

# **SZAKDOLGOZAT**

**Bodnár Hajnal Emese**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**

**Georgikon Campus**

**Növénytermesztési-tudományok Intézet**

**Mezőgazdasági mérnök alapképzési szak**

**Platán, -juhar, -nyár avar lebomlási tulajdonságai hagyományos és ökológiai növénytermesztési módszerek összehasonlításában**

**Belső konzulensek:** Dr. Simon-Gáspár Brigitta  
egyetemi adjunktus  
Dr. Lepossa Anita  
egyetemi docens

**Belső konzulensek  
intézete/tanszéke:** Növénytermesztési-  
tudományok Intézet,  
Agronómia Tanszék

**Készítette:** Bodnár Hajnal Emese

**Keszthely**

**2025**

# Tartalomjegyzék

<b>1. Bevezetés</b> .....	2
<b>1.1. A téma felvezetése</b> .....	2
<b>1.1.1. Az avar</b> .....	3
<b>1.1.2. Az avar lebontás folyamata</b> .....	4
<b>2. Célkitűzés</b> .....	7
<b>2.1. A vizsgálat célkitűzése</b> .....	7
<b>3. Irodalmi áttekintés</b> .....	8
<b>3.1. Juhar, nyár és platán</b> .....	8
<b>3.1.1. Nyár (<i>Populus spp.</i>)</b> .....	8
<b>3.1.2. Juhar (<i>Acer spp.</i>)</b> .....	9
<b>3.1.3. Platán (<i>Platanus spp.</i>)</b> .....	11
<b>4. Anyag és módszer</b> .....	12
<b>4.1. A kísérlet helyszíne és kezelései</b> .....	12
<b>4.1.1. Kísérleti helyszín</b> .....	12
<b>4.1.2. A- Hügel-kultúrák ágyás</b> .....	13
<b>4.1.3. B- Komposzttal dúsított szántóföldi talaj</b> .....	15
<b>4.1.4. Szántóföldi talaj</b> .....	16
<b>4.2. Avarzsákos módszer</b> .....	16
<b>4.3. Az avarminták vizsgálata</b> .....	16
<b>5. Eredmények és értékelésük</b> .....	21
<b>5.1. Avar lebontási ráták</b> .....	21
<b>5.2. Eredmények összehasonlítása</b> .....	28
<b>5.2.1. Hátráltató tényezők</b> .....	28
<b>6. Következtetések és javaslatok</b> .....	30
<b>7. Összefoglalás</b> .....	31
<b>8. Köszönetnyilvánítás</b> .....	32
<b>9. Irodalomjegyzék</b> .....	33

# 1. Bevezetés

## 1.1. A téma felvezetése

Napjainkban egyre több figyelmet szentelünk a növénytermesztés területén a talajnak. Ezen közeg nélkül a termesztés gazdasági növények esetében nem valósítható meg. A talaj az a közeg, ami szerkezetet, struktúrát biztosít a növénynek, továbbá ez raktározza felvehető és nem felvehető, feltáratlan formában a különböző ásványi anyagokat, a vizet, valamint otthont nyújt a talaj működését biztosító számos mikro-, mezo- és makroszervezetnek. Már az ókorban is történtek népvándorlások a túlhasználásából fakadó talajpusztulások miatt (ROY, FINCK, BLAIR, & TANDON, 2006). Ez napjainkban a konvencionális gazdálkodás idejében sincs másképp, mostohán bánunk ezzel a szerkezettel, holott létünk függ tőle. A talaj az utóbbi évtizedekben drasztikusan nagy fizikai és kémiai erózióknak van kitéve a nem megfelelő számban, időben és módon történő talajmunkák miatt (Talajbaktérium.hu). Nem elhanyagolható a globális felmelegedés által okozott környezeti erózió sem. Sérülnek a talajfunkciók és erodálódik a talaj a gyakori bolygatás, fedetlen talajfelszín és a termesztett növényfajok kis diverzitása miatt is (HANDELSMAN & COHEN, 2021). A fedetlenség által a szél, a csapadék, a lefolyás, a nap, mind pusztítják a talajfelszínt. Az intenzív növénytermesztés kivonja a tápanyagot a talajból, ami rendszerint csak műtrágya formájában van visszajuttatva oda, ott is csak úgy, hogy a növény adott fenológiai fázisában fel tudja venni, a talaj minden más anyag tekintetében ki van zsigerelve. A talajmunkák fizikailag roncsolják a szerkezetet, tömörödést, művelőtalpat idézve elő, mely során sérül a talaj levegő- és vízháztartása (SWAROOP, 2020). A növényvédőszer nem megfelelő időben és módon történő alkalmazása mérgezi a talajt. Az eredendően rendkívül komplex és gazdag étellel teli szerkezetet egy rosszul működő fizikai-kémiai struktúrává degradáljuk, mely azonban rövidebb-hosszabb idő után (napjainkban már megfigyelhető) visszahat a termesztett növényre is (ARORA & SAHNI, 2016). Így ez a kutatási terület szerencsére egyre több figyelmet kap.

Igyekszünk megoldást találni a talaj állapotának regenerálására. Ilyen például a talaj állandó borítása, a változatos, minimum négyelemű vetésciklus, a talajmunkálatok optimalizálása, minimalizálása (no till), vagy szerves trágya kijuttatása (SOLTI, 2003).

Szerves trágya Magyarországon (jellemzően az egész világon is megfigyelhető) nem áll kellő mennyiségben rendelkezésre, ugyanis az állattartás csökkenő tendenciát mutat. Hazánkban

körülbelül 300 000 hektárra juttatunk ki szerves trágyát napjainkban (ami ezen felül még kap műtrágyát is), a további 3 millió hektár pedig kizárólag műtrágyázva van (HAJDÚ, 2019).

Erózió megelőzés érdekében a talajtakarást már sok helyen a kultúrnövény szárának és gyökerének területen hagyásával oldják meg, amit a magágykészítés előtti munkálatok során forgatnak be a talajba. Ez azonban több helyen is problémát okoz, ugyanis, ha nem aktív a talajélet, akkor a beforgatott szármaradványok még évek múltán is változatlan állapotban megtalálhatók lesznek az adott talajrétegben, nem bomlanak le, és nem válnak a növények számára felvehető anyagokká (SZELENDY, 1984).

Fontos tehát, hogy a szerkezet védelme mellett lehetővé tegyük az aktív talajélet feltételeit földjeinken. A talaj hasznos mikrofórája és állatvilága nélkül a szerves anyagok lebontása és átalakítása nem történik meg, mely így a növények csökkent tápanyagellátásához vezet (VAUGHAN & MALCOLM, 2012).

### **1.1.1. Az avar**

Avarról a levél (és egyéb növényi törmelék) lehullásának pillanatától beszélünk, melynek a továbbiakban óriási jelentősége lesz. Még mielőtt szót ejtenénk a tápanyagforrásként betöltött szerepéről, fontosnak tartom megemlíteni néhány egyéb tulajdonságát. Kérdésként merülhet fel, miért hullajtja a lombját néhány fa, míg a többi örökzöld, illetve melyik mikor és miért hullajtja le lombját. Teóriáink vannak csak, melynek eredménye valószínűsíthető abban, hogy a természet próbálkozik, kísérletezik. A lomb fakasztása hatalmas energia befektetést igényel, ugyanakkor a lomb megtartása nem tenné lehetővé a lombhullató fák téli nyugalmi szakaszát, a kis ágak jobban ki lennének téve a fagyhatásoknak. A víz és tápanyagok jelentős részét a fa a vastagabb ágakba, törzsbe hívja vissza, illetve a gyökérzetében raktározza azokat. Az örökzöld társaik esetében ennek legtöbbször nincs jelentősége, ugyanis fagyálló vegyi anyagokat termel a növény, illóolajok, gyanta formájában. Nem is jellemző rájuk, hogy minimalizálják biológiai aktivitásukat. Fontos kiemelni, hogy az örökzöld fák szintén hullajtják leveleiket, de nem egyszerre, hanem apránként, folyamatosan egész éven át (BJÖRN & MCCLAUGHERTY, 2008).

A lombhullató fáknál évente egyszer avar képződik a lombkorona alatt. Ennek igen fontos szerepei vannak. Egyik jelentős tulajdonsága a szigetelés. Fafajtól függően, figyelembe véve a levél vastagságát, méretét, illetve a mennyiségét körülbelül 0,5-25 cm vastag takarót tud

képezni a fa alatt. Nagy általánosságban a fa gyökérzetének kiterjedése megegyezik a lomkoronáéval, ha mélységben nem is, de oldalirányban igen. Így a lehullott avar a teljes gyökérzet fölött szigetelhet. Véd tehát a fagytól, és ugyanakkor erózióval szemben is számottevő lehet. A csapadék több formában is hullhat, minden esetben károsítja viszont a felső talajréteget, eső, jég, áradat formájában is. Az avarréteg ez ellen abszolút védelmet nyújt, a csapadék nem tudja közvetlenül érinteni a földfelszínt, a levelek védnek a cseppek becsapódásából eredő erózió ellen. Az avarréteg vastagságától függően a víz eloszlik először a levelek között majd megfelelő mennyiség esetén elindul lefelé, lassabban, mintha direkt érné a csapadék a földfelszínt. Hátránya, hogy kevés csapadék esetében az avar akár 100%-át is felfoghatja a víznek, mely így egyáltalán nem tud lefolyni a gyökérzónáig. Ugyanakkor gátolja a talajban lévő víz intenzív elpárolgását. A becsapódást követően a víz lefelé halad, a talajpórusokban, repedésekben folyik le a különböző rétegekbe. Az avarból hamar ki tudnak mosódni különböző vízben oldódó vegyületek, mint például fenolok, redukáló cukrok, illetve aminosavak. Csapadék hatására ezek az elemek apránként bemosódnak a talajba, mikroorganizmusok táplálékául szolgálva, majd előbb-utóbb eljutva a gyökérzónába is.

A folyamatosan bomló avar humusszá bomlik a különböző mikroorganizmusok bontásának következtében, egy tápanyagdús felső réteget képezvén a felszínen. Ebből apránként mosódik mélyebb rétegekbe is, talajlazító hatású, illetve fontos tápelemeket juttat vissza a fának a gyökérzónába érve. A tápanyag jelentős része a felszínen egyéb lágyszárúak által kerül felhasználásra, melyek viszont rövidebb életűek, sokszor egyévesek, vagy csak a gyökérzónában telelnek át, zöldtömeget hagyva a felszínen. Ez hosszútávon szintén jót tehet a fának, ugyanis így diverz biomassza termelődik alatta. A különböző növények különböző gombákat, baktériumokat, illetve egyéb rovarfaunákat vonzanak magukkal. Ennek fontos szerepe van, ugyanis így kisebb eséllyel szaporodhatnak el a kártevők.

### **1.1.2. Az avar lebontás folyamata**

Több kutatás is készült már az avarok lebomlásával kapcsolatban, mind vízen, mind szárazföldön. Intenzívebb bomlás tapasztalható vízben, mint szárazföldön, legyen az avar a talajban, vagy annak felszínén, ugyanis a vízben az avar állandó áramlásnak van kitéve, illetve jelentős a kiázás is. Az avar oldható szerves vegyületeinek akár 25%-a kioldódhat már az első órában, természetesen az avar típusának, a víz hőmérsékletének és az áramlás sebességének függvényében (WEBSTER & MEYER, 1997). Az avar bomlását 3 fő szakaszra bonthatjuk. Az 1. szakaszban a már említett kioldódás történik. Aminosavak, redukáló cukrok, fenolok

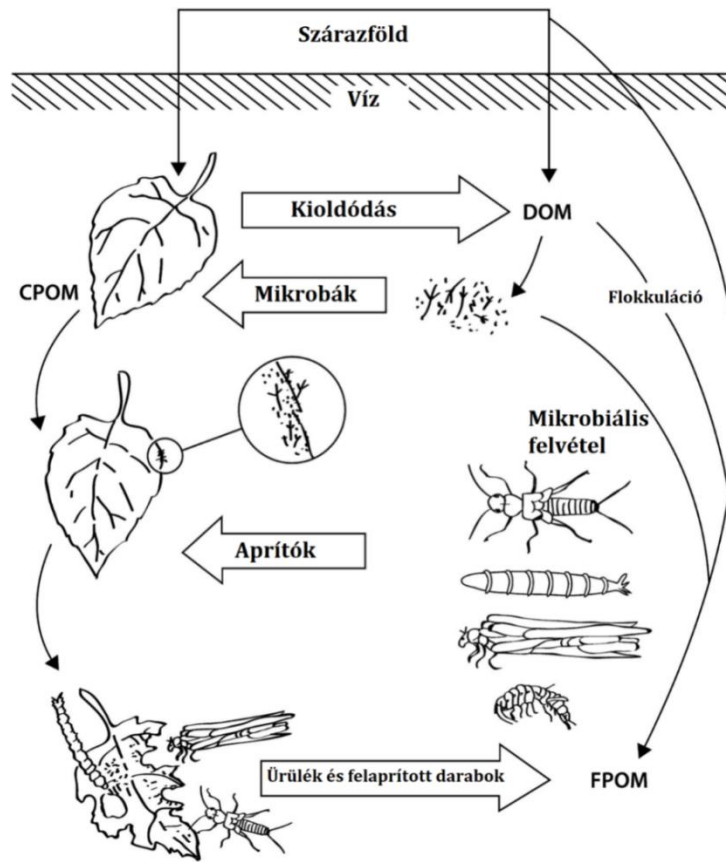
oldódnak ki a levélből, vagyis a könnyebben oldódó anyagok (GESSNER & JURGEN, 1989). Második lépésben a mikrobiális kolonizációé a szerep. Gombák, illetve baktériumok telepednek meg a leveleken. Ezek felpuhítják az avar szerkezetét. Elengedhetetlen a szerepük, ugyanis, mind a lignin, mind a cellulóz erős vegyületek, melyet más élőlény nem, vagy csak nehezen tud bontani (SUBERKROPP & CHAUVET, 1995). A harmadik szakaszban számítjuk a fizikai kopást, melyet okozhat mechanikai behatás, például taposás, súrlódás, illetve a gerinctelenek aprító tevékenysége, mely nagyban tudja gyorsítani a bontás folyamatát (ABELHO, 2001).

Az avar bontásában tehát főként a gombák, baktériumok és makrogerinctelenek vesznek részt. Szerepük elengedhetetlen, ugyanis a növényeket alkotó vegyületek (lignin, cellulóz stb.) nagyon nehezen bonthatók, különösen a gerincesek számára. Az említett szervezetek tevékenysége révén valósulhat meg az anyagkörforgás a levelek, de egyébként majd minden szerves anyag esetében is.

Bontásuk során a durva szemcsés anyagból, avagy CPOM-ból (*Coarse Particulate Organic Matter*) finom szemcsés anyagot FPOM (*Fine Particulate Organic Matter*) hoznak létre mechanikai és biológiai bontási munkálataik során (WURZBACHER, GROSSART, JAMES, & KAGAMI, 2016). A FPOM-nál is finomabb képződött anyagot már oldott anyagnak tekintjük, más néven DOM (*Dissolved Organic Matter*). E három fázis három mérettartományban különíthető el. A CPOM az 1 mm feletti mérettartományra vonatkozik, a FPOM a 1mm-5 $\mu$ m közötti szemcséket takarja, míg a DOM a 5 $\mu$ m alatti fázisokat (ALLAN & CASTILLO, 2007).

A bontás mértékét elsősorban a mikrobiális aktivitás határozza meg, melyek aktivitása több tényezőtől is függ. Egyik legkritikusabb pontja a hőmérséklet, mely mikrobacsoportonként eltérő optimummal rendelkezik. Ezen felül érdekes még, hogy szárazföldön a melegebb éghajlat, míg vízben az alacsonyabb hőmérséklet kedvez a tevékenységeiknek, állapította meg (BARLOCHER F., 2020). Ritka, majdhogynem egyáltalán nem találkozunk olyan esettel, ahol egy mikrobafaj lenne csak jelen, nagyon fontos tényező tehát a jelen lévő, aktuálisan aktív mikrobafajok összetétele. A lignin és a cellulóz sokkal nehezebben bontható anyagok, mint az egyéb nagy C-atomszámú vegyületek, ezek bontása elsősorban ezen élőlények feladata. Az 1. ábra hivatott szemléltetni az avar lebontás folyamatát.

1. ábra: Az avar lebontás folyamata  
(Forrás: Hopkins (2011))



## 2. Célkitűzés

### 2.1. A vizsgálat célkitűzése

Kísérletünkben célul tűztük ki, hogy megvizsgáljuk az avar hatását a talajra. Ehhez 3 féle kezelésben 3 féle avartípust alkalmaztunk levélzsákos módszerrel (*leaf-litter method*).

Három kezelésünk egy Hügel-kultúras ágyásból, egy komposzttal és avarral kevert kezelésből és egy szántóföldi körülményeknek megfelelő kontroll kezelésből állt. Ezekre platán, nyár és juhar avarból álló avarzsákok kerültek, zsákonként csak az egyik avartípust tartalmazva.

Kísérletünkben vizsgáltuk, hogy a különböző kezeléseken hogyan bomlanak a különböző avartípusok, ebből szeretnénk volna következtetni a kezelések talajminőségére, valamint annak tápanyag ellátottságára, a talajélet milyenségére. Erre a 10,000 grammra bemért avarzsákok tömegfogyásából következtetünk. Három hetenként, összesen 5 alkalommal történt mintavétel, ahol kezelésenként 3 pontból szedtünk mintákat, véletlenszerűen választva ki azokat.

### 3. Irodalmi áttekintés

#### 3.1. Juhar, nyár és platán

##### 3.1.1. Nyár (*Populus spp.*)

A nyárfélék a *Silaceae* családba tartozó igen sok alfajjal büszkélkedő nemzetség. Elsősorban az északi félteke növénye, de egész jó elterjedés jellemzi. Kedveli a vizes élőhelyeket, ártéri, partmenti, fás szárú lombhullató növényekről van szó. Határozásuk a levél alapján történik legtöbbször. Hozzávetőleg 40 alfajjal rendelkeznek, melyek viszont morfológiailag jelentős eltéréseket mutatnak egymáshoz képest, viszont ennek ellenére is remekül hibridizálódnak. Hazánk büszkélkedhet néhány őshonos alfajjal, mint például a fehér nyár (*Populus alba*), a fekete nyár (*Populus nigra*), illetve a szürke nyár (*Populus canescens*), de számos telepített alfaj is jól érzi magát nálunk, mint mondjuk a korai- (*Populus marilandica*) és késői nyár (*Populus seronita*) (ISEBRANDS & RICHARDSON, 2014).

Morfológiájukat tekintve általánosan elmondható, hogy körülbelül 15-50 méter magasra tudnak nőni, törzsük átmérője akár 2,5 méter is lehet. Gyors növekedésű, élelmes fákról van szó, vizenyős tápanyagban gazdag területeken nőnek általában, cserébe élettartamuk össze sem hasonlítható például egy kietlen hegyoldalban évszázadokon keresztül lassan növvő tölgyel. Átlagosan 50-100 év közé tehetjük életkorukat.

Levélzetük fán belül is eltérő szokott lenni, alakban és méretben is változó, attól függően idős, fiatal, vékony vagy vastag ágon nő-e a levél. Ahogy a 2. ábra mutatja karéjos, hullámos, sima, de nagyjából csúcsosan végződő kerekded levelekről van szó. Jellegzetessége a nyárfáknak, hogy a legkisebb szellőben is rezegteti a leveleit, amit jellegzetes hang és fényjáték kísér, ugyanis a levél háta fényes, míg fonákja általában matt színű. Virágzata barkás, termése toktermés, melyeket fehér repítőszőrök vesznek körbe, nagyobb elterjedést biztosítva a magoknak (PORTH, KLÁPSTE, & MCKOWN, 2024).

2. ábra: Nyár (*Populus spp.*) levele és virágzata

(Forrás: <https://lizzieharper.co.uk/image/black-poplar-populus-nigra-leaf-flower-and-catkins/>)



### 3.1.2. Juhar (*Acer spp.*)

Két jellemzőbb képviselője hazánkban a korai (*Acer platanoides*) és a hegyi juhar (*Acer pseudoplatanus*). E két lombhullató alfaj jelentős eltéréseket mutat egymáshoz képest.

A korai juhar 20-30 méter magasra nő, közepmagas fának számít. Törzse átmérője körülbelül 1 méter. A hegyi juharnál jóval gyorsabb növekedésű, magasságát viszont nem közelíti meg, és élettartamban is jelentősen le van maradva a maga 200 évével. Általában tojásdad alakú

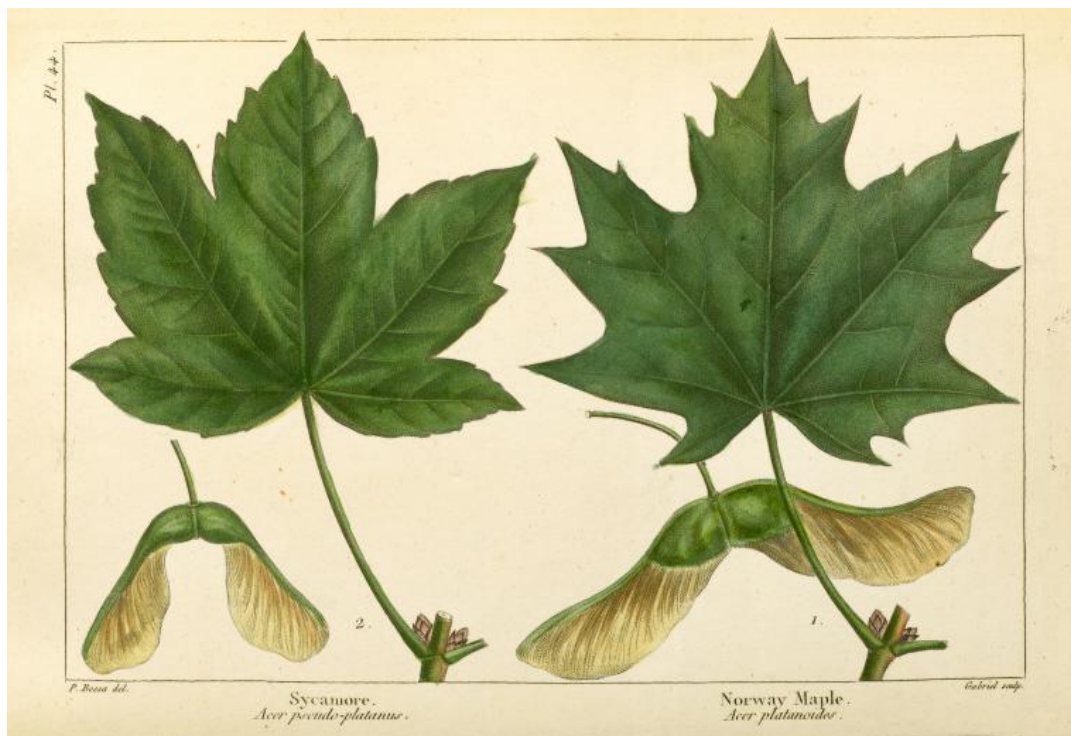
koronával rendelkezik, magányosan állva viszont egyre gömbölydedebbé válik. Párás fekvést, nagy mézst tartalmú, mélyrétegű, üde, nedves talajokat kedvel, telepítve viszont bármerre előfordul hazánkban.

Virágozni csak 15-20 éves korukban kezdenek, még hozzá néhány nappal a lombfakadás előtt. 3, 5, vagy 7 karójú levelei vannak, jellegzetesen becsípve, tenyeres levélállással. Jellegzetes magháza két egymással összenőtt termőlevélből áll, melyeket aztán könnyű felismerni, ahogy érésükre peregre repülnek le a fáról (GELDEREN, JONG, & OTERDOOM, 1994).

A hegyi juhar már egy kifejezetten hegyvidéki alfaj, az üde, vizenyős, párás területeket kedveli, ilyen körülmények között hatalmas termetűre tud megnőni, elérheti a 40 m magasságot is. Korban messze leelőzi testvérét, a legidősebb példányai 500 évesek is lehetnek. Fája keményebb a korai juharénál, kevésbé is zsugorodik, jó minőségű faanyagot ad. A 3. ábrán jól látható, hogy 5 karójú lombslevelet fejleszt, korai társánál jóval szelídebb csipkézéssel. Termése hasonló szerkezetű, kissé kerekdedebb. Fürtszerű bugavirágzatot fejleszt. (VERMEULEN, 1997)

### 3. ábra: Juhar (*Acer* spp.) levele és virágzata

(Forrás: <https://digitalcollections.nypl.org/items/510d47e0-0875-a3d9-e040-e00a18064a99>)



### 3.1.3. Platán (*Platanus spp.*)

Hazánkban a közönséges platán, más néven juharlevelű platán, illetve a keleti platán található meg. Mindkettő lombhullató, jellegzetes levelű díszfaként bekerülő alfaj, tehát nem honos az országban.

A közönséges platánnal találkozunk gyakrabban. Magas, 40 m körüli, kecses ágakat hozó, vastag törzset képző fa. Egész gyorsan fejlődő fa, magasságát egészen hamar eléri, vastagodni viszont csak később fog. Egy fa akár a 400 éves életkort is elérheti. Jellegzetes mintájú törzse van, a kérge barnásodó foltokban felreped, lepattogzik, világosabb réteget fedve fel maga után. Az 5. ábrán látható termése szintén összekeverhetetlen mással, néhány centi átmérőjű, hosszú nyélen lógó gömbökkel találkozunk esetében, melyek aztán szöszözött magvakká esnek szét. Kifejlett levelei 5, a fiatal hajtásoké 3 karéjúak.

A keleti platán jóval alacsonyabb, 25 méternél nő csak kicsit magasabbra. Életkorát, életmódját tekintve hasonló a közönséges platánhoz. Levelei karcsúbbak, mélyebben cakkozottak. Karéjok száma változik (DIRR, 2011).

4. ábra: Platán (*Platanus spp.*) levele és termése

(Forrás: <https://lizzieharper.co.uk/image/london-plane-platanus-x-acerifolia-leaf-and-seeds/>)



## 4. Anyag és módszer

### 4.1. A kísérlet helyszíne és kezelései

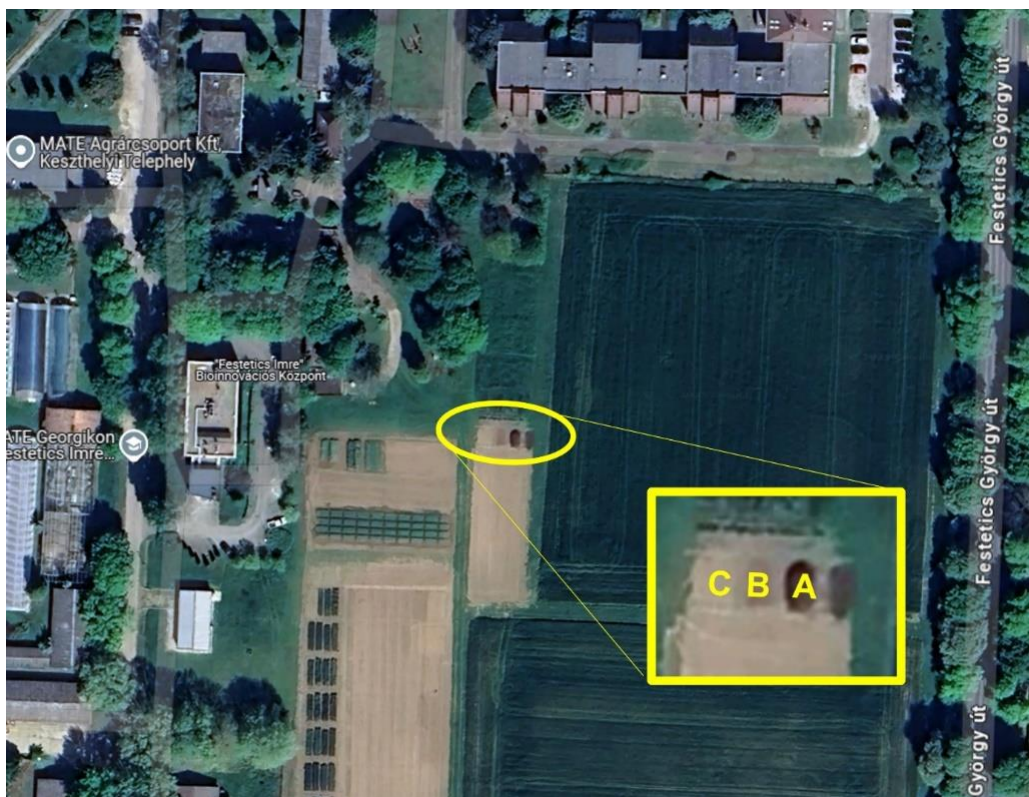
#### 4.1.1. Kísérleti helyszín

Kísérletünk Keszthelyen a Georgikon Campuson, a MATE Tangazdaság Növénytermesztési Bemutatókertjében kapott helyet (GPS 46,74854É, 17,23935K), a 6. ábra szemlélteti műholdas felvételen. A kezeléseket 2024. áprilisban kialakított, különböző talaj-összetételű, 2x4 m parcellákba vetett (2024.05.06., Eskalar típusú vetőmag), és egyöntetűen kelt pohánka (*Fagopyrum esculentum*) állományokban állítottuk be. A parcellák között 1 méter széles utakat hagytunk, a kísérlet teljes területén 2023. évtől műtrágya-, és növényvédőszer-kijuttatás nem történt. A kísérlet szerkezetét az 1. táblázat mutatja be.

5. ábra: Google maps szerkesztett

(Forrás:

[https://www.google.com/maps/search/georgikon+keszthely/@46.7485791,17.2391798,80m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g\\_ep=EgoyMDI1MDQyOC4wIKXMDSoJLDEwMjExNDUzSAFQAw%3D%3](https://www.google.com/maps/search/georgikon+keszthely/@46.7485791,17.2391798,80m/data=!3m1!1e3?entry=ttu&g_ep=EgoyMDI1MDQyOC4wIKXMDSoJLDEwMjExNDUzSAFQAw%3D%3))



1. táblázat: Kezelések szerkezete

Kezelés jele	Kezelés leírása	Kihelyezett avartípus
A	Hügel kultúra	nyár
		juhar
		platán
B	komposzttal dúsított szántóföldi talaj	nyár
		juhar
		platán
C	szántóföldi talaj	nyár
		juhar
		platán

#### 4.1.2. A- Hügel-kultúrák ágyás

A Hügel-kultúrák ágyás egy német találmány, neve dombágyásra fordítható talán a legjobban. Herrman Andre nevéhez fűződik 1962-ből, habár említések már történtek hasonló metódusú építményekről 1926-ban is.

A módszer utánozni igyekszik a természetben lejátszódó folyamatot. Képzeljünk el egy erdőben kidőlő fát, melyet szépen lassan elnyel az idő. Benövik egynyári növények, bokrok, ráhull az avar, gallyak stb., szép lassan ellepi a törzset a természet. Az ágyás mesterségesen igyekszik ezt előhívni. A dombágyás alját vastagabb rönkök alkotják, praktikus ezeket különböző fafajokból és különböző életkorból kiválasztani. Ezek fogják a lelkét adni az ágyásnak, ugyanis lévén nagy átmérőjűeknek és a fákra jellemző szivacsos szövedékeiknek, ők fogják biztosítani a nagy mennyiségű víz tárolását, továbbá hosszú éveken keresztül szolgálnak tápanyaggal a lassú bomlásuk folyamán is. Ebből a szempontból lényeges a diverz alap, a különböző korú és fajú fák más és más ütemben bomlanak le és más tápanyagokat szolgáltatnak annak során. Ugyanakkor ők adják a szerkezetét is az ágyásunknak. A következő réteg már jóval vékonyabb gallyakból, ágakból, venyigéből állhat, ezeket is érdemes minél jobban vegyíteni. Ők fogják majd össze az ágyást, stabilizálják a szerkezetét, illetve lévén, hogy kisebb átmérőjűek a törzseknél, hamarabb lebomlanak és látják el tápanyaggal a választott kultúrnövényeket. Ezt követi a mulcsos réteg. Ebbe kerülhet avar, moha, száraz fű, jóformán akármi, ami hamar bomlásnak tud indulni. Ezt is célszerű minél változatosabban összeállítani. Ez a réteg hamarabb fogja biztosítani a tápanyagot az előzőeknél. Az ágyást itt befejezettek is tekinthetnénk,

amennyiben lehetőségünk van azt egy-két évig pihentetni. Miért? Ahhoz, hogy anyagaink bomlásnak induljanak, hogy olyan elemekké essenek szét, amely hasznos és felvehető formájú a növények számára, ahhoz előbb a baktériumoknak kell a felszabaduló anyagokból táplálkozniuk. Lévén, hogy ezekből az anyagokból az első években kevés van, ha kultúrnövénnyel ültetnénk be az ágyásunkat annak nem maradna felvehető tápanyag és „éhen halna” az elméletileg tápanyagdús területen. Ezt hívjuk pentozán hatásnak és ennek elkerülése végett fontos ez esetben pihentetni az ágyást. Másik megoldás, hogy megtápláljuk a kezelésünket valamilyen formában, hogy jusson a baktériumoknak is és a kultúrnövényeinknek is. Mi egy réteg komposzttal oldottuk meg az egyébként komoly gondot okozó problémát. Ezt már csak a termőréteg követi, amelynek nem is kell 15-20 cm-nél vastagabbnak lennie, épp csak annyi, amennyi a bele ültetett növénynek szükséges. Legvégül célszerű egy vékony réteg mulccsal, netán szalmával fedni a halmot, hogy az védelmet nyújtson az erózióval és kiszáradással szemben. Minden réteg közé célszerű agyagos, homokos talajt, vagy a jelen lévő talajalkotó réteget szórni, hogy stabilizálja a szerkezetet, illetve mozgásteret biztosítson a különböző élőlények számára a rétegek között, akik a lebontást végzik.

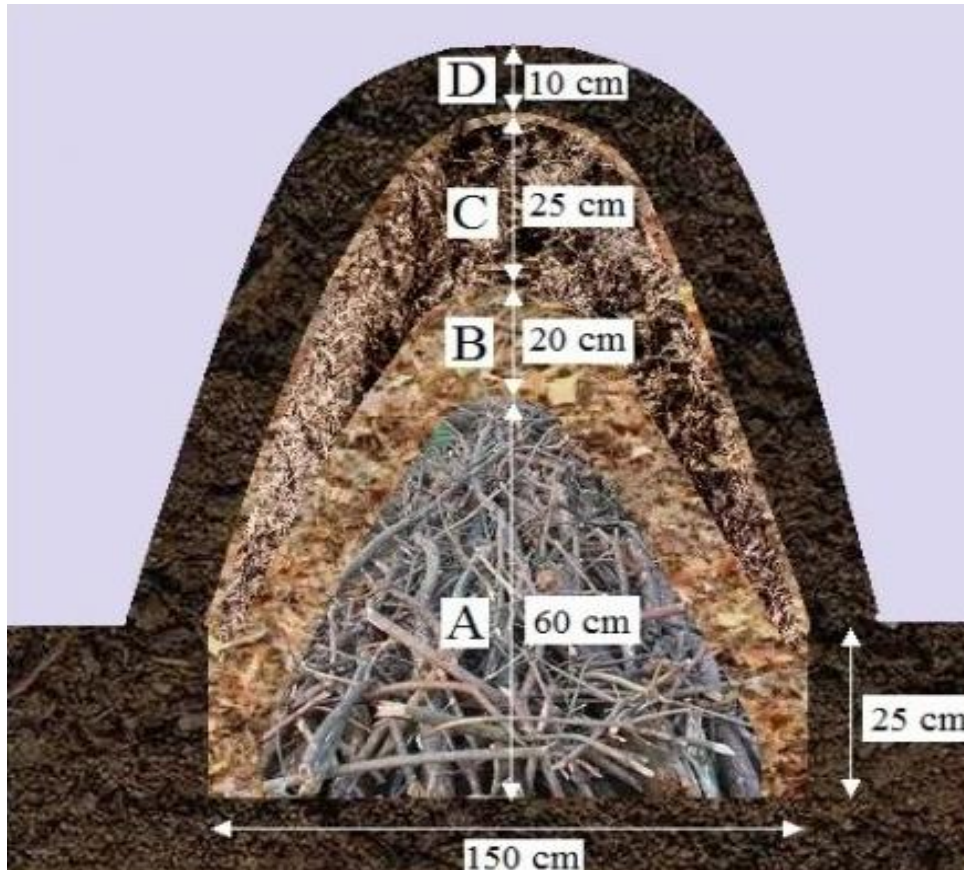
Ezen ágyások különlegessége, hogy bolygatás nélkül is éveket biztosít tápanyagot, méghozzá szignifikánsan növekedve az idő függvényében, ahogy a különböző rétegek bomlásnak indulnak. Öntözi is lényegesen kevesebbet kell, mint mondjuk egy magasságyást, vagy egyszerű veteményest, ugyanis a sok szerves anyag, amit beleraktunk nagyobb esőzések, vagy öntözések során felszívva magát jó nedvtartó képességgel rendelkezik (LAFFOON, 2016).

A mi Hügel-kultúras ágyásunk is a fenti módszer szerint épült, a 7. ábra jól mutatja a felépítését. Az alapot alkotó rönkök évek óta korhadó fenyőtörzsek voltak. Erre nyers és öregebb ágakat egyaránt helyeztünk, volt, amit lombostól. E két réteg után a nagyobb réseket kitöltöttük a jelen lévő talajjal, majd az előzőnél vékonyabb, gyümölcsfákról származó gallyakat és szőlővenyigét rétegeztünk egymásra, mely szintén meg lett szórva talajjal. Ezt követően mulcsos réteg gyanánt 25 cm vastag moharéteget építettünk, melyet talajjal kevert avarréteg követett. Mivel mi mihamarabb szeretnénk volna használni az ágyást ezért a pentozán-hatás elkerülése érdekében egy 20 cm vastag komposztréteg is került befejezésül az ágyásunkra. A Hügel-kultúras ágyás körülbelül 90 cm magasra készült, de várt módon néhány cm-t süllyedt a kísérlet időtartama alatt. Ez egy természetes folyamatnak számít, ahogy a különböző rétegek tömörödnek, úgy csökken az ágyás térfogata is.

Az ágyást jól lehet idomítani igényeknek megfelelően, 0.5-2.5 méter magasra is meg lehet építeni, nem befolyásolja a domborzat milyensége, annak fekvése. Hossza és alakja is szabadon meghatározható, lehet csigavonalban építeni, vagy magasságyáshoz hasonlóan is.

6. ábra: Hügel-kultúrás ágyás szerkezete

(Forrás: <https://en.wikipedia.org/wiki/H%C3%BCgelkultur>)



#### 4.1.3. B- Komposztal dúsított szántóföldi talaj

Második kezelésünkben a Hügel-kultúra egyik elemét emeltük le, ugyanis kíváncsiak voltunk rá, mekkora szerepe van az avaros, komposztos rétegnek a vízháztartásban, illetve tápanyag szolgáltatásban. Ezen esetben a talaj felső egy ásonyomnyi (25 cm) rétegét kevertük be a Hügel-kultúrás ágyáshoz is használt avarral, mulccsal, valamint komposzttal. Ez a felszínből nem emelkedett ki, a talajszintben maradt. Ebbe a kezelésbe és a Hügel-kultúrás ágyásba is elhelyeztünk gombafonalakkal átszótt, apró faanyagokat, hogy megindítsuk a talajaktivitást a területünkön. A komposzt a Georgikon Botanikus Kertből származott, összetétele: 50% szerves trágya, 35% falevél és lágyszárú növényzet (15%).

#### **4.1.4. Szántóföldi talaj**

Harmadik, egyben kontroll kezelésként szolgáló parcella talaja nem kapott szervesanyag-kiegészítést, se tápanyagpótlást, ott 2024. év áprilisban 20 cm mélyen forgatásos talajművelést (rotációs kapa) végeztünk. A kísérlet eredeti talaja Ramann-féle barna erdőtalaj, homokos vályog fizikai féleségű, 21% agyag- és 1,7% szerves anyag tartalommal, semleges kémhatású (pHKCl=7,1; pHH<sub>2</sub>O=8,1).

#### **4.2. Avarzsákos módszer**

Az avarzsákos módszer („Leaf litter method”) egy gyakran és nemzetközileg is széles körben alkalmazott eljárás. (BARLOCHER F. , 2020). Különböző avarminták bomlásának vizsgálatát teszi lehetővé szárazföldön és vízben egyaránt. E módszer elve szerint nem lebomló szövetet alkalmazunk, különböző lyukbőségekkel. Ennek jelentősége a kívánt vizsgálatban van, befolyásolja milyen élőlényeket szeretnénk engedni hozzáférni a mintáinkhoz. Kis és nagy lyukbőség más-más eredményekkel tud szolgálni. Ahhoz, hogy a makrofauna képviselői is hozzáférjenek az avarmintákhoz 2 mm lyukbőségű hálót alkalmaztunk. A bomlott anyagmennyiség ennél kisebb lyukakon keresztül is képes távozni.

A mintákat meg kell tisztítani a különböző szennyeződésektől, ágaktól, magoktól, földrögöktől, kavicsoktól. A vizsgálatnak úgy van értelme, ha több ismétlést csinálunk, és ismétlésenként több avarmintát is tudunk venni a pontosabb összehasonlítás érdekében. Előre meg kell határozni a kísérlet időtartamát, a mintavételek számát és a mintavételenként megszedett minták mennyiségét. Eredményhez úgy jutunk, ha a megszedett mintákat tiszta vízzel átmoszuk és egy aprólyukú szita segítségével a visszamaradt szilárd fázist maradéktalanul kinyerjük, majd légállandóságig szárítjuk. Ennek bemérését követően tudjuk megállapítani mennyi fogyott a 10,000 g-ból, melyből aztán következtetni tudunk a különböző kezelések hatására.

#### **4.3. Az avarminták vizsgálata**

Az avarzsákok elkészítéséhez az avar 2023 őszén, lombhullás után gyűjtöttük, melyek platán (*Platanus spp.*), juhar (*Acer spp.*) és nyár (*Populus spp.*) levelek voltak. Minden avarból egy 30 literes zsáknyi avart szedtünk, majd szobahőmérsékleten szárítottuk tömegállandóságig. Az avarzsákoknak körülbelül 25 x 27 cm-s kockákat vágunk, majd KERN PCB precíziós mérlegen három tizedes jegy pontosságig 10,000 g avart mértünk bele, majd összekötöttük, úgy, hogy abból az avar ne tudjon kiesni. Az elkészült avarzsákokat a kihelyezésig állandó szobahőmérsékleten tároltuk avar-fajtánként elkülönítve nagy zsákokban.

Az avarminták kihelyezésére május 28-án került sor, mégpedig oly módon, hogy egy pontba rögzítettünk mindhárom típusú avarzsákból egyet. Ezt kezelésként 15 pontban randomizált elhelyezésben. Így egy kezelésen kihelyezéskor összesen 45 avarzsák volt található.

Kihelyezéstől számolva 3 hetenkénti mintavétel történt, 06.20-án, 07.10-én, 07.31-én, 08.21-én és végül 09.11-én. Minden mintavételkor 3 pontból szedtünk fel 3-3 avarmintát, így gyűjtésként egy kezelésről 9 db avarzsák került le. Ilyenkor az egy pontban lévő zsákokat egy nejlonzacskóba helyeztük, felcímkéztük, majd mérésig szobahőmérsékleten tároltuk, figyelve arra, nehogy nedvesen maradjanak a minták, ezáltal bepenészedve és befolyásolva így a mérési eredményeket.

A minták naponta ellenőrizve voltak, ugyanis lévén természetközeli területen történt a kísérlet, több éjszakai állat is játékot talált az apró zsákokban, így időnként eljátszották azokat, esetenként meg is sértették, így kisebb anyagvesztést is szenvedtünk a folyamatban (ezeket a bevizsgáláskor figyelembe vettük).

Az összes megszedett minta után, a zsákok tartalmának bemérése következett, melyet a 8. ábra mutat be. Ez egy apró lyukbőségű szitán való átmosással történt. Az avarzsák tartalmát a szitára mostuk, megszabadítva azt folyó vízzel a levelekre, illetve a zsák anyagára tapadt szennyeződésektől, földtől, más lágyszárú növény levelétől, szárától, termésétől. Ezt követően a szitában visszamaradt összes anyagot mintánként külön tálba helyeztük, amiben aztán a mosott minták szobahőmérsékleten ismételten súlyállandóságig száradtak. A mintákat megcímkéztük, hogy tudjuk melyik kezelésről és hányadik mintavételből származnak, továbbá a 3 megszedett mintacsoportból melyikbe tartozik. Így például a 2024 07.31-én szedett „A” ágyról származó minta a 07.31. „A” 1 jelzését 3 avarminta kapta meg, még hozzá azért, mert egy szedésben 3 avarfajta, platán, juhar, nyár volt megtalálható. Miután tömegállandóságig száradtak a mintáink ismételten a KERN PCB precíziós mérleggel, ugyanazzal, amelyet első alkalommal használtunk bemértük a kiszárított mintákat. Ezen adatok kielemezésekor megállapíthattuk, hogy az idő előre haladtával a zsákok tömege csökkent, ebből pedig következtethetünk a talajba került tápanyag mennyiségére.

Kísérletünk kezdetétől számított 25. napon történt az első mintavétel, majd ezt követően, 20, illetve 21 naponként szedtünk mintát, minden alkalommal kezelésként 3x3 avarzsákokat. Mintavétel történt tehát a 25., 45., 66., 87., és a 108. napon. Alkalmanként 9-9 avarzsák került megvizsgálásra, kezelésként 3 platán, 3 juhar, és 3 nyár avarral telt zsákokat mértünk be.

7. ábra: Avarzsák bontás előtt az alkalmazott szitán

(Forrás: saját fotó 2024.10.05.)



Az avarminták vizsgálata az Agronómia tanszéken történt, ide lettek átszállítva a megszedett minták. Itt egyesével minden zsák tartalmát egy apró rostájú szitára rámostuk, hogy csak a külső szennyeződések, port, homokot mossuk le, az avarminta tartalma megmaradjon. Fontos volt az avart tartalmazó zsákot is lemosni az esetlegesen rátapadt avarmorzsák végett. Hogy száradás során se veszítsünk esetlegesen anyagot, minden zsák tartalmát külön magas falú műanyag edényben helyeztük el. Ezután tömegállandóságig szárítottuk őket szobahőmérsékleten.

Miután kiszárítottuk a mintáinkat analitikai mérlegen visszamértük a tömegüket, így megkapva a fogyásukra vonatkozó adatokat minden minta esetében, ahogyan azt a 8-as ábra mutatja.

8. ábra: Avarminták bemérése szedés után

(Forrás: Saját fotó 2024.10.14.)



Ezt követően az azonos típusú párhuzamos mintákat átlagoltuk, majd a kapott értékekből megállapítottuk a fogyás ütemét, melyből tudunk következtetni a bomlás sebességére is.

A lebomlás ütemét avartípusonként, illetve kezelésként diagramon ábrázoltuk az idő függvényében, a kapott görbére pedig exponenciális trendvonalat tudtunk illeszteni. Mindez excel táblázat segítségével történt.

Hogy kiszámíthassuk a lebontás ütemét egy már meglévő képletet használtuk (BARLOCHER, GESSNER, & GRACA, 2020) számításai és exponenciális modellje alapján. A használt képlet

$M_t = M_0 \cdot e^{-kt}$ , ahol az  $M_t$  (g) a visszamaradt szárazanyag tömegét takarja, az  $M_0$  (g) a kiindulási száraz tömeget, a  $k$  az exponenciális bomlási együtthatót ( $\text{nap}^{-1}$ ), a  $t$  pedig a kihelyezéstől számított időt jelenti (nap).

Ezen képlet segítségével a  $k$  értéket kifejezve megkapjuk a bomlási sebességet. Ez az érték aztán három különböző kategóriába sorolható. Lassú, közepes és gyors kategóriákra tudjuk osztani a bomlási sebességet. Gyors bomlásról beszélünk amennyiben  $k > 0,01$ , közepesről  $k = 0,005 - 0,01$  esetében, és lassúról, ha  $k < 0,005$ .

A  $k$  értékből kiindulva szintén (BARLOCHER, GESSNER, & GRACA, 2020) munkássága alapján kiszámíthatjuk a felezési időt is a  $T_H = \ln 2 \cdot k^{-1}$  képlet segítségével. A felezési idő megmondja nekünk, hogy mennyi idő kell az avarnak ahhoz, hogy a kezdeti tömegének felére csökkenjen.

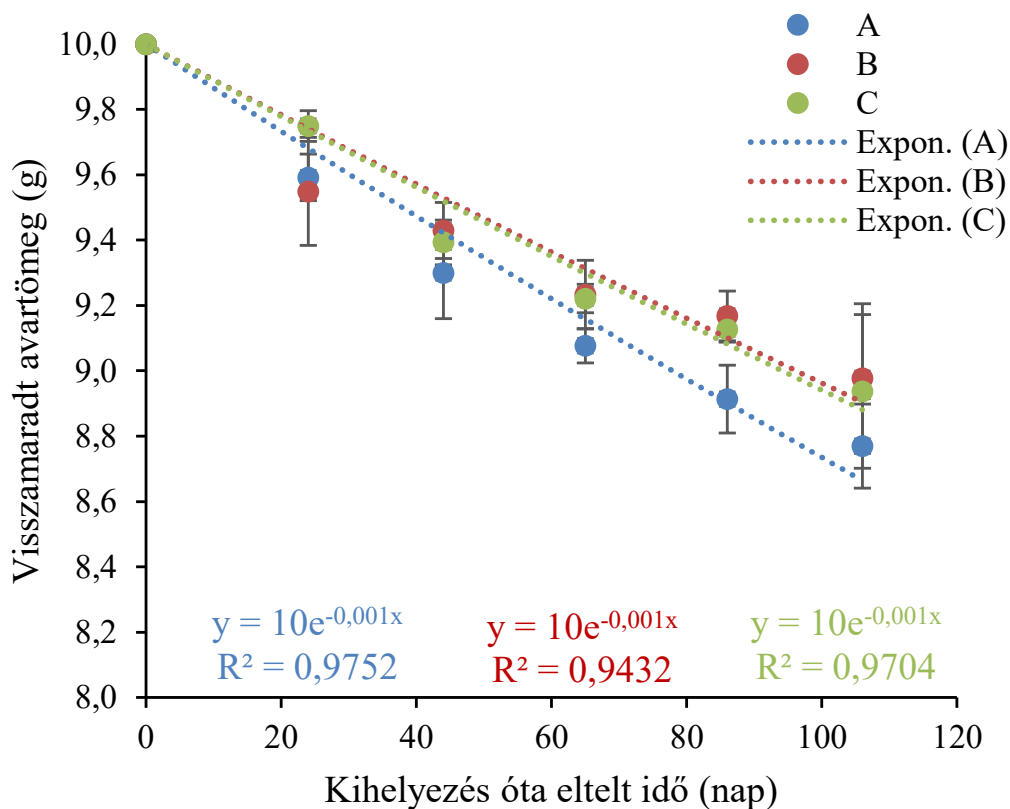
A mérési eredményeket Microsoft Excel programban rögzítettük, ahol t-próbák alkalmazásával állapítottuk meg a kezelések és avarminták közti statisztikai különbségeket.

## 5. Eredmények és értékelésük

### 5.1. Avar lebontási ráták

A szárított avarjainkat egyesével visszamértük, így megkaptuk, hogy adott idő elteltével hogyan fogytak az eredeti tömeghez képest az avarmintáink. A fogyásból következtetünk arra, hogy mennyi avar bomlott le adott periódus alatt, a bomlás intenzitásából pedig következtethetünk a kezelések hatására is. Ezen kívül magának az avarnak a bomlási tulajdonságait is tudjuk vizsgálni. A kapott adatokat excel táblázatba vittük fel és az alább látható eredményeket nyertük ki belőle.

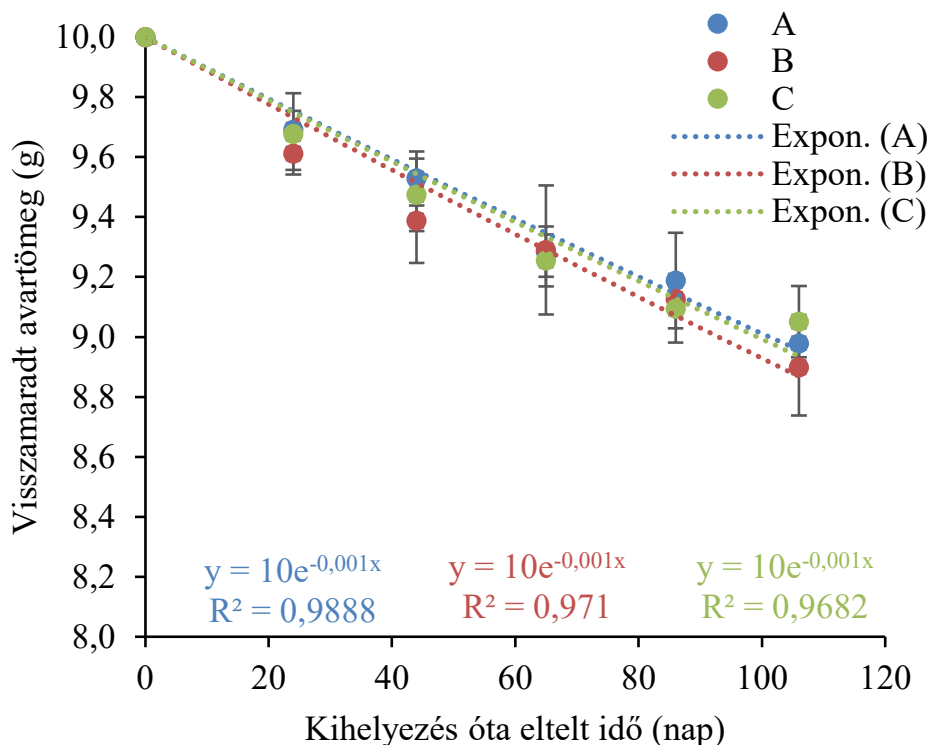
9. ábra: Visszamaradt juhar (*Acer sp.*) avar tömege a különböző kezelésekből („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) a kihelyezéstől számított 24, 44, 65, 86, 106. napon



A juhar avar esetében (10. ábra) az „A” kezelésben (Hügel-kultúrás ágyás) mértük a legintenzívebb avarfogyást, a visszamaradt avar tömege  $8,8 \pm 0,13$  g volt. A „B” kezelésnél  $9,0 \pm 0,23$  g, míg a „C” kezelésnél  $8,9 \pm 0,24$  g visszamaradt tömeget detektáltunk. Az avarfogyás dinamikájában nem találtunk szignifikáns különbséget sem az „A” és „B” ( $p=0,2233$ ), sem a

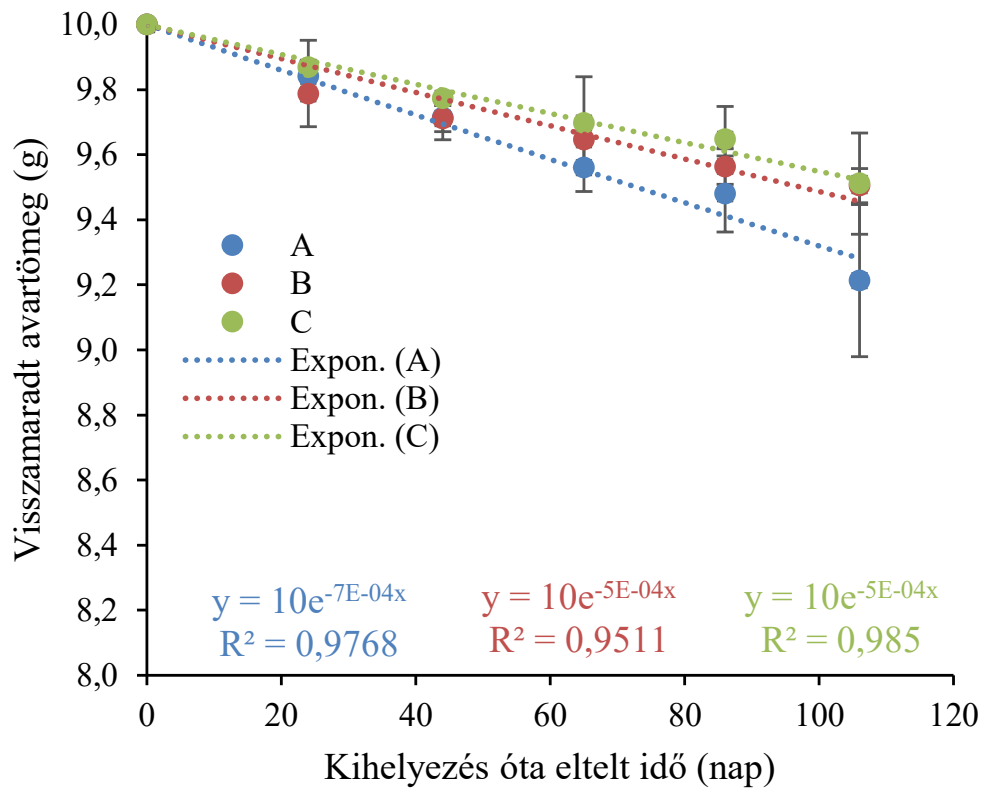
„B” és „C” ( $p=0,4674$ ), sem pedig az „A” és a „C” ( $p=0,2295$ ) kezelések között. Az első mintavételt leszámítva ez a tendencia volt jellemző az egész vizsgálati időszakra.

10. ábra: Visszamaradt nyár (*Populus sp.*) avar tömege a különböző kezelésekben („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) a kihelyezéstől számított 24, 44, 65, 86, 106. napon



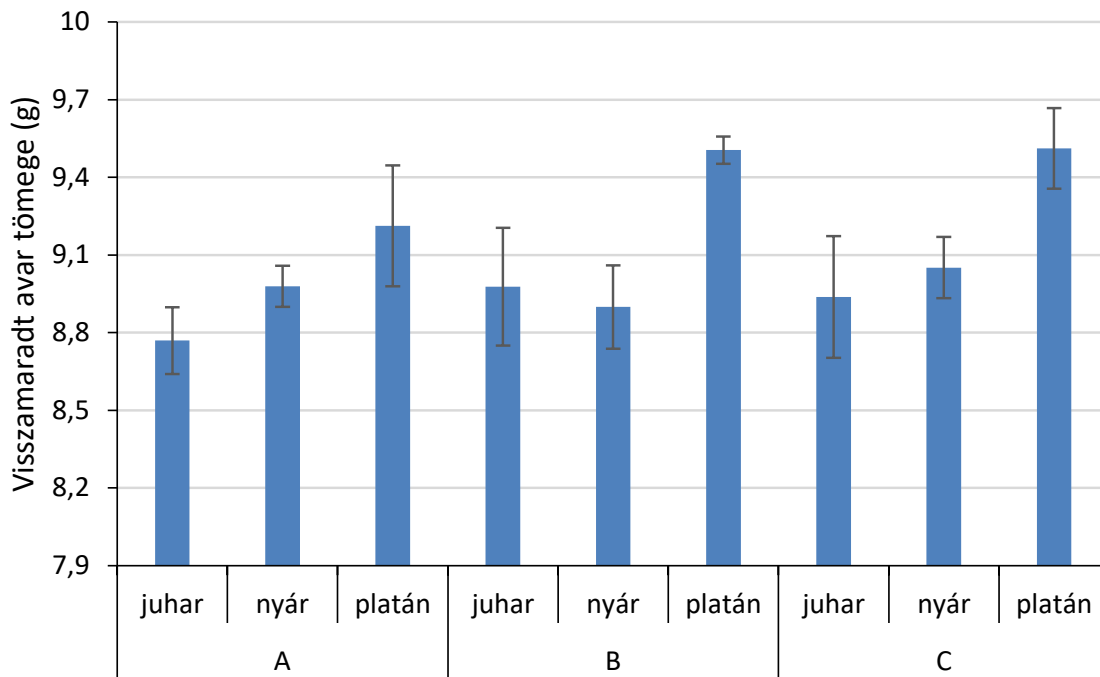
Nyár avar esetében (11. ábra) sokkal egyöntetűbb volt az avar lebontás menete. A három kezelésben  $8,9 \pm 0,16$  g („B” kezelés) –  $9,1 \pm 0,12$  g („C” kezelés) között mozogtak a kísérlet végén visszamaradt avar tömegek. A lebontás menetét vizsgálva az ábrán jól látható, hogy az első két mintavétel esetében a „B” kezelés esetében mértük a leggyorsabb fogyást, majd a következő két mintavételkor „C” kezelésben voltak a legalacsonyabbak a tömegek. Az utolsó mintavétel alkalmával ismét az első két mintavételhez hasonló tendenciát figyeltünk meg. Azonban ezek a kis különbségek valóban tendencia jellegűek voltak, nem találtunk szignifikáns különbséget sem az „A” és a „B” ( $p=0,3465$ ), sem a „B” és a „C” ( $p=0,4468$ ), sem pedig az „A” és „C” ( $p=0,3929$ ) kezelések lebontási dinamikájában.

11. ábra: Visszamaradt platán (*Platanus sp.*) avar tömege a különböző kezelésekben („A” – Hügél-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) a kihelyezéstől számított 24, 44, 65, 86, 106. napon



Platán avar lebontási dinamikájának esetében (12. ábra) a juhar avaréhoz hasonló eredményeket kaptunk. Ez esetben is az „A” kezelésnél detektáltuk a legintenzívebb avarfogyást, a kísérlet 106. napjára  $9,2 \pm 0,23$  g avar maradt vissza az avarzsákokban. A „B” és „C” kezelések esetében nagyon kicsi különbségeket mértünk a visszamaradt avar tömegében az utolsó mintavételkor, e két kezelés esetében  $9,5 \pm 0,05$  g és  $9,5 \pm 0,16$  g avartömeget írhattunk le, s ez a különbség nem is volt szignifikáns ( $p=0,24178$ ). Az „A” és „B” ( $p=0,2566$ ), valamint „A” és „C” ( $p=0,14599$ ) kezelések lebontási üteme között sem találtunk szignifikáns különbséget.

12. ábra: A visszamaradt avar tömegének alakulása a három avar (juhar, nyár, platán) és három kezelés („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) esetében a kísérlet 106. napján



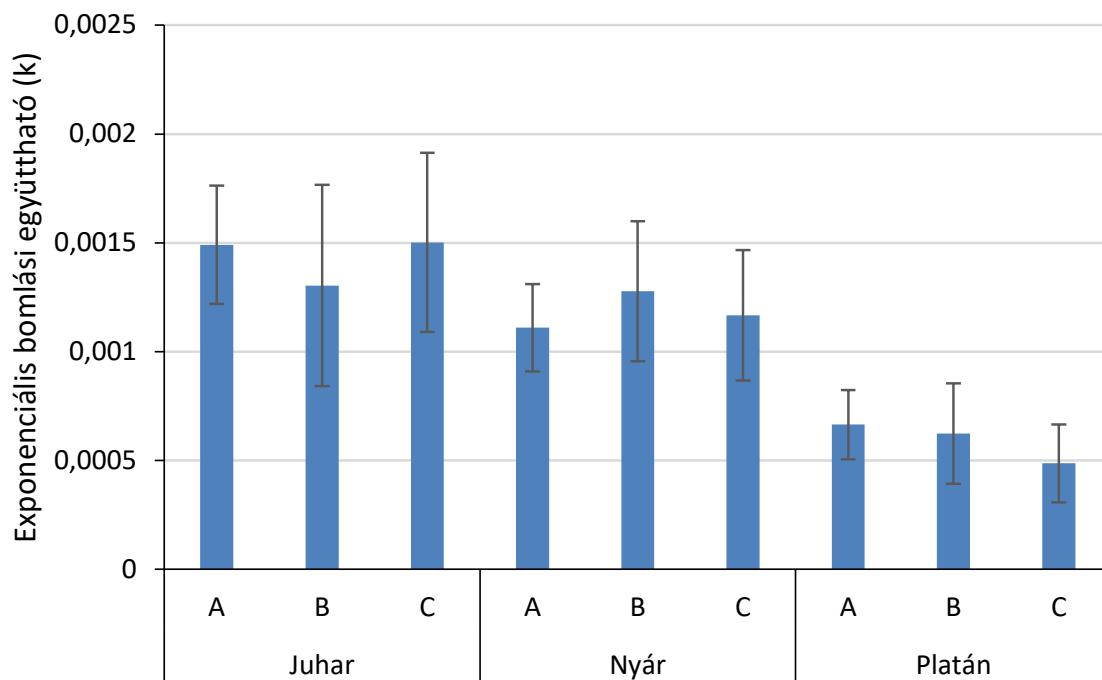
Az előzőekben a különböző avar-féleségek lebontási üteme került bemutatásra a három alkalmazott kezelésben („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj). Azonban a kísérlet során arra is kíváncsiak voltunk, hogy az egyes kezelésekből ugyan olyan tendenciát követnek-e az avar-féleségek visszamaradt avar tömegei, melyet a **13. ábrán** követhetünk nyomon. A Hügel-kultúrás ágyás („A”) esetében a juhar avar bomlása volt a legintenzívebben, ezt követte a nyár, valamint a platán avar. Ehhez hasonlóan alakult a „C” kezelésben is avar lebontás dinamikája, azonban a „B” kezelésben a nyár avar bomlott a leggyorsabban, amit a juhar, valamint a platán követett. Itt már találkozhatunk szignifikáns különbségekkel is: az „A” kezelés esetében a nyár és a platán avar esetében ( $p=0,0219$ ), a „B” kezelés esetében a juhar és a platán ( $p=0,0053$ ), a nyár és a platán ( $p=0,0098$ ), valamint a „C” kezelésben szintén a juhar és a platán ( $p=0,0122$ ) és a nyár és a platán ( $p=0,0093$ ) avar lebontásában voltak statisztikailag igazolható különbségek.

A kísérletben visszamaradt avar-tömegekből kiszámítható a  $k$  exponenciális együttható is, mely lehetővé teszi a különböző helyszíneken, különböző körülmények között beállított avar lebontási kísérletek összehasonlítását. Továbbá lehetőség nyílik a  $k$  érték alapján az avar lebontás dinamikájának kategorizálására is, melyet három csoportba oszthatunk: gyors, közepes

és lassú dinamikájú lebontás. A **14. ábra** ezeket az exponenciális együtthatókat szemlélteti. Az Anyag és módszer fejezetben leírtaknak megfelelően mind a három avarféleség esetében, valamint mindhárom kezelés esetében az avar lebontás dinamikája a „lassú” kategóriába sorolható ( $k < 0,005$ ).

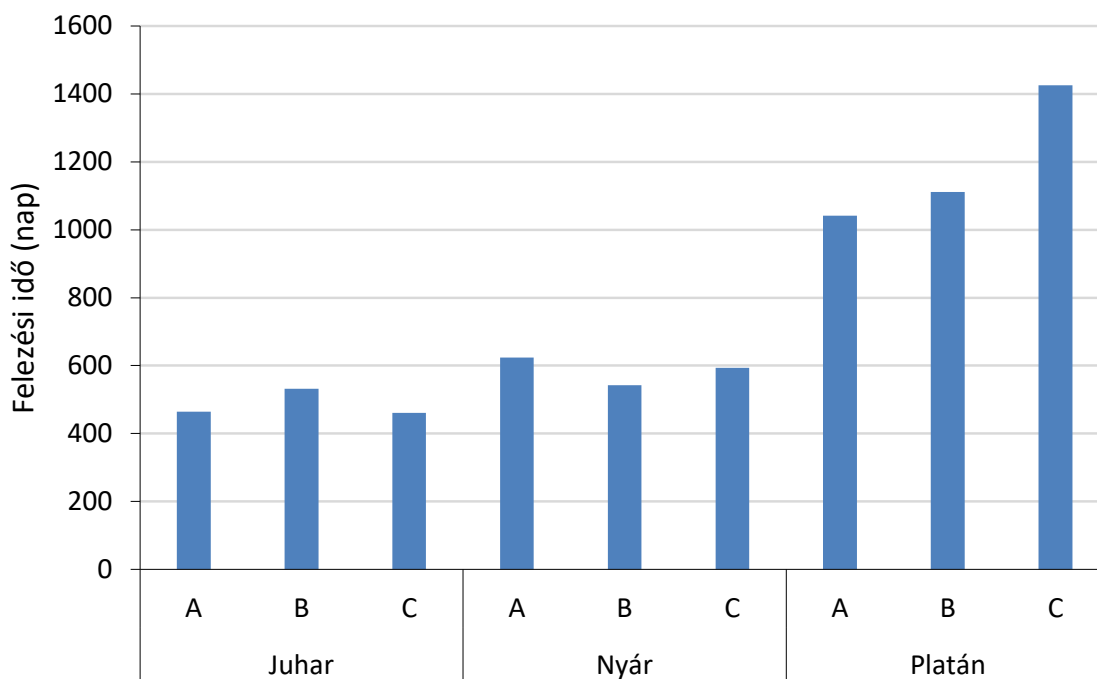
A  $k$  értékek ismeretében a felezési idő is meghatározható, amely azt fejezi ki, hogy mennyi idő szükséges az avar mennyiségnek ahhoz, hogy a tömege a felére csökkenjen az avarzsákban. Az ábrán látható, hogy a juhar (461 – 531 nap) és a nyár avar (543 – 624 nap) esetében hasonló felezési időket, míg a platán esetében jóval magasabb felezési időt kaptunk (1042 – 1425 nap).

13. ábra: Az exponenciális bomlási együttható alakulása a három avar (juhar, nyár, platán) és három kezelés („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj a, „C” – szántóföldi talaj) esetében



Megállapítható tehát, hogy az exponenciális bomlási együttható a juhar és a nyár avar esetében hasonló, míg a platán avaré eltér tőlük, jóval lassabb bomlás tapasztalható esetében.

14. ábra: A felezési idő alakulása a három avar (juhar, nyár, platán) és három kezelés („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) esetében



A 15. ábráról egyértelműen leolvasható, hogy a juhar és nyár avar felezési ideje a különböző kezelésekben hasonló dinamikájú, míg a platán kétszer olyan lassú felezési idővel rendelkezik.

A kísérletbe ültetett pohánka a 16. és 17. ábrán keresztül jól mutatja, hogy a kezelések között biztosan volt különbség. Látványos morfológiai különbséget fedezhetünk fel a növények méretét, színét, vastagságát illetően. Az avar esetében nem tudunk egyértelmű összefüggéseket megállapítani a kezelés és a bomlási sebesség között.

15. ábra: „A”, „B”, „C” parcellákban kelt pohánka (*Fagopyrum esculentum*) csíranövények  
(Forrás: Saját fotó 2024.05.25.)



16. ábra: „A”, „B”, „C” parcellákban a pohánka (*Fagopyrum esculentum*) virágzási stádiumában

(Forrás: Saját fotó: 2024.06.27.)



## 5.2. Eredmények összehasonlítása

Lengyelországban kutatásukban erdei körülmények között vizsgálták többek között a platán levél bomlási tulajdonságait is, melynek során a minták az első két hónapban elvesztették tömegük 95%-át (RAWLIK, KASPROWICZ, NOWINSKI, & JAGODZINSKI, 2022). A mi kísérletünkben ehhez képest 10% avarfogyás volt mérhető. Ennek magyarázata a kezelésekben keresendő. Az erdei ökoszisztéma rendkívül gazdag talajbiológiával rendelkezik, ehhez képest a szántóföldi körülmények lényegesen kisebb talajaktivitást mutatnak. Egy másik kutatásban vizsgálták a nyár avar bomlási tulajdonságait városi és vidéki környezetben, Finnországban. A városból és vidékről szedett nyárfaleveleket vizsgálták városi és vidéki környezetben is, azt tapasztalták, hogy a városban szedett (10%), illetve a vidéken szedett, de városban bomlott (13%) avar esetében jelentősebb tömegvesztés tapasztalható, a vidéken szedett vidéken bomlott és a vidéken szedett, de városban bomlott avarokhoz képest, ráadásul gyorsabban zajlott a folyamat is 2% -al a városban, mint vidéken (NICOLA, FLAVIA, BALDANTONI, & ALFANI, 2014). Az avarvesztés hasonló az általunk mért 10%-hoz, feltehetően a hasonló hőmérséklet és talajbiológia milyenségéből kifolyólag. Egy Kínában végzett kutatásában, melyben 4 avertípust vizsgáltak, -hasonlóan a mi eredményünkhöz- a nyár avar találták gyorsabban bomlónak, szemben a tölgy, vörösfenyő és diófa levéllel, ugyanakkor megállapították, hogy amikor a három utóbbi avarféleséget nyár avarral keverve vizsgálják azok gyorsabb bomlási tendenciát produkálnak (YANG, és mtsai., 2022). Egy szintén Kínában végzett kísérlet során melyben platán, szivarfa és kínai vadgesztenye levelek bomlási tulajdonságait vizsgálták a platán avar, hasonlóan az általunk végzett kísérlet során kapott eredményekhez lassú bomlási kategóriába esett és nem mutatott szignifikáns különbséget a különböző kezelések során, mely a platán erős szerkezetével és lassú bomlási tulajdonságaival magyarázható (YANG, SHAO, & LI, 2020). Egy másik vizsgálat során 14 avarféleség közül a juhart is a lassú bomlási kategórián belül a gyorsabban bomló avarféleségekhez sorolta (HOBBIE, és mtsai., 2006). Alacsony lignintartalma teszi könnyebben, ezáltal gyorsabban bonthatóvá a mikroorganizmusok számára.

### 5.2.1. Hátráltató tényezők

A kutatás során több nehézséggel is szembe találtuk magunkat. Az avarzsákok nehezen száradtak ki, így az első tömegmérésnél gyanúsnak talált eredményeket egy hónap további szárítás után megismételtük, így kapva meg a pontos adatokat.

Az ágyásokat naponta ellenőrizni kellett, minden avarzsák helyzete és száma figyelve volt. Erre jelentős szükség volt az adatok kinyerése érdekében, ugyanis lévén, hogy a kísérlet nem egy elkerített területen történt, a vadak könnyedén hozzáférhettek. Feltételezhetően rókakölykök áldozatává néha napi rendszerességgel váltak az avarzsákok, melyeket a kisállatok eljásztak az este folyamán akár 50 méter távolságra is az eredeti pozíciójából, ezeket mindig nagy figyelemmel visszahelyeztük az eredeti helyére.

Komoly hátráltató tényező az avarok nitrogéntartalmát mérni hivatott műszer, a Vario Macro Cube Elemanalizátor hónapokig tartó üzemén kívül tartása hiányzó, illetve elromlott alkatrészek miatt. Ebből kifolyólag a dolgozatba ezen adatokat nem tudom ismertetni, ugyanis a mérések nem történhettek meg.

## 6. Következtetések és javaslatok

Az általunk vizsgált avartípusok mind lassú bomlási kategóriába estek. Amennyiben tápanyag szolgáltatás céljából használnánk fel őket, ezen tulajdonságuknak megfelelően alkalmazzuk. Kis mennyiségben és hosszú távon fog tápanyagot juttatni a talajba, ugyanakkor szintén hosszú távon látja el talajvédő feladatát is, mint mulcsanyag.

Kísérletünkben további eredményeket várunk a ledarált avarmintákból készített kapszulákból mért nitrogén tartalom alapján, ezek azonban még mérés alatt állnak, ugyanis a mérőeszköz a Vario Macro Cube Elemanalizátor sokáig használaton kívül állt hiányzó vagy be nem szerelt alkatrészek miatt.

A kísérletet lehetőség szerint célszerű lenne megismételni, illetve egyéb változtatásokat végrehajtani rajta, például nem csupán a talajfelszínre helyezni az avarzsákokat, hanem a talajba ásni azokat. Hogy pontosabb képet kapjunk, egy műtrágyás kezelést is célszerű lenne beállítani, ami reprezentálhatná, hogy milyen módon viszonyul a kontroll csoporthoz képest a konvencionális gazdálkodásban az avar lebontás. Véleményem szerint érdemes lenne tovább kutatni a területen.

## 7. Összefoglalás

Kísérletünkben kíváncsiak voltunk, hogy három féle kezelésünkben (Hügel-kultúrás ágyás, komposzttal dúsított szántóföldi talaj, szántóföldi talaj) hogyan, milyen tulajdonságok szerint bomlanak különböző avarjaink, a platán, a juhar és a nyár levél.

Az avarok bomlását avarzsákos módszerrel (leaf-litter method) figyeltük meg.

Kezelésenként 15 pontban elhelyeztünk minden avartípusból egyet, egy pontba három avarzsák került, melyeket aztán három hetenkénti mintavétellel öt alkalommal szedtünk meg háromszoros ismétlésben.

Az avarokat ezután megtisztítottuk a szennyeződésektől, és ismételten tömegállandóságig szárítottuk, hogy a visszamért tömegből megkaphassuk; adott avar adott mintavételként milyen fogyást mutat nekünk. A kapott eredményeket excel táblázatba vittük és kiértékeljük az értékeket.

Eredményül megállapíthattuk, hogy mindhárom avarféleségünk a lassú bomlási kategóriába esik a három bomlási kategória közül (melyek a lassú, közepes és gyors besorolást kaphatják a  $M_t = M_0 \cdot e^{-kt}$  képlet szerint).

Szignifikáns eredményt nem tapasztalunk a kezelések között mért különbségek alapján, ellenben megállapítható, hogy mindhárom kezelés esetében a leggyorsabban a juhar avar bomlott, ezt követte a nyár és végül majdnem kétszer olyan lassú tempóval a platán avar. Felezési idő tekintetében tehát a platán avar rendelkezik a legnagyobb értékkel, a nyár egy kicsit hosszabb időt igényel, mint a juhar, bár ez utóbbi kettő között már csekély a különbség.

A kísérletet lehetőség szerint célszerű lenne megismételni, illetve egyéb változtatásokat végrehajtani rajta, például nem csupán a talajfelszínre helyezni az avarzsákokat, hanem a talajba ásni azokat. Hogy pontosabb képet kapjunk, egy műtrágyás kezelést is célszerű lenne beállítani, ami reprezentálhatná, hogy milyen módon viszonyul a kontroll csoporthoz képest a konvencionális gazdálkodásban az avar lebontás. Véleményem szerint érdemes lenne tovább kutatni a területen.

## **8. Köszönetnyilvánítás**

Szeretnék köszönetet mondani konzulenseimnek Dr. Simon-Gáspár Brigittának és Dr. Lepossa Anitának a rengeteg segítségért és szakmai tudásért, amit a dolgozat készítése közben nyújtottak. Köszönöm a sok segítséget a kísérlet kialakítása és beállítása körül, valamint a mintafeldolgozásban való közreműködésüket!

Külön köszönettel tartozom jó barátaimnak, Tóth Arielnek, Kozma-Bognár Kristófnak és Deák Bencének, akik mindannyiszor segítettek valahányszor kérdéseim támadtak és segítő kezet nyújtottak, amikor hegyekben álltak a mérendő minták.

Köszönöm a MATE Tangazdaságnak a kísérleti helyszínt, valamint az NTTI Agronómia Tanszéknek a laboratóriumi háttérbiztosítását!

Köszönöm a Georgikon Botanikus Kert segítségét az „A” és „B” kezelések alapanyagainak biztosításáért.

Köszönöm az ALISCA-MAG Kft.-nek a pohánka vetőmagot.

## 9. Irodalomjegyzék

1. ABELHO, M. (2001). *From litterfall to breakdown in streams*.
2. ALLAN, J., & CASTILLO, M. (2007). *Stream Ecology: Structure and Function of Running Waters*.
3. ARORA, S., & SAHNI, D. (2016). Pesticides effect on soil microbial ecology and enzyme activity-An overview. *Journal of Applied and Natural Science*, 1126-1130.
4. BARLOCHER, F. (2020). Leaf mass loss estimated by the litter bag technique . *Springer International Publishing*, 43-51.
5. BARLOCHER, F., GESSNER, M., & GRACA, M. (2020). *Methods to study litter decomposition: a practical guide*. Springer Nature.
6. BJÖRN, B., & MCCLAUGHERTY, C. (2008). *Plant litter: decomposition, humus formation, carbon sequestration*. BERLIN: SPRINGER.
7. DIRR, M. (2011). *Dirr's encyclopedia of trees and shrubs*. Timber Press.
8. GELDEREN, D., JONG, P., & OTERDOOM, H. (1994). *Maples of the World*.
9. GESSNER, M., & JURGEN, S. (1989). Leaching kinetics of fresh leaf-litter with implications for the current concept of leaf-processing in streams. *Archiv für Hydrobiologie*, 81-90.
10. HAJDÚ, A. (2019. 07 11). *Ha a talaj beszélni tudna*. HAJDÚ ANDRÁS, MAGYARORSZÁG.
11. HANDELSMAN, J., & COHEN, K. (2021). *A World Without Soil: The Past, Present, and Precarious Future of the Earth Beneath Our Feet*. Yale University Press: JSTOR.
12. HOBBIE, S., REICH, P., OLEKSYN, J., OGD AHL, M., ZYTKOWIAK, R., HALE, C., & KAROLEWSKI, P. (2006). Tree species effects on decomposition and forest floor dynamics in a common garden. *Ecology*, 2288-2297.
13. ISEBRANDS, J., & RICHARDSON, J. (2014). *Poplars and willows: trees for society and the environment*. CABI.
14. LAFFOON, M. (2016). A quantitative analysis of hugelkultur and its potential application on karst rocky desertified areas in China.
15. NICOLA, D., FLAVIA, BALDANTONI, D., & ALFANI, A. (2014). PAHs in decaying Quercus ilex leaf litter: Mutual effects on litter decomposition and PAH dynamics. *Chemosphere*.
16. PORTH, I., KLÁPSTE, J., & MCKOWN, A. (2024). *The Poplar Genome*. Springer.

17. RAWLIK, K., KASPROWICZ, M., NOWINSKI, M., & JAGODZINSKI, A. (2022). The afterlife of herbaceous plant species: A litter decomposition experiment in a temperate oak-hornbeam forest. *Forest Ecology and Management*.
18. ROY, R., FINCK, A., BLAIR, G., & TANDON, H. (2006). *Plant nutrition for food security: A guide for integrated nutrient management*.
19. SOLTI, G. (2003). *Talajjavítás és tápanyag-utánpótlás az ökológiai gazdálkodásban*. Mezőgazda.
20. SUBERKROPP, K., & CHAUVET, E. (1995). Regulation of leaf breakdown by fungi in streams: influences of water chemistry. *Ecology*, 1433-1445.
21. SWAROOP, M. (2020). *Nutrient dynamics for sustainable crop production*. SINGAPORE: SPRINGER.
22. SZELÉNDY, S. (1984). *Talajművelés másképpen - Komposzttal, talajtakarással*. mezőgazdasági könyvkiadó váll.
23. *Talajbaktérium.hu*. ( dátum nélkül.). Forrás: <https://talajbakterium.hu/talaj-talajelet-termokepesseg-talajdegradacio-biodiverzitas-mezogazdasag/>
24. VAUGHAN, D., & MALCOLM, R. (2012). *Soil organic matter and biological activity*. Springer Science & Business Media.
25. VERMEULEN, N. (1997). *Fák és cserjék enciklopédiája*. REBO INTERNATIONAL B. V.
26. WEBSTER, J., & MEYER, J. (1997). Stream organic matter budgets. *Journal of the North American Benthological Society*, 3-161.
27. WURZBACHER, C., GROSSART, H.-P., JAMES, T., & KAGAMI, M. (2016). *Discovery of dark matter fungi in aquatic ecosystems demands a reappraisal of the phylogeny and ecology of zoosporic fungi*.
28. YANG, K., ZHU, J., ZHANG, W., ZHANG, Q., LU, D., ZHANG, Y., & WANG, G. (2022). Litter decomposition and nutrient release from monospecific and mixed litters: Comparisons of litter quality, fauna and decomposition site effects. *Journal of Ecology*, 1673-1686.
29. YANG, X., SHAO, M., & LI, T. (2020). Effects of terrestrial isopods on soil nutrients during litter decomposition. *Geoderma*, 114546.

## 10. Ábra-és táblázatjegyzék

1. ábra: Az avar lebontás folyamata .....	6
2. ábra: Nyár ( <i>Populus spp.</i> ) levele és virágzata .....	9
3. ábra: Juhar ( <i>Acer spp.</i> ) levele és virágzata .....	10
4. ábra: .....	11
5. ábra: Platán ( <i>Platanus spp.</i> ) levele és termése .....	
6. ábra: Google maps szerkesztett .....	12
7. ábra: Hügel-kultúrás ágyás szerkezete .....	15
8. ábra: Avarzsák bontás előtt az alkalmazott szitán .....	18
9. ábra: Avarminták bemérése szedés után .....	19
10. ábra: Visszamaradt juhar ( <i>Acer sp.</i> ) avar tömege a különböző kezelésekben („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) a kihelyezéstől számított 24, 44, 65, 86, 106. napon .....	21
11. ábra: Visszamaradt nyár ( <i>Populus sp.</i> ) avar tömege a különböző kezelésekben („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) a kihelyezéstől számított 24, 44, 65, 86, 106. napon .....	22
12. ábra: Visszamaradt platán ( <i>Platanus sp.</i> ) avar tömege a különböző kezelésekben („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) a kihelyezéstől számított 24, 44, 65, 86, 106. napon .....	23
13. ábra: A visszamaradt avar tömegének alakulása a három avar (juhar, nyár, platán) és három kezelés („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) esetében a kísérlet 106. napján .....	24
14. ábra: Az exponenciális bomlási együttható alakulása a három avar (juhar, nyár, platán) és három kezelés („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj a, „C” – szántóföldi talaj) esetében .....	25
15. ábra: A felezési idő alakulása a három avar (juhar, nyár, platán) és három kezelés („A” – Hügel-kultúrás ágyás; „B” – komposzttal dúsított szántóföldi talaj, „C” – szántóföldi talaj) esetében .....	26
16. ábra: „A”, „B”, „C” parcellákban kelt pohánka ( <i>Fagopyrum esculentum</i> ) csíranövények (Forrás: Saját fotó 2024.05.25.) .....	27
17. ábra: „A”, „B”, „C” parcellákban a pohánka ( <i>Fagopyrum esculentum</i> ) virágzási stádiumában .....	27
1. táblázat: Kezelések szerkezete .....	13

**NYILATKOZAT**  
**a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és**  
**eredetiségéről**

A hallgató neve: Bodnár Hajnal Emese  
A Hallgató Neptun kódja: IH8A0D  
A dolgozat címe: Platán, -juhar, -nyár avar lebomlási tulajdonságai  
hagyományos és ökológiai növénytermesztési módszerek  
összehasonlításában  
A megjelenés éve: 2025  
A konzulens intézetének neve: Növénytermesztési-tudományok Intézete  
A konzulens tanszékének a neve: Agronómia Tanszék

Kijelentem, hogy az általam szakdolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem. Továbbá kijelentem, hogy a dolgozat elkészítése során alkalmazott mesterséges intelligencia-eszközök (pl. szöveggenerálás, nyelvi javítás, fordítás, adatelemzés) használata nem helyettesítette a saját kutatási és alkotói munkámat, azok alkalmazását a források között vagy a módszertani részben feltüntettem, és a szakmai-etikai elvárásoknak megfelelően jártam el.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelésszabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár-és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe. Tudomásul veszem, hogy a megvédett és

- nem titkosított dolgozat a védést követően
- titkosításra engedélyezett dolgozat a benyújtásától számított 5 év eltelte után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem könyvtári repozitori rendszerében.

Kelt: 2025-10-28

  
Hallgató aláírása

## NYILATKOZAT

**Bodnár Hajnal Emese (IHBAOD)** konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A szakdolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom<sup>1</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*2</sup>

Kelt: Keszthely, 2025.10.27.

  
\_\_\_\_\_  
konzulens

  
\_\_\_\_\_  
konzulens

## Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Bodnár Hajnal Emese
Neptun-kódja:	IH8A0D
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	Szakdolgozat <b>NOVTR17N</b>
A munka címe:	Platán, -juhar, -nyár avar lebomlási tulajdonságai hagyományos és ökológiai növénytermesztési módszerek összehasonlításában

### 2. Nyilatkozat az MI használatáról

Alulírott, etikai felelősségem teljes tudatában az alábbi nyilatkozatot teszem:

*(Kérjük, válasszon egyet az alábbi lehetőségek közül!)*

A) Nem alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Amennyiben ezt jelölte, a további táblázatok kitöltése nem szükséges.)

B) Alkalmaztam mesterséges intelligencia rendszert vagy szolgáltatást.

(Kérjük, töltsse ki a vonatkozó táblázatokat!)

### 3. A mesterséges intelligencia használatának részletezése

**I. TÁBLÁZAT: Asszisztens vagy kisebb mértékű felhasználás (pl. fordítás, nyelvi korrektúra, ötletelés stb.)**

*(Ezen felhasználások esetében a konkrét promptok és válaszok csatolása nem szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott MI-eszköz neve és verziója	Érintett rész (ha nem a szöveg egészére vonatkozik)

**II. TÁBLÁZAT: Jelentős tartalmi hozzájárulás (pl. egy teljes ábra vagy egy hosszabb szövegrész generálása)**

*(Ezekben az esetekben a felhasznált kulcsfontosságú promptok és az MI által adott nyers válaszok dokumentálása és a munka mellékletében való csatolása szükséges.)*

A felhasználás célja	Alkalmazott eszköz verziója, elérhetősége	MI-neve, Az érintett fejezet / ábra / táblázat pontos sorszáma	A prompt-naplót tartalmazó melléklet bejegyzésének sorszáma

### 3/A. Oktató által előírt kiegészítő szabályok (ha vannak)

Amennyiben az adott tantárgy oktatója vagy témavezetője az MI-eszközök használatára vonatkozóan külön szabályokat vagy elvárásokat határozott meg, kérjük, az alábbi mezőben foglalja össze ezeket:

*Pl. az MI használatának tilalma bizonyos feladattípusokra; csak konkrét eszköz használata engedélyezett; eltérő hivatkozási elvárások; dokumentációs forma stb.*

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....

.....

.....


.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helytállóságáért teljes körű felelősséget vállalok. Tudomásul veszem, hogy a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem a benyújtott munkát mesterséges intelligencia detektorral ellenőrizheti, és eljárást kezdeményezhet, amennyiben a nyilatkozatom valótlan vagy hiányos.

**Kelt:** Keszthely, 2025. 10. 29.

  
.....  
Hallgató aláírása

  
.....  
Konzulens/Témavezető aláírása