőnek – ahol az elsődleges termék például a szántóföldi növény – továbbra is cél marad a minél nagyobb hozam elérése a köztes növény tekintetében, ami kisebb törzsszám

mellett valósítható meg (hiszen a fák a vetésterületet csökkentik a jelenlétükkel). A kutatások jellemzően egyik, vagy másik agrárerdészeti elem vizsgálatára koncentrálnak, gyakran csak kezelésként jelenik meg valamelyik „összetevő”.

Nehéz messzemenő következtetéseket levonni a kísérletek alapján, mert többváltozós rendszerekről beszélünk, de az kitűnik a kutatásokból, hogy léteznek produktív rendszerek, azonban körütekintően szükséges azokat megtervezni. Alapvetően legalább kettő növényi kultúra termesztés-technológiáját feltételezik az egyes agrárerdészeti rendszerek, mindemellett fontos változó lehet az alkalmazott fajok, fajták köre, az ültetési hálózat, a fasorok tájolása, a fa és köztes kultúra közötti távolság, az ápolási, nevelési beavatkozások és a hasznosítási cél. Egészen más terepi és laborvizsgálatokat igényel egy energetikai ültetvény, mint egy ipari célú fás ültetvény, gyümölcsültetvény, gabona, vagy takarmánynövény-kultúra. Többször megfogalmazásra került a kísérletek közös alapokra helyezése, mert a kutatás-módszertan egységesítése nagyot lendíthetne a szakterületen. Ilyen például a korábban említett SAFE projektben fejlesztett modell (Hi-SAFE) beviteli adatainak gyűjtése, ahol legalább az azonos céllal és azonos fajokra az adatgyűjtés egységesítése elképzelhető. Az így készült tanulmányokat összegyűjtve, határozott állásfoglalás alakítható ki az agrárerdészeti rendszerek előnyeit és hátrányait illetően, mely a döntéshozók számára is segítséget jelenthet, a művelési mód szakpolitikai kérdéseit, és a szakterület népszerűsítésének mikéntjét illetően.

2.6 Földegyenérték-arány

A földegyenérték-arány fogalmát Mead és Willey (1980) vezette be, mely eredetileg a mezőgazdaságban alkalmazott kettős termesztés előnyeit hivatott bemutatni, és az alábbi képlettel írható le:

$$LER = L_A + L_B = \frac{Y_A}{S_A} + \frac{Y_B}{S_B}$$

L_A , L_B : a külön termesztett növényi komponensek földegyenérték aránya

Y_A , Y_B : az egyes növényi komponensek hozama köztestermesztésben

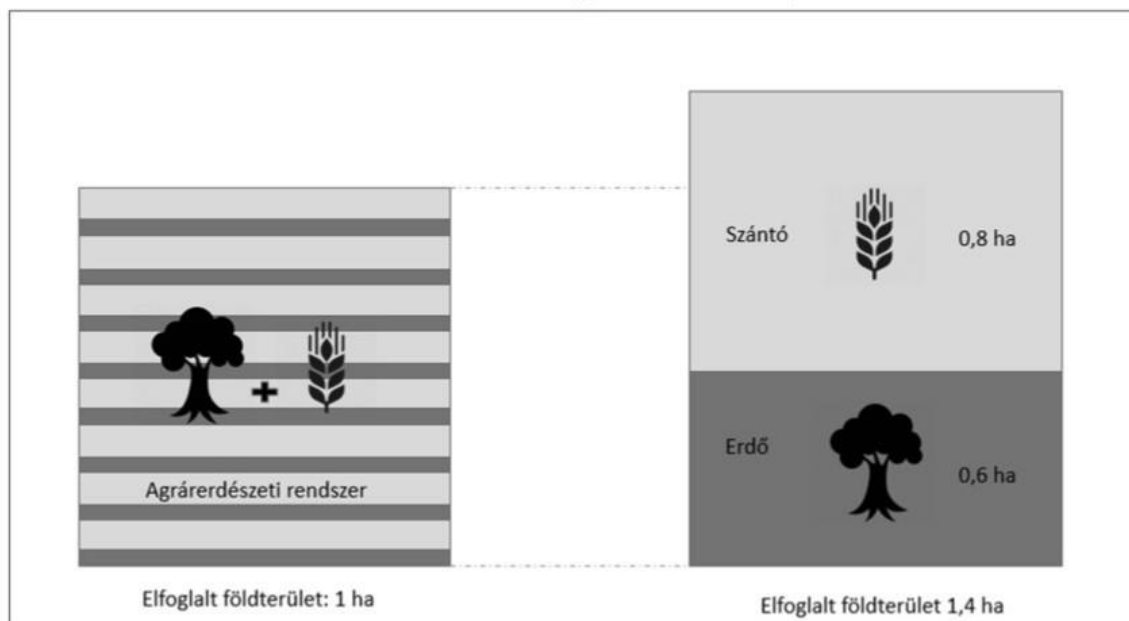
S_A , S_B : az egyes növényi komponensek hozama hagyományos termesztés esetén

A képlet által kapott arányszám azt mutatja meg, hogy 1 ha agrárerdészeti rendszer produktuma mekkora területegységen érhető el különálló erdő és mezőgazdasági területeken történő gazdálkodás esetén. A külföldi szakirodalmat tekintve az agrárerdészeti rendszerek kontextusában leggyakrabban a fent említett szerzőkre, valamint az ő munkájuk alapján Dupraz (2012) által szerkesztett képletre és képi ábrázolásra hivatkoznak a témában. Ez utóbbi tanulmány hibrid dió és őszi búza köztes termesztése esetén 1,28-as értéket határozott meg a földgyenérték-arányszámítása során, mely szerint 1 hektár köztes termesztési rendszer hozamát 0,76 hektáros dió ültvény és 0,52 hektáron termesztett őszi búza tudja produkálni. Tehát adott területegységen agrárerdészeti termesztéstechnológiával magasabb hozamok érhetőek el, mint külön területen való hagyományos gazdálkodás esetén.

A hazai szerzőket illetően Kovács és munkatársai (2019) az erdőfelújításokban alkalmazott köztes termesztés elemzése kapcsán az alábbi módon írták le a képletet magyar nyelven, melyet a 4. ábra is szemléltet:

$$LER = \sum_{i=0}^n \frac{\text{agroerdészeti rendszerből származó fakihozatal}}{\text{tisza állományból származó fakihozatal}} + \frac{\text{agroerdészeti rendszerből származó köztesnövény produktum}}{\text{monokultúrából származó haszonnövény produktum}}$$

Az egyes szakágazatoknak megfelelően, a növénykultúrák függvényében különféleképpen lehet megfogalmazni az egyenlet kitevőit. A fenti képlet az erdőgazdálkodás szemszögéből vizsgálja a kérdést, ahol a fő komponens a faállomány.



4. ábra: Földegyenérték-arány ábrázolása (Kovács et al. 2019, Dupraz 2010 nyomán)

2.7 Agrárerdészet a szakpolitikában

Magyarországon, az Európai Unióhoz való csatlakozást követően, a Közös Agrárpolitika értelmében az európai tendenciákat követve, a fák jelenléte a mezőgazdasági területen nemkívánatossá vált a gazdálkodók számára, mert a terület alapú támogatást a lombkorona vetületének mértékében csökkentették. Később azonban a klímaváltozás elleni törekvések és a biodiverzitás védelmének égisze alatt újra célként jelent meg a fás szárú vegetáció megőrzése, területének növelése. Az Agrárminisztérium stratégiai célja között szerepel az ország jelenlegi, mintegy 21%-os erdősültségének 27 %-ra való növelése, melyeket az erdősítési támogatások kedvező feltételekkel és jövedelempótló támogatással ösztönöznek. Elsőként a 2007-2014-es támogatási ciklusban jelent meg a fás legelők támogatása, melyet Magyarország elsőként hívott le a tagállamok közül. Ezt követően a Vidékfejlesztési Program 2014-2020 keretében már „Agrárerdészeti rendszerek létrehozása címszó alatt jelent meg a felhívás (8.2.1) az Erdészeti Intézkedések között, a következő jogcímenek:

- gyepgazdálkodással kombinált fásítás,
- mezővédő fásítás,
- innovatív agrárerdészeti rendszerek létrehozása.

Ebben a ciklusban, közel 2,4 milliárd forintot különítettek el a felhívásra (Keserű 2017).

A felhívás azóta több alkalommal módosításra került, a legutóbbi verzióban – melyet 2022 januárjában módosítottak – bővült a pályázható jogcímek sora, az alábbiak szerint (VP5-8.2.1):

- a) Szántóföldi kultúrával kombinált agrárerdészeti rendszer újonnan történő létrehozása
- b) Gyepgazdálkodással kombinált fás legelő vagy fás kaszáló újonnan történő létrehozása:
 - gyep és fa telepítésével;
 - meglévő gyep esetében, fa telepítéssel.
- c) Mezővédő fásítás létrehozása:
 - fasor, vagy
 - facsoport telepítésével.

Az elvárt műszaki-szakmai tartalom részletes ismertetésre kerül mindegyik jogcím esetén. Fontos részlet, hogy a megvalósítás csak legelő, gyep és szántóterületen történhet és a megvalósítást követően sem változik a művelési ág. A minimális területegység típusonként változik, az alábbiakban csak a disszertáció szempontjából releváns, szántóföldi kultúrával kombinált agrárerdészeti rendszer lényeges kritériumai kerülnek közlésre:

- Fatelepítés esetén, a támogatást igénylő a jogszerű földhasználó;
- A legkisebb támogatható terület 0,3 hektár;
- A területen legalább 150 db, de legfeljebb 250 db fa lehet hektáronként. A telepített fák kevesebb, mint 50%-a lehet a Nemzeti Fajtajegyzékben szereplő államilag elismert tájfajták vagy hivatalosan elismert leírással rendelkező fajták szerinti gyümölcsfa;
- további feltételek mellett a csemeték pótlására és ápolásra is lehet támogatást igényelni.

Fontos kiemelni, hogy a szántóföldi kultúrával és a gyepgazdálkodással kombinált újonnan létrehozott agrárerdészeti rendszer abban az esetben támogatható a pályázati felhíváson túlmenően egységes területalapú támogatásból (SAPS) is, amennyiben a 640/2014/EU rendelet 9. cikk (3) bekezdése értelmében a mezőgazdasági területen telepített fák száma maximum 100 db/hektár erdei fafaj egyedeiből és maximum 99 db/hektár a Nemzeti Fajtajegyzékben szereplő államilag elismert tájfajták vagy hivatalosan elismert leírással rendelkező fajták szerinti gyümölcsfafaj egyedeiből áll.

Ebből adódóan nem célszerű, hogy az egyedszám meghatározásánál 150-250 egyed szerepel.

További hiányossága a pályázatnak, hogy az egyedi védelem ugyan elvárás, az nem szerepel az elszámolható költségek között.

A felhívás meghirdetésekor a támogatásra rendelkezésre álló tervezett keretösszeg 320 millió Ft, mely a töredéke a korábbi ciklusban elkülönített összegnek.

2.8 Az akác termesztése

2.8.1 Ültetvényes fatermesztés

Az ültetvényes fatermesztés abban különbözik a természetes, vagy természetszerű erdőgazdálkodástól, hogy rendszerint exóta (idegenhonos), gyorsan növő fajok termesztése történik, többnyire egy faj faj termesztését jelenti, és az adott célválaszték nagy mennyiségben való termelése érdekében a mezőgazdasághoz hasonló intenzív művelést feltételez. Ez magában foglalja a talajelőkészítést, megfelelő minőségű és méretű szaporítóanyag felhasználását, tápanyagutánpótlást, növényvédelmet, de akár az öntözést is. A termesztés célja nagy mennyiségű ipari célra használható faanyag előállítása, magas profit realizálása mellett, minél kisebb kockázattal. Hazánkban az ültetvényes fatermesztés mintegy 760 000 hektárt fed le, mely az ország összes faállománnyal borított területének 34 %-a, a legnagyobb jelentőséggel bíró fajok a nyár és a fehér akác (Rédei és Keserű 2022). Nagy potenciállal bírnak az ipari célú faültetvények, melyek szélesebb körű elterjesztése a jelenkor feladatai közé tartozik. Ezekben az ültetvényekben gyorsan mobilizálható faanyag termeszthető azáltal, hogy a vágáskort akác esetében akár 20 évre is lehet csökkenteni. Az ipari ültetvényekben megtermelhető faanyagra folyamatosan növekvő piaci igény mutatkozik, mely a mezőgazdasági termeléshez viszonyítva kisebb kockázattal termelhető. Továbbá jelentős szerepe rejlik az ültetvényeknek az olyan mezőgazdasági területek hasznosításában, melyek más növényi kultúrával nem jövedelmezőek (Nagy 2022).

2.8.2 Az akác jelentősége

A fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) Észak-Amerikában őshonos fafaj, termesztési területe hazánkban 495 000 hektár körül alakul, mely az összes magyarországi erdőterület közel 25%-a, és ezzel a legnagyobb területen termesztett fafaj az országban. Az akáctermesztés tekintetében hazánk nemzetközi szinten is figyelemreméltó gyakorlati és kutatási eredményeket ért el (Rédei 2020). Erdőgazdasági jelentőségét tekintve az előbb említetten túl az indokolja, hogy a legfontosabb honosított keménylombos fafaj, mely gyorsan növvő, könnyen telepíthető és nevelhető, valamint szárazságtűrő. Erodált területek fásítására is alkalmas, faanyaga pedig a trópusokról származó keményfa alternatívája lehet Európában (Nicolescu et al 2020). A hazai akácállományok 2/3-a mag, 1/3-a sarjeredetű. Az állományok minőségét tekintve azonban kevesebb, mint egyharmaduk nevezhető jónak, 1/3-uk közepesnek, 1/3 részük pedig gyenge, melynek okán az Erdészeti Tudományos Intézet az 1960-as évektől kezdve foglalkozik a fafaj termesztéstechnológiájának fejlesztésével (Rédei 2006).

A következő államilag elismert akác fajtákkal rendelkezünk: 'Üllői', 'Jászkiséri', 'Zalai', 'Appalachia', 'Nyírségi', 'Kiskunsági', 'Rózsaszín AC'. Az Erdészeti Tudományos Intézetben 1996 óta folyik a szárazodó termőhelyeken is eredményesen termesztendő klónok szelektálása, mely munka eredményeként további öt fajtajelölt van bejegyezve állami fajtaelismerésre: 'Homoki', 'Bácska', 'Szálás', 'Vacsi' és 'Oszlopos'. A vizsgálati eredmények alapján, a magtermelő állományok alól gyűjtött magból nevelt akácállományokhoz képest a szelektált akácfajtákkal a fatermés mennyisége általában nem fokozható, azonban minősége javítható (Malvolti et al 2015). Multifunkcionális fafaj, kiváló mézélő, lombja állati takarmányként hasznosítható, ipari felhasználása sokrétű. Az akác tartós és jó minőségű faanyagából karó, oszlop, parketta, tetőszerkezet és bútor készül, hasznosítja a papíripar, valamint tűzifaként is szolgál (Rédei 2014).

2.8.3 Az akác fontosabb erdőművelési tulajdonságai

A magról nevelt akác csemete már 1 éves korában elérheti az 1 méteres magasságot, majd ez a magassági növekedés 2-5. életévében tovább fokozódik, akár évi 1,5-2,0 métert is nőhet. Magassági növekedése 1-2, vastagsági növekedése 2-5 év között kulminál. Gyakran már fiatalon, 3-4 éves korban virágzik, két-három évenként bő magtermést hoz (Nicolescu

2020). Természetes úton nálunk gyakorlatilag nem újul. Tuskóról és gyökérről jól sarjadzik, vitalitása és visszaszerző képessége rendkívül nagy. Talajigényét tekintve az egyik leginkább levegőigényes faj hazánkban, a túlzott nedvességet nehezen tolerálja, ezért magas talajvízszint (<1 m) mellett nem termesztendő. Az akác számára a legkedvezőbbek a homoki termőhelyek, elsősorban a rozsdabarna erdőtalajok, valamint a kovárványos barna erdőtalajok. Az akác termőhely igényét a 4. táblázat foglalja össze.

4. táblázat: Az akác néhány jellemző tulajdonsága (igénye) a termőhellyel szemben (Rédei 2006)

Tényezők	Minősítés (igényjellemzés)
Légnedvesség	csekély
Talajvíz	1-2 m
Elöntés	nem tűri
Termőréteg vastagsága	magas
Talajszellőztetés	magas
Talajsavanyúság	5,6-7,0 pH
Tápanyagigény	közepes

Laza lombozata miatt kevés avar keletkezik, mely a magas nitrogéntartalom miatt gyorsan elbomlik. Ebből adódóan az akácosokban nehezen alakul ki állományklíma és talajtakarás. Fényigényes fafaj, ezért nehezen társítható más fafajokkal, mindemellett erős gyökérkonkurenciával rendelkezik (Rédei 2006). Fagyérzékeny, elsősorban a kései fagyok miatt gyakran elfagynak a hajtások és rákos képződmények keletkeznek. A két legjelentősebb károsítója az akácaknázó hólyagosmoly (*Paractopa robinella* Clemens), valamint az akáclevél aknázómoly (*Phyllonoryter robinella* Clemens) (Csóka et al. 2009). Rövid vágásfordulójú fafaj, mely körülbelül 30 évet jelent, a legjobb termőhelyeken sem érdemes 40-42 éves kor után fenntartani. Az akác pillangós növény, így a gyökérgümőkön található nitrogénkötő baktériumokkal való szimbiózis során a légköri nitrogén hasznosítása által növeli a talaj nitrogén tartalmát (Rédei 2014). Ez utóbbi képességéből adódóan a jövő mezőgazdaságában – ahol fontos a műtrágya mennyiség csökkentése, ezáltal a környezet védelme, valamint a költségek csökkentése – kiemelkedő szerepet kaphat, hasonlóképpen egyéb pillangósvirágú fás szárúakhoz, úgymint a *Sesbania sesban* L., valamint a *Gliricidia sepium* Jacq. fajokhoz, melyeket a trópusi országokban szívesen

alkalmaznak a gazdálkodók agrárerdészeti rendszerekben, multifunkciós mivoltuk, valamint nitrogénkötő képességük miatt.

2.8.4 Az ültetvényszerű akáctermesztési technológia

Az ültetvényszerű fatermesztés értelmében alapvetően a klónfajtákkal létesített akácosok felelnek meg a kritériumrendszernek, azonban az akácerdősítések többsége szelektált akác magoncokkal történik, mely genetikailag heterogén populációt eredményez. Az intenzív termesztés részeként további technológiai ismérv az előre meghatározott célválaszték termeléséhez szükséges szelektált ültetési anyag, és a növtér-szabályozási rendszer alkalmazása. (Nicolescu et al. 2018) A szokásos akác ültetési hálózatnál ($2,4 \times 0,7$ - $1,0$ m, minimum 4000 db/ha) tágabb, $2,5 \times 2,0$ m; $3,0 \times 3,0$ m szükséges az adott átmérőjű célválaszték megtermeléséhez, továbbá intenzív törzs- és koronaalakító nyesések szükségesek a jó minőségű faanyag előállításához (. A nyesések eredményeképpen 6-8 m hosszú ágtiszta törzs kialakítása a cél. Hazánkban jelenleg néhány innovatív gazdálkodóval való együttműködésben, mindezen feltételek üzemi kísérletekben adtak csupán, de a fokozódó faanyagigény értelmében szélesebb körű alkalmazása várható. Az erdősítési technológia fontos eleme a talajelőkészítés, mely lehet mélyforgatás, vagy mélylazítás a területtől függően. Akácosok telepítésére jellemzően olyan területeken kerül sor, melyek jövedelmező mezőgazdasági művelése nem lehetséges (Rédei 2014).

A magyarországi gyakorlat szerint az akácerdősítéseket egyéves magágyi csemetékkel végzik. A talajápolásra az első és második évben van szükség, mely évi két alkalommal kézi kapálást jelent a csemetesorban és a csemeték körül. Ezenkívül az első három évben, évente háromszor a sorközök sekély művelése is indokolt. A mesterséges felújításokban a költségcsökkentés érdekében vegyszeres gyomirtás is lehetséges, korlátozott mértékben (Pivot, 1 l/ha dózisban). Gyökérsarjról történő felújítás esetén az első évben szükséges a tuskósarjak eltávolítása, valamint a sorközökben előtört gyökérsajak eltávolítása szárazúzóval történhet (Rédei 2006).

2.8.5 Faállomány-nevelés

A nevelővágások hármass felosztása – tisztítás, törzskiválasztó gyérités, növedékfokozó gyérités – az akáctermesztésre is jellemző (Rédei et al. 2020). Jelen dolgozat témájához illeszkedően itt a szakirodalomban talált legtagabb hálózatú állományok növőtér-bővítési modelljei szerepelnek (5. táblázat), mely alapvetően a szelektál akácklónokkal létesített ültetvényeknél alkalmazandó. A mag- és sarjeredetű közönséges akácosok egyszerűsített erdőnevelési modellje a sűrűbb ültetési hálózat miatt ettől jelentősen eltér.

5. táblázat: Szelektált akácfajtákkal létesített faültetvények növőtér-bővítési modelljei (Rédei 2008)

Megnevezés	Kor	Átlagos magasság	Átlagos átmérő	Törzsszám	Várható bruttó fatérfogat
		H	D _{1,3}	N	V
	Év	m	cm	db/ha	m ³ /ha
<i>I. modell</i>					
Növőtér-bővítés előtt	10	13	10	1100	60
Növőtér-bővítés után	10	14	11	700	50
Véghasználat	20	20	18	700	180
<i>II. modell</i>					
Növőtér-bővítés előtt	8	n.a.	8	1100	35
Növőtér-bővítés után	8	11	9	750	30
Növőtér-bővítés előtt	15	17	14	750	105
Növőtér-bővítés után	15	18	15	500	85
Véghasználat	25	22	20	500	180

Megjegyzés: n.a. -nincs adat

2.8.6 Az erdősítési hálózat (növőtér)

Az erdősítési hálózat, a szaporítóanyag (csemete, dugvány, vagy magvak) térbeli elhelyezkedésének rendje, mely az ültetvényszerű fatermesztési technológiának fontos eleme. Tágabb hálózat esetén a következő tényezőket kell szem előtt tartani (Rédei 2006):

- a faállomány lassabban záródik, nagyobb a gyomosodás veszélye
- a talajapolás jobban gépesíthető, de hosszabb ideig, gyakrabban kell végezni

- kisebb lesz a fiatalosok fatermése, nevelővágáskor magasabb a piacképes, vastagabb faanyag aránya
- erőteljes oldalág képződés miatt a nyelés fontossága és költségigénye megnő, elmaradása benőtt ággöcsök képződéséhez, bélkorhadáshoz vezethet, melyek a faanyag majdani piaci értékét jelentősen rontják
- az erdősítési és erdőnevelési munkaműveletek jobban gépesíthetők
- nagyobb az átlagos átmérő, és ennek függvényében rövidebb lehet a vágásforduló, nagyobb az egyes fahasználatok árbevétele

Az ipari ültetvények esetén 2-3, maximum 4 méteres sor és tőtávok értendők, míg nemesnyár klónok esetén 4×4 , de akár 6×6 , vagy 8×8 méteres hálózatot jelent, azonban még ezek a hálózatok is messze elmaradnak az agrárerdészetre jellemző tágabb sortávoktól. A tág hálózatok, valamint a tág hálózatú köztes agrárerdészeti termesztési rendszerekre jellemző speciális hálózatok fa növekedésre gyakorolt hatásának szakirodalma azonban nemzetközi szinten is igen csekély.

Az akác termesztés-fejlesztésének tekintetében napjainkban két irány létezik, a gyakorlatban elterjedt $2,4 \times 0,7-0,8$ m-es hálózat szűkítése, valamint a nemesnyárasok termesztésénél jellemző tág hálózatok irányába való elmozdulás szorgalmazása. Mindenesetre az ültetési hálózat hatásáról az akác fiatalosok faállomány-szerkezetére és fatermésére alig rendelkezünk adatokkal, napjainkig kevés ilyen jellegű kísérlet létezik (Ábri et al. 2022). Az akác tekintetében úgynevezett véghasználathoz közelálló induló hálózatokkal folynak kutatások az Erdészeti Tudományos Intézetben, mely egy gödöllői kísérlet esetén $3,0 \times 3,0$ m, $3,5 \times 3,5$ m, valamint $4,0 \times 4,0$ m-t jelent. Ezen faültetvények termesztés-technológiája jelenleg is kidolgozás alatt áll.

2.9 A tritikálé termesztése

2.9.1 Jelentősége

Jolánkai (2005) részletesen tárgyalja a tritikálé termesztésének minden aspektusát. A tritikálé az \times *Triticosecale* (Wittm. ex. A. Camus) nevet kapta, mely utal arra, hogy rendszertani besorolása máig bizonytalan: egyesek önálló nemzetségnek tekintik, mások a triticum nemzetségbe sorolják. A búza (*Triticum*) és a rozs (*Secale*) keresztezésével hozták létre az 1970-es években kezdődő nemesítési munka során. Állandósult köztes búza–rozs

hibrid, viszonylag új kalászos növényfaj. A világ nagy részén takarmányként hasznosítják, ilyen célú felhasználás esetén a minősége jónak mondható, búzához és a kukoricához hasonló (Lorenz 2003). Takarmánygabonaként első sorban baromfival, tejelő marhával és sertéssel etetik. A termesztésben ma már megtalálhatók a rezisztens, szép szemtípusú, nagy termőképességű, magas lizintartalmú fajták, a fehérjetartalma pedig ma már hasonló a kenyérbúzáéhoz (Langó et al 2018). Némelyik tritikálé fajta mind őszi és tavaszi vetésben, mind öntözött és száraz körülmények között a búzát is felülmúlta. Számos esetben hatékonyabban hasznosítja a nitrogént, mint a búza. (Ayalew et al 2018).

A tritikálé termése a szántóföldi termőhelytől függően a következőképpen alakul (Jolánkai 2005):

I.	középkötött mezőségi talajok	3,0 – 7,0 t/ha
II.	középkötött erdőtalajok	2,6 – 6,0 t/ha
III.	kötött réti talajok	2,5 – 5,0 t/ha
IV.	laza és homoktalajok	1,6 – 3,8 t/ha
V.	szikések	2,0 – 3,5 t/ha

Tritikálét Magyarországon 2000 és 2020 között átlagosan 1 17248 hektáron termesztettek, a termésátlag pedig 3,5 t/ha volt. Pest megyében – ahol a kísérleti terület található – az átlagos terméshozam 2,9t /ha volt az említett 20 éves időszakban (KSH). A tritikálé vetésterülete világszerte növekszik, napjainkban 4 millió hektárra tehető. Hazánk a legnagyobb termelő országok közé tartozik, rendszerint az első 10 ország között szerepel (FAOSTAT 2017). Magyarországon tehát sikeresnek mondható a termesztés, amit az is mutat, hogy a kalászos gabonák vetésterületén belül aránya egyre nő, és a termesztéstechnológia fejlesztésében is jó eredményeket érnek el nemesítőink. Azonban a fajtakísérletekben elért eredmények, és a köztermesztésben elért hozamok között az adott évtől függően 41,8–63,1% különbség van, tehát a fajtákban rejlő potenciálnak csupán közel a felét tudjuk realizálni. 2017-ben például 7,8 t/ha volt az országos átlagos terméshozam fajtakísérletekben, míg a köztermesztésben 4,0 t/ha-t. Ezen eredményeken a megfelelő fajtaválasztással, a fajtaspecifikus termesztéstechnológia alkalmazásával és az agrotechnika fejlesztésével lehetne javítani (Lukács és Futó 2018).

2.9.2 Botanikája, fiziológiája

Őszi és tavaszi, hidegtűrő és nappalhosszúságra közömbös változata is létezik. Bojtos gyökérzete van, mely a rozs tulajdonságát örökölve erőteljes, jobb víz és tápanyag-hasznosításra képes, mint a búza (Antal 2005). Szára rugalmas, magassága fajtától függően 95-115 cm. Állóképessége jónak mondható, de nitrogén túlsúly esetén megdőlhét. A virágok száma 3-5, a szemkötés a búzához hasonló. Kalázmérete 10-17 cm, a kalász színe eltérő a vegetáció ideje alatt és éréskor. A levél, a szár és a kalász színe a búzánál sötétebb, a rozsnál pedig világosabb árnyalatú, hamvas vagy viaszos. Jellegetes a szemek formája és mérete. Nyúlánkabb, mint a búzaszem, zömökebb, mint a rozsszem. Ezerszemtömege 40-44 g között mozog, de előfordulhat 38-52 g is, fajtától függően (Jolánkai 2005).

2.9.3 Termőhelyigénye

A középkötött mezőségi vályogtalajok, a középkötött erdőtalajok, a kötött réti talajok (amennyiben belvíz nem veszélyezteti), a homoktalajok és a szikes talajok mind alkalmasak tritikálé termesztésre. Esetenként sekély termőrétegű talajokon is sikerrel termeszthető. Éghajlatigényét tekintve hazánkban mindenhol termeszthető, ahol a búza és a rozs megterem. Ősszel a bokrosodáshoz, tavasszal a fejlődéshez csapadékra van szüksége, hőösszegigénye 2100-2200 Celsius fok körül van. A tritikálé környezethez való alkalmazkodóképessége jó. A kevésbé intenzív és az extenzív gazdálkodással megfelelő feltételek teremthetők számára, az intenzív talajhasználat ezen növény esetében nem térül meg. A rozshoz hasonló a kultúrállapot-igénye. Az agrárerdészeti rendszerekben való termeszthetőség szempontjából fontos kiemelni, hogy jól tűri a ligetek, fasorok által nyújtott árnyékhatást (Jolánkai 2005).

2.9.4 A termesztés módszere

A növényi sorrendet illetően, bármelyik nyáron lekerülő növény után vethető. Önmaga után legfeljebb 3 évig termeszthető. A talajelőkészítés tekintetében fontos a kultúrállapot fenntartása, mely elsősorban gyomirtást jelent. A magágyat szeptember elejéig célszerű

előkészíteni. Tápanyagigényét tekintve 1 tonna szemtermés a betakarított szalmával együtt a 6. táblázatban feltüntetett tápanyagot veszi fel a megadott mennyiségekben (Jolánkai 2005).

6. táblázat: 1 tonna tritikálé szemterméshez és a hozzá tartozó szalmához szükséges tápanyagok és azok mennyisége (Jolánkai 2005 nyomán)

Tápanyag	Mennyiség (kg/t)
nitrogén (N)	27
foszfor (P ₂ O ₅)	12
kálium (K ₂ O)	24
mész (CaO)	7
magnézium (MgO)	2

A vetési adatokat a 7. táblázat tartalmazza.

7. táblázat: A tritikálé vetési adatai (Jolánkai 2005 nyomán)

Megnevezés	Adatok
Vetési idő	IX. 20. – X.20.
Sortávolság	12 cm
Vetésmélység	4 – 5 cm
Vetéskori csíraszám	480 – 520 db/m ²
Ezerszemtömeg	40 – 45 g
Csírázóképesség	85,0% legalább
Tisztaság	98,7% legalább
Nedvességtartalom	14,5% legfeljebb

A tritikálé növényvédelmének tekintetében a kártevők közül a gabonapoloskákkal (*Eurigaster* sp.), a drótférgekkel (*Agriotes* sp.), és a gabonaléggel (*Chlorops pumilionis* Bjerkander) kell számolni. A búzaléggel (*Cephus pygmaeus* L.) szemben a telt szárú fajták rezisztensek (Prescott 2012). Betegségeit tekintve a búza kórokozóinak ellenállóbbak a tritikálé fajták, a búzához képest. A gyomok ellen a búzánál használható gyomirtószerrel lehet védekezni. Javasolt a vetésváltás, a megfelelő elővetemény és a vetésforgó (Bozsik et al 1997). A tritikálét teljes érésben kell betakarítani, mely évjárattól függően június végén,

július elején történik gabonakombájnnal. A búzánál lassabb menetben szükséges a betakarítást végezni, mert a pelyvaburkolás szorosabb, valamint a szalmatömeg is nagyobb (Antal 2005).

2.9.5 Tritikálé 'GK Maros'

A 'GK Maros' fajta (fajtajegyzékszám 374952, Nemzeti Fajtajegyzék 2022) a Gabonakutató Kft. által nemesített középérésű őszi tritikálé, humán élelmezés céljából és takarmánynövényként egyaránt termesztendő. Az ajánlott vetési ideje október, de már szeptembertől vethető, hektáronként 220-260 kg vetőmaggal. Termőképessége átlagos körülmények között 6,5-9,5t/ha. Ellenálló fajta, mely kifejezetten alkalmas ökológiai termesztésre, jó gyomelnyomó képességgel rendelkezik. Gyökér- és szárnövekedése erőteljes, mely hozzájárul aszály- és hősokk tűrő képességéhez. Bármely talajtípusra vethető. Ezermagtömege 40-44 g. Az utóbbi években a legkeresettebb tritikálé fajta Magyarországon, 2019-ben pedig szerepelt a top 100 agrárinnovációk sorában. (Purgel et al. 2018)

2.10 A kísérlet helyszínéül szolgáló Gödöllői-dombság erdészeti táj jellemzése

Magyarország erdészeti tájainak összefoglaló jellegű kiadványa Halász (2006) szerkesztésében jelent meg. A Gödöllői-dombság erdészeti táj leírásához ezen munka lett alapul véve.

2.10.1 Természetföldrajz

A Gödöllői-dombság természetföldrajzát tekintve az Északi-középhegység tájcsoporthoz tartozik, a Cserháthoz kapcsolódó dombvidék, 150-300 m tengerszint feletti magassággal. Észak-felé lejtőivel különül el az Alföldtől. A tájra jellemző a pannon üledék, a löszborítás és a félig kötött homok. A laza, meszes alapközetek a klíma, és a táj ritkás vízhálózata mellett szintén hozzájárulnak a szárazságához. Klímáját tekintve cseres-tölgyes társulások uralták a tájat, melynek peremterületein az erdősztyepp klímára jellemző fajok is megjelennek.

Az akácok részaránya magas, emellett nagy területeket mezőgazdasági művelésbe vontak.

2.10.2 Termőhely

A dombvidéket mérsékelt meleg – száraz klíma jellemzi, 10,2 Celsius fok átlagos évi középhőmérséklettel. Az átlagos évi csapadékösszeg 536 mm, ebből 321 mm jut a tenyészidőszakra. Az erdőállományok többnyire többletvízhatástól független termőhelyeken találhatók, lösz, illetve homok alapkőzetben kialakult barna erdőtalajokon, humuszos homokon, és csernozjom jellegű homoktalajon. A tájra igen nagy arányban jellemző a csernozjom talaj, ahol jellemzően mezőgazdasági termelést folytatnak. A földes váztalaj nagy aránya, az erózióra utal.

2.10.3 Az erdészeti táj leggyakoribb őshonos fafajai

A Gödöllői-dombság erdészeti táj leggyakoribb fafajai a következők: kocsányos tölgy, kocsánytalan tölgy, csertölgy, gyertyán, mezei juhar, tatár juhar, mezei szil, magyar kőris, madárcseresznye, vadalma, vadvadkörte, barkóca berkenye, törékeny fűz, kecskefűz, kislevelű hárs, közönséges boróka.

Az egyes faállományok területarányai a Gödöllői-dombságban a következők: az akácok 43,6%-ot fednek le, ezt követik 14,2%-kal a kocsányos tölgyesek, az erdei fenyvesek 11,1%-kal, a cseresek 8,8%, a nemes nyárasok 5,8%-kal, és a kocsánytalan tölgyesek 5,3%-kal. A további faállományok aránya igen csekély, 4% alatti, jellemzően 1% körül mozog.

Az erdőrészesletek rendeltetése a következőképpen alakul (8. táblázat):

8. táblázat: Erdőrészesletek rendeltetése a Gödöllői-dombság erdészeti tájban (Halász 2006 nyomán)

Rendeltetés	Részarány (%)
Védelmi rendeltetésű erdők	15,8
Védett erdők	39,1
Faanyagtermesztést szolgáló erdők	44,0
Egyéb gazdasági erdők	0,0
Egészségügyi-szociális, turisztikai rendeltetésű erdők	0,8
Oktatás-kutatási rendeltetésű erdők	0,3

Az erdészeti táj erdőművelési vonatkozásait illetően, a védett természeti területeken megkezdődött a tarvágásos üzemmódban kezelt akácok, illetve kultúrfenyvesek átalakítása, a korábban a tájra jellemző lösztölgyesekké és cseres-tölgyesekké. A természetes felújítást csak a természetszerű tölgyesekben és cseresekben alkalmazzák.

3 Anyag és módszer

3.1 A terület bemutatása

A vizsgálatokra 2017 és 2019 között, a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Mezőgazdasági Gépesítési Intézetének (NAIK MGI) területén került sor Gödöllőn, a 080/7 helyrajzi számú területen, egy meglévő fehér akác (*Robinia pseudoacacia* L.) energetikai ültetvény átalakítását követően (5. ábra). Az átalakítás következtében, újonnan telepített ültetvény helyett 3, 4 és 5 éves fák hozamának vizsgálata, valamint a 4 és 5 éves fák köztes növények hozamára gyakorolt hatásának vizsgálata vált lehetővé.



5. ábra: Műhold felvételen jelölve agrárerdészeti kísérleti terület Gödöllőn (Forrás: Google Maps. Utolsó elérés: 2020.10.12.)

A vizsgált területet cseres-tölgyes klíma jellemzi (a Siteviewer 2.0 Szoftver alapján, Illés et al. 2019), összesen 2,3 hektár, melyből 0,8 ha szántó (kontroll) és 1,5 ha agrárerdészeti (fás) rendszer. A faszorok kis eltéréssel É-D irányúak (csekély mértékben, néhány fokkal É-Ny – D-K irányban térnek el. A terület enyhén észak-keleti irányba lejt. Termőhelyfeltárás eredményeképpen megállapítottuk, hogy a genetikai talajtípus csernozjom barna erdőtalaj,

melynek textúrája homokos-vályog. A terület többletvízhatástól független, termőréteg vastagsága mély (GPS koordináták: 47°35'22.1"N 19°19'55.5"E, tengerszint feletti magasság: 237 m). A talajvizsgálati jegyzőkönyvet a 9. táblázat, a termőhelyfeltáráskor készült fotót a 6. ábra szemlélteti.

9. táblázat: A talajvizsgálati jegyzőkönyv

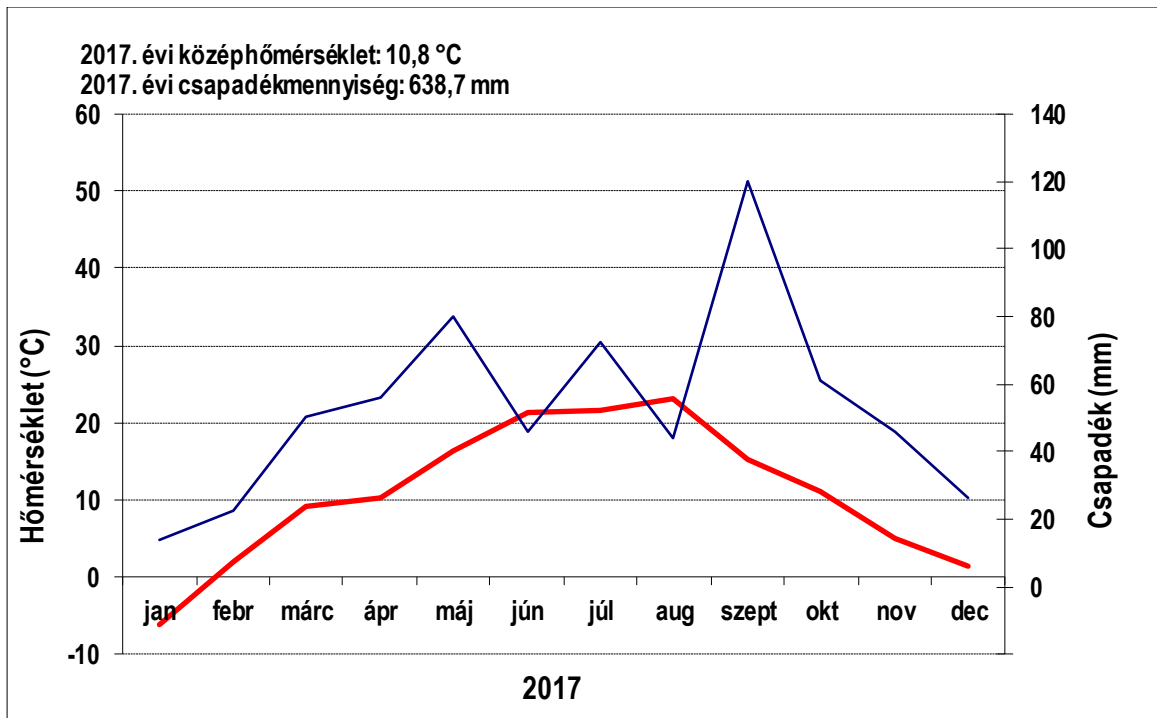
Mélység:	AK	Össz só %	Vezetőképesség (µS/cm)	pH H ₂ O	pH KCL	hy %	CaCO ₃ %
0-30cm	28	0	163,2	7,08	6,74	1,68	0,2
30-60cm	26	0	168,55	7,135	6,71	1,69	0,8
60-80cm	26	0	199,8	7,08	6,64	1,85	0,2
80-95cm	25	0	94,7	7,11	6,67	1,21	0,2
95-115cm	28	0	209	6,98	6,63	1,91	0,2
115-130cm	26,5	0	135,5	7,14	6,60	1,05	1,2

Mélység:	humusz%	Munsell-skála	Szín	Kapilláris vízemelés (mm)		
				2h	5h	20h
0-30cm	1,51	7.5YR 4/3	barna	85	135	275
30-60cm	1,08	7.5YR 4/3	barna	117,5	192,5	385
60-80cm	0,53	10YR 4/4	sötét sárgás barna	210	295	480
80-95cm	0,16	10YR 5/6	sárgás barna	285	335	420
95-115cm	0,29	10YR 5/4	sárgás barna	175	265	450
115-130cm	0,17	10YR 6/4	világos sárgás barna	245	300	380

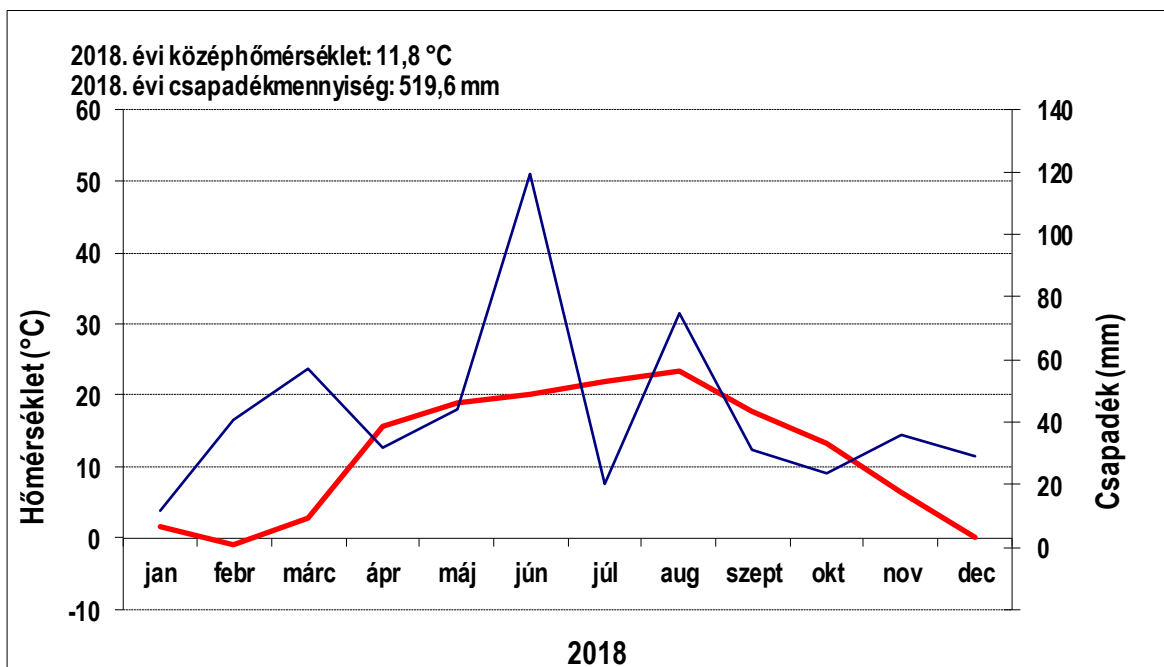


6. ábra: A vizsgált talajszelvény

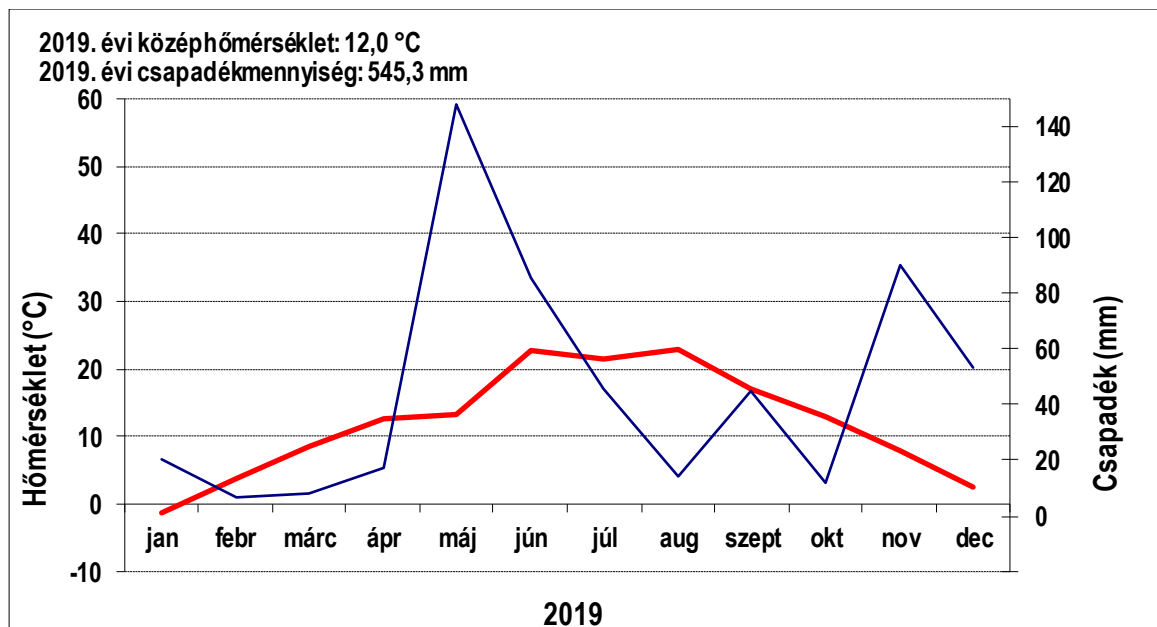
Gödöllői meteorológiai adatok a vizsgált évekre vonatkozóan csak hiányosan voltak elérhetőek, ezért a terület jellemzésére a légvonalban 15 km-re északra, Püspökszilágyi település hattárában található Országos Meteorológiai Szolgálat állomásának adatait elemeztem. A 3 évre jellemző csapadék és átlagos hőmérsékleti értékeket Walter-Lieth diagrammok segítségével ábrázoltam (7. ábra, 8. ábra, 9. ábra). Ahol a hőmérséklet (piros vonal) alatt fut a csapadékmennyiség (kék vonal), ott az adott év időszaka aszályosnak mondható.



7. ábra: A püspökszilágyi meteorológiai állomás által mért havi átlagos hőmérsékleti adatok és havi csapadékösszegek a 2017-es évben. A piros vonal a hőmérsékletet, a kék vonal a csapadékot jelöli



8. ábra: A püspökszilágyi meteorológiai állomás által mért havi átlagos hőmérsékleti adatok és havi csapadékösszegek a 2018-as évben. A piros vonal a hőmérsékletet, a kék vonal a csapadékot jelöli



9. ábra: A püspökszilági meteorológiai állomás által mért havi átlagos hőmérsékleti adatok és havi csapadékösszegek a 2019-es évben. A piros vonal a hőmérsékletet, a kék vonal a csapadékot jelöli

2017-ben az évi középhőmérséklet 10,8 °C, 2018-ban 11,8 °C, 2019-ben pedig 12,0 °C volt. Az évi csapadékmennyiség a 3 év sorrendjében 638,7 mm, 519,6 mm 545,3 mm volt. Bár a Walter-Lieth diagrammokat eredetileg klíma jellemzésére használják, ezt az ábrázolást választottam, mert informatívak, az aszályos időszakok könnyen leolvashatók. Ahol a csapadék görbe a hőmérsékleti görbe alatt fut, ott aszályos időszakról beszélünk. Míg 2017-ben két rövidebb időszakot jellemzett a szárazság, június és augusztus hónapban, addig 2018-ban április-május, majd július hónap és a szeptember-októberi időszak is aszályos volt. 2019-ben februártól áprilisig, majd júliusban, augusztusban és októberben is csapadékhiányos időszak volt, tehát az év felében (hat hónapban) nem hullott elegendő csapadék.

3.1.1 Akác ültetvény

A 2012 tavaszán energetikai célra létesített akác ültetvény egyetlen betakarítása 2015 tavaszán történt, mely tulajdonképpen tuskósarjról felújított állományt eredményezett (10. ábra). 2016. év végén és 2017. év elején az ültetvényt agrárerdészeti kísérleti területté

alakítottuk, mely erdészeti szempontból egy speciális ipari (agrárerdészeti) ültetvényre való áttérésként értelmezhető. Az akác ültetvény nem nemesített szaporítóanyagból létesült.



10. ábra: A sarjról felújított energetikai ültetvény 2016-ban, mely később átalakításra került

Az eredeti ültetési hálózat $3 \text{ m} \times 0,5 \text{ m}$ volt. Az átalakítás következtében az egyes sorok eltávolítása által a sortávolságok 9, 15 és 21 méteresre változtak (a sorközök a mezőgazdasági köztes növények termesztésére szánt területek), míg az egyes egyedek eltávolítása után a tőtávolságok a következők szerint alakultak: 1 m, 2 m és 3 méter. A kísérleti terület egyszerűsített vázrajzát a 11. ábra szemlélteti, melyen az egyes kezelések láthatók, az ismétlések nélkül.

Az így kialakított kilenc ültetési hálózat a kísérletben alkalmazott kezeléseknek felel meg. A növőterek (a sor-, és tőtávolság szorzata) a kezelések jelölései, melyek a 10. táblázatból kiolvashatóak.

10. táblázat: A kezelések jelölése az akác állományok esetében

Sortáv	Tőtáv (m)			Kontrol
	1	2	3	Fa nélküli
9	9 × 1 (9 m ²)	9 × 2 (18 m ²)	9 × 3 (27 m ²)	FS (Full Sun)
15	15 × 1 (15 m ²)	15 × 2 (30 m ²)	15 × 3 (45 m ²)	
21	21 × 1 (21 m ²)	21 × 2 (42 m ²)	21 × 3 (63 m ²)	

A kísérleti terület egyszerűsített vázrajza

		Tőtáv: 3 m	2 m	1 m
		fasor		
9 m		x	x	x
		x	x	x
		x	x	x
		fasor		
15 m		x	x	x
		x	x	x
		x	x	x
		fasor		
Sortáv: 21 m		x	x	x
		x	x	x
		x	x	x
		fasor		

11. ábra: A kísérleti terület egyszerűsített vázrajza. Az ismétlések nincsenek feltüntetve. Az x-ek a tritikálé mintavételi helyeket jelölik

2017 és 2019 között az egyedeket a törzs 2/3-áig feltisztítottuk ágnyesővel minden évben, a fasorok ápolását pedig évi kétszer motoros fűkaszával végeztük.

3.1.2 Tritikálé

2017 és 2018 őszén tritikálé (*Triticosecale*) került a sorközökbe köztes mezőgazdasági kultúraként (12. ábra), valamint tritikálé kontroll területet alakítottunk kis a fasorok melletti területen, ahol korábban szintén az akác energetikai ültetvény állt.

A talajelőkészítés tárcsázással történt. A Gabonakutató Kft. által nemesített 'GK Maros', középérésű őszi tritikálé fajtát vetettük el, gabonasortávval (12,0 cm). A tritikálé állományban egyik évben sem került sor ápolásra, csupán a művelő úton történt tárcsázás. Tápanyagutánpótlás és növényvédelmi kezelés nem volt. A termesztéstechnológiai paramétereiket a 11. táblázat tartalmazza.



12. ábra: Az átalakított terület 2017-ben. Az egyes fasorokat és a megmaradt fasorokból az egyed egyedeket eltávolítva létrejött az agrárerdészeti kísérleti terület, ahol a sorközök a szántóföldi növény termesztésére szánt területeket képezik (Fotó: Rásó János)

11. táblázat: A tritikálé termesztéstechnológiája 2018-ban és 2019-ben

	2018	2019
Vetés időpontja	2017. október 20.	2018. október 10.
Vetőmag mennyiség	220 kg/ha a 9 m-es sorközökben 180 kg/ha a terület többi részén	220 kg/ha
Tápanyagutánpótlás	nem volt	nem volt
Ápolás	nem volt	nem volt
Betakarítás	2018. július 9-12.	2019. július 8-11.

3.2 Az ültetvény vizsgálatai

3.2.1 Akác dendrometriai mérések

Dendrometriai felméréseket végeztünk a 2017, 2018, és 2019-es vegetációs periódusokat követően, a fák 3, 4 és 5 éves korában. Az adatfelvételezést Vertex magasságmérővel, centiméter pontossággal, a mellmagassági átmérőt ($d_{1,3}$ m) pedig Psion digitális tolómérővel rögzítettük, két egymásra merőleges irányban, tizedmilliméteres pontossággal.

A kísérleti terület összes faegyedének mellmagassági átmérője és magasságát rögzítettük. Ez az első évben 499, a másodikban 489, a harmadik évben 497 faegyed felmérését jelentette. A kísérleti elrendezésből adódóan az egyes térállások csak meghatározott fasorok esetén érvényesültek, ennek megfelelően szűrtem az adatsorokat a vizsgálatok előtt. Az ismétlések száma az adott térállásban megfigyelt egyedek száma szerint alakult, jellemzően 15 és 38 között (minden egyed felvételezésre került), melyeket kezeléstől függően 2-4 parcellában vettünk fel.

3.2.2 Fatérfogat és fatömeg meghatározása

Az egyes fák fatérfogatát Sopp-Kolozs (2000) munkája alapján Király által szerkesztett függvény segítségével számoltam ki, az alábbi képlet alapján:

$$v = 10^{-8} d^2 h^1 (h/[h - 1,3])^2 [-0,6326dh + 20.23d \ 0.0h + 3034]$$

ahol

v= egyes fa térfogata (m³),

d= mellmagassági átmérő (cm) és

h= famagasság (m)

Az egyes ültetési hálózatokra jellemző teljes föld feletti dendromassza meghatározásának céljából tömegszámításokat végeztem. Molnár (1988) a hazai akácfa abszolút száraz sűrűségét 728 kg/m³-ben állapította meg. A számítások során ezt az értéket vettem figyelembe. Az abszolút száraz faanyag tömegének meghatározására az atro tonna (atro t) mértékegységet használtam.

3.2.3 Hektáronkénti törzsszám és növőtér meghatározása

A kilenc ültetési hálózat különböző hektáronkénti egyedszámot eredményez, mely az ültetvény telepítésének tervezésénél fontos szempont a mezőgazdasági terület (szántó, rét és legelő művelési ág esetén) támogathatósága tekintetében. Az érvényes európai

jogszabályi keretek szerint az egységes területalapú támogatást (SAPS) 200 faegyedig megítélik, ezen felüli egyedszám esetén azonban a fák lombkoronája által borított terület nagyságának megfelelően csökkenteni kell a kifizetést.

Az erdészeti gyakorlatban használatos számítási mód (becslés), mely szerint:

$$N = 10000 / (a \times b)$$

ahol N: hektáronkénti törzsszám,

a: sortáv

b: tőtáv

jelen esetben nem ad elég pontos eredményt. A 12. táblázat szemlélteti a becsült értékeket. Gyakorlati megvalósítás esetén további szempont, hogy a területhatártól – gépi művelés esetén – 5 métert el kell hagyni, melynek során a fával beültethető terület a valóságban 8100 m²-re csökken (13. táblázat), azonban ez a terület mezőgazdasági növénytermesztésre alkalmas lehet.

12. táblázat: A hektáronkénti törzsszámok az erdészeti gyakorlatban használatos (becsült) számítási mód alapján

1 hektáron becsült			
Hálózat (m×m)	Növőtér (m ²)	Területegység (m ²)	Törzsszám(db/ha)
9 × 3	27	10 000	370
9 × 2	18	10 000	556
9 × 1	9	10 000	1111
15 × 3	45	10 000	222
15 × 2	30	10 000	333
15 × 1	15	10 000	667
21 × 3	63	10 000	159
21 × 2	42	10 000	238
21 × 1	21	10 000	476

13. táblázat: Hektáronkénti törzsszámok a megvalósításkor alkalmazandó feltétellel, vagyis 5 métert elhagyva a területhatártól, melynek következtében 8100 m²-re csökken a fával beültethető terület (1 hektáros terület esetén)

1 hektáron – Területhatártól 5 m-t elhagyva			
Hálózat (m×m)	Növőtér (m ²)	Területegység (m ²)	Törzsszám (db/ha)
9 × 3	27	8 100	300
9 × 2	18	8 100	450
9 × 1	9	8 100	900
15 × 3	45	8 100	180
15 × 2	30	8 100	270
15 × 1	15	8 100	540
21 × 3	63	8 100	129
21 × 2	42	8 100	193
21 × 1	21	8 100	386

A pontos hektáronkénti törzsszám meghatározásához a ténylegesen rendelkezésre álló (beültethető) terület meghatározását követően (8100 m²) a folyómétereket, a sorok számát, majd a soronkénti faegyedek számát szükséges meghatározni. A legegyszerűbb esetet véve 8100 m²-rel, 90 m × 90 m-es területtel számolva, a folyóméterek hossza 90 m.

A képletek az alábbi módon írhatók le:

$$\text{Sorok száma} = \text{folyóméter}_s / \text{sortáv} + 1$$

ahol folyóméter_s : a fasorok kitűzésére rendelkezésre álló terület folyóméterben
 sortáv : a fasorok közötti távolság (jellemzően a szántóföldi munkagép szélessége határozza meg)

$$\text{Egyedszám} = \text{folyóméter}_t / \text{tőtáv} + 1$$

ahol folyóméter_t : a sor egyedeinek kitűzésére rendelkezésre álló terület folyóméterben
 tőtáv : az egyedek közötti távolság a sorokban

A fenti képleteket alkalmazva kiszámolhatók a sorok és egyedek pontos száma tetszőleges sor-, és tőtávok esetén, kultúrától és termesztéstechnológiától függően. A példaként hozott 90 m × 90 m-es területet alapul véve a 14. táblázat tartalmazza az adatokat.

14. táblázat: A kísérletben alkalmazott ültetési hálózatok alapján számított sorok és egyedek száma a sortáv és tőtáv függvényében hektárra vetítve (ami a valóságban 8100 m² hasznosítható területet jelent)

Folyóméter _s	Sortáv (m)	Sorok száma (db)
90	9	11
90	15	7
90	21	5
Folyóméter _t	Tőtáv (m)	Egyedszám (db)
90	1	91
90	2	46
90	3	31

Mindebből már kiszámítható a hektáronkénti törzsszám, a következő képlettel:

Hektáronkénti összes egyed=sorok száma*egyedszám (azonos hosszúságú sorokat feltételezve)

A kísérletben alkalmazott hálózatok esetében az egy hektárra vetített pontos törzsszámot a 15. táblázat tartalmazza.

15. táblázat: A kísérleti ültetvényben alkalmazott ültetési hálózatok alapján megállapított egy hektárra (8100 m²) vetített valós törzsszám

1 hektáron valós	
Hálózat (m×m)	Törzsszám (db/ha)
9 × 3	341
9 × 2	506
9 × 1	1001
15 × 3	217
15 × 2	322
15 × 1	637
21 × 3	155
21 × 2	230
21 × 1	455

Az erdészeti gyakorlatban alkalmazott hektáronkénti törzsszám becslésének eredményét és az egy hektáron telepíthető (jogszabálynak megfelelő kivitelezést feltételező) valós egyedszámot összevetve megállapítható, hogy az alkalmazott képletekkel sokkal pontosabb törzsszámot kapunk. Számottevő az eredménybeli különbség például a 9 × 1 méteres ültetési hálózat esetén, ahol közel 100 egyeddel becsültük alá, illetve fölé a valós egyedszámot. Az egyedszám pontos meghatározása értékes fájú, illetve gyümölcsstermő fajok esetében jelentős gazdasági vonzattal bír.

3.3 A szántóföldi kultúra vizsgálatai

3.3.1 Vetésterület meghatározása a hálózatok függvényében

Az ültetési hálózat meghatározza az egy hektárra jutó akác egyedek számát. A fasor és a vetés közötti távolságot, valamint a jogszabály által meghatározott paramétereket (mely az akác adatfeldolgozásának tárgyalásánál részletesen bemutatásra kerül) figyelembe véve minden kezelés esetében meghatároztam a fák által kivett terület hektáronként, ezáltal az adott ültetési hálózatra jellemző vetésterület.

3.3.2 Tritikálé mintagyűjtés

A fák és a különböző növényterek gabonatermesre és biomassza hozamra gyakorolt hatásának vizsgálata céljából növénymintákat gyűjtöttünk 2018-ban és 2019-ben. A fák árnyékhatása miatt az É(Ny)-D(K)-i irányú fasorok K-i és Ny-i oldala mellett, a fasoroktól 2,5 méterre, valamint a sorközök mértani közepén vettünk mintát. Így a fasoroktól a sortávolság függvényében (9 m, 15 m, 21 m) rendre 2,5 m, 4,5 m, 7,5 m és 10,5 méter távolságra határoztuk meg a mintavételi pontokat. A 2,5 m elhagyására a fasoroktól a gépi sorművelés miatt volt szükség. A mintákat 0,25 m²-es kvadrátok segítségével gyűjtöttük be gyökerestül, négyszeres ismétléssel. 2018-ban összesen 117, 2019-ben 109 mintaterről gyűjtöttünk növényanyagot. Minden mintatérben 10 egyed részletes vizsgálatára került sor.

3.3.3 Tritikálé laborvizsgálatok

A kvadrátok területéről begyűjtött kékék összes gyökér-, kalász-, és hajtásszámát rögzítettem. Továbbá kékénként 10 átlagos egyed kalásonkénti magszáma, valamint a növényi részek – gyökér, hajtás és levél, kalász (kalásonkénti magtömeg és pelyva) – tömegmérését követően azok nedvességtartalmát is meghatároztam, az abszolút szárazanyag-tartalom kiszámításának céljából. A vizsgált paramétereket a *16. táblázat* foglalja össze.

16. táblázat: A tritikálé mintákon végzett laborvizsgálatok

Kévék	Tritikálé egyedek (10 db/ kéve)
gyökerek száma (db)	kalásonkénti magszám (db)
hajtások száma (db)	gyökértömeg (g)
kalászosok száma (db)	hajtás és levél tömege (g)
	kalásztömeg (g)
	kalásonkénti magtömeg (g)
	pelyvátömeg (g)
	nedvességtartalom (komponensenként) (%)

3.3.3.1 Tritikálé tömegmérések

A tömegméréseket légnedves állapotban, növényi részenként végeztük, tehát meghatároztuk külön a gyökér, szár és levél (mivel a betakarítás deszikkált állapotban történik, ezeket egy egységként mértük le), valamint a kalász tömegét. A méréseket Precisa 6200D típusú mérleggel végeztük, tizedgramm pontossággal. A kalászban található szemeket – elválasztva a pelyvától – szintén megmértük, majd a kalász tömegéből levonva a szemek tömegét kaptuk meg a pelyvát. Amennyiben ez az érték nem érte el a 0,1 grammot, abban az esetben 0,0 g tömeggel rögzítettük.

3.3.3.2 Szárazanyag-tartalom meghatározása

A szárazanyag-tartalmat Kern DBS típusú nedvesség analízátorral határoztam meg (13. ábra). A méréseket – a tömegmérésekhez hasonlóan – növényi részenként végeztük, tehát külön a gyökér, szár és levél (egységként kezelve), valamint a kalász, illetve a kalászt magokra és pelyvára bontva is vizsgáltuk. A kalászosok esetében Pfeuffer HE 50 típusú gabona szemnedvességmérőt használtam, mely a magok összezúzását követően határozza meg a nedvességtartalmat, így pontos eredményt adva.



13. ábra: Kern DBS típusú nedvesség analízátor (saját fotó)

3.3.4 Tritikálé hozamok kiszámítása

Az agrárerdészeti rendszerben, a fák jelenléte által szükségszerűen csökken az egy hektárra jutó vetésterület az egy komponensű (egy növényi kultúrával történő) termesztéshez képest. Az azonban nem egyértelmű, hogy négyzetméterre vetítve, milyen irányú változás következik be a szemtermést, valamint a biomasszát illetően. Ezért a terméshozamokat és a föld feletti biomasszát négyzetméterre vetítve, (agrárerdészeti) hektárra vetítve és relatív hozamként is kiszámoltam.

3.3.4.1 Tritikálé szemtermés

A szemtermés meghatározásánál a gyakorlatban alkalmazott gabona termésbecslés módszertana volt irányadó. Az egyedek kalászatát levágva, a pelyvát eltávolítva a szentömeget kalásonként határoztuk meg, majd a tömeget abszolút szárazanyag tartalom alapján jegyeztük fel. Minden kvadrátban meghatároztuk a kévékben található kalászok számát, így az egyes kalászok tömegét a mintatérre jellemző egyedszámmal szoroztam fel. Ennek az összegnek a négyszerese adja a négyzetméterenkénti szemtermés tömegét, gramm-ban kifejezve.

3.3.4.2 *Tritikálé föld feletti biomassza*

A leíró statisztikához a tritikálé egyedek adatait használtam fel, négyzetméterre felszorozva. A hajtás, levél, szemtermés és pelyva szárazanyag tömegének összeadása után, az adott mintateret (0,25 m²) jellemző egyedszámmal felszorozva megkaptam a 0,25 m²-re eső tömeget, majd ezt felszoroztam négygyel, így megkaptam az egy négyzetméterre eső föld feletti biomassza tömegét. A mintagyűjtéskor alkalmazott tájolásokat itt nem vettem figyelembe, hanem ismétlésekként kezeltem azokat (mert a hozam meghatározásához az adott parcella három mintaterének átlagára van szükség). Ezáltal egy kezelés mintaterenként 10 egyed vizsgálatával, 12-szeres ismétléssel összesen 120 ismétlést eredményez, az adatokat g/m²-ben kifejezve.

3.4 A köztes termesztési technológia vizsgálatai

3.4.1 Hozamvizsgálatok

A két komponens (fa és szántóföldi növény) külön való vizsgálatát követően, az eredményeket összegeztem a teljes agrárerdészeti hozamok meghatározásának céljából. Kiszámoltam a teljes terület föld feletti biomasszahozamát, valamint a szemtermést és az összes fatérfogatot is.

3.4.2 Földegyenérték-arány számítása (LER)

A szakirodalomban ismertetett képlet alkalmazásával (Mead és Willey 1980), az egyes magyarázatok pontosítását követően, az alábbi egyenlet alapján határoztam meg az arányszámokat a 2019-es évre vonatkozóan, a 9 kezelés esetében, a tritikálé kontroll terület adatainak felhasználásával.

$$LER = F_M + F_E = \frac{K_M}{H_M} + \frac{K_E}{H_E}$$

LER: földegyenérték-arány

F_M: a mezőgazdaságból származó hozam földegyenérték aránya

F_F : fás rendszerből származó hozam földegyenérték aránya

K_M : a mezőgazdasági növénykultúra hozama köztestermesztésben

H_M : mezőgazdasági növénykultúra hozama hagyományos (konvencionális) termesztés esetén

K_F : fás rendszer hozama köztestermesztésben

H_F : fás rendszer hozama hagyományos (konvencionális) gazdálkodás esetén

Fás rendszernek célszerű nevezni a fával való gazdálkodásból származó hozamot, ugyanis ez nem csak erdei fafaj fakihozatalát jelentheti, hanem akár a gyümölcsfák terméshozamát is, vagy egyéb, akár gyógyászati célra használható növényi részek hozamát.

Az akác esetében nem alakítottunk ki kontroll területet, mert a kísérletben szereplő tág hálózatú ültetvényeket létesíteni köztes növény alkalmazása nélkül indokolatlan. Agrárerdészeti rendszerben mért hazai akác fatermési adatokat – az azonos kísérleti területről származó korábbi közleménytől eltekintve (Honfy et al. 2021) – ez idáig nem publikáltak, így nem volt lehetőségem agrárerdészeti rendszerben mért adatokkal sem összevetni az eredményeket. Mindennek okán az ültetvényszerű fatermesztés szakirodalmi adatait vettem alapul, így Rédei (1984, 2015) adatai szolgáltak referenciaként. Az akác fatermési táblák 5 éves kortól állnak rendelkezésre, ezért csak a 2019-es eredmények összevetésére volt lehetőségem. Szem előtt tartva a dolgozat célkitűzését – mely szerint az agrárerdészet gyakorlati alkalmazásának megalapozása, és elterjedésének elősegítése a cél – a módszertant is gyakorlatorientált módon dolgoztam ki. Ennek fényében definiáltam az egyes kezelésekre jellemző paramétereket, úgy, mint a törzsszám, mely meghatározza a vetésterületet (ezáltal a hozamokat). A munka során a lehető legpontosabb eredmények közlése érdekében, ezt az erdészeti gyakorlat megvalósítási szempontjai szerint határoztam meg, 1 hektár megvalósítását véve alapul. A meghatározó különbség az ültetvényszerű fatermesztés és az agrárerdészet között az, hogy utóbbi esetében a fák közötti terület is hasznosul, és a rendszer összes hozamát értékelve ez is számításba kerül. Azonban a LER érték meghatározásánál szükség volt az erdészeti becslés módszertanával is kiszámolni a területegységeket (mely egy teoretikus törzsszámot, illetve vetésterületet ad $10\,000\text{ m}^2$ -re) és ez alapján újra számolni a hozamokat. Így már összevethető volt az egy hektáron elérhető erdőgazdasági hozam az agrárerdészeti hozamokkal. A fa komponens értékének meghatározása miatt a földegyenérték-arányt ily módon határoztam meg.

3.5 Statisztikai elemzések

Az adatfeldolgozást és a statisztikai vizsgálatokat a STATISTICA szoftver 11-es verziójával (StatSoft, Inc. 2011) valamint a Microsoft Excel táblázatkezelő szoftverrel végeztem. A leíró statisztikák esetében box-plot ábrák segítségével kétszeres adatszűrést végeztem a kiugró értékekre, minden kezelés esetében, az egyes ismétlések figyelembevételével. A kiugró adatokat eltávolítottam, mert az átlag és a szórás érzékeny a kiugró értékekre. A leíró statisztikákat követően a homogenitás (Bartlett-próba) és normalitás vizsgálat (Lilliefors teszt) eredményei alapján a varianciaanalízis feltételei nem teljesültek, ezért Kruskal-Wallis Teszttel vizsgáltam az egyes kezelések közti különbségeket. Az akác esetében a tömeg adatok felhasználásával került sor a vizsgálatokra, ugyanakkor az eredmények fejezetben minden eredményhez tartozó fatérfogat összeg is szerepel.

Kruskal-Wallis Teszt (nem-paraméteres statisztikai vizsgálat) akkor alkalmazható, amikor az egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) feltétele(i) nem teljesülnek. Igaz ez arra az esetre, amikor a minta nem homogén, illetve arra is, amikor nem normális az eloszlás. Ehhez első lépésként rangsor képzésére van szükség, mely a következőképpen történik: az adatsorokat növekvő sorrendbe kell helyezni, melyek egyenként sorszámot kapnak. (A sorszámok azonos számok esetén is folyamatosan növekednek, majd a sorszámozás végén az azonos sorszámúak között átlagot kell vonni.) Az így kapott sorszámok összege már átlagolható, ez képezi az egyes kezelések átlag rangját. A Kruskal Wallis Teszt, csak azt mutatja meg, hogy van-e szignifikáns eltérés a csoportok között, azt, hogy ez melyek között áll fenn, nem derül ki a vizsgálatból. Ezután egy post-hoc tesztként, páronkénti összehasonlító vizsgálatra van lehetőség, ahol a p értékeket Bonferroni-teszttel korrigálja a (STATSTICA) szoftver. Ebből már megállapítható, hogy mely kezelések között áll fenn szignifikáns különbség.

Amennyiben a korreláció analízis a vizsgált paraméterek között kapcsolatot igazolt, az összefüggést regresszió analízissel vizsgáltam. Az elemzéseket $p=0,05$ és $p=0,1$ szignifikanciaszint mellett is elvégeztem. A tritikálé hozamok (szemtermés és biomassa) és az akác hektáronkénti törzsszámának kapcsolatát lineáris regresszióval határoztam meg. Az akác hektáronkénti összes fatérfogata és a növtér kapcsolatát exponenciális egyenlettel jellemeztem.

4 Eredmények

4.1 A kezelésekre jellemző paraméterek

A kísérletet egy meglévő energetikai ültetvény átalakításával hoztuk létre, így a kezeléseket (sor és tőtávokat) bizonyos szinten behatárolta a már meglévő ültetési hálózat. $3 \times 0,5$ méteres alaphálózatot alakítottunk át, így elsőként a kívánt távolságokat határoztuk meg, mely az alap sor és tőtáv többszöröse: 9, 15 és 21 méteres sortáv, és 1, 2, 3 méteres tőtáv. Ennek alapján már az egyes kezelésekre jellemző további paramétereket is meg tudtam határozni, melyek a 17. táblázatban szerepelnek.

17. táblázat: Az egyes kezelésekre jellemző paraméterek 1 hektár köztes termesztési rendszer esetén

Hálózat (m*m)	Növőtér (m ²)	Törzs szám (db/ha)	Fasor szélessége (m)	Fasor hossza (m)	Fasorok száma (db/ha)	Kivett terület (m ²)	Vetésterület (m ²)	Vetésterület részaránya (%)
9 × 3	27	341	3	91	11	3003	6997	70
9 × 2	18	506	3	91	11	3003	6997	70
9 × 1	9	1001	3	91	11	3003	6997	70
15 × 3	45	217	3	91	7	1911	8089	81
15 × 2	30	322	3	91	7	1911	8089	81
15 × 1	15	637	3	91	7	1911	8089	81
21 × 3	63	155	3	91	5	1365	8635	86
21 × 2	42	230	3	91	5	1365	8635	86
21 × 1	21	455	3	91	5	1365	8635	86
Kontroll	-	0	-	-	-	-	10000	100

Magyarázat: Törzsszám (db/ha): a faegyedek száma, a fásításra vonatkozó rendelet szerint a terület széleitől 5-5 métert elhagyva, 8100 m²-re számolva. Fasor szélessége: (m) a fasortól nyugatra 0,5 m, keletre 2,5 m bevetetlen terület. Fasorok száma: egyenlő oldalhosszúságú területet feltételezve. Kivett terület (m²): a fasor által a vetésből kivont terület

A hozameredmények értelmezésénél fontos figyelembe venni, hogy agrárerdészeti rendszerben termesztett köztes növények hozamai t/ha-ban kifejezve soha nem 10 000m²-vetésterületre vonatkoznak, hanem csupán a fasorok között bevethető területen értelmezendők. A kísérletben a 9 méteres sorközök esetén a terület 70%-a, a 15 méteresek esetén a 81%, a 21 méteres sorköz mellett pedig 86%-a volt bevethető a fasorok kihagyásával, a fasorok mentén 3 métert elhagyva.

4.2 Az akácok hozamai

4.2.1 Az akác egyedek hozamai 2017-ben

2017-ben, az állomány 3 éves korában a dendrometriai felmérés alapján a kezelésekben mért egyes fák átlagos fatérfogatát, és az abszolút száraztömeget a 18. táblázat tartalmazza.

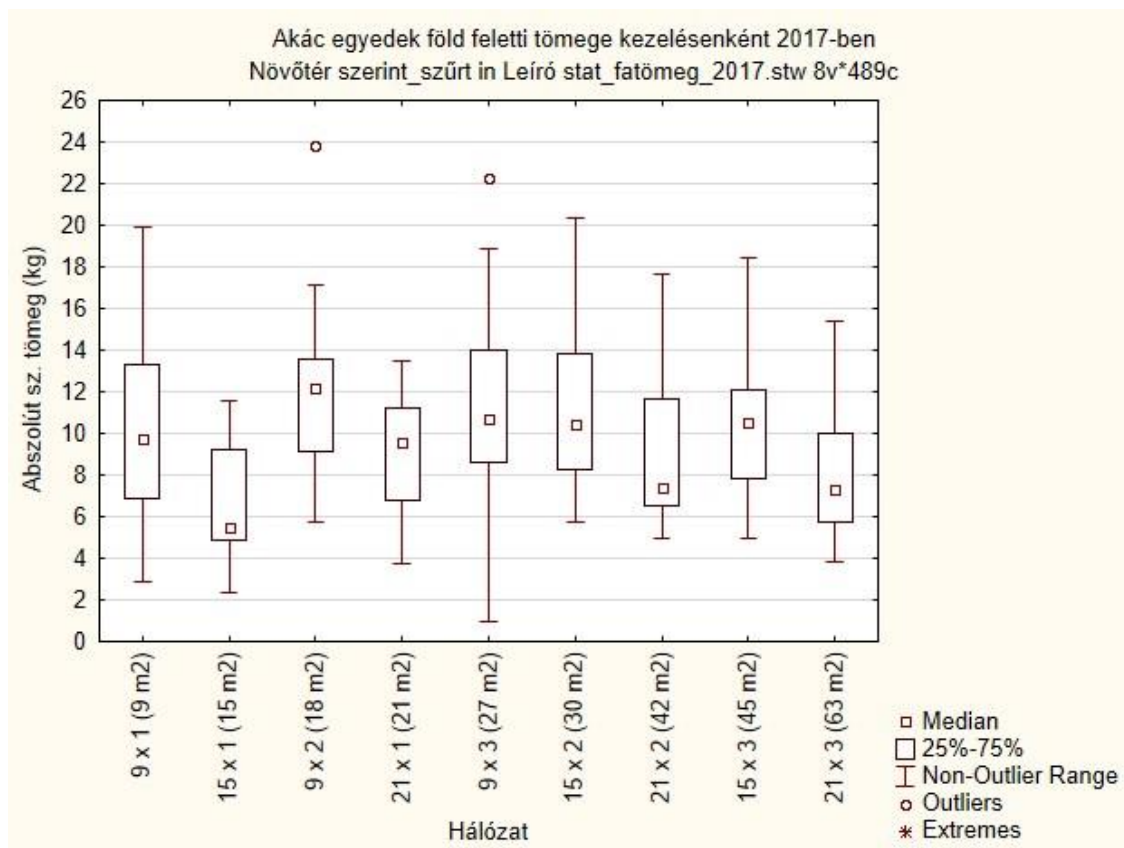
18. táblázat: Az akác egyedek átlagos fatérfogata és átlagos fatömege kezelésként 3 éves korban. Az adatok növtér szerint növekvő sorrendben vannak feltüntetve. Az 'Átlagos fatömeg' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$)

Növtér (m ²)	Hálózat (m*m)	Átlagos fatérfogat (m ³)	Átlagos fatömeg (kg)
9	9 × 1	0,014	10,2 a b c d
15	15 × 1	0,009	6,8 d
18	9 × 2	0,017	12,0 a
21	21 × 1	0,012	8,8 b c d
27	9 × 3	0,015	11,0 a b
30	15 × 2	0,016	11,4 a b c
42	21 × 2	0,012	8,7 b c d
45	15 × 3	0,015	10,6 a b c d
63	21 × 3	0,011	8,1 c d

Az akác egyedek abszolút száraz tömegre vonatkozó leíró statisztikai adatait a 19. táblázat foglalja össze, és a 14. ábra szemlélteti. Az adatszűréseket az egyes kezelések esetében parcellánként csoportosítva végeztem.

19. táblázat: Az akác egyedek leíró statisztikai adatai abszolút száraz tömegre vonatkozóan 3 éves korban. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámait tájékoztató jelleggel szerepelnek

3 éves (2017)	Akác egyedek abszolút száraz tömege (kg)						Kiugró értékek (db)
	Mintaszám	Átlag	Medián	Mínimum	Maximum	Szórás	
9 × 1	34	10,2	9,9	3,1	19,9	4,1	2
9 × 2	35	12,0	12,2	5,7	23,8	3,3	3
9 × 3	35	11,0	10,7	1,0	22,3	4,2	3
15 × 1	15	6,8	5,5	2,4	11,6	2,6	1
15 × 2	20	11,4	10,4	5,8	20,4	4,3	0
15 × 3	18	10,6	10,5	5,0	18,5	3,5	0
21 × 1	36	8,8	9,6	3,8	13,5	2,9	0
21 × 2	31	8,7	7,4	4,9	17,7	3,1	4
21 × 3	39	8,1	7,3	3,8	15,4	2,8	1



14. ábra: Akác egyedek föld feletti abszolút száraz tömege kezelésenként 3 éves korban. Az itt megjelenő kiugró értékek a parcellánként végzett szűrések összesítése miatt jelennek meg, ezekre nem történt további adatszűrés. A négyzetek a kezelések mediánját jelölik

Az egyes fák föld feletti abszolút száraz tömege 3 éves korban 6,84-12,03 kg változott. A 21, 42 és 63 m²-es növényterekben hasonló volt a hozam, 8 kg körüli értékekkel. Ezek a növényterek a 21 méteres sorközöket fedik, ahol tőtávától függetlenül hasonló eredmények születtek, és a többi kezelést (a 15 × 1-es hálózat kivételével) látványosan alulmúlják. A legmagasabb hozamokat a 9 × 2, 15 × 2, és 9 × 3-as hálózatok produkálták, tehát 18, 30 és 27 m² növényter esetén, sorrendben 12,0; 11,4 és 11,0 kilogrammal.

A Kruskal-Wallis Teszt első lépéseként rangsor képzésére van szükség. A rangsor alakulását a 20. táblázat szemlélteti. A vizsgált elemek száma összesen 264.

20. táblázat: A Kruskal-Wallis teszt feltételét képező rangsorolás a 3 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének vizsgálatához

Kruskal-Wallis Rangsor; Abszolút száraz tömeg (kg)				
Kruskal-Wallis Test: H (8, N= 264) =45,47109 p =,0000				
Növőtér (m ²)	Hálózat (m × m)	Mintaszám	Rang összege	Átlag rang
9	9 × 1	34	4759,5	140,0
15	15 × 1	15	1052	70,1
18	9 × 2	35	6348	181,4
21	21 × 1	36	4157	115,5
27	9 × 3	35	5502	157,2
30	15 × 2	20	3176,5	158,8
42	21 × 2	31	3317	107,0
45	15 × 3	18	2669	148,3
63	21 × 3	39	3735	95,8

A Kruskal-Wallis Teszt eredménye alapján szignifikáns ($p=0,05$) különbség mutatkozott a kezelések között. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 21. táblázat tartalmazza.

21. táblázat: 21. táblázat: 3 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása p értékekkel ($p=0,05$). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik

3 éves akác abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása									
Hálózat	9 × 1	15 × 1	9 × 2	21 × 1	9 × 3	15 × 2	21 × 2	15 × 3	21 × 3
9 × 1		0,1098	0,8587	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	0,4764
15 × 1	0,1098		0,0001	1,0000	0,0075	0,0231	1,0000	0,1187	1,0000
9 × 2	0,8587	0,0001		0,0095	1,0000	1,0000	0,0027	1,0000	0,0000
21 × 1	1,0000	1,0000	0,0095		0,7501	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
9 × 3	1,0000	0,0075	1,0000	0,7501		1,0000	0,2684	1,0000	0,0188
15 × 2	1,0000	0,0231	1,0000	1,0000	1,0000		0,6309	1,0000	0,0928
21 × 2	1,0000	1,0000	0,0027	1,0000	0,2684	0,6309		1,0000	1,0000
15 × 3	1,0000	0,1187	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		0,5548
21 × 3	0,4764	1,0000	0,0000	1,0000	0,0188	0,0928	1,0000	0,5548	

4.2.2 Az akác egyedek hozamai 2018-ban

2018-ban, az állomány 4 éves korában a dendrometriai felmérés alapján a kezelésekben mért egyes fák átlagos fatérfogatát, és az abszolút száraz tömeget a 22. táblázat tartalmazza.

22. táblázat: Az akác egyedek átlagos fatérfogata és átlagos fatömege kezelésenként 4 éves korban. Az adatok növőtér szerint növekvő sorrendben vannak feltüntetve. Az 'Átlagos fatömeg' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$)

Növőtér (m ²)	Hálózat (m*m)	Átlagos fatérfogat (m ³)	Átlagos fatömeg (kg)
9	9 × 1	0,017	12,0 a
15	15 × 1	0,017	12,2 a b
18	9 × 2	0,021	15,2 a b
21	21 × 1	0,017	12,4 a b
27	9 × 3	0,020	14,6 a b
30	15 × 2	0,025	18,0 b
42	21 × 2	0,017	12,2 a c
45	15 × 3	0,024	17,7 b c
63	21 × 3	0,017	12,5 a b

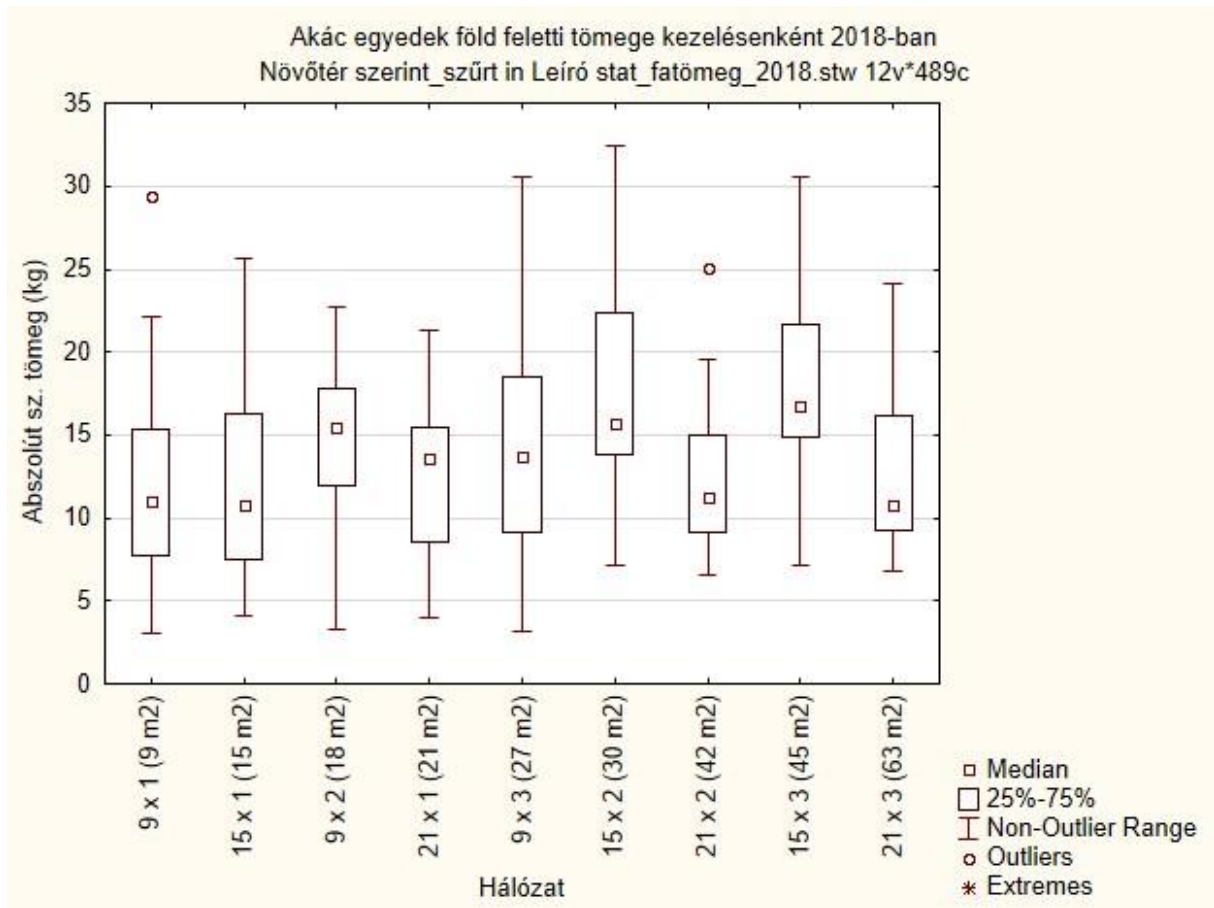
Az akác egyedek abszolút száraz tömegre vonatkozó leíró statisztikai adatait a 23. táblázat foglalja össze, és a 15. ábra szemlélteti. Az adatszűréseket az egyes kezelések esetében parcellánként csoportosítva végeztem.

23. táblázat: Az akác egyedek leíró statisztikai adatai abszolút száraz tömegre vonatkozóan 4 éves korban. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámai tájékoztató jelleggel szerepelnek

Akác egyedek abszolút száraz tömege (kg)							
4 éves (2018)	Mintaszám	Átlag	Medián	Minimum	Maximum	Szórás	Kiugró értékek (db)
9 × 1	35	12,0	11,0	3,1	29,4	6,0	1
9 × 2	37	15,2	15,4	3,3	22,8	4,3	3
9 × 3	36	14,6	13,7	3,2	30,6	7,4	2
15 × 1	16	12,2	10,8	4,2	25,7	5,9	0
15 × 2	20	18,0	15,7	7,2	32,4	6,5	0
15 × 3	18	17,7	16,8	7,1	30,6	6,1	0
21 × 1	37	12,4	13,6	4,0	21,3	4,6	0
21 × 2	34	12,2	11,2	6,6	25,0	4,2	2
21 × 3	39	12,5	10,8	6,8	24,1	4,3	1

Az egyes fák föld feletti abszolút száraz tömege 4 éves korban 12,0-18,0 kg változott. A 21, 42 és 63 m²-es növőterekben ebben az évben is hasonló volt a hozam, 12 kg körüli értékekkel. Ezek a növőterek a 21 méteres sorközöket fedik, ahol tőtávtól függetlenül hasonló eredmények születtek, de a többi hálózathoz képest már nem olyan szembetűnő a „lemaradás” a hozamokat tekintve. A legmagasabb produktumot a 15 × 2, 15 × 3 és 9 × 2-

es hálózatok hozták, tehát 30, 45 és 18 m² növényter esetén, sorrendben 18,0; 17,7 és 15,2 kg-mal.



15. ábra: Akác egyedek föld feletti abszolút száraz tömege kezelésenként 4 éves korban. Az itt megjelenő kiugró értékek a parcellánként végzett szűrések összesítése miatt jelennek meg, ezekre nem történt további adatszűrés. A négyzetek a kezelések mediánját jelölik

A Kruskal-Wallis Teszt eredménye alapján szignifikáns ($p=0,05$) különbség mutatkozott a kezelések között. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 24. táblázat tartalmazza. A vizsgált elemek száma összesen 272.

24. táblázat: 4 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása p értékekkel ($p=0,05$). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik

4 éves akác abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása									
Hálózat	9 × 1	15 × 1	9 × 2	21 × 1	9 × 3	15 × 2	21 × 2	15 × 3	21 × 3
9 × 1		1,0000	0,1153	1,0000	1,0000	0,0218	1,0000	0,0313	1,0000
15 × 1	1,0000		0,8434	1,0000	1,0000	0,1752	1,0000	0,2069	1,0000
9 × 2	0,1153	0,8434		0,5762	1,0000	1,0000	0,2303	1,0000	0,3441
21 × 1	1,0000	1,0000	0,5762		1,0000	0,1046	1,0000	0,1381	1,0000
9 × 3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
15 × 2	0,0218	0,1752	1,0000	0,1046	1,0000		0,0425	1,0000	0,0628
21 × 2	1,0000	1,0000	0,2303	1,0000	1,0000	0,0425		0,0585	1,0000
15 × 3	0,0313	0,2069	1,0000	0,1381	1,0000	1,0000	0,0585		0,0859
21 × 3	1,0000	1,0000	0,3441	1,0000	1,0000	0,0628	1,0000	0,0859	

4.2.3 Az akác egyedek hozamai 2019-ben

2019-ben, az állomány 5 éves korában a dendrometriai felmérés alapján a kezelésekben mért egyes fák átlagos fatérfogatát, és az abszolút száraztömeget a 25. táblázat tartalmazza.

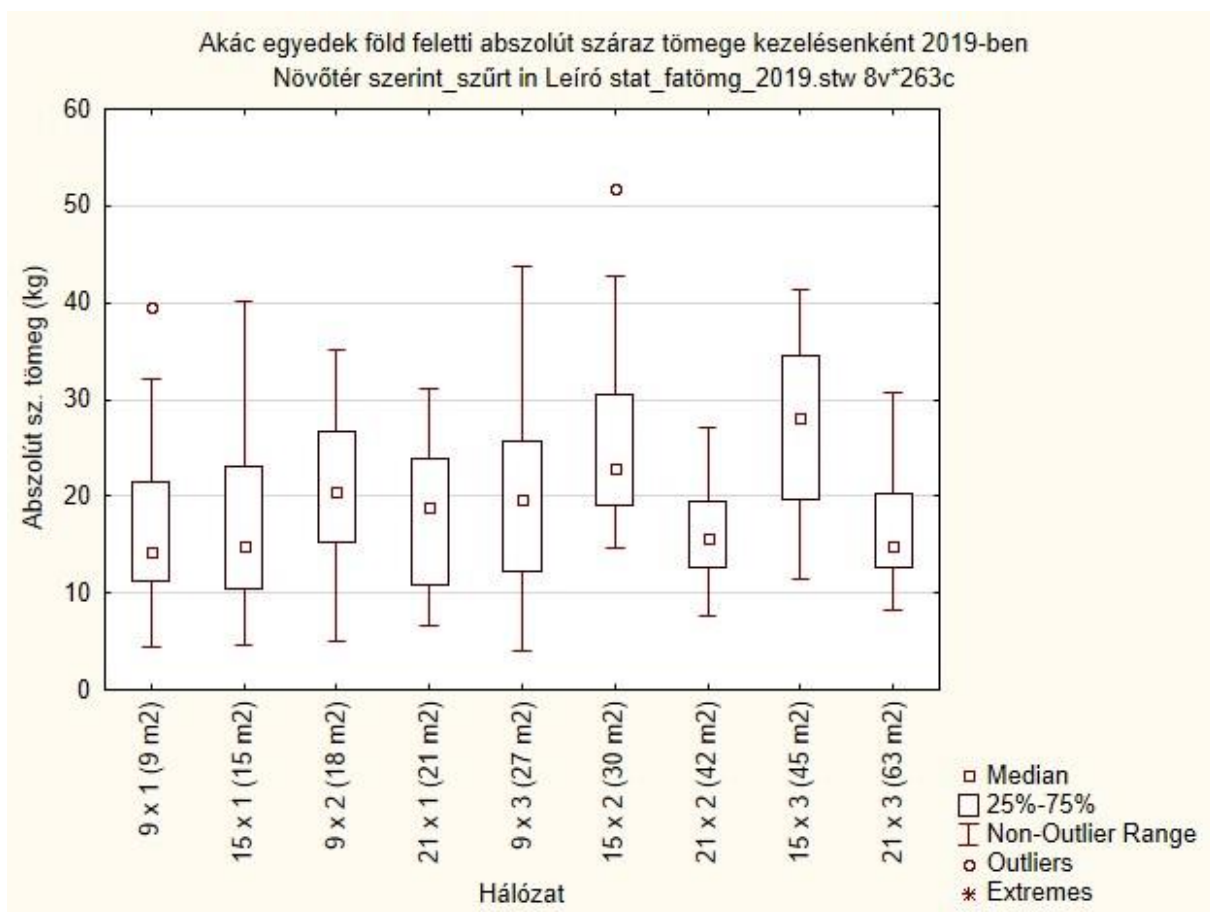
25. táblázat: Az akác egyedek átlagos fatérfogata és átlagos fatömege kezelésként 5 éves korban. Az adatok növétér szerint növekvő sorrendben vannak feltüntetve. Az 'Átlagos fatömeg' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$)

Növétér (m ²)	Hálózat (m*m)	Átlagos fatérfogat (m ³)	Átlagos fatömeg (kg)
9	9 × 1	0,023	16,7 a
15	15 × 1	0,024	17,3 a b
18	9 × 2	0,029	21,0 a b
21	21 × 1	0,025	17,9 a b
27	9 × 3	0,028	20,0 a b
30	15 × 2	0,036	26,2 b
42	21 × 2	0,023	16,5 a
45	15 × 3	0,037	27,0 b
63	21 × 3	0,023	17,0 a

Az akác egyedek abszolút száraz tömegre vonatkozó leíró statisztikai adatait a 26. táblázat foglalja össze, és a 16. ábra szemlélteti. Az adatszűréseket az egyes kezelések esetében parcellánként csoportosítva végeztem.

26. táblázat: Az akác egyedek leíró statisztikai adatai abszolút száraz tömegre vonatkozóan 5 éves korban. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámai tájékoztató jelleggel szerepelnek

Akác egyedek abszolút száraz tömege (kg)							
5 éves (2019)	Mintaszám	Átlag	Medián	Minimum	Maximum	Szórás	Kiugró értékek (db)
9 × 1	34	16,7	14,2	4,4	39,5	8,5	2
9 × 2	38	21,0	20,5	5,1	35,1	7,1	1
9 × 3	34	20,5	20,1	4,6	43,8	9,6	3
15 × 1	15	17,3	14,9	4,6	40,2	9,5	0
15 × 2	19	26,2	22,9	14,6	51,8	9,9	1
15 × 3	17	27,0	28,0	11,5	41,3	9,0	1
21 × 1	34	17,9	19,0	6,6	31,0	7,2	2
21 × 2	34	16,5	15,6	7,6	27,1	5,3	2
21 × 3	37	17,0	14,9	8,2	30,8	6,3	2



16. ábra: Akác egyedek föld feletti abszolút száraz tömege kezelésenként 5 éves korban. Az itt megjelenő kiugró értékek a parcellánként végzett szűrésök összesítése miatt jelennek meg, ezekre nem történt további adatszűrés. A négyzetek a kezelések mediánját jelölik

2019-ben, a fák 5 éves korában az egyes fák föld feletti abszolút száraz tömege 16,5-27,0 kg között változott. A 21 méteres sorközökben az előző évekhez hasonlóan továbbra is hasonlóan alakult a hozam, 17 kg körüli értékekkel. A legmagasabb produktumot az előző évhez hasonlóan a 15×3 , 15×2 és 9×2 -es hálózatok hozták 20 kg feletti értékekkel, sorrendben 27,0; 26,2 és 21,0 kg-mal.

A Kruskal-Wallis Teszt eredménye alapján szignifikáns ($p=0,05$) különbség mutatkozott a kezelések között. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 27. táblázat tartalmazza. A vizsgált elemek száma összesen 263.

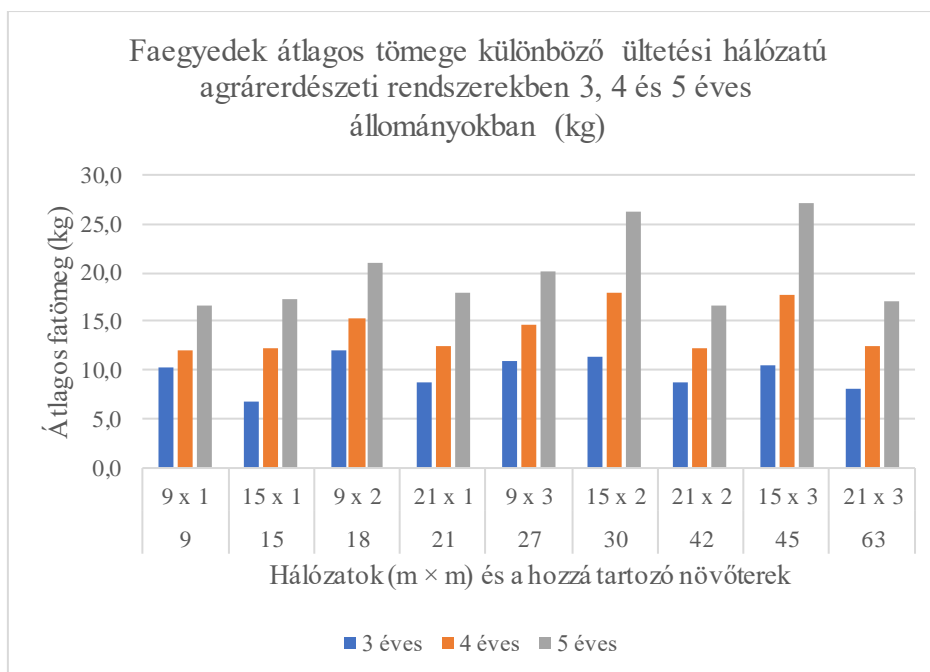
27. táblázat: 5 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása p értékekkel ($p=0,05$). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik

5 éves akác abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása									
Hálózat	9×1	15×1	9×2	21×1	9×3	15×2	21×2	15×3	21×3
9×1		1,0000	0,3081	1,0000	1,0000	0,0091	1,0000	0,0032	1,0000
15×1	1,0000		1,0000	1,0000		0,1379	1,0000	0,0593	1,0000
9×2	0,3081	1,0000		1,0000	1,0000	1,0000	0,4938	1,0000	0,5850
21×1	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000	0,1503	1,0000	0,0581	1,0000
9×3	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000		0,8202	1,0000	0,3478	1,0000
15×2	0,0091	0,1379	1,0000	0,1503	0,8202		0,0153	1,0000	0,0180
21×2	1,0000	1,0000	0,4938	1,0000	1,0000	0,0153		0,0055	1,0000
15×3	0,0032	0,0593	1,0000	0,0581	0,3478	1,0000	0,0055		0,0064
21×3	1,0000	1,0000	0,5850	1,0000	1,0000	0,0180	1,0000	0,0064	

5 éves korban a legjobban tehát a 45 és 30 m²-es (15×3 és 15×2) növőtér esetén teljesítettek a fa egyedek, mindkét esetben szignifikánsan jobban, mint a 9, 42, 63 m²-es (9×1 , 21×2 és 21×3) növőtér esetén. Mindezek alapján felmerült a kérdés, hogy ilyen tág hálózatok esetén a növőtér helyett, talán meghatározóbb a sortáv szerepe az egyes faegyedek hozamának alakulására.

4.2.4 Akác egyedek hozamai a három vizsgált évben

A hálózatokra jellemző átlagos fatömegek alakulását a három vizsgált évben a 17. ábra szemlélteti.



17. ábra: A faegyedek átlagos tömege, különböző ültetési hálózatu agrárerdészeti rendszerekben 3,4 és 5 éves állományokban. A hálózatok alatt a hozzájuk tartozó növények szerepelnek

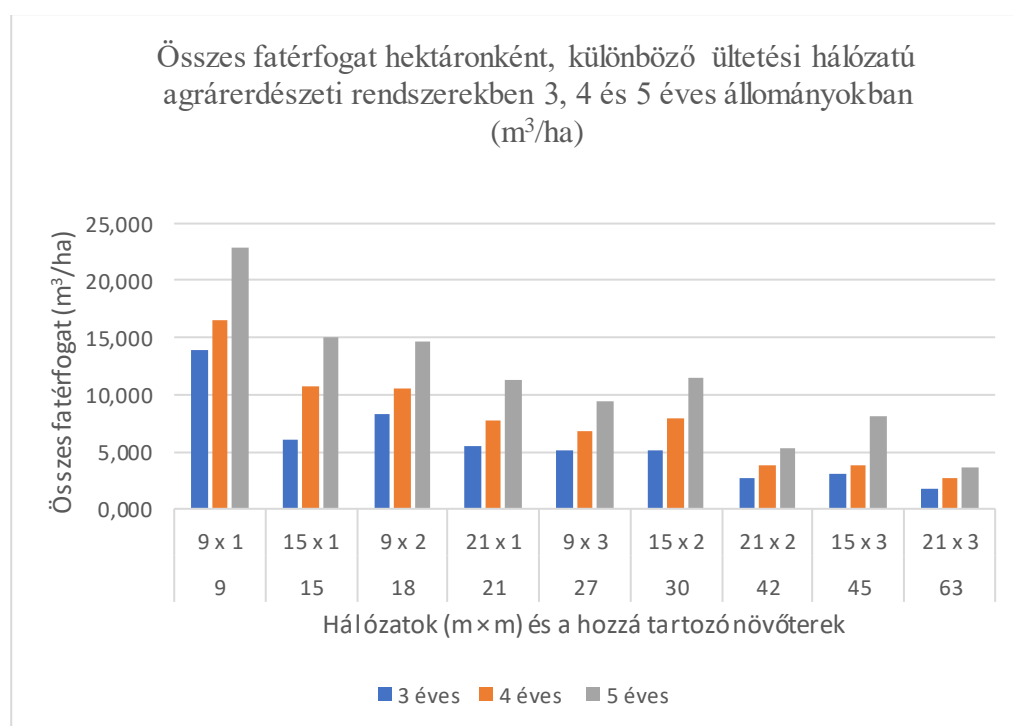
4.2.5 Akácok hozamai a három vizsgált évben

A vizsgált 3 éves időszakban a különböző hálózatu akác állományok összes fatérfogatát és az összes föld feletti dendromassza mennyiségének alakulását a 28. táblázat, és a 18. ábra, valamint a 19. ábra szemlélteti.

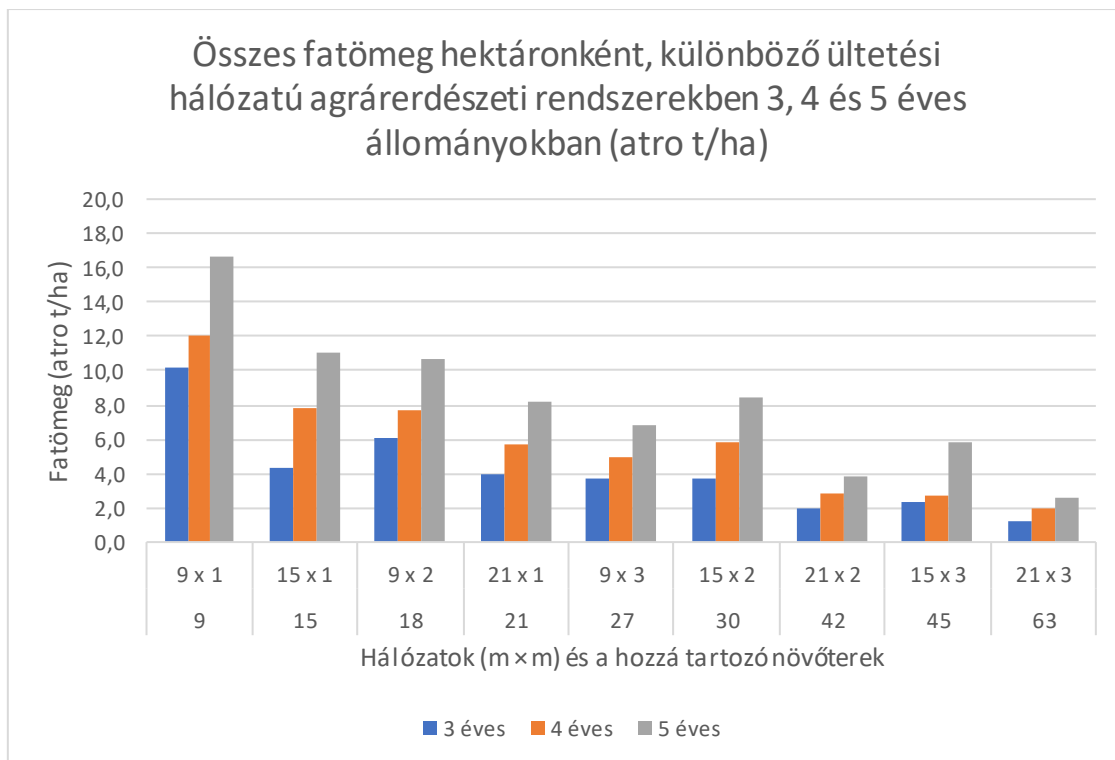
28. táblázat: Akácok hozamai 2017 és 2019 között hektáronként a vizsgált növények szerint

Akácok hozamai 2017 és 2019 között hektáronként a vizsgált növények szerint								
			Összes fatérfogat (m ³ /ha)			Összes föld feletti dendromassza (atro t/ha)		
Növényter (m ²)	Hálózat	Törzsszám	3 éves	4 éves	5 éves	3 éves	4 éves	5 éves
9	9 × 1	1001	14,0	16,5	22,9	10,2	12,0	16,7
15	15 × 1	637	6,0	10,7	15,1	4,4	7,8	11,0
18	9 × 2	506	8,4	10,6	14,6	6,1	7,7	10,7
21	21 × 1	455	5,5	7,8	11,2	4,0	5,7	8,2
27	9 × 3	341	5,2	6,9	9,4	3,8	5,0	6,8
30	15 × 2	322	5,1	8,0	11,6	3,7	5,8	8,4
42	21 × 2	230	2,7	3,9	5,2	2,0	2,8	3,8
45	15 × 3	217	3,2	3,8	8,1	2,3	2,7	5,9
63	21 × 3	155	1,7	2,7	3,6	1,3	1,9	2,6

A különböző hálózatokban a törzsszámtól függően elérhető összes fatérfogat 5 éves korban 3,6 – 22,9 m³/ha között változott, mely több, mint hatszoros hozamot jelent a legritkább és legsűrűbb hálózat hozamát tekintve. A föld feletti abszolút száraz dendromasszában kifejezve ez 2,6 – 16,7 t/ha mennyiséget jelent. Megfigyelhető, hogy a törzsszám csökkenésével többnyire csökken az összes hozam is, ez alól 3 éves korban kivételt képez a 9 × 2 és 15 × 3 hálózat, 4 éves korban 15 × 2, és 5 éves korban a 15 × 2 és a 15 × 3-as hálózat, mely kezelések a faegyedenként végzett hozamvizsgálatok során is a legjobban teljesítettek.



18. ábra: Összes fatérfogat hektáronként, különböző ültetési hálózatu agrárerdészeti rendszerekben 3,4 és 5 éves állományokban (m³/ha)

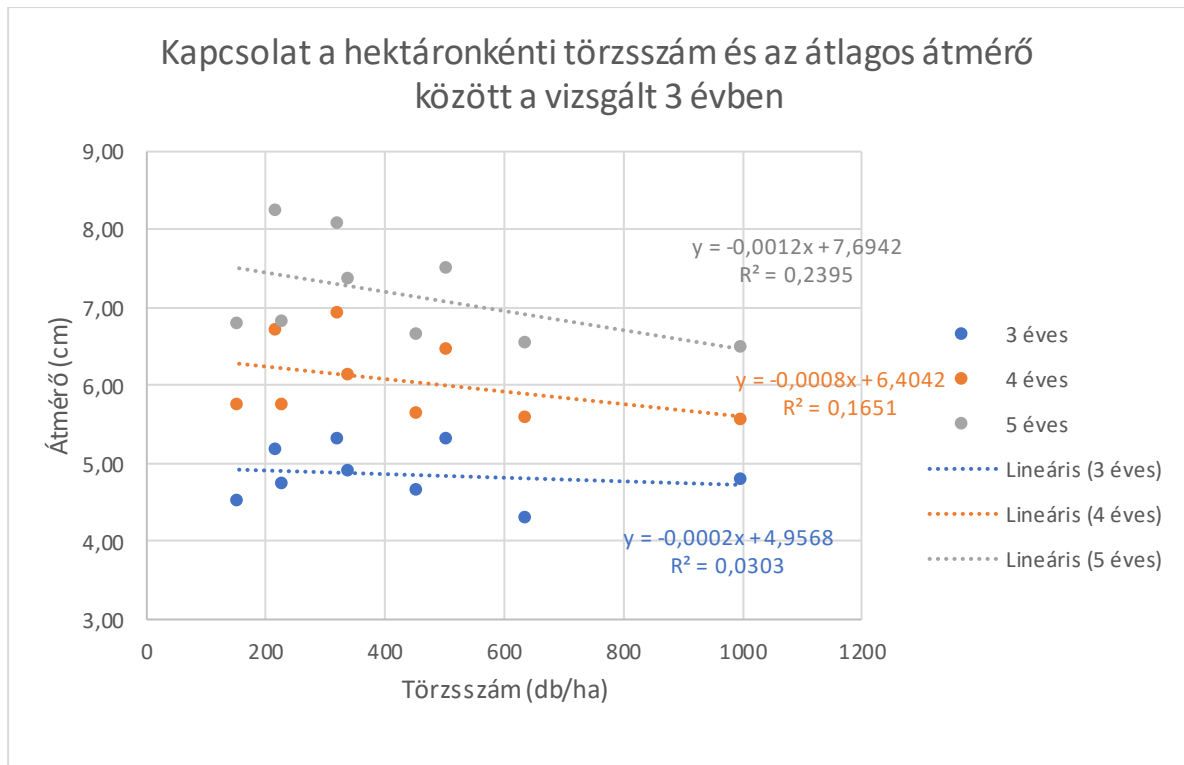


19. ábra: Összes fatömeg hektáronként, különböző ültetési hálózatu agrárerdészeti rendszerekben 3,4 és 5 éves állományokban (atro t/ha)

4.2.6 Összefüggésvizsgálatok az akác esetén

4.2.6.1 Az átmérő összefüggései

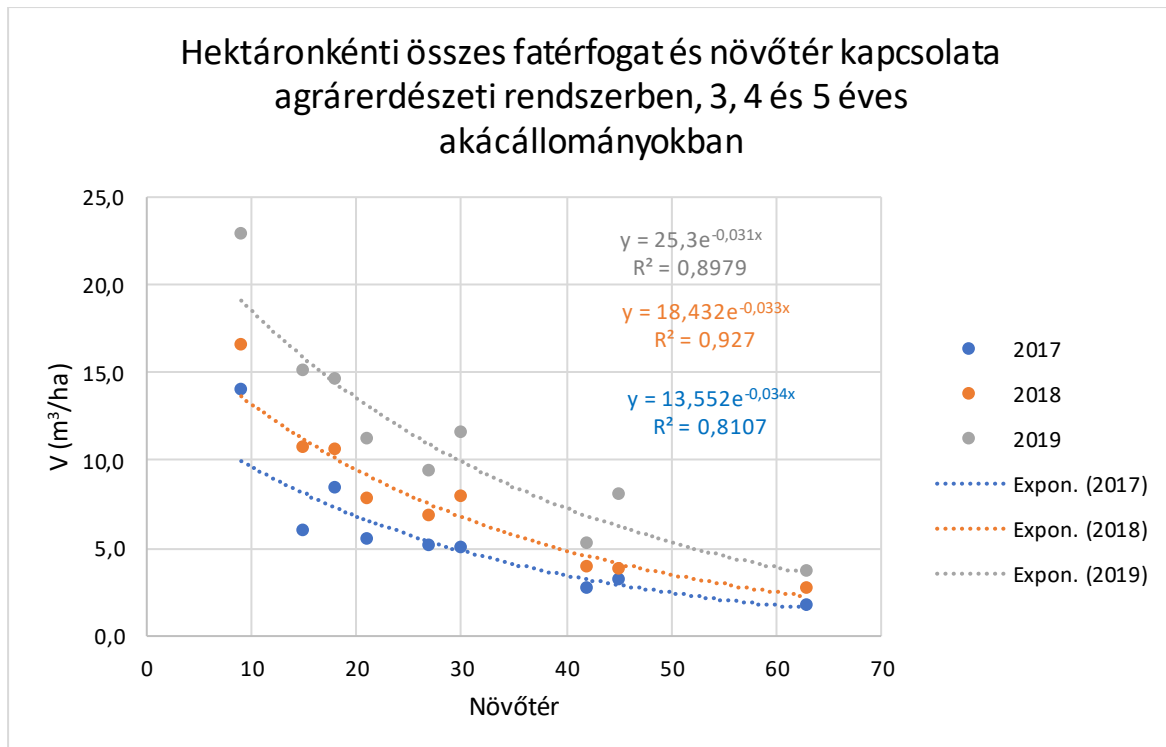
Alapvetően szoros kapcsolat van a hektáronkénti törzsszám és az átlagos átmérő között, valamint a növényter és az átlagos átmérő között. Azonban a kísérletben alkalmazott hálózatokban a vizsgált időszak alatt, a korreláció analízis alapján ezek egyike sem igazolódott. A törzsszám és az átlagos átmérő esetében a determinációs együttható (R^2) értékei a következőképpen alakultak a vizsgált három évben, sorrendben: 0,03; 0,17; és 0,24. Az eredmények alapján nem volt szignifikáns a kapcsolat ($p=0,05$; $p=0,1$), azonban a két paraméter között negatív tendencia figyelhető meg (20. ábra). Ennek alapján három-, négy- és ötéves fák korában még nem meghatározó a növényter, ilyen tág hálózatok esetén.



20. ábra: A hektáronkénti törzsszám és az átlagos átmérő közötti kapcsolat a vizsgált három évben nem igazolódott ($p=0,0$; $p=0,1$), azonban a két változó közötti kapcsolat negatív tendenciát mutat

4.2.6.2 Az összes fatérfogat és a növényter kapcsolat

Szoros kapcsolat jellemzi a hektáronkénti összes fatérfogatot és a növényteret (21. ábra). A kisebb növényterek azt is jelentik, hogy egységnyi területen több törzs található. A két paraméter összefüggése exponenciális egyenlettel írható le $p=0,05$ szignifikancia szint mellett. Az R^2 értékek a következőképpen alakultak a 3, 4 és 5 éves korban, sorrendben: 0,81; 0,93; 0,90.



21. ábra: Hektáronkénti összes fatérfogat és növtér kapcsolata agrárerdészeti rendszerben, 3, 4 és 5 éves akácállományokban

4.3 Tritikálé hozamok

4.3.1 Terméshozam 2018-ban

4.3.1.1 Terméshozam négyzetméterenként

A méréseket követően terméshozam becslésre került sor, mely eredmények abszolút száraz tömegre vonatkoztatott leíró statisztikai adatait a 29. táblázat foglalja össze. Kétszeres adatszűrést követően a kiugró adatokat eltávolítottam. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámai tájékoztató jelleggel szerepelnek.

29. táblázat: Tritikálé négyzetméterenkénti szemtermésének (g) leíró statisztikai elemzése, abszolút szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva, 2018-ban. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$)

Tritikálé szemtermés (g/m ²) 2018-ban							
Kezelés	Mintaszám	Átlag	Medián	Minimum	Maximum	Szórás	Kiugró értékek (db)
9 × 1*	114	274,4*	250,8	59,1	694,1	122,2	6
9 × 2*	102	407,8*	323,6	123,6	1158,8	221,9	8
9 × 3*	93	272,2*	208,5	34,0	776,5	165,2	5
15 × 1	108	297,2 a c	275,9	90,3	647,5	110,6	12
15 × 2	120	425,8 b	414,6	124,7	796,5	147,3	0
15 × 3	116	331,2 a c	296,7	68,1	670,8	142,3	4
21 × 1	117	352,2 a d	318,2	45,9	828,4	167,8	3
21 × 2	112	392,4 b d	384,5	118,2	716,6	141,1	8
21 × 3	114	280,9 c	278,8	130,8	490,2	83,4	6
Kontroll	88	335,1 a c	331,1	119,0	586,9	120,3	2

*2018-ban a 9 méteres sorközök kezeléseiben 220 kg/ha vetőmag mennyiséggel történt a vetés (a többi kezelés esetében 180 kg/ha), ezért ezek az adatok csak tájékoztató jelleggel szerepelnek, a statisztikákban nem szerepelnek

Ebben az évben a 9 méteres sorközök adatai (9 × 1, 9 × 2, 9 × 3) nem képezték a statisztikai vizsgálatok részét, csak tájékoztató jelleggel szerepelnek, mert a kísérleti parcellák nagyobb mennyiségű vetőmaggal lettek elvetve. Az átlagos négyzetméterenkénti terméshozam a különböző kezelések esetében 281-426 g/m² között változott, azaz az egyes kezeléseket egymáshoz viszonyítva, több mint másfélszeres terméshozam figyelhető meg. A legalacsonyabb hozamot a 21 × 3-as, a legmagasabbat a 15 × 2-es hálózat hozta. A kontroll terület 335 g/m² szemtömeget produkált. Ezt megközelítő értéket ért el a 15 × 3-as hálózat, 3 kezelés esetében pedig ennél magasabb hozam volt megfigyelhető. Sorrendben, a már említett legmagasabb – 426 g/m² – értékkel bíró 15 × 2-es, majd a 21 × 2-es és 21 × 1-es kezelések produkálták a legmagasabb szemtermést 392 és 352 g/m²-es hozamokkal.

A négyzetméterenkénti relatív terméshozamokat és a kontrolltól való százalékos eltérést az egyes kezelések esetén a 30. táblázat szemlélteti. Három kezelés esetén 5 – 27 %-kal magasabb terméshozamot produkált a tritikálé a köztes termesztési rendszerek esetében. Terméscsökkenés szintén három kezelés esetén volt megfigyelhető, 1-16%-os csökkenéssel.

30. táblázat: A tritikálé relatív terméshozama négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva

A tritikálé relatív terméshozamai négyzetméterenként 2018-ban		
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest (%)
Kontroll	100	-
15 × 2	127	+27
21 × 2	117	+17
21 × 1	105	+5
15 × 3	99	-1
15 × 1	89	-11
21 × 3	84	-16

A kezelések közötti esetleges szignifikáns különbségek kimutatása céljából statisztikai elemzést végeztem. A Kruskal-Wallis Teszthez szükséges rangsort a 31. táblázat tartalmazza. A vizsgált elemek száma összesen 775.

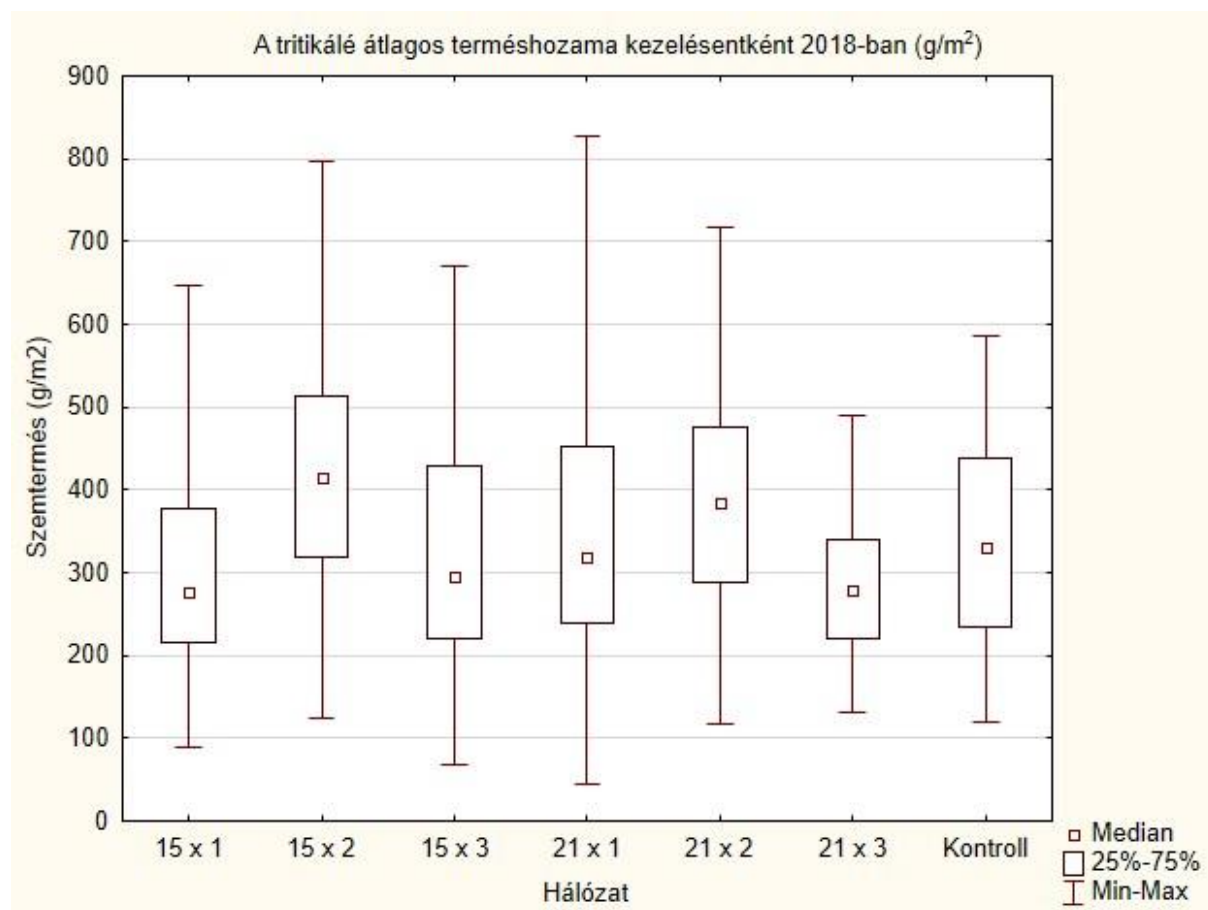
31. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2018-as terméshozamának vizsgálatához

Kruskal-Wallis Rangsor; Szemtermés (g/m²) 2018-ban			
Kruskal-Wallis test: H (6, N= 775) =85,74480 p =,0000			
Hálózat	Mintaszám	Rang összege	Átlag rang
15 × 1	108	33654,00	311,6111
15 × 2	120	61044,50	508,7042
15 × 3	116	42022,50	362,2629
21 × 1	117	45674,00	390,3761
21 × 2	112	52024,00	464,5000
21 × 3	114	32619,00	286,1316
Kontroll	88	33662,00	382,5227

A Kruskal-Wallis Teszt eredménye alapján szignifikáns ($p=0,05$) különbség mutatkozott a kezelések között. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 32. táblázat tartalmazza. Látható, hogy a 15 × 2-es hálózat – ahol a legmagasabb volt a hozam – a 21 × 2 -es hálózat (mely a második legmagasabb termést produkálta) kivételével szignifikánsan nagyobb termést produkált a többi kezeléshez viszonyítva, ideértve a kontrollt is. Ez utóbbi tekintetében egyedül a 15 × 2-es hálózat hozott szignifikánsan nagyobb termést, a többi kezelés esetében statisztikailag nem volt kimutatható eltérés. A kezelések közötti különbségeket a 22. ábra szemlélteti.

32. táblázat: A 2018-as négyzetméterenkénti tritikálé hozam (g) páronkénti összehasonlítása p értékekkel ($p=0,05$). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik

A tritikálé terméshozamának páronkénti összehasonlítása (g/m^2) 2018-ban							
Kezelés	15 × 1	15 × 2	15 × 3	21 × 1	21 × 2	21 × 3	Kontroll
15 × 1		0,0000	1,0000	0,1758	0,0000	1,0000	0,5755
15 × 2	0,0000		0,0000	0,0010	1,0000	0,0000	0,0012
15 × 3	1,0000	0,0000		1,0000	0,0119	0,2083	1,0000
21 × 1	0,1758	0,0010	1,0000		0,2574	0,0085	1,0000
21 × 2	0,0000	1,0000	0,0119	0,2574		0,0000	0,2132
21 × 3	1,0000	0,0000	0,2083	0,0085	0,0000		0,0506
Kontroll	0,5755	0,0012	1,0000	1,0000	0,2132	0,0506	



22. ábra: A tritikálé átlagos négyzetméterenkénti terméshozamai (g) a különböző kezeléseK esetén 2018-ban. Ebben az évben a 9 méteres sor közök elemzésére nem volt lehetőség

Összességében elmondható, hogy 2018-ban a fasorok között termesztett tritikálé négyzetméterenkénti szemtermése egyetlen esetben sem volt statisztikailag igazolhatóan

alacsonyabb a hagyományosan (fák nélkül) termesztett tritikálé hozamához képest, sőt több esetben megközelítette, vagy meg is haladta azt.

4.3.1.2 Terméshozam hektáronként

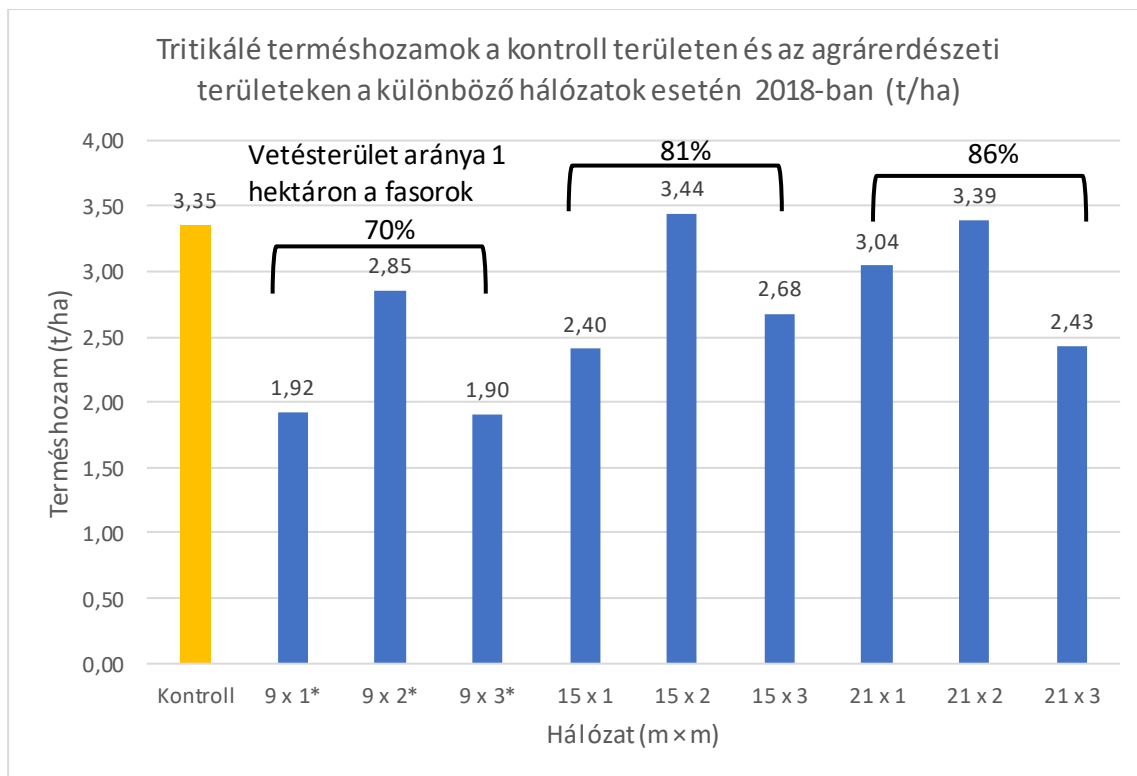
A 2018-as terméseredményeket a 33. táblázat foglalja össze, a hektáronkénti hozamokat pedig a 23. ábra szemlélteti. A köztes termesztési rendszerek esetében a fák ekkor 4 évesek voltak.

33. táblázat: A tritikálé terméseredményei különböző hálózatu fasorok között és a kontroll területen 2018-ban. A köztes termesztési rendszer esetében a fák 4 évesek voltak

A tritikálé terméseredményei különböző hálózatu fasorok között és kontroll területen 2018-ban				
Hálózat	Törzs szám (db/ha)	Terméshozam (g/m ²)	Vetésterület (m ²)	Terméshozam (t/ha)
9 × 1*	1001	274,4	6997	1,92
9 × 2*	506	407,8	6997	2,85
9 × 3*	341	272,2	6997	1,90
15 × 1	637	297,2	8089	2,40
15 × 2	322	425,8	8089	3,44
15 × 3	217	331,2	8089	2,68
21 × 1	455	352,2	8635	3,04
21 × 2	230	392,4	8635	3,39
21 × 3	155	280,9	8635	2,43
Kontroll	0	335,1	10000	3,35

*A 9 méteres sorközök kezeléseiben 220 kg/ha, a többi kezelés esetében 180 kg/ha vetőmag mennyiséggel történt a vetés

A hektáronkénti terméshozamok a 9 méteres sorközök esetében – ahol sűrűbb volt az állomány – 1,90 és 2,85 tonna között, míg a többi kezelés esetén 2,40 és 3,44 tonna között alakultak. Pest megyében az átlagos tritikálé szemtermés 2018-ban 3,04 t/ha, míg az országos átlag 3,75 t/ha volt (KSH), tehát a köztes termesztési rendszer hozamai sem maradtak el a megyei és országos átlagoktól, figyelembevéve, hogy a köztes termesztés eredményei különböző vetésterületen értelmezendők, de minden esetben kevesebb, mint egy hektárt feltételeznek. A legkisebb hozamot a 15 × 1-es, míg a legnagyobbat a 15 × 2-es hálózatban produkálta a tritikálé, ahol a különbség számottevő: 1 tonna.



23. ábra: 2018-as tritikálé hozamok hektáronként, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén. A * jelölés a nagyobb vetőmagmennyiségre utal

Látható, hogy annak ellenére, hogy a faszorok által csökken a vetésterület, több hálózat esetében is a kontroll terület hozamait produkálta a tritikálé a köztes termesztési rendszerben. Ilyen tekintetben kiemelkedő teljesítményt nyújtott a 15×2 és a 21×2 -es hálózatban, ahol rendre csupán 81, illetve 86 %-a volt bevetve a területnek. Megfigyelhető továbbá, hogy a megegyező sortávú kezelésekben minden esetben a 2 méteres tőtávok esetében volt a legnagyobb a hozam.

4.3.1.3 Relatív terméshozam és LER

A tritikálé hektárra vetített, kontrollhoz viszonyított relatív terméshozamát, valamint az egyes kezelések földgyenérték arányát (LER) a 34. táblázat foglalja össze. A vizsgált hat kezelés közül két esetben – ahogy azt az előző ábra is szemléltette – 1%-kal, illetve 3%-kal meghaladta a faszorok között termesztett tritikálé terméshozama az egy hektáron, hagyományos technológiával termesztett hozamokat. Ez azáltal lehetséges, hogy négyzetméterenként nagyobb produkcióval bírtak ezek a kezelések (15×2 , 21×2).

34. táblázat: A tritikálé relatív terméshezama hektáronként és a LER érték az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva

A tritikálé relatív terméshezamai hektáronként és a LER érték 2018-ban			
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest	LER tritikálé
Kontroll	100	-	1,00
15 × 2	103	+3	1,03
21 × 2	101	+1	1,01
21 × 1	91	-9	0,91
15 × 3	80	-20	0,80
21 × 3	72	-28	0,72
15 × 1	72	-28	0,72

További négy esetben – ahogy az várható volt – 9-28%-kal kevesebb termést produkáltak a kezelések a tritikálé tekintetében, hiszen a vetésterület is kisebb volt. A földegyenérték-arány 0,72-1,03 között alakult. Mindezek részeredményeknek tekintendők. Az agrárerdészeti rendszerek teljesítményét mutató LER értékek a két komponens, azaz a tritikálé és az akác relatív terméshezamainak összegével határozhatók meg, melyeket külön fejezetben közltem (4.4.1 fejezet).

4.3.2 Terméshezam 2019-ben

4.3.2.1 Terméshezam négyzetméterenként

A 2019-es terméshezam-becslés eredményeinek abszolút száraz tömegre vonatkoztatott leíró statisztikai adatait a 35. táblázat foglalja össze.

2019-ben az átlagos négyzetméterenkénti terméshezam a különböző kezelések esetében 111-262 g között változott, és az egyes kezeléseket egymáshoz viszonyítva, akár több mint kétszeres terméshezam mutatkozott. Ebben az évben már a 9 méteres sorközök kezelése is szerepeltek a statisztikai értékelésekben. A legalacsonyabb hozamot a 9 × 3-as, a legmagasabbat az előző évhez hasonlóan a 15 × 2-es hálózat hozta. A kontroll terület 193 g/m² szemtömeget produkált. Ezt megközelítő, valamivel alacsonyabb értéket ért el a 21 × 2-es hálózat. A 9 méteres sorközök kezelése minden esetben rosszabbul teljesítettek a kontrollhoz viszonyítva.

35. táblázat: Tritikálé négyzetméterenkénti szemtermésének (g) leíró statisztikai elemzése, abszolút szárazanyagtartalomra vonatkoztatva, 2019-ben. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$)

Tritikálé szemtermés (g/m ²) 2019-ben							
Kezelés	Mintaszám	Átlag	Medián	Minimum	Maximum	Szórás	Kiugró értékek (db)
9 × 1	115	150,8 e	146,5	32,3	314,7	60,7	5
9 × 2	115	173,2 b e	155,9	24,9	474,1	95,2	5
9 × 3	87	110,9 f	99,0	45,7	331,9	58,3	3
15 × 1	112	172,8 b e	163,8	17,2	410,9	80,7	8
15 × 2	120	262,1 a	242,3	78,3	537,0	104,5	0
15 × 3	110	244,6 a b	189,6	37,9	711,2	156,5	10
21 × 1	115	232,2 a c	200,9	50,2	538,4	121,6	5
21 × 2	112	189,5 b c e	179,8	36,2	462,2	100,2	8
21 × 3	115	206,0 b c d	196,7	28,8	581,2	113,1	5
Kontroll	30	192,6 a d e	177,1	80,8	453,5	95,3	10

A négyzetméterenkénti relatív terméshozamok eltéréseit az egyes kezelések esetén a 36. táblázat szemlélteti. A táblázatból kiolvasható, hogy 4 kezelés esetén 7 – 36 %-kal magasabb terméshozamot produkált a tritikálé a köztes termesztési rendszerek esetében. Terméscsökkenést 5 fásoros kezelés esetén figyeltem meg, ahol 2-49% -kal csökkentek a relatív hozamok.

36. táblázat: A tritikálé relatív terméshozama négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva

A tritikálé relatív terméshozamai négyzetméterenként 2019-ben		
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest (%)
Kontroll	100	-
15 × 2	136	+36
15 × 3	127	+27
21 × 1	121	+21
21 × 3	107	+7
21 × 2	98	-2
15 × 1	90	-10
9 × 2	80	-20
9 × 1	76	-24
9 × 3	51	-49

A statisztikai analízis első lépéseként szükséges rangsor eredményét a 37. táblázat foglalja össze. A vizsgált elemek száma 1031.

37. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2019-es terméshozamának vizsgálatához

Kruskal-Wallis Rangsor; Szemtermés (g/m ²) 2019-ben			
Kruskal-Wallis Test: H (9, N= 1031) =157,5650 p =0,000			
Hálózat	Mintaszám	Rang összege	Átlag rang
9 × 1	115	46689,50	405,9957
9 × 2	115	53246,00	463,0087
9 × 3	87	22388,00	257,3333
15 × 1	112	53171,50	474,7455
15 × 2	120	85284,00	710,7000
15 × 3	110	65127,50	592,0682
21 × 1	115	69772,50	606,7174
21 × 2	112	57759,50	515,7098
21 × 3	115	62918,50	547,1174
Kontroll	30	15639,00	521,3000

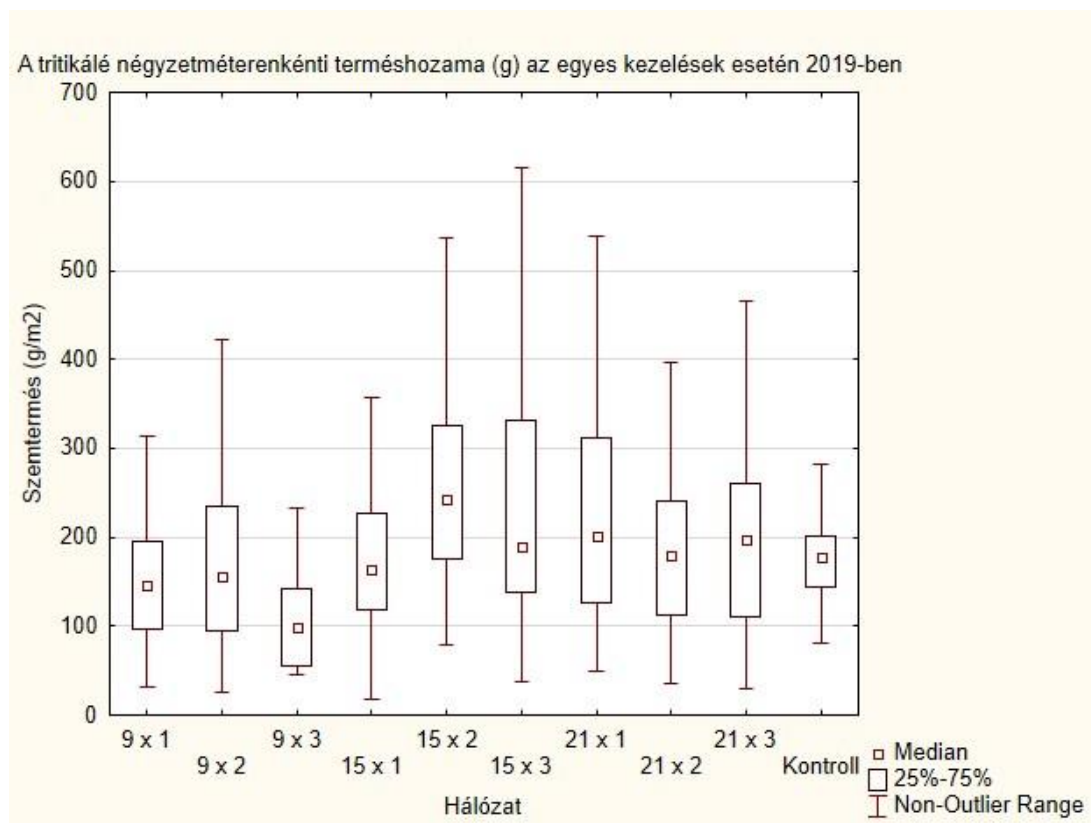
A Kruskal-Wallis Teszt eredménye alapján szignifikáns ($p=0,05$) különbség mutatkozott a kezelések között. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 38. táblázat tartalmazza és a doboz diagram (24. ábra) szemlélteti.

38. táblázat: A 2019-es négyzetméterenkénti tritikálé hozam (g) páronkénti összehasonlítása p értékekkel ($p=0,05$). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik

A tritikálé terméshozamának páronkénti összehasonlítása (g/m ²) 2019-ben										
Szemtermés (g/m ²)	9 × 1	9 × 2	9 × 3	15 × 1	15 × 2	15 × 3	21 × 1	21 × 2	21 × 3	Kontroll
9 × 1		1,0000	0,0199	1,0000	0,0000	0,0001	0,0000	0,2481	0,0147	1,0000
9 × 2	1,0000		0,0001	1,0000	0,0000	0,0520	0,0114	1,0000	1,0000	1,0000
9 × 3	0,0199	0,0001		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0013
15 × 1	1,0000	1,0000	0,0000		0,0000	0,1500	0,0379	1,0000	1,0000	1,0000
15 × 2	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000		0,1144	0,3353	0,0000	0,0012	0,0825
15 × 3	0,0001	0,0520	0,0000	0,1500	0,1144		1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
21 × 1	0,0000	0,0114	0,0000	0,0379	0,3353	1,0000		0,9596	1,0000	1,0000
21 × 2	0,2481	1,0000	0,0000	1,0000	0,0000	1,0000	0,9596		1,0000	1,0000
21 × 3	0,0147	1,0000	0,0000	1,0000	0,0012	1,0000	1,0000	1,0000		1,0000
Kontroll	1,0000	1,0000	0,0013	1,0000	0,0825	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000	

A legnagyobb terméshozamot az előző évhez hasonlóan a 15×2 -es hálózat produkálta, mely a 15×3 és 21×1 -es kezeléstől és a kontroll terület eredményétől statisztikailag nem tért el, azonban az összes többi kezeléshez képest szignifikánsan nagyobb termést hozott, ideértve a 9 méteres sorközök eredményeit is. Ez utóbbiak esetében a 9×2 -es kezelés jól teljesített, csupán a 15×2 -es és a 21×1 -es kezeléshez viszonyítva volt szignifikánsan alacsonyabb a terméshozam. A 9×3 -as kezelést érdemes még kiemelni, hiszen itt szignifikánsan kisebb volt a szemtermés az összes kezeléshez képest. Figyelemreméltó, hogy az előbb említett kezelés volt az egyetlen, ahol szignifikánsan kevesebb termést hozott a tritikálé a fasorok között, az összes többi kezeléstől nem volt szignifikáns különbség kimutatható.

Összességében ebben az évben is elmondható, hogy az említett esetekben a fasorok között termesztett tritikálé négyzetméterre vetített terméshozama meghaladta a kontroll parcella eredményeit, bár ebben az évben már nem volt szignifikánsan magasabb termés kimutatható a fasorok között.



24. ábra: A tritikálé négyzetméterenkénti terméshozama (g) a különböző kezelések esetén 2019-ben

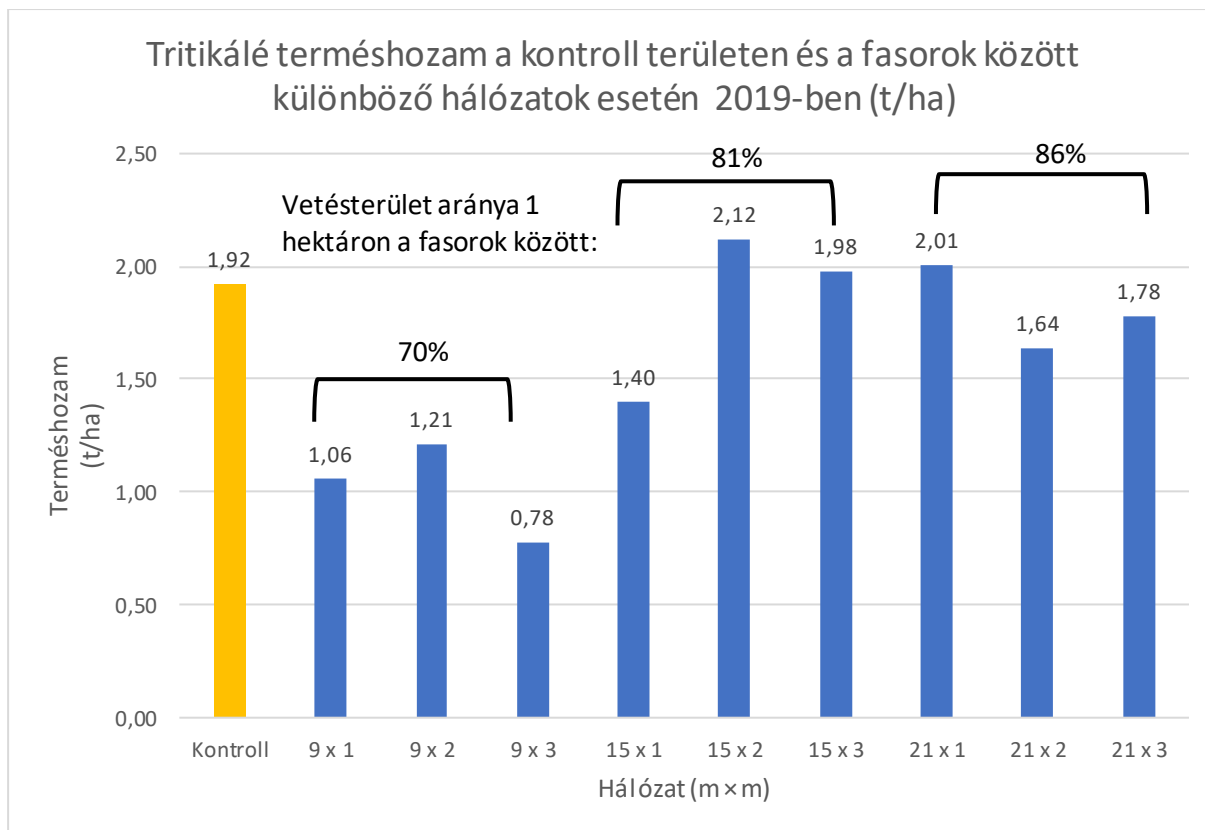
4.3.2.2 Terméshozam hektáronként

A 2019-es terméseredményeket a 39. táblázat foglalja össze, a hektáronkénti hozamokat pedig a 25. ábra szemlélteti. A köztes termesztési rendszerek esetében a fák ekkor 5 évesek voltak.

39. táblázat: A tritikálé terméseredményei különböző hálózatos fasorok között és a kontroll területen 2019-ben. A köztes termesztési rendszer esetében a fák 5 évesek voltak

A tritikálé terméseredményei különböző hálózatos fasorok között és kontroll területen 2019-ben				
Kezelés	Törzs szám (db/ha)	Terméshozam (g/m ²)	Vetésterület (ha)	Terméshozam (t/ha)
Kontroll	0	192,6	1	1,92
9 × 1	1001	150,8	0,70	1,06
9 × 2	506	173,2	0,70	1,21
9 × 3	341	110,9	0,70	0,78
15 × 1	637	172,8	0,81	1,40
15 × 2	322	262,1	0,81	2,12
15 × 3	217	244,6	0,81	1,98
21 × 1	455	232,2	0,86	2,01
21 × 2	230	189,5	0,86	1,64
21 × 3	155	206,0	0,86	1,78

A hozamok ebben az évben 0,8 és 2,1 t/ha között alakultak, a kontroll területen 1,9 t/ha termés lett betakarítva. Pest megyében az átlagos tritikálé szemtermés 2019-ben 3,45t/ha volt, míg az országos átlag 4,03 t/ha (KSH), azonban a kísérleti területen nem történt tápanyagutánpótlás, mely a gyenge hozamokat magyarázza. Ennek ellenére, mivel ebben az évben is volt kontroll terület, a kezelések az adott éven belül összevethetők. A legkisebb termést a 9 × 3-as hálózatban, a legnagyobbat a 15 × 2-esben jegyeztem fel, de itt is fontos megemlíteni, hogy a vetésterületek a sortávok függvényében változnak. Ebben az évben is megfigyelhető, hogy három fasoros kezelés – a 15 × 2, 15 × 3 és 21 × 1 hálózat– esetén is a kontrollhoz hasonló hozamokat ért el a tritikálé, annak ellenére, hogy a vetésterület 14-19 %-kal csökkent, a kontroll területéhez képest.



25. ábra: 2019-es tritikálé hozamok hektáronként, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén

4.3.2.3 Relatív terméshozam és LER

A hektárra vetített relatív terméshozamokat és a tritikálé földegyenérték-arány értékét a 40. táblázat tartalmazza. Három esetben – 15×2 , 21×1 és 15×3 – meghaladta a köztes termesztési rendszer a hagyományos tritikálé termesztésben elért hozamokat, 3-10%-kal. A kezelések többségénél azonban termés csökkenés volt tapasztalható, 7-60%-os csökkenéssel. A legkisebb hozamokat a 9 méteres sorközök kezeléseiben figyeltem meg. A többelthozamokat elért kezelések esetében 1-nél magasabb a LER érték, tehát produktívabb (illetve hasonlóan produktív) a fás rendszer az akác hozamának figyelmen kívül hagyása mellett is. A köztes termesztési rendszereket jellemző LER érték, mely az akác hozamait is figyelembe veszi, későbbi fejezetben kerül tárgyalásra.

40. táblázat: A tritikálé relatív termés hozama hektáronként és a LER érték az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva

A tritikálé relatív termés hozamai hektáronként és a LER érték 2019-ben			
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest (%)	LER tritikálé
Kontroll	100	-	1,00
15 × 2	110	+10	1,10
21 × 1	104	+4	1,04
15 × 3	103	+3	1,03
21 × 3	93	-7	0,93
21 × 2	85	-15	0,85
15 × 1	73	-27	0,73
9 × 2	63	-37	0,63
9 × 1	55	-45	0,55
9 × 3	40	-60	0,40

4.3.3 Föld feletti biomassa 2018-ban

4.3.3.1 Föld feletti biomassa négyzetméterenként

A tritikálé kézi betakarítását követően biomassa mérésre került sor, mely mérések föld feletti abszolút száraz tömegre vonatkoztatott leíró statisztikai adatait a 41. táblázat foglalja össze. Kétszeres adatszűrést követően a kiugró adatokat eltávolítottam. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámai tájékoztató jelleggel szerepelnek.

41. táblázat: A tritikálé minták föld feletti abszolút száraz tömegének leíró statisztikai elemzése 2018-as betakarítást követően. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek az utolsó két oszlopban. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$)

Tritikálé föld feletti biomassa 2018-ban (g/m ²)							
Kezelés	Mintaszám	Átlag	Medián	Minimum	Maximum	Szórás	Kiugró értékek (db)
9 × 1*	115	674,9*	617,4	187,2	1423,9	254,8	5
9 × 2*	108	915,1*	760,2	243,5	2585,6	486,8	2
9 × 3*	96	687,0*	587,6	227,3	2030,8	393,0	4
15 × 1	118	762,2 b	676,2	289,8	1981,6	312,9	2
15 × 2	119	938,9 a	921,7	257,7	1527,3	279,5	1
15 × 3	119	790,1 b	704,9	254,0	1942,0	337,6	1
21 × 1	120	782,7 b	699,8	236,9	2202,6	368,0	0
21 × 2	117	936,7 a	883,6	248,7	1973,7	343,5	3
21 × 3	117	704,0 b	687,9	319,1	1217,0	196,6	3
Kontroll	89	774,8 b	725,6	305,6	1359,6	266,4	1

*2018-ban a 9 méteres sorközök kezeléseiben 220 kg/ha vetőmag mennyiséggel történt a vetés (a többi kezelés esetében 180 kg/ha), ezért ezek az adatok csak tájékoztató jelleggel szerepelnek, a további statisztikákban nem szereplnek

2018-ban a 9 méteres sorközök adatai (9 × 1, 9 × 2, 9 × 3) nem szerepelnek a vizsgálatokban, csak tájékoztató jelleggel szerepelnek mert a kísérleti parcellák nagyobb mennyiségű vetőmaggal lettek elvetve. Az átlagos föld feletti biomasszahozam 704-939 g/m² között változott az egyes kezelések esetében. A legalacsonyabb hozamot a 21 × 3-as, a legmagasabbat a 15 × 2-es hálózat hozta. A kontroll terület 775 g/m² biomasszát produkált. Hasonló mennyiségű föld feletti biomasszát hozott a 15 × 1, 15 × 3 és 21 × 1-es kezelés. A legmagasabb értékkel majdnem megegyező 937 g-ot produkált a 21 × 2-es hálózat.

A négyzetméterenkénti relatív biomasszahozamokat és a kontrolltól való százalékos eltérést az egyes kezelések esetén a 42. táblázat foglalja össze. Négy kezelés esetén 1-21%-kal magasabb biomasszát produkált a tritikálé a faszorok között. A biomassza hozamának csökkenése csupán két esetben volt megfigyelhető, 2 és 9%-kal.

42. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozama négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.

A tritikálé relatív föld feletti biomassza hozamai négyzetméterenként 2018-ban		
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest (%)
Kontroll	100	-
15 × 2	121	+21
21 × 2	121	+21
15 × 3	102	+2
21 × 1	101	+1
15 × 1	98	-2
21 × 3	91	-9

A kezelések közötti esetleges szignifikáns különbségek kimutatása céljából statisztikai elemzésre került sor. A statisztikai analízis első lépéseként szükséges rangsor eredményét a 43. táblázat foglalja össze. A vizsgált elemek száma 799.

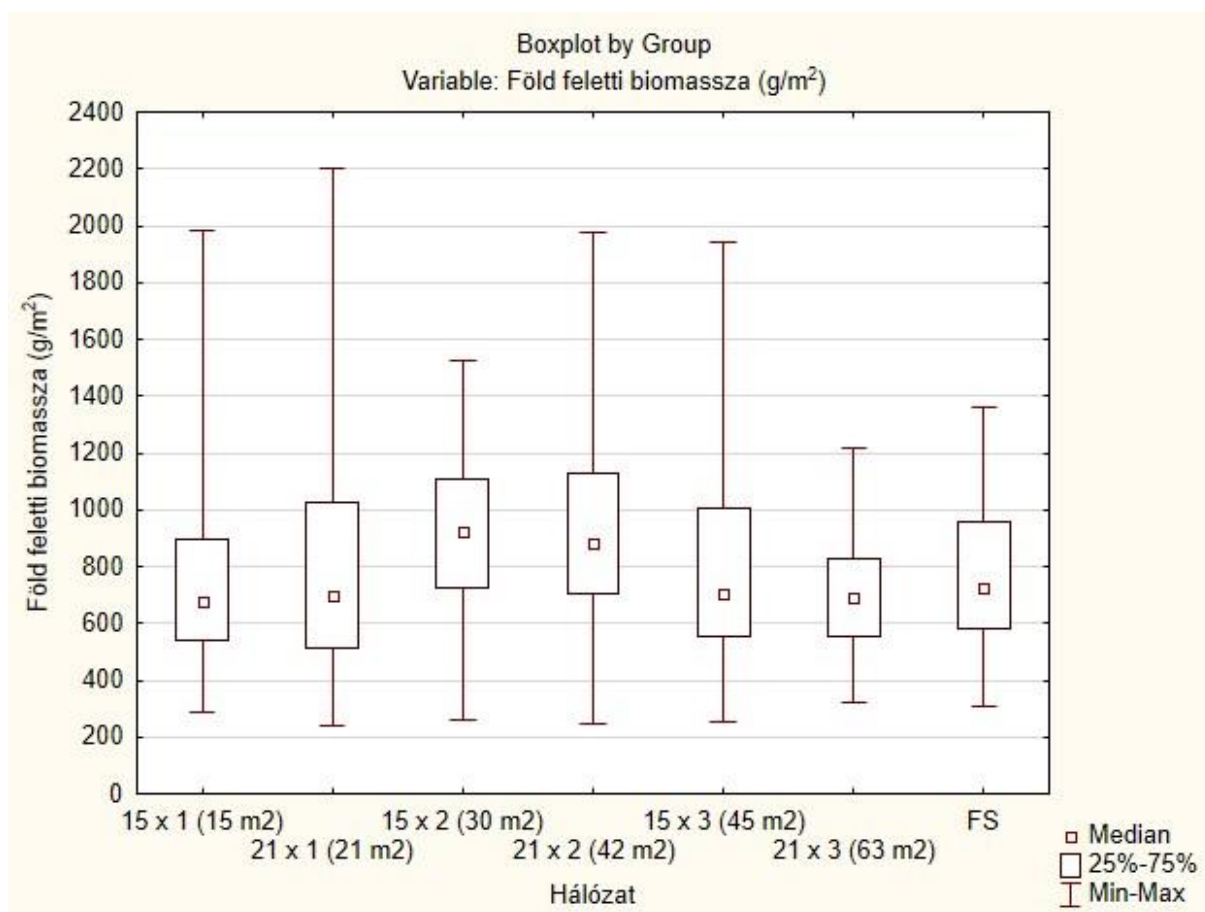
43. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2018-as biomassza hozamának vizsgálatához

Kruskal-Wallis Rangsor; Föld feletti biomassza (g/m ²) 2018-ban			
Kruskal-Wallis Test: H (6, N= 799) =64,01188 p =0,000			
Hálózat	Mintaszám	Rang összege	Átlag rang
15 × 1	118	41347,00	350,3983
21 × 1	120	43951,50	366,2625
15 × 2	119	60342,00	507,0756
21 × 2	117	57006,00	487,2308
15 × 3	119	44681,00	375,4706
21 × 3	117	38216,00	326,6325
Kontroll	89	34056,50	382,6573

A Kruskal-Wallis Teszt eredménye alapján szignifikáns (p=0,05) különbség mutatkozott a kezelések között. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 44. táblázat tartalmazza. A két legjobban teljesítő hálózat – 15 × 2 és 21 × 2 – szignifikánsan nagyobb biomasszát produkált, mint az összes többi kezelés, beleértve a kontroll területet is. A többi kezelés között nem volt szignifikáns különbség kimutatható (26. ábra).

44. táblázat: A tritikálé 2018-as négyzetméterenkénti föld feletti biomassza hozamának (g/m²) páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik

A tritikálé föld feletti biomassza páronkénti összehasonlítása (g/m ²) 2018-ban							
Kezelés	15 × 1	21 × 1	15 × 2	21 × 2	15 × 3	21 × 3	Kontroll
15 × 1		1,0000	0,0000	0,0001	1,0000	1,0000	1,0000
21 × 1	1,0000		0,0001	0,0012	1,0000	1,0000	1,0000
15 × 2	0,0000	0,0001		1,0000	0,0002	0,0000	0,0025
21 × 2	0,0001	0,0012	1,0000		0,0042	0,0000	0,0268
15 × 3	1,0000	1,0000	0,0002	0,0042		1,0000	1,0000
21 × 3	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	1,0000		1,0000
Kontroll	1,0000	1,0000	0,0025	0,0268	1,0000	1,0000	



26. ábra: A tritikálé átlagos négyzetméterenkénti biomassza hozamai (g) a különböző kezelések esetén 2018-ban. Ebben az évben a 9 méteres sorközök vizsgálatára nem volt lehetőség.

Összegezve a négyzetméterenkénti biomassza eredményeket megállapítottam, hogy statisztikailag egy esetben sem volt szignifikánsan alacsonyabb a hozam a fásoros

termesztés esetén, és a kezelések többsége közel azonos produkciót ért el, mint a fa nélküli kontroll terület. Ugyanakkor két esetben, szignifikánsan magasabb biomasszahozamot regisztráltam az agrárerdészeti rendszerben.

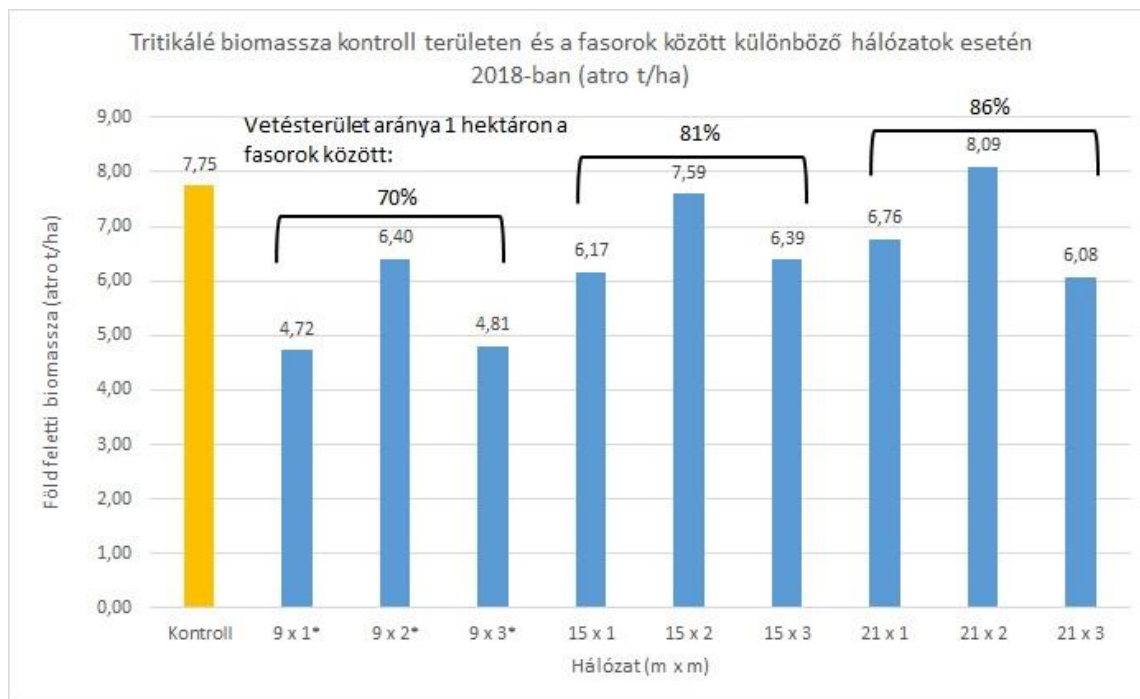
4.3.3.2 Föld feletti biomassza hektáronként

A 2018-as biomasszahozamokat a 45. táblázat foglalja össze, a hektáronkénti tritikálé biomassza produktumot pedig a 27. ábra szemlélteti. A köztes termesztési rendszerek esetében a fák ekkor 4 évesek voltak.

45. táblázat: A tritikálé biomassza produktuma különböző hálózatu fasorok között és kontroll területen 2018-ban. A köztes termesztési rendszer esetében a fák 4 évesek.

A tritikálé föld feletti biomassza hozamai különböző hálózatu fasorok között és kontroll területen 2018-ban				
Hálózat	Törzs szám (db/ha)	Biomassza (g/m ²)	Vetésterület (m ²)	Föld feletti biomassza (atro t/ha)
9 × 1*	1001	674,9	6997	4,72
9 × 2*	506	915,1	6997	6,40
9 × 3*	341	687,0	6997	4,81
15 × 1	637	762,2	8089	6,17
15 × 2	322	938,9	8089	7,59
15 × 3	217	790,1	8089	6,39
21 × 1	455	782,7	8635	6,76
21 × 2	230	936,7	8635	8,09
21 × 3	155	704,0	8635	6,08
Kontroll	0	774,8	10000	7,75

A táblázatban tájékoztató jelleggel szerepelnek a nagyobb tőszámmal vetett 9 méteres sorközök kezelése, ahol 4,72 -6,40 t/ha föld feletti biomassza produktum keletkezett. A többi kezelés hozama 6,08 – 8,09 t/ha között alakult, ahol a legkisebb biomasszahozamot a 21 × 3-as, a legnagyobbat pedig a 21 × 2-es hálózatban rögzítettem, míg a kontroll esetében 7,75 tonna termett. Az egyes kezelések között akár 2 t/ha különbség is mutatkozott, mely jelentős mennyiség, azonban különböző nagyságú vetésterületen értelmezendők.



27. ábra: Tritikálé biomasszahozamok hektáronként 2018-ban, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén.

Annak ellenére, hogy a fasoros kezelések esetén a vetésterület különböző mértékben csökkent, némely kezelés esetén mégis hasonló föld feletti biomassza mennyiséget produkált a tritikálé. Így a 15×2 -es hálózatban közel azonos eredmény született, míg a 21×2 -es kezelés valamivel meg is haladta a kontroll biomassza hozamát. Szembetűnő továbbá, hogy minden sortáv esetén (9, 15, 21 m) igaz az, hogy a 2 méteres tőtávok mellett kiemelkedően jobb eredmények születtek, mint az 1 és 3 méteres tőtáv esetén, az adott sortáv viszonylatában.

4.3.3.3 Relatív biomasszahozam és LER

A tritikálé hektárra vetített, kontrollhoz viszonyított relatív biomassza hozamát, valamint az egyes kezelések földegyenérték arányát (LER) a 46. táblázat foglalja össze. Egy esetben 4% -kal meghaladta az agrárerdészeti rendszerben termesztett tritikálé föld feletti abszolút száraz biomassza hozama a kontroll területen elért hozamot. További 5 ültetési hálózatban hozamcsökkenés mutatkozott, 2-22%-kal. A földegyenérték-arány 0,78-1,04 között alakult.

46. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozama hektáronként és a tritikálé LER értéke az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.

A tritikálé relatív biomassza hozama hektáronként és a LER érték 2018-ban			
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest (%)	LER tritikálé
Kontroll	100	-	-
21 × 2	104	+4	1,04
15 × 2	98	-2	0,98
21 × 1	87	-13	0,87
15 × 3	82	-18	0,82
15 × 1	80	-20	0,80
21 × 3	78	-22	0,78

4.3.4 Föld feletti biomassza 2019-ben

4.3.4.1 Föld feletti biomassza négyzetméterenként

A tritikálé 2019-es föld feletti abszolút száraz tömegre vonatkoztatott leíró statisztikai adatait a 47. táblázat foglalja össze.

47. táblázat: A tritikálé minták föld feletti abszolút száraz tömegének leíró statisztikai elemzése a 2019-es betakarítást követően. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség ($p=0,05$)

Tritikálé föld feletti biomassza 2019-ben (g/m²)							
Kezelés	Mintaszám	Átlag	Medián	Minimum	Maximum	Szórás	Kiugró értékek (db)
9 × 1	114	409,9 c, d	384,4	140,6	940,3	153,7	6
9 × 2	117	476,7 b, c	433,8	58,4	1162,1	230,6	3
9 × 3	85	307,7 e	309,1	93,0	564,7	130,3	5
15 × 1	120	527,9 b	484,3	150,7	1187,4	237,1	0
15 × 2	117	681,5 a	667,5	272,6	1281,3	236,1	3
15 × 3	110	636,2 a b	513,5	129,8	1658,6	379,5	10
21 × 1	118	151,4 f	141,9	28,2	353,4	75,6	2
21 × 2	112	500,0 b, d	492,3	83,7	1270,2	246,3	8
21 × 3	113	571,1 b	538,1	87,7	1397,9	290,3	7
Kontroll	27	484,7 b, c, e	428,9	232,5	1225,9	268,4	13

Ebben az évben a 9 méteres sorközök kezelése is a statisztikai kiértékelés részét képezték. Az egyes kezelésekből mért átlagos föld feletti biomasszahozam négyzetméterre vetítve 151-561 g között alakult, bár az előbbi kiugróan alacsony érték az átlaghozamok között, és

a 21×1 -es hálózatban volt megfigyelhető. Szintén gyengén teljesített a tritikálé biomassza tekintetében a 9×3 -as kezelés, ahol csupán 308 g/m^2 hozamot regisztráltam. A legjobb eredményt a 15×2 és 15×3 -as hálózatok hozták, rendre 682 és 636 g/m^2 hozamokkal. A kontroll terület föld feletti biomassza produktuma 485 g/m^2 volt. Ennél az értéknél – a korábban említett kiugróan alacsony 21×1 -es kezeléssel kívül – csupán a 9 méteres sorközök kezeléseit teljesítették rosszabbul (9×1 , 9×2 , 9×3).

A négyzetméterenkénti relatív terméshozamok eltéréseit az egyes kezeléseknél az egyes hálózatok esetében a 48. táblázat szemlélteti. Öt kezelés esetén nagyobb hozamot figyeltem meg a kontrollhoz képest, mely többelhozam 3 - 41% között alakult. Utóbbi érték a 15×2 -es hálózatban mért hozam, míg a 15×3 -as kezelés esetében is figyelemreméltóan jobban teljesített a tritikálé, 31% -kal. A 21×3 -as hálózatban 18% -kal magasabb volt a föld feletti biomassza produktum a kontrollhoz képest. Négy kezelés föld feletti biomassza hozama ugyanakkor 2 - 69% -kal elmaradt a kontroll parcelláétól. A 2% -os csökkenés a 9×2 -es, míg az extrém, 69% -os a 21×1 -es ültetési hálózatban mutatkozott.

48. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozamai négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva

A tritikálé relatív biomassza hozama négyzetméterenként 2019-ben		
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest (%)
Kontroll	100	-
15×2	141	+41
15×3	131	+31
21×3	118	+18
15×1	109	+9
21×2	103	+3
9×2	98	-2
9×1	85	-15
9×3	63	-37
21×1	31	-69

A statisztikai analízis első lépéseként szükséges rangsor eredményét a 49. táblázat foglalja össze. A vizsgált elemek száma 1033.

49. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2019-es biomassza hozamának vizsgálatához

Kruskal-Wallis Rangsor; Föld feletti biomassza (g/m ²) 2019-ben			
Kruskal-Wallis Test: H (9, N= 1033) =380,4371 p =0,000			
Hálózat	Mintaszám	Rang összege	Átlag rang
9 × 1	114	53314,00	467,6667
15 × 1	120	71264,00	593,8667
9 × 2	117	62739,00	536,2308
21 × 1	118	12697,00	107,6017
9 × 3	85	27755,00	326,5294
15 × 2	117	88562,00	756,9402
21 × 2	112	63176,00	564,0714
15 × 3	110	70156,00	637,7818
21 × 3	113	70233,00	621,5310
Kontroll	27	14165,00	524,6296

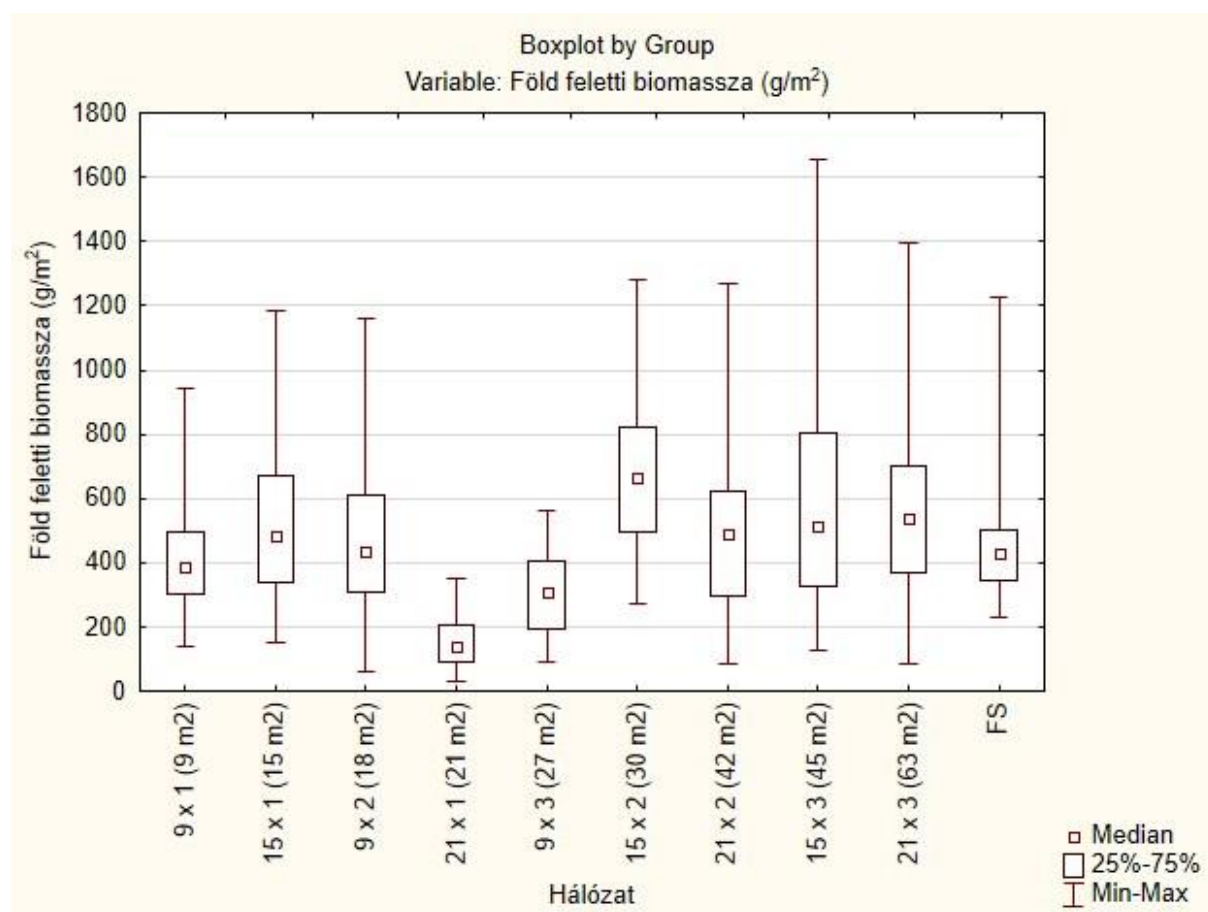
A Kruskal-Wallis Teszt eredménye alapján szignifikáns ($p=0,05$) különbség mutatkozott a kezelések között. A páronkénti összehasonlítás eredményeit a 50. táblázat tartalmazza és a doboz diagram (28. ábra) szemlélteti.

50. táblázat: A tritikálé 2019-es négyzetméterenkénti föld feletti biomassza hozamának (g) páronkénti összehasonlítása p értékekkel ($p=0,05$). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik

A tritikálé föld feletti biomassza páronkénti összehasonlítása (g/m ²) 2019-ben										
Kezelés	9 × 1	15 × 1	9 × 2	21 × 1	9 × 3	15 × 2	21 × 2	15 × 3	21 × 3	Kontroll
9 × 1		0,0549	1,0000	0,0000	0,0433	0,0000	0,6818	0,0009	0,0046	1,0000
15 × 1	0,0549		1,0000	0,0000	0,0000	0,0012	1,0000	1,0000	1,0000	1,0000
9 × 2	1,0000	1,0000		0,0000	0,0000	0,0000	1,0000	0,4670	1,0000	1,0000
21 × 1	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,0000
9 × 3	0,0433	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,0000	0,0000	0,0000	0,1192
15 × 2	0,0000	0,0012	0,0000	0,0000	0,0000		0,0000	0,1186	0,0261	0,0119
21 × 2	0,6818	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0000		1,0000	1,0000	1,0000
15 × 3	0,0009	1,0000	0,4670	0,0000	0,0000	0,1186	1,0000		1,0000	1,0000
21 × 3	0,0046	1,0000	1,0000	0,0000	0,0000	0,0261	1,0000	1,0000		1,0000
Kontroll	1,0000	1,0000	1,0000	0,0000	0,1192	0,0119	1,0000	1,0000	1,0000	

A kontroll kezeléshez képest két kezelés esetében mutatkozott szignifikáns különbség. Az extrém alacsony 21×1-es kezelés, valamint a kiemelkedő teljesítményű 15×2-es hálózat. A 21×1-es kezelés minden kezeléshez viszonyítva szignifikánsan gyengébben, míg a 15×2-es hálózat szignifikánsan jobban teljesített valamennyi kezelésnél, a 15×3-as kivétellel. Ez utóbbi a második legmagasabb hozamot produkálta (az átlagot vizsgálva), és csupán a legkisebb hozamú kezelésektől tért el szignifikánsan (21×1, 9×3, 9×1).

Összefoglalva az eredményeket megállapítható, hogy négyzetméterre vetítve, csupán egy esetben volt szignifikánsan kevesebb a tritikálé föld feletti biomassza hozama fasoros termesztés esetén, a hagyományos szántóföldi növénytermesztés eredményéhez képest. További egy esetben szignifikánsan magasabb hozamot produkált a fasorok között termesztett tritikálé, a többi esetben pedig nem volt kimutatható eltérés a tritikálé hozamok között, az egyes kezelések, és a kontroll parcella tekintetében.



28. ábra: A tritikálé átlagos négyzetméterenkénti biomassza hozamai (g) a különböző kezelések esetén 2019-ben. Az FS jelölés a kontroll csoportot jelzi.

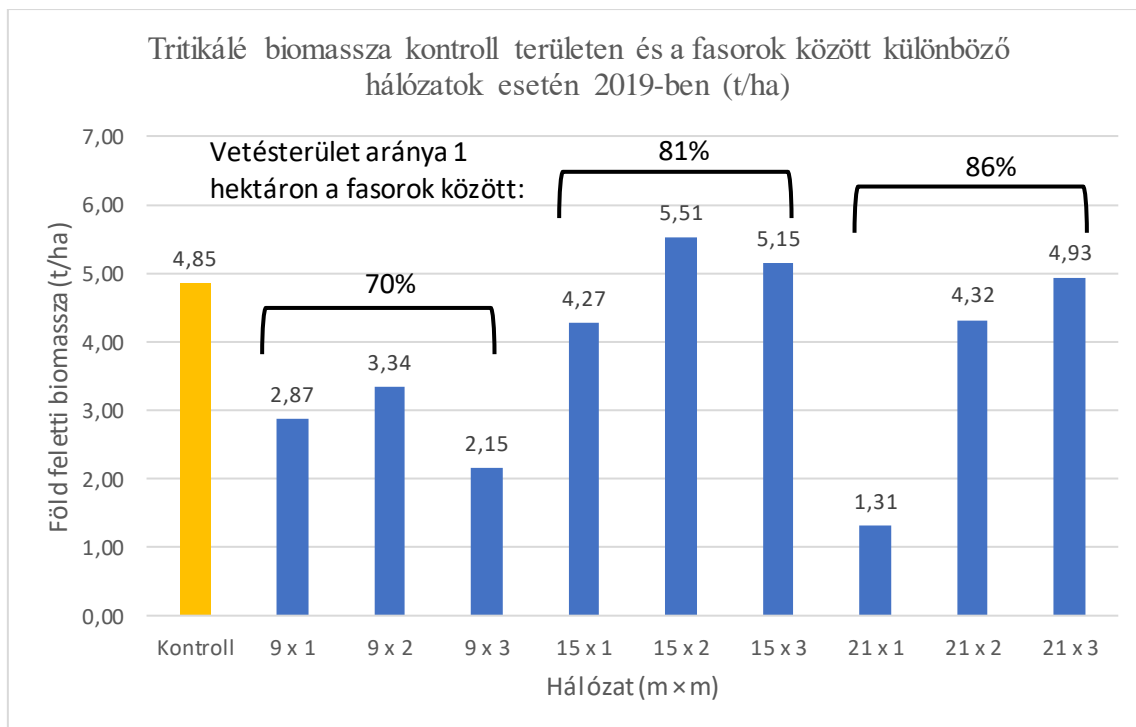
Biomasszahozam hektáronként

A 2019-es biomassza eredményeket a 51. táblázat foglalja össze, a hektáronkénti hozamokat pedig a 29. ábra szemlélteti. A köztes termesztési rendszerek esetében a fák ekkor 5 évesek voltak.

A föld feletti biomasszahozamok 1,31 – 5,51 t/ha között alakultak, a kontroll területéről 4,85 t/ha lett betakarítva. A legkisebb hozamot a 21×1-es, míg a legnagyobbat a 15 × 2-esben regisztráltam. Ugyan a fasoros kezelésekben 14-19%-kal kisebb vetésterület állt rendelkezésre, három esetben (15 × 2, 15 × 3, 21 × 3) a hozamok mégis meghaladták a kontroll terület hozamát, míg további két kezelés is csupán 0,53, illetve 0,58 t/hektárral (sorrendben 21 × 2, 15 × 1) produkált kevesebbet.

51. táblázat: A tritikálé biomassza hozamai különböző hálózatu fasorok között és kontroll területen 2019-ben

A tritikálé biomassza hozamai különböző hálózatu fasorok között és a kontroll területen, 2019-ben				
Kezelés	Törzsszám (db/ha)	Biomassza (g/m ²)	Vetésterület (ha)	Biomassza (t/ha)
9 × 1	1001	409,9	0,70	2,87
9 × 2	506	476,7	0,70	3,34
9 × 3	341	307,7	0,70	2,15
15 × 1	637	527,9	0,81	4,27
15 × 2	322	681,5	0,81	5,51
15 × 3	217	636,2	0,81	5,15
21 × 1	455	151,4	0,86	1,31
21 × 2	230	500,0	0,86	4,32
21 × 3	155	571,1	0,86	4,93
Kontroll	0	484,7	1	4,85



29. ábra: 2019-es tritikálé biomassza hektáronként, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén

4.3.4.2 Relatív biomasszahozam és LER

A hektárra vetített relatív biomassza hozamokat és a tritikálé földegyenérték-arány értékét a 52. táblázat tartalmazza.

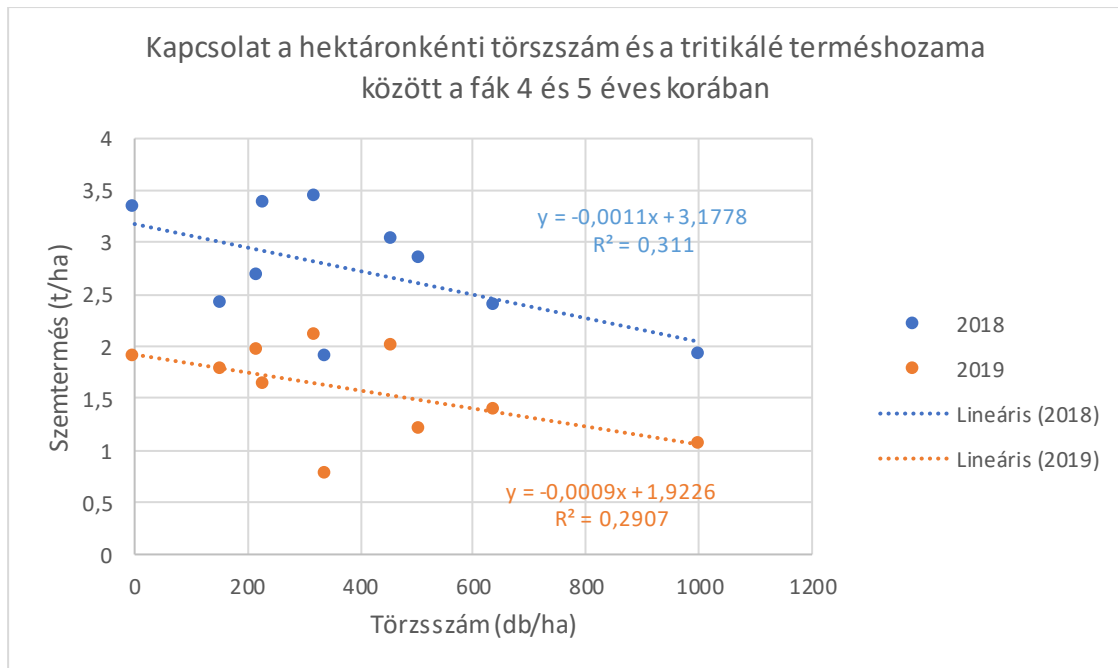
52. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozama hektáronként és a tritikálé LER értéke az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.

A tritikálé relatív biomassza hozamai hektáronként és a LER érték 2019-ben			
Kezelés	%	Eltérés a kontrollhoz képest (%)	LER tritikálé
Kontroll	100	-	-
15 × 2	114	+14	1,14
15 × 3	106	+6	1,06
21 × 3	102	+2	1,02
21 × 2	89	-11	0,89
15 × 1	88	-12	0,88
9 × 2	69	-31	0,69
9 × 1	59	-41	0,59
9 × 3	44	-56	0,44
21 × 1	27	-73	0,27

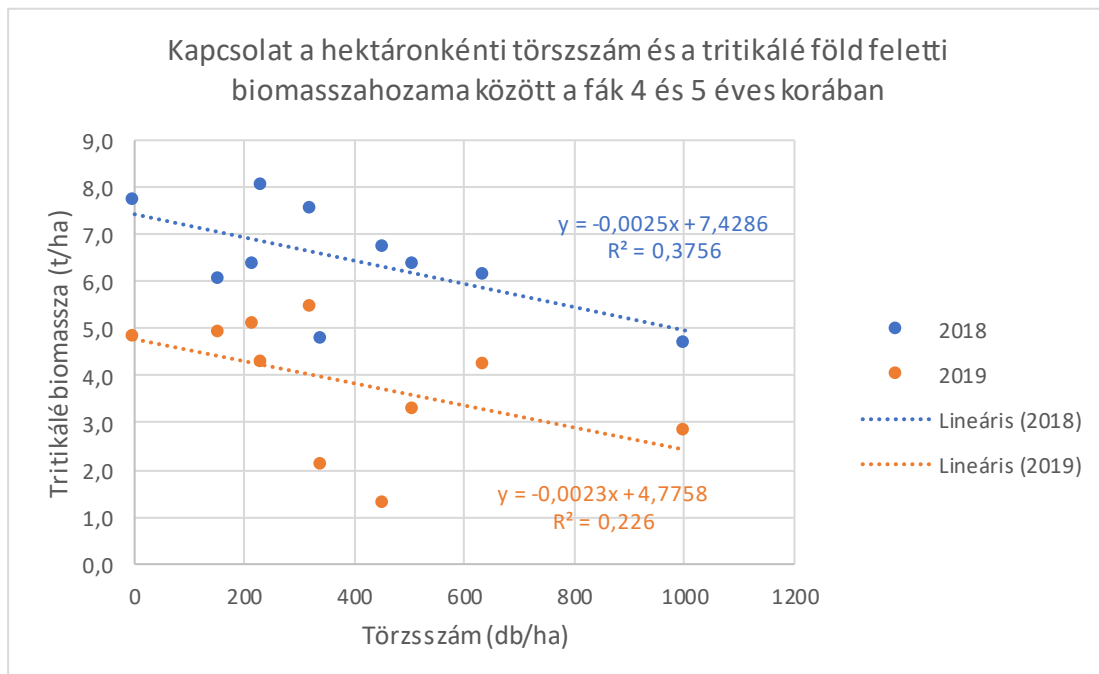
A relatív hozamokat tekintve – melyek alapjául a kontroll terület szolgál – három esetben tapasztaltam hozamnövekedést, 2-14%-kal. Hat ültetési hálózatban a hektáronkénti föld feletti biomasszahozam csökkenése volt tapasztalható, 11-73%-os mértékben. A 9 méteres sorközök kezeléseiben jelentős, 31-56%-os csökkenést mutattam ki, ennél nagyobb termésű csökkenés, csak az extrém alacsony teljesítményű 21×1 -es hálózatban volt tapasztalható, 73%-kal. További két esetben – 21×2 , 15×1 – csupán 11-12%-os csökkenés volt, tehát a 15 és 21 méteres sorközű kezelések teljesítménye is jóra értékelhető. Ez különösen igaz, amennyiben a földegyenérték-arányt vizsgáljuk, ugyanis ezekben a kezeléseknél ez az érték 0,88-1,14 közé esik. A 9 méteres sorközű kezelések esetében a LER érték 0,44-0,69 között változott, míg egy esetben csupán 0,27 volt. Az 1-et meghaladó érték azt jelenti, hogy a fák között termesztett tritikálé egységnyi földterületen önmagában – tehát a fás kultúra hozamától eltekintve is – nagyobb föld feletti biomasszahozamot produkált, mint a hagyományos (fa nélküli) növénytermesztés.

4.3.5 A tritikálé hozamok és a hektáronkénti törzsszám összefüggései

Az ültetési hálózatok meghatározzák a hektáronkénti törzsszámot, miszerint minél szűkebb az ültetési hálózat, annál nagyobb a hektáronkénti törzsszám. A tritikálé terméshozama és az akác hektáronkénti törzsszáma közötti kapcsolat lineáris regresszióval írható le (30. ábra). A fák négy- és ötéves korában $p=0,05$ szignifikancia szint mellett nem volt, azonban $p=0,1$ szignifikancia szint mellett a fák négyéves korában statisztikailag igazolható kapcsolat volt kimutatható ($p=0,09$). A determinációs együttható 2018-ban $R^2=0,31$; 2019-ben pedig $R^2=0,29$. Összességében negatív tendencia figyelhető meg, miszerint minél nagyobb az egyedszám, annál kevesebb a tritikálé terméshozama, azonban több kezelés esetén így is nagyobb tritikálé hozam realizálódott a fasorok között, mint a fa nélküli kontroll területen.



30. ábra: Kapcsolat a hektáronkénti törzsszám és a tritikálé terméshozama között a fák 4 és 5 éves korában



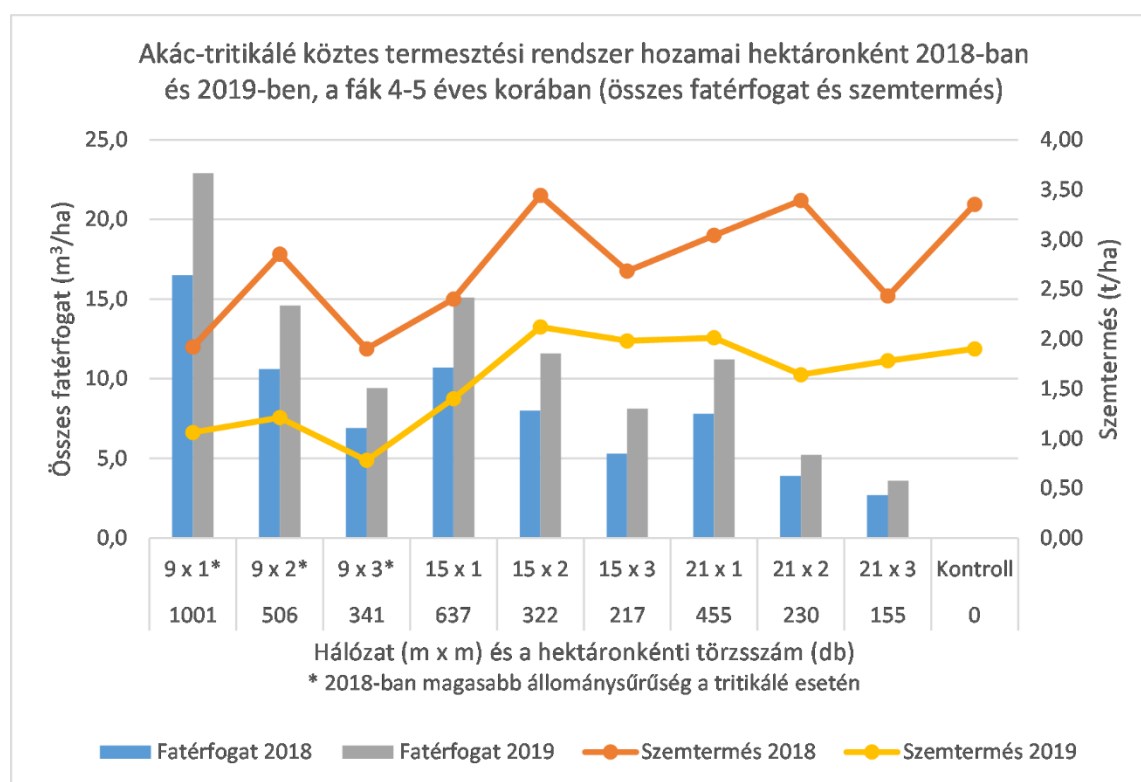
31. ábra: Kapcsolat a hektáronkénti törzsszám és a tritikálé biomassza hozama között a fák 4 és 5 éves korában

A szemterméshez hasonlóan szintén negatív tendencia figyelhető meg a tritikálé föld feletti biomassza hozama és a hektáronkénti törzsszám között (31. ábra), azonban a biomassza esetén is csak 2018-ban és $p=0,1$ szignifikancia szint mellett volt igazolható a kapcsolat,

mely lineáris regresszióval írható le, de $p=0,05$ -nél már nem teljesül ($p=0,06$). A determinációs együttható 2018-ban $R^2=0,38$, míg 2019-ben $R^2=0,23$.

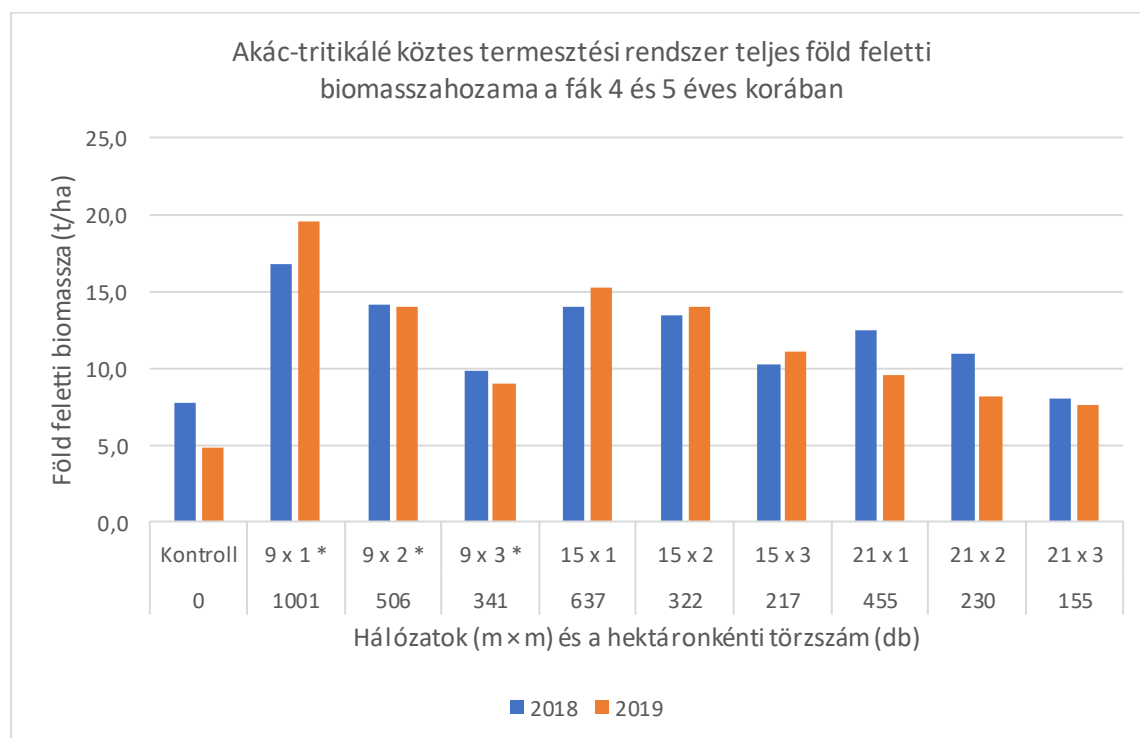
4.4 Köztes termesztés hozamadatai

A vizsgált köztes termesztési rendszerek összes hozamát a 32. ábra és a 33. ábra foglalja össze, a két vizsgált év összes szemtermése és összes fatérfogat tekintetében, valamint teljes föld feletti biomassa esetén. Mindkét évről elmondható, hogy míg a lemagasabb tritikálé hozamok a szemtermést illetően a 15×2 -es hálózatból takarítottuk be (322 fa/ha), addig a legmagasabb dendromassza hozamot a legsűrűbb, 9×1 -es hálózat produkálta (1001 fa/ha). A legalacsonyabb tritikálé szemtermések mindkét vizsgált évben a kilenc méteres sorközökből származtak, ahol a területek csupán 70%-a volt bevetve. Ami a kontroll terület hozamait illeti, mindkét évben voltak magasabb és alacsonyabb hozamok is a fasoros termesztés esetén, mindamellet, hogy a fasorok jelenléte 14-30%-kal csökkentette a vetés területét. Fontos azonban szem előtt tartani, hogy mindezen tritikálé terméseredmények kiegészülnek az ültetvény hozamával.



32. ábra: Akác-tritikálé köztes termesztési rendszer hozamai hektáronként 2018-ban és 2019-ben, a fák 4 és 5 éves korában (összes fatérfogat és szemtermés)

A teljes föld feletti biomasszahozamok 2018-ban 7,75-16,72 t/ha, 2019-ben pedig 4,85 - 19,57 t/ha között alakultak. Értelemszerűen a fátlan terület produkálta a legkisebb biomasszahozamot, míg a legmagasabb hozam a 9 × 1-es hálózat esetén, azaz a legmagasabb törzsszám mellett realizálódott (1001 fa/hektár) mindkét évben. A 2018-as eredmények alapján látható, hogy a hagyományos növénytermesztésben elérhető biomassza produktumának akár több, mint kétszerese is megtermelhető agrárerdészeti gazdálkodással. A 2019-es eredmények értékelésénél fontos figyelembe venni, hogy a területen az előző évi betakarítást követően nem történt tápanyagutánpótlás, ezért a tritikálé hozamok a legtöbb esetben látványosan alacsonyabbak voltak az előző évinél, mind a szemtermés, mind a biomasszahozam tekintetében, mely leginkább a kontroll terület hozamában érhető tetten. Több esetben, a hektáronkénti törzsszámtól függetlenül hasonlóan alakultak a hozamok. Igaz ez a 322, 506 és 637 hektáronkénti törzsszám esetén, ahol 14 t/ha körül alakult a teljes föld feletti biomasszahozam mindkét évben. Szintén hektáronkénti törzsszámoktól függetlenül 10 t/ha körül alakult az agrárerdészeti rendszerek teljes föld feletti biomassza hozama 217, 230, 341 és 455 törzsszám esetén. A fás rendszereket illetően mindkét évben a 21 × 3-as hálózatban volt a legalacsonyabb a teljes biomasszahozam, mely 155 fa/ha állománysűrűséget jelent.



33. ábra: Akác-tritikálé köztes termesztési rendszer teljes föld feletti biomassza hozama a fák 4 és 5 éves korában, 2018-ban és 2019-ben

4.4.1 Földegyenérték-arány (LER) a különböző hálózatok esetén 5 éves állományokban

A földegyenérték-arány értékeit az akác esetében az egyes kezelésekhez tartozó összes fatérfogat alapján határoztam meg, ötéves korban. Az eredményeket az 53. táblázat és az 54. táblázat tartalmazza. Az eredményeket az agrárerdészeti rendszerek földegyenérték arányának szempontjából a legmagasabb értékektől az alacsonyabbak felé haladva sorrendben közöltem, mely értékek a szemtermést figyelembe véve 0,64 – 1,35 közé estek. Összességében elmondható, hogy kedvezően alakultak az eredmények, ugyanis a kilenc vizsgált ültetési hálózatból nyolc esetben megközelítették, vagy meg is haladták az 1-et, mely érték azt jelzi, hogy adott agrárerdészeti hozamok eléréséhez külön természetve a két komponenst, összességében ugyanakkora területre van szükség.

53. táblázat: Földegyenérték-arány különböző ültetési hálózatok esetén a tritikálé szemtermés figyelembevételével

Hálózat	LER tritikálé	LER akác	LER agrárerdészet
15 × 2	1,08	0,27	1,35
21 × 1	1,03	0,26	1,29
15 × 3	1,01	0,18	1,19
9 × 1	0,50	0,57	1,07
15 × 1	0,71	0,36	1,07
21 × 3	0,91	0,08	0,99
21 × 2	0,84	0,12	0,96
9 × 2	0,58	0,36	0,94
9 × 3	0,37	0,27	0,64

Ahol LER nagyobb, mint 1, ott ugyanakkora területegységen az együttes termesztéssel magasabb hozam realizálható a külön való termesztéshez képest, ahol pedig LER kisebb, mint 1, ott kevésbé produktív a rendszer a hagyományos termesztéstechnológiához képest. Csupán a 9 × 3-as kezelés hozama teljesített egyértelműen gyengén 0,64-es értékkel. A 15 × 2-es kezelés értéke 1,35, amit úgy is értelmezhetünk, hogy 35%-kal magasabb hozam realizálódott egy hektáron a fákkal való együttes termesztés esetén a klasszikus szántóföldi növénytermesztéshez képest. Említésre méltó még a 21 × 1 és a 15 × 3-as hálózat, ahol rendre 29 és 19 %-kal magasabb hozamok születtek, a fák 5 éves korában.

54. táblázat: Földegyenérték-arány különböző ültetési hálózatok esetén tritikálé föld feletti biomassza esetén

Hálózat	LER tritikálé	LER akác	LER agrárerdészet
15 × 2	1,11	0,27	1,38
15 × 3	1,04	0,18	1,22
15 × 1	0,86	0,36	1,22
9 × 1	0,54	0,57	1,11
21 × 3	1,00	0,08	1,08
21 × 2	0,88	0,12	1,00
9 × 2	0,63	0,36	0,99
9 × 3	0,41	0,27	0,67
21 × 1	0,27	0,26	0,53

A LER értékek a tritikálé teljes föld feletti biomasszáját tekintve 0,53-1,38 között alakultak. Itt összesen hét esetben volt 1 körüli, illetve azt meghaladó érték, kettő esetben pedig kedvezőtlen eredmények születtek, de tekintettel arra, hogy a 21 × 1-es kezelés szemtermés esetén jó termést produkált, vélhetően mintavételi, vagy mérési hiba léphetett fel a minták feldolgozása során.

4.5 A kutatási eredmények összefoglalása

A dolgozat „Bevezetés” című fejezetében (1.2 A kutatás célkitűzései) megfogalmazott hipotézisek alapján a következő eredményeket kaptam:

1. A varianciaanalízis eredménye szerint szignifikáns különbségek mutatkoztak az egyes fák hozamát tekintve a különböző ültetési hálózatokban. Az átmérő és a hektáronkénti törzsszám, valamint az átmérő és a növőtér összefüggését vizsgálva azonban három-, négy és ötéves korban nem volt kimutatható kapcsolat, tehát a hektáronkénti törzsszám nem magyarázza a különbségeket, ilyen tág hálózatú fiatal akácok esetében.
2. Az akác állomány hektáronkénti összes fatérfogata a növőtér nagyságával csökken, mely az erdészeti összefüggésből ismert, és tág hálózatú köztes termesztési rendszerek esetén is igazolódott. A két paraméter összefüggése exponenciális egyenlettel írható le $p=0,01$ szignifikancia szint mellett az R^2 értékek a következőképpen alakultak 3, 4 és 5 éves korban, sorrendben: 0,81; 0,93; 0,90.

3. A fa ültetési hálózata hatással van a köztes növény hozamára. Szignifikáns különbségek mutatkoztak a tritikálé hozamait illetően, mind a szemtermés, mind a föld feletti biomassza esetén ($p=0,05$). A vizsgálatok során négyzetméterre vetítve nem volt szignifikánsan alacsonyabb hozam a fasorok között, azonban több esetben szignifikánsan magasabb hozamokat produkált a tritikálé a sorközökben, a szántóföldi hozamokhoz viszonyítva. 2018-ban a kontroll terület hozama $335,1 \text{ g/m}^2$ volt, a fasorok között a négyzetméterenkénti termés $280,9$ - $425,8 \text{ g}$ között alakult. Ugyanezek az értékek 2019-ben a kontroll esetén $192,6 \text{ g/m}^2$, míg a fasorok között $110,9$ - $262,1 \text{ g/m}^2$ közé esett. Föld feletti biomassza tekintetében a kontroll területen 2018-ban és 2019-ben rendre $774,8$ és $484,7 \text{ g/m}^2$ volt a hozam, a fák sorközeiben pedig rendre $704,0$ - $938,9 \text{ g/m}^2$, illetve $151,4$ - $681,5 \text{ g/m}^2$ között változott.
4. Az akác sorok között az ültetési hálózattól és az évjárártól függően változik a tritikálé terméshozama a szántóföldi kontroll terület hozamához viszonyítva. A teljes agrárerdészeti hektárra vetített hozamok tekintetében néhány kezelés esetén a fák jelenléte mellett sem csökken a terméshozam, tehát a vetésterület csökkenését kompenzálni tudta a tritikálé a kisebb területegységen való magasabb hozamokkal. A fák négyéves korában a 15×2 és a 21×2 -es kezelés esetén is a hagyományos szántóföldi termesztéshez hasonlóan alakultak a hozamok $3,4 \text{ t/ha}$ körüli terméssel, annak ellenére, hogy a fás területeknek csupán a 81 , illetve 86% -a volt bevetve, 322 és 230 törzsszám mellett. A biomasszahozamok szintén az említett kezelések esetén hasonlóan alakultak a kontroll hozamokhoz, $7,8 \text{ t/ha}$ értékekkel. A fák ötéves korában a 15×2 (322 fa/ha), 15×3 (217 fa/ha) és a 21×1 -es ültetési hálózatok esetén (455 fa/ha) termelt hasonló mennyiségű tritikálé, mint a fa nélküli területen. Ebben az évben a biomasszahozam a 15×2 , 15×3 kezelés mellett a 21×3 -as térállásban meg is haladta a kontroll produkcióját. Míg a szemtermés esetén a különböző térhálózatok mellett akár 1 t/ha terméshozam különbség is adódott, addig a biomassza esetén hálózattól függően 2 t/ha különbség is jelentkezett. A két évet tekintve, ültetési hálózattól függően a szemtermésben mért relatív hozam négyzetméterenként 5 - 36% -kal volt magasabb, illetve 1 - 49% -kal alacsonyabb, a hagyományos termesztés eredményeihez képest. A biomassza esetén $+1$ - 41% , illetve -2 - 69% között alakult. Egy hektárra vetítve a relatív terméshozamok szemtermés esetén $+1$ - 10% és -7 - 60% , biomassza esetén pedig $+1$ - 14% , illetve -11 - 73% között változtak. A fás rendszerek többségében termés-csökkenés volt

- tapasztalható a szántóföldi termesztéshez képest. Ennek oka 4-5 éves akácfa sorok közeiben a vetésterület csökkenésével magyarázható, azonban néhány esetben a magasabb négyzetméterenkénti hozam kompenzálni tudta a kieső terület veszteségét, így összességében hasonló, vagy akár magasabb hozamok is születtek, mint a kontroll területen. Tritikálé-akác köztes termesztési rendszerben néhány esetben 0,81 és 0,86 hektárról ugyanakkora, vagy magasabb hozamot takarítottunk be, mint 1 hektár hagyományos növénytermesztés produktuma, tehát kisebb területen, nagyobb hozam realizálódott, mely az akácnak a köztesnövény termésére gyakorolt pozitív hatását bizonyítja az ültetési hálózattól függően.
5. A tritikálé termés és biomassa hozama a hektáronkénti törzsszám növekedésével csökkenő tendenciát mutat, ahogy ezt a nemzetközi szakirodalomban is leírták, azonban csupán a 2018-as évben volt szignifikáns kapcsolat, $p=0,1$ szignifikancia szint mellett. Szemtermés esetén $R^2=0,31$, biomassa esetén pedig $R^2=0,38$. A kapcsolat lineáris regresszióval írható le. Némely esetben a magasabb törzsszám magasabb tritikálé hozamokkal párosult, valamint a legkisebb sorközök esetén minden esetben termésnövekedés volt megfigyelhető.
 6. A vizsgált agrárerdészeti rendszer teljes föld feletti biomassa hozama felülmúlja a szántóföldi növénytermesztésben elérhető mennyiséget. Szemben a szántóföldi növénytermesztés teljes föld feletti biomassa produktumával, agrárerdészeti rendszerben a hektáronkénti törzsszámtól függően a fák négyéves korában akár kétszeres hozam realizálható.
 7. 7. A vizsgált agrárerdészeti termesztési rendszerben bizonyos ültetési hálózatok esetén a fák 5 éves korában kedvezően alakul a földgyenérték-arány (LER), azaz összességében magasabb hozamok (szemtermés és fatermés, illetve biomassa) érhetők el köztes termesztési rendszerben egy adott területegységen, mint külön területen termesztve a két növénykultúrát. A vizsgált eredmények alapján a köztes termesztési rendszerek földgyenérték aránya tritikálé szemtermést vizsgálva 0,64-1,35 között, föld feletti biomassa esetén pedig 0,53-1,38 között változott. Az akác esetében értelemszerűen minden esetben alacsonyabbak voltak a LER értékek az erdőgazdálkodás gyakorlatához viszonyítva, hiszen jelentősen kevesebb a hektáronkénti törzsszám, azonban tritikálé esetében némely esetben önmagában

pozitív LER értékek mutatkoztak a fás rendszerekben. A vizsgált kilenc ültetési hálózatból szemtermés esetén öt térállásban, biomassza esetén hat térállásban a köztes termesztési rendszerek LER értékei 1 felett alakultak. Igazoltam, hogy csernozjom barna erdőtalajon, megfelelő ültetési hálózat esetén, a fák ötéves korában (2019-ben) hazai körülmények között is a szemtermés alapján kalkulálva akár 35%-kal, biomassza esetén pedig akár 38%-kal magasabb hozamok érhetők el agrárerdészeti akác-tritikálé köztes termesztési rendszerben, mint a hagyományos termelési rendszerekben (különálló növény- és fatermesztés esetén).

5 Értékelés

5.1 Az ültetvények hozamának értékelése

Míg köztes termesztési rendszerben termesztett szántóföldi kultúra hozamát tekintve Ivezic és munkatársai (2021) egy átfogó munkát közöltek 2021-ben, kifejezetten a mérsékelt égövi tanulmányokat összefoglalva, addig a faállomány hozamát tekintve nem készült még hasonló áttekintő tanulmány. Azon kevés közlemény, amelyek agrárerdészeti köztes termesztési rendszerek fa komponensének hozamát tárgyalják, jellemzően inkább energetikai célú ültetvényeket vizsgálnak, vagy amennyiben ipari célú faanyagtermesztő ültetvény a vizsgálat tárgya, akkor többnyire magassági és/vagy átmérő adatokat közölnek néhány növőtér konfigurációt vizsgálva (Seiter et al. 1999, Lamerre et al. 2015). Másik jellemző eset, amikor gyümölcstermő fákat vizsgálnak köztes termesztési rendszerben, ahol dendrometriai vizsgálatokra értelemszerűen nem kerül sor. Erre egy példa Žalac és munkatársai által készített tanulmány (2021), melynek keretében Horvátországban végeztek vizsgálatokat, különböző hektáronkénti törzsszám mellett (100, 135 és 170 fa/ha). A tanulmányban kukorica, árpa és őszi káposztarepce, valamint közönséges dió hozamát vizsgálták és modellezték a Farm-SAFE és Yield-SAFE modellek segítségével, azonban a fa esetén itt is a gyümölcs hozam képezte a vizsgálatok tárgyát, nem pedig a faanyag. Hozambecslések esetén gyakori, hogy néhány évnnyi adatsor áll csupán rendelkezésre, és – validálás után – az előbb említett modellek segítségével becsülik meg a hosszabb távon várható terméshozamok alakulását, ahogyan ez az említett tanulmányban is történt.

További nehézséget jelent a fa hozamok vizsgálata esetén, hogy a szakterület jellemzően hektáronkénti törzsszámot közöl (véltetően a támogatáspolitikai megközelítés miatt), és az erdészettudományban alkalmazott ültetési hálózat és/vagy a növőtér ritkán kerül közlésre, mely meghatározó a fák növekedése és a teljes terület hozamának szempontjából, mind a fa, mind a köztesnövény esetén (Honfy et al 2023).

Az egyes fák hozamát vizsgálva, szignifikáns különbségek mutatkoztak a vizsgált években, a különböző ültetési hálózatokban. A legmagasabb hozamot hároméves korban a 9×2 -es (18 m^2 növőtér) hálózatban, míg négyévesen a 15×2 (30 m^2), ötévesen a 15×3 -as (45 m^2) hálózatban jegyeztem fel. Ahhoz, hogy az agrárerdészeti rendszerek fatermése összemérhető legyen az erdőgazdálkodás eredményeivel Dupraz és munkatársai (2015) a SAFE projekt (Silvoarable Agroforestry for Europe) keretében referencia adatokat határoztak meg az egyes fák térfogata alapján. Ennek példájára, Rédei (2015) akác sarjerdő

fatermési táblája alapján, az állomány öt éves korában hektáronként 4045 egyeddel és 45 m³ hozammal lehet számolni, mely egyedenként 0,011 m³-t jelent, azonban ezek az adatok tájékoztató jellegűek, hiszen a termőhelyi adottságok változatosak (az ország több pontján végzett kísérleti területek átlagai). Jelen kutatás eredményei alapján azonos korú akácfa hozama a különböző ültetési hálózatokban 0,023-0,036 m³ között alakult. Mivel az agrárerdészeti rendszerekben a fák nagy növőtérrel rendelkeznek, kezdetben kisebb az egyedek közötti konkurencia, mely a viszonylagosan nagy hozamokat magyarázhatja. Ugyanakkor a fényért való versengés alapvetően magassági növekedésre sarkallja az egyedeket, mely hatás jelen esetben a tág hálózatok miatt feltételezhetően nem érvényesült, (mint például 21 méter). Mindez újfent magyarázhatja, hogy a fák négy-öt éves korában a legmagasabb hozamok a 15 méteres sorközökben mértem. Idővel azonban – a fa növekedésével – a hozameredmények változnak, és a legjobb teljesítmény érdekében indokolt lehet a nyesés.

Ahogy az az erdőgazdálkodásban ismert, a kísérletben is igazolódott, hogy a növőtér és az összes hektáronkénti fatérfogat között erős kapcsolat áll fenn. Khan and Chaudhry (2007) is leírta ezt egy 8 éves tanulmány keretében, ahol különböző nyár klónok sorközeiben vetésváltásban búzát, és takarmány kukoricát termesztettek. A tanulmányban többek között azt vizsgálták, hogyan hat az ültetési hálózat és az egyedsűrűség a fák növekedésére 455 (3,7 × 6,1), 305 (3,7 × 9,1) és 230 (3,7 × 12,1) hektáronkénti törzsszám esetén. A legmagasabb hektáronkénti hozamot a legsűrűbb hálózatban mérték, melyet jelen dolgozat eredményei is alátámasztanak. Szoros összefüggést igazoltak továbbá a növőtér és az átlagos átmérő között (8 év távlatában). A növőtér nagyságával az átlagos átmérő növekedését írták le, mely növekedés egy ponton megállt. Jelen dolgozat esetében fiatal (3-5 éves) egyedek vizsgálatára került sor, ebben a korban még nem volt statisztikailag szignifikáns kapcsolat a növőtér és az átmérő között.

Ezen túlmenően nehéz az eredményeket további munkákkal összevetni, mert a fafajok, azok kora és térállása, valamint a termőhely széles spektrumával találkozunk azon kevés tanulmány esetén is, melyek hasonló témával foglalkoznak, mérsékelt égövön.

5.2 A köztesnövény hozamának értékelése

Az agrárerdészeti rendszerek esetén a köztes növény szempontjából nem beszélhetünk a hagyományos növénytermesztésben megszokott hektárra vetített hozamról, ugyanis a fák

által minden esetben csökken az egy hektárra jutó vetésterület. Ahhoz, hogy kiküszöböljük a vetésterület csökkenése miatt jelentkező hatást, és csupán a fák hatását értékelhessük, a kiértékelés négyzetméter alapon is megtörtént. Az így született eredmények alapján nem volt szignifikánsan ($p=0,05$) alacsonyabb hozam a fák sorközeiben a kontroll területhez viszonyítva 2018-ban, azonban több esetben ahhoz hasonlóan alakultak a hozamok, vagy meg is haladták azt (15×2 , 21×2 esetén), akár 21%-kal. Mindez igaz a szemtermésre és a tritikálé föld feletti biomassza hozamára. Ennek oka lehet, hogy a fák jelenléte által módosul a tápanyagforgalom, valamint a rendszer mikroklímája és vízháztartása is megváltozik, melyek kedvező kimenetel esetén szintén hozzájárulhatnak a terméshozam növekedéséhez, a fátlan területek hozamaihoz viszonyítva. A vizsgálat második évében már nem volt a kontrollhoz viszonyítva szignifikánsabban magasabb terméshozam egyik fás rendszer esetén sem a szemtermést vizsgálva, de még így is néhány kezelés esetén magasabb volt a terméshozam, így a 15×2 , 15×3 , 21×1 és 21×3 -as hálózatban. Tehát a magasabb hozamok csak a nagyobb sortávú kezelések esetén voltak jellemzőek (>9 m). Ez valószínűleg a fa és növény közötti versengéssel magyarázható, a sűrűbb térhálózat esetén (Žalac et al. 2021). A 2019-es föld feletti biomassza eredményeket tekintve a 15×2 -es hálózat esetén ebben az évben is szignifikánsan magasabb volt a hozam a fátlan területhez képest, és fás rendszerek többségében magasabb hozam volt tapasztalható. Említésre méltó, hogy négyzetméterenként akár 41%-kal is több föld feletti tritikálé biomassza keletkezett a fás területen, mint a kontroll szántóföldön. Ennek egyik magyarázata lehet, hogy nem volt tápanyagutánpótlás egyik évben sem, és a tápanyaghiány a második évben már markánsabban jelentkezik. A fák jelenléte (nitrogénmegkötő képesség, avar) hozzájárulhatott a köztes növény kedvezőbb tápanyagforgalmához (Issah et al. 2015), míg a hagyományos termesztés esetén nem tapasztalható efféle kedvező hatás. További magyarázat lehet a fák jelenlétéből adódó kedvezőbb mikroklíma hatása.

A teljes agrárerdészeti hektárra vetített hozamok tekintetében néhány kezelés esetén a fák jelenléte mellett sem csökken a terméshozam, tehát a vetésterület csökkenését kompenzálni tudta a tritikálé a kisebb területegységen való magasabb hozamokkal. A fák négyéves korában a 15×2 és a 21×2 -es kezelés esetén is a hagyományos szántóföldi termesztéshez hasonlóan alakultak a hozamok 3,4 t/ha körüli tritikálé terméssel, annak ellenére, hogy a fás területeknek csupán a 81, illetve 86%-a volt bevetve, 322 és 230 törzsszám mellett. A biomasszahozamok szintén az említett kezelések esetén hasonlóan alakultak a kontroll hozamokhoz, 7,8 t/ha értékekkel. A fák öt éves korában a 15×2 (322 fa/ha), 15×3 (217 fa/ha) és a 21×1 -es ültetési hálózatok esetén (455 fa/ha) termelt hasonló mennyiségű

tritikálé, mint a fa nélküli területen. Ebben az évben a biomasszahozam a 15×2 , 15×3 kezelés mellett a 21×3 -as térállásban meg is haladta a kontroll produkcióját. Míg a szemtermés esetén a különböző térhálózatok mellett akár 1 t/ha termés hozam különbség is adódott, addig a biomassza esetén hálózattól függően 2 t/ha különbség is jelentkezett. Mindezen megállapítások hasonlóak Ivezic (2021) és munkatársai által összegzett metaanalízis eredményeihez, ahol 13 tanulmány elemzését követően azt találták, hogy a fák ültetésének az évében a köztes növény a kontroll terület hozamának 96%-át produkálja. Jelen tanulmány esetén a fák négy és ötéves korában is kedvezően alakultak a hozamok, néhol 100% felett teljesített a fás rendszerekben a köztes növény. Az említett tanulmány szerint a köztes növények hozamai évente átlagosan 2,6%-kal csökkentek, míg ezt a megállapítást jelen eredményekkel nem tudjuk alátámasztani. Egy kanadai tanulmány szerint (Carrier et al. 2019), a második generációs agrárerdészeti köztes termesztési rendszerek már nagyobb sortávolságokkal valósulnak meg (25–90 m), melyek jobban alkalmazkodnak a nagy volumenű szántóföldi gazdálkodáshoz (kukorica, szója, búza és takarmánynövények), ugyanis a fáknak ilyen esetben nem volt hatásuk a köztes növényekre, a vízért való versengés a fák és növények között jelentéktelennek mondható. Összefoglalva a köztes növények hozameredményeit elmondható, hogy a fák jelenléte nem okozott statisztikailag szignifikáns terméscsökkenést négyzetméterre vetített átlagos hozam tekintetében, sőt több esetben magasabb hozam volt megfigyelhető, mind a szemtermés, mind a biomassza tekintetében. Míg 2018-ban a kontroll terület tritikálé szemtermés hozama $335,1 \text{ g/m}^2$ volt, a fasorok között a négyzetméterenkénti termés $280,9 - 425,8 \text{ g}$ között alakult. Ugyanezek az értékek 2019-ben a kontroll esetén $192,6 \text{ g/m}^2$, míg a fasorok között $110,9 - 262,1 \text{ g/m}^2$ közé esett. Föld feletti biomassza tekintetében a kontroll területen 2018-ban és 2019-ben rendre $774,8$ és $484,7 \text{ g/m}^2$ volt a hozam, a fák sorközeiben pedig rendre $704,0 - 938,9 \text{ g/m}^2$, illetve $151,4 - 681,5 \text{ g/m}^2$ között változott. A hektárra vetített termés hozamok csökkenését a kisebb vetésterület magyarázza, valamint egyéb tényezők is befolyásolhatják, úgymint a kedvezőtlen mikroklíma, az árnyék hatás, különösképpen a fák növekedésének előrehaladtával. Számos föld alatti és föld feletti interakció megfigyelhető az agrárerdészeti rendszerekben, a talaj-növény-fa kapcsolatot vizsgálva (Batish et al.), melyek hozzájárulhatnak a magasabb termés hozamokhoz, ahogy azt Seserman és munkatársai is leírták (2019). Egy másik tanulmány szerint (Burgess et al. 2004), amikor a köztes növény már kellően előrehaladott fejlődési stádiumban van, amikor a fák kihajtanak és lombkoronát formálnak (például gabona-nyár köztes termesztés esetén) a fák közvetlen közelében tapasztalható terméscsökkenés nem számottevő. Olaszországban

hasonló következtetésre jutottak dió és lóhere együttes termesztésének vizsgálata során (Dupraz et al. 2005). Jelen tanulmány is igazolhatja ezeket a megállapításokat, ugyanis őszi vetésű tritikálé került az akácfasorokba, mely fafajra szintén a késői rügyfakadás jellemző, április végi május eleji időpontban, tehát jó kombinációnak tekinthető a két faj együttes termesztése.

5.3 A köztes termesztési rendszerek és a földegyenérték-arány kiértékelése (LER)

A tritikálé hozamok csökkenő tendenciát mutattak a hektáronkénti törzsszám növelésével, azonban csupán 2018-ban és $p=0,1$ szignifikancia szinten volt statisztikailag szignifikáns összefüggés a két paraméter között. Az összefüggés lineáris regresszióval írható le, ahol a determinációs együttható $R^2=0,31$ volt négyéves korban. A termésnövekedés részben magyarázható a hektáronkénti faegyedek számával, azonban vélhetően a fák fiatal koránál, és méreténél fogva, valamint a kellően nagy növényterek okán ebben a korban még nem számottevő ez a hatás. Ugyanez a megállapítás született a tritikálé föld feletti biomassza hozamát tekintve is, $p=0,1$ szignifikancia mellett statisztikailag igazolható, lineáris kapcsolat áll fenn $R^2=0,38$ mellett. Hasonló összefüggést talált Ivezic és munkatársai (2019) a már korábban említett összegző tanulmányban. Seiter (1999) szintén negatív kapcsolatot talált a fa állománysűrűsége és a köztes növény (kukorica) hozama között. Fontos azonban kiemelni, hogy nem csak a hektáronkénti törzsszám, hanem a konkrét ültetési hálózat is szerepet játszik a hozamok alakulásában, ugyanis minél nagyobb sorközökkel történik a telepítés, annál nagyobb terület áll rendelkezésre a köztes növény számára. Az ültetési hálózat tehát informatívabb pusztán a hektáronkénti törzsszám közlésénél (Pl. 100 db fa/hektár jelenthet 10×10 -es, vagy 25×4 -es ültetési hálózatot is, melyek egészen más hozamokat eredményezhetnek). A köztes termesztési rendszerek teljes föld feletti biomassza produktuma minden esetben magasabb volt a szántóföldi növénytermesztéshez képest. Mindez a klímataudatos mezőgazdaság fényében jelentős előnyökkel járhat, mert az efféle rendszerben számottevően több szénmegkötés írható jóvá, hosszútávú tárolást biztosítva.

Ami a földegyenérték-arányt illeti, összeségében kedvező értékek születtek, ugyanis a kilenc vizsgált ültetési hálózatból nyolc esetben 1 körüli, illetve 1 felett alakultak ezek az értékek. A legkedvezőbb hálózatok esetén 1,07 – 1,35, további három esetben 0,94-0,99 közé esett ez az érték, ami szintén létjogosultsággal bírhat gazdálkodói környezetben, ha

figyelembe vesszük az agrárerdészet által nyújtott ökoszisztéma szolgáltatásokat is. Három esetben önmagában a tritikálé szemtermés elérte az 1,01 – 1,08-as arányt (15×2 , 21×1 és 15×3 -as kezelések esetén), tehát jobban teljesítettek a fahozam figyelembevétele nélkül is, mint a hagyományos szántóföldi termesztés esetén. E térállások esetén volt a legmagasabb a hozam négyzetméterre vetítve is, tehát ugyan a fák jelenléte miatt csökkent a vetésterület, a magasabb négyzetméterenkénti hozam ezt kompenzálta. A szemtermés esetén az összes kezelést figyelembe véve 0,40-1,10, a biomassza esetén 0,44-1,14 között alakultak a LER értékek (a 21×1 -es kezeléstől eltekintve), tehát nagyon hasonlóan. Ehhez hasonló eredményeket közölt egy tanulmány (Žalac et al. 2021), ahol modellezés (és az első öt év terepi validálása mellett) egy-, négy- és hétéves diófák között, kukorica, árpa és őszi káposztarepce vetésforgó esetén a LER értékek 1,05–1,14 között alakultak. Szintén ebben a tanulmányban 20 éves szimulációt végeztek, melynek eredménye szerint a várható LER 170 fa/ha esetén 1,38; 100 egyeddel számolva pedig 1,53. Itt azonban az értékek gyümölcs hozamra vonatkoznak, nem a fatermésre. Graves és munkatársai (2007) ugyanennek a modellnek az alkalmazásával szintén azt találták, hogy idővel jobban csökken a LER érték magasabb törzsszám mellett, mint kevesebb egyed esetén. Az értékek így is 1,0-1,4 közé estek a vizsgált 50 fa/ha és 113 fa/ha esetén is. Jelen tanulmány eredményei beilleszthetők a nemzetközi szakirodalom eredményei közé, azonban indokolt hosszú távú becslések elvégzése is.

Jelen disszertáció kérdésfelvetése az volt, hogy melyik ültetési hálózatban érhető el a maximális hozam a vizsgált köztes termesztési rendszerekben. A földegyegyenérték-arányt elemezve megállapítottam, hogy a fák ötéves korában a 15×2 -es hálózat, azaz hektáronkénti 322 faegyed mellett a legproduktívabb a rendszer a szántóföldi növénytermesztéssel összevetve, szemtermés esetén. Ugyanebben az ültetési hálózatban volt a legmagasabb a tritikálé hozam is, mindkét vizsgált évben. A teljes föld feletti biomasszát vizsgálva a 9×1 -es kezelés (1001 fa/ha) esetén volt a legnagyobb a szervesanyag produkció, a teljes agrárerdészeti rendszert tekintve. Ami az ültetvények hozamát illeti, szintén a 9×1 -es, vagyis a legsűrűbb hálózatban realizálódott a legmagasabb hozam (hektáronkénti összes fatérfogat), azonban megjegyzendő, hogy amennyiben a faanyagtermesztés az agrárerdészeti rendszer elsődleges célja, akkor számottevően magasabb hektáronkénti törzsszám indokolt.

6 Következtetések, javaslatok

A tanulmány eredményei adott termőhelyen és években, adott fajok esetén érvényesek, ezért csupán arra következtethetünk, hogy az akác és tritikálé együttes termesztése az első néhány évben ígéretesnek tűnik, különösen a nagyobb (>9 m) sortávok esetén. Feltehetően a fák fiatalabb korában még kedvezőbben alakulnak a szántóföldi növény hozamai, hiszen kisebb a fényért és tápanyagokért való versengés. A kísérletben nem történt tápanyagutánpótlás, annak alkalmazása esetén még kedvezőbb eredményekre számíthatunk. A fahozamokat illetően, az átmérő és növénytér, illetve az átmérő és hektáronkénti törzsszám összefüggésének hiánya rávilágított arra, hogy az erdészetben alkalmazott fatömegbecslés módszere vélhetően nem megfelelő az ilyen jellegű agrárerdészeti rendszerek hozambecslésére, és a jövő feladatai közé tartozik a speciális, agrárerdészeti rendszerekben alkalmazható fatermési táblák szerkesztése.

Jelen disszertáció egy megalapozó tanulmányként kíván hozzájárulni a hazai agrárerdészeti kutatásokhoz, melyeket a jövőben indokolt volna térben és időben, valamint fajokat illetően is kiterjeszteni, különös tekintettel azok hozamára és gazdasági vonatkozásaira, valamint a klímaváltozás fényében az adaptáció és mitigáció terén betölthető szerepét vizsgálva.

A fák növekedése által az évek során az agrárerdészeti rendszerek hozameredményei kétségkívül változni fognak. Ezért a jól megtervezett nyesések, valamint ritkítások a fenntartás részét kell, hogy képezzék hosszútávon, hogy a rendszerben rejlő potenciált a kedvező fa-köztes növény interakciók által maximálisan ki lehessen használni. Mindaddig, míg a gazdálkodónak megéri fenntartani az agrárerdészeti rendszert akár anyagi megfontolásból, akár az ökoszisztéma szolgáltatások okán.

Hogy melyik térállás a legkedvezőbb a gazdálkodás gyakorlatában, tulajdonképpen attól függ, miként fogalmazza meg a gazdálkodó a fás rendszer célját (mely cél az idő előrehaladtával, a rendszer fejlődésével változhat is). Ez lehet növénytermesztés, fatermesztés, biomassza produkció, a biodiverzitás növelése, élőhelyteremtés, talajvédelem, vagy egyéb. A jövőben az agrárerdészeti rendszerek szerepe felértékelődhet a szénmegkötési potenciáljuk által, hiszen a fa és az általa elfoglalt bolygatatlan talaj hosszútávú szénraktárként is funkcionálnak, mely újabb bevételt jelenthet a gazdálkodónak a karbonpiac kiterjesztése esetén. A fák mezőgazdaságban betöltött további fontos szerepe a mikroklima befolyásolása, mely a klímaadaptáció meghatározó eszköze lehet. További következtetése a dolgozatnak, hogy ugyan indokolt a területegységre telepíthető faegyedek számának meghatározása az agrár szakpolitikai céloknak megfelelően, fontos, hogy

rugalmasan alakítható legyen a térállás tekintetében. A jelenlegi (2022-ben aktuális) támogatásban minimum 5×5 , maximum 10×10 méteres hálózatban van megkötve a térállás, melyet érdemes volna felülvizsgálni.

7 Összefoglalás

A fák mezőgazdasági termesztésbe való integrálása a régmúlt időkhig nyúlik vissza, azonban a mérsékelt égövön, többek között az iparosodás következményeként jelenlétük nagy mértékben visszaszorult, jelentőségük csaknem feledésbe merült. Az elmúlt évtizedek kutatási eredményei rávilágítottak arra, hogy óriási potenciál rejlik a fákkal kombinált földhasználati rendszerekben (agrárerdészet), kiváltképp a jelen környezeti, társadalmi és gazdasági helyzetben, a változó klímában. A köztes termesztés (alley cropping) – az agrárerdészet egy típusaként – a rendszerre jellemző számos ökoszisztéma szolgáltatást nyújt, valamint gazdasági és ökológiai előnyökkel járhat a hagyományos szántóföldi műveléshez viszonyítva. Az interakciók sokfélesége, valamint a fák hosszabb élettciklusa miatt azonban ezek a komplex rendszerek körültekintő tervezést igényelnek.

A kutatás célja a köztes termesztés térnyerésének elősegítése, hiánypótló hozamdatak közlése és földegyenérték-arány számítása által, melyek az országban elsőként létrehozott táj hálózatos szántóföldi kultúrával kombinált agrárerdészeti demonstrációs területről származnak. A kutatási kérdést a következőképpen fogalmaztam meg: mely ültetési hálózat a legkedvezőbb az akác és a tritikálé hozamok szempontjából, illetve a teljes agrárerdészeti hozamot tekintve?

A szántóföldi kísérletben különböző sor és tőtávú akác (*Robinia pseudoacacia* L.) állományok hozamainak és azok sorközeiben termesztett tritikálé (\times *Triticosecale* W.) hozamainak (szemtermés és biomassa) vizsgálatára került sor, több ismétlésben, statisztikai kiértékeléssel. A földegyenérték-arány számítását tritikálé esetén a kísérletben beállított kontroll terület adataiból, akác esetén szakirodalmi adatok felhasználásával végeztem.

A statisztikai vizsgálatok szignifikáns különbségeket mutattak az egyes kezelések (ültetési hálózatok) között, mind az akác, mind a tritikálé hozamok esetében. A földegyenérték-arány számítások során a 9 ültetési hálózatot vizsgálva tritikálé szemtermés alapján 5, a tritikálé föld feletti biomasszahozam alapján 6 esetben kedvező értékeket kaptam, mely azt jelenti, hogy a két kultúrát együtt termesztve közel megegyező, vagy magasabb hozam érhető el, mint a hagyományos növénytermesztéssel és fatermesztéssel külön-külön. A nemzetközi szakirodalom szerint a mérsékelt égövön és különböző éghajlatokon, számos növénykultúra esetén hasonlóan pozitív eredmények születtek, ugyanakkor több olyan

tanulmány is napvilágot látott, melyek egyes növény fajok vagy fajták esetében, illetve a fák bizonyos méretei mellett komoly termésesökkenést közöltek.

Az eredményekből arra lehet következtetni, hogy a vizsgált növények jól társíthatók, és produktív agrárerdészeti rendszerek hozhatók létre akác és tritikálé együttes termesztésével, megfelelő térhálózat alkalmazásával, a rendszer első néhány évében. Az eredmények azonban csak adott növénykultúrák esetében, adott termőhelyen és évjáratokban, illetve korban értelmezhetőek, ezért térben és időben kiterjesztett további vizsgálatok szükségesek. Fontos megemlíteni a klímaadaptáció és mitigáció területét, melyhez szintén alapul szolgálhatnak a tanulmány eredményei. A fák és az általuk elfoglalt bolygatatlan talaj hosszú távú szénraktáraknak tekinthetők, így meghatározható a szénmegkötési potenciál, mely a jövőben a fenntartható gazdálkodást folytató gazdálkodóknak kedvezhet, a karbonpiac által. Az ökológiai és gazdasági kérdések újabb kutatási területeket jelentenek, melyeket a jövőben vizsgálni szükséges. Mindez a szakpolitika számára értékes inputként szolgálhat, kifejezetten az agrárerdészeti támogatások vonatkozásában.

8 Új tudományos eredmények

Az új tudományos eredmények az akác (*Robinia pseudoacacia* L.) és a tritikálé (\times *Triticosecale* Wittm. ex. A. Camus) 'GK Maros' agrárerdészeti köztes termesztésére vonatkoznak, mérsékelt égvön, cseres-tölgyes erdészeti klímaosztályban, csernozjom barna erdőtalajon. 2018-ban a fák négyévesek voltak, az évi csapadékösszeg 519,6 mm volt, az évi középhőmérséklet pedig 11,8 °C. 2019-ben, a fák 5 évesek voltak, az évi csapadékösszeg 545,3 mm, az évi középhőmérséklet pedig 12,0 °C.

1. A Földegyenéték-arány (LER) értékek 2019-ben akác-tritikálé köztes termesztési rendszerben a következőképpen alakultak:

1.1 A tritikálé szemtermés alapján a 15×2 , 21×1 , 15×3 , 9×1 és a 15×1 -es ültetési hálózatok esetében 1,35; 1,29; 1,19; 1,07 és 1,07 volt, tehát 7-35%-kal nőtt, míg a 21×3 , 21×2 , 9×2 , és a 9×3 -as ültetési hálózatok esetében 0,99, 0,96; 0,94 és 0,64 volt, tehát 1-36%-kal csökkent a terméshozam az együttes termesztés esetén.

1.2 A tritikálé föld feletti biomassza alapján a 15×2 , 15×3 , 15×1 , 9×1 , 21×3 ültetési hálózatok esetén 1,38; 1,22; 1,22; 1,11; 1,08; volt, tehát 8-38%-kal nőtt, míg a 21×2 , 9×2 , 9×3 és a 21×1 -es ültetési hálózatokban 1,00; 0,99; 0,67; 0,53 tehát 1-47%-kal csökkent a föld feletti biomasszahozam az együttes termesztés esetén.

Összességében szemtermés esetén 5, föld feletti biomasszahozam tekintetében pedig 6 ültetési hálózat esetén kedvezően alakultak a LER értékek, tehát az akác és tritikálé köztes termesztési rendszerben eredményesen termeszthető.

2. A tritikálé 'GK Maros' sikeresen termeszthető agrárerdészeti köztes termesztési rendszerben, a hagyományos szántóföldi növénytermesztéssel összevetve akár többleszámra is képes, négy- és ötéves akác sorok között, megfelelő ültetési hálózatban. A 9, 15 és 21 méteres sorközök esetén a teljes terület 70, 81, illetve 86%-a volt bevetve. A fák jelenlétéből adódó vetésterület-csökkenést kompenzálni tudta a tritikálé a négyzetméterenkénti magasabb produkció által.

2.1 2018-ban a hagyományos szántóföldi növénytermesztés esetén 3,35 t/ha szemtermés termett, a 15×2 -es és a 21×2 -es ültetési hálózatban pedig 3,44 és 3,39 t/ha, mely 3 és 1 %-os hozamnövekedést jelent, míg a 21×1 , 15×3 , 21×3 és 15×1 -es ültetési hálózatokban 3,04; 2,68; 2,43; és 2,40 t/ha termett, mely 9, 20, 28 és 28%-os hozamcsökkenést jelent. A hagyományos szántóföldi növénytermesztés esetén 7,75 t/ha, a 21×2 -es ültetési hálózatban pedig 8,09 t/ha volt a föld feletti biomassa, mely 4%-os többlethozamot jelent, míg a 15×2 , 21×1 , 15×3 , 15×1 és 21×3 -as ültetési hálózatok esetében 7,59; 6,76; 6,39; 6,17 és 6,08 t/ha biomassa termett, mely 2, 13, 18, 20, 22%-os hozamcsökkenést jelent.

2.2 2019-ben, a hagyományos szántóföldi növénytermesztés esetén 1,92 t/ha szemtermés termett, a 15×2 , 21×1 és 15×3 -as ültetési hálózatban pedig 2,12; 2,01 és 1,98 t/ha, mely 10, 4 és 3%-os hozamnövekedést jelent, míg a 21×3 , 21×2 , 15×1 , 9×2 , 9×1 , és a 9×3 -as ültetési hálózatokban 1,78; 1,64; 1,40; 1,21; 1,06; 0,78 t/ha termett, mely 7, 15, 27, 37, 45 és 60%-os hozamcsökkenést jelent. A hagyományos szántóföldi növénytermesztés esetén 4,85 t/ha, a 15×2 , 15×3 és a 21×3 -as ültetési hálózatban pedig 5,51; 5,15; és 4,93 t/ha volt a föld feletti biomassa, mely 14, 6 és 2%-os többlethozamot jelent, míg a 21×2 , 15×1 , 9×2 , 9×1 , 9×3 és 21×1 -es ültetési hálózatok esetén 4,32; 4,27; 3,34; 2,87; 2,15; 1,31 t/ha biomassa termett, mely 11, 12, 31, 41, 56 és 73%-os hozamcsökkenést jelent.

3. Az agrárerdészeti köztes termesztési rendszerben létrehozott tág hálózatú ipari célú akác ültetvények hozamai a következőképpen alakultak:

3.1 Az akácok hektáronkénti összes fatérfogata a fák négyéves korában, 2018-ban 9, 15, 18, 21, 27, 30, 42, 45 és 63 m^2 növőtér esetén 16,5; 10,7, 10,6; 7,8; 6,9; 8,0; 3,9; 3,8, és $2,7 \text{ m}^3/\text{ha}$ volt.

3.2 Az akácok hektáronkénti összes fatérfogata a fák ötéves korában, 2019-ben 9, 15, 18, 21, 27, 30, 42, 45 és 63 m^2 növőtér esetén 22,9; 15,1; 14,6; 11,2; 9,4; 11,6; 5,2; 8,1, és $3,6 \text{ m}^3/\text{ha}$ volt.

9 Köszönetnyilvánítás

Köszönettel tartozom témavezetőimnek, Dr. Borovics Attilának és Dr. Kovács Gábomak a hasznos tanácsaikért és iránymutatásukért, valamint, hogy támogatták a disszertáció témáját, mely a hazai tudományos életben újszerű szakterületnek, földhasználatnak tekinthető.

Köszönöm továbbá a Soproni Egyetem Erdészeti Tudományos Intézet munkatársainak, különösképp Dr. Keserű Zsoltnak és Rásó Jánosnak, valamint a volt Mezőgazdasági Gépesítési Intézet (ma MATE) munkatársainak és Füredi Máténak a sok segítséget a terepi munkák, felvételezések és mintagyűjtések során. A terepi és a labormunkákat illetően további köszönet illeti Takács Rolandot, Nagy-Khell Melindát, Kocsisné Antal Juditot, Kálmán János Csabát és Horváth Attilát.

Dr. Rédei Károly, Dr. Tóth Ferenc és Dr. Balla István is értékes tanácsokkal láttak el, melyeket ezúton is szeretnék megköszönni. Köszönettel tartozom Dr. Pödör Zoltánnak is, aki a statisztikai kérdésekben volt a segítségemre.

Hálás vagyok a barátaim és családom támogatásáért, biztatásukért. Külön köszönet illeti szüleimet, Honfy Jenőt és Honfyné Lévai Monikát.

10 Irodalomjegyzék

- ANTAL J. (2005) Növénytermesztés. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 328p, 195-201p
- ARENAS-CORRALIZA, M. G. – LÓPEZ-DÍAZ, M. L. – MORENO, G. (2018). Winter cereal production in a Mediterranean silvoarable walnut system in the face of climate change. *Agric. Ecosyst. Environ.* 264, 111–118. doi: 10.1016/j.agee.2018.05.024
- AYALEW, H. – KUMSSA, T.T. – BUTLER, J.B. – MA, X.F. (2018): Triticale Improvement for Forage and Cover Crop Uses in the Southern Great Plains of the United States. *Front. Plant Sci.*, 06 August 2018. Volume 9 – 2018. doi: <https://doi.org/10.3389/fpls.2018.01130>
- ÁBRI, T. – KESERŐ, ZS. – BOROVICS, A. – RÉDEI, K. – CSAJBÓK, J. (2022): Comparison of juvenile, drought tolerant black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) clones with regard to plant physiology and growth characteristics in Eastern Hungary: early evaluation. *FORESTS* 2022: 13 Paper: 292, 15 p.
- BATISH, D.R. – KOHLI, R.K. – JOSE, S. – SINGH, H.P. (eds) (2008): Ecological basis of agroforestry. CRC Press, Boca Raton. 382 p.
- BOROVICS A. – GYURICZA Cs. (2015): Termeljünk együtt a természettel! Fókuszban az agroerdészet. *Agroinform*, 2015. 11. 12-17 pp.
- BOZSIK A. – BUJÁKI G. – BÜRGÉS GY. – CZENCZ K. – DELI J. – GLITS M. – FOLK GY. – HUNYADI K. – IPSITS Cs. – JÁRFÁS J. – KADLICKÓ S. – KISS J. – KOPPÁNYI M. – KOZMA E. – KÖVICS GY. – KUROLI G. – LÁNSZKI I. – PETRÁNYI I. – PETRÓCZI I. – PÉCSI S. – PÉNZES B. – PINTÉR Cs. – RADÓCZ L. – REISINGER P. – SÁRINGER GY. – SZABOLCS J. – SZALAY-MARZSÓ L. – TAKÁCS A. – TOMCSÁNYI E. – TÓTH A. – TÓTH I. – VIRÁNYI F. (1997) Növényvédelem, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 557p, 1-24p
- BUCK, L.R. – LASOIE, J.P. – FERNANDES, E.C.M. (EDS) (1998): Agroforestry in Sustainable Agricultural Systems. CRC Press
- BURGESS, P.J – INCOLL, L.D. – CORRY, D.T – BEATON, A. – HART, B.J. (2004): Poplar (*Populus* spp) growth and crop yields in a silvoarable experiment at three lowland sites in England. *Agroforestry Systems* 63: 157-169 pp.
- BURGESS, P.J. – CROUS-DURAN, J. – DEN HERDER, M. – DUPRAZ, C. – FAGERHOLM, N. – FREESE, D. – GARNETT, K. – GRAVES, A.R. – HERMANSEN, J.E. – LIAGRE, F. – MIRCK, J. – MORENO, G. – MOSQUERA-LOSADA, M.R. – PALMA, J.H.N. – PANTERA, A. – PLIENINGER, T. – UPSON, M. (2015): AGFORWARD Project Periodic Report: January to december 2014. Cranfield University: AGFORWARD. 95 pp.
- CARRIER, M. – RHÉAUME GONZALEZ, F.-A. – COGLIASTRO, A. – OLIVIER, A.; VANASSE, A. – RIVEST, D. (2019): Light Availability, Weed Cover and Crop Yields in Second Generation of Temperate Tree-Based Intercropping Systems. *Field Crops Research* 239, 30–37.
- CUBERA, E. – NUNES, J. M. – MADEIRA, M. – GAZARINI, L. (2009). Influence of *Quercus ilex* trees on herbaceous production and nutrient concentrations in southern Portugal. *J. Plant Nutr. Soil Sci.* 172, 565–571. doi: 10.1002/jpln.200800191
- CSÓKA, GY. – PÉNZES, ZS. – HIRKA, A. – MIKÓ, I. – MATOSEVIC, D. – GEORGE, M. (2009): Parasitoid assemblages of two invading black locust leaf miners, *Phyllonorycter robinella* and *Parectopa robinella* in Hungary. *Periodicum Biologorum* 111(4) pp. 405-411.
- DEN HERDER, M. – MORENO, G. – MOSQUERA-LOSADA, R.M. – PALMA, J.H.N. – SIDIROPOULOU, A. – SANTIAGO FREIJANES, J.J. – CROUS-DURAN, J. – PAULO, J.A. – TOMÉ, M. – PANTERA, A. – PAPANASTASIS, V.P. – MANTZANAS, K. – PACHANA, P. – PAPADOPOULOS, A. – PLIENINGER, T. – BURGESS, P.J., 2017. Current extent and stratification of agroforestry in the European Union. *Agriculture, Ecosystems & Environment* 241, 121–132.
- DROPPELMANN, K.J. – EPHRATH, J.E. – BERLINER, P.R. (2000): Tree/crop complementarity in an arid zone runoff agroforestry system in northern Kenya. *Agroforestry Systems* 50, 1-16.
- DUFOUR, L. – METAY, A. – TALBOT, G., – DUPRAZ, C. (2013). Assessing light competition for cereal production in temperate agroforestry systems using experimentation and crop modelling. *J. Agro. Crop Sci.* 199, 217–227. doi: 10.1111/jac.12008

- DUPRAZ, C. – BURGESS, P.J. – GAVALAND, A. – GRAVES, A.R. – HERZOG, F. – INCOLL, L.D. – JACKSON, N. – KEESMAN, K. – LAWSON, G. – LECOMTE, I. – MANTZANAS, K. – MAYUS, M. – PALMA, J. – PAPANASTASIS, V. – PARIS, P. – PILBEAM, D.J. – REISNER, Y. – VAN NOORDWIJK, M. – VINCENT, G. – VAN DER WERF, W. (2005): SAFE (Silvoarable Agroforestry for Europe) Synthesis report. SAFE project (August 2001–January 2005). INRA-UMR System Editions, Montpellier, France. Volume 254. 31-33 pp.
- DUPRAZ, C. (2012): Evidences and explanations for the unexpected high productivity of improved temperate agroforestry systems, 1st EURAF Conference, Brussels, 9 October 2012, Session 1
- DUPRAZ, C. – LAWSON, G.J. – LAMERSDORF, N. – PAPANASTASIS, V.P. – ROSATI, A. – RUIZ-MIRAZO, J.: (2018) TEMPERATE AGROFORESTRY: THE EUROPEAN WAY. IN: GORDON, A. – NEWMAN, S.M. – COLEMAN, B. (EDS.) (2018): TEMPERATE AGROFORESTRY SYSTEMS. CABI: WALLINGFORD; 2018. PP. 98–152.
- EHRET, M. – BUHLE, L. – GRA, B. R. – LAMERSDORF, N., – WACHENDORF, M. (2015). Bioenergy provision by an alley cropping system of grassland and shrub willow hybrids: biomass, fuel characteristics and net energy yields. *Agroforest Syst.* 89, 365–381. doi: 10.1007/s10457-014-9773-7
- EURAF (2020): Agroforestry & the Green Deal, EURAF Policy Briefing No 1, September 2020 online: https://docs.google.com/document/d/14_IxGJ3A2BApuyKbJlrqIH68ikwK2FiHCH07KZC7t9k/edit#heading=h.igys0inmt222.
- FAO (2010): „Climate-smart Agriculture” - Policies, Practices and Financing for Food Security, Adaptation and Mitigation. FAO, Rome, Italy. Online: <http://www.fao.org/docrep/013/i1881e/i1881e00.pdf>
- FAOSTAT (2017: <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
- GÁL, J. – KÁLDY J. (1977): Erdősítés. Akadémiai Kiadó, Budapest. p. 640. pp. 449 –613
- GILLESPIE, A.R. – JOSE, S. – MENGEL, D.B. – HOOVER, W. L. – POPE, P.E. – SEIFERT, J.R. – BIEHLE, D.J. – STALL, T. – BENJAMIN, J. (2000): Defining competition vectors in a temperate alley cropping system in the midwestern USA - 1. Production physiology. *Agroforestry Systems* 48: 25–40. pp.
- GEA-IZQUIERDO, G. – MONTERO, G. – CAÑELLAS, I. (2009). Changes in limiting resources determine spatio-temporal variability in tree–grass interactions. *Agroforest. Syst.* 76, 375–387. doi: 10.1007/s10457-009-9211-4
- GOUST, J. (2017): Arbres Fourragers. De l'élevage paysan eu respect de l'environnement. Terran, Escalquens, France. 192 p. Online: <http://www.agroforesterie.fr/actualites/2017/documents/CP-Arbres-fourragers-final.jpg>
Fordította: Somogyi Norbert
- GRAVES, A.R. – BURGESS, P.J. – PALMA, J.H.N. – HERZOG, F. – MORENO, G. – BERTOMEU, M. – DUPRAZ, C. – LIAGRE, F. – KEESMAN, K. – VAN DER WERF, W. (2007): Development and Application of Bio-Economic Modelling to Compare Silvoarable, Arable, and Forestry Systems in Three European Countries. *Ecol. Eng.* 29, 434–449.
- GRAVES, A. R. – BURGESS, P. J. – PALMA, P. – KEESMAN, K. J. – WERF VAN DER, W. – DUPRAZ, C., ET AL. (2010). Implementation and calibration of the parameter-sparse Yield-SAFE model to predict production and land equivalent ratio in mixed tree and crop systems under two contrasting production situations in Europe. *Ecol. Modell.* 221, 1744–1756. doi: 10.1016/j.ecolmodel.2010.03.008
- GYURICZA, Cs. – BOROVICS, A. (szerk) (2018): Agrárerdészet 2018 Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ, Gödöllő 260 p.
- HALÁSZ, A. – TASI, J. – RÁSÓ, J. (2015): Fás legelők, legelőerdők, erdősávok és fasorok használata ökológiai gazdálkodási rendszerben. *Növénytermelés.* 64. évfolyam. 4. szám. 2015. december. 77-89 pp.
- HALÁSZ, G. (2006.): Magyarország erdészeti tájai. Állami Erdészeti Szolgálat, Budapest. pp. 69-70.

- HERDON, M. – BURRIEL, C. – TAMÁS, J. – VÁRALLYAI, L. – PANCSIRA, J. (2015): ICT based innovative solutions in building agroforestry training and learning support system. *Journal of Agricultural Informatics*. 2015 Vol. 6 (4): 127-133 pp.
- HONFY V. – BOROVICS, A. – GYURICZA, Cs. – KESERŰ, Zs. (2019): Agrárerdészet – Fák a mezőgazdaságban. In: Gyuricza Cs. – Borovics A. (szerk.) (2019): Lendületben az agrárinnováció. NAIK Könyvek, Gödöllő. 6-22.
- HONFY, V. – BOROVICS, A. – RÁSÓ, J. – KESERŰ, Zs. (2021): Above ground dendromass of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) in alley cropping systems. In: 5th European Agroforestry Conference "Agroforestry for the transition toward sustainability and bioeconomy" May 2020, Italy, Book of Abstracts. 545 p. pp. 389-390. Paper: 03.2_16_119, 2 p.
- HONFY, V. – PÖDÖR, Z. – KESERŰ, Zs. – RÁSÓ, J. – ÁBRI, T. – BOROVICS, A. (2023): The effect of tree spacing on yields of alley cropping systems—a case study from Hungary. *Plants* 2023, 12(3), 595 p.19
- HORVÁTHNÉ, K.B. – BARNA, R. (2021): Agrárerdészet a vidékfejlesztés gyakorlatában. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus, Kaposvár.
- HUSSAIN, M. Z. – OTIENO, D. O. – MIRZAE, H. – LI, Y. L. – SCHMIDT, M. W. T. – SIEBKE, L., ET AL. (2009). CO₂ exchange and biomass development of the herbaceous vegetation in the Portuguese montado ecosystem during spring. *Agric. Ecosyst. Environ.* 132, 143–152. doi: 10.1016/j.agee.2009.03.008
- INURRETA-AGUIRRE, H. D. – LAURI, P. É. – DUPRAZ, C. – GOSME, M. (2018). Yield components and phenology of durum wheat in a Mediterranean alley-cropping system. *Agroforest Syst.* 92, 961–974. doi: 10.1007/s10457-018-0201-2
- ILLÉS, G. – FONYÓ, T. – BOROVICS, A. (2019): Siteviewer a decision support tool for forest management. *Hungarian Agricultural Research* 2019 Vol.28 No.3 pp.10-13 ref.9
- ISSAH, G. – KIMARO, A.A. – KORT, J. – KNIGHT, J.D. (2015): Nitrogen Transfer to Forage Crops from a Caragana Shelterbelt. *Forests* 2015, 6(6), 1922-1932; <https://doi.org/10.3390/f6061922>
- IVEZIĆ, V., YU, Y., VAN DER WERF, W. (2021): Crop Yields in European Agroforestry Systems: A Meta-Analysis. *Front. Sustain. Food Syst.* 5:606631. doi: 10.3389/fsufs.2021.606631
- JOLÁNKAI, M. (2005): Gabonafélék. Tritikálé. In: Antal, J. (szerk) (2005): Növénytermesztés I. Mezőgazda. 238-243. pp.
- KESERŰ, Zs. (2014): Agroerdészet Magyarországon. *Erdészeti Lapok*. 149. (2): 49-50.
- KESERŰ, Zs. – CSIHA, I. – RÉDEI, K. – KAMANDINÉ VÉGH, Á. – KOVÁCS Cs. – RÁSÓ J. (2014): Környezetkímélő és költséghatékony agroerdészeti termeszési rendszerek, mint a jövő földhasználati lehetőségei. Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap, Lakitelek. 70-75 pp.
- KESERŰ, Zs. (2015): Látogatás az ICRAF kenyai központjában. *Erdészeti Lapok CL. évf. 9. szám.* 266-268 pp.
- KESERŰ, Zs. (2017): Fásszárú ültetvények és agrárerdészeti rendszerek támogatásai a vidékfejlesztés érdekében. *Agrofórum*, 11: 16–18
- KESERŰ, Zs. – RÁSÓ, J. – KISS, T. (2015a): Erdősávrendszer defláció elleni alkalmazásának tapasztalatai szárazodó alföldi termőhelyen. *AEE Kutatói Nap XXIII.–Tudományos eredmények a gyakorlatban.* Kecskemét. 2015. november 5. 76-80 pp.
- KESERŰ, Zs. – HONFY, V. – KISS, T. – KOVÁCS, Cs. – RÁSÓ, J. (2015b): Agroerdészeti rendszerek hazai alkalmazásának jelentősége. *AEE Kutatói Nap XXIII.–Tudományos eredmények a gyakorlatban.* Kecskemét. 2015. november 5. 29-32 pp.
- KOVÁCS, K. – VITYI, A. (2019): Köztesnövény alkalmazása erdőfelújításokban: az eddigi hazai vizsgálatok eredményei és tapasztalatai. In: Csiha, Imre; Csiha, Sára; Nagy, Angelika (szerk.) *Alföldi Erdőkért Egyesület Kutatói Nap: Tudományos eredmények a gyakorlatban.* Kecskemét, Magyarország. Alföldi Erdőkért Egyesület. 91-103.pp.
- KOVÁCS, K. – VITYI, A. – SZALAY, D. (2019): Az agroerdészet szerepe az erdőfelújításban és a növekvő faanyagigény kielégítésében. *Jelenkori társadalmi és gazdasági folyamatok XIV. évfolyam, 2. szám,* 59–63. pp.

- KSH: A tritikálé termelése megye és régió szerint.
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0076.html utolsó elérés: 2022.05.27.
- LAMERRE, J. – SCHWARZ, K.U. – LANGHOF, M. – VON WÜHLISCH, G. – GREEF, J.M. (2015): Productivity of poplar short rotation coppice in an alley-cropping agroforestry system. *Agrofor. Syst.* 89, 933–942.
- LANGÓ B. – SARITA, J. – BÓNA, L. – TÖMÖSKÖZI S., ÁCS E., CHIBBAR, R.N. (2018): Grain constituents and starch characteristics influencing in vitro enzymatic starch hydrolysis in Hungarian triticale genotypes developed for food consumption. *Cereal Chemistry*. Volume95, Issue 6, pp 861-871.
- LIN, C.H. – MCGRAW, R.L. – GEORGE, M.F. – GARRETT, H.E. (1999): Shade effects on forage crops with potential in temperate agroforestry practices. *Department of Forestry and Department of Agronomy. Agroforestry Systems* 44 (3):109–119p
- LORENZ, K. (2003): Triticale. *Encyclopedia of Food Sciences and Nutrition*, 5873–5877.
- LUKÁCS, J. – FUTÓ, Z. (2018): A tritikálé termesztés biológiai alapjai – vetőmag és fajta helyzet. In: Futó Z. (szerk.) 2018: IV. Országos Tritikálé Nap: „Fókuszban újra a tritikálé zöldhasznosítása” 2018. Szarvas. p.91. pp.4-12.
- MARCHAL, R. – KOUAKOU, S.S. – BRNACHERIAU, L. – CANDELIER, K. (2016): Introducing trees into cultivated fields to reduce the French shortage of poplar wood: Agroforestry and wood quality. In: Abstracts of Submitted Papers prepared for the 25th Session of the International Poplar Commission, jointly hosted by FAO and the German Federal Ministry of Food and Agriculture, Berlin, Germany, 13-16. September 2016. International Poplar Commission Working Paper IPC/14. Forestry Policy and Resources Division, FAO, Rome, 2016. 148.p. Published at <http://www.fao.org/forestry/ipc/69946/en/>
- MALVOLI, M. – OLIMPIERI, I. – POLLEGIONI, P. – CSEKE, K. – KESEŰ, ZS. – RÉDEI, K. (2015): Black Locust (*Robinia pseudoacacia* L.) Root Cuttings: Diversity and Identity Revealed by SSR Genotyping: A Case Study. *SOUTH-EAST EUROPEAN FORESTRY* 6 pp. 201-217., 17 p.
- MEAD, R. – WILLEY, R.W. (1980): The Concept of a ‘Land Equivalent Ratio’ and Advantages in Yields from Intercropping. *Exp. Agric.* 1980. 16. 217-228 Published online by Cambridge University Press: 03 October 2008
- MÉM NAK (1979): Műtrágyázási irányelvek és üzemi számítási módszer I-II részt MÉM NAK. Budapest. 68 p.
- MOLNÁR, S. (1988): A korszerű akácgazdálkodás és a faanyagminőség kapcsolata. Akadémiai doktori értekezés
- MORENO, G. (2008). Response of understorey forage to multiple tree effects in Iberian dehesas. *Agric. Ecosyst. Environ.* 123, 239–244. doi: 10.1016/j.agee.2007.04.006
- MORENO, G. – OBRADOR, J. J. – GARCIA, A. (2007). Impact of evergreen oaks on soil fertility and crop production in intercropped dehesas. *Agric. Ecosyst. Environ.* 119, 270–280. doi: 10.1016/j.agee.2006.07.013
- MOSQUERA-LOSADA, M.R. (2012): Past, Present and Future of Agroforestry Systems in Europe, in Ramachandran Nair, P.K. – Garrity D. (eds.) 2012. *Agroforestry – The Future of Global Land Use*. Springer, Dordrecht. 542 p.
- MOSQUERA-LOSADA, M.R. – FREIJANES, J.J.S – PISANELLI, A. – ROIS, M. – SMITH, J. – DEN HERDER, M. (2017): How can policy support the uptake of agroforestry in Europe? Cranfield University; 2017. Report No.: EU AGFORWARD Project - Grant No 613520. Available: https://euraf.isa.utl.pt/files/pub/docs/deliverable_8_24_how_can_policy_support_agroforestry_1.pdf
- MOSQUERA-LOSADA, M.R. (2016): EURAF Newsletter No. 15, January 2016
- NAGY, I. (2022): Az ültetvényes fatermesztés jellemző alkalmazási területei. In: Bartha, D. – Csóka, Gy. – Mátyás, Cs. (szerk.). Sopron, Magyarország. Soproni Egyetemi Kiadó (2022) 399 p. pp. 199-200.
- NICOLESCU, V.N. – HERNEA, C. – BAKTI, B. – KESERŰ, ZS. – ANTAL, B. – RÉDEI, K. (2018): Black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) as a multi-purpose tree species in Hungary and Romania: a review. *JOURNAL OF FORESTRY RESEARCH* 29: 6 pp. 1449-1463., 15 p. (2018)

- NICOLESCU, V.N. – RÉDEI, K. – MASON, W.L. – VOR, T. – PÖETZELSBERGER, E. – BASTIEN, J.C. – BRUS, R. – BENČAĚ, T. – ĐODAN, M. – CVJETKOVIC, B.; ET AL. (2020): Ecology, growth and management of black locust (*Robinia pseudoacacia* L.), a non-native species integrated into European forests. *J. For. Res.* 2020, 31, 1081–1101.
- NURBEKOV, A. – NASRIDINOVNA, X. – ISROILOV, B. – MUHIDDINOVICH, X. (2019): Alley cropping system under conservation agriculture practices in Tajikistan. In: *European Sciences Review* No 11–12. Premier Publishing, Vienna. doi: <https://doi.org/10.29013/ESR-19-11.12-48-51>
- PRESCOTT, J.M. – BURNER, P.A. – SAARI, E.E. – RANSOM, J. – BOWMAN, J. – DE MILLIANO, W. – SING, R.P. – BEKELE, G. (2012): *Wheat diseases and pests: a guide for field identification*. International Maize and Wheat Improvement Center, Lisboa. 306p, 71-100p
- PURGEL, SZ. – BÓNA, L. – BEKE, B. (2018): Szegedi tritikálék: termesztési és takarmányozási tapasztalatok. *GK Híradó*, 32 (1) pp. 8- 9
- RADICS, L. (2007): Agroforestry rendszerek. In: Radics L. – Gilingerné Panlotai M. – Kardos Gy. – Podmaniczky L. – Obrusánszki Ö. – Szujó B. (szerk.): *Ökológiai gazdálkodás II. Szaktudás Kiadó Ház, Budapest.* 2007 395-410 pp.
- RÉDEI, K. (1984): Akácok fatermése. ERTI kutatási jelentés
- RÉDEI, K. (2006): Az akác termesztés-fejlesztésének biológiai alapjai és gyakorlata. *Agroinform Kiadó és Nyomda, Budapest,* 2006. pp. 128.
- RÉDEI, K. (2008): Szelektált akácfajták termesztés-technológiája. *Agroinform Kiadó, Budapest,* 35 pp.
- RÉDEI, K. (2014): Bevezetés az ültetvényszerű fatermesztés gyakorlatába. *Agroinform Kiadó és Nyomda, Budapest,* 2014. 109- 114p.
- RÉDEI, K. (2015): Akác sarjerdő-gazdálkodás. *NAIK ERTI, Sárvár.* 54.
- RÉDEI, K. 2020: Bevezetés az ültetvényszerű fatermesztés gyakorlatába. 2. átdolgozott kiadás. *Agroinform Kiadó, Budapest,* 134 pp.
- RÉDEI, K. – RÁSÓ, J. – ÁBRI, T. – KESERŐ, Zs. (2020): The effects of tending cuttings on yield and value changes in black locust (*Robinia pseudoacacia* L.) stands: a case study. *ACTA AGRARIA DEBRECENIENSIS / AGRÁRTUDOMÁNYI KÖZLEMÉNYEK:* 1 pp. 111-113., 3 p. (2020)
- RÉDEI, K. – KESERŐ, Zs. (2022): Ültetvényes fatermesztés. In: BARTHA, D. – CSÓKA, Gy. – MÁTYÁS, Cs. (szerk.). (2022): *Az erdészeti tudományok története Magyarországon.* Sopron, Magyarország. *Soproni Egyetemi Kiadó* (2022) 399 p. pp.197-199.
- RÉTFALVI, T. – SZABÓ, P. (2018): „Termeljünk együtt a természettel” – agrárerdészeti projekt a Soproni Egyetemen. In: *Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon.* Soproni Egyetem Kiadó, Sopron. pp. 29-33. ISBN 978-963-334-310-4
- RÉTFALVI, T. (2021): „Termeljünk együtt a természettel! – az agrárerdészet, mint új kitörési lehetőség”. *Soproni Egyetem Kiadó, Sopron*
- RIVEST, D. – ROLOA, V., LÓPEZ-DÍAZA, L. – MORENO, G. (2011). Shrub encroachment in Mediterranean silvopastoral systems: *Retama sphaerocarpa* and *Cistus ladanifer* induce contrasting effects on pasture and *Quercus ilex* production. *Agr. Ecosyst. Environ.* 141, 447–454. doi: 10.1016/j.agee.2011.04.018
- SALÁTA, D. – HONFY, V. – VARGA, A. – MALATINSZKY, Á. – PENKSZA, K. (2012): Agroerdő-gazdálkodás, mint multifunkciális mezőgazdasági területhasználat – Európai és haza formák. *SZIE Környezetvédelmi Szakkolégium II. SzaKKKör Konferencia Előadásainak Összefoglalója.* 2012, Gödöllő. 38. p
- SAMSUZZAMAN S. – ALI, M. A. – MOMIN, M. A. – KARIM, M. R. – UDDIN, M. M. (2002): Tree-crop interaction as affected by tree spacing and pruning management in Bangladesh. *Indian Forester* 2002 Vol.128 No.11 pp.1231-1244 ref.11
- SEITER, S. – WILLIAM, R.D. – HIBBS, D.E. (1999): Crop yield and tree-leaf production in three planting patterns of temperate-zone alley cropping in Oregon, USA. *Agroforestry Systems* 46: 273–288 pp.
- SESERMAN, D.M. – FREESE, D. – SWIETER, A. – LANGHOF, M. – VESTE, M. (2019) Trade-Off between Energy Wood and Grain Production in Temperate Alley-Cropping Systems: An Empirical and Simulation-Based Derivation of Land Equivalent Ratio. *Agriculture* 9, 147.

- SOMOGYI, N. (2012): Európai agroerdészeti konferencia Párizsban, Erdőgazdaság és Faipar, 2012/1
- SOMOGYI, N. (2014): Agroerdészet Európában. Erdészeti Lapok. 149. (2): 46-48 pp.
- SOMOGYI, N. – BOROVICS A. (2015): Az agroerdészet reneszánsza Franciaországban – avagy a klímaváltozás oka a szántás? Fókuszban az agroerdészet. Agroinform, 2015. 11. 23-25 pp.
- SOPP, L. (2000): Fatömegszámítási táblázatok. Állami Erdészeti Szolgálat, 2000. (Bp. Mezőgazdasági Kiadó) 58-66. pp.
- STATSOFT, INC. (2011): STATISTICA (Data Analysis Software System), Version 11. <http://www.statsoft.com>
- SZÉCHENYI 2020 (2016): VP5-8.2.1-16 Agrárerdészeti rendszerek létrehozása. Online: <https://www.palyazat.gov.hu/vp5-821-16-agrr-erdszeti-rendszerek-ltrehozsa-1> Utolsó elérés: 2017. 01. 18.
- TAKÁCS, V. – FRANK, N. (2009): The traditions, resources and potential of forest growing and multipurpose shelterbelts in Hungary. In: Rigueiro-Rodríguez A., McAdam J., Mosquera-Losada M.R. (eds): Agroforestry in Europe: current status and future prospects. Springer Science + Business Media B.V., Dordrecht. 415–434. pp.
- VAN DER WERF, W. – KEESMAN, K. – BURGESS, P.J. – GRAVES, A.R. – PILBEAM, D. – INCOLL, L.D – METSELAAR, K. – MAYUS, M. – STAPPERS R. – VAN KEULEN, H. – PALMA, J. – DUPRAZ, C. (2007): Yield-SAFE: a parameter-sparse process-based dynamic model for predicting resource capture, growth and production in agroforestry systems. Ecol Eng. 29. 419–433. pp.
- VAN NOORDWIJK, M. (ED.) (2019): Sustainable development through trees on farms: Agroforestry in its fifth decade. Bogor, Indonesia: World Agroforestry (ICRAF)
- VARGA, A. – BÖLÖNI, J. (2009): Erdei legeltetés, fás legelők, legelőerdők tájtörténete. Természetvédelmi Közlemények, Magyar Botanika Társaság, Budapest. 68-79. pp.
- VARGA, A. – VITYI, A. (2015): Research and Development Protocol for the Wood Pastures in Hungary. WP2. AGFORWARD (613520)
- VITYI A – MAROSVÖLGYI B – KISS A – SCHETTRER, P. (2015): System report - Alley Cropping in Hungary NyME KKK, Sopron, 2015.
- VITYI A. – FRANK N. (2016): Shelterbelt as a best practice of improving agricultural production. In: Book of Abstracts, 3rd European Agroforestry Conference. Montpellier, France. 23-25 May 2016. European Agroforestry Federation, France. 211-212.
- VITYI, A. – KOVÁCS, K. – DUFLA, F. – BÁCSMEGI, L. – NAGY, I. (2016): Improve the efficiency of afforestation by the use of agroforestry practices. In: Marie Gosme (ed.) (2016) 3rd European Agroforestry Conference. Book of Abstract. European Agroforestry Federation, 2016. 457-461. pp
- VITYI, A. – KISS-SZIGETI, N. – KOVÁCS, K. (2018a). Az agrárerdészet magyarországi helyzete. In Kutatások a 210 éves Erdőmérnöki Karon. Sopron. Soproni Egyetem Kiadó. 34-40. pp.
- VITYI, A. – KISS SZIGETI, N. – MAROSVÖLGYI, B. (2018b): Innováció és együttműködés az agroerdészetben. Előadás. Permakultúra, Alkalmazkodó Gyümölcsészet, Agroerdészet Konferencia, 2018.01.25-26., Budapest, SZIE
- VP5-8.2.1: Vidékfejlesztési Program. Agrárerdészeti rendszerek létrehozása.
- ŽALAC, H. – BURGESS, P. – GRAVES, A. – GIANNITSOPOULOS, M. – PAPONJA, I. – POPOVIĆ, B. – IVEZIĆ, V. (2021): Modelling the yield and profitability of intercropped walnut systems in Croatia. Agrofor. Syst.
- ZUBAY, P. – ZÁMBORINÉ, N. É. – SZABÓ, K. (2019): A fény szerepe az agrárerdészeti termesztésben. ÚJ KERTGAZDASÁG 51: 2 pp. 53-62., 10 p.
- ZUBAY, P. – RUTTNER, K. – LADÁNYI, M. – DELI, J. – ZÁMBORINÉ N. É. – SZABÓ, K. (2021b): In the shade – Screening of medicinal and aromatic plants for temperate zone agroforestry cultivation. INDUSTRIAL CROPS AND PRODUCTS 170 Paper: 113764, 10 p.
- ZUBAY, P. – KUNZELMANN, J. – ITTÉS, A. – ZÁMBORINÉ N. É. – SZABÓ, K. (2021a): Allelopathic effects of leachates of *Juglans regia* L., *Populus tremula* L. and juglone on germination of temperate zone cultivated medicinal and aromatic plants. AGROFORESTRY SYSTEMS 95 pp. 431-442., 12 p. (2021)

11 Ábra – és táblázatjegyzék

1. ábra: A metaanalízisben szereplő kísérleti területek földrajzi elhelyezkedése. (Forrás: Ivezic et al. 2021).....	28
2. ábra: Dobozdiagram a gabona terméshozamokról és a biomasszahozamokról európai agrárerdészeti rendszerekben (Ivezic et al. 2021 nyomán).....	31
3. ábra: Dobozdiagram a relatív hozamokról (%) gabona terméshozamok és a biomassza esetében, az egyes tanulmányok szerint (Ivezic et al. 2021 nyomán).....	32
4. ábra: Földegyenérték-arány ábrázolása (Kovács et al. 2019, Dupraz 2010 nyomán)...	35
5. ábra: Műhold felvételen jelölve agrárerdészeti kísérleti terület Gödöllőn (Forrás: Google Maps. Utolsó elérés: 2020.10.12.).....	49
6. ábra: A vizsgált talajszelvény.....	51
7. ábra: A püspökszilágyi meteorológiai állomás által mért havi átlagos hőmérsékleti adatok és havi csapadékösszegek a 2017-es évben. A piros vonal a hőmérsékletet, a kék vonal a csapadékot jelöli.....	52
8. ábra: A püspökszilágyi meteorológiai állomás által mért havi átlagos hőmérsékleti adatok és havi csapadékösszegek a 2018-as évben. A piros vonal a hőmérsékletet, a kék vonal a csapadékot jelöli.....	52
9. ábra: A püspökszilágyi meteorológiai állomás által mért havi átlagos hőmérsékleti adatok és havi csapadékösszegek a 2019-es évben. A piros vonal a hőmérsékletet, a kék vonal a csapadékot jelöli.....	53
10. ábra: A sarjról felújított energetikai ültetvény 2016-ban, mely később átalakításra került.....	54
11. ábra: A kísérleti terület egyszerűsített vázrajza. Az ismétlések nincsenek feltüntetve. Az x-ek a tritikálé mintavételi helyeket jelölik.....	55
12. ábra: Az átalakított terület 2017-ben. Az egyes fasorokat és a megmaradt fasorokból az egyed egyedeket eltávolítva létrejött az agrárerdészeti kísérleti terület, ahol a sorközök a szántóföldi növény termesztésére szánt területeket képezik (Fotó: Rásó János).....	56
13. ábra: Kem DBS típusú nedvesség analizátor (saját fotó).....	63
14. ábra: Akác egyedek föld feletti abszolút száraz tömege kezelésenként 3 éves korban. Az itt megjelenő kiugró értékek a parcellánként végzett szűrések összesítése miatt jelennek meg, ezekre nem történt további adatszűrés. A négyzetek a kezelések mediánját jelölik	69
15. ábra: Akác egyedek föld feletti abszolút száraz tömege kezelésenként 4 éves korban. Az itt megjelenő kiugró értékek a parcellánként végzett szűrések összesítése miatt jelennek meg, ezekre nem történt további adatszűrés. A négyzetek a kezelések mediánját jelölik	72
16. ábra: Akác egyedek föld feletti abszolút száraz tömege kezelésenként 5 éves korban. Az itt megjelenő kiugró értékek a parcellánként végzett szűrések összesítése miatt jelennek meg, ezekre nem történt további adatszűrés. A négyzetek a kezelések mediánját jelölik	74
17. ábra: A faegyedek átlagos tömege, különböző ültetési hálózatu agrárerdészeti rendszerekben 3,4 és 5 éves állományokban. A hálózatok alatt a hozzájuk tartozó növényterek szerepelnek.....	76
18. ábra: Összes fatérfohat hektáronként, különböző ültetési hálózatu agrárerdészeti rendszerekben 3,4 és 5 éves állományokban (m ³ /ha).....	77
19. ábra: Összes fatömeg hektáronként, különböző ültetési hálózatu agrárerdészeti rendszerekben 3,4 és 5 éves állományokban (atro t/ha).....	78

20. ábra: A hektáronkénti törzsszám és az átlagos átmérő közötti kapcsolat a vizsgált három évben nem igazolódott ($p=0,0$; $p=0,1$), azonban a két változó közötti kapcsolat negatív tendenciát mutat	79
21. ábra: Hektáronkénti összes fatérfogat és növtér kapcsolata agrárerdészeti rendszerben, 3, 4 és 5 éves akácállományokban	80
22. ábra: A tritikálé átlagos négyzetméterenkénti terméshozamai (g) a különböző kezelések esetén 2018-ban. Ebben az évben a 9 méteres sor közök elemzésére nem volt lehetőség 83	
23. ábra: 2018-as tritikálé hozamok hektáronként, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén. A * jelölés a nagyobb vetőmagmennyiségre utal	85
24. ábra: A tritikálé négyzetméterenkénti terméshozama (g) a különböző kezelések esetén 2019-ben.....	89
25. ábra: 2019-es tritikálé hozamok hektáronként, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén	91
26. ábra: A tritikálé átlagos négyzetméterenkénti biomassza hozamai (g) a különböző kezelések esetén 2018-ban. Ebben az évben a 9 méteres sorközök vizsgálatára nem volt lehetőség.	95
27. ábra: Tritikálé biomasszahozamok hektáronként 2018-ban, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén.....	97
28. ábra: A tritikálé átlagos négyzetméterenkénti biomassza hozamai (g) a különböző kezelések esetén 2019-ben. Az FS jelölés a kontroll csoportot jelzi.....	101
29. ábra: 2019-es tritikálé biomassza hektáronként, valamint a vetésterület aránya az egyes kezelések esetén	103
30. ábra: Kapcsolat a hektáronkénti törzsszám és a tritikálé terméshozama között a fák 4 és 5 éves korában.....	105
31. ábra: Kapcsolat a hektáronkénti törzsszám és a tritikálé biomassza hozama között a fák 4 és 5 éves korában.....	105
32. ábra: Akác-tritikálé köztes termesztési rendszer hozamai hektáronként 2018-ban és 2019-ben, a fák 4 és 5 éves korában (összes fatérfogat és szemtermés)	106
33. ábra: Akác-tritikálé köztes termesztési rendszer teljes föld feletti biomassza hozama a fák 4 és 5 éves korában, 2018-ban és 2019-ben.....	107

1. táblázat: Az agrárerdészeti rendszerek csoportosítása (Mosquera-Losada 2017 és Dupraz 2018 nyomán).....	14
2. táblázat: Kísérleti területek és a rendszerek komponensei, melyek adatokat szolgáltatottak a SAFE projektben (2002 január) (Dupraz et al. 2005 nyomán).....	25
3. táblázat: Európai agrárerdészeti rendszerekben végzett hozamvizsgálatok eredményeit tárgyaló tanulmányok, melyek az Ivezic és munkatársai (2021) által készített metaanalízis tárgyát képezték.....	29
4. táblázat: Az akác néhány jellemző tulajdonsága (igénye) a termőhellyel szemben (Rédei 2006).....	39
5. táblázat: Szelektált akácfajtákkal létesített faültetvények növtér-bővítési modelljei (Rédei 2008).....	41
6. táblázat: 1 tonna tritikálé szemterméshez és a hozzá tartozó szalmához szükséges tápanyagok és azok mennyisége (Jolánkai 2005 nyomán).....	45
7. táblázat: A tritikálé vetési adatai (Jolánkai 2005 nyomán).....	45

8. táblázat: Erdőrészletek rendeltetése a Gödöllői-dombság erdészeti tájban (Halász 2006 nyomán).....	48
9. táblázat: A talajvizsgálati jegyzőkönyv.....	50
10. táblázat: A kezelések jelölése az akác állományok esetében.....	54
11. táblázat: A tritikálé termesztéstechnológiája 2018-ban és 2019-ben.....	56
12. táblázat: A hektáronkénti törzsszámok az erdészeti gyakorlatban használatos (becsült) számítási mód alapján.....	58
13. táblázat: Hektáronkénti törzsszámok a megvalósításkor alkalmazandó feltétellel, vagyis 5 métert elhagyva a területhatártól, melynek következtében 8100 m ² -re csökken a fával beültethető terület (1 hektáros terület esetén).....	59
14. táblázat: A kísérletben alkalmazott ültetési hálózatok alapján számított sorok és egyedek száma a sortáv és tőtáv függvényében hektárra vetítve (ami a valóságban 8100 m ² hasznosítható területet jelent).....	60
15. táblázat: A kísérleti ültetvényben alkalmazott ültetési hálózatok alapján megállapított egy hektárra (8100 m ²) vetített valós törzsszám.....	60
16. táblázat: A tritikálé mintákon végzett laborvizsgálatok.....	62
17. táblázat: Az egyes kezelésekre jellemző paraméterek 1 hektár köztes termesztési rendszer esetén.....	67
18. táblázat: Az akác egyedek átlagos fatérfogata és átlagos fatömege kezelésenként 3 éves korban. Az adatok növtér szerint növekvő sorrendben vannak feltüntetve. Az 'Átlagos fatömeg' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség (p=0,05).....	68
19. táblázat: Az akác egyedek leíró statisztikai adatai abszolút száraz tömegre vonatkozóan 3 éves korban. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámait tájékoztató jelleggel szerepelnek.....	68
20. táblázat: A Kruskal-Wallis teszt feltételét képező rangsorolás a 3 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének vizsgálatához.....	70
21. táblázat: 21. táblázat: 3 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik.....	70
22. táblázat: Az akác egyedek átlagos fatérfogata és átlagos fatömege kezelésenként 4 éves korban. Az adatok növtér szerint növekvő sorrendben vannak feltüntetve. Az 'Átlagos fatömeg' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség (p=0,05).....	71
23. táblázat: Az akác egyedek leíró statisztikai adatai abszolút száraz tömegre vonatkozóan 4 éves korban. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámait tájékoztató jelleggel szerepelnek.....	71
24. táblázat: 4 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik.....	73
25. táblázat: Az akác egyedek átlagos fatérfogata és átlagos fatömege kezelésenként 5 éves korban. Az adatok növtér szerint növekvő sorrendben vannak feltüntetve. Az 'Átlagos fatömeg' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség (p=0,05).....	73
26. táblázat: Az akác egyedek leíró statisztikai adatai abszolút száraz tömegre vonatkozóan 5 éves korban. A táblázatban szereplő értékek a kétszeres adatszűrés eredményei, a kiugró adatok darabszámait tájékoztató jelleggel szerepelnek.....	74

27. táblázat: 5 éves akác egyedek abszolút száraz tömegének páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik	75
28. táblázat: Akácok hozamai 2017 és 2019 között hektáronként a vizsgált növények szerint	76
29. táblázat: Tritikálé négyzetméterenkénti szemtermésének (g) leíró statisztikai elemzése, abszolút szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva, 2018-ban. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség (p=0,05).....	81
30. táblázat: A tritikálé relatív termés hozama négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva	82
31. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2018-as termés hozamának vizsgálatához.....	82
32. táblázat: A 2018-as négyzetméterenkénti tritikálé hozam (g) páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik	83
33. táblázat: A tritikálé terméseredményei különböző hálózatú fasorok között és a kontroll területen 2018-ban. A köztes termesztési rendszer esetében a fák 4 évesek voltak	84
34. táblázat: A tritikálé relatív termés hozama hektáronként és a LER érték az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.....	86
35. táblázat: Tritikálé négyzetméterenkénti szemtermésének (g) leíró statisztikai elemzése, abszolút szárazanyag-tartalomra vonatkoztatva, 2019-ben. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség (p=0,05).....	87
36. táblázat: A tritikálé relatív termés hozama négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva	87
37. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2019-es termés hozamának vizsgálatához.....	88
38. táblázat: A 2019-es négyzetméterenkénti tritikálé hozam (g) páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik	88
39. táblázat: A tritikálé terméseredményei különböző hálózatú fasorok között és a kontroll területen 2019-ben. A köztes termesztési rendszer esetében a fák 5 évesek voltak	90
40. táblázat: A tritikálé relatív termés hozama hektáronként és a LER érték az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.....	92
41. táblázat: A tritikálé minták föld feletti abszolút száraz tömegének leíró statisztikai elemzése 2018-as betakarítást követően. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek az utolsó két oszlopban. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség (p=0,05).....	93
42. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozama négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.....	94
43. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2018-as biomassza hozamának vizsgálatához	94

44. táblázat: A tritikálé 2018-as négyzetméterenkénti föld feletti biomassza hozamának (g/m ²) páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik.....	95
45. táblázat: A tritikálé biomassza produktuma különböző hálózatú fasorok között és kontroll területen 2018-ban. A köztes termesztési rendszer esetében a fák 4 évesek.	96
46. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozama hektáronként és a tritikálé LER értéke az egyes hálózatok esetén 2018-ban, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.	98
47. táblázat: A tritikálé minták föld feletti abszolút száraz tömegének leíró statisztikai elemzése a 2019-es betakarítást követően. A táblázat mintaszám oszlopa és az egyes értékek nem tartalmazzák a kiugró értékeket, azok darabszámai azonban tájékoztató jelleggel szerepelnek. Az 'Átlag' oszlopban azonos betűjelű kezelések között nincs szignifikáns különbség (p=0,05).....	98
48. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozamai négyzetméterenként az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.....	99
49. táblázat: A Kruskal-Wallis Teszt feltételét képző rangsorolás a tritikálé 2019-es biomassza hozamának vizsgálatához.....	100
50. táblázat: A tritikálé 2019-as négyzetméterenkénti föld feletti biomassza hozamának (g) páronkénti összehasonlítása p értékekkel (p=0,05). A piros színnel jelölt értékek a szignifikáns különbségeket jelzik.....	100
51. táblázat: A tritikálé biomassza hozamai különböző hálózatú fasorok között és kontroll területen 2019-ben.....	102
52. táblázat: A tritikálé relatív biomassza hozama hektáronként és a tritikálé LER értéke az egyes hálózatok esetén 2019-ben, a kontroll (fa nélküli) kezeléshez viszonyítva.	103
53. táblázat: Földegyenérték-arány különböző ültetési hálózatok esetén a tritikálé szemtermés figyelembevételével.....	108
54. táblázat: Földegyenérték-arány különböző ültetési hálózatok esetén tritikálé föld feletti biomassza esetén.....	109