

SZAKDOLGOZAT

Gyuricza Zsófia

2025



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Budai Campus
Kertészmérnök alapképzési szak**

**AZ ALMATÖRKÖLY VÁLTOZATOK MEZŐGAZDASÁGI
HASZNOSÍTHATÓSÁGÁNAK KOMPLEX VIZSGÁLATA**

Belső konzulens: Juhos Katalin, PhD
docens

**Belső konzulens
tanszéke:** Agrárkörnyezettani Tanszék

Készítette: Gyuricza Zsófia

**Budapest
2025**

Tartalom

| | |
|--|----|
| 1. Bevezetés és célkitűzés | 2 |
| 2. Irodalmi áttekintés | 4 |
| 2.1 Az almatermesztés és feldolgozás melléktermékei és hulladékai | 4 |
| 2.2 Az almatörköly minták vizsgálata | 7 |
| 2.3 Szerves anyagok jelentősége a talajban..... | 12 |
| 2.4 Jogszabályi háttér áttekintése..... | 14 |
| 3. Anyag és módszer | 19 |
| 3.1. A vizsgálatok anyaga és általános körülményei | 19 |
| 3.1 A kísérleti almatörköly anyagok kémiai vizsgálata | 20 |
| 3.2 Az ISZ almatörköly lebomlásának és talajbiológiai aktivitásra gyakorolt hatásának vizsgálata | 21 |
| 3.3 Almatörköly minták csírázásra és növekedésre gyakorolt hatása | 23 |
| 3.4 Aggregátum vízállóság vizsgálat | 27 |
| 4. Eredmények és értékelésük | 27 |
| 4.1 Az almatörköly minták tápanyag és nehézfém tartalma | 27 |
| 4.2 Az almatörköly minták kémhatása és sótartalma | 36 |
| 4.3 Az almatörköly minták lebomlása és talajbiológiai aktivitásra gyakorolt hatása..... | 37 |
| 4.4 Csíratesztek eredményei | 38 |
| 4.5 Az almatörköly talajszerkezetre gyakorolt hatása | 43 |
| 5. Következtetések és javaslatok | 44 |
| 6. Összefoglalás | 47 |
| 7. Irodalomjegyzék..... | 49 |

1. Bevezetés és célkitűzés

A mezőgazdasági termelés során világszerte egyre nagyobb figyelmet kapnak a környezetbarát, fenntartható technológiák és hulladékhasznosítási lehetőségek. Ennek oka egyrészt a szigorodó környezetvédelmi szabályozásban keresendő, másrészt nő a társadalom környezeti érzékenysége is (Mucsi, G., 2013). Az almatörköly, amely az alma feldolgozása során keletkező szerves hulladék, igen nagy mennyiségben áll rendelkezésre. Ez az anyag összetétele alapján megfelelő lehet talajjavító anyagként való hasznosításra. Azonban a pozitív tulajdonságai mellett tartalmazhat olyan vegyületeket is, amelyek hatással vannak a csírázásra vagy a talaj mikrobiológiai aktivitására.

A kutatásom célja annak vizsgálata, hogy az almatörköly különböző dózisokban történő talajhoz keverése milyen hatással van a talaj fizikai és biológiai tulajdonságaira, valamint a növények csírázási képességére és kezdeti fejlődésére. Emellett, a kísérletek során különféle talajtípusokat (barna erdőtalaj, csernozjom, kötött réti talaj, homok) használtam, hogy láthatóvá váljanak az esetlegesen eltérő hatásmechanizmusok. A kutatás során külön figyelmet fordítottam a módosított almatörköly mintákra is, amelyekből bizonyos mikroalkotókat (pektin, polifenol) kivontak vagy csökkentettek, hogy feltárható legyen ezek szerepe a talajélet és növényi fejlődés befolyásolásában. A vizsgálatok célja, hogy megalapozott következtetéseket lehessen levonni az almatörköly mezőgazdasági hasznosíthatóságáról, és javaslatokat lehessen tenni annak optimális alkalmazására.

Az almatörköly

Az almatörköly az alma feldolgozás során visszamaradó szilárd halmazállapotú melléktermék, amely elsősorban az almalé gyártás során keletkezik. A gyümölcsök mechanikus préselését követően visszamaradó törköly tartalmazza az alma héját, magházát, magvait, és a gyümölcshús rostos részei. Az almatörköly pontos összetétele sok tényezőtől függ, többek között például az alma fajtájától, valamint a feldolgozási technológiától. Általánosságban azonban elmondható, hogy magas szervesanyag tartalommal rendelkezik, amelynek jelentős része rostos komponensekből áll. (Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2018) Emellett

keményítő, cukrok, triterpenoidok, almasav, polifenolok, C- és E-vitamin, fehérjék, aminosavak, mikro- és makroelemek, valamint hamu található benne (Waldbaurer et al., 2017).

Manapság változatos területeken használják, többek közt az állattenyésztés során takarmányként, gomba táptalajként, vagy egyszerű komposztként. Emellett a bio-energia előállítás, valamint az élelmiszer- és kozmetikai ipar egyik alapanyaga is.

A kutatás célkitűzései

A dolgozatom célja az alma feldolgozása során keletkező almatörköly mezőgazdasági hasznosíthatóságának vizsgálata, különös tekintettel annak talajra és növényi fejlődésre gyakorolt hatásaira. A kutatás során három fő célkitűzés került meghatározásra:

- 1. Az almatörköly különböző módosított formáinak, valamint eltérő dózisainak hatása a talaj fizikai és biológiai tulajdonságaira.** A vizsgálatok célja annak feltárása, hogy az eltérő típusú és különböző koncentrációban a talajhoz adott almatörköly milyen módon befolyásolja a talaj mikrobiális aktivitását és szerkezetét.
- 2. A növényi csírázásra gyakorolt hatások vizsgálata.** A kutatás során különböző növényfajok (pl. saláta, mustár, zsázsa) csírázási képességét és kezdeti fejlődését vizsgáltam az almatörköly különböző dózisainak és változatainak jelenlétében, figyelembe véve a potenciálisan gátló vegyületek (polifenolok, pektin) hatását.
- 3. A talajtípusok szerepének feltárása az almatörköly hatásmechanizmusában.** A vizsgálatok több eltérő fizikai és kémiai tulajdonságú talajtípus használatával történtek, annak érdekében, hogy feltárható legyen a talaj típusa mint befolyásoló tényező az almatörköly hatásainak értelmezésében.

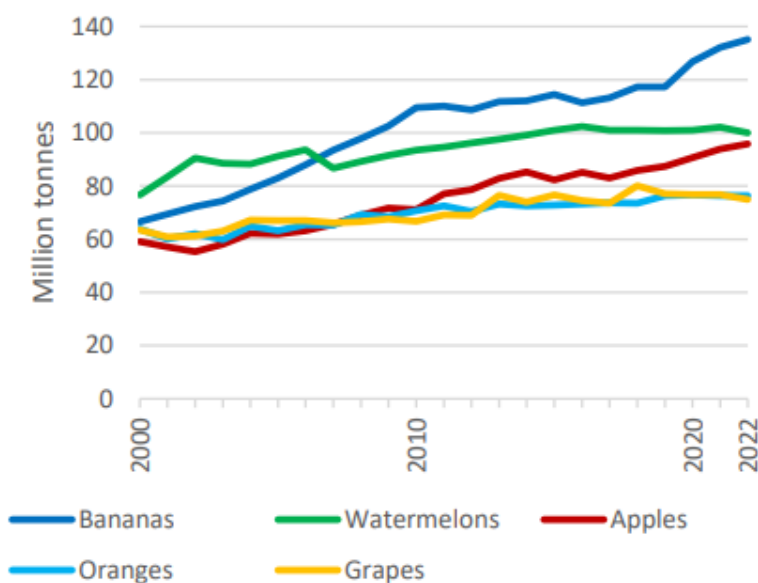
A kutatás célja, hogy hozzájáruljon az almatörköly fenntartható mezőgazdasági hasznosításának tudományos megalapozásához, és javaslatokat fogalmazzon meg annak optimális alkalmazására.

2. Irodalmi áttekintés

2.1 Az almatermesztés és feldolgozás melléktermékei és hulladékai

Mezőgazdasági termelés

Világszerte több mint 7 millió hektáron, évente körülbelül 100 millió tonna almatermesztő gyümölcsöt termelnek. Ebből 75% alma, a maradék főként körte. Kína a legnagyobb termelő, amely az elmúlt évtizedben majdnem 52 millió tonnára növelte a termelését. Ezt jelentősen kevesebb mennyiséggel, 5,5 millió tonnával követi az USA. Európában körülbelül 20 millió tonnát termelnek. A legnagyobb termelők között van Franciaország, Olaszország, Németország és Lengyelország. (Yara Hungary, N.a.) Az elmúlt körülbelül 20 évben az alma egyenletes növekedési tendenciát mutatott a globális mezőgazdasági termelésben (FAO, 2023), amelyet az alábbi táblázat szemléltet.



1.ábra: A legnagyobb mennyiségben termesztett gyümölcsök és zöldségek világszintű előállításának alakulása (Forrás: FAO, 2023)

A 2023. évi adatok alapján Magyarországon 20 564 hektáron folyik almatermelés. Ez a globális trendekkel ellentétben csökkenő tendenciát mutat. A terméspotenciál évente 600-650 ezer tonna, amelyet azonban az időjárási hatások következtében az elmúlt években nem értek el a hazai termelők (Agroinform.hu, 2023). A hazai almatermés körülbelül egyharmada kerül friss piaci fogyasztásra, míg kétharmadát feldolgozzák (Bertazzoli et al., 2022).

Ipari feldolgozás

Az alma ipari feldolgozása során élelmiszeripari termékeket állítanak elő friss gyümölcsből. Ezek jellemzően több lépcsős, komplex folyamatok, amelyekhez korszerű technológiákat használnak. A cél magas minőségű termék előállítása, a hatékonyság növelése és eközben a melléktermékek minél gazdaságosabb felhasználása. A feldolgozás során főként almalevet állítanak elő, de emellett almabort és almaecetet, almapürét és szószokat, szárított almaszeleteket, almamagolajat és pektint is. A leggyakoribb feldolgozási műveletek a következők (Stégerné Máté, M., N.a. és Sulinet Tudásbázis, N.a.).

1. Az almatermés mosása és válogatása

Első lépésként tisztítják az almát, amely során nem csak a szennyeződések, de a növényvédőszer-maradványokat és egyéb mechanikai törmelékeket is eltávolítják. Ezután osztályozzák a gyümölcsöket. Ez gépekkel történik, állapot és minőség alapján. A sérült vagy nem megfelelő minőségű gyümölcsöket eltávolítják, vagy egyéb felhasználási célra elkülönítik. Ilyen például a takarmányozás vagy fermentáció.

2. Aprítás és zúzás

Mechanikus berendezések segítségével aprítják vagy zúzzák a gyümölcsöket, így előkészítve azokat a lé kinyeréséhez vagy püré előállításához.

3. Lékivonás és tisztítás

Présgépek segítségével nyerik ki a levet a pépből, majd eltávolítják a szilárd részeket, végül javítják a tisztaságot és stabilitást. Tárolási és szállítási lehetőségektől, valamint piaci céloktól függően lehet koncentrált vagy nem koncentrált formában feldolgozni a leveket.

4. Pasztörözés és csomagolás

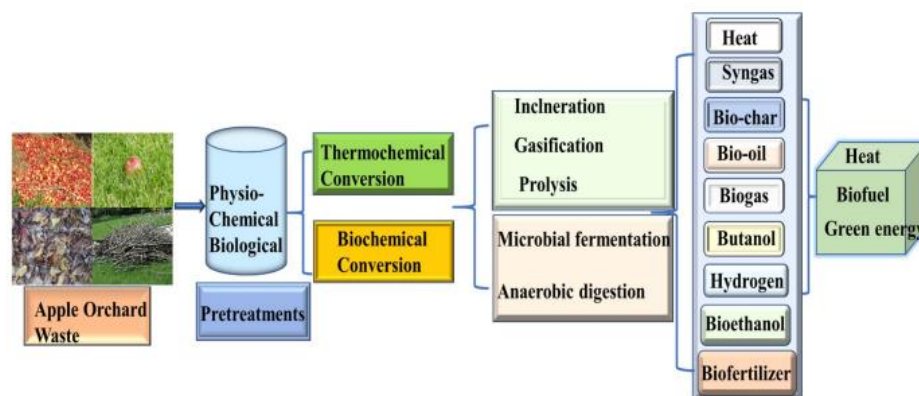
Az élelmiszerbiztonság érdekében a pasztörözés során hőkezeléssel pusztítják el a mikroorganizmusokat. Ezután a piaci igényeknek megfelelően csomagolják a terméket.

5. Szárítás

A hosszú eltarthatóság érdekében bizonyos termékeket szárítanak. Emellett sok esetben a jelentős mennyiségben keletkező mellékterméket, az almatörkölyt is szárítják. Ez a további felhasználás kezdő lépése.

Melléktermékek

Az alma mezőgazdasági termesztése és ipari feldolgozása során számos melléktermék keletkezik, amelyek sokféle módon hasznosíthatók. A termesztési szakaszban ilyen melléktermék például a metszési nyesedék, amely a rendszeres metszés során levágott ágakból, gallyakból és levelekből áll. A nyesedéket komposztálva vagy aprítva hasznosítják, mely bioenergia célú aprítékként is felhasználható. További melléktermékként tartjuk számon a lehullott gyümölcsöket, amelyek lehetnek éretlenek, sérültek vagy kórokozók által károsítottak. Ezek a sérülés módjától és mértékétől függően jellemzően takarmányként vagy biogáz előállítására alkalmas alapanyagként hasznosíthatók (Sharma, V. et al., 2025 és Yumin Duan et al., 2021). A beteg vagy kártevők által károsított termések szintén nem piacképesek, azonban a károsítás mértékétől függően komposztálással vagy fermentálással még hasznosíthatók.



2.ábra: Az almaültetvényekben keletkező hulladékokból történő erőforrás-visszanyerési folyamatok (Yumin Duan et al., 2021)

Az ipari feldolgozás során keletkező melléktermékek közül kiemelkedik az almatörköly, amely az almalégyártás során visszamaradó szilárd anyag. Ez magában foglalja a héjat, a magházat, a magokat, a csészelevelet, a szárat és a gyümölcshús maradványait. Az almatörköly számos módon hasznosítható: komposztként, takarmányként, valamint pektin- vagy bioüzemanyag-alapanyagként (Costa et al., 2022). Egy tonna alma feldolgozása során nagyjából 250-300 kg almatörköly keletkezik (Tóth, 2022). A melléktermékek, mint az magból kinyert olaj vagy az olajkinyerés után visszamaradó szárazanyag, azaz a présogácsa, megfelelő kezelés után számos hasznos formában felhasználható, így a bioenergia termelés mellett az élelmiszeripar, a takarmányozás és a gyógyszerészet területén is fontos szerepük van (Selmi, H., 2025).

A felsorolt mezőgazdasági és ipari eredetű melléktermékek közül a dolgozat további részében az almalégyártás során keletkező almatörköly összetételének, hasznosítási lehetőségeinek és környezeti vonatkozásainak részletes vizsgálatára kerül sor.

2.2 Az almatörköly minták vizsgálata

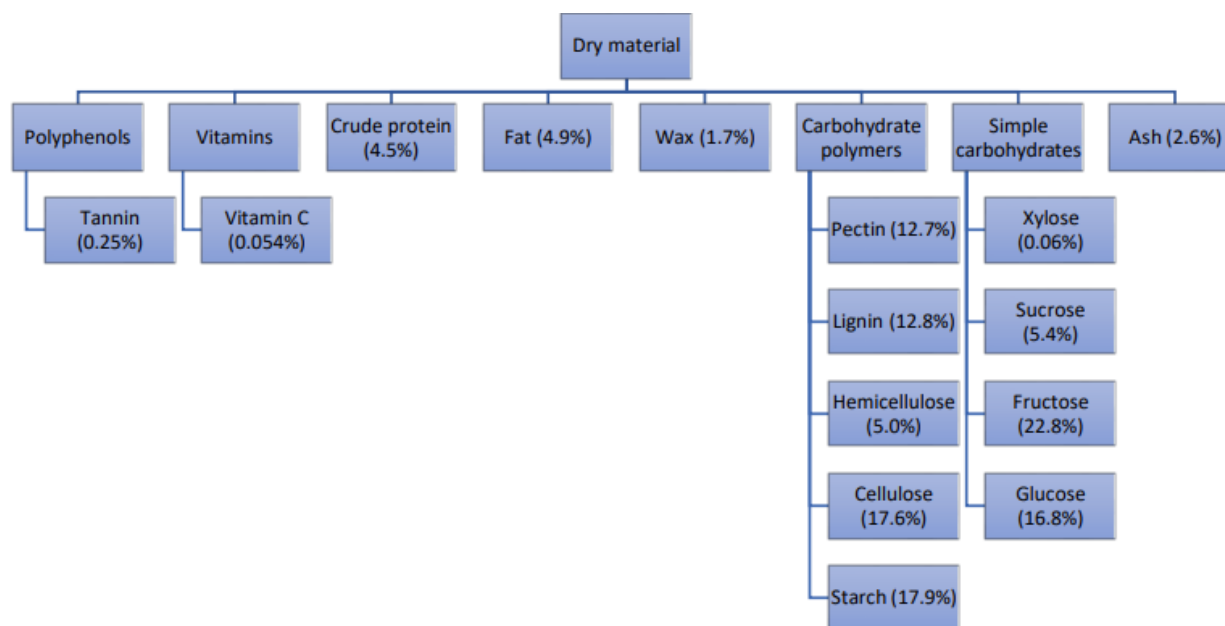
Az alma darálása és préselése során az egyik legnagyobb mennyiségben a almatörköly keletkezik. Az almatörköly a héjat, magházat, magokat, csészelevelet, szárat és a gyümölcshús maradványait foglalja magában. Ez a friss gyümölcs tömegének nagyjából a 25-30%-át teszi ki (Gołębiewska et al., 2022; Kolanowski, W., 2024). Az almatörköly nyersanyagként különböző ipari ágazatokban használható. Nem megfelelő kezelés esetén ez a bioorganikus hulladék komoly környezetszennyezési és közegészségügyi problémákat okozhat, főként a mikrobiális szennyeződése veszélye folytán. Ennek elkerülése és a tárolhatóság és szállíthatóság megkönnyítése érdekében szárítják, azaz a nedvességtartalmát általában 10% alá csökkentik (Waldbaurer et al., 2017).



3. ábra: Szárított almatörköly és őrölt almatörköly por (Forrás: Szabó-Notin, B., 2021)

Az almatörköly összetétele

Az almatörköly összetételét három tényező befolyásolja nagymértékben. A különböző fajták és kultúrák, a lékinyerés folyamata valamint a feldolgozás során használt technológia. Az alábbi ábrán számos kutatás figyelembevételével elkészített átlagos almatörköly-összetétel látható.



4.ábra: Az almatörköly átlagos összetétele (Forrás: Kennedy, M., et al., 1999)

Kennedy és munkatársai (Kennedy, M., et al., 1999) az almalé kivonás lépéseit a következő sorrendben határozták meg: a fajta kiválasztása, gyümölcsök osztályozása, darálás, elsődleges cefre-enzimes kezelés, elsődleges kivonás, kioldás, hőkezelés és másodlagos enzimes kezelés (folyósítás), végül másodlagos kivonás.

Tapasztalatuk alapján, amennyiben hámozó sor is működik a légyártó üzem mellett, a törkölyben magasabb arányban jelenik meg a héj és magház. A kivonást követően további feldolgozási lépések következnek, ezek azonban nem befolyásolják a törköly összetételét.

Emellett megállapították, hogy a gyümölcs élettani jellemzőinek szignifikáns hatása van a kivonás minőségére, és kölcsönhatásban állnak az előkivonási folyamatokkal, mint például a cefre enzimes kezelése vagy a törköly folyósítása. Az alma érésével ugyanis nő a cefrében a vízdoldható pektin aránya az oldhatatlan pektinhez képest. Ez negatívan hat a cefre fizikai szerkezetére, és megnehezíti a lékinyerést hagyományos módszerekkel.

Az almatörköly felhasználása

Egy átfogó, 2021-es Ausztrál kutatás során leírták, hogy az almatörköly gazdag szénhidrátokban, ásványi anyagokban, vitaminokban, élelmi rostokban, valamint polifenolokat tartalmaz (Malhi N. et al.,2021). A szerzők azonosították a szárított almatörköly leggyakoribb felhasználási módjait:

- **Bioüzemanyagok alapanyagaként.** Az almatörköly tartalmaz egyszerű cukrokat, amelyek fermentációval etanollá alakíthatóak. Ez a bioüzemanyag adalékként benzinhez keverve magasabb oktánszámú üzemanyagot eredményez.
- **Komposztként és szilárd termeszto közegeként.** Szerves eredetű anyagként az almatörköly alkalmas komposztálásra. Emellett tápközegeként hasznosítható vermikomposztálás során, illetve a gombatermesztés területén is egyre nagyobb figyelmet kap.
- **Élelmiszeripari alapanyagként.** Az almatörköly nagy mennyiségű élelmi rostot tartalmaz, amely sok előnyös tulajdonsággal rendelkezik. Például javítja a víz- és olajmegkötő képességet, emulzió- és oxidációs stabilitást, emellett kedvezően hat az élelmiszerek állagára, viszkozitására, érzékszervi tulajdonságaira és az eltarthatóságára is.
- **Állati takarmányként.** A nedves almatörkölyt sok esetben közvetlenül takarmánykiegészítőként használják haszonállatok számára. Emellett a kisállateledel-iparban is vizsgálják az almatörköly felhasználását. Például macskák számára tudnak csökkentett energia tartalmú eledelt létrehozni.
- **Kozmetikai célokra.** Az alma antioxidáns hatásáért felelős polifenolok jelen vannak az almatörkölyben is, mivel a héj (amely az almatörköly része) tartalmazza őket a legnagyobb mennyiségben. Ezek a polifenolok kivonhatók élelmiszer-dúsítás vagy nutraceutikumok előállítására érdekében. Ezek olyan élelmiszer-eredetű termékek, amelyek táplálkozási és gyógyászati előnyöket egyaránt kínálnak és általában étrend kiegészítőként forgalmazzák őket. Emellett például a korábban említett etanol értékes alapanyagként szolgál a kozmetikai iparban is, például parfümök készítése során.
- **Tápközegeként enzimek és fermentációs termékek előállítása során.** Enzimtermeléshez (pl. celluláz, pektináz) olcsó és hatékony szubsztrátként tartják számon, amit élelmiszer-, takarmány-, bioüzemanyag- és gyógyszeriparban alkalmaznak. Fermentációval szerves

savak (ecetsav, tejsav, citromsav), alkohol és fehérjével dúsított takarmány is előállítható belőle.

- **Textíliák, biomateriálok és biológiailag lebomló fogyasztási cikkek gyártásakor.** Az almatörköly a cellulózrostoknak köszönhetően alkalmas alternatív bőryanagok előállítására. Emellett újrahasznosítható csomagolás gyártására vagy akkumulátorokban használható grafit alternatívaként is alkalmas lehet.

Kutatások

Az almatörköly felhasználását illetően számos friss kutatást találhatunk. Az átfogó kép érdekében összefoglaltam aktuális vizsgálatok eredményeit, melyek az ipari és mezőgazdasági hasznosítást is kutatták. Az általam feldolgozott források egyöntetűen hangsúlyozzák, hogy az almatörköly újrahasznosítása nemcsak környezetvédelmi előnyökkel jár, hanem gazdasági potenciált is hordoz.

Ipari hasznosítás

Gołębiewska és munkatársai (Gołębiewska et al., 2022) áttekintést nyújtanak az almatörköly ipari újrahasznosításának lehetőségeiről, a fenntarthatóságra és körforgásos gazdálkodásra helyezve a hangsúlyt. Eközben Kolanowski tanulmánya (Kolanowski, W., 2024) az almamagolaj előállítását mutatja be, amely az ipari hasznosítás egy innovatív lehetősége. A kutatások során feltérképezett alkalmazási lehetőségek, amelyekkel az almatörköly értékes alapanyaggá válhat:

- **Bioenergia:** Az almatörköly fermentálható cukortartalma alkalmassá teszi bioetanol, biogáz és biochar előállítására.
- **Biopolimerek:** Az almatörköly cellulóz-, lignin- és pektintartalma lehetővé teszi biológiailag lebomló műanyagok előállítását. A mechanikai tulajdonságok, mint a szakítószilárdság vagy rugalmasság pedig glicerin hozzáadásával javíthatóak.
- **Építőipari alkalmazások:** Az almatörkölyből kivont antioxidáns vegyületek (pl. polifenolok) felhasználhatók faanyag védőként, korrózió gátlóként vagy biológiailag lebomló kötőanyagként. A szilárd extrakciós maradékok pedig energetikai célokat szolgálhatnak.

- **Energiatárolás:** az almatörkölyből előállított szén ígéretes lehet nátrium-ion akkumulátorokban, amelyek környezetbarát alternatívát kínálnak a lítium-ion technológiával szemben.
- **Funkcionális élelmiszerek:** az almatörköly jelentős mennyiségű magot tartalmaz (4–7%), amelyek olajtartalma 15–22% között mozog. Globálisan akár 70-100 millió liter alma magolaj előállítása lehetséges ezáltal. Az almagolaj táplálkozás-élettani szempontból kiemelkedő: magas a többszörösen telítetlen zsírsavak aránya, különösen linolsav (omega-6) és olajsav (omega-9) tartalma. Mindemellett nagy mennyiségben tartalmaz természetes antioxidánsokat (tokoferolok, karotinoidok, fitoszterolok). Ezek hozzájárulhatnak a szív- és érrendszeri betegségek megelőzéséhez. Az alma magolaj antimikrobiális és potenciálisan daganatellenes hatásokat is mutatott in vitro vizsgálatokban.

Mezőgazdasági hasznosítás

Az almatörköly mezőgazdasági célú hasznosítása egyre nagyobb figyelmet kap, ahogy a fenntartható, talajkímélő gazdálkodási iránti igények erősödnek. Az elmúlt években több tanulmány is vizsgálta az almatörköly talajba keverésének hatásait. Ezeket a vizsgálatokat különböző növényfajokkal és környezeti feltételekkel végezték. Az alábbi két friss kísérlet az általam vizsgált kérdéseket is érinti.

Nosalewicz és munkatársai (Nosalewicz et al., 2021) kísérletükben a tavaszi búza és lóbab fejlődését elemezték almatörkölyvel kezelt talajban, különböző méretű aggregátumok és eltérő vízellátottság mellett. Az eredmények azt mutatták, hogy a talajhoz adott almatörköly fokozta a mikrobiális aktivitást, különösen a nagyobb aggregátumokban, ahol anaerob körülmények között megnőtt a denitrifikáció és a disszimilatív nitrát-redukció aránya. Ez a nitrát csökkenéséhez és az ammónium szint növekedéséhez vezetett. Míg a lóbab pozitívan reagált az almatörköly jelenlétére, addig a búza esetében vízhiányos körülmények között hozamcsökkenés volt tapasztalható.

Rózewicz és kollégái (Rózewicz et al., 2023) hároméves modellkísérletükben a tavaszi búza hozamait vizsgálták különböző almatörköly adagok mellett (1–3 t/ha). A közepes adag (2 t/ha) javította a fotoszintetikus aktivitást, a levélklorofill-tartalmat, valamint a hozam szerkezetet (kalászatok száma, ezerszemtömeg). Ezzel szemben a legnagyobb adag (3 t/ha) negatív hatást gyakorolt a növényekre, vélhetően ennek oka a talaj savasodása és a vízháztartás romlása volt.

Mindkét tanulmány esetében arra a konklúzióra jutottak a szerzők, hogy az almatörköly mezőgazdasági alkalmazása kedvező hatással lehet a talaj biológiai aktivitására és a növények tápanyagellátására. Ugyanakkor a megfelelő adagolás kulcsfontosságú, mivel a túlzott szervesanyag-bevitel kedvezőtlen hatásokat okozhat a talaj fizikai tulajdonságaiban és a várható hozamban.

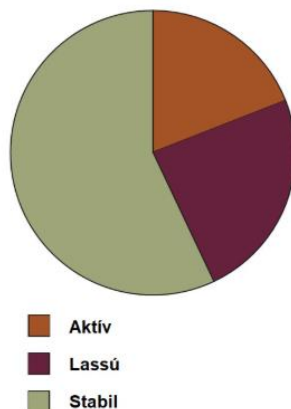
2.3 Szerves anyagok jelentősége a talajban

Minden talajtípus fizikai, kémiai és biológiai működésében megkerülhetetlen szerepet játszik a szervesanyag tartalom. A szervesanyagok javítják a talaj szerkezetét, jobb vízmegtartó képességet jelentenek, növelik a tápanyag-szolgáltató kapacitást, és nem utolsósorban élőhelyet biztosítanak a mikroorganizmusok számára.

Az integrált szemlélet szerint (Diriczi, N.a.) a szervesanyag három elkülöníthető készletben van jelen a talajban:

- **Aktív készlet:** ez egy gyors lebomlású készlet, amely friss növényi maradványokból és mikroorganizmusokból áll, elsősorban tápanyagforrásként szolgál.
- **Lassú készlet:** a részben lebomlott szerves vegyületek tartoznak ide, amelyek lassan bomlanak le és fontosak a talaj tápanyag-pufferelésében.
- **Stabil készlet:** ebben a kategóriában a humusz és agyagásványokhoz kötött szerves anyag található, amely akár évszázadokig megmarad, és kulcsfontosságú szerepe van a talaj kationcserélő kapacitásában valamint aggregátum képződésében.

Az alábbi ábra a készletek eloszlásának arányait mutatja be.



5. ábra: A talajok szervesanyag készletei (Forrás: Diriczi, Zs., N.a.)

Napjainkban a szervesanyag-veszteség fő okai az intenzív talajművelés és a tarlón hagyott területek. A szervesanyag-gazdálkodás célja egyrészt a lebomlás lassítása (pl. csökkentett művelés vagy no-till technológia), másrészt a szervesanyagok tudatos visszajuttatása is (pl. komposzt, szerves trágya vagy takarónövények használata).

A hatékony szervesanyag-gazdálkodás legfontosabb elemei:

- Változatos szár maradványok, ezáltal különböző szén:nitrogén arányok elérése (pl. búzaszalma, pillangós növények).
- Takarónövények beillesztése a vetésforgóba, főként mély gyökérzetű fajok használata.
- Komposzt és szerves trágya rendszeres kijuttatása, figyelembe véve azok tápanyag- és széntartalmát.
- Mindezek által pedig a talajbiológiai aktivitás fokozása, amely szorosan összefügg a talaj szervesanyag-koncentrációjával és a mikrobiális diverzitással is.

A mikrobiális aktivitás mérésének különböző módszerei vannak, melyeket az alábbi táblázatban foglaltam össze.

1.táblázat: A mikrobiális aktivitás mérésének lehetőségei (Forrás: saját munka)

| Módszer | Mit mér? | Mire utal? |
|--|-----------------------------------|--|
| Talajlégzés (CO₂-kibocsátás) | Mikrobák anyagcseréje | Általános aktivitás. A magas érték aktív talajéletre utal. |
| Dehidrogenáz-aktivitás (DHA) | Elektronátviteli enzimek működése | Sejtszintű aktivitás, stresszérzékeny |
| Celluláz-aktivitás | Cellulóz-bontás mértéke | Lebontó mikrobák jelenléte |
| Csíraszám, mikrobaszám | Élő sejtek száma | Populációméret, ez a diverzitásra utaló jel |

2.4 Jogszabályi háttér áttekintése

Egy friss hazai tanulmány (Kurthy et al., 2021) adatai alapján, az élelmiszeripar a háztartások után a második legnagyobb élelmiszer-veszteség termelő ágazat. Ez a 175 magyar élelmiszeripari feldolgozó vállalat részvételével megvalósított kutatás rámutatott, hogy a cégek fele nem vezet pontos nyilvántartást az élelmiszer-veszteségről. Vélhetően, ennek az egyik oka, hogy a

vállalatvezetők többsége - főként a kisebb cégek esetében - nem tekinti a veszteségek keletkezését súlyos problémának, inkább a technológiai folyamatok természetes velejárójaként értelmezik. A kutatásban részt vevő cégek visszajelzése alapján az élelmiszer-veszteség kezelésének legnagyobb kihívásai közt előkelő helyen szerepelnek a szabályozási nehézségek.

A Nébih (Nébih, N.a.) adatai alapján, évente 70-75 millió tonna hulladék keletkezik Magyarországon. Ennek körülbelül 25 százaléka mezőgazdasági eredetű (35 millió tonna) és nagyságrendileg 18 százaléka nem mezőgazdasági eredetű nem veszélyes hulladék (25 millió tonna). Ez a mennyiség jól mutatja a hatékony hulladékgazdálkodás fontosságát, melynek egyik formája például a mezőgazdasági területen való felhasználás.

Hulladék és melléktermék jogi definíciója

A hulladék fogalmát a 2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról határozza meg. A törvény alapján hulladék "bármely anyag vagy tárgy, amelytől birtokosa megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles". Ezzel szemben mellékterméknek olyan anyag vagy tárgy minősülhet, amely egy olyan előállítási folyamat eredménye, amelynek elsődleges célja nem az ilyen anyag vagy tárgy létrehozása volt. Emellett az alábbi feltételeknek kell teljesülnie ahhoz, hogy mellékterméknek minősüljön:

- biztosított az anyag további felhasználása
- a megszokott ipari gyakorlatoktól eltérő feldolgozás nem szükséges ahhoz, hogy felhasználható legyen
- az előállítási folyamat szerves részeként állítják elő
- nem káros a környezetre és az emberek egészségére
- jogszerűen használható, megfelel a környezet- és egészségvédelemre vonatkozó jogszabályoknak

Ahhoz tehát, hogy egy élelmiszeripari mellékterméket - mint például az almatörköly - újra felhasználhassunk, elkerülhetetlen a fenti feltételek dokumentációval történő igazolása. Az almatörköly egy nem mezőgazdasági eredetű, nem veszélyes hulladék, amíg melléktermékként nem igazolható a státusza.

Az alábbi táblázatban összehasonlítottam a hulladékkal és melléktermékkel kapcsolatos ide vonatkozó legfontosabb információkat a hatályos törvény alapján.

2.táblázat: Hulladék és melléktermék összehasonlítása (Forrás: saját munka a 2012. évi CLXXXV. törvény nyomán)

| | Hulladék | Melléktermék |
|------------------------------------|--|--|
| Jogszabályi definíció | Az anyag, amelytől a tulajdonos megválnak, megválni szándékozik vagy megválni köteles. | Ez az anyag nem a fő termék, azonban a felhasználása biztosított és megfelel a jogi feltételeknek. |
| Keletkezés célja | Nem szándékos, a folyamat mellékterméke vagy visszamaradó anyaga. | Nem fő cél a létrehozása, de szándékoltan keletkezik és hasznosítható. |
| Felhasználhatóság | Csak megfelelő hulladékkezelési engedéllyel, szabályozott módon. | Közvetlenül felhasználható ipari gyakorlat szerint. |
| Környezetvédelmi megfelelés | Szigorúbb előírások, nyilvántartás, és engedélyezés. | Bizonyítani szükséges, hogy nem veszélyezteti az egészséget vagy a környezetet. |
| Dokumentációs kötelezettség | Hulladék nyilvántartás, szállítási és kezelési dokumentumok. | Melléktermék státuszhoz igazolás szükséges (pl. technológiai leírás, minőségbiztosítás) |

| | | |
|---|---|---|
| Gazdasági hatás | Magasabb kezelési költségek, korlátozott újrahasznosítási lehetőség. | Alacsonyabb kezelési költségek, körforgásos gazdaságba könnyebben illeszthető, így újrahasznosítható. |
| Példák nem mezőgazdasági eredetű anyagokra | Élelmiszeripari maradékok közül például sajt savó, citrushéj, olaj gyártásból származó présmaradék vagy az almatörköly. | |

A fenti összefoglalásból látható, hogy egy élelmiszeripari maradékanyag, mint az almatörköly – bár technológiailag értékes lehet – jogi értelemben addig hulladéknak minősül, amíg nem igazolják a közvetlen, jogszerű és környezetbarát felhasználását.

A jogi státusz hatása a szerves anyagok visszaforgatásának lehetőségére

Szerves anyagok esetén, mint például a növényi maradványok vagy feldolgozóipari melléktermékek, a visszaforgatás nem engedélyezett vagy nehézkes, amennyiben az adott anyag hulladéknak minősül. Ilyen esetben engedéllyel rendelkező hulladéktelepre kell vinni, akkor is, ha az anyag egyébként mezőgazdaságilag még hasznosítható lenne. Emellett nyilvántartási és bejelentési kötelezettség terheli a kezelőt, valamint a felhasználás csak bizonyos technológiákkal engedélyezett. Ezen szabályok összessége korlátozhatja a felhasználási lehetőségeket.

Ettől eltérő rendelkezések vannak érvényben, amennyiben az anyag melléktermék státuszba kerül. Ilyen esetekben közvetlenül visszakerülhet a termelési folyamatba, akár talajjavítási céllal vagy komposzt alapanyagaként.

Ebből tehát láthatjuk, hogy a jogszabályi környezet a környezetvédelmi biztonság mellett, a körforgásos gazdálkodás gyakorlati lehetőségeit is meghatározza.

A Magyar Mérnöki Kamara Környezetvédelmi Tagozata által összeállított szakmai segédlet (MMK Környezetvédelem, 2015) iránymutatása szerint célszerű ha dokumentáljuk az anyag

keletkezésének körülményeit, a további felhasználás lehetséges célját és módját, miközben a jogszabályoknak eleget teszünk. Ezen lépések segíthetnek a melléktermékké nyilvánítás elérésében.

3. Anyag és módszer

3.1. A vizsgálatok anyaga és általános körülményei

A kutatási témám a MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Élelmiszerkémia és Analitika Tanszékének „Agrár-élelmiszeripari melléktermékek sokoldalú hasznosítása élelmiszer- vagy takarmány-összetevőként, illetve talajjavítás céljából” című projektjéhez kapcsolódik. A Dr. Abrankó László által vezetett kutatócsoport 2024-ben kezdte vizsgálni a feldolgozás és gyártás során nagy mennyiségben keletkező agrár-élelmiszeripari melléktermékek különböző hasznosítási lehetőségeit. A projekt egyik kiemelt vizsgálati anyaga az almatörköly, amelynek potenciális felhasználási módjait élelmiszeripari, takarmányozási és talajjavítási célok mentén kutatják. Jelen vizsgálatok az utóbbi területhez kapcsolódnak: céljuk az almatörköly talajra gyakorolt fizikai és biológiai hatásainak, valamint a növények csírázási képességére és kezdeti fejlődésére gyakorolt hatásainak feltárása.

A kiindulási alapként használt törköly iparilag szárított és 0,2 milliméteresre darált. A vizsgálatok egy részéhez ennek különböző, módosított változatait is használtuk, amelyeket a MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Élelmiszerkémia és -Analitika Tanszékén állítottak elő laboratóriumi körülmények között. A felsorolt rövidítések láthatóak a vizsgált almatörköly minták esetében:

- ISZ-alap: iparilag szárított és darált

Ennek módosított verziói:

- ISZ-PO: polifenol kivonáson átesett
- ISZ-PE: pektin kivonáson átesett
- ISZ-POPE: polifenol, majd pektin kivonáson átesett
- ISZ-PEPO: pektin, majd polifenol kivonáson átesett

A kísérletek során négy különböző típusú talajt használtunk, amelyek fizikai és kémiai tulajdonságaik alapján jól reprezentálják a hazai talajtani viszonyokat. A minták származási helye és jellemzőik a következők: réti talaj (Doboz), barna erdőtalaj (Felsőbáránd), csernozjom (Kocs), valamint homoktalaj (Nyírség). A talajok kötöttségi száma 28 és 59 között változott. A homoktalaj rendelkezett a legalacsonyabb értékkel, míg a réti talaj a legmagasabbal. A pH-értékek 4,85 és 7,35 között mozogtak, tehát nagyrészt erősen savanyú és savanyú talajokkal dolgoztunk. A csernozjom talaj kivételével (7,5 m/m% CaCO_3) egyik mintában sem volt kimutatható kalcium-karbonát. A humusztartalom szintén jelentős eltéréseket mutatott: a legmagasabb értéket a réti talaj (3,98 m/m%), míg a legalacsonyabbat a homoktalaj (0,86 m/m%) esetében mértük. Ezek az adatok alapvetően befolyásolták a vizsgált paraméterek alakulását, így a talajtípusok kiválasztása kulcsfontosságú volt a kísérleti eredmények értelmezéséhez.

A vizsgálatok során végeztünk elemanalitikai méréseket, kémhatás- és vezetőképesség vizsgálatot, mértünk talajbiológiai aktivitást, gyűjtöttünk csírázással kapcsolatos adatokat és végül vizsgáltuk az aggregátumok vízállóságát. Mindegyik vizsgálat laboratóriumi körülmények között történt, a MATE Budai Campusán.

3.1 A kísérleti almatörköly anyagok kémiai vizsgálata

Elsőként elemanalitikai vizsgálatot végeztünk, melynek célja az almatörköly változatok elemi összetételének meghatározása, vagyis annak megállapítása, hogy milyen kémiai elemek találhatók meg az adott mintákban, és milyen koncentrációban. Az elemek többsége mg/kg egységben szerepel, a nitrogén tömegszázalékban (%). A vizsgálatokat a MATE Élelmiszertudományi és Technológiai Intézet Élelmiszerkémia és -Analitika Tanszékén végezték ICP-OES műszerrel ill. Kjeldahl módszerrel a teljes nitrogéntartalom esetében. A vizsgálatokhoz az eredeti almatörköly mellett a négy, módosításon átesett törkölyt is használtam: ISZ-alap, ISZ-PO, ISZ-PE, ISZ-POPE, ISZ-PEPO.

A vizsgálatok során a minták kémiai jellemzésének egyik lépése a pH-érték és az elektromos vezetőképesség (EC) meghatározása volt, mivel mindkét paraméter fontos indikátora a biológiai lebonthatóságnak, fermentációs potenciálnak és a környezeti hatásoknak. A pH-mérés a minták sav-bázis tulajdonságairól ad információt, míg az EC-mérés az oldatban lévő ionok

koncentrációjára utal, így következtetni lehet az ásványi anyagok és sók mennyiségére. Mindkét paraméter fontos indikátora a biológiai lebonthatóságnak, fermentációs potenciálnak és a környezeti hatásoknak.

A vizsgálat során különböző típusú almatörköly minták (ISZ-alap, ISZ-PO, ISZ-PE, ISZ-POPE, ISZ-PEPO) kerültek elemzésre, amelyek pH- és EC-értékeinek összehasonlítása lehetőséget adott a minták közötti különbségek feltárására.

3.2 Az ISZ almatörköly lebomlásának és talajbiológiai aktivitásra gyakorolt hatásának vizsgálata

A celluláz enzimaktivitás vizsgálatához a már említett barna erdőtalajt és réti kötött talajt használtuk.

A talajbiológiai vizsgálatok célja a talajban zajló mikrobiális folyamatok feltérképezése, amelyek alapvetően befolyásolják a tápanyag mennyiségét, a szervesanyag-lebontást és a talaj termékenységét. A mikroorganizmusok által termelt enzimek aktivitása indikátora lehet a talaj ökológiai állapotának és biológiai aktivitásának.

A celluláz enzim egy a cellulózbontásban részt vevő kulcsfontosságú enzim. A celluláz aktivitás mérésével lehetőségünk van a szervesanyag-lebontás intenzitásának és a mikrobiális közösség működésének értékelésére. A vizsgálat során a talajminták celluláz enzim aktivitását színreakción alapuló spektrofotometriás módszerrel határoztuk meg, amely során a cellulóz lebontásából származó cukortartalom mennyiségi meghatározása történt.



6.ábra: A celluláz enzim aktivitás által indukált színreakció (Forrás: saját fénykép)

A módszer alkalmazása azért volt különösen indokolt az almatörköly minták esetében, mivel ezek magas szervesanyag-tartalmuk révén jelentős mikrobiális aktivitást válthatnak ki, ami a celluláz enzim szintjén is kimutatható.



7. ábra: A vizsgálatokhoz használt spektrofotométer (Forrás: saját fénykép)

A celluláz aktivitás meghatározásához a Hope és Burns (1987) által leírt módszert vettük alapul, amely a talajmintákból az inkubációt követően szabadon maradó redukáló cukrokat méri az Avicel segítségével.

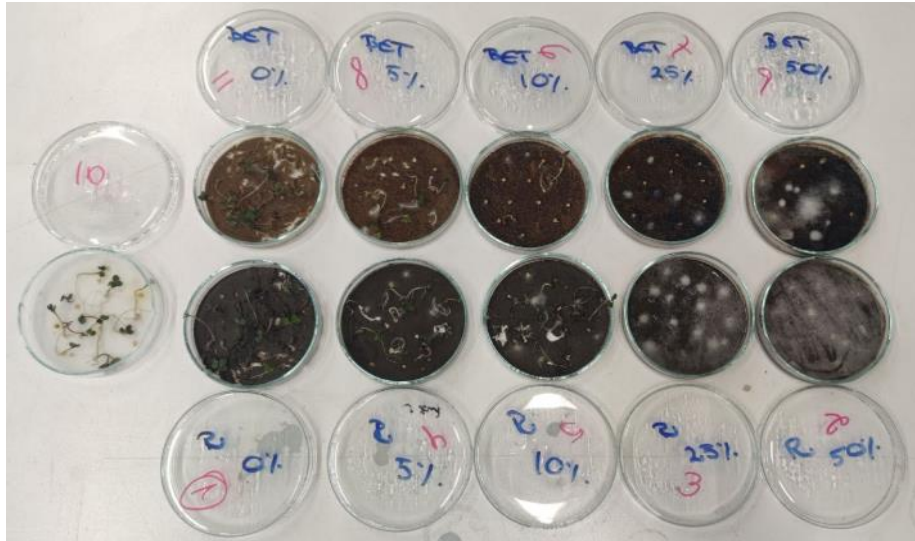
3.3 Almatörköly minták csírázásra és növekedésre gyakorolt hatása

Eredeti almatörkölyvel végzett vizsgálat

Eredeti szárított almatörkölyt (ISZ-alap) használtunk az első két csírateszt esetén. A teszteket laboratóriumban, a fejezet elején részletezett négy különböző talajtípuson végeztük el: csernozjom, homok, barna erdőtalaj és kötött réti talaj.

Az első vizsgálathoz barna erdőtalajt és réti talajt rostáltunk petricsészékbe. A talajok alá papírt helyeztünk. A teljes súlyt 3 grammban határoztuk meg, a törköly arányra pedig a hazai és nemzetközi gyakorlatban a csírázási tesztek és fitotoxicitási vizsgálatok során rendszeresen alkalmazott dózisokat (Enaime et al., 2020) választottunk, amely az 5%, 10%, 25% és 50% tömeg/tömeg arányú keveréket jelentik. Ezek jól reprezentálják a szerves melléktermékek különböző koncentrációinak hatását a növényi csírázásra. A következő mennyiségekkel dolgoztunk:

- 0 %: kontroll: 3 g talaj
- 5%: 0,15 g törköly + 2,85 g talaj
- 10%: 0,3 g törköly + 2,7 g talaj
- 25%: 0,75 g törköly + 2,25 g talaj
- 50%: 1,5 g törköly + 1,5 g talaj



8. ábra: Kicsírázott mustármagok a mérések elvégzése előtt (Forrás: saját fénykép)

Ehhez a kísérlethez mustármagot használtunk, minden petricsészébe 20 db magot helyeztünk. A talajokat a magokkal együtt megnedvesítettük. A célunk az volt, hogy a nedvességtartalom körülbelül azonos legyen. Mivel minél több törköly volt hozzáadva, annál több vizet vett fel, a következő vízmennyiségeket mértük:

- 0%: 4 ml
- 5%: 4,6 ml
- 10%: 5,2 ml
- 25%: 6 ml
- 50% 8 ml

A méréseket öt nap csíráztatás után végeztük el, eközben rendszeres időközönként megnedvesítettük a petricsészékben lévő keveréket. Minden növény esetében megmértük a hajtás- és a gyökérhosszt, valamint megszámoltuk az egészséges csírákat.

A második teszt csernozjom és homoktalajjal történt, amelyeket először cserepekbe rostáltunk, nedvesítettünk, majd 1 kg-os mennyiségben cserepekbe mértünk és minimális nedvesítés mellett 2,5 hétig pihentettünk. Következő lépésként újabb nedvesítés után összesen 40 cserepet töltöttünk meg egyenként 150 g talajjal és összekevertük különböző mennyiségű alma törkölyvel. A törköly arányok 1,32%, 2,60%, 5,06 % és 9,64% voltak, amely 2 g, 4 g, 8 g, 16g almatörkölyt jelent. A

második teszt esetén a korábban használt dózisoknál jelentősen alacsonyabb törköly-talaj arányokat használtunk, mivel az 5-50% arányoknál erős csírázásgátló hatást figyeltünk meg.



9. ábra: Kicsírázott saláta magok (Forrás: saját fénykép)

A 40 cserép a kétféle talaj típusból és az öt dóziszból állt össze, négy ismétléssel. Minden cserépbe három darab salátamagot ültettünk. A cserepeket 2 hétre fényszobába helyeztük és rendszeresen locsoltuk.

Eredeti és módosított almatörkölyvel végzett vizsgálat

A harmadik teszt során barna erdőtalajhoz (BET) adtunk almatörkölyt. A korábbiaktól eltérően az eredeti almatörköly (ISZ-alap) mellett többféle, módosított törkölyt is használtunk, melyeket a fejezet első részében részleteztem (ISZ-alap, ISZ-PO, ISZ-PE, ISZ-POPE, ISZ-PEPO)

A kísérlethez petricsészéket használtunk, melyekbe az alábbi arányokban kevertünk törkölyt a barna erdőtalajhoz:

- 0%: kontroll: 4 g talaj
- 1%: 0,04 g törköly + 3,96 g talaj
- 2%: 0,08 g törköly + 3,92 g talaj
- 4%: 0,16 g törköly + 3,84 g talaj
- 8%: 0,32 g törköly + 3,6 g talaj

Összesen 25 petri-csészébe került keverék, amelybe egyenként 10 darab zsázsa magot helyeztünk. A nedvességtartalom beállításánál érzékelhető volt a különböző minták vízfelvevő képessége közti különbség. Annak érdekében, hogy körülbelül azonos nedvességtartalommal bírjon minden minta, a következő vízmennyiségeket adtuk hozzá a keverékhez:

- 0%: 3 ml
- 1%: 4 ml
- 2%: 4 ml
- 4%: 4 ml
- 8%: 5 ml

A mérések megkezdése előtt a keverékeket rendszeresen nedvesítettük, majd öt nap után végeztük el a méréseket. Az értékeléshez a csírák számát, a hajtás- és gyökerek hosszát, valamint a teljes hosszt megmértem. Az egyes törköly típusokhoz tartozó csíraszámot összevettem az azonos talajból, de törköly nélkül készített kontroll csíra számával, így kaptam meg a csírázási százalékokat.



10. ábra: Kicsírázott zsázsa magok a mérések elvégzése előtt (Forrás: saját fénykép)

3.4 Aggregátum vízállóság vizsgálata

A vizsgálat során 2-4 mm nagyságú talajaggregátumok stabilitását elemeztük különböző talajtípusokon és kezelési módokon keresztül. A minták három különböző talajtípust reprezentálnak: réti kötött talaj, barna erdőtalaj, és csernozjom talaj.

A vizsgálathoz használt talajok 1,6 százalékos arányban tartalmaztak almatörkölyt. A vizsgált talajokban egy hónapon keresztül takarónövény élt, ebben az időszakban rendszeresen nedvesítettük. Majd három hónapon át, a növények eltávolításától a vizsgálat elvégzéséig szobahőmérsékleten szárítottuk.

Az aggregátumokat petricsészékbe helyeztük, megnedvesítettük, majd állni hagytuk 10 percig. Ezután három körkörös mozdulattal óvatosan megmozgattuk a petri-csészét, és megfigyeltük a szétiszapolódás képét.

4. Eredmények és értékelésük

4.1 Az almatörköly minták tápanyag és nehézfém tartalma

A vizsgált minták elemanalitikai eredményei azt mutatják, hogy a fő tápanyagok, azaz a nitrogén (N), a kálium (K) és a foszfor (P) tekintetében különböző a minták tápanyag profilja a feldolgozási módtól függően. Ezek az eltérések befolyásolhatják az almatörköly további hasznosításának lehetőségeit. Emellett az egyéb mikro- és makroelemekben is láthatóak különbségek. Az alábbi táblázat ezeket az eredményeket foglalja össze.

3. táblázat: Nitrogén és nyomelemek eloszlása az almatörköly mintákban (Forrás: saját munka)

| | | Iparilag szárított (ISZ alap) | Polifenol kivont (ISZ-PO) | Pektin kivont (ISZ-PE) | Polifenol, majd pektin kivont (ISZ-POPE) | Pektin, majd polifenol kivont (ISZ- PEPO) |
|---------|---|--|--|-----------------------------------|---|--|
| Átlag N | % | 0,77 | 0,79 | 1,05 | 0,96 | 0,97 |

| | | | | | | |
|----|-------|-----------|----------|----------|----------|----------|
| As | mg/kg | <2,5 | <2,5 | <2,5 | <2,5 | <2,5 |
| Ca | mg/kg | 1300±13 | 1900±22 | 1340±37 | 1500±23 | 1600±113 |
| Cd | mg/kg | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Co | mg/kg | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Cr | mg/kg | 0,9±0,08 | 0,9±0,05 | 0,9±0,01 | 1,2±0,04 | 1,7±0,1 |
| Cu | mg/kg | 10±0,0,07 | 11±0,03 | 9,8±0,09 | 8,1±0,2 | 11±0,4 |
| Fe | mg/kg | 49±2,7 | 54±2,3 | 22±1,7 | 24±1,3 | 28±1,3 |
| K | mg/kg | 4100±33 | 4000±57 | 450±2,5 | 700±12 | 300±0,5 |
| Mg | mg/kg | 610±3,7 | 770±9,8 | 320±1,6 | 360±3 | 290±12 |
| Mn | mg/kg | 7,1±0,03 | 8,1±0,2 | 1,6±0,03 | 2,0±0,06 | 1,7±0 |
| Mo | mg/kg | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 | <0,5 |
| Na | mg/kg | <5,0 | 120±15 | 140±4,4 | 140±1,3 | 79±1,2 |
| Ni | mg/kg | <0,5 | 0,6±0,03 | <0,5 | <0,5 | 0,8±0,04 |
| P | mg/kg | 1000±5,9 | 980±14 | 1200±44 | 1100±16 | 1200±8 |
| Pb | mg/kg | <2,5 | <2,5 | <2,5 | <2,5 | <2,5 |
| Zn | mg/kg | 3,9±0,08 | 5,5±0,2 | 5,2±0,1 | 4,1±0,04 | 7,3±0,4 |

Nitrogén

A vizsgált minták nitrogéntartalma 0,77% és 1,05% között mozgott. A mérés alapján a legmagasabb nitrogén értéket az ISZ-PE, azaz pektin kivonás utáni iparilag szárított törkölynél láttuk. Ezzel szemben, a legalacsonyabb értékek az ISZ-alap és ISZ-PO, azaz eredeti és polifenol kivont mintákban mérhetőek. Ez az eredmény arra utalhat, hogy a pektinkivonás utáni törköly (ISZ-PE) koncentráltabb nitrogén tartalommal bír, mint az eredeti vagy polifenol kivonáson átesett törköly. A feldolgozás során a pektin eltávolítása után visszamaradó szilárd fázisban a nitrogén tartalmú vegyületek (pl. fehérjék, aminosavak) aránya megnőhet, mivel a kivonás során főként szénalapú komponensek távoznak. Eközben az eredeti és polifenol kivont mintákban a nitrogén kevésbé koncentrált, ami a feldolgozatlanág vagy a polifenol kivonás során bekövetkező nitrogénvesztés következménye lehet.

Véleményem szerint, a talajba forgatás vagy komposztálás esetén az pektin kivont törköly változat értékesebb szerves tápanyagforrás, mivel a magasabb nitrogéntartalomnak köszönhetően jobban

támogatja a mikrobiális aktivitást és a biomassza növekedést. Mivel a pektin főként szénalapú poliszacharid (Zhao et al., 2013), így ha ezt eltávolítják akkor a visszamaradó biomasszában a szén aránya csökkenhet, miközben a nitrogén koncentrációdik. A szén/nitrogén arány kedvezőbbé válása gyorsabb lebomlást és hatékonyabb humuszképződést eredményezhet.

Gyakorlati alkalmazás nitrátérzékeny területen

A szerves trágyázással kapcsolatos szabályokat nitrátérzékeny területeken a 90/2008. (VII. 18.) FVM rendelet határozza meg. A rendelet alapján évente maximum 170 kg nitrogén juttatható ki szerves eredetű anyagokból hektáronként. A korlátozás fő oka a vízbázisok védelme, amely magas szervesanyag-tartalmú melléktermékek ilyen formában való alkalmazásánál fontos szempont.

Az almatörköly, főként pektin kivonás után (ISZ-PE), jelentős nitrogén forrásként alkalmazható, azonban csak a jogszabályi keretek figyelembevételével. A feldolgozás módja, amely jelen esetben a pektin kivonás volt, nem csak a tápértékét, de a mezőgazdasági felhasználhatóságát is befolyásolja. A környezetvédelmi előírások betartása érdekében fontos pontos kijuttatási tervet készíteni.

Foszfor

A foszfor tartalom a másik két elemnél jóval stabilabb képet mutat, 980 mg/kg és 1600 mg/kg közötti értékekkel. A legmagasabb értékek a nitrogénhez hasonlóan az ISZ-PE (1200 mg/kg), a legalacsonyabb az ISZ-PO (980 mg/kg) mintákban voltak mérhetőek.

Kálium

A kálium tartalom jóval szélesebb tartományban mozgott a vizsgált mintákban. A legmagasabb értéket az ISZ-alap és ISZ-PO minták mutatták, amelyek kiemelkedően magas kálium tartalommal rendelkeznek (4000-4100 mg/kg). A pektin kivonás utáni mintákban (ISZ-PE, ISZ-PEPO) drasztikusan lecsökkent (300-700 mg/kg) a káliumtartalom, ami arra utalhat, hogy a pektin kivonás során a kálium tetemes része eltávolításra kerül vagy oldatba megy.

A különbség a csak szárított (ISZ-alap) és magas kálium tartalmú, valamint a szárított, majd pektin kivonáson átesett (ISZ-PE) és alacsony kálium tartalmú minták között akár tízszeres is lehet, amely kritikus a feldolgozástechnológia szempontjából. Emellett eltéréseket láthatunk a kivonás

sorrendje alapján is. Míg az először polifenol, majd pektin kivonáson átesett minta 700 mg/kg káliumot tartalmazott, addig az először pektin, majd polifenol kivonás átesett minta kevesebb mint fele annyit, 300 mg/kg-ot.

A mérések alapján láthatjuk, hogy a kivonás ténye, illetve sorrendje is hatással van a visszamaradó biomassza tápértékére.

Egyéb elemek

Az almatörköly minták ásványianyag-tartalmának összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a kalcium (Ca) koncentrációja 1300–1900 mg/kg között változott. A legmagasabb értéket az ISZ-PO típus mutatta (1900 mg/kg), míg a legalacsonyabb koncentrációt az ISZ-alap mintában mértük (1300 mg/kg). A pektinkivonáson átesett minták (ISZ-PE, ISZ-POPE, ISZ-PEPO) közepes kalcium tartalommal rendelkeztek, 1340–1600 mg/kg közötti értékekkel.

A magnézium (Mg) koncentrációja 290–770 mg/kg tartományban mozgott. A legmagasabb értéket szintén az ISZ-PO minta mutatta (770 mg/kg), míg a legalacsonyabb koncentrációt az ISZ-PEPO mintában mértük (290 mg/kg). A kivonási sorrend egyértelműen befolyásolta a magnéziumtartalmat, ami a feldolgozás során bekövetkező szervesanyag-átalakulásokkal magyarázható.

A nátrium (Na) koncentrációja jelentős eltéréseket mutatott a minták között. Az ISZ-PO típusban mértük a legmagasabb értéket (120 mg/kg), míg az ISZ-alap mintában a nátrium szintje a kimutatási határ alatt maradt (<5 mg/kg), ami arra utal, hogy a feldolgozás során a nátriumtartalom jelentősen módosulhat.

A vas (Fe) koncentrációja 22–54 mg/kg között alakult, a legmagasabb értéket az ISZ-PO, a legalacsonyabbat az ISZ-PE mintában mértük. A cink (Zn) esetében a legnagyobb koncentrációt az ISZ-PEPO minta mutatta (7.3 mg/kg), míg a legalacsonyabb értéket az ISZ-alap mintában regisztráltuk (3.9 mg/kg), ami szintén a kivonási sorrend hatására utal.

A réz (Cu) koncentrációja az ISZ-PO és ISZ-PEPO mintákban volt a legmagasabb (11 mg/kg), míg az ISZ-POPE mintában alacsonyabb értéket mértünk (8.1 mg/kg). A mangán (Mn) tartalom

2.0–8.1 mg/kg között változott, a legmagasabb értéket az ISZ-PO, a legalacsonyabbat az ISZ-POPE mintában mértük.

A króm (Cr) koncentrációja minden mintában kimutatható volt, 0.9–1.7 mg/kg tartományban. A legmagasabb értéket az ISZ-PEPO minta mutatta. A nikkel (Ni) csak az ISZ-PO és ISZ-PEPO mintákban volt kimutatható, 0.6–0.8 mg/kg koncentrációval.

Az arzén (As), kadmium (Cd), kobalt (Co), molibdén (Mo) és ólom (Pb) koncentrációja minden mintában a kimutatási határ alatt maradt (<0.5 vagy <2.5 mg/kg), ami kedvező környezeti és élelmiszerbiztonsági szempontból.

Összegezve, az eredmények azt mutatják, hogy a feldolgozási mód és sorrend (pl. pektinkivonás) hatással van az ásványianyag-tartalomra. Ezt alátámasztják az alábbi példák.

Az ISZ-PO minta több elem szempontjából is a legmagasabb értékeket mutatta:

- Kalcium (Ca): 1900 mg/kg – a legmagasabb érték
- Magnézium (Mg): 770 mg/kg – legmagasabb
- Nátrium (Na): 120 mg/kg – legmagasabb
- Vas (Fe): 54 mg/kg – legmagasabb
- Mangán (Mn): 8.1 mg/kg – legmagasabb
- Réz (Cu): 11 mg/kg – megosztott első hely az ISZ-PEPO mintával
- Nikkel (Ni): kimutatható (0.6–0.8 mg/kg)

Ezzel szemben, az ISZ-alap több esetben is a legalacsonyabb értékeket képviseli:

- Kalcium (Ca): 1300 mg/kg – legalacsonyabb
- Nátrium (Na): <5 mg/kg – kimutatási határ alatt
- Cink (Zn): 3.9 mg/kg – legalacsonyabb

Az ISZ-PEPO minta pedig az előzőekkel szemben vegyes képet mutat:

- Cink (Zn): 7.3 mg/kg – legmagasabb
- Króm (Cr): 1.7 mg/kg – legmagasabb
- Réz (Cu): 11 mg/kg – megosztott első hely
- Magnézium (Mg): 290 mg/kg – legalacsonyabb

Kijuttatható törköly mennyiség és tápanyagprofil 170 kg/ha nitrogén alapján

Az elemanalitikai vizsgálat eredményeképpen kapott adatokból készítettem az alábbi táblázatot, melyben látható, hogy a 170kg/ha nitrogén határ figyelembevételével milyen törköly mennyiségeket juttathatunk ki. A táblázatban szerepel, hogy az adott mennyiségben kijuttatott almatörköly milyen mennyiségben tartalmaz foszfort, káliumot, magnéziumot és kalciumot.

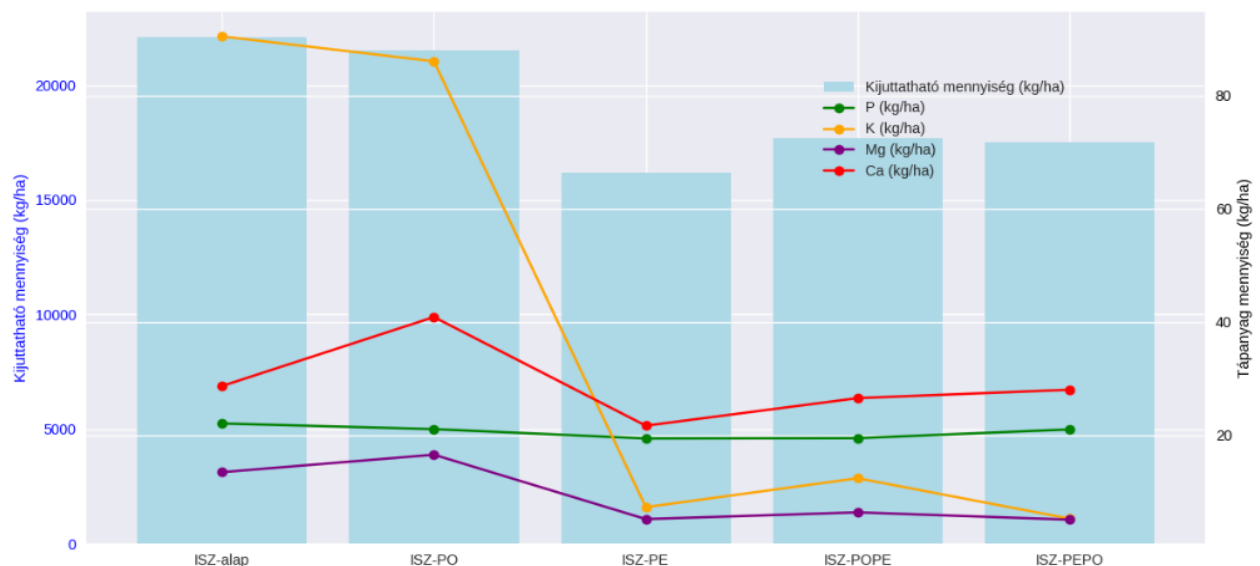
4. táblázat: Kijuttatható törköly mennyiség és tápanyag-profil a 170 kg/ha nitrogén határ alapján (Forrás: saját munka)

| Törköly típus | N-tartalom (%) | Kijuttatható mennyiség (kg/ha) | P (kg/ha) | K (kg/ha) | Mg (kg/ha) | Ca (kg/ha) |
|---------------|----------------|--------------------------------|-----------|-----------|------------|------------|
| ISZ-alap | 0.77 | 22,078 | 22.08 | 90.49 | 13.47 | 28.70 |
| ISZ-PO | 0.79 | 21,519 | 21.08 | 86.08 | 16.56 | 40.89 |
| ISZ-PE | 1.05 | 16,190 | 19.43 | 7.29 | 5.18 | 21.69 |
| ISZ-POPE | 0.96 | 17,708 | 19.48 | 12.40 | 6.37 | 26.56 |
| ISZ-PEPO | 0.97 | 17,526 | 21.03 | 5.26 | 5.08 | 28.04 |

A legnagyobb mennyiségű almatörköly az ISZ-alap típusból juttatható ki, mivel annak a legalacsonyabb a nitrogéntartalma (0.77%), míg az ISZ-PE típusból a legkevesebbet helyezhetjük el a területen. Mivel ez a változat összességében nem tartalmaz kiemelkedő mennyiségeket a felsorolt tápelemekből, mint a többi, így kisebb mennyiség esetén az egyéb elemekből is kevesebb jut ki.

A vizsgált elemek közül egyedül a kálium mennyiségében volt jelentős eltérés. Legmagasabb az eredeti, ISZ-alap mintában volt (4100 mg/kg), a polifenol kivont minta ezt szorosan követte (ISZ-PO, 4000 mg/kg), azonban a többi mindössze 300-750 mg/kg mennyiségeket tartalmazott. Ráadásul ez a két minta tartalmazza a legkevesebb nitrogént, ezáltal nagyobb mennyiségben juttathatóak ki, mint a többi.

Amennyiben tehát a maximális nitrogén tartalom mellett a legmagasabb tápelem arányra törekszünk és nem korlátoz a megmozgatást igénylő mennyiség, akkor ezek a változatok az ideálisak. Amennyiben a kijuttatott mennyiség minimalizálása és a tápanyaghozam maximalizálása is cél, akkor az ISZ-POPE lehet egy jó kompromisszum. Ez látható az alábbi ábrán is, amely a hektáronként kijuttatható mennyiséget és tápanyag tartalmat mutatja be.



11. ábra: Kijuttatható almatörköly mennyiség és tápanyag tartalom hektáronként (Forrás: saját munka)

A következő táblázatban összehasonlítottam az NPK arányokat a vizsgált minták és a leggyakrabban használt műtrágyák viszonylatában, hogy megvizsgáljam, milyen alternatívát kínál az almatörköly a klasszikus műtrágyákkal szemben a fő tápanyagok viszonylatában.

5. táblázat: Eredeti és módosított almatörköly minták és komplex műtrágyák összehasonlítása az NPK arány vonatkozásában (Forrás: saját munka)

| Törköly típus | N (%) | P (%) | K (%) | N:P:K arány |
|------------------------|-------|-------|-------|-----------------|
| ISZ-alap | 0.77 | 0.10 | 0.41 | 1 : 0.13 : 0.53 |
| ISZ-PO | 0.79 | 0.10 | 0.40 | 1 : 0.13 : 0.51 |
| ISZ-PE | 1.05 | 0.12 | 0.45 | 1 : 0.11 : 0.43 |
| ISZ-POPE | 0.96 | 0.11 | 0.39 | 1 : 0.11 : 0.41 |
| ISZ-PEPO | 0.97 | 0.12 | 0.30 | 1 : 0.12 : 0.31 |
| Komplex műtrágya 1. | 15.0 | 15.0 | 15.0 | 1 : 1 : 1 |
| Komplex műtrágya 2. | 8.0 | 24.0 | 24.0 | 1 : 3 : 3 |

Az eredményből látszik, hogy a műtrágyák viszonylatában mindegyik almatörköly minta alacsony NPK koncentrációval rendelkezik. Jellemzően 0.7–1.0% nitrogén, 0.1–0.12% foszfor és 0.3–0.45% kálium tartományban mozognak a vizsgált törköly minták. Az N:P:K arányuk nitrogénben domináns, de a foszfor és kálium arányaiban is jóval alacsonyabb, mint a szintetikus műtrágyákban. Ebből láthatjuk, hogy az almatörköly nem helyettesítheti a klasszikus műtrágyákat, viszont szerves kiegészítőként alkalmazható, különösen talajélet serkentésére, szervesanyag-pótlásra és mikroelem-utánpótlásra.

Végezetül, az alábbi összehasonlítás azt vizsgálja, hogy az almatörköly mintákban mért toxikus elemek koncentrációja hogyan viszonyul a 50/2001. (IV. 3.) Korm. rendelet 6. számú mellékletében meghatározott éves határértékekhez, amelyek a mezőgazdasági területekre kijuttatható szennyvíziszapból vagy komposztból származó szennyezőanyagokra vonatkoznak.

6. táblázat: Toxikus elemek koncentrációja összevetve a jogszabályi határértékekkel [*= becslés alapján, miszerint a koncentráció pontosan 2.5 mg/kg] (Forrás: saját munka)

| Elem | Határérték (kg/ha/év) | Legmagasabb mért érték (mg/kg) | Minta típusa | Kijuttatott mennyiség (kg/ha) | Kijuttatott mennyiség (kg/ha/év) |
|------|-----------------------|--------------------------------|--------------|-------------------------------|----------------------------------|
| As | 0.5 | <2.5 | minden minta | — | <0.044* |
| Cd | 0.15 | <0.5 | minden minta | — | <0.009* |
| Co | 0.5 | <0.5 | minden minta | — | <0.009* |
| Cr | 2.0 | 1.7 | ISZ-PEPO | 17,526 | 0.030 |
| Cu | 12.0 | 11.0 | ISZ-PO, PEPO | 21,519 és 17,526 | 0.237 és 0.193 |
| Mo | 0.5 | <0.5 | minden minta | — | <0.009* |
| Ni | 3.0 | 0.8 | ISZ-PEPO | 17,526 | 0.014 |
| Pb | 15.0 | <2.5 | minden minta | — | <0.044* |
| Zn | 30.0 | 7.3 | ISZ-PEPO | 17,526 | 0.128 |

Az összehasonlítás alapján megállapítható, hogy a vizsgált szerves melléktermékek agrárkörnyezeti szempontból biztonságosan alkalmazhatók.

- A réz (Cu), cink (Zn), króm (Cr) és nikkel (Ni) koncentrációja minden esetben jelentősen a jogszabályban rögzített éves kijuttatási határérték alatt maradt, még a legnagyobb kijuttatható mennyiség (pl. ISZ-PO: 21,519 kg/ha) esetén is.
- Az arzén (As), kadmium (Cd), kobalt (Co), molibdén (Mo) és ólom (Pb) koncentrációja minden mintában a kimutatási határ alatt volt, így ezek esetében a kijuttatott mennyiség csak felső becsléssel határozható meg, de még így is biztonságosan alatta marad a jogszabályi limitnek.

A számítások során a kijuttatott toxikus elem-mennyiségek meghatározása a maximálisan engedélyezett 170 kg/ha/év nitrogénkorlát alapján történt, figyelembe véve az egyes törkölytípusok eltérő nitrogéntartalmát. A vizsgálat eredményei alapján az almatörköly minták nem jelentenek toxikológiai kockázatot a mezőgazdasági felhasználás során, így potenciálisan alkalmasak szerves tápanyag forrásként történő alkalmazásra.

4.2 Az almatörköly minták kémhatása és sótartalma

A vizsgált almatörköly minták pH- és EC értékeit az alábbi táblázat foglalja össze.

7. táblázat: Almatörköly minták pH- és EC-értékei [vizes kivonat alapján] (Forrás: saját munka)

| Minta | pH átlag | EC ($\mu\text{S}/\text{cm}$) – átlag |
|-------|----------|--|
| ISZ | 3.87 | 503.0 |
| PE | 2.40 | 1387.3 |
| PO | 4.06 | 307.3 |
| PEPO | 2.72 | 744.0 |
| POPE | 2.28 | 1693.0 |

A táblázatban látható eltérések azt mutatják, hogy az almatörköly feldolgozási módja hatással van mind a pH, mind az EC értékekre.

PH-val kapcsolatos eredmények:

A pektin kivonás (PE, PEPO, POPE) után készült minták az erősen savas kémhatású sávban vannak (pH 2.28-2.72), amely csírázásgátló hatású lehet, mivel a növények általában a semleges vagy lúgosabb kémhatású talajban növekednek jobban.

Ezzel szemben a polifenol kivonáson átesett (PO), valamint az iparilag szárított (ISZ) minták kevésbé savasak (pH ~4), tehát vélhetően kisebb stresszt okoznak a növények számára.

EC eredmények:

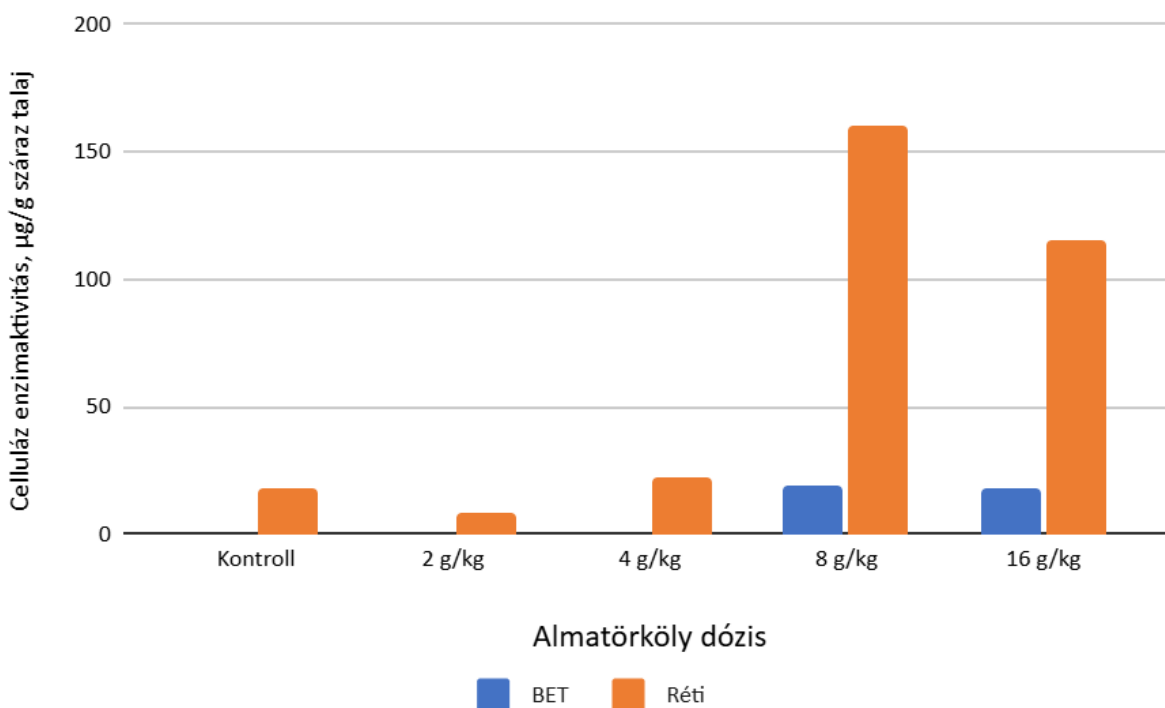
A mérések során a POPE és a PE minták kiugróan magas vezetőképességet mutattak (1387–1693 $\mu\text{S}/\text{cm}$), ez a magas EC érték sófelhalmozódási és gyökérfejlődési problémákat okozhat. A növények számára legkedvezőbb értéket a PO minta esetében mértem (307 $\mu\text{S}/\text{cm}$).

Az eredmények azt mutatják, hogy a feldolgozási mód figyelembevétele elkerülhetetlen, főként savanyú talajok vagy sóérzékeny kultúrák esetén. A PO, azaz polifenol kivonáson átesett

almatörköly mutatja a legkedvezőbb tulajdonságokat, míg a PE és POPE minták alkalmazása csak korlátozottan javasolt, vagy előzetes semlegesítést igényelhet.

4.3 Az almatörköly minták lebomlása és talajbiológiai aktivitásra gyakorolt hatása

A celluláz enzimaktivitás vizsgálata alapján a mintaként használt barna erdőtalaj (BET) egy alapvetően gyenge biológiai aktivitású és alacsony szervesanyag tartalmú talaj, amely a vizsgálat során is alacsony aktivitást mutatott. Az almatörköly hozzáadása ebben a talajtípusban a 2 és 4 g/kg dózis esetén semmilyen, míg a 8 és 16 g/kg esetén minimális aktivitásnövekedést eredményezett. Ebből arra következtethetünk, hogy a hozzáadott szerves anyag gyorsan lebomlott és nem volt képes tartósan serkenteni a talaj mikrobiális működését. Ugyan a dózisémelés hatása látható, de a biológiai reakció gyenge, tehát a vizsgálat alapján az almatörköly ilyen típusú talaj javítására nem alkalmas.



12. ábra: Celluláz enzimaktivitás vizsgálata BET és Réti talajon (Forrás: saját munka)

A vizsgált réti talaj ezzel szemben láthatóan magasabb celluláz aktivitású, ebből jobb szervesanyag ellátottságra, valamint kedvezőbb mikrobiális közegre következtethetünk. Az almatörköly egyértelmű aktivitásnövekedést eredményezett a hozzáadott dózistól függő mértékben. A magasabb enzim aktivitás arra utalhat, hogy a szerves anyag lebomlás a talajban lassabb ütemű és a hozzáadott almatörköly hosszabb távon is hasznosítható. Ezek alapján a réti talajban az almatörköly mint talajjavító, potenciálisan fenntartható talajbiológiai élénkítő hatással bír.

A legnagyobb dózis (16 g/kg) esetén láthatunk egy csökkenést, 160 µg/g-ról 116µg/g-ra. Ezek alapján feltételezhető, hogy 8 és 16 g/kg között van az a dózis, amely már alacsonyabb aktivitásnövelő hatással bír. Ennek pontos megállapítása további vizsgálatokat igényel.

4.4 Csíratesztek eredményei

Eredeti alma törkölyrel végzett vizsgálatok

Az alábbi táblázat foglalja össze az *első csírázási teszt* eredményeit. Megállapítható, hogy már az 5%-os, azaz a vizsgálat során legalacsonyabb mennyiségben a talajhoz kevert almatörköly is gátló hatással van a csírázásra, nagyobb, 25 és 50% dózisban pedig erősen gátló hatást mutatott. Ez arra utalhat, hogy az eredeti almatörköly magas koncentrációban fitotoxikus hatással bír.

8. táblázat: Csírázási arányok: az első csírázási teszt eredményei az almatörköly dózis alapján csoportosítva
(Forrás: saját munka)

| Dózis (törköly arány) | BET talaj (%) | RÉTI talaj (%) |
|-----------------------|---------------|----------------|
| 5% | 85% | 71% |
| 10% | 31% | 50% |
| 25% | 8% | 0% |
| 50% | 8% | 0% |

A második csírázási teszt során jóval alacsonyabb dózisokat használtunk. A cserepekbe helyezett saláta magok minden esetben kicsíráztak, amely arra utal, hogy a hozzáadott törköly kisebb dózisban (1-10% között) nem, vagy kevésbé okozott gátló hatást. Emellett az eltérő talajtípusoknak is lehet szerepe a különbségben; e vizsgálat esetén homok és csernozjom talajokat használtunk a korábbi réti és barna erdőtalajok helyett. A pontos következtetések levonása azonban nem volt lehetséges, mivel a nem megfelelő környezeti feltételek miatt a csíranövények elpusztultak. Ezáltal további méréseket nem tudtunk végezni és ez a kísérlet nem szolgált értékelhető eredményekkel a biomasszára vonatkozóan.

Eredeti és módosított almatörkölyrel végzett vizsgálat

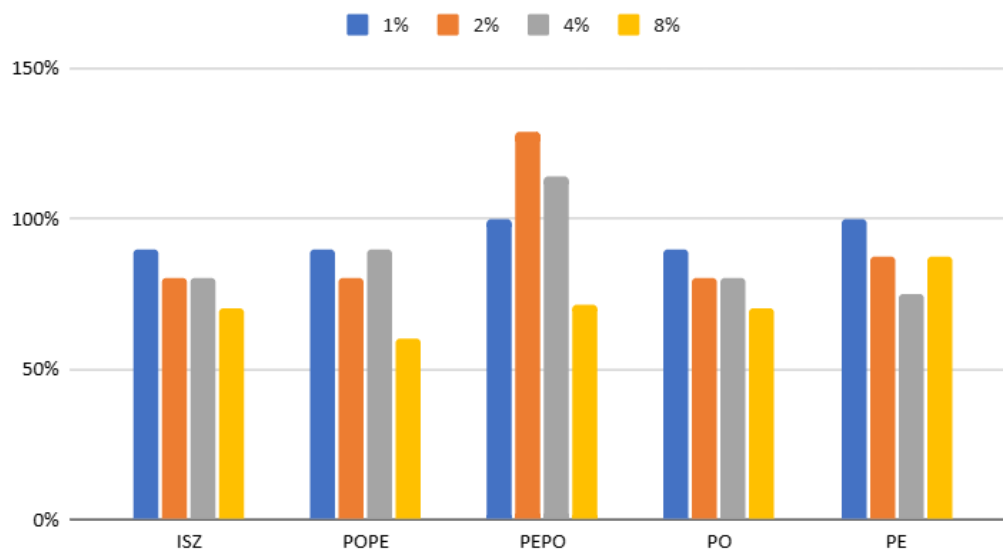
A harmadik csírázást esetén öt féle, különböző módon feldolgozott almatörköly típus csírázásra gyakorolt hatását vizsgáltuk. A törkölyt 1-8% arányban adagoltam, és a vizsgálatához mustármagokat használtam. A csírázási arányokat az alábbi táblázat tartalmazza.

9. táblázat: Csírázási arányok: a harmadik csírázási teszt eredményei az almatörköly dózis alapján csoportosítva
(Forrás: saját munka)

| Dózis (törköly arány) | ISZ | POPE | PEPO | PO | PE |
|-----------------------|-----|------|-------------|-----|------|
| 1% | 90% | 90% | 100% | 90% | 100% |
| 2% | 80% | 80% | 129% | 88% | 88% |
| 4% | 80% | 90% | 114% | 80% | 75% |
| 8% | 70% | 60% | 71% | 70% | 88% |

Kizárólag a csírázási arány alapján a PEPO típusú törköly mutatta a legkedvezőbb csírázási értékeket, különösen az 2 és 4 %-os törköly aránynál, ahol a csírázási százalék meghaladta a kontroll értékét is. Ez arra utalhat, hogy a törköly növelte a vízmegtartó képességet és tápanyagtartalmat, ezzel kedvezett a csírázásnak. Vélhetően a pektin- és polifenol-kivonás ilyen kombinációja kedvezőbb mikrobiális és kémiai környezetet teremtett a csírázáshoz.

Az alábbi ábrán szemléltetem, hogy a minták vizsgálatakor a legtöbb esetben a dózis növekedése csökkenő csírázási százalékokat eredményez, kivéve a PEPO minta esetében. Emellett a többi eredménnyel összehasonlítva, a PE minta 8%-os dóziséknél megfigyelhető egy kevésbé drasztikus csírázási arány csökkenés.



13. ábra: Csírázási arányok törköly típusonként csoportosítva (Forrás: saját munka)

A következő táblázatban a különböző törköly típusok alapján csoportosítottam az adatokat. A táblázat tartalmazza a gyökér-, a hajtás- és a növény teljes hosszát.

Az eredmények alapján az almatörköly arányának növelése egyértelműen negatív hatással volt a csírázási arányra és a növények fejlődési paramétereire. A csírázási arány a kontrollal összehasonlítva változatos arányban csökkent, azonban a csökkenés egyértelműen megfigyelhető volt, amely a magasabb törköly koncentráció gátló hatására utal. A gyökérhossz átlagosan 44%-al csökkent az 1% és 8% dózis között. Hasonló csökkenés volt megfigyelhető a hajtás hossza és a

növények teljes hosszának esetében is. Az eredmények arra utalnak, hogy a törköly nagyobb arányú jelenléte korlátozhatja a növényi fejlődést.

10. táblázat: Összesített csírázási vizsgálati eredmények a törköly típus alapján csoportosítva (Forrás: saját munka)

| Törköly típus | Törköly arány | Csírázási arány | Átlag gyökér méret (mm) | Átlag hajtás méret (mm) | Növények teljes hossza (mm) |
|----------------------|----------------------|------------------------|--------------------------------|--------------------------------|------------------------------------|
| ISZ | 1% | 90% | 43,4 | 21,6 | 586 |
| ISZ | 2% | 80% | 46 | 19,3 | 523 |
| ISZ | 4% | 80% | 11,8 | 6,1 | 144 |
| ISZ | 8% | 70% | 26,4 | 15,6 | 210 |
| POPE | 1% | 90% | 67,2 | 24,4 | 825 |
| POPE | 2% | 80% | 42,9 | 19,9 | 502 |
| POPE | 4% | 90% | 13,5 | 7,1 | 186 |
| POPE | 8% | 60% | 24,3 | 11 | 212 |
| PEPO | 1% | 100% | 47 | 20,3 | 471 |
| PEPO | 2% | 129% | 29,6 | 17 | 420 |
| PEPO | 4% | 114% | 41,1 | 16 | 457 |
| PEPO | 8% | 71% | 34,2 | 15,8 | 250 |
| PO | 1% | 90% | 40 | 19 | 531 |
| PO | 2% | 80% | 36,6 | 15,8 | 419 |
| PO | 4% | 80% | 54,4 | 19 | 587 |
| PO | 8% | 70% | 28,1 | 14,7 | 300 |
| PE | 1% | 100% | 42,1 | 19 | 513 |
| PE | 2% | 88% | 50,6 | 23 | 515 |
| PE | 4% | 75% | 31,5 | 12,6 | 265 |
| PE | 8% | 85% | 18,7 | 9,3 | 196 |

A következő táblázatban az eredményeket a törköly arány alapján csoportosítottam, így megfigyelhető a törköly aránya és a növény mérete közötti összefüggés.

A gyökér méret, amely az 1%-os dózis esetén 47,94 mm volt, 8%-os dózisonál 26,34 mm-re csökkent. Hasonló csökkenés figyelhető meg a hajtásméret esetén is, amely 20,86 mm-ről 13,82 mm-re esett vissza. A teljes növényhossz a kis dózis esetén látható 585,2 mm-ről 233,6 mm-re csökkent, ami közel 60%-os visszaesést jelent.

11. táblázat: Összesített csírázási vizsgálati eredmények a törköly arány alapján csoportosítva (Forrás: saját munka)

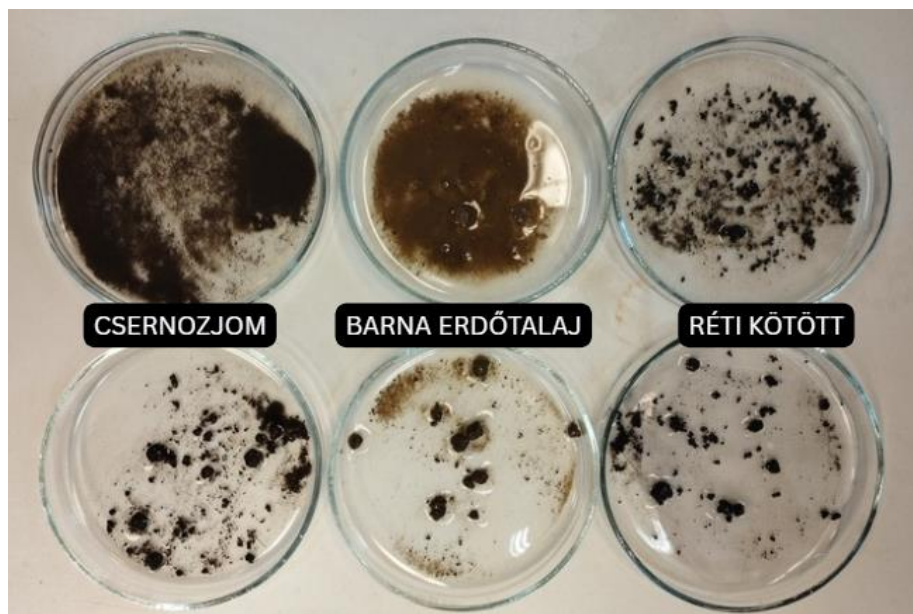
| Törköly arány | Csírázási arány | Átlag gyökér méret (mm) | Átlag hajtás méret (mm) | Növények teljes hossza (mm) |
|---------------|-----------------|-------------------------|-------------------------|-----------------------------|
| 1% | 94% | 47,94 | 20,86 | 585,2 |
| 2% | 91% | 41,14 | 19 | 475,8 |
| 4% | 88% | 30,46 | 12,16 | 327,8 |
| 8% | 71% | 26,34 | 13,28 | 233,6 |

Következtetések a csírázási tesztek alapján

A csírázási vizsgálatok összesített eredményei alapján egyértelmű tendencia figyelhető meg: az almatörköly arányának növekedésével a növényi fejlődési paraméterek jelentősen romlanak, ez különösen 4%-os dózis esetén válik szembetűnővé. A kapott eredmények arra utalnak, hogy a magasabb törköly koncentráció gátolja a csírázást és a korai növényi fejlődést, feltehetően a tápanyag-aránytalanság, fitotoxikus hatások vagy mikrobiológiai egyensúlyváltozás következtében. A dózis mellett a felhasznált almatörköly típusa is meghatározó az eredményekre nézve. Ezt jól példázza a PEPO típus, amelynél a legmagasabb a csírázási arány 2 és 4% dózis esetén figyelhető meg. Ez a módosított törköly alacsony aránynál nemcsak tolerálja, hanem vélhetően serkenti a csírázást és növekedést. A megfigyelések alátámasztják, hogy az almatörköly mezőgazdasági hasznosítása során a kulcsfontosságú tényező az optimálisan megválasztott dózis és törköly kezelés. Emellett célszerű lehet az almatörkölyt előzetesen komposztálni, annak érdekében, hogy a benne található fitotoxikus anyagok (alkohol maradványok, fenolok, savak) csökkenjenek, a mikrobiális aktivitása fokozódjon és a tápanyagok stabilabb formába kerüljenek.

4.5 Az almatörköly talajszerkezetre gyakorolt hatása

A talajaggregátumok stabilitását vizsgáltam. A hozzáadott almatörköly magas pektin tartalmának köszönhetően a kezelt mintákban jól megfigyelhető a talajaggregátumok fokozott összetapadása és stabilitása. A legerősebb tapadást a réti talaj esetében figyelhetünk meg, míg a csernozjom típusú talaj tapadt össze a legkevésbé. Ez arra utal, hogy a pektin kedvezően befolyásolja a talajszerkezetet, elősegítve az aggregátumok kialakulását és megőrzését, azonban a tapadás mértékét a talaj típusa befolyásolja.



14. ábra: Talajaggregátumok eltérő összetapadása

5. Következtetések és javaslatok

A vizsgálatok eredményei arra engednek következtetni, hogy az almatörköly, mint szerves melléktermék rendelkezik agrárkörnyezeti potenciállal, amely főként a tápanyag-utánpótlás, talajjavítás és mikrobiális aktivitás serkentése terén jelenik meg. Az elemanalitikai eredmények, a csírázási és talajbiológiai tesztek, valamint a fizikai-kémiai paraméterek összevetése alapján az alábbi fő következtetések vonhatóak le.

Tápanyag profil és kijuttathatóság

Az almatörköly-típusok nitrogéntartalma 0,77–1,05% között változott, amely a 170 kg/ha/év nitrogén korlát figyelembevételével lehetővé teszi 16–22 tonna törköly kijuttatását hektáronként. Az eredmények azt mutatják, hogy a feldolgozási mód jelentős hatással van a tápanyag profilra: a pektin kivonás utáni minták (pl. ISZ-PE) magasabb nitrogén tartalommal rendelkeznek, míg az eredeti vagy polifenol kivont változatok (ISZ-alap, ISZ-PO) alacsonyabb nitrogéntartalmuk révén nagyobb mennyiségben juttathatók ki.

A foszfor koncentrációja viszonylag stabil értékeket mutatott (980–1200 mg/kg). A kálium esetében jelentős eltéréseket láthatunk: az ISZ-alap és ISZ-PO minták kiemelkedően magas kálium tartalommal bírnak (4000–4100 mg/kg), míg a pektin kivonás utáni mintákban ez az érték drasztikusan lecsökken (300–700 mg/kg). A magnézium és kalcium koncentrációja szintén feldolgozás függő, de agronómiai szempontból értékes mennyiséget képvisel.

Az NPK arányok összevetése alapján az almatörköly nem helyettesíti a komplex műtrágyákat, azonban szerves kiegészítőként jól alkalmazható, különösen talajélet serkentésére és mikroelem-utánpótlásra.

Toxikus elemek és jogszabályi megfelelés

A toxikus elemek koncentrációja minden mintában a jogszabályban rögzített határértékek alatt maradt. Az arzén (As), kadmium (Cd), kobalt (Co), molibdén (Mo) és ólom (Pb) koncentrációja a kimutatási határ alatt volt, így ezek esetében csak felső becslés alapján határoztam meg a kijuttatott mennyiséget. A réz (Cu), cink (Zn), króm (Cr) és nikkelt (Ni) koncentrációja kimutatható volt, de

még a legnagyobb kijuttatási mennyiség mellett is bőven a határérték alatt maradt. Ez alapján az almatörköly minták agrárkörnyezeti szempontból biztonságosan alkalmazhatók.

Fizikai-kémiai tulajdonságok

A pH és elektromos vezetőképesség (EC) mérések ugyancsak rámutattak a feldolgozási mód jelentős hatásaira, amely a savassággal és sótartalommal is összefügg. A pektin kivonás utáni minták (PE, PEPO, POPE) erősen savas kémhatásúak (pH 2.28–2.72), ami csírázásgátló hatással bírhat. A PO és ISZ minták kevésbé savasak (pH ~4), így kedvezőbbek a növények számára. Az EC értékek alapján a PO minta mutatta a legkedvezőbb sótartalmat (307 $\mu\text{S}/\text{cm}$), míg a POPE és PE minták kiugróan magas vezetőképességet mutattak, ami só stresszt okozhat.

Talajbiológiai és csírázási hatások

A celluláz enzimaktivitás vizsgálata alapján az almatörköly pozitív hatással van a talajbiológiai aktivitásra, különösen a szerves anyagban gazdagabb réti talaj esetén.. Az almatörköly a hozzáadott dózistól függően, látható növekedést eredményezett a talaj mikrobiális aktivitásában. A magasabb enzim aktivitás jelezheti, hogy a szerves anyag lebomlás a talajban lassabb ütemű és a hozzáadott almatörköly hosszabb távon is hasznosítható. A barna erdőtalaj esetén a hatás gyengébb, ami a gyorsabb lebomlásra utal, és ezáltal kevés ideig serkenti a mikrobiális működést.

A csírázási tesztek eredményei alapján a pektin, majd polifenol kivonáson átesett (PEPO) almatörköly mutatta a legkedvezőbb hatást, különösen alacsony (2-4%) dózisban, ahol a csírázási arány meghaladta a kontroll értékét is. A hozzáadott törköly mennyiségének növelése ugyanakkor általában negatívan hatott a csírázásra és növekedésre, különösen 4% felett. A minták vizsgálatakor azt tapasztaltam, hogy a legtöbb esetben a dózis növekedésével arányosan csökkent a csírázási százalék.

Javaslatok

- Alacsony dózisu alkalmazás: A csírázási és talajbiológiai eredmények alapján az almatörköly 1-2%-os arányban történő kijuttatása kedvező hatású lehet. A PEPO típus akár 4% arányban is pozitív hatással bír.

- Feldolgozás előtti komposztálás: A fitotoxikus hatások csökkentése érdekében javasolt az almatörköly előzetes komposztálása, különösen savas kémhatású típusok esetén. A komposztálás vagy más szerves anyagokkal való összekeverés nagyobb hozzáadott értékű anyagot eredményezhet.
- Talajtípushoz igazított alkalmazás: A savanyú vagy sóérzékeny talajokon a PO típusú törköly alkalmazása javasolt, míg a PE és POPE típusok csak korlátozottan, vagy semlegesítést követően használhatók.
- Eredményeink alapján az almatörköly használata elsősorban a magasabb szervesanyag-ellátottságú és kedvezőbb mikrobiális közeggel rendelkező talajokon (pl. réti talaj) javasolt, ahol hosszabb távú és jelentős biológiai élénkítő hatás várható. Ezzel szemben a gyengébb biológiai aktivitású és alacsony szervesanyag-tartalmú talajokon (pl. barna erdőtalaj) az alkalmazás kevésbé hatékony, mivel a rövid lefolyású lebomlási folyamat miatt nem biztosít tartós javulást.
- Kijuttatási terv készítése: A jogszabályi megfelelés érdekében minden esetben szükséges a nitrogén korlát figyelembevételével történő kijuttatási terv készítése.

6. Összefoglalás

A dolgozatom célja az alma feldolgozása során keletkező almatörköly mezőgazdasági hasznosíthatóságának komplex vizsgálata, különös tekintettel annak a talajra és növényi fejlődésre gyakorolt hatásaira. Célkitűzésem elsőként annak vizsgálata volt, hogy a szárított almatörköly különböző dózisa, valamint módosított változatai milyen hatással vannak a talaj fizikai és biológiai tulajdonságaira. Emellett vizsgáltam a növényi csírázásra gyakorolt hatásokat, valamint a talajtípusok szerepét az almatörköly hatásmechanizmusában. A vizsgálatok eredményeiből mindhárom területen releváns, gyakorlati következtetések vonhatók le.

A vizsgálatok igazolták, hogy az almatörköly – főként módosított formában – képes serkenteni a talaj mikrobiális aktivitását. Láthatóvá vált az is, hogy a talaj fizikai és kémiai tulajdonságai befolyásolják az almatörköly hatásmechanizmusát. A réti talaj kedvezőbb mikrobiális közegként viselkedett, míg a barna erdőtalaj alacsony szervesanyag tartalma korlátozta a törköly hatékonyságát. Eltérően alakultak a csírázási és növekedési paraméterek is a különböző talajtípusokon, ami alátámasztja a talajhoz igazított alkalmazás szükségességét.

Az aggregátum vízállóság vizsgálat eredményei alapján a törköly, pektin tartalmának köszönhetően kedvezően befolyásolja a talaj szerkezetét, elősegítve az aggregátumok kialakulását. A növényi csírázásra gyakorolt hatás vizsgálata során kiderült, hogy az almatörköly – a hozzáadott mennyiségtől függően – befolyásolja a csírázási arányt és a növények kezdeti fejlődését. A pektin- és polifenol-kivonáson átesett, módosított törköly alacsony dózisban stimuláló hatást mutatott, míg magasabb koncentrációban a legtöbb típus csírázásgátló hatással bírt. A különböző almatörköly típusok kapcsán az eredmények azt mutatják, hogy a mikroalkotók (mint a pektin vagy polifenol) kivonása hatással van mind a pH, mind az EC értékekre.

Összességében a kutatás eredményei hozzájárulhatnak az almatörköly fenntartható mezőgazdasági hasznosításának tudományos megalapozásához. A vizsgálatok alapján az almatörköly – különösen módosított formában és megfelelő dózisban – alkalmas lehet szerves tápanyag forrásként, talaj javítóként és mikrobiális aktivitás serkentőként. A jogszabályi megfelelés (pl 170 kg/ha/év nitrogén korlát, toxikus elem határértékek) figyelembevételével az almatörköly biztonságosan alkalmazható, különösen ha a fitotoxikus hatások komposztálással előzetesen csökkentésre

kerülnek. A dolgozat javaslatokat fogalmazott meg az optimális alkalmazásra, kiemelve a feldolgozási mód, a dózis és a talajtípus szerepét a hatékonyság maximalizálásában.

7. Irodalomjegyzék

Agroinform.hu (2023) *Ennek a gyümölcsnek a mennyiségével nem lesz gond, de a minősége még nagyban függ az időjárástól.* Agroinform.hu. . Elérhető:

https://www.agroinform.hu/kerteszeti_szoleszet/gyumolcs-alma-hazai-ultetvenyek-termeles-66185-001 (Letöltve: 2025. október 11.)

Bertazzoli, A., Kambor, J., Dreisiebner-Lanz, H., Altamura, R., Kerngast, R., Karamürsel, S., Zmarlicki, K., et al. (2022) *Apple production and apple value chains in Europe.* *European Journal of Horticultural Science*, [online] ISHS. Forrás:

<https://www.cabidigitallibrary.org/doi/pdf/10.17660/eJHS.2022/059> (Letöltve: 2025. október 18.)

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Környezeti Mikrobiológia és Biotechnológia Kutatócsoport (2018) *Almatörköly – hulladék/melléktermék adatlap.* MOKKKA – Magyarországi Organikus Komponens Kutatási és Katalógus Adatbázis. Forrás:

<https://mokkka.hu/node/759> (Letöltve: 2025. október 13.)

Costa, J.M., Ampese, L.C., Ziero, H.D.D., Sganzerla, W.G. & Forster-Carneiro, T. (2022) *Apple pomace biorefinery: Integrated approaches for the production of bioenergy, biochemicals, and value-added products – An updated review.* *Journal of Environmental Management*, [online] 325, 116504. Forrás: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2213343722012313> (Letöltve: 2025. szeptember 18.)

Diriczi, Zs. (N.a.) *Szervesanyag-gazdálkodás haladóknak.* Talajreform.hu. . Forrás:

<https://talajreform.hu/tudasbazis/szervesanyag-gazdalkodas-haladoknak/> (Letöltve: 2025. október 9.)

Duan, Y., Mehariya, S., Kumar, A., Singh, E., Yang, J., Kumar, S., Li, H. & Awasthi, M.K. (2021) *Apple orchard waste recycling and valorization of valuable product – A review.* *Bioengineered*, [online] 12(1), pp. 476–495. Forrás:

<https://doi.org/10.1080/21655979.2021.1872905> (Letöltve: 2025. október 1.)

Enaime, G., Baçaoui, A., Yaacoubi, A. et al. *Phytotoxicity assessment of olive mill wastewater treated by different technologies: effect on seed germination of maize and tomato*. *Environ Sci Pollut Res* 27, 8034–8045 (2020).

<https://doi.org/10.1007/s11356-019-06672-z> (Letöltve: 2025.szeptember 14.)

FAO. (2023) *Agricultural production statistics 2000–2022*. FAOSTAT Analytical Briefs, No. 79. Rome. <https://doi.org/10.4060/cc9205en>. (Letöltve: 2025. október 13.)

Gołębiewska, E., Kalinowska, M., & Yildiz, G. (2022). *Sustainable Use of Apple Pomace (AP) in Different Industrial Sectors*. *Materials*, 15(5), 1788. <https://doi.org/10.3390/ma15051788> (Letöltve: 2025. október 17.)

Hope, C.F.A. & Burns, R.G. (1987) *Activity and origins and locations of cellulase in a silt loam*. *Biology and Fertility of Soils*, 5, pp. 167–170. Forrás: <https://doi.org/10.1007/BF00257653> (Letöltve: 2025. október 19.)

Kennedy, M., et al. (1999) *Apple pomace and products derived from apple pomace: uses, composition and analysis*. In: Linskens, H.F. & Jackson, J.F. (szerk.) *Analysis of Plant Waste Materials. Modern Methods of Plant Analysis*, vol. 20. Berlin–Heidelberg: Springer. Forrás: https://doi.org/10.1007/978-3-662-03887-1_4 (Letöltve: 2025. október 14.)

Kolanowski, W. (2024). *Perspective of Using Apple Processing Waste for the Production of Edible Oil with Health-Promoting Properties*. *Applied Sciences*, 14(7), 2932. <https://doi.org/10.3390/app14072932> (Letöltve: 2025. október 13.)

Kurthy, G., Darvasné Ördög, E., Dudás, Gy., Radóczné Kocsis, T., Székelyhidi, K. & Takács, E. (2021) *Food loss in the Hungarian food industry – Examining quantification problems and attitudes of managers and their impact on policy*. *Waste Management*, 135, pp. 10–20. Forrás: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0956053X21004633> (Letöltve: 2025. szeptember 14.)

Malhi N, Carragher J, Saarela M, Pahl S, and Fight Food Waste CRC (2021) *A review of opportunities to recover value from apple and pear pomace*. Fight Food Waste Cooperative Research Centre, Adelaide, Australia.

MMK Környezetvédelem (2015) *Segédlet a melléktermék státusz megállapításához*. Forrás: https://www.mmkkornyezetvedelem.hu/images/Seg%C3%A9dlet_a_mell%C3%A9kterm%C3%A9k_st%C3%A1tus_meg%C3%A1llap%C3%ADt%C3%A1s%C3%A1hoz_2015.pdf

(Letöltve: 2025. október 12.)

Mucsi, G., (2013) *Utilization Experiments of Apple Pomace – Almalégyártási melléktermék hasznosításának vizsgálata*. *Biohulladék*, 7(1), pp.37–41. Forrás:

<https://www.researchgate.net/publication/271746800> (Letöltve: 2025.október 28.)

Nébih (N.a.) *Nem veszélyes hulladék hasznosítása termőföldön*. Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal. Forrás: <https://portal.nebih.gov.hu/-/nem-veszelyes-hulladek-hasznositasa-termofoldon> (Letöltve: 2025. október 5.)

Nosalewicz, A., Maksim, M., Brzezińska, M. & others (2021) *The use of apple pomace as a soil amendment enhances the activity of soil microorganisms and nitrogen transformations and affects crop growth*. *Journal of Soil Science and Plant Nutrition*, 21, pp. 1831–1841. Forrás: <https://doi.org/10.1007/s42729-021-00483-3> (Letöltve: 2025. október 9.)

Rózewicz, M., Wyzińska, M. & Grabiński, J. (2023) *Effect application of apple pomace on yield of spring wheat in potting experiment*. *Agronomy*, 13(6), p. 1526. Forrás:

<https://doi.org/10.3390/agronomy13061526> (Letöltve: 2025. október 14.)

Selmi, H., Presutto, E., Totaro, M., Spano, G., Capozzi, V., & Fragasso, M. (2025). *Apple Waste/By-Products and Microbial Resources to Promote the Design of Added-Value Foods: A Review*. *Foods*, 14(11), 1850. Elérhető: <https://doi.org/10.3390/foods14111850> (Letöltve: 2025. október 18.)

Sharma, V., Aggarwal, R.K., Kumar, D. et al. (2025) *Briquette and biochar production from apple-pruned residue for energy recovery, soil fertility and water purification*. *Discov Environ* 3, 180. Forrás: <https://doi.org/10.1007/s44274-025-00367-8> (Letöltve: 2025. október 18.)

Stégerné Máté, M. (N.a.) *Almalé és -sűrítmény gyártástechnológiája*. esto-project.eu. . Forrás:

<https://esto->

project.eu/fileadmin/bilder/de/Materials/expert_text/Additional_text/Apple_juice_processing_technology_HU.pdf (Letöltve: 2025. október 13.)

Sulinet Tudásbázis (N.a.) *Alma-termékek feldolgozása*. Forrás:

<https://tudasbazis.sulinet.hu/hu/szakkepzes/elelmiszeripar/nyersanyagok-feldolgozasa-az-elelmiszeriparban/almatermesuek/alma-termek> (Letöltve: 2025. szeptember 28.)

Szabó-Notin, B. (2021) *Az élelmiszeripari melléktermékek hasznosításának lehetőségei a fenntarthatóság tükrében*. PhD-értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem. Forrás: https://real-phd.mtak.hu/1405/1/Szabo-Notin_Beatrice_ertekezes_DOI.pdf (Letöltve: 2025. október 14.)

Zhao, Y., Wang, J., Yang, X., You, L., Wang, W., Liu, R.H., 2013. *Apple polyphenols and their health benefits*. Nutrition Journal, 12(1), p.1. Forrás:

<https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3608898/> (Letöltve: 2025. október 11.)

Yara Hungary (N.a.) *Almatermesűek termesztése*. Forrás:

<https://www.yara.hu/tapanyagellatas/almatermesuek/almatermesuek-termesztese-a-v/> (Letöltve: 2025. október 13.)

Waldbaurer, K., McKinnon, R. & Kopp, B. (2017) *Apple pomace as potential source of natural active compounds*. *Planta Medica*, [online] 83(11), pp. 994–1010. Forrás:

<https://doi.org/10.1055/s-0043-111898> (Letöltve: 2025. október 18.)

2012. évi CLXXXV. törvény a hulladékról. Forrás:

http://net.jogtar.hu/jr/gen/hjegy_doc.cgi?docid=A1200185.TV (Letöltve: 2025. október 14.)

Ábrák jegyzéke

1. ábra: A legnagyobb mennyiségben termesztett gyümölcsök és zöldségek világszintű előállítására (Forrás: FAO, 2023)

2. ábra: Az almaültetvényekben keletkező hulladékokból történő erőforrás-visszanyerési folyamatok (Yumin Duan et al., 2021)

3. ábra: Szárított almatörköly és őrölt almatörköly por (Forrás: Szabó-Notin, B., 2021)

4. ábra: Az almatörköly átlagos összetétele (Forrás: Kennedy, M., et al., 1999)

5. ábra: A talajok szervesanyag készletei (Forrás: Diriczi, Zs., N.a.)

6. ábra: A celluláz enzim aktivitás által indukált színreakció (Forrás: saját fénykép)

7. ábra: A vizsgálatokhoz használt spektrofotométer (Forrás: saját fénykép)

8. ábra: Kicsírázott mustármagok a mérések elvégzése előtt (Forrás: saját fénykép)

9. ábra: Kicsírázott saláta magok (Forrás: saját fénykép)

10. ábra: Kicsírázott zsázsa magok a mérések elvégzése előtt (Forrás: saját fénykép)

11. ábra: Kijuttatható almatörköly mennyiség és tápanyag tartalom hektáronként (Forrás: saját munka)

12. ábra: Celluláz enzimaktivitás vizsgálata BET és Réti talajon (Forrás: saját munka)

13. ábra: Csírázási arányok törköly típusonként csoportosítva (Forrás: saját munka)

14. ábra: Talajaggregátumok eltérő összetapadása

Táblázatok jegyzéke

- 1.táblázat:** A mikrobiális aktivitás mérésének lehetőségei (Forrás: saját munka)
- 2.táblázat:** Hulladék és melléktermék összehasonlítása (Forrás: saját munka a a 2012. évi CLXXXV. törvény nyomán)
- 3. táblázat:** Nitrogén és nyomelemek eloszlása az almatörköly mintákban (Forrás: saját munka)
- 4. táblázat:** Kijuttatható törköly mennyiség és tápanyag-profil a 170 kg/ha nitrogén határ alapján (Forrás: saját munka)
- 5. táblázat:** Eredeti és módosított almatörköly minták és komplex műtrágyák összehasonlítása az NPK arány vonatkozásában (Forrás: saját munka)
- 6. táblázat:** Toxikus elemek koncentrációja összevetve a jogszabályi határértékekkel [*= becslés alapján, miszerint a koncentráció pontosan 2.5 mg/kg] (Forrás: saját munka)
- 7. táblázat:** Almatörköly minták pH- és EC-értékei [vizes kivonat alapján] (Forrás: saját munka)
- 8. táblázat:** Csírázási arányok: az első csírázási teszt eredményei az almatörköly dózis alapján csoportosítva (Forrás: saját munka)
- 9. táblázat:** Csírázási arányok: a harmadik csírázási teszt eredményei az almatörköly dózis alapján csoportosítva (Forrás: saját munka)
- 10. táblázat:** Aggregált csírázási vizsgálati eredmények a törköly típus alapján csoportosítva (Forrás: saját munka)
- 11. táblázat:** Aggregált csírázási vizsgálati eredmények a törköly arány alapján csoportosítva (Forrás: saját munka)

MATE Szervezeti és Működési Szabályzat

III. Hallgatói Követelményrendszer

III.1. Tanulmányi és Vizsgaszabályzat

**6.13. sz. függeléke: A MATE egységes szakdolgozat /
diplomadolgozat / záródolgozat / portfólió készítési útmutatója**

4.2. sz. mellélete: Nyilatkozat a záródolgozat/szakdolgozat/diplomadolgozat/portfólió nyilvános hozzáféréseiről és eredetiségéről (módosítva: 2025. október 16.)

NYILATKOZAT

**a szakdolgozat nyilvános hozzáféréseiről és
eredetiségéről**

A hallgató neve:

GYURICZA ZSÓFIA

A Hallgató Neptun kódja:

TK36AC

A dolgozat címe:

Általános elméleti változások mezőgazdasági
hasznosíthatóságának komplex vizsgálata

A megjelenés éve:

2025

A konzulens intézetének neve:

Környezettudományi Intézet

A konzulens tanszékének a neve:

Agrár-környezet-tudományi Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott 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 mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában 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 év 10 hó 27 nap

Gyuricza Zsófia
Hallgató aláírása

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

| | |
|--|--|
| Hallgató neve: | GYOKIOLA ZSÓFIA |
| Neptun-kódja: | TK36AC |
| 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*: | Szaktudólgózat |
| A munka címe: | Alkalmazott AI változatok |

* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

mezőgazdasági hatáskörökben
komplex vizsgálat

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 korrekció, 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: Budapest....., 2025. 10 hó 27 nap

Anna Zsófia

Hallgató aláírása

Dr. Kőrösi

Konzulens/Témavezető aláírása


NYILATKOZAT

Gyuricza Zsófia (hallgató Neptun azonosítója: TK36AC) 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 védeésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem^{*2}

Kelt: Budapest, 2025. október 24.


Juhos Katalin, belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.