

# **SZAKDOLGOZAT**

**Ládás Olivér**

**2025**



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem**  
**Szent István Campus**  
**Mezőgazdasági mérnök Bsc Szak**

**A különböző talajművelési rendszerek hatása a kukorica fejlődésére és a termés mennyiségi paramétereire.**

**Belső konzulens:** Dr. Tarnawa Ákos  
egyetemi docens

**Készítette:** **Ládás Olivér**  
A37ISC  
nappali

**Gödöllő**

**2025**

# Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	5
2. Szakirodalmi áttekintés .....	6
2.1 A kukorica rendszertani besorolása és származása.....	6
2.2 A kukoricatermesztés jelentősége Magyarországon.....	6
2.3 A kukorica terméshozamát befolyásoló tényezők .....	7
2.4 Talajművelés célja és szerepe a növénytermesztésben .....	9
2.5 Talajművelési rendszerek típusai .....	10
2.5.1 Forгатásos művelés .....	10
2.5.2 Forгатás nélküli művelés .....	11
2.5.3. Csökkentett menetszámú talajművelés .....	12
2.6 A különböző talajművelő eszközök hatása a kukoricatermesztésre.....	13
2.6.1 Eke .....	13
2.6.2 Tárcsa.....	14
2.6.3 Kultivátor .....	15
2.6.4 Altalajlazító.....	16
2.6.5 Kombinált talajművelő eszközök.....	16
2.7 A fenntartható kukoricatermesztési gyakorlatok.....	17
2.8 A kukoricatermesztés jövőbeli irányai.....	18
3. Anyag és módszer.....	21
3.1 A kísérleti terület elhelyezkedése és jellemző adottságai.....	21
3.2.1 A talaj fizikai-kémiai tulajdonságai .....	22
3.2.2 A kísérlet termesztéstechnológiájának bemutatása .....	24
3.3 A kísérlet paramétereit és mérési módszerek.....	26
4. Kutatás eredményei .....	28
4.1. Növények kelési aránya és tőszám.....	28
4.2. Növénymagasság és gyomosság .....	28
4.3. Talajnedvesség .....	30
4.4. Tőszámvizsgálat.....	32
4.5. Terméshozam .....	32
5. Az eredmények értékelése .....	33
5.1. A növények kelési arányának és tőszámának értékelése.....	33
5.2. A növénymagasság és a gyomosság értékelése .....	33
5.3. A talajnedvesség értékelése.....	33
5.4. A tőszámvizsgálat értékelése .....	34
5.5. A terméshozam értékelése.....	34
6. Következtetések és javaslatok.....	35

6.1. Következtetések .....	35
6.2. Javaslatok .....	36
7. Összefoglalás .....	38
8. Köszönetnyilvánítás.....	40
9. Irodalomjegyzék .....	41

## 1. Bevezetés és célkitűzések

A 21. század mezőgazdasága számos, egymással összefonódó kihívással néz szembe. A globális klímaváltozás következményei, mint a szélsőséges időjárási események gyakoribbá válása, a csapadékeloszlás változása és a hőmérsékleti anomáliák jelentős hatást gyakorolnak a növénytermesztés biztonságára és eredményességére. Ezzel párhuzamosan a mezőgazdasági termelés inputköltségei is egyre növekednek. Az üzemanyagok, műtrágyák és növényvédő szerek árának emelkedése világszerte érezteti hatásait, különösen azokban a gazdaságokban, ahol a jövedelmezőség a határeseten mozog. Mindezek következtében a fenntartható, költséghatékony és környezettudatos mezőgazdasági technológiák iránti igény minden eddiginél sürgősebbé vált.

A mezőgazdasági termelés hatékonyságának kulcsa továbbra is a megfelelően megválasztott és alkalmazott termesztéstechnológia. Ennek egyik meghatározó eleme a talajművelés, amely közvetlenül befolyásolja a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait, a talajélet aktivitását, a víz- és levegőgazdálkodást, valamint a növények tápanyagfelvételének lehetőségeit. A hagyományos, intenzív talajforgatáson alapuló művelési rendszerek sok esetben a talajszerkezet romlásához, humuszvesztéséhez és fokozott erózióhoz vezetnek, ezért az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelmet kaptak az alternatív, talajkímélő módszerek, mint például a forgatás nélküli vagy csökkentett menetszámú művelés.

A különböző talajművelési rendszerek és gépek hatásának vizsgálata kiemelt fontosságú, hiszen ezek a tényezők nemcsak a talaj állapotára és a környezetre, hanem közvetlenül a termesztett növények fejlődésére és végső terméshozamára is jelentős hatást gyakorolnak. A gyakorlati tapasztalatok alapján azonban az egyes művelési módszerek hatékonysága nagymértékben függ a talajtípustól, az éghajlattól és a termesztett növényfajtól, ezért a döntések megalapozásához elengedhetetlenek a helyspecifikus, kísérleti úton nyert adatok.

Dolgozatom célja annak vizsgálata, hogy a különböző talajművelési rendszerek és azokhoz kapcsolódó gépek, mint például az eke, a tárcsa, a lazító és a kultivátor, milyen hatást gyakorolnak a kukorica fejlődésére és terméshozamára egy Baranya megyei, hegyhátmaróci kísérleti területen. Az alkalmazott termesztéstechnológiai tényezők egységesítése mellett a különböző művelési eljárások összehasonlítása révén lehetőség nyílik arra, hogy tudományosan megalapozott következtetéseket vonjunk le a talajművelés és a termés közötti összefüggésekről. A vizsgálat eredményei hozzájárulhatnak egy fenntarthatóbb, költséghatékonyabb és a helyi viszonyokhoz jobban alkalmazkodó kukoricatermesztési gyakorlat kialakításához.

## 2. Szakirodalmi áttekintés

### 2.1 A kukorica rendszertani besorolása és származása

A kukorica (*Zea mays L.*) az egyszikű növények közé tartozik, a pászitfűfélék (*Poaceae*) családjának és a *Zea* nemzetségnek a tagja. A *Poaceae* család a mezőgazdaság szempontjából kiemelt jelentőségű, hiszen számos, az emberiség ételmezésében alapvető szerepet betöltő gabonafaj, például a búza, az árpa, a rozs és a rizs is ide sorolható. A kukorica a *Zea mays* fajcsoport *ssp. mays* alfajaként ismert, amely az ember által termesztett formát jelöli, és ma a világ egyik legelterjedtebb szántóföldi növényének számít (László, 1990).

A kukorica eredete Közép-Amerikához, azon belül is a mai Mexikó területéhez köthető. Régészeti és genetikai kutatások igazolják, hogy a jelenlegi termesztett forma őse a vadon élő teoszinte (*Zea mays ssp. parviglumis*), amely a mexikói fennsík térségében volt őshonos (Romero-Navarro et al., 2022). A növény háziasítása mintegy 8-9 ezer évvel ezelőtt kezdődött, amikor az ősi közép-amerikai civilizációk, mint például a maják és az aztékok, tudatos szelekcióval fokozatosan kialakították a mai termesztett kukoricához hasonló típusokat. A kukorica nemcsak ételmezési, hanem kulturális és vallási szempontból is kiemelt szerepet töltött be ezekben a társadalmakban. Az amerikai kontinensről a kukorica a 15. század végén, az európai felfedezések korában került át Európába. A spanyol és portugál hajósok révén először a mediterrán térségekben honosodott meg, majd fokozatosan elterjedt Közép- és Kelet-Európában is. Magyarországon a 16. század második felétől kezdve vált ismertté, és rövid időn belül a vetésszerkezet egyik meghatározó növényévé nőtte ki magát (Orosz, 2009).

A kukorica sikerességét és világszintű elterjedését nagymértékben annak kiváló alkalmazkodóképessége magyarázza. A növény széles agroökológiai tűrőképességgel rendelkezik, ezért egyaránt alkalmas termesztésre mérsékeltén száraz és csapadékos éghajlaton, valamint különböző fizikai tulajdonságú talajokon (Radics, et al. 1994). A nemesítési és hibridizációs eredmények révén ma már számos, eltérő éghajlati és talajtani adottságokhoz igazított hibrid áll rendelkezésre, ami lehetővé teszi a növény termesztését a világ szinte minden régiójában.

### 2.2 A kukoricatermesztés jelentősége Magyarországon

A kukorica (*Zea mays L.*) a világ egyik legfontosabb szántóföldi kultúrnövénye, és a magyar mezőgazdaság egyik stratégiai jelentőségű növénye. Hazánk agroökológiai adottságai, különösen a kedvező talajszerkezet, a termékeny mezősi talajok és a mérsékelt éghajlat

kiemelkedően alkalmasak a kukorica termesztésére. Ennek köszönhetően Magyarország évtizedek óta az Európai Unió egyik vezető kukoricatermelő országának számít (Mizik & Rádai, 2021).

A kukoricatermesztés jelentősége több szempontból is meghatározó. Egyrészt a növény takarmányozási alapanyagként központi szerepet tölt be az állattenyésztésben, másrészt ipari feldolgozása, különösen a keményítő-, izocukor- és bioetanol-gyártásban is egyre nagyobb gazdasági értéket képvisel. Az elmúlt években a megújuló energiaforrások előállítása iránti igény tovább növelte a kukorica szerepét az agrárgazdaságban, mivel a növény biomasszája és keményítőtartalma kiváló alapanyagot biztosít a bioüzemanyag-ipar számára (Niu et al., 2023).

A vetésterület az elmúlt két évtizedben viszonylag stabil maradt, jellemzően 800 ezer és 1,2 millió hektár között ingadozik. A terület nagyságát elsősorban a piaci árak, a csapadékviszonyok és a vetésszerkezet változásai befolyásolják. Az országos átlagtermés a 2000-es évek eleje óta fokozatos növekedést mutatott, és a technológiai fejlesztések, valamint a modern hibridek bevezetése következtében az utóbbi években 6-8 tonna/ha közötti hozam vált jellemzővé (KSH, 2023). A kedvező agroökológiai körülmények és korszerű agrotechnikai megoldások, mint például precíziós tápanyag-utánpótlás, optimális vetésidő, illetve vízmegtartó talajművelés mellett a hozam meghaladhatja akár a 10 t/ha értéket is.

A magyar kukoricaágazat nemcsak belső felhasználásra termel, hanem jelentős exportorientáltsággal is bír. Az éves termés mintegy 40-50%-a kerül kivitelre, főként az Európai Unió tagállamaiba, de egyes években a tengerentúli piacok, például Olaszország, Németország vagy Spanyolország is fontos felvevőnek számítanak (KSH, 2023). Az export mennyiségét ugyanakkor az időjárási szélsőségek, különösen az aszályos periódusok, időről időre jelentősen befolyásolják (KSH, 2024)

### **2.3 A kukorica terméshozamát befolyásoló tényezők**

A kukorica (*Zea mays L.*) terméshozamának alakulása számos, egymással kölcsönhatásban lévő tényező eredőjeként értelmezhető. A növény fejlődése és terméspotenciálja nem csupán egyetlen környezeti vagy technológiai elem függvénye, hanem a genetikai adottságok, a környezeti feltételek és az agrotechnikai beavatkozások komplex összhatása határozza meg (Agronapló, 2014). A hozam tehát nem kizárólag a termesztés technikai színvonalát tükrözi, hanem a természetes környezeti adottságokhoz és az alkalmazott termesztéstechnológiához való alkalmazkodás sikerét is. A genetikai háttér döntő szerepet játszik a kukorica

termőképességében. A megfelelő hibrid kiválasztása meghatározza a növény terméspotenciálját, stressztűrő képességét, betegség-ellenállóságát és vízhasznosítási hatékonyságát (Doerge et al., 2015). A modern nemesítési eljárásoknak köszönhetően számos hibrid érhető el, amelyek különböző éghajlati és talajtani feltételekhez igazodnak. A hibridválasztás során figyelembe kell venni az adott térség éghajlatát, talajviszonyait, valamint a gazdaság technológiai színvonalát és gépesítettségét. A genetikai potenciál ugyanakkor csak akkor képes maximálisan érvényesülni, ha az alkalmazott agrotechnológia lehetővé teszi a kedvező környezeti feltételek fenntartását (Milorad Rosulj, 2023).

A környezeti hatások közül a klimatikus viszonyok, különösen a hőmérséklet, a csapadék mennyisége és eloszlása, valamint a napfényes órák száma, kulcsszerepet játszanak a kukorica fejlődésében. A növény vízigénye kifejezetten magas a vegetációs időszak egyes szakaszaiban, különösen a virágzás és a szemképződés időszakában, amikor a vízhiány akár 30-50%-os terméseszköket is okozhat. A csapadék térbeli és időbeli eloszlása tehát nagyobb hatással van a terméseredményekre, mint a teljes mennyiség önmagában (Doerge et al., 2015).

A talaj fizikai és kémiai tulajdonságai, mint a szerkezet, vízmegtartó képesség, tápanyag-szolgáltató potenciál és levegőzöttség, szintén meghatározó tényezők. Az optimális szerkezetű, morzsalékos talaj elősegíti a gyökérrendszer mélyreható fejlődését, ezáltal javítva a tápanyag- és vízfelvétel hatékonyságát (Birkás, 1997). A nem megfelelő talajállapot vagy tömörödés viszont rontja a növény stressztűrő képességét és csökkenti a hozamot.

A termesztéstechnológiai elemek közül kiemelkedő szerepet játszik a vetésidő, a tőszám, a tápanyag-utánpótlás és a növényvédelem összehangolása. A vetésidő megválasztása döntő fontosságú, mivel a túl korai vetés hideg talajban gyenge kelést, a késői vetés pedig rövidebb tenyészidőt és alacsonyabb terméshozamot eredményezhet (Doerge et al., 2015).

A tőszám-beállítás szintén kritikus, mivel az alacsony tőszám alulhasznosítja a rendelkezésre álló termőhelyi potenciált, míg a túl sűrű állomány fokozott víz- és tápanyag-konkurenciát okoz. A megfelelő tápanyagutánpótlás, különösen a nitrogén, foszfor és kálium arányának optimalizálása, alapvetően meghatározza a fotoszintézis intenzitását és a szemképződés hatékonyságát (Pálovics & Sárvári, 2006). Emellett a gyomirtás és a kártevők elleni védelem biztosítja, hogy a növény zavartalanul fejlődhessen a tenyészidő során.

A talajművelés minősége és mélysége az egyik legfontosabb agrotechnikai tényező, amely közvetlenül befolyásolja a kukorica kelését, a gyökérzet fejlődését és a növény víz- valamint tápanyag-ellátottságát. A túl sekély vagy túl mély művelés kedvezőtlenül hat a talajszerkezetre, csökkentheti a csírázás egyenletességét és növelheti a párolgási veszteséget (Birkás, 1997). A



korszerű forgatás nélküli és csökkentett menetszámú technológiák a talaj védelmét és vízmegtartó képességét helyezik előtérbe, ezzel hozzájárulva a fenntarthatóbb termesztéshez (Dóka és mtsai., 2024).

Összességében a kukorica terméshozama a genetikai, környezeti és technológiai tényezők együttes optimalizálásának eredménye. A genetikai potenciál csak akkor képes teljes mértékben érvényesülni, ha a termesztési gyakorlatok összehangoltan alkalmazkodnak az agroökológiai feltételekhez. A precíziós gazdálkodás terjedése éppen ezt a célt szolgálja: a döntések adat vezérelt módon, lokális környezeti információkra alapozva segítik elő a terméshozam maximalizálását és a termelési kockázatok csökkentését.

## **2.4 Talajművelés célja és szerepe a növénytermesztésben**

A talajművelés a növénytermesztési technológiai folyamatok egyik legfontosabb és legrégebbi eleme, amelynek célja, hogy a talaj fizikai, kémiai és biológiai tulajdonságait a termesztett növények igényeihez igazítsa. Számos szakirodalom hangsúlyozza, hogy a megfelelő talajállapot kialakítása nélkül nem biztosítható sem a vetőmag egyenletes kelése, sem a gyökérzet optimális fejlődése, ami végső soron a terméshozamot is negatívan befolyásolja. A művelés egyik alapvető feladata tehát a talaj fizikai szerkezetének javítása, a levegő- és vízgazdálkodás optimalizálása, valamint a mikrobiológiai aktivitás fenntartása (Kerekes, 2010)

A jól megválasztott művelési rendszer elősegíti, hogy a növények elegendő vizet, levegőt és tápanyagot vehessenek fel, miközben megakadályozza a túlzott vízvesztést és a szerkezetromlást. A szakirodalmak szerint a művelés intenzitása és időzítése kiemelten fontos tényezők: ha a munkát kedvezőtlen nedvességtartalmú talajon végzik, tömörödés jöhet létre, ami gátolja a víz beszivárgását és a gyökérzet mélyre hatolását (Birkás, 1997). Ez hosszú távon a talaj biológiai aktivitásának csökkenéséhez és a termőképesség romlásához vezethet.

Az utóbbi évek kutatásai egyre inkább a talajkímélő, fenntartható talajművelési rendszerek jelentőségét hangsúlyozzák. Ezek célja nemcsak a termésbiztonság növelése, hanem a talaj természetes regenerációs képességének megőrzése is. Az ilyen rendszerek mint, például a forgatás nélküli vagy csökkentett menetszámú művelés, csökkentik a talajerózió kockázatát, javítják a vízmegtartást, és hozzájárulnak a talaj szénmegkötő képességének növeléséhez (Birkás, 1997).

A modern talajművelés tehát egyre inkább az integrált szemléletre épül, amely a fizikai beavatkozások mellett figyelembe veszi a talaj biológiai és kémiai folyamatait is. Az

energiahatékonyság, a környezetterhelés csökkentése és a talaj hosszú távú termékenységének megőrzése mind olyan célok, amelyek a jövő mezőgazdasági gyakorlatát meghatározzák. A szakirodalmak alapján kijelenthető, hogy a megfelelően megválasztott művelési mód nemcsak a növények fejlődését segíti, hanem a fenntartható gazdálkodás alapfeltételét is jelenti.

## 2.5 Talajművelési rendszerek típusai

A talajművelési rendszerek kialakulása és elterjedése szorosan összefügg a mezőgazdasági technológia fejlődésével, valamint a különböző környezeti és gazdasági adottságokhoz való alkalmazkodással (Jóri, 2015). Minden talajművelési forma egyedi megközelítést képvisel a talajhoz való viszonyban, amely a beavatkozások mélységében, intenzitásában és gyakoriságában is megnyilvánul (Birkás, 1997).

A szakirodalmi vizsgálatok alapján a művelési rendszerek fejlődése során elkülönültek a hagyományos, valamint az alternatív megoldások. A hagyományos, forgatásos talajművelés mellett megjelentek a csökkentett menetszámú, a forgatás nélküli és a direktvetéses rendszerek, amelyek célja a talaj szerkezetének kímélése, a víz- és tápanyag-megtartó képesség javítása, valamint a természeti erőforrások fenntartható használata (Király, 2006).

A talajművelési rendszer megválasztása nemcsak szakmai, hanem stratégiai döntés is, hiszen figyelembe kell venni a hosszú távú fenntartási igényeket, a gépesítettséget és a költséghatékonyságot is (Jóri, 2015). A különböző rendszerek elsősorban abban térnek el egymástól, hogy mennyire avatkoznak be a talaj természetes állapotába, milyen mértékben változtatják meg a felszíni szerkezetet, valamint hogyan befolyásolják a talaj fizikai és biológiai tulajdonságait (Király, 2006).

Összességében a talajművelési rendszerek tudatos kiválasztása és alkalmazása alapvető a sikeres növénytermesztéshez, mivel ezek közvetlen hatással vannak a talaj termékenységére, a víz- és tápanyag-gazdálkodásra, valamint a hosszú távú fenntarthatóságra.

### 2.5.1 Forgatásos művelés

A forgatásos talajművelési rendszer a mezőgazdasági gyakorlat egyik legősibb és legszélesebb körben alkalmazott módszere, amelynek legismertebb eszköze az eke. A rendszer lényege, hogy a talajt a felszín alá forgatja, így a szerves anyagokat és a gyomokat mélyebb rétegekbe juttatja, ezáltal kedvező magágyat biztosít a vetőmag számára (Dóka és mtsai., 2024). A művelés során

a felső talajrétegek felkeverednek, javul a víz- és levegőáramlás, ami elősegíti a gyökerek fejlődését és a tápanyagok elérhetőségét (Khan et al., 1996).

A forgatásos művelés előnyei között kiemelendő a jó gyomirtó hatás, mivel a gyomok gyökérzete és föld feletti részei a beavatkozás során károsodnak. Emellett a talaj szerves anyagának beforgatása javítja a tápanyag-szolgáltató képességet, ami a növények fejlődését támogatja. A módszer különösen hatékony olyan területeken, ahol a talaj szerkezete és vízgazdálkodása már megfelelő, és a biológiai aktivitás fenntartása a cél (Rusu et al., 2023).

Ugyanakkor a forgatásos művelés hátrányai is jelentősek. Energiát és munkaerőt igényel, a nagyobb intenzitású beavatkozás károsíthatja a talaj morzsalékos szerkezetét, és hosszú távon tömörödést okozhat a mélyebb rétegekben. Lejtős területeken fokozódhat a talajerózió, mivel a víz könnyebben elfolyik a felszínen. Továbbá, a túlzott alkalmazás csökkentheti a talaj biológiai aktivitását, mivel a gyökérzónák és a mikroorganizmusok élőhelye felkeveredik, ezáltal a talajéletben bekövetkező változások negatívan hatnak a hosszú távú termékenységre (Dóka és mtsai., 2024).

Összességében a forgatásos művelés hatékony és jól bevált technológiai megoldás, amely megfelelően alkalmazva támogatja a növények növekedését, ugyanakkor körültekintő és fenntartható használatot igényel a talaj fizikai és biológiai állapotának megőrzése érdekében.

## 2.5.2 Forгатás nélküli művelés

A forgatás nélküli talajművelési rendszerek, más néven direktvetéses vagy sávos művelési eljárások, az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb teret nyertek a mezőgazdasági gyakorlatban, elsősorban a kevesebb energia- és munkaigényük miatt. E rendszerek lényege, hogy a talajt nem forgatják fel, hanem a vetőmagot közvetlenül a talajba helyezik speciális vetőgépek segítségével (Madarász, 2015). Így a talaj felszíne kevésbé sérül, megőrződik a szerkezet, és a növények számára kedvező mikroklímát biztosít.

A talajerózió csökkentése a forgatás nélküli művelés egyik legfontosabb előnye. A talaj felszínén megmaradó növénymaradványok védelmet nyújtanak a csapadék és a szél hatása ellen, ami javítja a talaj víz- és tápanyagmegtartó képességét. A rendszer elősegíti a párolgás csökkentését és a csapadék hatékonyabb beszivárgását, ami különösen a szárazabb időszakokban jelent előnyt (Madarász, 2015).

Ugyanakkor a forgatás nélküli művelés alkalmazása kihívásokkal is jár. A talaj szervesanyag-tartalmának növelése lassabb lehet, és a gyomok elleni védekezés nehezebb, mivel a gyomirtó szerek hatékonysága csökkenhet (Dóka és mtsai., 2024). Emellett a tápanyagok felszívódása is lassulhat a talaj felső rétegeiben, ami megköveteli a precíziós agrotechnikai beavatkozásokat.

Összességében a forgatás nélküli talajművelés fenntartható alternatívát kínál, amely csökkenti a talaj mechanikai beavatkozását, elősegíti a talaj víz- és tápanyaggazdálkodását, mérsékli az eróziót, és egyúttal figyelembe veszi a gazdasági és környezeti szempontokat is (FAO, 2021).

### 2.5.3. Csökkentett menetszámú talajművelés

A csökkentett menetszámú, más néven minimális talajművelés (min-till) célja, hogy a talajt a vetés előkészítéséhez szükséges mértékben, de a lehető legkevesebb mechanikai beavatkozással dolgozza meg. A min-till rendszer lényege, hogy a talajt nem forgatja teljesen, hanem csak a vetéshez szükséges felső réteget lazítja és részben keveri. Ez a módszer jelentősen csökkenti az üzemanyag-felhasználást, mérsékli a munkagépek okozta talajtömörödést, és hozzájárul a talajszerkezet hosszú távú megőrzéséhez (Megyes et al., 2001).

A csökkentett menetszámú művelést főként olyan területeken alkalmazzák, ahol a talaj fizikai állapota megfelelő, és nincs szükség mélyebb beavatkozásra. A módszer előnye, hogy a kevesebb bolygatás miatt javul a talaj vízmegtartó képessége, a felszínen maradó növénymaradványok pedig védelmet nyújtanak az erózió ellen, mérséklük a hőmérséklet-ingadozást, és hosszú távon növelik a talaj szervesanyag-tartalmát (Hu, 2022).

Ugyanakkor a min-till rendszer alkalmazása fokozott odafigyelést igényel a gyomirtás és a tápanyag-gazdálkodás terén, mivel a kevesebb talajmozgatás miatt a tápanyagok eloszlása és a gyomok elleni védekezés kevésbé egyenletes. A sikeres műveléshez elengedhetetlen a megfelelő eszközválasztás, például sekélylazítók, kombinátorok vagy tárcsás boronák alkalmazása, valamint az időzítés optimalizálása (Dóka és mtsai., 2024).

Összességében a csökkentett menetszámú talajművelés átmenetet képez a hagyományos forgatásos és a forgatás nélküli rendszerek között. Gazdaságosabb és környezetkímélőbb, miközben megőrzi a talaj biológiai aktivitását, támogatja a fenntartható mezőgazdasági termelést, és hozzájárul a hosszú távon stabil terméshozamhoz.

## 2.6 A különböző talajművelő eszközök hatása a kukoricatermeszre

A kukorica terméshozamát jelentősen befolyásolja a talajművelés módja, mivel az alkalmazott eszközök és gépek különbözőképpen alakítják a talaj fizikai és kémiai tulajdonságait. A talajművelő eszközök hatása a talaj vízgazdálkodására alapvető jelentőségű: egyes gépek elősegítik a talaj levegőztetését, így támogatva a gyökérszövet fejlődését, míg a forgatásos rendszerek például a szerves anyagok beforgatásával javítják a talaj tápanyagtartalmát (Steponavičienė et al., 2024).

A különböző eszközök hatása a talaj szerkezetére is eltérő. A mélyművelő gépek képesek feltörni a tömörödött rétegeket, ami lehetővé teszi a gyökerek számára a mélyebb behatolást, ezáltal javítva a víz- és tápanyagfelvételt (Hu, 2022). Emellett a talaj hőmérsékletének szabályozásában is szerepet játszanak: a megfelelően előkészített talaj gyorsabban felmelegszik a tavaszi hónapokban, ami elősegíti a csírázást és a kezdeti növekedést (Steponavičienė et al., 2024).

A talajművelési eszközök jelentős hatást gyakorolnak a gyomok elleni védekezésre is. A kultivátorok és más sekélylazító eszközök mechanikai úton csökkenthetik a talaj felszínén található gyommagvak számát, így mérsékelve a gyomnövények versengését a kukorica számára (Bódis, 2020). Ugyancsak fontos szerepük van a szármaradványok kezelésében: azok beforgatása elősegíti a gyorsabb lebomlást és a talaj szervesanyag-tartalmának növekedését, ami hosszú távon javítja a talaj termékenységét. Ezzel párhuzamosan a megfelelő maradványkezelés hozzájárul a talajerózió mérsékléséhez is, különösen dombosabb területeken, ahol a víz- és szél-erózió kockázata magasabb (Várallyay & Harnos, 2020).

Összességében a talajművelő eszközök alkalmazása közvetlenül befolyásolja a kukorica fejlődését. A megfelelő technológia használatával erősebb gyökérszövet alakulhat ki, javul a vízfelvétel és a tápanyaghasznosítás, ami kedvező hatással van a termés mennyiségére és minőségére. Így a talajművelési rendszerek nemcsak a talaj fizikai állapotát, hanem a növények fejlődését is alapvetően meghatározzák, kulcsszerepet játszva a kukoricatermesztés sikerességében (Pepó, 2018).

### 2.6.1 Eke

Az eke a talajművelés egyik legősibb és legismertebb eszköze, amely a forgatásos talajművelési rendszer alapját képezi (Dóka és mtsai., 2024). Az ekével végzett művelés során a talaj felső rétegei mélyen megforgatásra kerülnek, ami elősegíti a szerves anyagok, a növénymaradványok és a gyommagvak

talajba juttatását, ezáltal kedvező magágyat hozva létre a vetőmag számára (Steponavičienė et al., 2024). A jól előkészített talaj biztosítja a kukorica gyors csírázását és az egyenletes kelést, ami különösen fontos a vegetáció korai szakaszában (Dóka és mtsai., 2024).

Az eke alkalmazása növeli a talaj tápanyagtartalmát, mivel a beforgatott szerves anyagok lebomlása tápanyagokat juttat vissza a talajba. Emellett a rendszeres forgatás hatékony gyomirtást biztosít, mivel a gyomok gyökérzete és föld feletti részei elpusztulnak. Ugyanakkor a talaj nedvességtartalma és szerkezete szempontjából kritikus az időzítés: túl nedves talajon a forgatás tömörödést, túl száraz talajon a megnövekedett párolgás miatti vízvesztést okozhat (Steponavičienė et al., 2024).

Hosszú távon a gyakori forgatás altalaj-lezáródást idézhet elő, ami korlátozza a kukorica gyökereinek mélyre hatolását és rontja a talaj víz- és levegőgazdálkodását (Birkás, 1997). Lejtős területeken a túlzott szántás fokozza a talajerózió kockázatát, mivel a talajfelszín könnyen elmozdulhat esőzések vagy szél hatására. Ezen túlmenően a talaj biológiai aktivitására is negatív hatással lehet, mivel a mikroorganizmusok és talajlakó élőlények károsodhatnak a rendszeres forgatás során, csökkentve a tápanyagok lebontását és újrahasznosítását (Laxman et al., 2024).

Összességében az eke fontos és sokoldalú eszköz, amely elősegíti a magágy kialakítását, a gyomirtást és a tápanyag-visszapótlást, de alkalmazása során figyelembe kell venni a talajtípust, az időjárást és a terület adottságait a hosszú távú fenntarthatóság érdekében.

## 2.6.2 Tárca

A tárcsás művelőeszközök, így a rövid- és nehéztárcsák, az egyik legelterjedtebben használt talajművelő gépek közé tartoznak a mezőgazdaságban (Huang & Li, 2020). Ezek az eszközök nem forgatják meg teljesen a talajt, hanem sekélyebb művelést biztosítanak, amely elsősorban a talaj felső rétegeinek keverésére, porhanyítására és a szármadaradványok bekeverésére irányul. A tárcsás művelés elősegíti a magágy kialakítását és a gyomok visszaszorítását, miközben a talaj szerkezetét kisebb mértékben változtatja, mint az eke (Megyes et al., 2001). Ezáltal a talaj víz- és levegőgazdálkodása kevésbé sérül, és a gyökérzet számára kedvezőbb feltételek alakulnak ki.

A sekély művelés egyik legnagyobb előnye, hogy megőrzi a talaj nedvességtartalmát, ami különösen szárazabb területeken fontos a növények sikeres fejlődése szempontjából (Birkás,

1997). Ezen kívül a talaj biológiai aktivitása kevésbé sérül, mivel a talajlakó mikroorganizmusok és élőlények nagyrészt megmaradnak. Ugyanakkor hátrányként említhető, hogy a sekély művelés nem mindig pusztítja el teljesen a gyomokat, ami hosszabb távon a talaj gyomosodásához vezethet (Megyes et al., 2001). A tárcsás művelés hatékonysága nagymértékben függ az időzítéstől: a túl korai vagy késői alkalmazás csökkentheti a gyomirtó hatást.

A tárcsás művelés a kukoricatermesztésben különösen előnyös lehet, mivel gyorsan előkészíthető a magágy, ami a kukorica gyors csírázását és egyenletes kelését támogatja (Dóka és mtsai., 2024). A gyomosodás megelőzése érdekében azonban célszerű kombinálni más gyomirtási módszerekkel, például mechanikai vagy vegyszeres gyomirtással, így biztosítható a megfelelő termesztési környezet a növény számára.

### 2.6.3 Kultivátor

A kultivátorok a forgatás nélküli talajművelés egyik leggyakrabban alkalmazott eszközei, és lehetnek rugós, merev szárú vagy kombinált típusúak. Elsődleges feladatuk a talaj lazítása, a gyomok visszaszorítása, valamint a talaj levegőztetésének biztosítása. A kultivátorok talajba történő behatolási mélysége és hatékonysága az eszköz típusától, beállításától és a talaj fizikai állapotától függ (Barta, 1979). Az eszközök nem forgatják meg a talajt, hanem inkább lazítják azt, így megőrzik a talaj felső rétegének szerkezetét, miközben elősegítik a víz és a levegő jobb áramlását a gyökérszónában.

A kultivátorok hozzájárulnak a gyomok mechanikai visszaszorításához, valamint a talaj szerves anyagainak gyorsabb lebomlásához, ezáltal javítva a talaj tápanyagellátottságát. Hatásuk a kukorica terméshozamára elsősorban pozitív, mivel a talaj levegőztetése elősegíti a gyökérszövet optimális fejlődését, javítja a víz beszivárgását, és így támogatja a növények vízellátottságát (Megyes et al., 2001).

Ugyanakkor a kultivátor hatékonysága csökkenhet gyomos vagy kötött talajokon, mivel a túl sűrű gyomállomány akadályozhatja az eszköz megfelelő működését, és a talaj lazítása sem lesz teljes mértékű (Atta-Darkwa et al., 2024). Ennek ellenére a kultivátorok fontos szerepet töltenek be a fenntartható talajművelési rendszerekben, különösen ott, ahol a talaj szerkezetének megőrzése és a gyomkontroll egyaránt kiemelt szempont.

## 2.6.4 Altalajlazító

Az altalajlazítók, például a mélylazítók, olyan eszközök, amelyek a talajfelszín alatti rétegeit dolgozzák meg a tömörödött rétegek fellazítása érdekében. A talaj mélyebb rétegeiben kialakuló tömörödés és csökkent vízáteresztő képesség gyakran akadályozza a gyökerek fejlődését, a víz és tápanyagok felvételét, így a növények optimális növekedését (Lv et al. 2019). Az altalajlazítók használata lehetővé teszi a gyökerek számára a mélyebb rétegekbe történő behatolást, ami javítja a talaj víz- és tápanyag-ellátottságát, valamint a növények stressztűrő képességét.

A mélylazítás közvetlen hatással van a kukorica fejlődésére, mivel elősegíti a gyökerek gyorsabb és mélyebb növekedését, ami különösen a víz- és tápanyagfelvétel szempontjából fontos (Lv et al. 2019). Az altalajlazítást nem minden évben alkalmazzák, hanem jellemzően többéves ciklusokban, amikor a talaj tömörödése indokoltá teszi a beavatkozást (Pásztor & Forgó, 2015).

Az altalajlazítók előnyei közé tartozik a talaj vízelvezetésének javítása, a belvíz kialakulásának kockázatának csökkentése, valamint a gyökérszóna optimális feltételeinek biztosítása. Ugyanakkor a mélylazítás költséges és energiaigényes beavatkozás, és nem minden talajtípuson szükséges (Lv et al. 2019). A túlzott alkalmazás hosszú távon a talaj mechanikai egyensúlyának felborulásához, valamint a talaj biológiai aktivitásának csökkenéséhez vezethet.

## 2.6.5 Kombinált talajművelő eszközök

A kombinált talajművelő eszközök olyan gépek, amelyek egyszerre több talajművelési feladatot képesek ellátni, így idő- és energiahatékony megoldást biztosítanak a mezőgazdaság számára. Ezen eszközök lehetővé teszik a talaj lazítását, aprítását, magágykészítését, valamint a szármaradványok beforgatását egy menetben, ami csökkenti a munkafolyamatok számát és az energiafelhasználást (Prem et al., 2016). A kombinált eszközök hatékonysága azonban nagymértékben függ a beállítástól és a művelés időzítésétől, ezért ezek megfelelő alkalmazása kulcsfontosságú a terméshozam optimalizálása szempontjából (Du et al., 2021).

A kombinált talajművelő eszközök előnyei közé tartozik a talaj taposási károsodásának csökkentése, mivel több művelet egy menetben történő elvégzésével kevesebb átmenettel érintett terület marad (Prem et al., 2016). Ez különösen fontos nedves talajok esetében, ahol a



talaj könnyen sérülhet. Ezen eszközök alkalmazása révén a talaj egyenletesebbé válik, ami javítja a vetés minőségét és elősegíti a kukorica egyenletes kelését és optimális fejlődését. Emellett a kombinált művelés hozzájárul a talaj hőmérsékletének szabályozásához, ami a növény fejlődésére és a termésképződésre is pozitív hatást gyakorol (Du et al., 2021).

Összességében a kombinált talajművelő eszközök alkalmazása elősegíti a gazdaságos, idő- és energiahatékony művelést, miközben javítja a talaj fizikai állapotát és a kukorica növekedési feltételeit.

## **2.7 A fenntartható kukoricatermesztési gyakorlatok**

A mezőgazdaságban a fenntarthatóság elsődleges kihívást jelent, és ez alól a kukoricatermesztés sem képez kivételt. A fenntartható kukoricatermesztés célja olyan termelési rendszerek kialakítása, amelyek nem csupán a gazdasági eredményességet célozzák, hanem a környezet védelmét, a természeti erőforrások megóvását és a társadalmi felelősségvállalást is szem előtt tartják. (Aakash, et al. 2022). A fenntartható fejlődés elveinek alkalmazása különösen fontos a talaj minőségének megőrzése, az ökoszisztémák egészségének fenntartása, valamint a mezőgazdaság társadalmi és gazdasági hatásainak javítása érdekében. A fenntartható kukoricatermesztési rendszerek több olyan alapelvet követnek, amelyek célja a környezeti terhelés minimalizálása, miközben a termelés továbbra is versenyképes marad. Ilyen alapelv a biodiverzitás megőrzése: ez azt jelenti, hogy a termőhelyeken nem kizárólag egyetlen növényfaj termesztésére kell koncentrálni, hanem olyan rendszereket kell kialakítani, amelyek támogatják a különböző növény- és állatfajok élőhelyét (Kovács, 2016). A talajvédelem is kiemelt jelentőségű: a talajerózió, a tápanyag-kimerülés és a talajszennyeződés mind olyan tényezők, amelyek hosszú távon veszélyeztetik a termelés fenntarthatóságát (Várallyay, 2022). A vízgazdálkodás optimalizálása ugyancsak kulcsfontosságú: a víz hatékony felhasználása és kezelése, valamint a vízhiányhoz való alkalmazkodás nélkülözhetetlen a fenntartható termesztés szempontjából (Várallyay, 2001). Továbbá, a kémiai inputanyagok, műtrágyák és peszticidek csökkentése és azok helyettesítése alternatív megoldásokkal (például integrált növényvédelem, biológiai védekezés) hozzájárul a környezetbarátabb termelési módok kialakításához (Aakash, et al. 2022).

A szakirodalom szerint több olyan technika alkalmazható a kukoricatermesztésben, amelyek elősegítik a fenntarthatóságot. A vetésforgó, vagyis a kukorica és más növények váltott

termesztése segíti a talaj tápanyag-egyensúlyának fenntartását és mérsékli a kártevők, betegségek megjelenését. A szerves trágyázás (például komposzt vagy takarmányhulladék alkalmazása) javítja a talaj szerkezetét, növeli a mikrobiális aktivitást, és csökkenti a külső inputok szükségességét. A talajerózió megelőzésére olyan módszerek alkalmazhatók, mint a talajtakarás, mulcsozás vagy a sekély művelés (Agriculture Institute, 2024). Az integrált növényvédelem (IPM) keretében a biológiai, mechanikai és vegyi módszerek kombinációja lehetővé teszi a kártevők és betegségek elleni védekezést úgy, hogy közben csökkentett vegyszer-használattal történik a védekezés (Kogan et al., 2021). Az öntözési rendszerek korszerűsítése, például csepegtető öntözés, esővíz-gyűjtés és a pontos vízfelhasználás technológiai segíthetnek a vízpazarlás csökkentésében és a hatékonyság növelésében. (Wang, et al., 2023)

## 2.8 A kukoricatermesztés jövőbeli irányai

A kukoricatermesztés jövőbeli fejlődési irányait alapvetően három fő tényező határozza meg, a fenntarthatóság iránti fokozódó igény, a technológiai innovációk gyors ütemű fejlődése, valamint az éghajlatváltozáshoz való alkalmazkodás szükségessége. A mezőgazdaság digitalizációja és az adatvezérelt döntéshozatal kulcsszerepet játszik abban, hogy a termelés hatékonyabbá, ugyanakkor környezetkímélőbbé váljon (Nagy, 2010).

A precíziós mezőgazdaság rohamos terjedése lehetővé teszi, hogy a termelők pontosan alkalmazkodjanak a növények igényeihez és a környezeti feltételekhez. A dróntechnológia, a szenzorok és a távérzékelés használata lehetővé teszi a növényállomány fejlődésének valós idejű monitorozását, így a beavatkozások mint, például az öntözés, tápanyag-utánpótlás és növényvédelem, célzottabbá válhatnak (Tsouros, Bibi & Sarigiannidis, 2019). Az automatizált mezőgazdasági gépek és robotok alkalmazása nemcsak a munkaerőhiányt enyhíti, hanem javítja a gazdálkodás hatékonyságát és a termelés kiszámíthatóságát (Nagaraja et al., 2024).

A big data elemzés és a mesterséges intelligencia (AI) egyre nagyobb szerepet kap a termésbecslésben, a vetési időpontok optimalizálásában és a döntéstámogatásban, amely segíti a kockázatkezelést és növeli a termelés stabilitását (Campos et al., 2004).

A fenntarthatóság szempontjából kiemelt cél a mezőgazdasági tevékenység környezeti lábnyomának csökkentése és a talaj egészségének megőrzése. A regeneratív gazdálkodás

elvei, mint a talaj szervesanyag-tartalmának növelése, a vetésforgó alkalmazása és a talajtakarás, hozzájárulnak a talaj szénmegkötő képességének növeléséhez. Emellett a víztakarékos öntözési technológiák mint, például a csepegtető rendszerek és az okos öntözőberendezések, segítenek mérsékelni a vízhiány problémáját, különösen az aszályos időszakokban (Wang et al., 2023).

A biológiai növényvédelem térnyerése mint, például a természetes ellenségek és mikrobiológiai készítmények alkalmazása, lehetővé teszi a vegyszerek használatának csökkentését, ezáltal védve a talaj és a vizek ökoszisztémáját (Gul et al., 2023).

A jövőbeli kukoricatermesztés kulcsa a genetikai innovációban rejlik. A nemesítési programok célja olyan fajták előállítása, amelyek jobban ellenállnak a szárazságnak, a hőstressznek és a különböző betegségeknek (Campos et al., 2004). A gyökérmorfológiai kutatások kimutatták, hogy a gyökérbelső aerenchyma (RCA) kialakulása csökkenti a gyökérlégzést, ezzel javítva a vízfelvételt és a szárazságtűrést (Lynch, 2010).

A korszerű genomikai eszközök, mint a CRISPR-alapú génszerkesztés, transzkriptomika és proteomika, lehetővé teszik a célzott génmódosítást, amellyel új, klímaadaptív kukoricafajták fejleszthetők (Chen et al., 2023). Ezek a fajták képesek alkalmazkodni a változó csapadékeloszláshoz és hőmérséklethez, miközben megőrzik vagy növelik a terméshozamot (Campos et al., 2004).

A kutatások szerint a modern hibridek stressztűrő képessége jelentősen javult az elmúlt három évtizedben, ami a genetikai előrehaladásnak és a precíziós nemesítési technológiáknak köszönhető (Campos et al., 2004). Az omikai technológiák kombinálása a nagy áteresztőképességű fenotipizálással (HTP) lehetővé teszi a szárazságtűrő tulajdonságok gyors azonosítását és beépítését a nemesítési folyamatokba (Cobb et al., 2013).

A jövő mezőgazdasága nemcsak technológiai, hanem társadalmi és piaci szinten is változik. A fogyasztók növekvő igénye a helyi, fenntartható és organikus termékek iránt új kihívásokat és lehetőségeket teremt a kukoricatermelők számára (Nagy, 2010). Az agrárpolitikai döntések, a támogatási rendszerek és a globális kereskedelmi szabályozások szintén meghatározó szerepet játszanak a termelés jövőjében.

Összességében a kukoricatermesztés jövője az okos technológiák, a klímaadaptív fajták és a fenntartható gazdálkodási elvek integrációján alapul. A tudományos kutatás, a digitalizáció és a környezeti tudatosság együttesen biztosíthatják a jövő mezőgazdaságának stabilitását és versenyképességét.

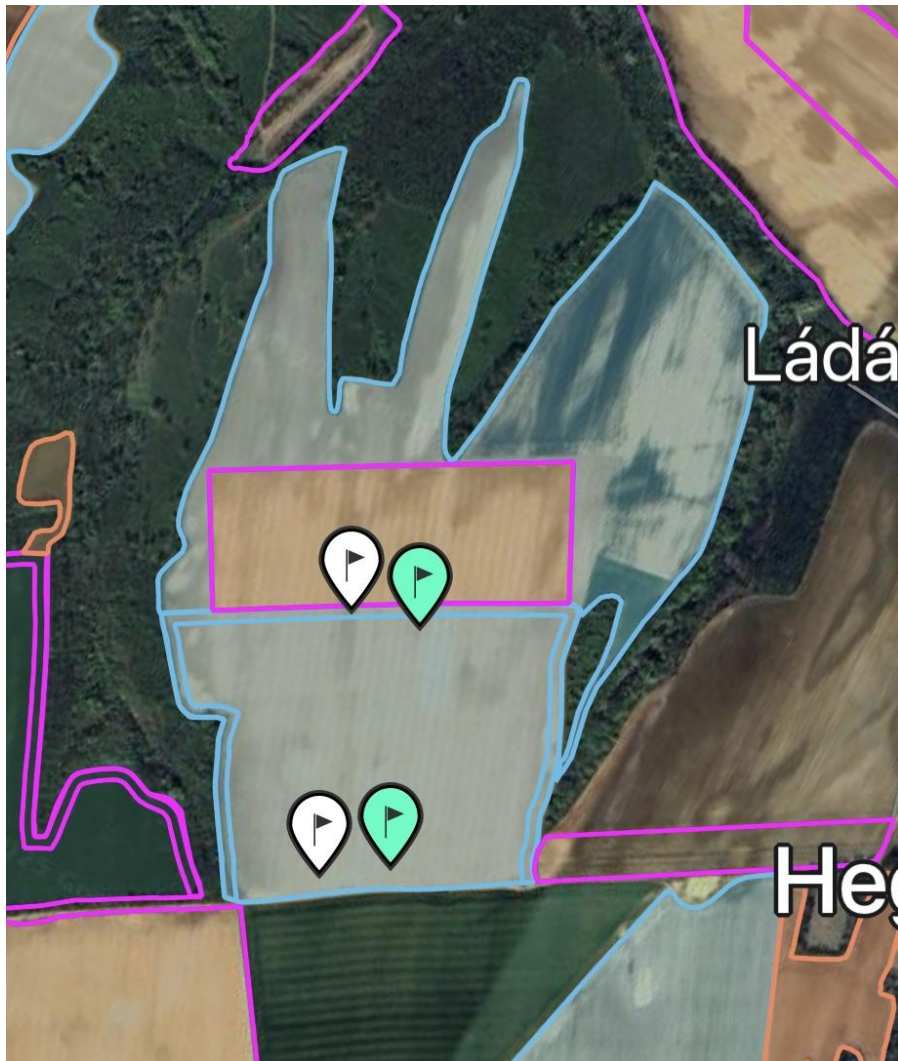


### **3. Anyag és módszer**

#### **3.1 A kísérleti terület elhelyezkedése és jellemző adottságai**

A kísérletemet a Baranya megyei Hegyhátmaróc település határában zajlott, amely a Dél-Dunántúli régió jellemző agroökológiai környezetében helyezkedik el. A terület éghajlati jellemzői ideálisak a kukorica termesztéséhez. A régió mérsékelt meleg, mérsékelt nedves éghajlattal rendelkezik, amely a kukorica optimális növekedését biztosítja. Az éves csapadékmennyiség 700-800 mm között mozog. Az évi középhőmérséklet 13-14 °C között alakul.

Az *1. ábrán* lévő kísérleti területen a talaj vályog és agyagos vályog keverékéből áll, amely barna erdőtalaj típusú. Ezen talajok jó víz- és tápanyagtartálékkal rendelkeznek, ami segíti a növények megfelelő fejlődését. A domborzati viszonyok enyhén hullámosak, a terület tengerszint feletti magassága 150-200 méter között mozog.



1. ábra: A kísérleti tábla térlepe

### 3.2.1 A talaj fizikai-kémiai tulajdonságai

A kísérleti területről vett talajminták laboratóriumi vizsgálata során kiderült, hogy a talaj kedvező kémiai és fizikai jellemzőkkel rendelkezik a kukorica termesztéséhez. A talaj kémhatása a semleges tartományba esik, ami elősegíti a tápanyagok megfelelő hasznosulását. A talaj kötöttségi foka alapján közép-kötött kategóriába sorolható, így megfelelő víz- és levegőgazdálkodási tulajdonságokkal rendelkezik. A humusztartalom szintén a megfelelő szint közelében van, ami a talaj biológiai aktivitásának és szerkezetének fenntartásához elengedhetetlen.

A tápanyag-ellátottság tekintetében a makro- és mikroelemek koncentrációja is kielégítőnek mondható. A nitrogén-, foszfor- és káliumtartalom biztosítja a kukorica fejlődéséhez szükséges alapvető tápanyagokat, míg a megfelelő magnézium-, kén- és mikroelem-ellátottság hozzájárul a zavartalan élettani folyamatokhoz. A sótartalom nem éri el a káros szintet, így nem

befolyásolja hátrányosan a növény vízfelvételét és fejlődését. A karbonáttartalom szintén nem okoz problémát, nem gátolja a tápelemek felvételét.

Összességében a vizsgált talaj összetétele alkalmasnak tekinthető a kísérleti célú kukoricatermesztéshez, mivel a benne rejlő fizikai és kémiai tulajdonságok nem jelentenek korlátozó tényezőt a terméshozam szempontjából.

tulajdonság	táblaátlag adat	mértékegység
pH	7,04	pH egység
KA	43	Arany-féle kötöttségi egység
összes só	0,061	m/m% légszáraz
Szénsavas mész	4,5	m/m% légszáraz
Humusz	1,03	m/m% légszáraz
Nitrit+nitrát nitrogén	6,70	m/m% légszáraz
Foszfor-pentoxid	202	m/m% légszáraz
Kálium oxid	149	m/m% légszáraz
Magnézium	248	m/m% légszáraz
Nátrium	29	m/m% légszáraz
Cink	0,80	m/m% légszáraz
Réz	1,29	m/m% légszáraz
Mangán	69	m/m% légszáraz
Szulfát-kén	4,5	m/m% légszáraz

1. Táblázat: A táblán végzett talajvizsgálat eredményei.

### 3.2.2 A kísérlet termesztéstechnológiájának bemutatása

A kísérlet célja annak vizsgálata volt, hogy a különböző talajművelési módszerek hogyan befolyásolják a kukorica fejlődését és terméshozamát. Három különböző talajművelési technológia került alkalmazásra: a hagyományos forgatásos művelés, a forgatás nélküli művelés és a csökkentett menetszámú művelés. A kísérlet során a három művelési módszert három különálló, azonos méretű parcella segítségével hasonlítottuk össze.

A kísérleti területen a 2024-es évben őszi búza volt az elővetemény. A betakarítást követően, augusztus közepén a tarlót totális gyomirtásban részesítettük, amelyet Fozát 480 hatóanyagú készítménnyel végeztünk 5 liter/ha dózisban. A kezelés célja a búza aratása után megjelenő évelő és magról kelő gyomok elpusztítása, valamint a következő kultúra számára tiszta és gyommentes talajállapot biztosítása volt.

A kísérlet egyik kezelése a hagyományos, forgatásos talajművelési rendszer volt, amely során a talaj előkészítése több lépésben történt. A szántást 2024. november 8-án végeztük el, 30 cm mélységben, Lemken Diamant típusú, ötféjes váltvaforgatós ekével. A mélyszántás célja a talaj lazítása, a vízbefogadó képesség javítása és a gyökérszövet fejlődéséhez kedvező feltételek kialakítása volt.

A szántott talaj tavaszi lezárására és elmunkálására 2025. március 3-án került sor Framest Creator típusú kombinátor alkalmazásával. Ezzel biztosítottuk a megfelelően aprómorzású talajszerkezetet és a vetéshez szükséges felszínkiegyenlítést.

A tápanyagpótlást 2025. április 5-én végeztük Rauch Axis műtrágyaszóróval. A kijuttatott műtrágya 27%-os pétisó (ammónium-nitrát alapú), amelyből 550 kg/ha mennyiséget alkalmaztunk, így a tényleges hatóanyag-kijuttatás 148,5 kg/ha nitrogénnek felelt meg. A tápanyagpótlást követően ugyanazon a napon történt a magágykészítés, szintén a Framest Creator kombinátorral, körülbelül 8 cm-es munkamélységben.

A kísérlet másik kezelése a csökkentett menetszámú, más néven minimális talajművelés (min-till) volt, amelynek célja a talaj szerkezetének megóvása, a nedvességveszteség csökkentése és az üzemanyag-felhasználás mérséklése. E rendszerben a talaj forgatása elmaradt, helyette sekélyebb, keverő jellegű beavatkozás történt.

A talajművelés első lépése 2024. november 8-án történt, amikor Horsch Joker HD típusú rövidtárcsát alkalmaztunk 12-15 cm munkamélységben. A tárcsás művelés során a növényi maradványok részleges bekeverése és a felső talajréteg lazítása valósult meg, ezáltal biztosítva



a jó vízbefogadó képességet és a tavaszi magágykészítés alapját. A talajlezárás ebben a kezelésben elmaradt, így a felszín nedvességmegőrző képessége nagyobb szerepet kapott.

A műtrágyaszórás, magágykészítés, gyomirtás és sorközművelés a hagyományos forgatásos művelésnél alkalmazott technológiai elemekkel megegyező módon zajlott.

A harmadik kísérleti kezelés a forgatás nélküli, vagyis no-till rendszer volt, amely a talaj bolygatásának teljes elhagyásával valósult meg. A módszer lényege, hogy a vetés közvetlenül a kezeletlen, szerves maradványokkal borított talajfelszínbe történik, ezáltal a talajszerkezet megőrződik, a nedvességveszteség mérséklődik, és a talaj biológiai aktivitása fokozódik. A terület 2025. április 5-én totális gyomirtó kezelést kapott Fozát 480 hatóanyagú permetezőszerrel, 5 liter/ha dózisban, a korábban kelt gyomok és évelő növényzet elpusztítása érdekében. Ugyanezen a napon történt a műtrágyaszórás is, a korábbi kezelésekkal megegyező módon.

A kísérlet mindhárom talajművelési rendszerében a vetés egységes technológiával történt. A vetésre 2025. április 10-én került sor a 2. ábrán látható Väderstad Tempo típusú precíziós szemenkénti vetőgéppel, 71 000 tő/ha vetési sűrűséggel. A felhasznált vetőmag a Pioneer P9757 hibrid volt, FAO 380 éréscsoportba tartozó fajta, amely jól alkalmazkodik a középkött talajokhoz és a változó csapadékviszonyokhoz. A vetésmélység 5 cm volt, amely optimális a gyors és egyenletes keléshez.

A vetéssel egy menetben kijuttatásra került NPK 10-26-26 összetételű műtrágya 130 kg/ha mennyiségben, biztosítva a kezdeti tápanyagellátást. Emellett starter műtrágyaként NP 10-40 típusú mikrogranulátum is kijuttatásra került, amely a korai gyökérfejlődést és a kezdeti növekedést segítette elő.

A kukorica betakarítására 2025. október 10-én került sor John Deere T660i típusú kombájnnal. A betakarítás során mértük a szemek víztartalmát, amely minden talajművelési módszernél átlagosan 13,5% volt.



*2. ábra: Precíziós szemenkénti vetőgép*

A gyomirtást szintén mindhárom talajművelési rendszerben azonos technológiával végeztük. A kezelést 2025. május 16-án hajtottuk végre, amikor a kukorica az 5-7 leveles fejlettségi állapotban volt. A permetezést Horsch Leeb típusú szántóföldi permetezőgéppel végeztük, amely lehetővé tette a precíz dóziskijuttatást és az egyenletes fedettséget. A használt vegyszerek Principal Forte granulált készítményből 480 g/ha, Python folyékony gyomirtóból 0,3 liter/ha, Vivolt tapadásfokozóból 0,4 liter/ha, valamint Nitrosol folyékony nitrogénműtrágyából 4 liter/ha. A kezelést a kukorica intenzív növekedési szakaszának kezdetén alkalmaztuk, amikor a gyomnövények még fiatal, érzékeny állapotban voltak. A kombináció célja a gyomok hatékony visszaszorítása és a kultúrnövény fejlődésének elősegítése volt a korai vegetációs időszakban

### **3.3 A kísérlet paramétereit és mérési módszerek**

A kísérlet során az alábbi paramétereket vettük figyelembe, amelyek segítettek értékelni a talajművelési módszerek hatását a kukorica fejlődésére és termés hozamára:

A kelési arányt a vetést követő 12. napon mértük, és az eredményeket az egyes parcellákon követhető növényi fejlődés alapján rögzítettük. A növénymagasságot kétheti rendszerességgel mértük a különböző parcellákon, és az átlagos növénymagasságot összehasonlítottuk.

A gyomosságot szintén kétheti szinten figyeltük, és mértük a gyomnövények előfordulásának mértékét. A tőszámot a betakarítás előtti héten rögzítettük.

A talaj nedvességtartalmát havonta egyszer mértük talajnedvesség-mérővel 25-30 cm mélységben. Végezetül a betakarítást követően a termés hozamot mértük. Az adatok alapján statisztikai elemzéseket végeztünk, és az egyes kezelések közötti szignifikáns különbségeket meghatároztuk.

## 4. Kutatás eredményei

### 4.1. Növények kelési aránya és tőszám

A vetést követően a kelési arány mindhárom talajművelési módszer esetében megfelelőnek bizonyult. A forgatásos és a csökkentett menetszámú (min-till) parcellákon a növények egyenletesen keltek, és a kelés intenzitása, valamint az állomány sűrűsége közel azonos volt. A forgatás nélküli (no-till) területen 1-2%-kal alacsonyabb kelési arányt tapasztaltunk, azonban ez a különbség nem volt jelentős, és a vegetációs időszak során a növények fejlődése kiegyenlítődt.

### 4.2. Növénymagasság és gyomosság

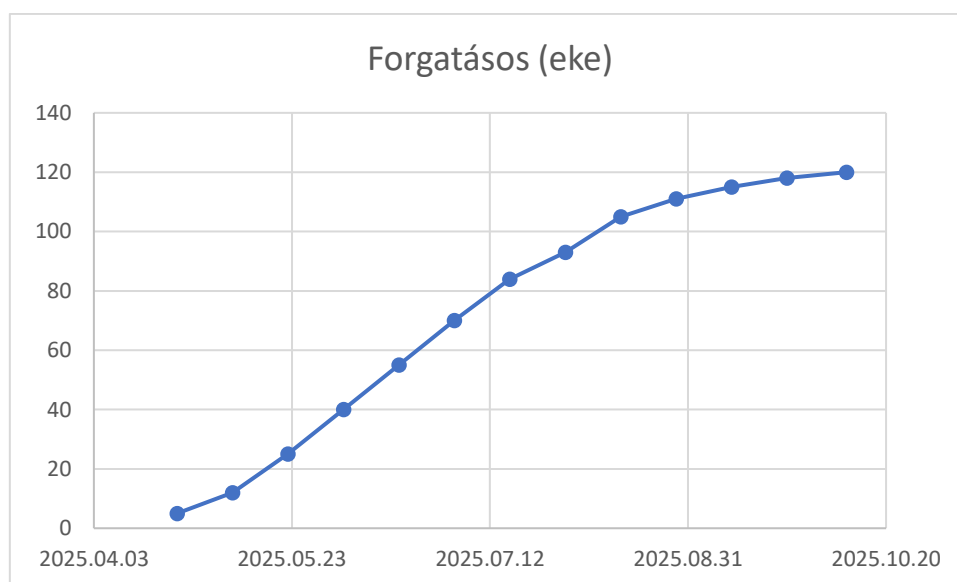
A növénytőmagasság alakulását kétheti rendszerességgel mértük a vegetációs időszak során. A mérések alapján a három különböző talajművelési mód között nem mutatkozott lényeges eltérés. A növények fejlődése egyenletes volt, az állomány egészségügyi állapota pedig mindhárom esetben makulátlannak bizonyult, betegségi vagy tápanyaghiányos tünetek nem jelentkeztek. A gyomosságot szintén folyamatosan figyelemmel kísértük, de az aszályos év miatt semmilyen gyom nem károsította a kísérleti táblát.

Dátum	Forgatásos (eke)	Min-till	No-till	Gyomosság (minden módszer, %)
2025.04.24	5cm	5cm	4cm	0%
2025.05.08	12cm	13 cm	12 cm	0%
2025.05.22	25 cm	26 cm	25 cm	0%
2025.06.05	40 cm	42 cm	41 cm	0%
2025.06.19	55 cm	57 cm	56 cm	0%
2025.07.03	70 cm	72 cm	70 cm	0%
2025.07.17	84 cm	88 cm	86 cm	0%
2025.07.31	93 cm	97 cm	96 cm	0%

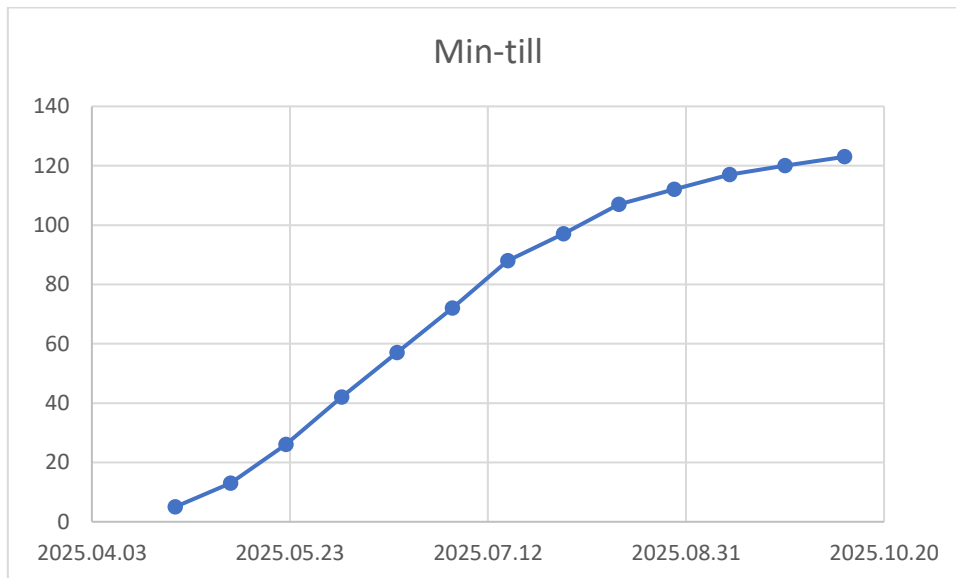
2. Tábázat: Növénymagasság és gyomosság eredményei

<b>Dátum</b>	<b>Forgatásos (eke)</b>	<b>Min-till</b>	<b>No-till</b>	<b>Gyomosság (minden módszer, %)</b>
2025. 08.14	105 cm	107 cm	106 cm	0%
2025.08.28	111 cm	112 cm	112 cm	0%
2025.09.11	115 cm	117 cm	116 cm	0%
2025.09.25	118 cm	120 cm	119 cm	0%
2025.10.10	120 cm	123 cm	120 cm	0%

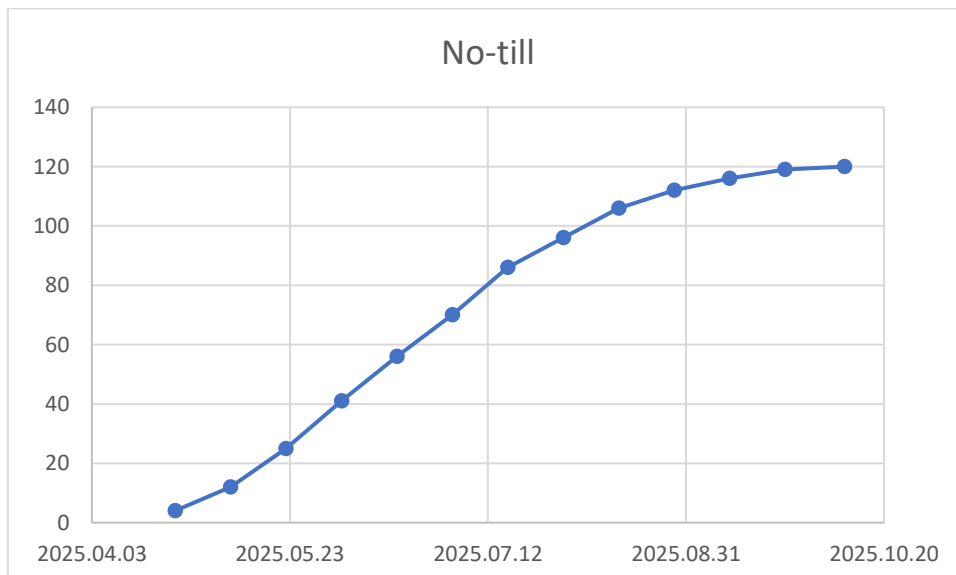
2. Táblázat folytatása: Növénymagasság és gyomosság eredményei



3. ábra: Forгатásos Művelés



4. ábra: Min-till művelés



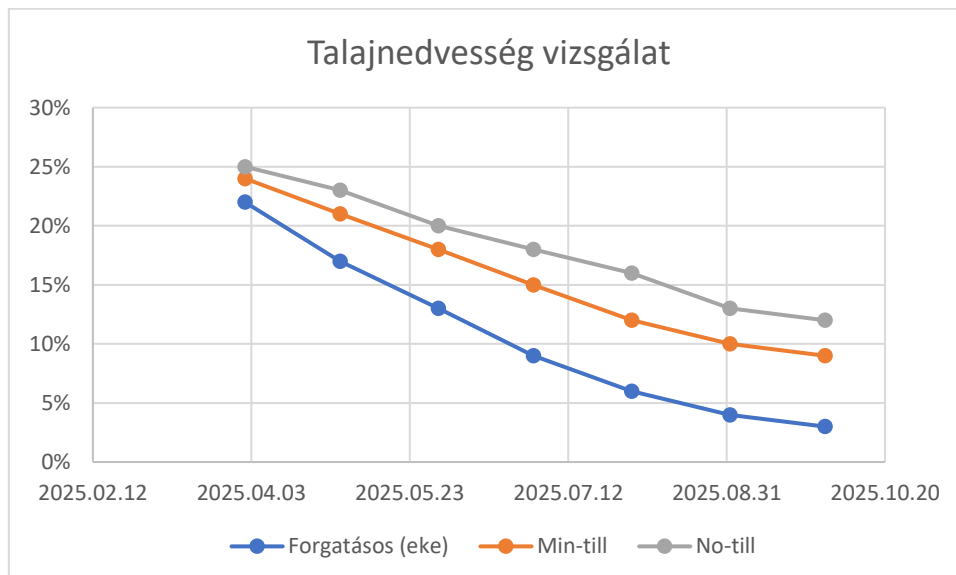
5. ábra: No-till művelés

### 4.3. Talajnedvesség

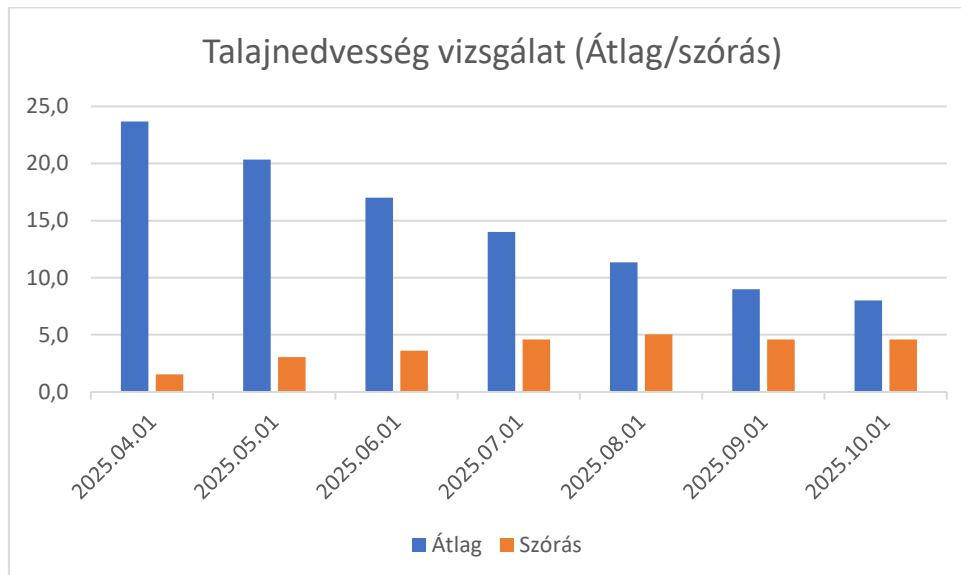
A talajnedvesség mérése során jól érzékelhető különbségek mutatkoztak az eltérő talajművelési rendszerek között. A legszárazabb állapotot a forgatásos művelésű területen tapasztaltuk, ahol a mély szántás következtében a talaj szerkezete lazábbá vált, ezáltal a nedvesség gyorsabban elpárolgott. A csökkentett menetszámú (min-till) kezelésben a talaj vízmegtartó képessége kedvezőbb volt, míg a forgatás nélküli (no-till) rendszerben mértük a legmagasabb nedvességtartalmat.

Dátum	Forgatásos (eke)	Min-till	No-till
2025.04.01	22%	24%	25%
2025.05.01	17%	21%	23%
2025.06.01	13%	18%	20%
2025.07.01	9%	15%	18%
2025.08.01	6%	12%	16%
2025.09.01	4%	10%	14%
2025.10.01	3%	9%	12%

3. Táblázat: talajnedvesség-vizsgálat eredményei



6. ábra: Talajnedvesség vizsgálat



7. ábra: talajnedvesség vizsgálat

#### 4.4. Tőszámvizsgálat

A betakarítást megelőző héten elvégzett tőszámlálás során a forgatásos és a min-till kezelésekben egyaránt 68.000 tő/ha értéket rögzítettünk, míg a no-till területen 67.000 tő/ha tőszámot mértünk. A különbség minimális, statisztikailag nem tekinthető szignifikánsnak.

#### 4.5. Terméshozam

A 2025-ös év rendkívül aszályos időjárása jelentős mértékben visszavetette a kukorica terméseredményeit. A térségben a szokásos években 9-10 t/ha termésátlag tekinthető jellemzőnek, ezzel szemben a vizsgált évben mindhárom kezelés esetében 4,5-5,5 t/ha közötti értékeket mértünk. A legjobb termést a forgatás nélküli (no-till) művelési rendszerben értük el, ahol 5,5 t/ha hozamot regisztráltunk. A min-till rendszer hozama 5,2 t/ha, míg a forgatásos művelésé 4,9 t/ha volt.



## **5. Az eredmények értékelése**

### **5.1. A növények kelési arányának és tőszámának értékelése**

A kísérlet eredményei alapján elmondható, hogy a különböző talajművelési módok között nem alakult ki számottevő különbség a kelésben és a tőszámban. Ez arra utal, hogy mindhárom módszer képes volt biztosítani a kukorica számára a megfelelő kelési feltételeket. Az enyhe eltérések valószínűleg inkább a mikroklíma, a talaj szerkezete vagy a nedvességi viszonyok miatt alakultak ki, mintsem a technológiai különbségek miatt. A vetés egyenletesnek bizonyult, ami azt mutatja, hogy mindhárom technológiánál jó volt a magágy minősége és a vetés pontossága. Mivel az év extrém száraz volt, különösen fontos, hogy a kelés még így is kedvezően alakult, ami a megfelelő vetésidőnek és a jól megválasztott vetőmagnak köszönhető.

### **5.2. A növénymagasság és a gyomosság értékelése**

A növények fejlődése kiegyenlített képet mutatott, és a növénymagasságban sem volt lényeges különbség a kezelések között. Ez azt jelzi, hogy a talajművelés módja a vegetatív növekedést nem befolyásolta jelentősen. Az állomány egészségi állapota mindenhol megfelelő volt, nem jelentkeztek növényvédelmi problémák. A gyomosság mértéke is hasonlóan alakult a különböző parcellákon, ami jól mutatja, hogy a gyomirtás időzítése és hatékonysága mindhárom esetben megfelelő volt. Az aszályos körülmények miatt a gyomok kelése a vegetáció későbbi szakaszában sem okozott gondot, így a kultúrnövény végig versenyelőnyben maradt.

### **5.3. A talajnedvesség értékelése**

A talajnedvesség vizsgálata egyértelmű különbségeket mutatott a különböző művelési módok között. A kevésbé bolygatott területek jobban megőrizték a nedvességet, míg a mélyen megmunkált, forgatásos területek gyorsabban kiszáradtak. Ez a hatás az aszályos évben különösen jól megfigyelhető volt, hiszen a csapadékhiány miatt a talaj vízmegtartó képessége kulcsszerepet játszott a növény fejlődésében. Az eredmények azt támasztják alá, hogy a forgatás nélküli és a csökkentett menetszámú technológiák előnyt jelentenek száraz időjárási körülmények között, mivel hatékonyabban őrzik meg a talajnedvességet és csökkentik a párolgási veszteséget. Az adatok jól tükrözik, hogy a forgatásos talajművelésnél a talaj nedvességtartalma már júliusra drasztikusan lecsökkent, ami a növények számára potenciális stresszhelyzetet teremtett. Ezzel szemben a min-till rendszer mérsékelte a kiszáradást, míg a

no-till talajművelés a legjobban tartotta meg a vizet, így a vegetáció során a növények számára kedvezőbb feltételeket biztosított.

#### **5.4. A tőszámvizsgálat értékelése**

A betakarítás előtti tőszámfelmérés alapján mindhárom művelési módnál megfelelő sűrűségű állomány alakult ki, és csak kisebb eltérések voltak tapasztalhatók. Ez arra utal, hogy a különböző talajművelési módok nem befolyásolták számottevően a növények fennmaradását vagy fejlődését. Az enyhe különbségek inkább természetes ingadozásnak tekinthetők, mintsem technológiai hibának. Fontos kiemelni, hogy a kedvezőtlen, aszályos időjárás ellenére az állomány minden kezelésben egységes képet mutatott, ami a jó vetési minőség és a megfelelő tápanyagellátás eredménye.

#### **5.5. A terméshozam értékelése**

A terméseredmények elemzésénél jól látható, hogy a 2025-ös rendkívül aszályos évszámot komoly kihívást jelentett minden technológia számára. Ennek ellenére a hozamok között kimutatható különbségek alapján megfigyelhető, hogy a talajművelés módja befolyásolta a vízmegtartó képességet és ezáltal a termés mennyiségét. A kisebb bolygatással járó rendszerek általában jobban alkalmazkodtak a vízhiányos körülményekhez, ami összhangban van más kutatási eredményekkel is. Ez azt mutatja, hogy száraz, csapadékszegény években a forgatás nélküli vagy csökkentett menetszámú művelés előnyösebb lehet, mivel segít a talajnedvesség megőrzésében és a növény stresszének csökkentésében.

## 6. Következtetések és javaslatok

A vizsgálatok alapján egyértelműen megállapítható, hogy a különböző talajművelési eljárások eltérő hatást gyakorolnak a kukorica fejlődésére, terméshozamára és a talaj állapotára. A hagyományos, forgatásos talajművelés ugyan megfelelő magágyat biztosít és rövid távon magasabb hozamot eredményezhet, hosszabb távon azonban rontja a talajszerkezetet, csökkentheti a talaj vízmegtartó képességét, valamint jelentős energia- és munkaráfordítást igényel.

A forgatás nélküli és a csökkentett menetszámú művelési módok előnye a talajszerkezet és a szervesanyag-tartalom megőrzése, valamint az üzemanyag-felhasználás és a munkaműveletek számának csökkentése. Ezek a technológiák kedvezőbb fenntarthatósági mutatókkal bírnak, ugyanakkor megkívánják az alkalmazott fajták és a vetésidő pontos megválasztását, valamint a gyomirtás szakszerű tervezését.

A jövőbeni gyakorlatban érdemes lehet olyan technológiai rendszerek alkalmazása, amelyek ötvözik a forgatás nélküli művelés előnyeit a talaj termőképességének megőrzésével. Fontos szerepe lehet a precíziós gazdálkodási módszereknek is, amelyek lehetővé teszik a talajállapot folyamatos nyomon követését és az inputanyagok optimális kijuttatását.

A kutatás eredményei alapján javasolt, hogy a gazdálkodók a termőhely adottságainak és az üzem technikai felszereltségének figyelembevételével válasszák ki a legmegfelelőbb talajművelési eljárást, amely egyszerre biztosítja a magas terméshozamot, a környezeti fenntarthatóságot és a gazdaságosságot.

### 6.1. Következtetések

A vizsgálatok alapján megállapítható, hogy a különböző talajművelési módok, a forgatásos, a csökkentett menetszámú (min-till) és a forgatás nélküli (no-till) között nem alakultak ki jelentős különbségek a kelési arányban, a növénymagasságban vagy az állomány sűrűségében. Ez arra utal, hogy mindhárom technológia képes biztosítani a kukorica számára a megfelelő kezdeti fejlődési feltételeket. Az enyhe eltérések, mint például a no-till esetében tapasztalt kissé alacsonyabb kelési arány, nem voltak szignifikánsak, és a vegetációs időszak során kiegyenlítődtek.

A talajnedvesség-vizsgálatok viszont egyértelműen rámutattak arra, hogy a talajművelés módja számottevő hatással van a talaj vízmegtartó képességére. A kevésbé bolygatott, no-till rendszer megőrizte a legtöbb nedvességet, míg a forgatásos területen a nedvesség gyorsabban elpárolgott

a lazább szerkezet miatt. Ez az eredmény különösen aszályos körülmények között bír nagy jelentőséggel, hiszen a vízhiány a 2025-ös évben is komoly korlátozó tényezőnek bizonyult.

A terméseredmények a vízmegtartó képességgel összhangban alakultak: a legjobb hozamot a forgatás nélküli művelés adta (5,5 t/ha), ezt követte a csökkentett menetszámú technológia (5,2 t/ha), míg a leggyengébb eredményt a forgatásos művelésnél mértük (4,9 t/ha). Mindez arra utal, hogy a kisebb talajbolygatással járó technológiák kedvezőbb feltételeket teremtenek a kukorica számára száraz, csapadékszegény időjárási viszonyok között.

Összességében elmondható, hogy a kísérlet eredményei megerősítik a szakirodalomban is gyakran hangoztatott megállapítást, miszerint a talajkímélő művelési rendszerek, különösen a no-till, hozzájárulhatnak a talaj vízháztartásának javításához, ezáltal a termésbiztonság növeléséhez. Ugyanakkor a hosszabb távú hatások (pl. szervesanyag-tartalom változása, talajszerkezet stabilitása, gyomdinamika) vizsgálata további kutatásokat igényel.

## **6.2. Javaslatok**

A kísérlet tapasztalatai alapján egyértelmű, hogy aszályos vagy csapadékhiányos térségekben a gazdálkodók számára előnyös lehet a csökkentett menetszámú (min-till) vagy a forgatás nélküli (no-till) talajművelési technológiák alkalmazása. Ezek a módszerek hatékonyabban őrzik meg a talaj nedvességtartalmát, mérséklék a párolgási veszteségeket, és ezáltal hozzájárulnak a kukorica fejlődésének stabilitásához az extrém időjárási körülmények között.

A no-till rendszer kezdetben nagyobb odafigyelést és megfelelő gépesítést igényel, például a tarlómaradványok hatékony kezelése és a vetőmag pontos elhelyezése érdekében.

Ugyanakkor hosszabb távon számos előnyt kínál, csökkentett energiafelhasználás, alacsonyabb üzemanyagköltség, javuló talajszerkezet és fokozott talajélet. Emellett a talaj biológiai aktivitása és szervesanyag-tartalma is kedvezően alakulhat, ami hosszú távon fenntarthatóbb termelést tesz lehetővé.

A forgatásos művelés továbbra is indokolt lehet bizonyos helyzetekben, például tömörödött, gyomos, vagy szerkezetileg kedvezőtlen talajok esetén. Azonban az ilyen beavatkozásokat célszerű időszakosan és célzottan, nem pedig rendszeresen alkalmazni, hogy minimalizáljuk a talaj szerkezetére és nedvességmegtartó képességére gyakorolt negatív hatásokat.

Kutatási szempontból fontos lenne a kísérletet több éven keresztül folytatni, különböző csapadékviszonyok mellett, hogy a talajművelési módok hosszú távú hatásai pontosabban értékelhetők legyenek. Emellett javasolt a talaj szervesanyag-tartalmának, tápanyag-

szolgáltató képességének és biológiai aktivitásának részletes vizsgálata, mivel ezek alapvető szerepet játszanak a fenntartható kukoricatermesztésben.

További javaslatként megfogalmazható, hogy a gazdálkodók kombinálják a talajművelési módszereket a precíziós gazdálkodási technológiákkal, például a talajnedvesség-mérésre és a tápanyag-utánpótlás optimalizálására épülő rendszerekkel. Ez nemcsak a termésbiztonságot növeli, hanem a környezeti terhelést is csökkenti, ami kiemelten fontos az éghajlatváltozás és az extrém időjárási események gyakoribbá válása mellett.

## 7. Összefoglalás

A kukorica Magyarország egyik legfontosabb szántóföldi növénye, amely meghatározó szerepet tölt be mind a takarmány-, mind az ipari felhasználásban. A termesztés sikerességét alapvetően meghatározza a talajművelés módja, hiszen a talaj állapota, vízháztartása és tápanyag-szolgáltató képessége közvetlen hatással van a növény fejlődésére és terméseredményeire. Az utóbbi évtizedekben a klímaváltozás hatására egyre gyakoribbá váló aszályos időszakok új kihívásokat jelentenek a növénytermesztésben, ezért különösen fontossá vált a vízmegőrző és talajkímélő művelési rendszerek vizsgálata.

A dolgozat célja annak bemutatása volt, hogy a különböző talajművelési eljárások miként befolyásolják a kukorica fejlődését, terméshozamát, valamint a talaj fizikai tulajdonságait. Az összehasonlítás során a hagyományos, forgatásos művelést, a csökkentett menetszámú rendszert és a forgatás nélküli, direktvetéses technológiát vettük figyelembe. Az elemzés során elsősorban a talaj vízmegtartó képességére, a növényállomány fejlettségére és a terméseredményekre helyeződött a hangsúly, kiegészítve gazdasági és környezeti szempontokkal.

A vizsgálat eredményei és a szakirodalmi források alapján megállapítható, hogy a talajművelés módja számottevően befolyásolja a talaj vízháztartását és szerkezeti állapotát, ami közvetetten hat a kukorica terméshozamára is. A forgatás nélküli és a csökkentett menetszámú rendszerek előnye, hogy kisebb talajbolygatással járnak, így hozzájárulnak a nedvesség megőrzéséhez, a párolgási veszteségek csökkentéséhez és a talajszerkezet hosszú távú javításához. Ezzel szemben a forgatásos művelés gyorsabb kiszáradáshoz és nagyobb energiaigényhez vezethet, ami kedvezőtlenül befolyásolja a fenntarthatóságot.

A modern mezőgazdaságban egyre nagyobb hangsúlyt kapnak azok a technológiák, amelyek nemcsak gazdaságilag hatékonyak, hanem környezetvédelmi szempontból is fenntarthatók. A talajkímélő művelési módok ilyen szempontból kiemelt jelentőséggel bírnak, mivel hosszú távon hozzájárulnak a talaj termékenységének megőrzéséhez, a vízkészletek hatékonyabb felhasználásához, valamint a szénmegkötés fokozásához.

Összegzésként elmondható, hogy a különböző talajművelési eljárások közül nincs univerzálisan „legjobb” megoldás, hiszen a technológia megválasztását mindig a helyi talajviszonyok, az időjárási körülmények és a gazdasági adottságok figyelembevételével kell meghatározni. Mégis, a klímaváltozás és a vízhiány okozta kihívások fényében a talajkímélő rendszerek, különösen a forgatás nélküli technológia alkalmazása egyre ígéretesebb alternatívát jelent a hazai kukoricatermesztésben. A fenntartható növénytermesztés jövője

szempontjából ezek a módszerek nemcsak környezetvédelmi, hanem gazdasági előnyöket is kínálnak, így várhatóan meghatározó szerepet kapnak a következő évtizedek agrárgyakorlatában.

## 8. Köszönetnyilvánítás

Ezúton szeretném kifejezni őszinte köszönetemet mindazoknak, akik szakdolgozatom elkészítésében segítségemre voltak.

Külön köszönöm konzulensemnek, Tarnawa Ákosnak, aki szakmai tanácsaival, építő jellegű észrevételeivel, valamint türelmével nagyban hozzájárult a dolgozat tartalmi és formai kidolgozásához.

Hálás vagyok családomnak, akik végig támogattak tanulmányaim során, és bátorítottak a szakdolgozat elkészítése alatt is. Köszönöm türelmüket és biztatásukat, amely sokat jelentett a nehezebb időszakokban.

Külön köszönet illeti édesapámat, Ládás Valentint, aki lehetőséget biztosított a kísérlet elvégzésére, valamint szakmai tapasztalatával és támogatásával nagyban hozzájárult munkám sikeréhez.

Végül, de nem utolsósorban, köszönöm mindazoknak, akik közvetve vagy közvetlenül hozzájárultak dolgozatom elkészültéhez, és támogatták szakmai fejlődésemet.



## 9. Irodalomjegyzék

1. Aakash, et al. (2022). *Sustainability in Rainfed Maize (Zea mays L.) Production Using Choice of Corn Variety and Nitrogen Scheduling*.
2. Agronapló. (2014, április 23). *A kukoricatermesztés feltételei, termesztési technológiák és a fajták kölcsönhatása*. Retrieved from <https://www.agronaplo.hu/agrofokusz/20140423/a-kukoricatermesztes-feltetelei-termesztési-technológiák-es-a-fajták-kölcsönhatása-34851>
3. AgrárSzektor. (2024, május 6.). *A takarmánynövény-termesztés klímakitettségeinek csökkentése*. AgrárSzektor.
4. Atta Darkwa, T., Asare, A., Asampana, K. A., Budu, M., Amerh, A. A., Kwesi, S. A., ... et al. (2024). *Effects of varying tillage practices and weed control methods on the efficacy of infiltration models*. PLOS ONE, 19(1), e0293507. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0293507>
5. Barta, L., & Jóri, J. (1979). *Nehéz kultivátorok összehasonlító vizsgálata*. Mg. Gépesítési Tanulmányok, Gödöllő, MÉM, MIM
6. Birkás, M. (1997). *A talajhasználat és talajművelés EU-konform fejlesztésének területei, rövid és hosszú távú teendői*. MTA, Budapest, 28–34.
7. Campos, H., Cooper, M., Habben, J. E., Edmeades, G. O., & Schussler, J. R. (2004). *Improving drought tolerance in maize: a view from industry*. Field Crops Research, 90(1), 19–34. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378429004001571>
8. Chen, K., Wang, Y., Zhang, R., Zhang, H., & Gao, C. (2023). *CRISPR/Cas genome editing and precision breeding in maize for climate resilience*. Trends in Plant Science, 28(5), 423–437. <https://doi.org/10.1016/j.tplants.2023.01.003>
9. Cobb, J. N., DeClerck, G., Greenberg, A., Clark, R., & McCouch, S. (2013). *Next-generation phenotyping: requirements and strategies for enhancing our understanding of genotype–phenotype relationships and its relevance to crop improvement*. Theoretical and Applied Genetics, 126(4), 867–887. <https://doi.org/10.1007/s00122-013-2066-0>
10. Dóka, L., Szabó, É., & Szabó, A. (2024). *Talajművelés – pro és kontra*. Retrieved from <https://agraragazat.hu/hir/agrar-alapmuvelés-talaj-gyomfertozes-mezogazdasag/>
11. Dr. Nagaraja, G., Shoba, H., Sreedevi, M. S., & Krishnamma, P. N. (2024). *The impact of robotics and drones on agricultural efficiency and productivity*. International Journal of Research in Agronomy, 7(Special Issue 9), 1001–1009. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i9Sn.1650>
12. Du, J., Heng, Y., Zheng, K., Zhang, W., Zhang, J., & Xia, J. F. (2021). *Evaluation of the performance of a combined tillage implement with plough and rotary tiller by experiment and DEM simulation*. Processes, 9(7), 1174. <https://doi.org/10.3390/pr9071174>

13. FAO. (2021). *The state of food and agriculture 2021: Making agrifood systems more resilient to shocks and stresses*. FAO. <https://www.fao.org/3/cb4476en/cb4476en.pdf>
14. FAO. (2022). *Conservation Agriculture Principles*. Food and Agriculture Organization. <https://www.fao.org>
15. FenntarthatóFejlődés.net. (2025, március 17.). *Fenntarthatóság és innováció a mezőgazdaságban: genetika, génmódosítás*. [fenntarthatofejloves.net](http://fenntarthatofejloves.net)
16. Fenntarthatóság (Pannon Egyetem). *Főoldal – Fenntarthatóság*. [fenntarthatosag.uni-pannon.hu](http://fenntarthatosag.uni-pannon.hu)
17. Gul, R., Tariq, M., Khalid, A., et al. (2023). *Integrated pest management and the role of biological control agents in sustainable agriculture*. *Agronomy*, 15(7), 1739. <https://doi.org/10.3390/agronomy15071739>
18. Huang, H., & Li, X. (2020). *Disc harrows: Operating principles and applications in modern agriculture*. *HF Agro Engineering Journal*, 12(3), 45–53. <https://hffagro.de/en/articles/disc-harrows-operating-principle-and-application>
19. Hu, Y. (2022). *Effect of Conservation Tillage on Soil and Water Quality*. *African Journal of Science and Technology*, 3(3). <https://doi.org/10.54097/ajst.v3i3.2834>
20. Jóri, J. I. (2015, augusztus 13). *A talajművelés szerepe*. *Magyar Mezőgazdaság*. Retrieved from <https://magyarmezogazdasag.hu/2015/08/13/talajmuveles-szerepe/>
21. Kerekes, S. (2010). *A környezetgazdaságtan alapjai* (5. kiadás). Budapest: Akadémiai Kiadó. Retrieved from <https://mek.oszk.hu/01400/01452/html/talaj/index.html>
22. Khan, A. A., et al. (1996). *Influence of tillage on soil aeration*. ResearchGate. [https://www.researchgate.net/publication/230325989\\_Influence\\_Of\\_Tillage\\_On\\_Soil\\_Aeration](https://www.researchgate.net/publication/230325989_Influence_Of_Tillage_On_Soil_Aeration)
23. Kovács, I. (2016). *Fenntarthatóság – A fenntartható mezőgazdaság alapjai*. *Zöld Föld Füzetek*. [https://www.zold-fold.hu/letoltes/fuzetek/23\\_mezogazdasag\\_output.pdf](https://www.zold-fold.hu/letoltes/fuzetek/23_mezogazdasag_output.pdf)
24. Kogan, M., ... (2021). *Integrated pest management reduces insecticide applications by 95% while maintaining or enhancing crop yields through wild pollinator conservation*. PubMed. <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/34697238/>
25. Király, Cs. (2015). *A követelménymodul megnevezése: Mezőgazdasági alapismeretek – Talajművelési rendszerek és a talaj használata*. MUNKAANYAG. Nemzeti Szakképzési Intézet. [https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi\\_dokumentumok/Bemeneti\\_kompetencia\\_k\\_meresi\\_ertekelesi\\_eszkozrendszerenek\\_kialakitasa/5\\_3112\\_008\\_101115.pdf](https://www.nive.hu/Downloads/Szakkepzesi_dokumentumok/Bemeneti_kompetencia_k_meresi_ertekelesi_eszkozrendszerenek_kialakitasa/5_3112_008_101115.pdf)
26. László, R. (1990). *Szántóföldi növénytermesztés*. Budapest: Mezőgazda Kiadó. <https://mek.oszk.hu/01200/01216/01216.pdf>
27. Lv, G., Han, W., Wang, H., Bai, W., & Song, J. (2019). *Effect of subsoiling on tillers, root density and nitrogen use efficiency of winter wheat in loessal soil*. *Plant, Soil and Environment*, 65(9), 456–462. [https://doi.org/10.17221/311/2019\\_PSE](https://doi.org/10.17221/311/2019_PSE)
28. Madarász, B. (szerk.). (2015). *Környezetkímélő talajművelési rendszerek Magyarországon – elmélet és gyakorlat*. Budapest: MTA CSFK Földrajztudományi Intézet. <https://mek.oszk.hu/20100/20114/20114.pdf>

29. Megyes, A., Rátonyi, T., Nagy, J., & Kovács, M. (2019). *A kukorica csökkentett menetszámú talajművelési technológiáinak értékelése talaj- és növényvizsgálatok alapján*. Növénytermelés, 68(2), 1–6.
30. MezőHír. (2025, január 30.). *Több tudással megőrizhető a hatékony kukoricatermesztés*. MezőHír.
31. Milorad Rosulj, Magyar Mezőgazdaság. (2023, augusztus 21). *A kukoricanevelés a stressztűrő hibridekre fókuszál*. Magyar Mezőgazdaság. <https://magyarmezogazdasag.hu/2023/08/21/kukoricaneveles-stresszturo-hibridekre-fokuszal/>
32. Mizik, T., & Rádai, Z. M. (2021). *The significance of the Hungarian maize production in relation to the Common Agricultural Policy*. Review on Agriculture and Rural Development, 10(1-2), 44-51. <https://doi.org/10.14232/rard.2021.1-2.44-51>
33. Nagaraja, G., Shoba, H., Sreedevi, M. S., & Krishnamma, P. N. (2024). *The impact of robotics and drones on agricultural efficiency and productivity*. International Journal of Research in Agronomy, 7(Special Issue 9), 1001–1009. <https://doi.org/10.33545/2618060X.2024.v7.i9Sn.1650>
34. Nagy, J. (2010). *A kukoricatermesztés jelene és jövője*. Debreceni Egyetem Agrár- és Gazdálkodástudományok Centruma.
35. Niu, L., Liu, L., Zhang, J., Scali, M., Wang, W., Hu, X., & Wu, X. (2023). *Genetic engineering of starch biosynthesis in maize seeds for efficient enzymatic digestion of starch during bioethanol production*. International Journal of Molecular Sciences, 24(4), 3927. <https://doi.org/10.3390/ijms24043927>
36. Orosz, F. (2009). *A kukorica eredete, származása...* (PhD-értekezés). Corvinus Egyetem. [https://phd.lib.uni-corvinus.hu/391/1/orosz\\_ferenc.pdf](https://phd.lib.uni-corvinus.hu/391/1/orosz_ferenc.pdf)
37. Pálovics, B., & Sárvári, M. (2006). *Tőszám hatása a kukoricahibridek termésére*. Agrártudományi Közlemények, 23(különszám). <https://ojs.lib.unideb.hu/actaagrar/article/download/3205/3176>
38. Pásztor, J., & Forgó, Z. (2015). *Altalajlazító munkaeszköz kinematikai és dinamikai vizsgálata = Research about the kinematics and the dynamics of the subsoiler's working tool*. In XV. Műszaki Tudományos Ülésszak, Kolozsvár, 2014 (pp. 173–178). Műszaki Tudományos Közlemények, 2(18). [https://www.eme.ro/publication-hu/mtk/mtk2/MTK2-18\\_Pasztor%2CForgo.pdf?utm\\_source](https://www.eme.ro/publication-hu/mtk/mtk2/MTK2-18_Pasztor%2CForgo.pdf?utm_source)
39. Prem, M., Swarnkar, R., Vyas, D. K., Pargi, S. J., & Khodifad, B. C. (2016). *Combined tillage tools: A review*. Current Agriculture Research Journal, 4(2), 179–185. <http://dx.doi.org/10.12944/CARJ.4.2.07>
40. Rusu, T., Bogdan, I., & Moraru, P. I. (2023). *Effects of different tillage systems on soil properties and weed control*. Agronomy, 13(3), 894. <https://doi.org/10.3390/agronomy13030894>
41. Romero-Navarro, J., et al. (2022). *Population genomics of Zea species identifies selection signatures during maize domestication and adaptation*. BMC Plant Biology, 22, 72. <https://doi.org/10.1186/s12870-022-03427-w>
42. Saxena, A., et al. (2023). *[Ha kell, itt tudunk pontosítani – keresendő link]*.

43. Steponavičienė, V., Žiūraitis, G., Rudinskienė, A., Jackevičienė, K., & Bogužas, V. (2024). *Long Term Effects of Different Tillage Systems and Their Impact on Soil Properties and Crop Yields*. *Agronomy*, 14(4), 870.  
<https://doi.org/10.3390/agronomy14040870>
44. Szántóföldi növénytermesztés. (n.d.). In *Szántóföldi növénytermesztés* (tartalom: „Talajigény” fejezet). Budapest: Mezőgazda Kiadó.  
<https://mek.oszk.hu/01200/01216/01216.htm>
45. Tsouros, D. C., Bibi, S., & Sarigiannidis, P. G. (2019). *A review on UAV based applications for precision agriculture*. *Information*, 10(11), 349.  
<https://doi.org/10.3390/info10110349>
46. Várallyay, G. (2001). *A talaj vízgazdálkodása és a környezet*. *Magyar Tudomány*, 46(7), 799–815.  
[https://epa.niif.hu/00600/00691/00298/pdf/EPA00691\\_matud\\_2001\\_07\\_799-815.pdf](https://epa.niif.hu/00600/00691/00298/pdf/EPA00691_matud_2001_07_799-815.pdf)
47. Várallyay, G. (2022). *Assessment of environmental susceptibility/vulnerability of soils*. *Journal of Landscape Ecology*, 15(1), 35–46. <https://doi.org/10.56617/tl.4613>
48. Wang, Y., Li, H., Chen, L., Zhang, W., & Liu, F. (2023). *Review on drip irrigation: Impact on crop yield, quality, and water productivity in China*. *Water*, 15(9), 1733.  
<https://doi.org/10.3390/w15091733>
49. Magyar Mezőgazdaság. (2018, október 29.). *A kukoricatermelés kilátásai*.  
<https://magyarmezogazdasag.hu/2018/10/29/kukoricatermeles-kilatasai/>
50. KSH. (2023). *Mezőgazdasági statisztikai évkönyv*. <https://www.ksh.hu>
51. KSH. (2024, ápr.). *A búza és az árpa exportvolumene nőtt 2023-ban*. Agrárközgazdasági Intézet. [https://www.aki.gov.hu/2024/04/04/a-buza-es-az-arpa-exportvolumene-nott-2023-ban/?utm\\_source](https://www.aki.gov.hu/2024/04/04/a-buza-es-az-arpa-exportvolumene-nott-2023-ban/?utm_source)
52. FarmVilág. (2025, július 28.). *A kukorica mint takarmánynövény jelentősége*. FarmVilág.
53. MezőHír. (2025, január 30.). *Több tudással megőrizhető a hatékony kukoricatermesztés*. MezőHír.



--	--	--	--

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....  
.....  
.....  
.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

Kijelentem, hogy az MI által esetlegesen generált tartalmakat minden esetben kritikailag felülvizsgáltam, szerkesztettem és a munkába illesztettem. A leadott munka minden eleméért, annak eredetiségéért és tudományos helyállóságáért 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: GÖDÖLLŐ, 2025. 11 hó 11 nap

Földes Ágnes

Hallgató aláírása

Nincs szükségem az MI használata ellenőrzésére  
Tanár Úr

Konzulens/Témavezető aláírása

--	--	--	--

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

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

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

Oktató vagy témavezető által előírt szabályok:

.....  
.....  
.....  
.....

### 4. Minden hallgatóra vonatkozó nyilatkozat:

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

Kelt: GÖDÖLLŐ ..... 2025. 11 hó 11 nap

Lőrincz Ágnes

Hallgató aláírása

Nincs szükségem az MI használata ellenőrzésére  
Tanár úr

Konzulens/Témavezető aláírása



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

### 1. Általános adatok

Hallgató neve:	Ládás Olivér
Neptun-kódja:	A37ISC
Képzési szint (a megfelelőt jelölje X-szel):	<input checked="" type="checkbox"/> BSc/BA <input type="checkbox"/> MSc/MA <input type="checkbox"/> Doktori (PhD) <input type="checkbox"/> Egyéb: .....
Tantárgy neve/kódja*:	
A munka címe:	A KÖLÖMBÖZŐ TALAJ MŰVELESI RENDSZEREK HATÁSA A KUKORICA FEJLŐDÉSÉRE ÉS A TERKEZ MENVISÉGI PARAMÉTEREIRE

\* doktori értekezés esetén nem kitöltendő

### 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)
FORDÍTÁS, FORRÁS KERESÉS	CHAT-GPT-5	

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

## NYILATKOZAT

Ládás Olivér (név) (hallgató Neptun azonosítója: A37ISC) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót<sup>1</sup> áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom<sup>2</sup>.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem<sup>\*3</sup>

Kelt: 2025 év 11 hó 11 nap

Tornare Alén  
belső konzulens

<sup>1</sup> A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

<sup>2</sup> A megfelelő aláhúzendő.

<sup>3</sup> A megfelelő aláhúzendő.