

SZAKDOLGOZAT

Nováky Bálint
Mezőgazdasági mérnök BSc

2025



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Kaposvári Campus
Növénytermesztési-Tudományok Intézet/Agronómia
Tanszék
Mezőgazdasági mérnök BSc Nappali tagozat

**Különböző művelési módok összehasonlítása penetrométeres
vizsgálattal a Transzmisszió Kft területén**

Belső konzulens: Dr. Hoffmann Richárd
egyetemi docens

**Belső konzulens
intézete/tanszéke:** Növénytermesztési-
Tudományok Intézet/
Agronómia Tanszék

Készítette: Nováky Bálint
QT96FR

Kaposvár
2025

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1. A talajok	5
2.1.1. Talaj fogalma, felépítése	5
2.1.2. A talajok kialakulása, képződése.....	6
2.1.3. A talajtípusok	7
2.2. A talajerózió-, talajdegradáció és a káros talajtömörödés fogalma, kapcsolata, kialakulásának okai	8
2.2.1. Talajtömörödés káros hatásai, megelőzésének lehetőségei	9
2.3. A talajművelés módjai	10
2.3.1. A forgatásos művelés	10
2.3.2. A forgatás nélküli művelés	12
2.3.3. A min-till művelés.....	13
2.3.4. A no-till művelés	14
2.4. A talajellenállás	15
2.4.1. A talajellenállásának mérése	15
2.4.2. A penetrométer	15
2.4.3. A penetrométerek típusai.....	16
2.5. A célkitűzés	17
3. Saját vizsgálatok.....	18
3.1. Anyag és módszertan.....	18
3.1.1. Gazdaság bemutatása.....	18
3.1.2. Vizsgálati terület bemutatása.....	18
3.1.3. Csapadékadatok.....	20
3.1.4. Parcellák kezelései.....	21
3.1.5. Vizsgálati eljárás és eszköz ismertetése	23
3.1.6. Saját mérés	24
3.2. Eredmények és értékelésük	25
3.2.1. Talajellenállás 2023. november 25.....	26
3.2.2. Talajnedvesség 2023. november 25.....	27
3.2.3. Az 1. Mérés statisztikai elemzése.....	28
3.2.4. Talajellenállás 2024. március 2.	29
3.2.5. Talajnedvesség 2024. március 2.....	30
3.2.6. A 2. Mérés statisztikai elemzése	31
3.2.7. Talajellenállás 2024. június 14.....	32

3.2.8. Talajnedvesség 2024. június 14.....	33
3.2.9. A 3. mérés statisztikai elemzése.....	34
3.2.10. Talajjellenállás 2024. szeptember 23.....	35
3.2.11. Talajnedvesség 2024. szeptember 23.	36
3.2.12. A 4. Mérés statisztikai elemzése	37
3.2.13. 2024. szeptember, termésátlagok alakulása a kísérletben	37
3.2.14. Talajjellenállás 2024. október 19.....	38
3.2.15. Talajnedvesség 2024. október 19.	39
3.2.16. Az 5. Mérés statisztikai elemzése.....	40
3.2.17. Talajjellenállás 2025. április 17.....	41
3.2.18. Talajnedvesség 2025. április 17.	42
3.2.19. A 6. Mérés statisztikai elemzése	43
3.2.20. 2025. július, termésátlagok alakulása a kísérletbe.....	43
3.2.21. Talajjellenállás 2025. szeptember 1.....	44
3.2.22. Talajnedvesség 2025. szeptember 1.	45
3.2.23. 7. Mérés statisztikai elemzése	46
3.2.24. A különböző kezelések fedezeti hozzájárulása	46
3.3. Következtetések és javaslatok	47
4. Összefoglalás.....	49
5. Köszönetnyilvánítás	51
6. Irodalomjegyzék:.....	52
7. Ábrák és táblázatok jegyzéke:	56
8. Nyilatkozatok:	57

1. Bevezetés

A hazai gazdálkodók nagy része egyáltalán nem foglalkozik a talajállapot megőrzésével, a talajdegradációs problémákkal. A talajtömörődéssel pedig főleg nem, ez valószínűleg annak köszönhető, hogy ez nem egy kifejezetten szembetűnő degradációs folyamat. Annak ellenére, hogy ez okozza a legnagyobb károkat és a legelterjedtebb, emellett ez a legnehezebben kivédhető talajdegradációs folyamat (LAL és STEWART, 1990; OLDEMAN, 1994; BIRKÁS, 2001; JONES és MONTANARELLA, 2003). Sajnos azt is elmondhatjuk, hogy a közelmúltban exponenciálisan nőtt a talajdegradáció mértéke (PIMENTEL, et al. 1995). Valószínűsíthetően ez az egyre intenzívebbé és kizsigerelőbbé váló mezőgazdasági berendezkedéssel áll összefüggésben. Emellett úgy gondolom, hogy a hazai mezőgazdasági tevékenységeket végzők jelentős része még mindig nem megfelelően szakképzett a regeneratív vagy a talajmegőrző gazdálkodáshoz. A mezőgazdaságban dolgozók 4%-a rendelkezik csak szakirányú felsőfokú képzettséggel, míg középfokú képzettséggel rendelkezők száma is 10% alatt van. (<https://www.agroinform.hu/gazdasag/lepeskenyszerben-az-agrarium-tobb-szakember-kell-50275-001>)

Magyarország talajainak nagyjából 86%-a kisebb nagyobb mértékben érzékeny a tömörödéssel. A talajok bizonyos mértékű tömörödése természetes úton is kialakulhat, de ennek mértéke elenyészlik az antropogén hatásokhoz viszonyítva. A tömörödésnek köszönhetően csökken a pórustérfogata a talajnak ezáltal a gázok transzportációja és a talaj vízáteresztő képessége is csökken. Ezekből eredően nagyobb mértékű eróziós károkat számíthatunk, ráadásul az aszály tünetei is előbb jelentkeznek. A tömörödés hatására romlik a talaj megmunkálhatósága, nő a művelési energiaigénye, ami növeli a műveléshez szükséges üzemanyag mennyiségét, illetve a talajművelő eszközök kopása is megnő. Összességében mondhatjuk, hogy jelentős többlet költséggel jár az ilyen talaj művelése. Emellett a nem megfelelő talajállapot kedvezőtlenül hat a növényfejlődésre, ami csökkent termésmennyiséget és termésminőséget okoz.

Kialakulásának okai lehetnek a több éven keresztül ugyanabban a mélységben történő művelés, nedves talajon történő járás, nem megfelelő talajnedvesség mellett történő művelés és a vetésforgó elhagyása, vagy más monokultúrás termelés is. A gépi mozgás vagy munkák tömörítő hatását nagyban befolyásolja, hogy mekkora a gépek tömege és hogy ez mekkora felületen oszlik el a talajon. Ezenkívül az is nagyon fontos, hogy hányszor halad át a gép a talajon, ugyanis a könnyebb traktor nagyobb menetszámmal ugyanolyan mértékű, vagy akár nagyobb tömörödést is okozhat, mint a kevesebb menetszámú nehezebb traktor (JORAJURIA, et al. 1997).

Mint a legtöbb esetben, itt is a megelőzés a fontos, ennek lehetőségei a talajon való gépi mozgás minimalizálása, megfelelő talajnedvesség esetén történő művelés, művelési mélységek rendszeres változtatása, minél kevesebb menetszámú művelés alkalmazása, az erőgépjeink guminyomásának csökkentése illetve nagyobb felfekvési felület biztosítása akár szélesebb gumibronccsal, ikerkerékkel vagy gumihevederes járószerkezet alkalmazásával.

Amennyiben már kialakult a tömörödés a talajban, akkor a legegyszerűbben talajlazítással tudjuk megszüntetni azt. A sekélyebb művelés által létrehozott tömörödést könnyebb megszüntetni, ezzel ellentétben a mélyebben kialakult tömörödést például az eketalpat már nehezebb, de egy közép-mélylazítóval már ezt a problémát is orvosolni tudjuk. Célszerű a talajlazítást néhány éven belül megismételni, így elkerülhetjük, hogy újból vízzáró rétegek alakuljanak ki (MIKÓ, 2008).

A talajaink átfogó feltérképezésére jól használhatók az egyes talaj penetrométerek, ezek közül kiemelkedik a 3T System, mivel ezzel az eszközzel akár 90 cm mélységig is mérni tudjuk a talajellenállását és nedvességtartamát centiméterenként. Vizsgálataim során is ezt a mérőműszert használtam, hogy minél átfogóbb képet kapjak a talaj állapotáról.

Kísérletem célja volt, hogy 4 különböző talajművelési rendszernek a talaj penetrációs ellenállására és a nedvességtartalmára gyakorolt hatásait megvizsgáljam, összehasonlítsam. Dolgozatomban kitérek a talaj típusokra, talajerózióra és degradációra, különböző művelések előnyeire, illetve hátrányaira, valamint a méréshez használt eszközökre a talaj penetrométerekre. Részletesen bemutatom a kísérlet helyszínét, a területeken alkalmazott kezeléseket, méréseket. A vizsgálatok során kapott eredmények alapján következtetéseket, javaslatokat fogalmazok meg.

Azért választottam ezt a témát, mert a családi gazdaságunkban régebb óta kísérletezünk különböző talajművelési rendszerekkel, az okszerű talajműveléssel, a forgatás elhagyásával és ez egy remek lehetőség, hogy pontosabb képet kapjunk a különböző műveletek talajra gyakorolt hatásáról. Emellett elmélyíthetem a tudásomat ezen a területen, aminek köszönhetően célom a gazdaságunk termelésének mind a természeti, mind a gazdasági fenntarthatóságát megőrizni.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A talajok

2.1.1. Talaj fogalma, felépítése

A talaj fogalma:

A talaj más néven a pedoszféra önálló természeti képződmény. Általában úgy határozzák meg, hogy a földkéreg legfelső, laza, termékeny része, a földi élet és az élelmiszer előállítás alapja. A növénytermesztést közvetlenül az állattenyésztést közvetve befolyásolja. A rajta élő növényeket tápanyaggal és vízzel látja el, élőhelyet biztosít a talajlakó élőlényeknek. Legfontosabb tulajdonsága a termékenysége.

A talaj felépítése:

A talaj egy háromdimenziós kiterjedésű térbeli test. Így amennyiben a talajról beszélünk akkor nem csak területi kiterjedését vesszük figyelembe, hanem a mélységi sajátosságait is. Mindazt ami a felszín és a talajképző kőzet között helyezkedik el, illetve kapcsolatban áll a rajta található növénytakaróval, azt talajnak tekintjük. A talajképződés hatására elkülönült rétegeket genetikai talajsinteknek nevezzük.

A talajsintek:

A talajsintek megkülönböztetésére egy egységes betű rendszert használunk.

O- vagy A₀-szint:

Le nem bomlott, vagy csak részlegesen lebomlott, nagy mennyiségű szerves anyagot tartalmazó felszíni szint.

A-szint:

Az A-szintet humuszos felsőszintnek nevezzük. Ez alszintekre osztható, A₀-ra, A₁-re és A₂-re. Az A₀-t jellemzően kevésbé bomlott szervesanyagok alkotják. Az A₁ a humuszos szintet jelöli, míg az A₂ az erdőtalajoknál vagy a szike talajoknál a kifakult, kifehéredett kilúgzási szintet jelöli. A_{sz}-el jelöljük azt a részt ameddig a talajművelő eszközök hatásai érvényesülnek a talajban.

E-szint:

Ez egy kifakult, kilúgzott szint melyből az egyes talajalkotók mélyebb szintekbe vándoroltak. Ez a szint elsősorban az erdőtalajokra jellemző.

B-szint: felhalmozódási vagy átmeneti szint

A B-szint az A- az O-, H- vagy az E-szintek alatt húzódik. A kilúgzással, illetve agyagvándorlással jellemezhető talajok esetében, ebben a szintben halmozódnak fel a más szintekből érkezett anyagok. Azokban talajokban, amelyekben nem jellemző az említett anyagmozgás, fokozatosan csökkenő humusztartalommal jellemezhető, átmeneti B szintet találunk, például a csernozjom talajokban. Ez a szint tovább tagolható B1, B2 alszintekre.

C-szint: talajképződési szint

A nem kemény vagy tömör talajképző kőzet jelölésére használjuk. Ezen belül elkülönítünk több szintet is, például a Cca szintet, mely a talajképző kőzetben felhalmozódott szénsavas meszet jelzi vagy a C_k szintet ami a karbonát felhalmozódását jelöli.

D-szint: anyakőzet

Ágyazati kemény kőzet jele, a talajképző kőzet alatt elhelyezkedő más kőzetféleség. Ezt a kőzetet még nem alakították át a talajképző folyamatok (FÜLEKY, et al. 2008; DÁVID, 2013).

2.1.2. A talajok kialakulása, képződése

A talajképződést öt tényező befolyásolja, a talajok kora, a domborzat, a földtani tényezők, az éghajlat és a biológiai tényezők. A tényezők közé sorolható az emberi tényező, ami igen jelentős, de nyilvánvalóan csak ott érvényesül, ahol emberek élnek. A talajképződés nyersanyagát a talajképző kőzet biztosítja, ennek kémiai és fizikai tulajdonságai nagyban befolyásolják a képződés folyamatát. Az éghajlati tényezőkön belül a legnagyobb hatással rendelkezők, a hőmérséklet, a csapadék és a szélviszonyok. Ezek befolyásolják a felszínre jutó energia és csapadék mennyiségét. Meghatározzák, hogy milyen kémiai és fizikai folyamatok játszódnak le a talajban, illetve ezeknek a sebességét. Kialakítják az uralkodó irányait a szintek közötti anyagvándorlásnak. A felszíni és felszín alatti vizek mozgását a domborzati tényezők alakítják ki. Ezáltal a talaj fejlődésére és a talaj pusztulására is jelentős hatással van. A talaj a tulajdonságait a talajjá válás, talajfejlődés során lejátszódó fizikai, kémiai és mikrobiológiai folyamatoknak köszönhetően nyeri el. Ennek köszönhetően alakul ki a talajok rétegzettsége, ami meghatározza a talajszelvények jellegét is. A folyamatok mindegyikéhez három feltétel meglétére van szükség: anyag, idő és a folyamatot kiváltó hatás vagy energia. Ilyen folyamat például az aprózódás, a kémiai - biológiai mállás, a humuszosodás, a kilúgzás, az agyagosodás, az agyagbemosódás, a podzolosodás, a szologyosodás, a glejesedés, a kovárványosodás, a

szikésedés és a láposodás. Ezek a folyamatok együttesen, egymásra hatva fejtik ki a hatásaikat. Egyes folyamatok lehetnek előfeltételei másik folyamatoknak. Ezek külső és belső hatásokra jönnek létre (FÜLEKY, et al. 2008; DÁVID, 2013).

2.1.3. A talajtípusok

A talaj számtalan természeti tényező, másnéven talajképző tényező együttes kölcsönhatásának eredményeként alakul ki. Az eltérő hatásoknak, tényezőknek köszönhetően eltérő tulajdonságú talajok alakultak ki. Ezeknek a talajoknak a termőképessége, művelhetősége eltér ebből eredően pedig a mezőgazdasági hasznosíthatóságuk is különböző. Fő talajtípusoknak nevezzük a váztalajokat, kőzethatású talajokat, barna erdőtalajokat, csernozjom talajokat, szikes talajokat, réti talajokat, láp talajokat, öntés -és hordaléktalajokat, mocsári és ártéri erdők talajait. A fő talajtípusokon belül is vannak eltérések, de az adott típusra jellemző tulajdonságok minden talajában megtalálható. (FÜLEKY, et al. 2008). A talajaink nagyon változatosak és eltérőek. Azonban hazánk talajainak nagyrésze három fő talajtípusba sorolható, így mondhatjuk, hogy ezek Magyarország legfőbb talajtípusai. Ilyen típus a csernozjom, a barna erdőtalaj, az öntés- és a lejtőhordalék talajok.

Csernozjom, mezőszéki talaj:

A csernozjom vagy legelterjedtebb nevén a mezőszéki talajok hazánk termőterületének 22%-át adják. Ezek a talajok füves, lágyszárú növénytakarások alatt alakul ki, amire a mezőszéki névből is következtethetünk. Ennek a talajnak jellemzője a humuszban gazdag, kiváló termőképességű, laza, sötét színű, morzsás szerkezetű felső termőrétege („A” szint). Ez alatt a világosabb színű, kisebb humusztartalommal rendelkező altalaj („B” szint) helyezkedik el nagyjából 30-60 cm mélységben. Végezetül pedig mint a legtöbb talaj típusnál a humuszt nem tartalmazó talajképzőközet („C” szint) található. Ahhoz, hogy eredményes növénytermesztést végezzünk számtalan tényezőt kell figyelembe vennünk. Amennyiben a talaj tényezőit nézzük akkor a humusztartalom, a termőréteg mélysége, a talaj kémhatása (pH), a talaj víz-, levegő- és hőgazdálkodása, a talaj tápanyag-szolgáltató képessége bír jelentős szereppel. Ezen tulajdonságai alapján a csernozjom talajt nevezhetnénk hazánk ideális talajának is. Magas humusztartalmának, semleges vagy enyhén lúgos kémhatásának, kiváló vízgazdálkodásának, jó tápanyag-szolgáltató képességének és jó művelhetőségének köszönhetően a legigényesebb kultúrnövények is nagy termésbiztonsággal termeszthetők. Zöldség- és gyümölcsnövények termesztésére is kiváló, leginkább a gyökérzöldségek, hagymafélék, valamint jó pár gyümölcsfaj is jelentős

menyiségű és minőségű termést képes hozni ezeken a területeken. A mészlepedékes csernozjom az egész Duna-völgyre jellemző talajtípus. A nevüket a jellemzően 30-70 cm között megjelenő mészlepedékről kapták. Ez a szerkezeti elemeket hártaként vonja be, ami a penészhez hasonlít. Vízgazdálkodása és tápanyaggazdálkodása is kiváló (STEFANOVITS, et al. 1999; ALTERMANN, et al. 2005).

2.2. A talajerózió-, talajdegradáció és a káros talajtömörödés fogalma, kapcsolata, kialakulásának okai

A földfelszín valamilyen közeg (víz, levegő, jég) általi lepusztulását erózióknak nevezzük. Talajerózióról beszélünk abban az esetben, ha ez a folyamat a termékeny talajréteget érinti. Gyakorlati jelentőséggel a szél vagy a víz általi pusztító hatás rendelkezik így ezekkel érdemes foglalkoznunk, ennek megfelelően víz- és szélerózióról beszélünk. A talajerózióval szinte mindenhol találkozhatunk, azonban az intenzív földhasználat eredményeképpen minden művelt területen megfigyelhető a hatása. A nem megfelelő mezőgazdasági használat felgyorsítja, felerősíti az erózió hatását. Jelentőségét nagyban befolyásolják a domborzati viszonyok és a talaj adottságai. A lejtős területeken a vízerózió, a homokos vagy homokos vályog talajokon pedig a szélerózió bír jelentős hatással. A lejtős területeken az erózióknak köszönhetően lehordódás jelentkezik, ami nagyban befolyásolja a folyók, források vízjárását is (SZATMÁRI, et al. 2013). A talaj romlását talajdegradációnak nevezzük. A talajdegradáció a talaj termékenységének csökkenésével, a talaj szerkezetének romlásával valósul meg (KERTÉSZ, 2008). A talajszerkezet leromlása és a tömörödés, világszerte igen nagy károkat okozó és egy nehezen kivédhető folyamat (VÁRALLYAY, 1999). A tömörödés egy olyan folyamat, amely során valamilyen mechanikai „stressz” hatására a levegő kiszorul a talajból és ezáltal a térfogata csökken. Ez a folyamat lehet felszín alatti és felszíni (HAKANSSON és VOORHEES, 1997). A tömörödési folyamatot befolyásolja a talaj típusa, mechanikai összetétele, a cementáló anyagok és a talajhasználat (pl: agrotechnikai módszerek). A tömörödést kiválthatják természeti és emberi tényezők (RÁTONYI 1999). A talaj minőségétől és elhelyezkedésétől függően, a talaj természetes állapotban is megfigyelhetünk tömörödöttséget. A talajképződéskor a talajban tömődött rétegek, szintek jönnek létre, ezek az adott talajtípus jellemzői is lehetnek. A talaj tömegének és nyomásának köszönhetően is létrejöhet tömörödöttség a mélyebb rétegekben. Ezenkívül a mozgó vagy álló talajvíz hatására, az időszakos vagy állandó vízborításoknak köszönhetően is kialakulhat. A talajok saját tömegéből adódó ülepedését, tömörödését nagyban befolyásolja a párolgás és a csapadék mennyisége, intenzitása. A tömörödésre való hajlamot

nővelhetik talajtani okok is, ez lehet az alacsony szervesanyag-tartalom, a leromlott szerkezet vagy a nedvességtartalom is. A felsoroltakat figyelembe véve elmondható, hogy a káros tömörödöttség természetes körülmények között is létrejöhet a talaj egyes rétegeiben (BIRKÁS, et al. 1996). Emberi tényező a talajtömörödés kiváltásában a vetésforgó elhagyása, a monokultúrás termelés (adott kultúrnövény több évi, egymás utáni vetése, ugyanazon területen), kedvezőtlen talajnedvességi állapotban végzett talajmunka, azonos mélységben történő ismételt művelés (a legismertebb az „eketalp”, azonban más eszközöknél is kialakul), a mélyművelés hiánya, a növényvédő és betakarító gépek termőhelyen való mozgása. Jellemzően a gépi művelés által kiváltott tömörödés 40-60 cm mélységig jelentkezik, de bizonyos esetekben ennél mélyebben is megfigyelhető. A nedves talajokon történő talajmunkák és gépi mozgás is okozhat tömörödést (BIRKÁS, et al. 2006; BADALÍKOVÁ, 2010).

2.2.1. Talajtömörödés káros hatásai, megelőzésének lehetőségei

A talajtömörödés káros hatásai:

- A talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságai romlanak.
- Leromlik a talaj művelhetősége, a művelésenergia igénye nő (BIRKÁS, 1996/a).
- A tömörödés következtében romlik, súlyos esetben teljesen megszűnik a növényi tápelemek felvehetősége, a talaj vízgazdálkodási tulajdonságainak, levegőzöttségének és a növény gyökere felé végbemenő anyagmozgás sebességének változása miatt (KREMPER, et al. 1971). A növényi tápanyagfelvételre gyakorolt hatás megmutatkozik a gyökér térbeli eloszlásában.

Mint az életben legtöbbször, itt is a megelőzésre nagy figyelmet kell fordítanunk. A nagy tömegű gépek talajon való mozgását minimalizálni kell, nedves területen még inkább. A túlságosan nedves talajon mellőzni kell a művelést. Kifejezetten igaz ez a tárcsázásra és a szántásra. A két legnagyobb mértékben tömörítő művelésre. A tárcsa minden szempontból kiváltható talajkímélőbb és korszerűbb eszközökkel. Abban az esetben, ha semmi esetre se szeretnénk a tárcsánktól megszabadulni vagy a gazdasági körülmények nem teszik lehetővé a váltást, abban az esetben mérsékelt nyirkos talajállapotban alkalmazzuk a tárcsánkat és törekedjünk az egy menetben történő felület lezárásról. Javítva ezzel a talaj nedvességmegőrző képességét, illetve serkentve a talaj biológiai élettevékenységeit. Kiegészítve ezt mulcshagyó talajműveléssel, nagyban hozzájárulunk a talajélet és a vízmegtartó képesség javításához. Ezáltal a talajhibák javulását ösztökélve. Egy másik jelentős probléma forrás az eke használata.

Nedves talajon való alkalmazásával súlyos talaj strukturális rombolást tudunk véghez vinni. A több éven keresztül történő azonos mélységben való szántást is ajánlott kerülni, mivel ez az „eketalp” nevű tömörödési betegség kialakulásához vezet. Elhagyása azonban vethet fel néhány növényvédelmi problémát, nehézséget. Például a G1 és G3 gyomok felszaporodását. A kisebb táblákon a taposási veszteségeket, leginkább a táblaszegélyeken fellépő tömörödést, kisebb méretű gépek és gépsorok alkalmazásával vagy dupla kerekek, gumiheveder esetleg flotációs gumik használatával tudjuk mérsékelni (ANTOS, 2008). A megfelelő agrotechnikának is hatalmas a jelentősége. Szakszerű vetésforgó használatával is hozzá tudunk járulni a talaj megóvásához. A vetésforgóba iktassunk be mélyen gyökerező talajlazító növényeket, például pillangósokat vagy keresztesvirágúakat. Amennyiben a gépeink, talajtípusunk, vállalkozásunk gazdasági, illetve ökológiai környezete nem teszi ezt lehetővé, akkor is van még lehetőségünk. A korán lekerülő elővetemények után lehetőségünk van különböző zöldtrágyanövény-fajok termesztésére. Ha a talajtömörödés már kialakult, a legjobb megoldás a problémára a talajlazítás. A talaj felső 10-20 cm-es mélységében jelentkező „tárcsatalp” tömörödést viszonylag egyszerű kezelni. Mélyebb alapműveléssel, kereszt irányú műveléssel meg tudjuk szüntetni a problémát. A 30-40 cm-en létrejött „eketalpat” jóval nehezebb megszüntetni. Erre a problémára középmély-lazítókat kell használnunk. A lazítás pozitív hatását azonban csak pár évig élvezhetjük, de akár egy helytelen művelettel tönkre is tehetjük. Ezért nagyon lényeges, hogy folyamatosan kövessük nyomon a talajaink állapotát, hogy amikor szükséges késlekedés nélkül be tudjunk avatkozni (MIKÓ, 2008).

2.3. A talajművelés módjai

A talajművelés célja, hogy a talaj szerkezetét, állapotát a növények számára optimális állapotba hozzuk. A növények víz- és tápanyag ellátását jelentősen befolyásolja a talaj állapota. Ezáltal összefüggésben áll a fejlődésük mértékével és minőségével. A talajművelésével lazítjuk a talajt, növeljük a porozitást, ezáltal javítjuk a vízbeszivárgást és a talaj vízmegtartó képességét. A laza jó szerkezetű talaj növeli a tápanyagok hozzáférhetőségét a növények számára. Azonban a túlzott vagy helytelen talajműveléssel ellenkező hatásokat válthatunk ki (SCHMIDT 2011).

2.3.1. A forgatásos művelés

A forgatás a talajművelés egyik legrégebbi és legvitatottabb műveleti eleme. Forgatáskor a talajréteg alsó része felülre, a felszíni része pedig alulra kerül. A forgatás célja a talajrétegeknek

a cseréje. A forgatás jelentősége még mindig nagy. A talaj állapotát és a termőhely körülményeit kell figyelembe vennünk a forgatás szükségességének, alkalmazásának elbírálásakor (BIRKÁS, et al. 2006). A talaj mélysége szerint váltakozik a mikrobacsoportok összetétele, mivel az életfeltételek is változnak. Ezen életfeltételek változtatása, a talaj fordítása is a talajéletet súlyosan károsítja. (RUSCH, 1968; PREUSCHEN, 1991).

A szántás előnyei:

- A szántás legfontosabb jellemzője a forgatás. Ez lehetővé teszi a talajrétegek cseréjét, a tarlómaradványok, trágya aláforgatását. Ezenkívül a gyomokat, gyommagokat is aláforgatja, ezzel jelentősen korlátozni lehet a kórokozók, kártevők, illetve gyomok élettevékenységét. Ezáltal hatalmas jelentősége van a növényvédelem költségeinek csökkentésében.
- Szántással a talaj forgatott része hatékonyan lazítható.
- Közismert, egyszerű és az egész világon ismert (SIPOS, et al. 2005).

A növények termesztése során alkalmazott műveletek hatására folyamatosan romlik a talaj felső rétegének szerkezete. Forgatáskor ezt az elporosodott, szerkezetében leromlott talajfelszínt mélyebbre juttatjuk és helyette egy új „jobb” szerkezeti minőséggel rendelkező talaj rész kerül fentre. A forgatás fiziko-kémiai szempontból is szükséges, hiszen a gravitációs vízmozgás következtében a talaj kolloid részecskéi és az egyes tápanyagok a mélyebb rétegekbe mosódnak.

A forgatás szükségességét cáfoló érvek:

- a gyakori forgatás a talajszerkezet romlását idézi elő,
- lassú a talajban lévő ásványi anyagok mozgása, ezért nem szükséges az évenkénti forgatás,
- forgatás nélkül is a talajba tudjuk juttatni a talajjavító anyagokat, a trágyákat és a tarlómaradványokat,
- a gyomnyomás ellen a helyes vetésforgóval is eredményesen lehet védekezni,
- a nem megfelelő időben, módon végzett forgatás eredménye jelentős talajnedvesség veszteség lehet,
- a mélyebb rétegekben jelenlévő talajhibák a felszínre kerülhetnek (SIPOS, et al. 2005).

2.3.2. A forgatás nélküli művelés

Világszerte egyre elterjedtebbé válik a forgatás nélküli talajművelés. Ilyenkor kizárólag lazítást végzünk a talajművelés közben, forgatás nem zajlik, ezzel nedvességet tudunk megspórolni, ami a szárazabb években nagy jelentőséggel bír. Ilyenkor az eke helyett kultivátort, lazítót, a lezáráshoz hengereket használunk.

(<https://www.agroinform.hu/tags/forgatas+nelkuli+talajmuvelés>)

A forgatás nélküli alpművelés előnyei:

- kisebb az energiafelhasználás;
- alacsonyabb talajművelési költségek;
- egyenletesebb, a további elmunkálás szempontjából kedvezőbb a talajfelszín;
- a víz- és szélerózióknak jobban ellenálló talajfelszín, köszönhetően a növényi maradványoknak;
- kedvezőbb rög-, morzsa méret és -eloszlás jellemző.

A pozitív hatások mellett jelentkeznek negatívak is, ezek a következők:

- gyomirtás hatékonyságának csökkenése (főleg az évelő fajtáknál);
- a műtrágya talajba juttatása kevésbé hatékony;
- növényi maradványokat tartalmazó felszíni talajréteg a hagyományos magágykészítő gépek számára kedvezőtlen vagy nem megfelelő;
- a művelési talajnedvesség határ csökken a lazító szerszámok működéséből adódóan;
- nagy mennyiségű szármарadvány egyes munkaeszközök eltömődését okozhatja;
- szármарadványokban képesek egyes kártevők áttelelni, például a Kukoricamoly.

Észak-Amerikában és Nyugat-Európában különféle forgatás nélküli rendszereket alakítottak ki a hagyományos szántásos alpművelés leváltására. Ezekben a rendszerekben az ekét valamilyen egyéb művelő eszközzel váltják ki az alpművelés elvégzésére (középmély lazító, nehéz kultivátor, nehéz tárcsás borona, talajmaró). A talómaradványokból mulcsréteget hoznak létre, ezáltal növelve a szél- és vízerózióval szembeni ellenálló képességet és a felszíni vízvisszatartó képességét (JÓRI, 2015).

„1. táblázat Forgatás nélküli alapterméseltési módszerek alkalmazása (BIRKÁS, et al. 2001)”

TARLÓ			
SZÁRZÚZÁS, TARLÓHÁNTÁS, MECHANIKAI/KÉMIAI ÁPOLÁS SZÜKSÉG SZERINT			
KÖZÉPMÉLY LAZÍTÁS (nyári, őszi)	KULTIVÁTOROS MŰVELÉS (nyári, őszi, tavaszi)	TÁRCSÁZÁS (nyári, őszi, tavaszi)	TALAJMARÁS (őszi, tavaszi)
Előny: - mélyre terjedő talajállapot javítás - talajbiológiai kondíció javulása - környezeti kockázat csökkenése - termelési biztonság javulása - közvetett ökonómiai haszon	Előny: - talajszerkezet kímélés - mulcshagyás - nedvességvesztés csökkenése - biológiai kondíció javulása - környezeti kockázat csökkenése - gazdaságosság	Előny: - nedvességvesztés csökkenése - mulcshagyás - aprítás és keverés - egyszerűség - gyorsaság - gazdaságosság	Előny: - csekély vízvesztés - aprítás és keverés - mulcshagyás - vetésre kész talajállapot kialakítása - szerkezet kímélés nedves talajon - gazdaságosság
Kockázat: - nedves talaj - elmunkáló eljárás - a talaj nedvességtartalma elmunkáláskor	Kockázat: - túl nedves talaj - átázott, vonódott talómaradványok nagy tömege	Kockázat: - nedves talaj - száraz és nedves talajon szerkezetkárosítás, gyenge környezetképesség	Kockázat: - száraz talajon szerkezetkárosítás, gyenge környezetképesség
- a talaj 16-20 cm alatti rétegének tömör állapota - elgyomosodott talaj			

Kutatások tapasztalatai alapján a forgatás nélküli talajművelési technológia a hagyományos, az ekével történő forgatásos technológiához viszonyítva 10-20%-al kevesebb élő és gépi munkát igényel, illetve jelentős üzemanyag-fogyasztás csökkenést, valamint 15-30% üzemeltetési költség és beruházási megtakarítást eredményez (JÓRI, 2015).

2.3.3. A min-till művelés

A minimum tillage egy olyan talajművelési rendszer, amely a hagyományos módszerekkel szemben csökkenti a talaj megmunkálásának mértékét. A min-till rendszerek célja a talajerózió csökkentése, a víz- és tápanyagmegőrzés javítása. Általában sekély 5-10 cm mély művelés zajlik mechanikus gyomírtás vagy magágy készítés céllal, a munkaműveletek száma csökken a szármagmaradványok mennyisége nő. Ez a művelési mód gyakran egy átmenet a no-till rendszer felé. (CLAASSEN, et al. 2018)

Pozitív hatások:

- Munkaerő szükséglet csökkenése (GILLER, et al. 2011).
- A növényi maradványok jelentős mennyiségű hasznosítható nedvességet tartanak vissza, ezáltal csökkentve a lefolyást és növelve a rendelkezésre álló víztartalmat.

- Csökkenti az erózióra, deflációra való hajlamot.
- Növeli az aggregátum méretet (HAO, et al. 2000).
- Csökkenti a párolgást.
- A műveletek számának csökkenésével csökken a gépek taposása is.

Negatív hatások:

- Erőteljesebb gyomnyomás (nagyobb odafigyelést és szakértelmet kíván).
- Növekedhet a kártevő jelenlét (KENNEDY, et al. 2013).
- Eleinte termés mennyiség csökkenést eredményezhet (COOPER, et al. 2014).
- A talaj tavaszi felmelegedés lassúbb a növényi maradványok miatt.

2.3.4. A no-till művelés

A no-till művelés alatt a talajbolygatás nélküli termesztést értjük. A lényege az, hogy a vetésen kívül, azt megelőzően semmilyen művelést nem végzünk, az előző kultúra tarlójába vetünk. Ehhez speciális, úgynevezett direktvetőgépet használnak. A gyomirtásra pedig herbicideket használnak.

(<https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalattas/kornyezetgazdalkodas/102793-no-till-technologia-kozelrol>)

A no-till művelés előnyei:

- jelentős mértékben csökkenthető az erózió, kutatások szerint nagyjából 50%-al csökken a hagyományos műveléssel összevetve,
- a növényi maradvány nagy része gyakorlatilag a talaj felszínén marad,
- a növényi maradványok jelentős mennyiségű hasznosítható nedvességet tartanak vissza, ezáltal csökkentve a lefolyást és növelve a rendelkezésre álló víztartalmat,
- csökken a ráfordítás költsége is, mert jelentős mennyiségű művelést nem végzünk, így kevesebb munkaeszközt kell megvennünk,
- csökken a munkaráfordítás,
- csökken az üzemanyag felhasználás,
- csökken a gépek talajtömörítő hatása,
- a szervesanyag képződésre pozitívan hat.

A no-till művelés hátrányai:

- alkalmazása nagy szakértelmet kíván,
- a legjobb hatás elérése érdekében a műtrágyákat injektálni kell, illékony nitrogén esetében ez különösen fontos,
- a herbicideken múlik gyomirtás eredményessége,
- a talaj tavaszi felmelegedése a talajt borító növényi maradványoknak köszönhetően lassúbb, mint a hagyományos talajművelés esetében (VERMES, et al. 1997).

2.4. A talajellenállás

A talajellenállás (penetrációs ellenállás) egy jelzőszám amely megadja a tömörödés relatív mértékét (GYURICZA, et al. 1998). Külföldi és hazai kutatók kísérletei alapján akkor nevezhető egy talaj károsan tömörnek, ha a talaj száraz állapotában (de nem extrém száraz) mért penetrációs ellenállása meghaladja a 3 MPa-t (HAKANSSON, 1990; RÁTONYI, 1999; SOANE és VAN QUWERKERK, 1994/a). Ezt az értéket meghaladva csökken a gyökerek növekedése, körülbelül 5 MPa ellenállás esetén teljesen megáll a gyökér növekedés (BENGOUGH, et al. 2011). A talajellenállás negatív összefüggésben áll a talaj nedvességével, ahogy szárad a talaj úgy nő a penetrációs ellenállása, ezért is jelentkezik gyakrabban és erőteljesebben melegebb és szárazabb klímával rendelkező területeken (BATEY, 2009; WHALLEY, et al. 2005).

2.4.1. A talajellenállásának mérése

A talaj tömörödöttségének mérésére, a tömörödött rétegek mélységbeli elhelyezkedésének meghatározására, valamint a talajfizikai állapot térbeli és időbeli változásának vizsgálatára az egyik leggyakrabban használt módszer a penetrométerrel mért talajellenállás. Ezzel a mérőeszközzel egy előre kijelölt területen, egy előre eltervezett módszer szerint képesek vagyunk megmérni a talaj penetrációs ellenállását különböző mélységekben. Ezt a mérést a mérőműszer típusától függő mélységben vagyunk képesek elvégezni (SZÖLLŐSI, 2003).

2.4.2. A penetrométer

A talajtömörödöttséget talajmechanikai ellenállás (talajellenállás) méréssel lehet meghatározni. Többféle műszer áll rendelkezésünkre. Eleinte az ejtőtömeges penetrométeres vizsgálatokat használták. Külföldön a Bush féle és az Eijkelkamp cég által gyártott penetrométer terjedt el. Nálunk a 3T SYSTEM névre hallgató elektronikus rétegindikátor, és a Penetronik

nyomószondát használják (SZÖLLŐSI, 2003). A talaj ellenállását és fizikai állapotát penetrométerrel tudjuk megállapítani, ezt viszonylag gyorsan és pontosan meg tudjuk tenni. A talajellenállás értékeinek megbízhatósága függ a mérőeszköz pontosságától, a mérés végrehajtásától és a mért terület homogenitásától. A szondakúp alapja viszonylag kis területű, ez jelentős hatással bír a talajellenállás szórására, ezenkívül befolyásolják még a talajparaméterek is (pl. a nedvességtartalom) (RÁTONYI, 1999).

2.4.3. A penetrométerek típusai

Ejtőtömeges penetrométer: Dvoracsek – féle ejtőtömeges penetrométer egy egyszerű mérőműszer ami a talajba hatolási ellenállást méri. Az eszköz áll egy szárból ami egy kúpos csúccsal van ellátva, ezen el van helyezve egy 10, 20 és 50 cm-ről vezetősínen az ütközőig leeső 1kg-os súly, valamint rendelkezik egy másik szárral ami a közös talpra van rögzítve, ezen található egy papírszalag amely az adatok feljegyzésére szolgál. Mérés esetén a szondaszárát a talaj fölé, függőlegesen az állvány mellé kell helyezni, majd a tömeget az ütközőre ejtjük. A talaj minőségétől függően választjuk ki az ejtési magasságot. Az erőhatásnak köszönhetően a talajba fúródik a szondaszár. A behatolást követően jelöljük az elmozdulást a papírszalagon, a felső részen elhelyezett írónnal. A talajréteg átlagos ellenállását egy segéd táblázat segítségével tudjuk meghatározni az ütőszámok alapján. A műszer segítségével 1 m mélységig tudjuk a talajellenállást mérni, 2,5 – 5 cm-es közőkben N/cm²-ben. A mérés értékeléséhez szükségünk van a talaj nedvességtartalmára is. A talajnedvességét külön mintavétellel laboratóriumban tudjuk meghatározni (DVORACSEK, 1968).

Eijkelkamp Penetrologger: Ez az eszköz elektromos módon méri a talajellenállását. A mérőműszert egy kézzel a talajba tudjuk nyomni. Egy digitális kijelző segítségével láthatjuk az adatokat, de számítógépre is felvihetők azok. Fontos, hogy műszert egyenletes sebességgel nyomjuk a talajba, ellenkező esetben a műszer hangadással figyelmeztet minket és a mérést újból el kell végeznünk (SZÖLLŐSI, 2003/a).

Penetronik: Ez egy nyomószonda, amit elsősorban mezőgazdasági művelésre alkalmas talajok fizikai és vízgazdálkodási tulajdonságainak vizsgálatára terveztek. Kézzel működtetjük az eszközt, mérés esetén képes megállapítani a talaj mechanikai ellenállását és a termőréteg nedvességtartalmát. Egy fogasléces nyomó szerkezettel juttatjuk az acélkúpban végződő szondát a talajba. Az érzékelő kialakításának köszönhetően talajba hatoláskor a nyomóerővel

és nedvességgel arányos elektromos jelet ad. A mérés eredményeit le tudjuk olvasni közvetlenül az eszköztől, de lehetővé teszi az adatok számítógépes feldolgozását is (<http://penetronik.hu/>).

3T System: A mérőműszer mechanikus és digitális elektronikai elemekből áll. Három eltérő kivitelben elérhető 0 – 40, 0 – 60, illetve 0 – 95 cm mérésére képes változatban. A talaj 1 cm-es rétegeiként képes folyamatosan talaj nedvességtartalmát és penetrációs ellenállását mérni és eltárolni. Számtani középértékeit kiszámítva, mind az 1 cm-enként mért értékeket, mind pedig a vizsgálati mélység tartományára vonatkozó középértékeket képeseket vagyunk megjeleníteni és leolvasni a kijelzőről. A talaj nedvességtartalmát a szántóföldi vízkapacitás %-ban kifejezett részarányaként térfogat %-ban, a penetrációs ellenállást megapascalban (MPa) méri. A talajnedvesség és penetrációs ellenállás mérése mellett a műszer képes megadni a művelés energiaigényét is (SINÓROS–SZABÓ ÉS SZŐLLŐSI, 1999).

2.5. A célkitűzés

A szakirodalom áttekintése során megfigyeltem, hogy a káros talajtömörödés problémája mind hazai, mind külföldi szinten igen széles körben kutatott és vizsgált téma. Az is egyértelművé vált számomra, hogy a különböző művelési rendszerek, az agrotechnika jelentős hatással bír egyaránt a penetrációs ellenállásra és a talaj nedvességtartalmára. Kísérletem célja volt, hogy saját gazdaságunk területén vizsgáljam rövid időtartamon belül miként változik az egyes művelési rendszerek alkalmazása mellett a talaj penetrációs ellenállása és nedvességtartalma és ezáltal meghatározzam, hogy mely művelési mód a leginkább kedvező a nedvességmegőrzés és a növények gyökérfejlődése szempontjából.

3. Saját vizsgálatok

3.1. Anyag és módszertan

3.1.1. Gazdaság bemutatása

A családi gazdaságunk 1991-ben alakult és azóta működik. A művelt szántóföldi területet tekintve 180 ha-on gazdálkodunk, Tolna vármegyében, Tamási vonzáskörzetében mészlepedékes csernozjom talajon. A gazdaság kizárólag szántóföldi növénytermesztéssel foglalkozik, a vetésszerkezet kukoricából, őszi árpából és őszi búzából áll. Ezek közül főleg a kukorica és az őszi búza dominál. A talajművelést tekintve a gazdaság törekszik a talajbolygatás csökkentésére, különböző műveletek okszerű használatára. A forgatás (szántás) jelen van a gazdaság talajművelési rendszerében, jellemzően a kukoricaszár aláforgatására alkalmazunk őszi szántást.

3.1.2. Vizsgálati terület bemutatása

A kísérlet saját területen került beállításra, a VCPP6-1-21 MePAR blokkazonosítójú, 0567/13 helyrajzi számú tamási táblán, 2023-2025-ös években. A terület fizikai félesége agyagos vályog, térszínét tekintve enyhén dombos. A 2023-2024-es évben a tábla előveteménye őszi búza volt, tavasszal kukorica került elvetésre. A 2024-2025-ös évben a kukoricát őszi búza követte. A kísérletemhez a szántóföldön 4, egyenként 0,5 ha nagyságú parcellát jelöltem ki, ezeken 4 különböző talajművelést hajtottunk végre. Azért esett a választásom erre a területre mivel a gazdaság szántói közül ez reprezentálja leginkább a helyi talaj és területi adottságokat.



„1. kép: Terület felosztása”

A területen talajszelvény kiásására is sor került, 2024.09.23-én, melynek mélysége 160 cm (2. kép), a mérőrúd 10 cm-es beosztású volt.

Talajszelvény leírása:

Asz: 0-55 cm-ig, művelt talajréteg, a talajfelszín morzsás, színe feketebarna. Gyökér- és egyéb növényi maradványok találhatóak benne.

Bk: 56-90 cm-ig, színe világos barna, gyökérmaradványok nem találhatóak, csökkenő humusztartalom, kissé tömörödött, de morzsalékosan széteső, megfigyelhetők a mészlepedékek, az A és a B szint közötti színváltozás feltűnő.

C: 91-160 cm-ig, színe erősen világos, humuszmentes talajképző kőzet, finom lösz.



„2. kép: A kiásott talajszelvény”

Talajszelvény feltárás mellett talajmintavételre is sor került 2024.09.29-én. A mintavétel 30 cm-es mélységig terjedt ki. A laborvizsgálatokat a kaposvári MATE Központi Vizsgálólaboratórium Agrártudományi Szakterülete végezte. A terület fizikai és kémiai jellemzőit a 2. táblázatban foglaltam össze.

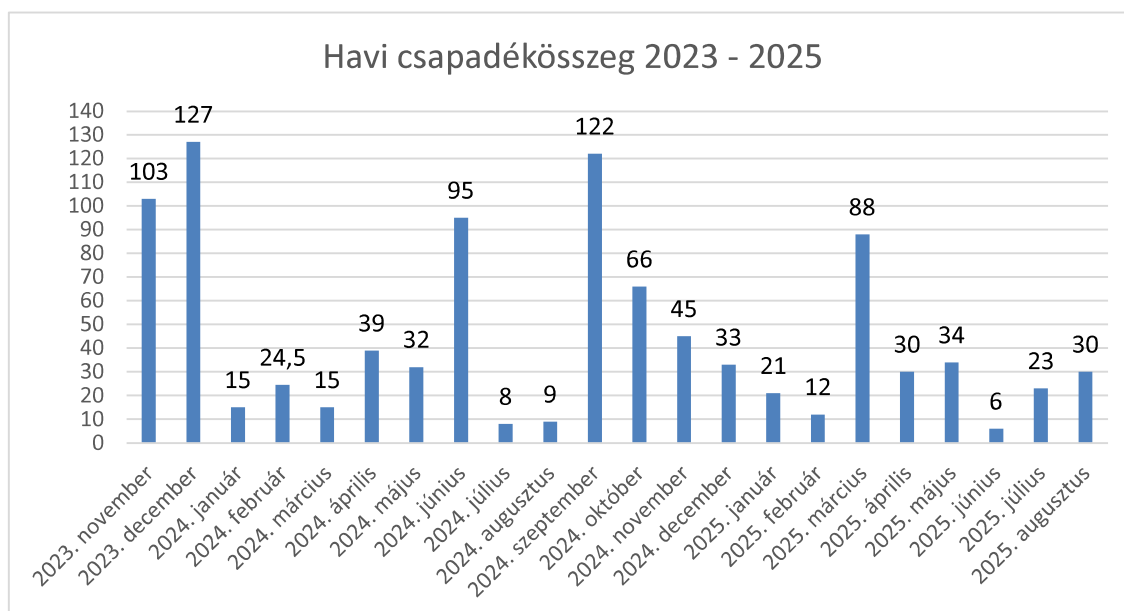
„2. táblázat A talajvizsgálat eredményei”

Megnevezés	K _A	pH _{H₂O}	pH _{KCL}	Humusz	CaCO ₃	Vízben oldható összes só	P ₂ O ₅	K ₂ O
		pH egység		m/m %			mg/kg	
Érték	44,5	7,40	7,03	2,61	9,80	<0,02	201,5	198,5

A terület talajvizsgálati eredményei alapján az Arany-féle kötöttségi számból (K_A) kiolvasható, hogy a talaj fizikai félesége agyagos vályog. A pH egységből látható, hogy a vízben mért érték szerint gyengén lúgos, és a kálium-klorid oldatban mért érték alapján semleges kémhatású a terület, a humusz tartalma alapján a talaj nitrogénszolgáltató képessége: közepes, mésztartalma: erősen meszes, összes só tartalma: csekély, szikesedésre nem hajlamos, foszfor és kálium ellátottsága: jónak minősül.

3.1.3. Csapadékadatok

A kísérlet időtartama alatt rögzítettem a lehullott csapadék mennyiségeit is, ezek az adatok fontos tényezők a különböző művelési módok összehasonlításánál. A vizsgált időszak alatti csapadékösszegek havi felbontásban láthatók az 1. ábrán. A talajművelések időpontját az időjárás jelentősen nem befolyásolta, így azok az optimális időben lettek elvégezve.



„1. ábra Csapadékadatok”

Az ábráról jól leolvasható, hogy a 2024. és 2025. is igen száraz év volt. 2023. novemberében a mért időszak alatti legnagyobb mennyiség és decemberében is jelentős csapadék hullott ami feltöltötte a talajt, ennek a hatása később látható lesz a talaj állapotán. 2024. januárját az előző hónaphoz viszonyítva drasztikus különbséget láthatunk. Ez a száraz periódus a következő hónapokban is tartott, áprilisban és májusban minimálisan esett több csapadék, de összességében száraznak nevezhetőek. A száraz periódus után a júniusban esett 95 mm felüdülésként hatott. Viszont a július és augusztus hónapban összesen 17 mm csapadék volt. Ezt a száraz időszakot egy újabb csapadékosabb hónap követett 2024. szeptemberében 122 mm hullott, ami a második legmagasabb érték a mért időszak alatt. Az ezt követő hónapokban egy csökkenő tendencia látható egészen 2025. márciusáig. Majd márciust követően egy újabb extrém aszályos időszak követett. Az érintett időszakba esik 2025. júniusa is 6 mm csapadékkal, ami a mért időszak alatt a legszárazabb hónap volt. Elmondható, hogy a vizsgált időtartam alatti csapadékok nagyrésze kifejezetten az extrém száraz periódusok alatt 2-3 mm-es mennyiségekben érkezett. Szinte minden ilyen esőt meleg, szeles nap vagy napok követtek így ezek ahogy leestek el is párologtak, lényegében a talajba nem jutottak be ezek a csapadékok. A vizsgált 2 év extrém száraz évnek mondható, azonban a kísérletem előtti években is folyamatosan rögzítettem csapadék adatokat és elmondható, hogy egyre többször és hosszabban mutatkoznak az aszályos periódusok.

3.1.4. Parcellák kezelése

A területen 2023. július 12.-én őszi búza betakarítást hajtottunk végre, ezt követően 2023. július 15.-én tarlóhántást végeztünk mind a 4 parcellán 6 cm mélyen. A művelethez egy CrossCutter tárcsalapokkal felszerelt Rolmako U.652 – rövidtárcsát (3.kép) használtunk (ez a tárcsalap típus nem forgat csak aprít). A kontrol területen ezenkívül más műveletet nem hajtottunk végre. A mélylazítás 2023. október 30.-án történt 55 cm mélységig egy pálcás elmunkáló hengerrel ellátott V-elrendezésű 3 merev kése lazítóval (4. kép). A lazító kései szárnybetétekkel szereltek. A szántásra 2023. november 8.-án került sor 30 cm mélységben egy Vogel and Noot XS 1050 Pro 3 - váltvaforgató ekével (5. kép). A műveleteket követően november hónapban jelentős mennyiségű csapadék hullott. Tavasszal 2024. április 10.-én történt a kukorica elvetése. A kukorica betakarítására 2024. szeptember 8.-án került sor, ezt követően szeptember 9.-én végeztem el a tarlóhántást. 2024. október 1.-jén megtörtént az előző évvel megegyező mélységben a szántás és a mélylazítás is. Ezt követően jelentős mennyiségű csapadék esett.

2024. október 9.-én őszi búza lett a parcellákba vetve. 2025. július 2.-án betakarítottuk az őszi búzát, ezután megtörtént a tarlóhántás is.



„3. kép: Rolmako U.652 – rövidtárcsa”



„4. kép: Mélylazító – pálcás elmunkáló hengerrel”



„5. kép: Vogel and Noot XS 1050 Pro 3 - váltvaforgató eke”

3.1.5. Vizsgálati eljárás és eszköz ismertetése

A kísérletem alatt a 3T System penetrométert használtam, mértem a talaj ellenállását és nedvességtartalmát. Három különböző változatban gyártják a mérőeszközt, 0-40, 0-60 és 0-95 cm-es mélységig mérő műszerek közül választhatunk. A vizsgálatom alatt én a 0-95 cm-es mélységig mérő változatot használtam. A mérőműszer 1 cm-es rétegenként vizsgálja a talaj nedvességtartalmát és a penetrációs ellenállását. A penetrációs ellenállást megapascalban (MPa) méri, a nedvességtartalmat pedig a szántóföldi vízkapacitás (pf 2,5) %-os arányában fejezi ki. A penetrométer egy saját memóriában tárolja a mért adatokat, a későbbiekben ebből egy számítógép segítségével kiolvashatók az értékek.



„7. kép: 3T System penetrométer használat közben”

Mérés végrehajtása:

A mérőberendezésen 4 gomb található, melyek funkciói: 1-es gomb: funkciója csak a mintavételre korlátozódik, 2-es gomb: a műszer áramkörét alaphelyzetbe állítja és leállítja a szipolást. 3-as gomb: a mérés előtt beállíthatjuk a mérni kívánt mélységet, mintavétel után engedélyezi a mérést, illetve segítségével tudjuk a műszer LCD kijelzőjén az adatokat kiolvasni cm-enként. 4-es gomb: a 3-as gombnak engedélyezi a mélység állítást mintavétel előtt és a mérés után a gomb megnyomásával írhatjuk be az adatokat a nem felejtő memóriába. A mérés megkezdéséhez a műszert elfektetjük a földön, bekapcsolás után a kijelzőn látjuk az előző mérés mélységét, ha már volt használva, amennyiben nem az alapbeállítás 5 cm. Abban az esetben, ha a mélységen változtatni kívánunk akkor először 4-es gombot kell megnyomni, majd a 3-as gombbal 5 cm-ként állíthatjuk a mélységet a kívánt értékig. Ahhoz, hogy előkészítsük a

mérést a műszerből fekvő helyzetben a mérőszárat legalább 10 cm-re ki kell tolnunk, majd szárazra kell törölni a nedvességszenzort. A fontos, hogy a talajtól is 10 cm-re meg kell emelni. Ezt követően az 1-es gomb megnyomásával felveszi az eszköz a null mintát. Ekkor jegyzi meg a műszer a levegőben lévő nedvességet, ez az érték adja a nulla %-ot, ezzel egyidőben megtörténik a talajellenállás null mintavétele is. Majd a mérés elvégzéséhez a mérőeszközt a talajra merőleges felállítjuk, a kilincsek közül amelyik lefele tolja a mérőszárat beforgatjuk a fogaslécbe. Az 1-es gomb megnyomása után a mérést 3-as gombbal tudjuk elindítani, majd a mérőkart fel-le mozgatva a mérőszárat letoljuk egészen a beállított mélységig. Fontos megemlíteni, hogy legalább 1 másodpercig kell tartania a mérőkar letolásának a hiteles mérés érdekében. Miután elértük a beállított mélységet a mérőszárral a műszer egy sípoló hangot ad ki, a 2-es gomb megnyomásával leállíthatjuk, ez jelzi a mérés végét. Ezután a lefelé hozó kilincset ki- felfelé hozó kilincset pedig beforgatjuk a fogaslécbe és a működtető kart ugyanúgy fel-le mozgatva fokozatosan kihúzzuk a talajból a mérőszárat. A mérés után a 3-as gombbal a kijelzőn kiolvashatjuk az adatokat, majd 4-es gombbal tudjuk elmenteni az adatokat, fontos, hogy az adatok elmentése érdekében ebben a sorrendben kell a gombokat megnyomni különben az adatok elvesznek.

3.1.6. Saját mérés

Az első mérést az őszi alapművelések után 2023. november 25.-én végeztem el. A 3T System penetrométerrel a kísérleti parcellákon 55 cm-es mélységű méréseket hajtottam végre, mivel az előző évek és a kísérlet során maximum 55 cm mélységig műveltük a területet. Mindegyik kezelésben 4 ponton mértem azaz a pontok körül 3-3 mérést végeztem el, azaz kezelésenként 12 mérésre került sor. A pontok GPS koordinátáit rögzítettem, hogy a későbbi méréseknél is ugyanott mérjek, ezt a Google Earth segítségével hajtottam végre. A második mérést 2024. március 2.-án valósítottam meg, a vetést megelőzően. A harmadik mérést 2024. június 14.-én a kukorica állományában hajtottam végre. A negyedik mérést 2024. szeptember 23.-án az aratást követően végeztem el. Az ötödik mérést az újbóli alapművelések után 2024. október 19.-én valósítottam meg, a vetést megelőzően. A hatodik mérést 2025. április 17.-én a búza állományában csináltam meg. Az utolsó hetedik mérést 2025. szeptember 1.-jén, majdnem két hónappal a tarlóhántás után sikerült elvégeznem, köszönhetően a jelentős aszálynak és még így is csak részben sikerült végrehajtani. A mérések alatt összegyűjtött adatokat a 3T System feldolgozó programjával és a Microsoft Excel táblázat kezelő szoftver segítségével dolgoztam fel. A kapott adatokat az MS Office excel program egytényezős varianciaanalízisével

elemeztem két tartományban, ami a 7-30 cm és 31-55 cm volt. A kísérlet során kiszámítottam az egyes kezelések fedezeti hozzájárulását is, hogy gazdaságossági oldalról is összetudjam hasonlítani a különböző kezeléseket. A számítás esetén a bevételt a termésmennyiségből és az értékesítési árból számoltam, míg a költség számításánál figyelembe vettem az üzem- és kenőanyagok költségét, az amortizációs költséget és a munkabér költségét a járulékokkal. A tarlóhántás költsége 11095 Ft/ha, míg a szántásé és a mélylazításé 41400 Ft/ha volt.



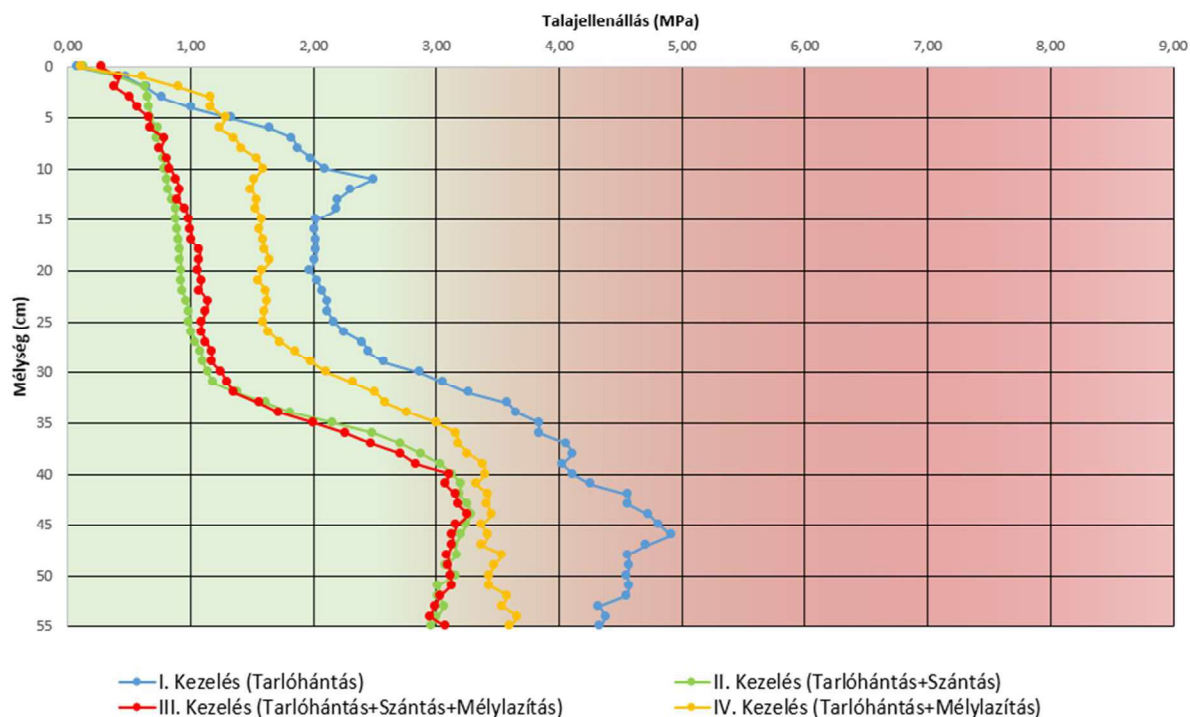
„8. kép: Mérési pontok és útvonal”

3.2. Eredmények és értékelésük

Az eredmények bemutatása során ismertetésre kerülnek az őszi alapművelések hatásai a novemberi és októberi mérések alapján, illetve az évközi talajnedvesség és talajjellenállás változása a többi öt mérés alapján.

3.2.1. Talajellenállás 2023. november 25.

Talajellenállás 2023. november

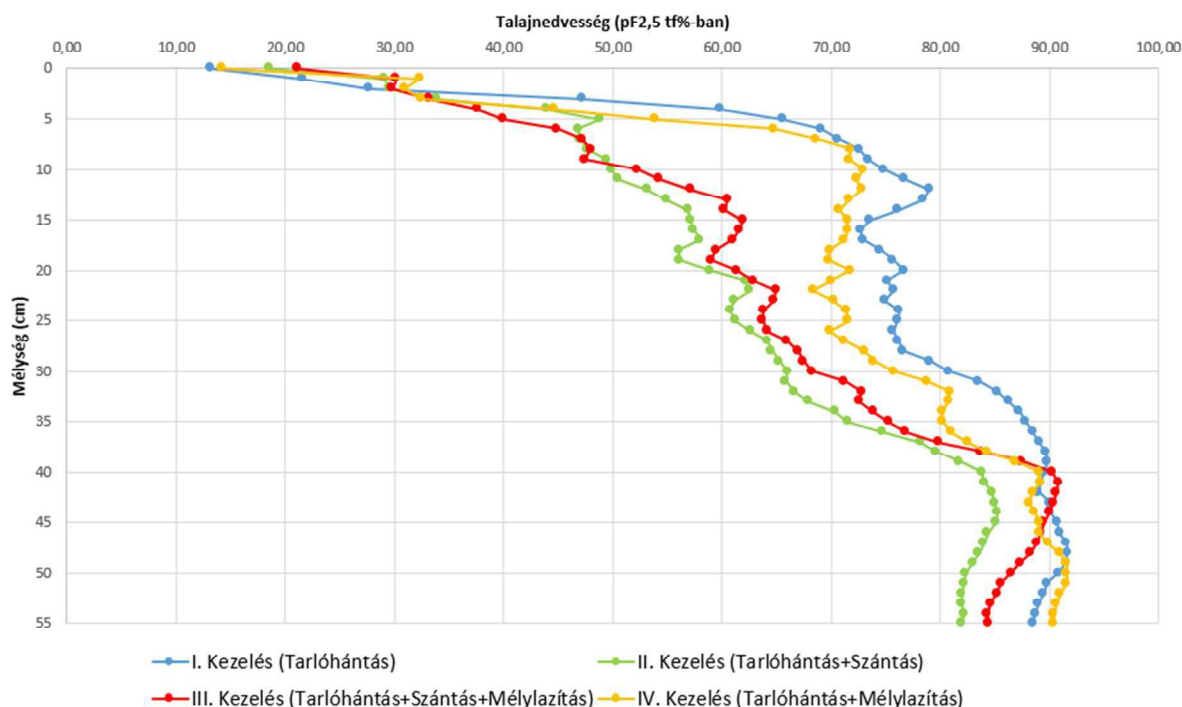


„2. ábra: Talajellenállás 2023. november 25.”

A 2. ábrán a négy kezelés egyenkénti átlagolt talajellenállás lefutása látható az első alpművelés után. Megfigyelhető az eke 30 cm feletti hatékony lazító hatása, a szántott területek ellenállása 1 MPa, míg a lazítotté 1,5 a kontrolé pedig 2 MPa körül van. Illetve a kontrolnál 10-11 cm-nél látható egy kiugrás, ez annak köszönhető, hogy a kísérlet beállítása előtt (2023. nyarán) 10 cm mélységig tarlóhántás lett végre hajtva egy grubberral és ez létre hozott egy művelő talpat. A többi kezelés esetében a mélyebb művelés fellazította ezt a tömörebb réteget, viszont a 4. kezelésnél is látható egy minimális kiugrás 10 cm-nél, vagyis a csak mélylazító használata nem oldotta meg ezt a problémát teljesen. Jól látható a 30 cm alatti tartomány folyamatosan növekvő ellenállása, ez a múltban rendszeresen végzett 30 cm mély talajművelés hatása. A 3 MPa fölötti ellenállással rendelkező talajokat erősen tömörödöttnek nevezzük. A könnyebb átláthatóság érdekében a ábra háttérét megszíneztem, piros színnel jelölve a kedvezőtlenül tömörödött értékeket, míg zölddel a kedvezőbbeket.

3.2.2. Talajnedvesség 2023. november 25.

Talajnedvesség 2023. november



„3. ábra: Talajnedvesség 2023. november 25.”

A 3. ábrán a területek talajnedvesség tartalma látható az első alapművelések után. Az értékek pF2,5 tf%-ban vannak megadva, ez az érték megmutatja, hogy a talaj mennyire van „feltöltve” a növények számára is elérhető vízzel (szabad szántóföldi vízkapacitás). November hónapban jelentős mennyiségű csapadék esett ez látható a magasabb nedvességi értékekből. Azonban a mérés előtti pár napban nem esett csapadék és jól megfigyelhető, hogy a szántás által alaposan meglazított talajrétegből ugyanolyan gyorsan távozni a víz amilyen gyorsan képes leszivárogni is. Igaz ez annak ellenére is, hogy a szántás lezárását rögtön a művelet után végeztük el. Jelentős különbségek vannak a szántott területek és a kontrol, csak mélylazított területek között.

3.2.3. Az 1. Mérés statisztikai elemzése

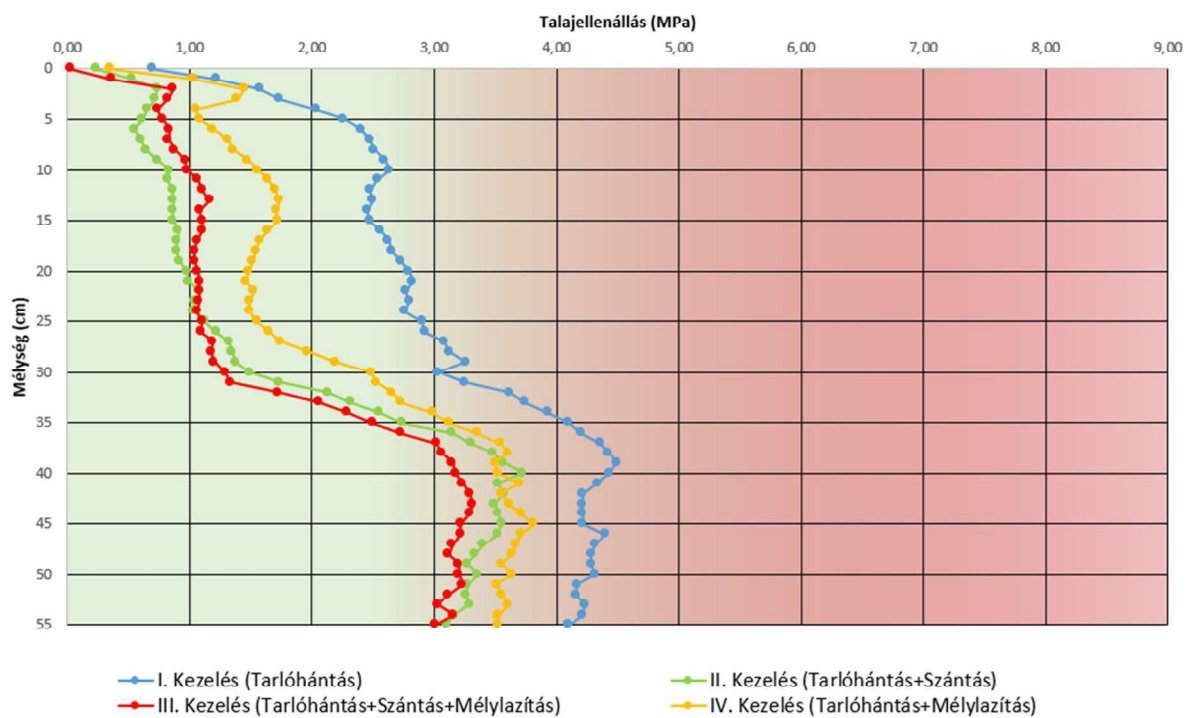
1. Mérés				
Penetrációs ellenállás			Relatív nedvességtartalom	
7-30 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	2,170	a	75,590	a
II. Kezelés	0,917	b	57,653	b
III. Kezelés	1,015	b	60,181	b
IV. Kezelés	1,619	c	71,410	a
	Szd_{5%}: 0,497		Szd_{5%}: 8,8	
30-55 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	4,239	a	89,113	a
II. Kezelés	2,776	b	79,673	a
III. Kezelés	2,716	b	83,983	a
IV. Kezelés	3,265	b	87,010	a
	Szd_{5%}: 0,856		Szd_{5%}: 18,54	

„3. táblázat: 1. Mérés statisztikai elemzése”

Az első mérés adatait megvizsgálva láthatjuk, hogy talajellenállás tekintetében a 7-30 cm-ig tartó talajrétegben szignifikáns különbség mutatkozik a kontrol (I. Kezelés) és a két szántott terület (II.-III. Kezelés) között és a csak mélylazított (IV. Kezelés) között is. A 31-55 cm rétegben a kontrol kezelés tér el szignifikánsan a többi kezeléstől. A talajnedvesség adatokat figyelembe véve látható, hogy a 7-30 cm-ig tartó rétegben szignifikáns eltérést mutat a szántott (II.) és a lazított + szántott (III.) kezelés a kontrol (I.) és a lazított (IV.) kezeléshez képest.

3.2.4. Talajellenállás 2024. március 2.

Talajellenállás 2024. március

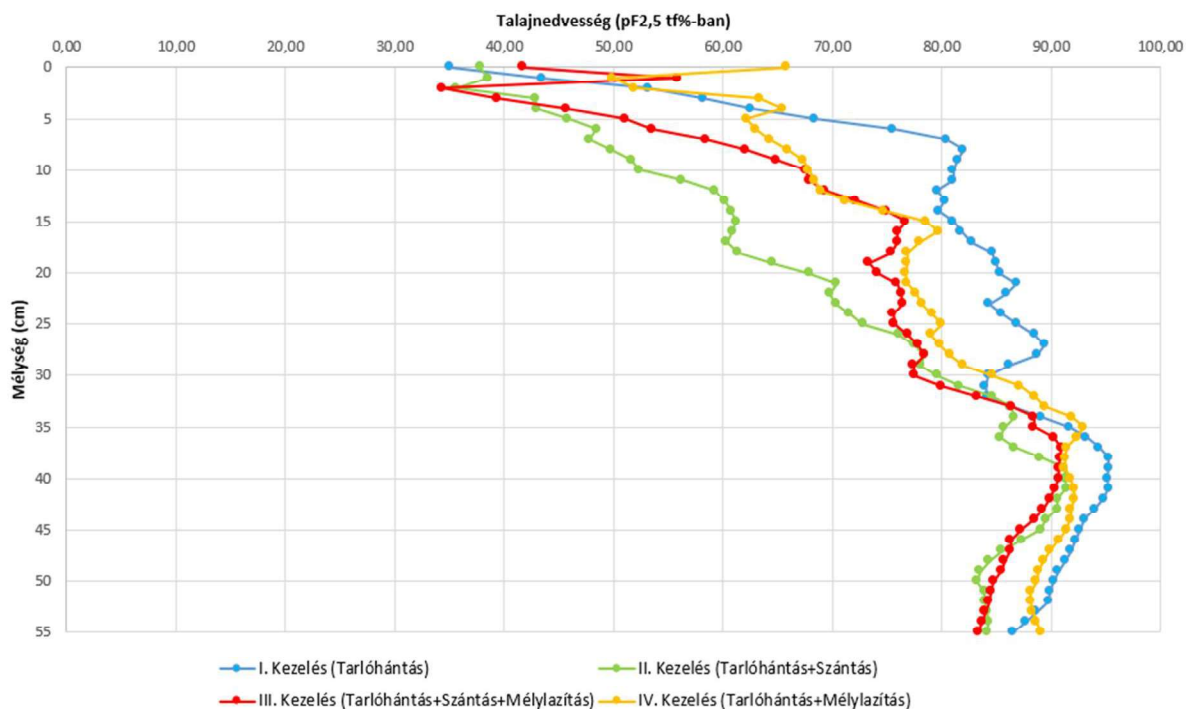


„4. ábra: Talajellenállás 2024. március 2.”

A 4. ábrán a tavaszi, vetés előtti talajellenállás lefutása látható. A mélyen művelt területek esetében azonos tendencia mutatkozik, mint a novemberi mérések esetén. Azonban a kontrolnál a 30 cm feletti rétegben megfigyelhető a talaj visszaülepedése, tömörödése.

3.2.5. Talajnedvesség 2024. március 2.

Talajnedvesség 2024. március



„5. ábra: Talajnedvesség 2024. március 2.”

A tavaszi nedvesség adatok láthatók az 5. ábrán. A mérés előtt leesett 2 mm csapadéknak köszönhető az 1-2 cm mélységben észrevehető magasabb nedvesség tartalom. Annak ellenére, hogy a január és február száraz volt, jól látható hogy decemberben jelentős csapadék hullott, ami a talaj felsőbb rétegeinek feltöltődését eredményezte. Továbbra is a szántással kezelt parcellák a legrosszabbak vízháztartás szempontjából. Azonban látható, hogy a csak szántott és a szántással és mélylazítással is kezelt terület között jelentős különbségek mutatkoznak.

3.2.6. A 2. Mérés statisztikai elemzése

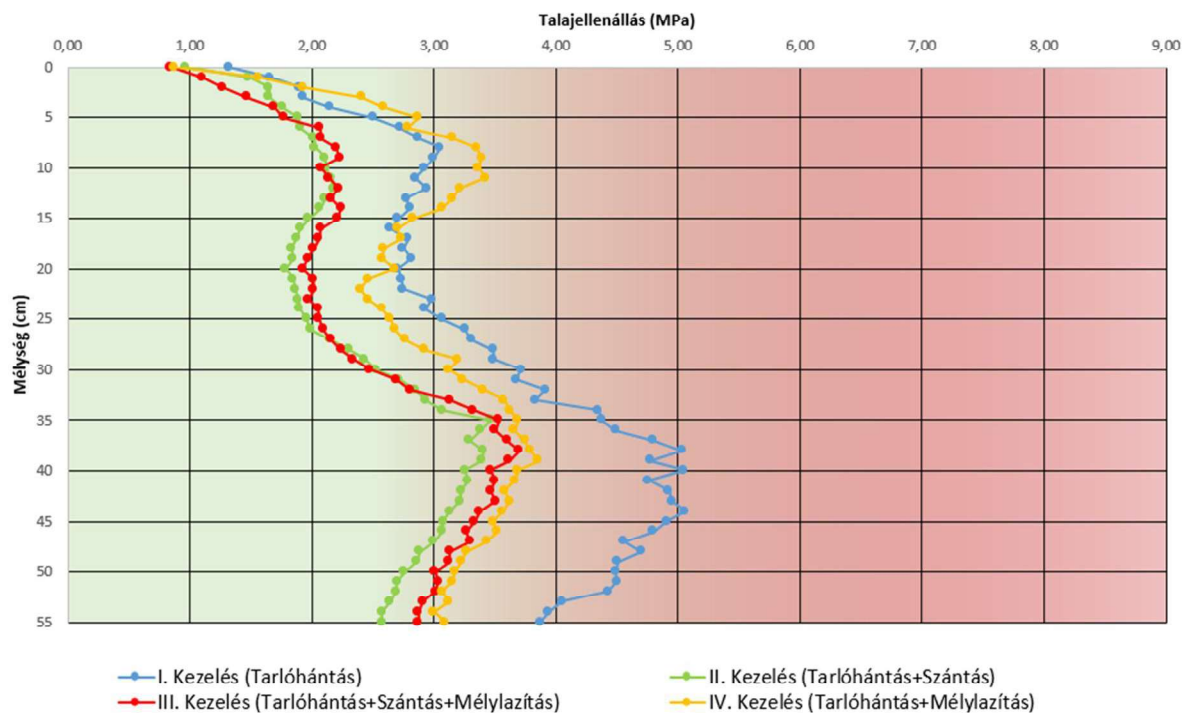
2. Mérés				
Penetrációs ellenállás			Relatív nedvességtartalom	
7-30 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	2,728	a	83,872	a
II. Kezelés	0,987	b	64,951	b
III. Kezelés	1,076	b	73,205	b
IV. Kezelés	1,646	c	75,556	a
	Szd_{5%}: 0,605		Szd_{5%}: 8,859	
30-55 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	4,168	a	91,090	a
II. Kezelés	3,172	b	86,567	a
III. Kezelés	2,912	b	86,940	a
IV. Kezelés	3,433	ab	90,287	a
	Szd_{5%}: 0,743		Szd_{5%}: 16,652	

„4. táblázat: 2. Mérés statisztikai elemzése”

A második mérés értékei azonos tendenciát mutatnak az első méréshez viszonyítva. A 31-55 cm-ig tartó rétegben van változás, a csak mélylazított terület nem mutat szignifikáns eltérést egyik másik területtel szemben sem.

3.2.7. Talajellenállás 2024. június 14.

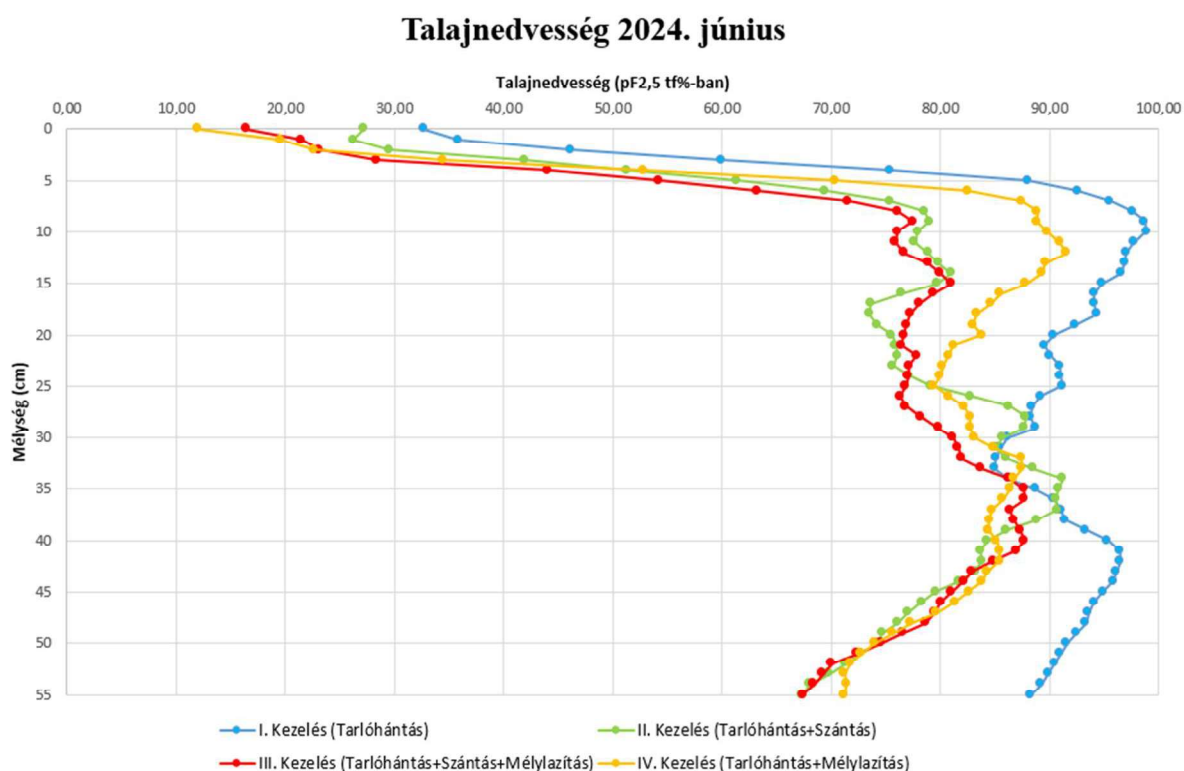
Talajellenállás 2024. június



„6. ábra: Talajellenállás 2024. június 14.”

A nyári talajellenállások láthatók a 6. ábrán. Kifejezetten száraz volt az év, ami a vályogos talajok tömörödését okozza. Ezt a hatást szemléltethetjük 30-55 cm mélységben. Valószínűleg a növények gyökérzete a felső 55 cm-ből vett ki jelentősebb víz mennyiséget. Ennek ellenére szembevetendő, hogy 30 cm-ig nem túl jelentős az ellenállás növekedése a márciusi adatokhoz viszonyítva. Ennek az a magyarázata, hogy a mérések előtti 10 napban leesett 59 mm csapadék, amiből 41 mm egyszerre érkezett. Emellett megmutatkozik a tarlóhántás mélysége alatti visszaülepedés, ami a kontrol és csak mélylazított területen látható leginkább. A szántással kezelt területeken kevésbé szembevetendő mivel az eke jobban átdolgozza ezt a réteget.

3.2.8. Talajnedvesség 2024. június 14.



„7. ábra: Talajnedvesség 2024. június 14.”

A 7. ábrán a nyári nedvesség adatokat tartalmazza. Egyből szembetűnő a jelentős nedvesség tartalom, ami az előző ábránál említett csapadéknak köszönhető. Látható, hogy a száraz hónapok alatt az alsóbb talajrétegekből felfelé szívódott a nedvesség, amit a növények fel is vettek. Jelentős különbség mutatkozik a kontrol és a kezelt területek adatainál 35 cm-től. Ez annak köszönhető, hogy a kontrol területen a kukorica gyökere nem hatolt lejjebb mint 35 cm. Amennyiben megnézzük az előző talajellenállási ábrákat azt látjuk, hogy már a vetés előtt is 35 cm mélységben 4 MPa és a fölötti értékekkel bírt a talaj, ami igazolja az előző állításomat. Ezenkívül azon a tömörödött rétegen a nedvesség se tud olyan mértékben és sebességgel átszivárogni.

3.2.9. A 3. mérés statisztikai elemzése

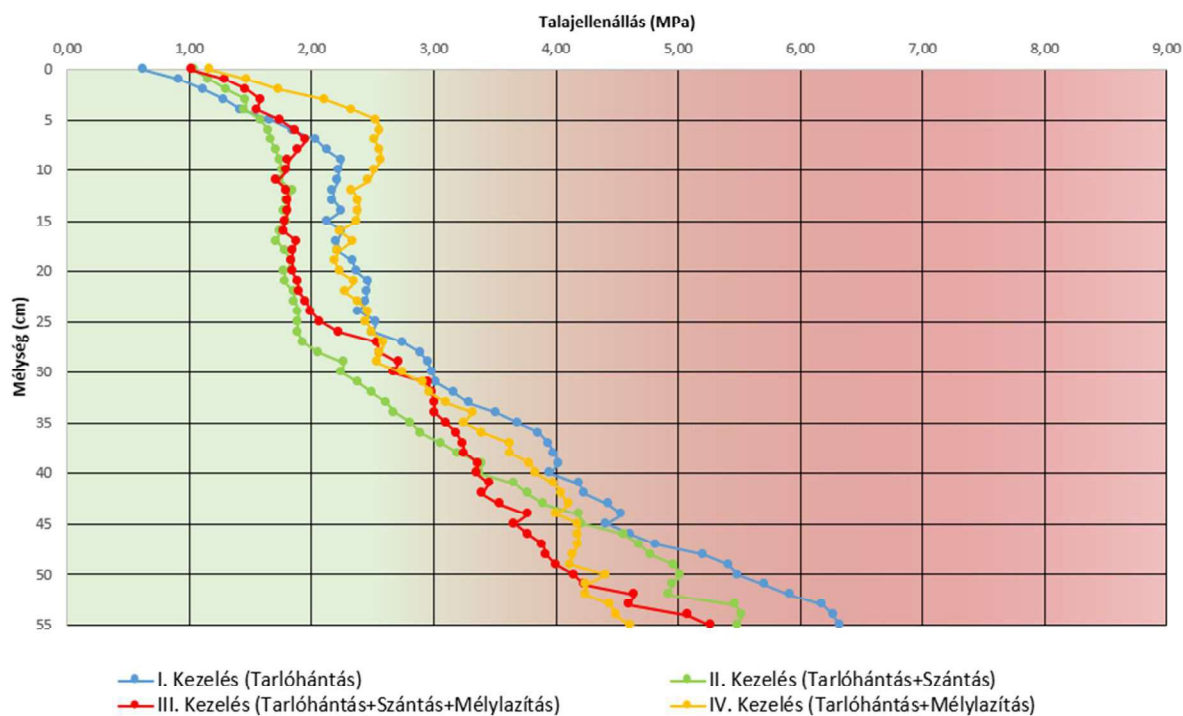
3. Mérés				
Penetrációs ellenállás			Relatív nedvességtartalom	
7-30 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	2,973	a	93,031	a
II. Kezelés	2,036	b	78,997	b
III. Kezelés	2,125	b	77,486	b
IV. Kezelés	2,894	a	84,910	ab
	Szd_{5%}: 0,586		Szd_{5%}: 11,587	
30-55 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	4,510	a	91,443	a
II. Kezelés	3,018	b	80,963	a
III. Kezelés	3,244	b	80,493	a
IV. Kezelés	3,451	b	81,027	a
	Szd_{5%}: 0,842		Szd_{5%}: 15,907	

„5. táblázat: 3. Mérés statisztikai elemzése”

A harmadik mérés értékei szintén hasonló összefüggéseket mutatnak mint az első mérésnél. Viszont itt talajellenállás tekintetében a 7-30 cm-ig terjedő rétegben a II. és III. kezelés tér el az I. és IV. kezeléstől. Míg a nedvesség adatok alapján ugyanebben a rétegben a csak mélylazított terület nem mutat szignifikáns eltérést egyik területtel szemben sem.

3.2.10. Talajellenállás 2024. szeptember 23.

Talajellenállás 2024. szeptember

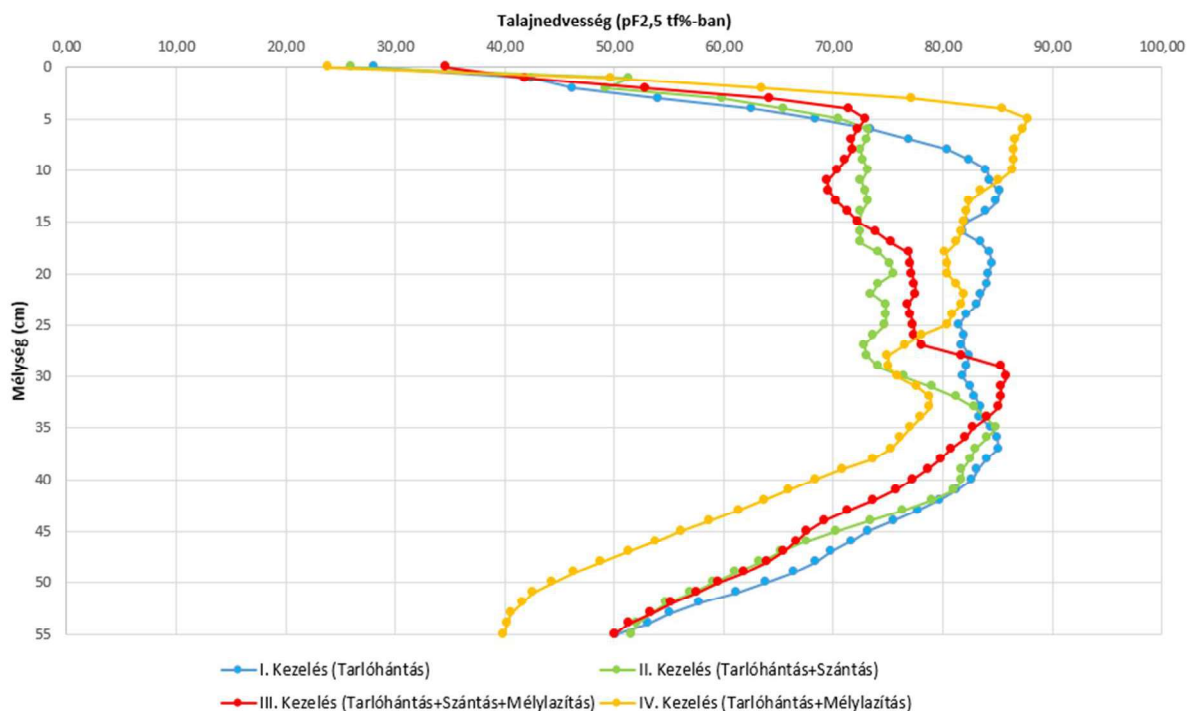


„8. ábra: Talajellenállás 2024. szeptember 23.”

Az őszi, betakarítás utáni, de még az alapművelések előtti talajellenállást mutatja a 8. ábra. Észrevehető, hogy 30 cm-ig a talaj az összes területen olyan mértékű ellenállást mutat mint a júniusi méréseknél. Ez a méréseket megelőző 2 hétben leesett bő 100 mm esőnek hatására alakult ki. Azonban 35 cm-től lefelé haladva egyre drasztikusabb lesz a talaj tömörödöttsége. Ami pedig annak köszönhető, hogy júliusban és augusztusban összesen 17 mm csapadék volt és így a már amúgy is száraz talajból még több vizet vettek ki a növények, utánpótlás nélkül. Ennek hatására pedig tömörödött a talaj.

3.2.11. Talajnedvesség 2024. szeptember 23.

Talajnedvesség 2024. szeptember



„9. ábra: Talajnedvesség 2024. szeptember 23.”

A 9. ábra mutatja az őszi, betakarítás utáni, de még az alapművelések előtti talajnedvesség állapotát. Jól megmutatkozik a mérések előtti 100 mm csapadék, azonban látható, hogy ezt a talaj felső 35-40 cm-es rétege felvette és az alá már nem jutott ebből a nedvességből. Az egész éves szárazság hatására a 40 cm alatti talajrész nedvességtartalma is 50% körülire csökkent. Míg a csak mélylazított területnél 40%-ra csökkent.

3.2.12. A 4. Mérés statisztikai elemzése

4. Mérés				
Penetrációs ellenállás			Relatív nedvességtartalom	
7-30 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	2,588	a	89,691	a
II. Kezelés	2,002	a	79,750	a
III. Kezelés	2,168	a	81,833	a
IV. Kezelés	2,625	a	88,097	a
	Szd_{5%}: 0,592		Szd_{5%}: 11,233	
30-55 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	4,948	a	79,807	a
II. Kezelés	4,290	a	77,583	a
III. Kezelés	4,022	a	76,437	a
IV. Kezelés	4,213	a	65,453	a
	Szd_{5%}: 1,959		Szd_{5%}: 18,136	

„6. táblázat: 4. Mérés statisztikai elemzése”

A negyedik mérés esetén nincs szignifikáns eltérés egyik rétegben sem, sem ellenállás sem nedvesség alapján.

3.2.13. 2024. szeptember, termésátlagok alakulása a kísérletben

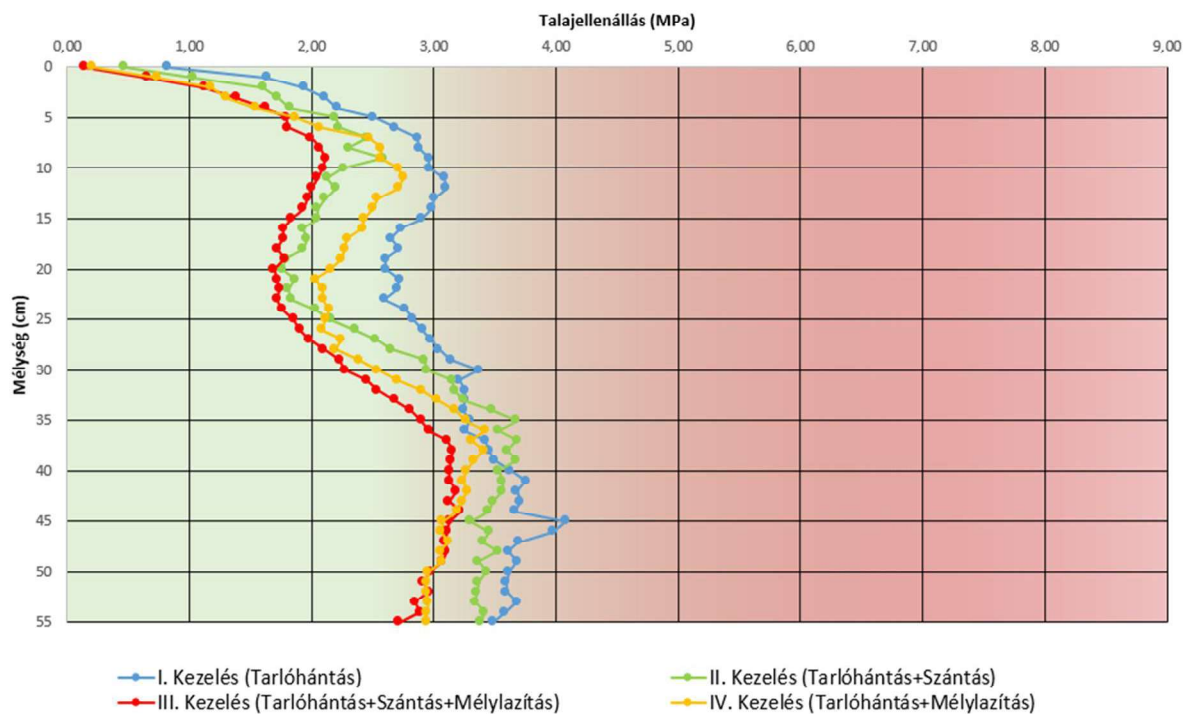
	I. Kezelés	II. Kezelés	III. Kezelés	IV. Kezelés
2023-2024 (Kukorica)	8,40 t/ha	8,25 t/ha	8,40 t/ha	8,95 t/ha

„7. táblázat: 2023-2024 Kukorica termésátlagok”

A termésátlagok alapján kijelenthetem, hogy a kizárólag mélylazítással kezelt (IV. Kezelés) terület volt a legeredményesebb. A csak mélylazítást kapott területen a talaj mélyebb rétegeiből könnyebben és több vízhez jutott hozzá a növény, mint a többi kezelésnél, ezzel jobban áthidalva az aszályos periódust, ez a termésmennyiségekben is jelentősen megmutatkozott.

3.2.14. Talajellenállás 2024. október 19.

Talajellenállás 2024. október

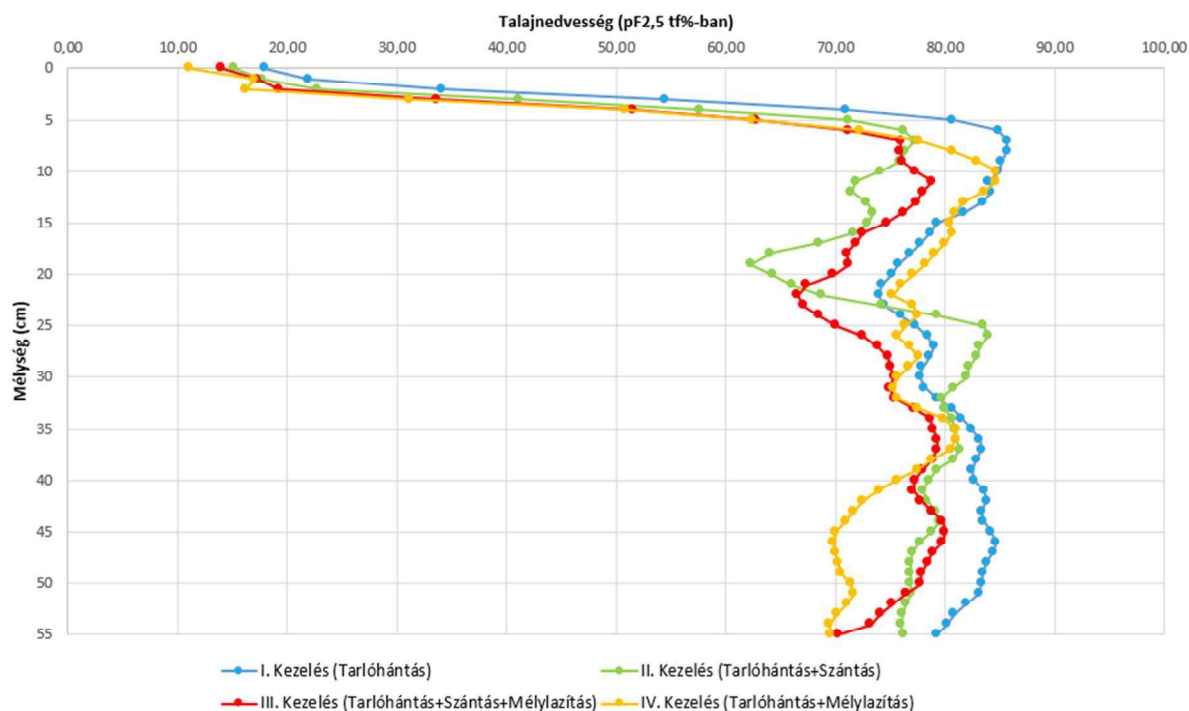


„10. ábra: Talajellenállás 2024. október 19.”

A 10. ábra szemlélteti az őszi alapművelések és a vetés utáni talajellenállások adatait. A mélyebb rétegekben szembetűnően visszakorrigál a talajellenállás az összes kezelésnél a közel egy hónappal korábbi értékekhez képest. Megfigyelhető a mélylazítás hatása mind a III. és IV. kezelés esetében. Ettől függetlenül a legnagyobb hatással az ellenállásra a nedvesség tartalom van, a következő ábra nedvesség adataival összevetve kiolvasható az összefüggés. A méréseket megelőzően további 87 mm eső esett így ebben az időpontban nagyjából 190 mm csapadék került a talajba, amit nem szívott el növényzet, illetve eltelt egy hónap az előző mérés óta, volt ideje a nedvességnek leszivárognia a mélyebb rétegekbe is.

3.2.15. Talajnedvesség 2024. október 19.

Talajnedvesség 2024. október



„11. ábra: Talajnedvesség 2024. október 19.”

A 11. ábra által az őszi alpműveléseket és a vetést követő talajnedvesség tartalmába nyerünk bepillantást. Az előző ábránál említett csapadék mennyiség hatása itt is észrevehető, látszik az alsóbb talajrétegek feltöltődése is. A csak mélylazított területen a legalacsonyabb még mindig a nedvesség tartalom 40 cm alatt, azonban, ha jobban szemügyre vesszük, látható, hogy már nem akkora a különbség közte és a két szántott területek között, itt 5% míg egy hónappal ezelőtt 10% volt. Tehát valójában többet tudott megtartani a leesett csapadékból.

3.2.16. Az 5. Mérés statisztikai elemzése

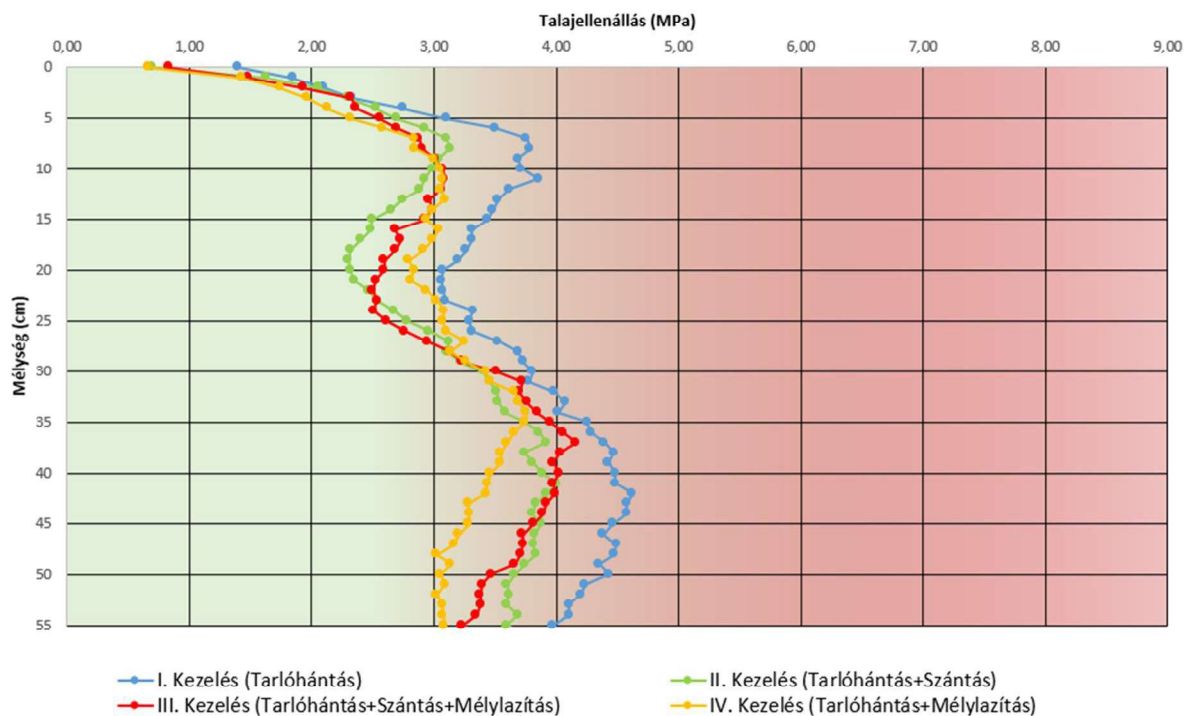
5. Mérés				
Penetrációs ellenállás			Relatív nedvességtartalom	
7-30 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	3,118	a	86,042	a
II. Kezelés	2,373	b	80,490	a
III. Kezelés	2,078	b	79,354	a
IV. Kezelés	2,552	b	85,615	a
	Szd_{5%}: 0,551		Szd_{5%}: 14,741	
30-55 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	3,852	a	89,253	a
II. Kezelés	3,731	a	85,093	a
III. Kezelés	3,220	a	83,770	a
IV. Kezelés	3,370	a	79,990	a
	Szd_{5%}: 0,927		Szd_{5%}: 19,745	

„8. táblázat: 5. Mérés statisztikai elemzése”

Egyedül a 7-30 cm-ig tartó részben láthatunk szignifikáns eltérést a kontrol és a többi terület között talajellenállás tekintetében.

3.2.17. Talajellenállás 2025. április 17.

Talajellenállás 2025. április

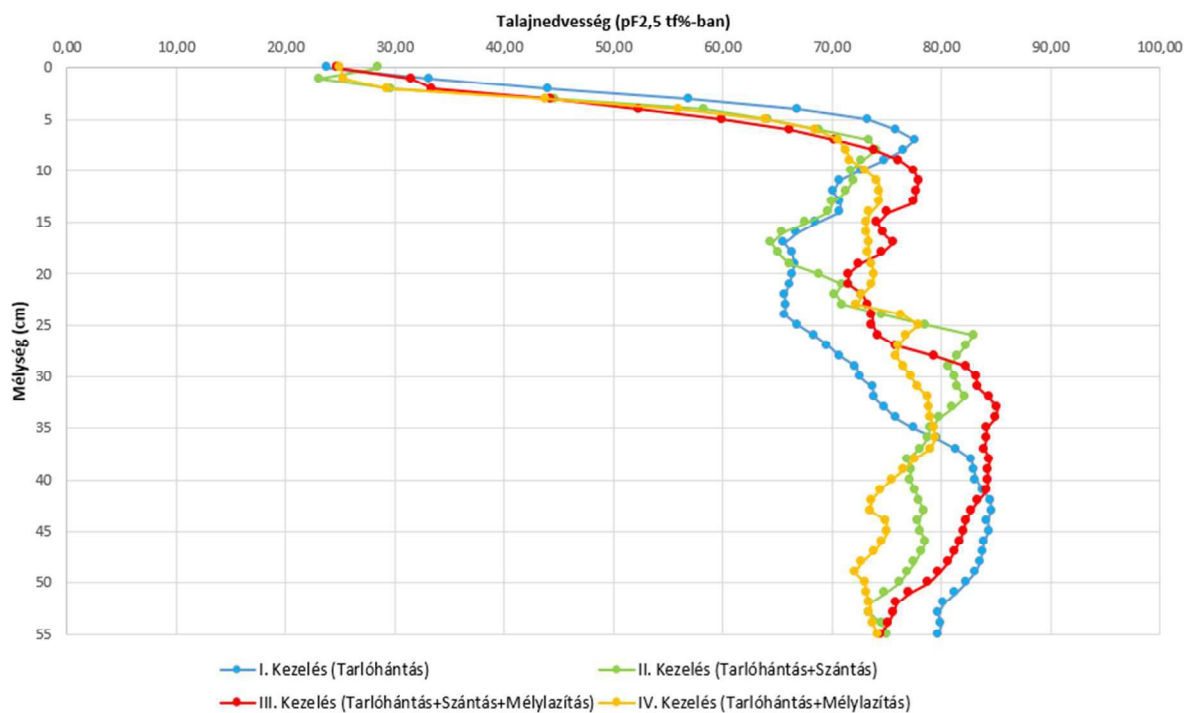


„12. ábra: Talajellenállás 2025. április 17.”

A búza tavaszi állományában történt mérések eredményeit láthatjuk a 12. ábrán. Mivel erőteljes párolgás nem volt a talajborítottság miatt és a növényzet által kivett csapadék pótolva lett a mérés előtti hónapban, így a száraz tél ellenére se a talaj kiszáradása okozta az ellenállás növekedését, valószínűleg a talaj visszaülepedését látjuk a kezelések óta. Továbbra is jelentős a különbség a 35-55 cm közötti rétegekben a mélylazított és a kontrol terület között, de a mélylazított terület és a kettő szántott terület között is nagy az eltérés ezen részen.

3.2.18. Talajnedvesség 2025. április 17.

Talajnedvesség 2025. április



„13. ábra: Talajnedvesség 2025. április 17.”

A búza tavaszi állományában történt talajnedvesség mérések eredményét mutatja a 13. ábra. Az előző havi csapadék miatt telített maradt a talaj. Jól megfigyelhető, hogy a kontrol terület a 15-30 cm közötti rétegben szárazabb, mint a többi terület.

3.2.19. A 6. Mérés statisztikai elemzése

6. Mérés				
Penetrációs ellenállás			Relatív nedvességtartalom	
7-30 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	3,742	a	75,285	a
II. Kezelés	2,996	b	78,851	a
III. Kezelés	3,088	b	81,660	a
IV. Kezelés	3,275	ab	80,316	a
	Szd_{5%}: 0,633		Szd_{5%}: 14,479	
30-55 cm	MPa Átlag	P ≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P ≤ 0,05
I. Kezelés	4,665	a	87,750	a
II. Kezelés	4,048	a	84,097	a
III. Kezelés	4,066	a	88,327	a
IV. Kezelés	3,630	a	81,823	a
	Szd_{5%}: 1,138		Szd_{5%}: 18,577	

„9. táblázat: 6. Mérés statisztikai elemzése”

A 7-30 cm-ig terjedő rétegben láthatunk a talajellenállás szempontjából szignifikáns eltérést a kontrol és a két szántott terület között, a csak mélylazított terület nem mutat eltérést egyik másik területtel szemben sem.

3.2.20. 2025. július, termésátlagok alakulása a kísérletbe

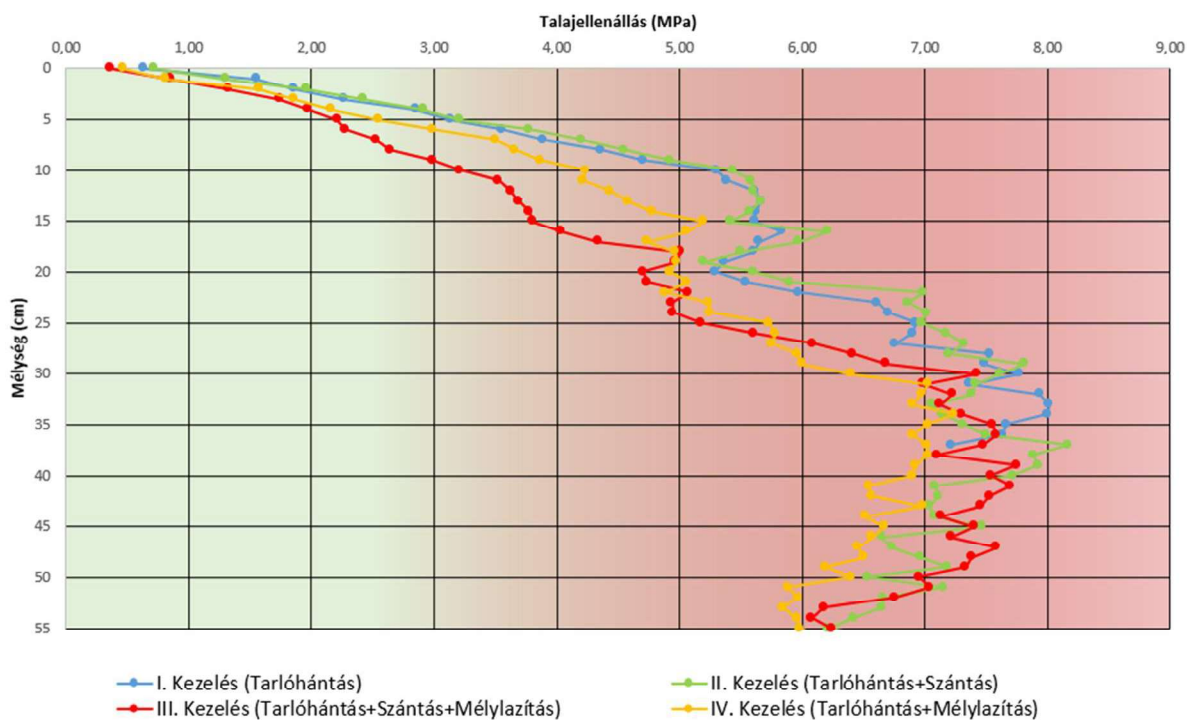
	I. Kezelés	II. Kezelés	III. Kezelés	IV. Kezelés
2024-2025 (Őszi búza)	7,20 t/ha	6,55 t/ha	6,95 t/ha	7,20 t/ha

„10. táblázat: 2024-2025 Őszi búza termésátlagok”

A terméseredmények alapján elmondható, hogy a kontrol, vagyis a csak tarlóhántott (I. Kezelés) és a csak mélylazított (IV. Kezelés) terület lett a legeredményesebb. Ez köszönhető annak, hogy egyrészt a búza kevésbé vízigényes növény, mint a kukorica, másrészt pedig a búza leginkább vízigényes periódusaiban megérkeztek a csapadékok, így kevésbé volt jelentősége a mélyebb rétegekből történő vízfeltárásnak.

3.2.21. Talajjellenállás 2025. szeptember 1.

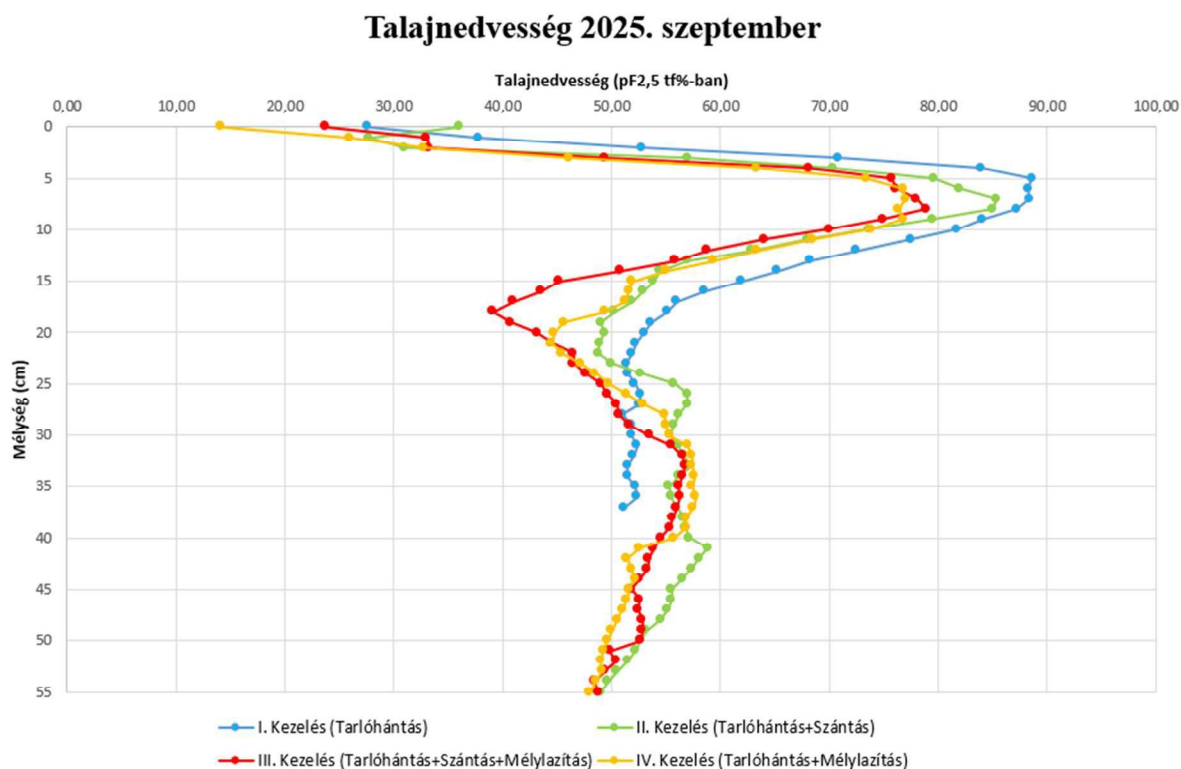
Talajjellenállás 2025. szeptember



„14. ábra: Talajjellenállás 2025. szeptember 1.”

A 2025. szeptemberi talajjellenállás adatait láthatjuk a 14. ábrán, szembevetendő, hogy a kontrol terület esetén 37 cm-től nincs adat. Ez annak köszönhető, hogy a méréseknél fizikailag képtelen volt a penetrométer mélyebben a talajba hatolni. Ennek köszönhető az is, hogy szeptemberben lett elvégezve a mérés és nem 2 hónappal előtte, közvetlenül az aratás után. Látható, hogy az összes terület talaja 10-15 cm-től nagyon tömörödött, ennek oka a talaj extrém módon történő kiszáradása. Az efölötti alacsonyabb értékek is kizárólag annak köszönhetőek, hogy a mérést megelőzően leesett 20 mm csapadék.

3.2.22. Talajnedvesség 2025. szeptember 1.



„15. ábra: Talajnedvesség 2025. szeptember 1.”

A 15. ábrán a 2025. szeptemberi talajnedvesség értékek láthatók. Az előbb említett 20 mm-es csapadék hatása megmutatkozik. Ez a nedvesség nagyjából 10-11 cm-ig jutott a talajban. Az ez alatti talajrétegekben szinte teljesen egyöntetűen mozognak az értékek, kifejezetten száraz a talaj.

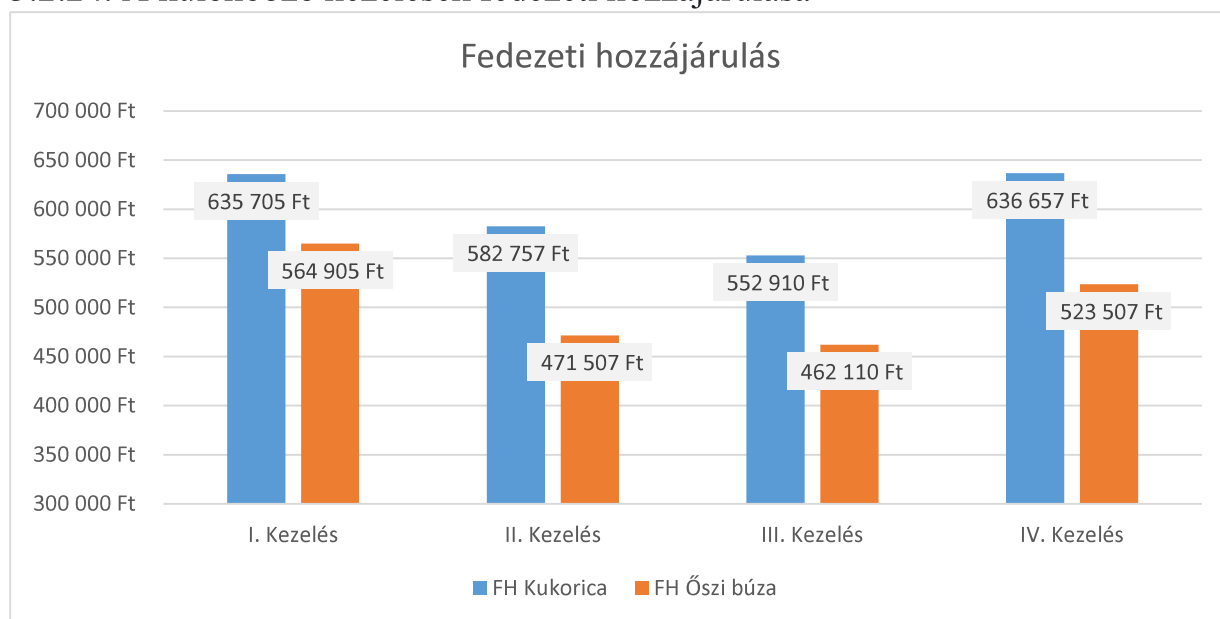
3.2.23. 7. Mérés statisztikai elemzése

7. Mérés				
Penetrációs ellenállás			Relatív nedvességtartalom	
7-30 cm	MPa Átlag	P≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P≤ 0,05
I. Kezelés	5,990	a	61,682	a
II. Kezelés	6,096	a	58,760	a
III. Kezelés	4,580	a	53,073	b
IV. Kezelés	4,966	a	56,229	ab
	Szd _{5%} : 1,478		Szd _{5%} : 5,641	
30-55 cm	MPa Átlag	P≤ 0,05	pF 2,5 tf% Átlag	P≤ 0,05
I. Kezelés	8,482	a	51,918	a
II. Kezelés	7,336	a	54,345	a
III. Kezelés	7,498	a	53,606	a
IV. Kezelés	6,624	a	54,025	a
	Szd _{5%} : 2,227		Szd _{5%} : 9,982	

„11. táblázat: 7. Mérés statisztikai elemzése”

Kizárólag a nedvesség tekintetében a 7-30 cm-ig tartó tartományban mutatnak szignifikáns eltérést az I.-II. és a III. kezelés között, míg a IV. kezelés nem tér el egyiktől se szignifikánsan.

3.2.24. A különböző kezelések fedezeti hozzájárulása



„16. ábra: A különböző kezelések fedezeti hozzájárulása”

A 16. ábrán látható az egyes kezelések fedezeti hozzájárulása a kísérlet mindkét évében. Láthatjuk, hogy az első év (kukorica) esetén gazdasági szempontból a IV. Kezelés teljesített a legjobban, míg legrosszabbul a III. kezelés teljesített. A második év (őszi búza) esetén az I. Kezelés teljesített a legjobban míg legrosszabban a III. Kezelés.

3.3. Következtetések és javaslatok

Az eredményeket áttekintve elmondható, hogy a kísérlet első évében (kukorica esetén) a legeredményesebb kezelés a csak mélylazított (IV. Kezelés) volt. A talajjellenállása közel azonos a szántott és lazított + szántott területek (II.-III. Kezelések) értékével, viszont vízgazdálkodásuk lényegesen jobb azoknál. Ez a tényállás nem változik abban az esetben sem, amennyiben figyelembe vesszük a költség és termésmennyiség adatokat is. Igaz, hogy a művelési költség nő a kontrol (I. Kezelés) területhez képest, viszont ezt kompenzálja a közel fél tonnás termés többlet.

A kísérlet második évében (őszi búza esetén) talajjellenállás szempontjából továbbra is a csak mélylazított (IV. Kezelés) kezelés volt perspektivikus, azonban, ha figyelembe vesszük a talaj vízgazdálkodását, művelési költségeket és a termésmennyiségeket is, abban az esetben a csak tarlókántott kontrol terület (I. Kezelés) bizonyul jobbnak. Mivel az I. kezelés azonos termés mennyiséggel zárt mint a IV. Kezelés, a művelési költsége pedig kevesebb volt.

Az egyes kezeléseket külön-külön elemezve megállapítható, hogy a kontrol terület rendelkezik a legjobb vízmegtartó képességgel, ez száraz periódusokban előnyös lehet, azonban a mélyebb rétegekből történő vízmobilizáció, illetve a leszívódás is lassabb mint egy mélylazított terület esetén. Ez aszályos időszak alatt egyes kultúrák esetén (például kukorica) hátrányos lehet, mivel a kritikus időszakban nem tud elég gyorsan megfelelő mennyiségű vizet mobilizálni. Illetve intenzív nagy mennyiségű csapadék esetén előfordulhat, hogy az nem tud megfelelő sebességgel leszívódni. Hátrányként megemlítendő a növekedett talajjellenállás a mélyen művelt talajokkal szemben, azonban az utolsó mérések esetén megmutatkozott, hogy extrém száraz körülmények között a művelt területek közel azonos talajjellenállással bírnak.

Korábbi kutatások eredményei hasonlóan azt mutatják, hogy a csökkentett talajművelés alkalmazása az első években talajjellenállás növekedést eredményez, ez azonban fokozatosan a talaj szerkezetének javulásával mérséklődik (MOREIRA, et al. 2016; WANG, et al. 2022).

A szántás 30 cm feletti példátlan talajellenállást csökkentő hatását nem lehet vitatni, viszont vízgazdálkodási szempontból kifejezetten előnytelen. Az így megművelt talajrétegben a talaj szerkezetét és a pórusokat roncsolja, amivel méréseink szerint a vízmegtartó képességét csökkenti. Természetesen a jobb talajlezárás csökkenti a kipárolgást, azonban ez csak részben enyhítheti a kiváltott problémát.

A mélylazítás nagyban növeli a talaj vízelnyelő képességét, gyorsítja a leszívódást, de fontos megemlíteni, hogy nem megfelelő lezárás esetén ellentétes hatással bír és növeli a kipárolgást. Amennyiben van a talaj mélyebb rétegeiben nedvesség, abban az esetben nagyban növeli a kultúrnövény termesztésének biztonságát. A talaj mély rétegeiben fellépő nedvességhiány esetén természetesen nem tudja segíteni a növényt. Az utolsó méréseket figyelembe véve nagyobb mennyiségű csapadék érkezésének hiányában értelmetlen mélylazítást végezni. Mivel ilyenkor a talajban sincs feltárható nedvesség, másrészt pedig a talaj is alkalmatlan a mélylazításra ilyen nedvességtartalom mellett, már túl száraz.

A jelen időjárási körülmények között a minimális talajbolygatás javasolható mind talaj, mind pedig gazdasági oldalról. A magasabb talajellenállás kiküszöbölése mellett nagy figyelmet kell fordítani a talajtaposás csökkentésére. Ez kivitelezhető a menetszám csökkentéssel (ez a minimális műveléssel részben meg is valósul), a gépek talajnyomásának csökkentésével (íkerkerekek, flotációs gumik, gumihevederek használatával). Itt megemlíteném, hogy a kis teljesítményű és tömegű gépek esetén is nagy a jelentősége, azonban jelen helyzetben szinte csak az óriás munkagépeknél figyelhetjük meg ezeket. Betakarítás során is figyelmet kell fordítani erre mind a kombájn, mind a szállító eszközök esetén. Emellett a talaj lazítását részben természetes úton, takarónövényekkel is elvégezhetjük (például meliorációs retek: *Raphanus sativus longipinnatus*) (EDWARDS, et al. 2023).

Természetesen bizonyos helyzetekben lehet létjogosultságuk a hagyományos talajművelő eszközöknek is. Például betakarítási munkálatok alatt, amennyiben nincs megfelelő gumikkal ellátott gépünk és pótkocsink, érdemes lehet egy-kettő utat kijelölni a táblán és a szállító járművel mindig ezen az útvonalon mozogni. Majd ezt követően célzottan csak ezeket a részeket mélylazítani. Min-till és No-till körülmények között is ki tud alakulni káros tömörödés ennek kezelésére is megoldás lehet egy mélylazítás. Az alkalmi műveléssel nem feltétlenül szüntetjük meg a már elért pozitív hatásokat (BLANCO-CANQUI és WORTMANN, 2020).

A pontosabb kép érdekében érdemes lenne gazdaságunkban egy átfogó kísérletet beállítani, ahol a takarónövények hatásait is vizsgáljuk.

4. Összefoglalás

A dolgozatom témája különböző művelési módok hatásainak vizsgálata és összehasonlítása a talaj penetrációs ellenállására és nedvességtartalmára. A kísérletet a családi gazdaságunk egyik szántó területén végeztem a 2023 - 2025-ös években. A területen 4 kísérleti parcellát jelöltem ki, amelyeken 4 különböző kezelést hajtottunk végre. Ezek voltak a kontrol (csak tarlóhántott), tarlóhántott és szántott, tarlóhántott szántott és mélylazított, tarlóhántott és mélylazított. A területek nagysága egyenként 0,55 ha. A terület talajtípusa mészlepedékes csernozjom, fizikai félesége agyagos vályog, a korábbi években 2-3 évente szántva volt a terület a kísérletet megelőző évben 30 cm mélységig szántva volt a terület. 2 évvel megelőzőleg 55 cm mélységig mélylazításra került sor. A területről talajvizsgálat is készült, a mintavétel mélysége 30 cm-ig terjedt ki, talajszelvény kiásásra is sor került. Illetve csapadék adatokat gyűjtöttem a kísérlethez. A betakarítás után tarlóhántva lett a terület 9-10 cm mélységben grubberral. Ősszel került beállításra a kísérlet, az egész terület tarlóhántva lett 6 cm mélységig egy CrossCutter tárcsalapokkal felszerelt Rolmako U.652 – rövidtárcsával. A kontrol területen más műveletet nem végeztünk. A mélylazítást október végén végeztük 55 cm mélységig egy pálcás elmunkáló hengerrel ellátott V-elrendezésű 3 merev, szárnybetétekkel ellátott késes lazítóval. A szántás november első dekádjában történt 30 cm mélységben egy Vogel and Noot XS 1050 Pro 3 - váltvaforgató ekével. 2024-ben a betakarítást követően (kukorica) szeptember első dekádjában tarlóhántást végeztünk, majd október elsején elvégeztük a mélylazítást és a szántást is. A műveletek mélysége, sorrendje és a gépek amikkel el lettek végezve megegyeztek az előző évvel. A méréseimet a 3T System penetrométerrel végeztem el 55 cm-es mélységig, ezt az indokolja, hogy a területen a megelőző években sem volt ennél mélyebb művelés végezve, illetve a talajszelvény alapján idáig azonos a talaj szintje. A 2 év alatt 7 időpontban, a növénytermesztés szempontjából meghatározó időpontokban hajtottam a méréseket végre. Kezelésenként arányosan elosztva 4 pontban 3-3 mérést végeztem, így összesen alkalmanként 48 mérést. A mérési pontokhoz GPS koordinátákat is hozzárendeltem. Így a további mérések alkalmával ugyanazon a pontokon mértem. Az első mérésre 2023. november végén került sor, a talajmunkák után. A második mérést 2024. március elején hajtottam végre. A harmadik mérés a kukorica állományában 2024. június második dekádjában történt. A negyedik mérés a kukorica betakarítása után 2024. szeptember végén lett végrehajtva. Az ötödik mérést a második talajművelések után 2024. október második dekádjában végeztem el. A hatodik mérésre a búza állományában került sor, 2025. április közepén. Az utolsó mérésnek a betakarítás után kellett volna megtörténnie, viszont olyan tömör és száraz volt a talaj, hogy nem tudtunk méréseket végezni, így 2025. szeptember elején lett a mérés végrehajtva és a kontroll

terület esetén így se tudtunk adatokat gyűjteni a 37 cm alatti rétegekből. A gyűjtött adatokat időpontonként és kezelésenként leátlagoltam, majd ábrákat készítettem az így kapott adatokból. A kapott adatokat az Microsoft Office excel program egytényezős varianciaanalízisével elemeztem két tartományban, ami a 7-30 cm és 31-55 cm volt. A betakarítások után terméseredményt is vizsgáltam, a parcellákról külön pótkocsikra lett a termés leürítve amit hitelesített hídmérleggel megmértem. A terméseredményekből is ábrákat készítettem. Fedezetii hozzájárulást is számoltam ahhoz ,hogy gazdaságossági szempontból is megvizsgálhassam az egyes kezeléseket. Az első mérés eredményei alapján láthattuk a talajművelések hatásait nedves körülmények között is, azonban a kísérleti időszak további részére az aszályos, száraz időjárás volt jellemző, így ehhez az időjárási körülményekhez tudunk megfelelő következtetéseket levonni.

A vizsgálati eredményeket áttekintve a következő megállapításokat tehetjük:

- A vizsgált időszak alatt a kontrol (csak tarlóhántott) terület kiváló vízmegtartó képességgel rendelkezett. Azonban talajellenállás szempontjából a legmagasabb értékeket itt mértük. A mély művelés elhagyása a talaj tömörödéséhez vezethet még jó állapotú, szerkezetes csernozjom talajon is.
- A szántás hatására a művelési mélységig a talaj ellenállást nagymértékben csökkentette, azonban jobban kiszáradt mint a többi kezelés esetén. Az eredmények tükrében javasolt a szántás elhagyása.
- A mélylazított területen a lazításnak köszönhetően a kukorica gyökérzete mélyebbre tudott hatolni, így több vízhez jutott, amit visszaigazolt a penetrációs ellenállás, talaj relatív nedvességtartalma és a nagyobb terméseredmény is.
- A mélylazításnak lehet létjogosultsága időszakosan, illetve már kialakult tömörödési probléma kezelésére, amennyiben ezt a nedvesség viszonyok lehetővé teszik.
- Jelen időjárási körülmények között a minimális talajbolygatás javasolható mind talaj mind pedig gazdasági (költség) oldalról. Az eleinte megnövekedett talajellenállás mérséklése érdekében a taposás csökkentését, esetlegesen talajlazító takarónövények használatát javasolnám.
- Szakirodalom szerint legalább 4-5 évre van szükség ahhoz, hogy a minimális talajművelés pozitív eredményei mérhetővé váljanak, amit a mi kísérletünk is visszaigazolt, ezért szükségesnek tartom a kísérlet és a mérések folytatását gazdaságunkban.

5. Köszönetnyilvánítás

Hálás köszönettel tartozom, Dr. Hoffmann Richárd egyetemi docens- konzulensemnek, aki záródolgozatom elkészítésében szakmai segítséget nyújtott. Hozzáértésével, tájékozottságával, szakértelmével, szaktudásával, tanácsaival segítette dolgozatom elkészülését. Külön köszönettel tartozom édesapámnak Nováky Szilárdnak, aki közreműködő volt a vizsgálatok elvégzésénél és szakmai tudásával, tanácsaival támogatta a munkámat. Köszönettel tartozom a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Kaposvári Campus Növénytermesztési Tudományok Intézet -Agronómia Tanszékének, hogy biztosították számomra a vizsgálatok elvégzéséhez szükséges eszközt, valamint a Transzmisszió Kft-nek, hogy biztosították a kísérlet helyszínét.

6. Irodalomjegyzék:

1. Altermann M., Rinklebe J., Merbach I., Körschens M., Langer U. & Hofmann B. (2005): Chernozem—Soil of the Year 2005. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 725–740. DOI: 10.1002/jpln.200521814.
2. Antos G. (2008): Tillage – energiaigény és talajkárosodás; technikai és üzemeltetési tényezők. In: Birkás M. (szerk.): *Environmentally Sound Adaptable Tillage*. Akadémia Kiadó, Budapest, Magyarország.
3. Badalíková B. (2010): Influence of Soil Tillage on Soil Compaction. In: *Soil Engineering, Soil Biology*, Amity University Uttar Pradesh, Noida, UP, India, vol. 20: 230, 19–30. ISBN 978-3-642-0380-4.
4. Batey T. (2009): Soil compaction and soil management – a review. *Soil Use and Management*, 25, 335–345.
5. Bengough A. G., McKenzie B. M., Hallett P. D. & Valentine T. A. (2011): Root elongation, water stress, and mechanical impedance: a review of limiting stresses and beneficial root tip traits. *Journal of Experimental Botany*, 62, 59–68.
6. Birkás M. (1996/a): A talaj tömörödöttsége növeli a növénytermesztés kockázatát. *Gyakorlati Agrofórum*, VII/11, 12–14.
7. Birkás M., Albrecht L., Holló S., Nyárai H. F., Szalai T. & Percze A. (1996): A tömörödöttség kialakulása a talajban és hatása a kukorica termésére és gyomosodására. *Környezet- és Tájgazdálkodási Füzetek*, Agrártudományi Egyetem, Gödöllő, II/1, 61–72.
8. Birkás M., Antos G., Árendás T. et al. (2006): *Földművelés és földhasználat*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 34, 92–93.
9. Birkás M., Csík L., Gyuricza Cs., Demo M., Jolánkai M., Schmidt R., Szakál P. & Vincze M. (2001): *Talajművelés a fenntartható gazdálkodásban*. Szent István Egyetem, Gödöllő, 133 p.
10. Blanco-Canqui H. & Wortmann C. S. (2020): Does occasional tillage undo the ecosystem services gained with no-till? A review. *Soil & Tillage Research*, 198, 104534. DOI: 10.1016/j.still.2019.104534
11. Claassen R., Bowman M., McFadden J., Smith D. & Wallander S. (2005): Tillage intensity and conservation cropping in the United States. *Journal of Plant Nutrition and Soil Science*, 168, 725–740. DOI: 10.1002/jpln.200521814.

12. Cooper J., Barański M., de Lange M. N., Bàrberi P. et al. (2014): Effects of reduced tillage in organic farming on yield, weeds and soil carbon: Meta-analysis results from the TILMAN-ORG project. TILMAN-ORG report / meta-analysis, [H. n.], [K. n.].
13. Dávid Á. (2013): A litoszféra és a talaj, mint erőforrás és kockázat. Eszterházy Károly Főiskola, Eger, 133–141.
14. Dvoracek M. (1968): Penetrométer a talaj mechanikai ellenállásának szabadföldi méréséhez. *Agrokémia és Talajtan*, 17(3), 319–324.
15. Edwards N., Medina N. & Asker E. (2023): Mixing cover crops suppresses weeds and roto-till reduces urban soil penetration resistance and improves infiltration. *Soil & Tillage Research*, 231, 105708. DOI: 10.1016/j.still.2023.105708.
16. Füleky Gy., Bidló A., Bíró B., Csákiné T. E., Kristófné H. E., Michéli E. & Pápay L. (2008): Talajvédelem, talajtan. Pannon Egyetem Környezetmérnöki Intézet, Veszprém, 10–13.
17. Giller K. E., Witter E., Corbeels M. & Titttonell P. (2011): A research agenda to explore the role of conservation agriculture in African smallholder farming systems. *Field Crops Research*, 124(3), 468–472.
18. Gyuricza Cs., Farkas Cs., Baráth Csné & Birkás M. (1998): A penetrációs ellenállás vizsgálata talajművelési tartamkísérletben gödöllői barna erdőtalajon. *Növénytermelés*, 47(2), 199–212.
19. Hakansson I. (1990): A method for characterizing the state of compactness of the plough layer. *Soil & Tillage Research*, 16, 105–120.
20. Hakansson L. & Voorhees W. B. (1997): Soil compaction. In: Lal R. et al. (eds.): *Methods for Assessment of Soil Degradation*. CRC Press, New York, 167–179.
21. Hao X., Chang C., Larney F. J., Nitschelm J. & Zhang X. (2000): Effect of minimum tillage and crop sequence on physical properties of irrigated soil in southern Alberta. *Soil & Tillage Research*, 57(1), 53–60. DOI: 10.1016/S0167-1987(00)00151-3.
22. Jones R. J. A. & Montanarella L. (2003): The EU Thematic Strategy on Soil Protection. *Land Degradation*, EC JRC, Ispra, 15–29.
23. Jorajuria D., Draghi L. & Aragón A. (1997): The effect of vehicle weight on the distribution of compaction with depth and the yield of *Lolium/Trifolium* grassland. *Soil & Tillage Research*, 41, 1–12.
24. Jóri J. I. (2015): Forgatás nélküli talajművelő gépek fejlődése. *Agro Napló*, 19(2), 133–134.

25. Kennedy T. F., Connery J., Fortune T., Forristal D. & Grant J. (2013): A comparison of the effects of minimum-till and conventional-till methods... *The Journal of Agricultural Science*, 151, 605–629.
26. Kertész Á. (2008): Tájdegradáció és elsivatagosodás. *Magyar Tudomány*, 169(6), 715.
27. Lal R. & Stewart B. A. (1990): *Soil Degradation*. Springer-Verlag, 331–336.
28. Mikó P. (2008): A talajtömörödés okai és megszüntetésének agrotechnikai módszerei. *Agro Napló*, 12(7), 57–58.
29. Moreira W. H., Tormena C. A., Karlen D. L., da Silva Á. P., Keller T. & Betioli E. Jr. (2016): Seasonal changes in soil physical properties under long-term no-tillage. *Soil & Tillage Research*, 160, 53–64. DOI: 10.1016/j.still.2016.02.007.
30. Oldeman L. R. (1994): A talajdegradáció globális felmérése (GLASOD) eredményei. [H. n.], [K. n.].
31. Pimentel D. et al. (1995): Environmental and Economic Cost of Soil Erosion and Conservation Benefits. *Science*, 267(5201), 1117–1123. DOI: 10.1126/science.267.5201.1117.
32. Preuschen G. (1991): *Ackerbaulehre nach ökologischen Gesetzen*. C. F. Müller Verlag, Karlsruhe.
33. Rátonyi T. (1999): A talaj fizikai állapotának penetrométeres vizsgálata talajművelési tartamkísérletben. Doktori értekezés, Debrecen.
34. Rusch H. P. (1968): *Bodenfruchtbarkeit*. Haug Verlag, Heidelberg, 180–186.
35. Schmidt J. (2011): *Földműveléstan*. Debreceni Egyetem, Nyugat-Magyarországi Egyetem, Pannon Egyetem, Debrecen–Sopron–Veszprém, 46 p.
36. Sinóros-Szabó B. & Szöllősi I. (1999): A 3T System alkalmazása és gyakorlati jelentősége. *Gyakorlati Agrofórum*, Különszám a talajművelésről, 10(7), 15–16.
37. Sipos G., Racskó J. & Rátonyi T. (2005): A forgatás és a forgatás nélküli talajművelés jellemzői és tapasztalatai. *Debreceni Egyetem ATC*, [H. n.], [K. n.].
38. Stefanovits P., Filep Gy. & Fülek Gy. (1999): *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 3. kiadás.
39. Szatmári J. et al. (2013): *Modellek a geoinformatikában*. Szegedi Tudományegyetem, Debreceni Egyetem, Pécsi Tudományegyetem, Szeged–Debrecen–Pécs, 33 p.
40. Szöllősi I. (2003): A 3T System készülékkel mért penetrációs ellenállás és nedvességtartalom összefüggései vályog fizikai féleségű talajon. *Agrokémia és Talajtan*, 52(3-4), 263–274.

41. Szöllősi I. (2003/a): Talajok tömörödöttségi állapotának jellemzése penetrométeres vizsgálatokkal. Debreceni Egyetem, Debrecen, 11–12.
42. Várallyay Gy. (1999): A talajfizika gyakorlati alkalmazásai a fenntartható talajhasználatban. Gyakorlati Agrofórum, 10(7), 4–7.
43. Vermes L., Hayde L., Nováky B., Rácz J. & Thyll Sz. (1997): Vízgazdálkodás. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, 180–181.
44. Wang H., Wang L. & Ren T. (2022): Long-term no tillage alleviates subsoil compaction and drought-induced mechanical impedance. Soil & Tillage Research, 221, 105418. DOI: 10.1016/j.still.2022.105418.
45. Whalley W. R., Leeds-Harrison P. B., Clark L. J. & Gowing D. J. G. (2005): Use of effective stress to predict the penetrometer resistance of unsaturated agricultural soils. Soil & Tillage Research, 84, 18–27.

Internetes hivatkozások:

1. <https://www.agroinform.hu/tags/forgatas+nelkuli+talajmuveles>
2. <https://www.nak.hu/tajekoztatasi-szolgalatas/kornyezetgazdalkodas/102793-no-till-technologia-kozelrol>
3. <http://penetronik.hu/>
4. <https://www.agroinform.hu/gazdasag/lepeskenyszerben-az-agrarium-tobb-szakember-kell-50275-001>

7. Ábrák és táblázatok jegyzéke:

1. táblázat: Forgatás nélküli alapművelési módszerek alkalmazása (BIRKÁS, et al. 2001) 13. oldal
 2. táblázat: A talajvizsgálat eredményei 20. oldal
 3. táblázat: 1. Mérés statisztikai elemzése 28. oldal
 4. táblázat: 2. Mérés statisztikai elemzése 31. oldal
 5. táblázat: 3. Mérés statisztikai elemzése 34. oldal
 6. táblázat: 4. Mérés statisztikai elemzése 37. oldal
 7. táblázat: 2023-2024 Kukorica termésátlagok 37. oldal
 8. táblázat: 5. Mérés statisztikai elemzése 40. oldal
 9. táblázat: 6. Mérés statisztikai elemzése 43. oldal
 10. táblázat: 2024-2025 Őszi búza termésátlagok 43. oldal
 11. táblázat: 7. Mérés statisztikai elemzése 46. oldal
-
1. ábra: Csapadékadatok 20. oldal
 2. ábra: Talajjellenállás 2023. november 25. 26. oldal
 3. ábra: Talajnedvesség 2023. november 25. 27. oldal
 4. ábra: Talajjellenállás 2024. március 2. 29. oldal
 5. ábra: Talajnedvesség 2024. március 2. 30. oldal
 6. ábra: Talajjellenállás 2024. június 14. 32. oldal
 7. ábra: Talajnedvesség 2024. június 14.” 33. oldal
 8. ábra: Talajjellenállás 2024. szeptember 23.35. oldal
 9. ábra: Talajnedvesség 2024. szeptember 23. 36. oldal
 10. ábra: Talajjellenállás 2024. október 19. 38. oldal
 11. ábra: Talajnedvesség 2024. október 19. 39. oldal
 12. ábra: Talajjellenállás 2025. április 17. 41. oldal
 13. ábra: Talajnedvesség 2025. április 17. 42. oldal
 14. ábra: Talajjellenállás 2025. szeptember 1. 44. oldal
 15. ábra: Talajnedvesség 2025. szeptember 1. 45. oldal
 16. ábra: A különböző kezelések fedezeti hozzájárulása 46. oldal

8. Nyilatkozatok:

Hallgatók, doktoranduszok nyilatkozata mesterséges intelligencia (MI) alkalmazásáról

1. Általános adatok

Hallgató neve:	Nováky Bálint
Neptun-kódja:	QT96FR
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	☒ BSc/BA ☐ MSc/MA ☐ Doktori (PhD) ☐ Egyéb:
Tantárgy neve/kódja:	Szakdolgozat
A munka címe:	Különböző művelési módok összehasonlítása penetrométeres vizsgálattal a Transzmisszió Kft területén

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: Asszisztensi 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 eredetiségeért 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: Kaposvár, 2025. október 30.

.....
U. Nagy B. B. B.

Hallgató aláírása

.....
U. Nagy B. B. B.

Konzulens/Témavezető aláírása

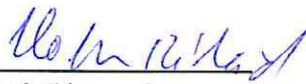
NYILATKOZAT

Nováky Bálint (hallgató Neptun azonosítója: QT96FR) 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 javaslom.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2025. október 30.


belső konzulens

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Nováky Bálint
A Hallgató Neptun kódja: QT96FR
A dolgozat címe: Különböző művelési módok összehasonlítása penetrométeres vizsgálatral a Transzmisszió Kft területén
A megjelenés éve: 2025
A konzulens intézetének neve: Növénytermesztési-Tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agronómia 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 állítotam, tudomásul veszem, hogy a záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

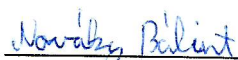
A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemitulajdon-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. október 30.



Hallgató aláírása