

DIPLOMADOLGOZAT

Vincze Viktor

2023



**Magyar Agrár - és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Mezőgazdasági vízgazdálkodási mérnöki Szak**

**A MINIMUM-TILL MŰVELÉSI TECHNOLÓGIA
NEDVESSÉGMEGŐRZŐ SZEREPE A
KUKORICATERMESZTÉSBEN ÉS ENNEK HATÁSA A
KUKORICA FEJLŐDÉSÉRE ÉS TERMÉSHOZAMÁRA**

Belső konzulens:	Dr. Futó Zoltán egyetemi docens
Készítette:	Vincze Viktor I3E7ZC levelező
Intézet/Tanszék:	Környezettudományi Intézet Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék

**Szarvas
2023**

Tartalom

1.	BEVEZETÉS	4
2.	IRODALMI ÁTTEKINTÉS	5
2.1	A kukorica szerepe, jelentősége	5
2.2	A kukorica története	6
2.3	Kukorica termesztésének területe	7
2.4	Kukorica termesztésének technológiája	10
2.4.1	Termőhelyigény	10
2.4.2	Vetésváltás, talajelőkészítés	11
2.4.3	Tápanyagellátás	11
2.4.4	Vetés	12
2.4.5	Növényvédelem	13
2.4.6	Öntözés, vízgazdálkodás	14
2.4.7	Betakarítás	15
2.5	Kukorica különböző talajművelési módjai	16
2.5.1	A hagyományos talajművelés	16
2.5.2	No-till (direktvetés)	17
2.5.3	Strip-till	18
2.5.4	Min-till	18
2.5.5	Talaj tömörödöttség, talajellenállás	19
2.6	Kukorica öntözési módjai, vízigénye	20
2.7	Kukorica öntözés és talajművelés összefüggései	23
2.8	LAI, SPAD értékek alakulása kukoricatermesztésben	23
3.	ANYAG ÉS MÓDSZERTAN	25
3.1	Kísérleti helye	25
3.2	Kísérleti évek időjárása	25
3.3	Kísérleti parcellák	27
3.4	A terület talaja, talajelőkészítés, tápanyagellátás	28
3.5	Vetés	29
3.6	Növényvédelem	29
3.7	Öntözés	29
3.8	Mintavétel, mérések	29
4.	EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	31
4.1	Növénymagasság	31
4.2	LAI (Leaf Area Index)	32

4.3	SPAD (Soil Plant Analysis Development)	33
4.4	Csőenkénti szemszám.....	34
4.5	Terméshozam.....	36
4.6	Ezermagtömeg	37
4.7	Beltartalom	38
4.7.1	Fehérjetartalom.....	38
4.7.2	Keményítőtartalom.....	39
4.7.3	Hektolitertömeg.....	40
4.8	Talajellenállás	41
4.8.1	Öntözetlen talajon mért talajellenállás	41
4.8.2	Kétszer öntözött parcellákon mért talajellenállás.....	42
4.8.3	Négyszer öntözött parcellákon mért talajellenállás.....	43
5.	KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK.....	44
6.	ÖSSZEFOGLALÁS	46
7.	KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	48
	IRODALOMJEGYZÉK.....	49

1. BEVEZETÉS

A globális mezőgazdaság napjaink egyik legkiemelkedőbb kihívásai a fenntarthatóság, hatékonyság, precizitás. A növénytermesztés szempontjából kukorica az egyik vezető szántóföldi növény, mely kritikus szerepet tölt be az emberi és állati táplálkozásban világszerte egyaránt. Tekintettel a változó klímaviszonyokra és a Föld növekvő népességére, a kukorica termesztésének optimalizálása elengedhetetlen. A diplomadolgozatomban a kukorica termesztésének két fontos aspektusát vizsgálom: a talajművelés módját és az öntözés hatását.

A talajművelés az egyik legalapvetőbb gyakorlat a mezőgazdaságban, amely nagyban befolyásolja a növények növekedését és terméshozamát. Míg a hagyományos talajművelés, - azaz a szántás-, már évszázadok óta ismert és alkalmazott módszer, addig a minimum-tillage, vagyis a minimális talajművelés az utóbbi évtizedekben vált népszerűvé. Az Európai Unió jogszabályok egyre inkább a minimális talajművelési mód felé ösztönzik a gazdákat, így feltételezhető, hogy a jövőben ez még elterjedtebb lesz. A minimális talajművelésben nem forgatjuk a talajt, csökkenhet az erózió, javulhat a talaj struktúrája és minősége, valamint csökkenthet a művelés során keletkező károsanyag kibocsátás is. Viszont kevésbé ismert, hogy a megváltozott talajművelés milyen hatással van a kukorica minőségére és hozamára.

Az öntözés is kulcsfontosságú tényező a kukorica termesztésében. A megfelelő vízellátottság hatással van a növények optimális fejlődésére és a termés mennyiségére, minőségére. Azonban a túlzott vagy nem megfelelő időben végzett öntözés nemcsak veszteséges, de káros is lehet a talaj szerkezetére. A különböző vízádagok hatása a kukorica minőségére és terméshozamára továbbra is egy kiemelt téma.

A diplomadolgozatomban célja, hogy megvizsgáljam a hagyományos és a min-till talajművelés, valamint a különböző vízádagokkal történő öntözés kombinált hatásait a kukorica minőségére és terméshozamára. A kutatási eredményeim hozzájárulhatnak a fenntartható kukorica termesztéséhez, amelyek a jövő mezőgazdasági kihívásait segíthetik.

2. IRODALMI ÁTTEKINTÉS

2.1 A kukorica szerepe, jelentősége

Az emberiség számos kihívással néz szembe, amelyekre megoldásokat kell találni. A mezőgazdaság pedig e kihívások középpontjában áll, különösen a növénytermesztés és állattenyésztés terén. A növénytermesztés esetében a hozamok növelése kulcsfontosságú feladat, melyet a globális felmelegedés nagyban megnehezít. Továbbá a jogszabályi és környezetvédelmi előírások is befolyásolják a termelést. Ezek hatására sokkal fenntarthatóbb módszereket kell alkalmazni a növénytermesztésben, azon belül a kukorica előállításában is.

A kukorica egy nagyon sokoldalú növény. Jelenleg az egyik legfontosabb gabonaféle világszerte, amely kritikus élelmiszerforrást biztosít számos ország számára és elengedhetetlen az állattenyésztésben is. A kukoricát széles körben használják, így számos hasznosítási mód felsorolható.

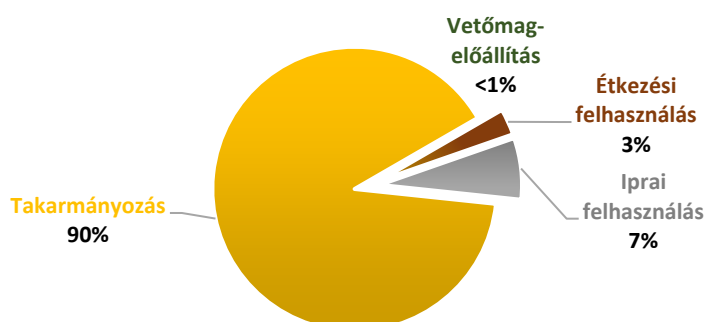
A termesztett kukoricát a legtöbb országban, köztük hazánkban is az állatok takarmányozására fordítják, főként a jó beltartalmi értéke és energiaszolgáltató képessége miatt. Felhasználható abraktakarmánynak, illetve tömegtakarmányként silózva szilázs vagy akár a sűrűre vetett kukoricacsalamádéként is. (Győri és Mile 2011) Abraktakarmányként a sertések táplálásában kulcsszerepet játszik, mivel tápanyagban gazdag, így támogatja a sertések növekedését, egészségét. Viszont a szem-csutka keveréket azaz a Corn Cob Mix (CCM) módszert a szarvasmarha etetésére is használják, mivel egy költséghatékony megoldás. (Pysera és mtsai. 2012) Ezzel szemben a szarvasmarhák számára silótakarmányt is állítanak elő, amelyet silókukorica termesztésével biztosítanak. A kukoricaszilázs jó beltartalmi értékekkel rendelkezik. (Orosz et al., 2008) A hazánkban termelt kukorica közel 90%-a takarmányként kerül feldolgozásra.(1. ábra) (Győri és Mile 2002)

A kukoricát az ipar is feldolgozza. Az ipari feldolgozás folyamatosan fejlődik. A kukoricacsírából olajat nyernek. Ezen felül folyékony cukrot (izocukor/HFCS) és keményítőt is gyártanak belőle. Az izocukorra nem alakítható keményítőből finomszeszt (bioetanolt) állítanak elő. (Antal et al. 2005) A bioetanolt növényekből erjesztve állítják elő. Mivel ez nem a legtisztább etanol forma, nem laboratóriumi minőségű, ezért főként a motorok meghajtására alkalmazzák. A bioetanol költséghatékonyan állítható elő. Az elsődleges nyersanyagforrásai az „energianövények”. Európában a cukorrépa, a búza és a kukorica. Viszont a cukornád előállítása a kukoricához képest kedvezőbb fenntarthatósági és energiahatékonysági szempontból. (Serna-Saldivar 2019). A söripar egyik felhasznált adalékanyaga is a kukorica.

Az utóbbi években a kukoricatermékek fogyasztása egyre népszerűbbé vált számos országban, így hazánkban is. Olyan termékek, mint a kukoricapehely, a dara és a kenyérsütéshez használt kukoricaliszt már kaphatók a boltokban. Emellett más, kukoricából készült élelmiszeripari termékek, például konzerv és gyorsfagyasztott csemegekukorica, a pattogatott kukorica már elterjedtek. (Borsos et al. 1994)

A kukorica vetőmag-előállítás, ideértve a csomagolást és a fémzárolást is Magyarországon kiemelkedő. Európában Franciaország után hazánkban termesztik a legtöbb kukorica vetőmagot (2019-ben 89457 tonnát). Napjainkra sokat változott a vetőmagtermesztés területe és termésátlaga. 1990-es években 40 ezer hektár fölött volt a kukorica szaporítóterülete 2 t/ha-os termésátlaggal. Az évek során a szaporítóterület csökkent, viszont a termésátlag nőtt. 2019-ben a megközelítőleg 26 ezer hektáron folyt vetőmagkukorica termesztés közel 4 t/ha-os termésátlaggal. Így az utóbbi években hazánk elérte vagy meg is haladta az Európai Unió átlagokat, mely a köszönhető a legújabb és a legkorszerűbb hibridek alkalmazásának. Jelenleg Magyarország hazai és nemzetközi piacra is szállít vetőmagot. (Marton és Futó 2021)

A kukorica hasznosítása Magyarországon



1. ábra A kukorica hasznosítása (Győri és Mile 2002) (Saját szerkesztés)

2.2 A kukorica története

A kukorica (*Zea mays*) jelentős szerepet tölt be a mezőgazdaságban. Ez visszavezethető a sokrétű felhasználására. Viszont a kukorica termesztés hosszú utat tett meg, mire elérte a jelenlegi helyzetét.

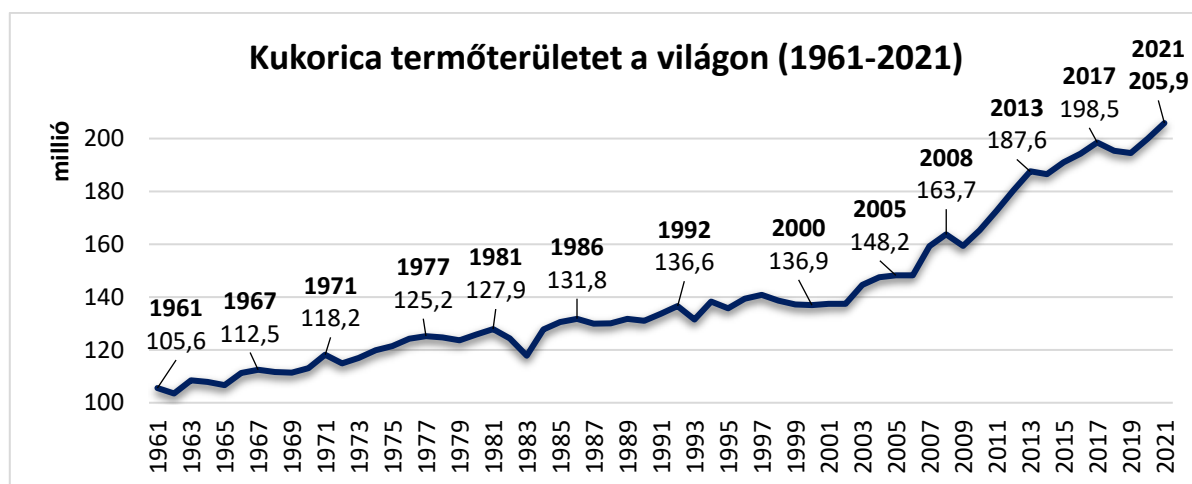
A kukorica körülbelül 9000 évvel ezelőtt a „teosinte (*Euchlaena mexicana* L.)” elnevezésű vad őstől származhat. (Beadle 1939) Az eredeti elterjedési területe feltételezhetően Dél-Brazília és Északkelet-Brazília régióiba lokalizálható (Geisler 1980) Viszont Tenaillon és Charcosset

(2011) szerint a domesztikáció Mexikóból és Közép-Amerikából indulhatott. Az elterjedése később Észak- illetve Dél- Amerikába is kiterjedt. Így az azték és inka birodalmakban már ismert növény volt. Kolumbusz Kristóf 1493-ban említést tett a kukorica növény létezéséről. (Brandolini 1970) (Janick és Caneva 2005) Továbbá ő volt az, aki Európába, pontosabban Spanyolországba hozta az eddig ismeretlen növényt. (Rebourg et al. 2003) Mivel a kukorica betegségei és kártevői még nem voltak jelent a kontinensen, emiatt a növény az akkori viszonylathoz képeset magas hozamokat ért el. Ennek következtében egyre elterjedtebb lett Európa-szerte a XVI. század elején. Magyarországon a kukorica a XVI. század végén jelent meg, valószínűleg Olaszországból való behozatallal. Emellett Erdély területére a török által juthatott. (Marton, 2008)

Jelenleg a világon és hazánkban is a kukorica termesztése különösen kiemelkedő, hiszen a termőterületek jelentős részén jelen van.

2.3 Kukorica termesztésének területe

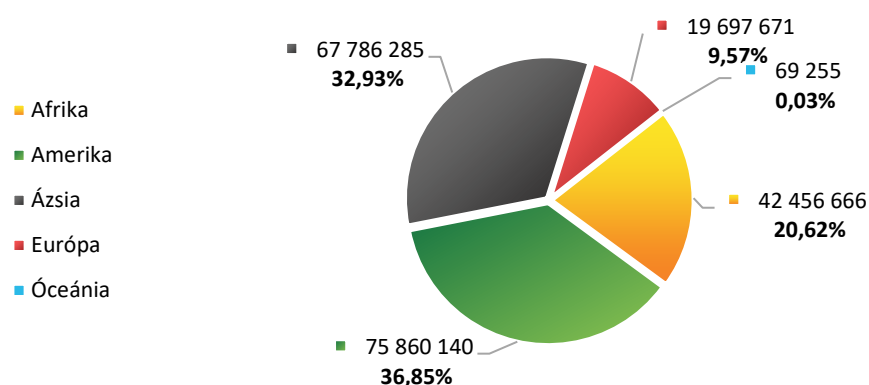
A kukoricát bár több ezer éve termesztik, még mindig növekszik a termőterülete. A legrégebb 1961-es FAO adat alapján a világon közel 100 millió hektáron termesztették a növényt. Ez az évek során egyre növekedett, így tíz évvel később már 20 millió hektárral nagyobb volt a termesztés területe. Majd a 2000-es évekre ez további 20 millió hektárral nőtt. 2005-öt követően felgyorsul a termesztés és a közel 150 millió hektáros terület 2021-re meghaladta a 200 millió hektárt. Így egyértelműen megállapítható, hogy 60 év alatt csaknem megduplázódott a kukorica termőterülete a világon. Ez betudható sokoldalúságának, főként a növekvő élelmiszeripari feldolgozásnak. (2. ábra)



2. ábra Kukorica termőterületet a világon 1961-2021 (FAO)

A kukoricát tehát a legfrissebb 2021-es FAO statisztika alapján 205,9 millió hektáron termesztik a világon. Viszont, hogy ez milyen arányban is oszlik el a kontinensek között, a 3. ábra jól szemlélteti. Az amerikai kontinens termőterülete a világ teljes kukorica termőterületének majdnem 37%-át teszi ki. Mivel innen származik a növény, így érthető, hogy a világon itt termesztik a leginkább, 75,8 millió hektár fölött. Ázsiában kicsit kevesebb, 67,6 millió hektárra tehető a kukorica területe. Majd pedig Afrikában 42,4 millióra. Európa sajnos 9,57%-kal csak a 4. helyet foglalja el. Európában kukoricát majdnem 20 millió hektáron termesztnek a gazdák. (3. ábra)

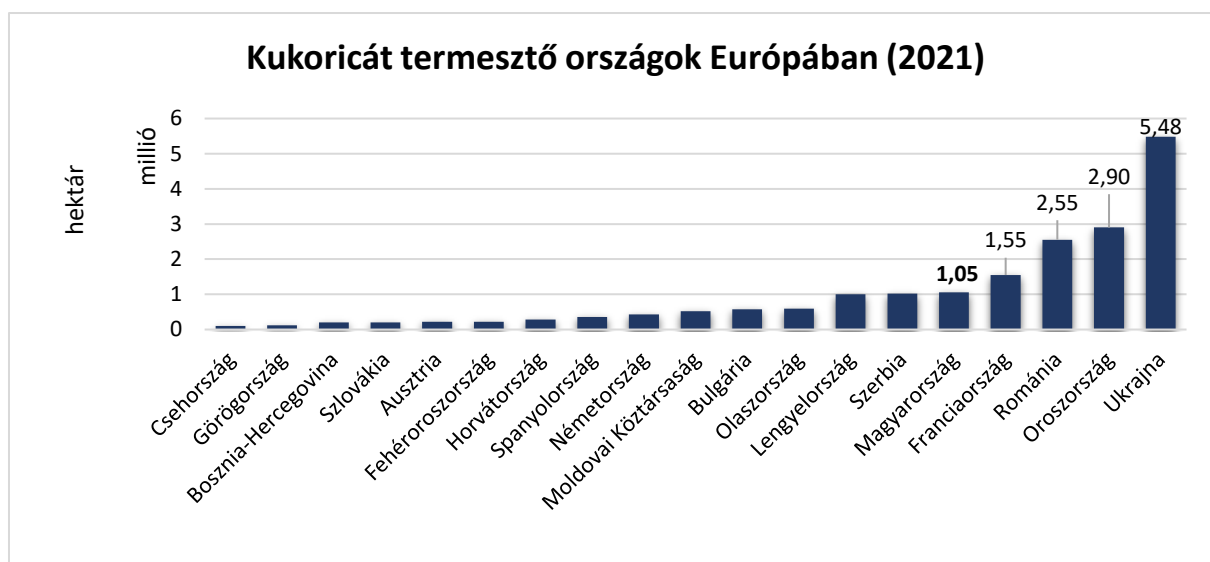
Kukorica termőterülete kontinensenként (2021)



3. ábra Kukorica termőterülete kontinensenként (2021) (FAO)

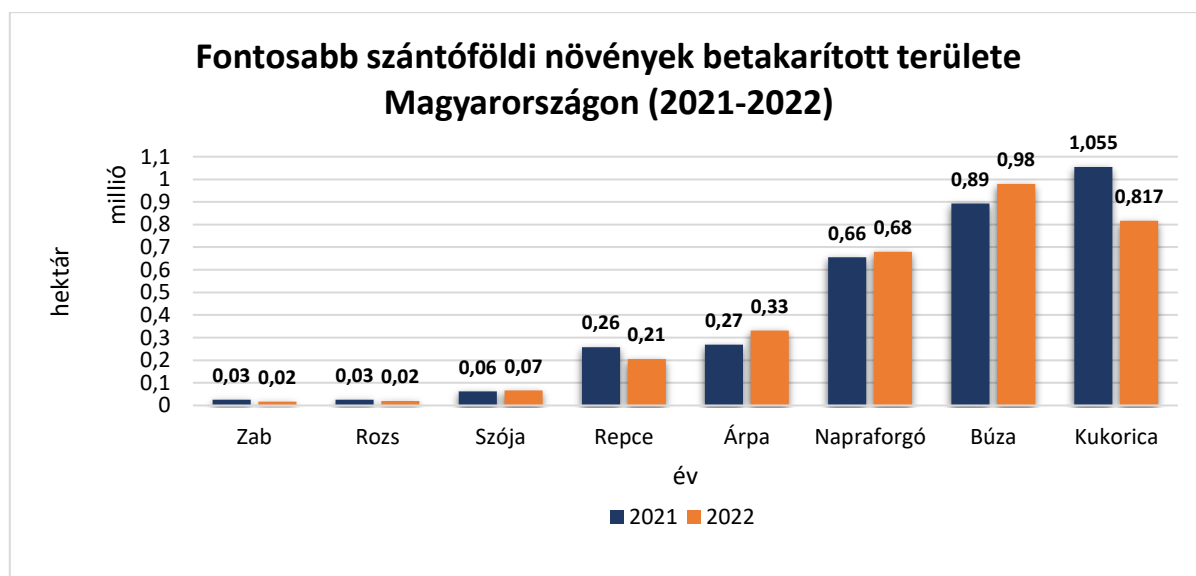
Európában tehát megközelítőleg 20 millió hektáron termesztnek kukoricát, mely Amerika, Ázsia és Afrika adataihoz képest alulmarad. Viszont a kontinensek területének arányával összehasonlítva nem is annyira alacsony ez a szám. Európában 6 ország termeszt 1 millió hektár fölött kukoricát. Ukrajna 5,48 millió, Oroszország 2,9 millió, Románia 2,55 millió, majd Franciaország 1,55 millió hektáron, végül Magyarország és Szerbia kicsivel egy millió hektár fölött termeszt a növényt. (4. ábra)

Magyarországon tehát 2021-ben még 1 millió hektár fölött volt kukorica termesztés, viszont 2022-re lecsökkent 800 ezer hektárra, mely betudható az akkori kedvezőtlen év időjárásának.



4. ábra Kukoricát termesztő országok Európában (2021) (FAO)

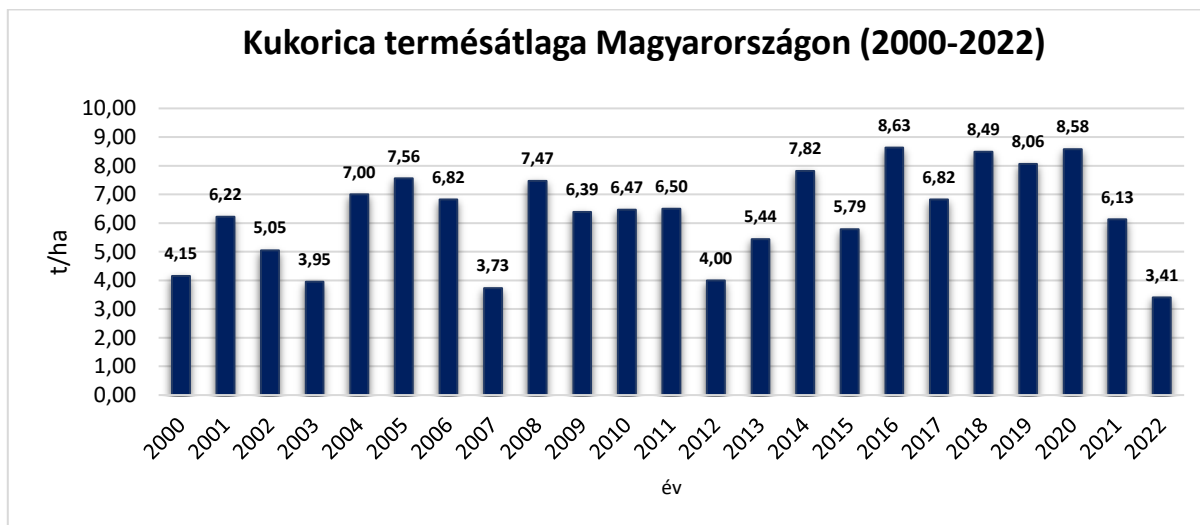
Hazánkban kapásnövényekből a napraforgó és a kukorica található meg a legnagyobb területen. Kalászosokból pedig leginkább az árpa és a búza. A 2021. és 2022. évi adatokat megvizsgálva látható, hogy a búza és a kukorica területe közel 1 millió hektárra tehető, a napraforgóé közel 700 ezer hektárra, az árpa és a repce pedig 300 ezer hektárra. Ebből megállapítható, hogy Magyarországon a kukorica az egyik legfontosabb növény, melyet a betakarított területének nagysága is igazol. (5. ábra)



5. ábra Fontosabb szántóföldi növények betakarított területe hazánkban (2021-2022) (KSH)

A kukorica termésátlagát az évek időjárása nagyban szabályozza, ezért az évjáráttól függően elég ingadozó. 2000 óta hazánkban a termésátlag rosszabb években (mint például 2000, 2007,

2022) a statisztikai eredmények alapján körülbelül 4 tonna/hektár. Jobb években (2008, 2016, 2020) pedig, akár 8 tonna/hektár fölötti termésátlagot is elkönnyvelhettek a magyar gazdák.



6. ábra Kukorica termésátlaga Magyarországon (2000-2022) (KSH)

2.4 Kukorica termesztésének technológiája

2.4.1 Termőhelyigény

Éghajlatigénye:

A kukorica eredetileg egy rövidnappalos, trópusi növény, mely megfelelő fejlődéséhez meleg és napfényes időjárás szükséges. A melegigényen felül a növénynek nagy szüksége van kielégítő csapadékmennyiségre is. Általánosságban júliusban és augusztusban van a legtöbb csapadékra szükség, mivel ekkor van a címerhányás és a csőképződés. A csírázásához 10°C fölötti hőmérsékletre van szüksége. A zavartalan fejlődéshez meleget igényel az egész tenyészidőszak alatt is. A tenyészidőszak alatt függ az adott fajtától a hőmérséklet-igénye, emiatt fontos odafigyelni, hogy a terület, régió időjárásához megfelelő tenyészidejű (FAO számú) fajtát válasszunk. (Borsos et al. 1994)

Magyarország éghajlata az ország nagy részén ideális a kukoricatermesztésre, de a legoptimálisabb termesztési területek túlnyomórészt az ország déli régiójában találhatók. Továbbá olyan területen termesszük, ahol ritkább a késői tavasz, késői fagy és a hűvös májusi időjárás, mert ezek káros hatást okozhatnak kukorica kezdeti növekedésére. A napfényes, meleg ősz elősegíti a kukorica érését, azonban a korai őszi hideg és a későbbi esetleges fagyok már negatív hatást gyakorolnak, mivel lelassítják az érést. (Borsos et al. 1994)

Talajigénye:

A kukorica jó alkalmazkodóképességű növény, amely különböző talajtípusokon képes megélni, viszont a gabonafélék közül a legigényesebb a talaj minőségére. A hozam maximalizálásához mély termőrétegű, középkötött, jó vízgazdálkodású, magas humuszban és tápanyagban gazdag talajra van szüksége (csernozjom, barna erdő, réti talajok). A kukorica más talajokon is termesztethető, például tápanyagokban gazdag homok- és öntéstalajokon, valamint kötöttebb réti talajokon. Viszont ilyen talajok esetében szükség lehet a talaj megfelelő lazítására, mivel a kukorica nagyon érzékeny a talaj levegőzöttségére. (Borsos et al. 1994)

2.4.2 Vetésváltás, talajelőkészítés

A kukorica azon kevés növénykultúrák közé tartozik, amelyek hosszabb ideig sikeresen termesztethetők monokultúrában. Viszont egy jelentős víz- és tápanyagigényű növény, a monokultúrában történő termesztés során fokozza a talajok víz- és tápanyaghiányát. Ennek következtében a kukorica termésmennyisége egyre inkább ingadozik az évek során, és a szemtermés minősége is gyengülhet, mint a vetésváltásban. A monokultúrás termesztés esetében leginkább az amerikai kukoricabogár lárvája és imágója okozza a legnagyobb kártételt. (Sárvári 2019)

Vetésváltásban jó előveteményei közé tartoznak a kalászos növények, például őszi búza vagy árpa; illetve a burgonya és a csemegekukorica is megfelelő, melyek egy éves viszonylag korai betakarítású növények. Közepes, de még elfogadható előveteménye a napraforgó vagy esetleg a silókukorica. A silócirok és a szudánifű, valamint a lucerna és a cukorrépa nem kedvező elővetemények a termesztés szempontjából. (Sárvári 2019)

Az elővetemény lekerülését követően szükséges előkészíteni a talajt. Ilyenkor tarlóápolást, tarlólántást végezhetünk. Ezt követi az alapművelés, melyet forgató vagy lazító eszközökkel hajthatunk végre. A talajlazítók sok esetben előnyösebbek a szántás, eke munkájához képest, amennyiben a szármaradványok, illetve a száraz talaj lehetővé teszi. Manapság a mezőgazdaság egyre jobban a forgatás nélküli talajművelés felé veszi az irányt. Erről a későbbi fejezetekben részletesebben is beszélek. Az alapművelés elmunkálása később tárcsával (könnyű vagy nehéz), boronával, illetve kombinátorral vagy kompaktossal lehetséges. Végül pedig a magágy-előkészítés történik kombinátorral. (Sárvári 2019)

2.4.3 Tápanyagellátás

A kukorica egy igen tápanyagigényes növény, mely sikeres termesztéséhez kiegyensúlyozott tápanyagellátás kell. A terméshozamot és a minőséget nagyban befolyásolja a talajban lévő

tápanyagok mennyisége, aránya. A kukorica esetében így elengedhetetlen a megfelelő tápanyagellátás biztosítása. (Ertsey et al. 2003)

A kukorica fajlagos tápanyagigényének kielégítése érdekében nitrogénből 2,5 kg; foszforból 1,1 kg; káliumból pedig 2,2 kg hatóanyagra van szükség 100 kilogramm szem és szártermés eléréséhez. Tehát 5,8 kg vegyes hatóanyagot indokolt kijuttatni, melynek aránya 1:0,4:0,9 köré tehető. Ez gyakorlatban nitrogénből 60-120 kg, foszforból 60-70 kg, káliumból pedig 110-120 kg mennyiséget jelent hektáronként. (Ertsey et al. 2003; Sárvári 2019)

A kijuttatandó trágya hatóanyag mennyisége azonban számos tényezőtől függ. Ilyen például az elővetemény hatása, a talaj típusa és tápanyag-ellátottsága, talajvíz szintje, illetve az öntözés. Viszont az adott terület éghajlata is befolyásolhatja a kijuttatható mennyiséget. Az NPK műtrágyák lényegesen növelik a kukorica átlagtermését, viszont eltérő termőhelyeken jelentős különbségek mutatnak. Az NPK műtrágyák eltérő hatása a különböző ökológiai körülményekhez köthető, ideértve az egyes termőhelyek eredeti tápelemtartalmát és szolgáltató képességét. (Loch és Lazányi 2013)

Megyes et al. (2005) szerint a trágyázás és az adott év időjárása nagyban befolyásolta az öntözött kukoricatermesztés hatékonyságát. Az adataik megerősítették, hogy a csapadék mennyisége és a talajnedvesség módosítja a műtrágyahatást. Kisebb vízellátottság mellett kevesebb műtrágya szükséges.

A kísérlet eredményei szerint a 240 kg N/ha kijuttatása nem ajánlott, mivel még a 120 kg/ha-os nitrogén műtrágya mennyiség sem növelte jelentősen a kukorica terméshozamát (még öntözés mellett sem). Illetve aszályos években jelentős terméseszkökenést okozott. Tehát a 240 kg/ha nitrogén dózis túltrágyázást eredményezett, így csökkenti a jövedelmezőséget. Illetve veszélyforrást is jelentett, mivel a magas nitrogéntrágyázás növeli a talaj nitrát tartalmát, és elősegítheti a talajvíz szennyezését. (Megyes et al. 2005)

2.4.4 Vetés

A kukoricatermesztés vetési idejét alapvetően a talaj hőmérséklete határozza meg. A csírázáshoz szükséges minimum talajhőmérséklet 8–12 °C között van, mely függ a Cold-teszt értékétől is. Amennyiben a Cold-teszt értéke meghaladja a 90%-ot, már 8 °C-os talajhőmérsékleten is elvégezhető a vetés, ellenkező esetben azonban várni kell, amíg eléri a 10–12 °C-ot. A globális felmelegedés hatására a talaj manapság április első felében is elérheti a 10 °C-ot. Így ez felülírja az eddigi ismereteinket az optimális vetési időről. Jelenleg az optimális vetési időszak április 10-től május 2-ig tehető, melyet az időjárás nagyban befolyásol.

Ha korai vetést választunk (akár 8–10 nappal korábban), akkor olyan hibridet kell alkalmazni, melyek jó a hidegtűrése. A kukoricát 70–76,2 cm sortávra vetjük, talajtípustól függően 5-10 cm mélyre. Csíraszám FAO 200 felett 65 ezer–80 ezer szem/ha; FAO 400 felett pedig 55 ezer–65 ezer szem/ha. Ezermagtömege 100–400 gramm közé tehető (Antal et al. 2005)

A vetésidő hatást gyakorol a terméshozamra, a szemnedvességre, az ezermagtömege és a növény fejlődésére is. A kukorica hibrideknek korai vetése esetén 7-8%-kal alacsonyabb a kukoricaszem betakarításkori nedvességtartalma, mint későbbi vetésidőben. A korai vetésidő továbbá jelentős termésnövekedést is okozhat, így jelentősen javíthatja a kukoricatermesztés hatékonyságát. (Sárvári és Futó 2001)

A kukorica vetése megtörténhet hagyományos talajművelések után vagy pedig direktvetésben, előre nem megművelt (no-till) talajba vetve. Általánosságban egy szemenkénti vetőgép végzi ezt a feladatot, viszont a direktvetés esetében speciális összetettebb tárcsás vagy kultivátoros vetőgép alkalmazása javasolt. (Mykhaylo 2023)

Kende et al. (2017) szerint száraz évben a direktvetéssel kapott terméshozam magasabb lehet a más műveléssel elértnél, de a szintje nem minősíthető szignifikánsnak.

A sokszántásos rendszerektől a direktvetések vizsgálatáig eltelt közel kétszáz év. A magyar direktvetési kísérletek legfontos konklúziója az, hogy e módszer egyes előnyei főként csak a 6-7. évtől észlelhetők. A talajállapot javulhat, de a javulás mértéke nedves időjárás esetén visszaeshet. A direktvetés jövőjét Magyarországon az időjárási szélsőségek fogják befolyásolni. (Birkás et al. 2018)

2.4.5 Növényvédelem

A kukorica növényvédelmi munkájában a legnagyobb feladatot gyomok elleni védekezés jelenti. A kukorica gyomirtása mechanikailag vagy különböző vegyszer (kombinációk) alkalmazásával lehetséges. Vetés előtti presowing módszerrel; vetés után, de kelés előtt preemergens módszerrel; illetve preposzt és posztemergens módszerrel védekezhetünk a gyomok ellen. Leginkább a kakaslábű, fehér libatop, aprószulák, fakó muhar, szőrös disznóparéj, parlagfű, mezei aszat, fenyércirok, csattanó maszlag, zöld muhar található meg a növénykultúrában. (Antal et al. 2005)

A kukoricabarkó és kukoricamoly kártevők mellett az utóbbi években a legnagyobb kártételt a mediterrán származású gyapottok bagolylepke és az amerikai kukoricabogár imágója és lárvája okozza. Betegségek közül a kukorica mozaik vírus, fuzáriózis, egyes üszög és levélfoltosságot okozó kórokozók a legjelentősebbek. (Antal et al. 2005; Nagy 2021)

A művelettakarékos talajművelési technológiák használatával csökkenhetnek a költségek, valamint a talajerózió és a defláció mértéke is. Ugyanakkor átalakulnak a növényvédelmi viszonyok, és a gyomnövények nagyobb mértékben törnek elő.

A forgatás elhagyása a talajművelési rendszerből, minimum- vagy no-till technológia esetén kétszeresére növeli a terület gyomborítottságát, így olyan növényfajok is megjelennek a területen, amelyek addig nem voltak jelen. Ilyen például a mezei tarsóka, betyárkóró, útszéli bogáncs, vadmurok vagy a nagy útifű. (Bene és Radócz 2004)

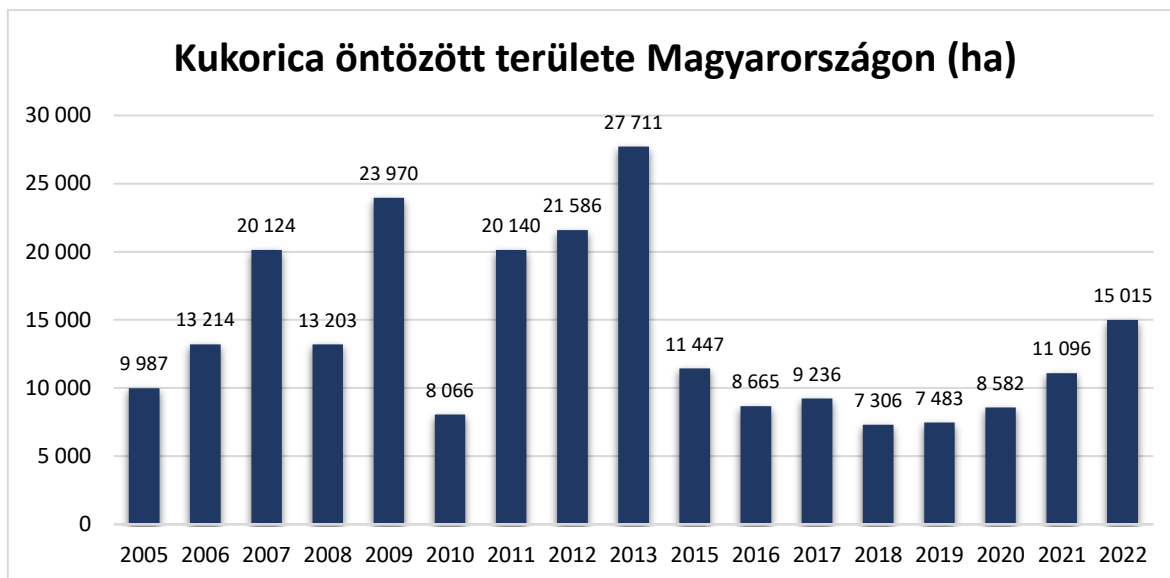
Bene és Radócz (2004) szerint azok a T4-es növények, melyek magjaik nem igénylik a mély talajművelést, mint például a libatop-félék és a disznóparéj-félék, alkalmazkodó képességük révén a talaj felső rétegében könnyen elszaporodhatnak. Másrészt viszont azok a T4-es növények, amelyek kifejezetten a mélyforgatást preferálják, a forgatás nélküli talajművelés során nehezen tudnak megfelelően fejlődni. Ilyen például a selyemmályva. A bolygatatlan területeken G1(szártarackos pl. tarackbúza) és a G3 (gyökértarackos, pl mezei acat) évelő fajok is nagy mértékben terjedhetnek el.

Bene és Radócz (2004) továbbá megállapították, hogy a direktvetés több éven keresztül alkalmazása annyira feldúsíthatja gyommagvakkal a talaj 5 centiméteres rétegét, hogy az lehetetlenné teheti a kukorica termesztését. A direktvetés tartós használata során a talaj káros mértékben tömörödhet és negatívan hathat a kultúrnövény fejlődésére. Így a következtetéseik szerint, ezen negatív hatások miatt érdemes periodikusan mélyművelést alkalmazni.

2.4.6 Öntözés, vízgazdálkodás

A mai modern kukoricatermesztésben az öntözésfejlesztés kulcsfontosságú szerepet tölt be, mivel hozzájárul a gazdaság és környezet fenntarthatóságához. Magyarországon a közeljövőben a vízgazdálkodás fejlesztése 2030-ig 400 ezer hektár öntözött terület elérésére irányul. (Nagy 2021)

Hazánkban változó a kukorica területének öntözése az utóbbi közel 20 évben. A 2000-es éveket követően (~10.000 ha) az öntözött terület fokozatosan növekedett, és 2011 után már 20 ezer hektár felett volt ez a szám. Ezt követően lecsökkent még 10 ezer hektár alá, viszont az utóbbi években már felette volt. 2022-ben egy hosszú szárazság hatására bekövetkező aszály sújtotta hazánkat, mely hatást gyakorolt a gazdákra is, és ennek következményeként nagyobb terület lett öntözés alá véve. 2022-ben így 15 ezer hektár kukorica lett öntözve Magyarországon. (6. ábra)



7. ábra Kukorica öntözött területe Magyarországon (2005-2022) (AKI)

A kukorica közepes vízigényű növények közé sorolható. A vízigény függ a hibridtől és tenyészidejétől, illetve a termőhelytől is. Általánosságban viszont a teljes tenyészidő alatt 420-550 milliméter vizet igényel. A kukorica vízellátásához elengedhetetlen, hogy a kritikus időszakában elegendő csapadék essen, különösen az alacsony vízmegtartó képességű talajokon. A jó vízháztartású talaj vízmegtartó képessége révén akár 200-250 mm hasznos nedvességet képes tárolni, melyet a kukorica jól tud hasznosítani. Súlyos vízhiány esetén az öntözést a nyári szezon előtt kell megkezdeni, figyelembe véve a talaj vízkészletét és az időjárást. (Antal et al. 2007) (Sárvári 2019)

A kukorica egyöntetű kelése érdekében lehetőség van egy rövid kelesztő öntözésre. Ezt követően a címerhányás előtt egy nagyobb öntözésre van szükség körülbelül 50-60 milliméter vízádagban július végén. Majd 12-14 napos öntözési fordulóval célszerű 30-40 milliméter vizet kijuttatni akár 2-3-szor. Végül pedig a szemtelítődés időszakában 50-60 milliméteres normában öntözzünk. (Sárvári 2019)

2.4.7 Betakarítás

A kukorica aratása az érési folyamat befejeződését követően történik. Biológiai érettséget akkor ér el a kukorica, amikor a tápanyagok beépülése a szemekbe teljes és a kukoricakeményítő a legmagasabb szinten van. Ebben az időszakban a szem nedvességtartalma általában 20-30%, amely a genetikától, az éghajlattól és az agrotechnológiától függ. Az aratás időpontja és időtartama fajtától és időjárástól is függ. Ideális esetben a fajtákat úgy választják meg, hogy azok különböző időpontokban érjenek be, így az aratást fokozatosan lehet végezni. Az optimális aratási időpont kiválasztása kulcsfontosságú, mivel hatással van a termés mennyiségére,

minőségére és a későbbi költségekre. A korai érésű fajták általában szeptember második felében arathatóak, míg a közepes érésűek aratása október-november hónapokban történik hazánkban. (Nagy 2021)

A kukorica betakarítására több módszer létezik, amelyeket a termelők alkalmaznak a hatékony és eredményes aratás érdekében. Az általános árukukorica aratásához egy kukorica adapterrel felszerelt arató-cséplő kombájnra, takarmány esetében csőtörő-fosztó vagy járvaszecskázó gépekre van szükség. A vetőmag-előállító üzemek pedig csőtörő gépekkel dolgoznak. (Nagy 2021)

2.5 Kukorica különböző talajművelési módjai

Az utóbbi évtizedekben az emberi tevékenységek miatt a talajok degradációja gyorsabb ütemben történik, mint ahogyan a talaj természetes úton képződhet, ami hosszú távon komoly akadályt jelenthet a fenntartható növénytermesztés számára. Ez mára jelentős globális környezeti problémává vált. Hatásának mérséklése érdekében új talajművelés módszereket kell bevezetni, hogy a talajgazdálkodás negatív következményeit minimalizálni tudjuk, és a talajszerkezet romlását szabályozni lehessen. (Pagliai et al. 2004; Földesi és Gyuricza 2011)

A talajművelés fő célja, hogy a talaj fizikai és biológiai állapotát fenntartsuk és megkíméljük a károsítástól, továbbá javítsuk olyan mélységig, amely a talaj védelméhez hozzájárul. (Birkás 2011)

Többféle talajművelési módszer alkalmazható a kukoricatermesztés során.

2.5.1 A hagyományos talajművelés

A hagyományos módszer alatt a forgatásos művelést értjük. Ennek az eszköze az eke, mely feladata a szántás. A kukorica hagyományos technológiája szerint a korán betakarított elővetemény után a szántást ősszel végzik, majd tavasszal a szántás elmunkálása történik. Később pedig a magágykészítés melyben a tárcsa, borona, simító, kombinátor segíthet. (Diriczi 2020)

Földesi és Gyuricza (2011) szerint a hagyományos művelés esetén kerülni kell a talaj szárazabb és tömörödött állapotában történő művelését, mert rögzösödéshez vezethet. Csapadékos évben a szántás hatására növénytermesztés szempontjából a kedvező morzsafrakció arányt (78,6–81,8%) lehet elérni. Viszont megállapították, hogy a kísérletükben a szántás hatására évről évre csökkent a földigiliszták számát, ez betudható annak, hogy a forgatásos alapművelés során a gilisztajáratok beomlanak. A környezetkímélő művelési rendszerre való áttérés emiatt javasolt.

Sulyok et al. (2006) szerint a kukorica őszi szántásának hatására jelentősen megnő a szántás mélysége alatti tömör eketalapréteg kialakulásának kockázata.

Amennyiben pedig több évig közel azonos mélységben végzik az őszi szántást, olyan tömör eketalapréteg jön létre mely lerontja a talaj levegő- és vízgazdálkodását és akadályozza a növény gyökérzetének fejlődését. (Rátonyi et al. 2018)

Így összességben megállapítható, hogy javasolt áttérni olyan talaj- és környezetkímélő művelési rendszerre, mely nemcsak a talaj szerkezetének és fizikai-biológiai állapotának javulását eredményezi, de gazdaságilag is indokolt. A fenntarthatóbb talajműveléshez pedig több forgatás nélküli talajkímélő művelési gyakorlat létezik.

2.5.2 No-till (direktvetés)

Az utóbbi évtizedekben egyre nagyobb hangsúlyt fektetnek a környezetkímélő talajművelésre, az energiatakarékosság, környezetvédelmi és a munkaidő redukálása érdekében. A no-till vagy más néven zero-till egy olyan talajkímélő művelési módszer mely során a talaj bolygatatlan marad. A módszerhez szorosan kapcsolódik, nevével majdnem összefüggő direktvetés, mely során a nem bolygatott talajba közvetlen egy erre alkalmas vetőgéppel vetik el a kukorica vetőmagot. Általában ez az eszköz több vetősört nyitó elemekből, továbbá a vetőelemből és a már bevetett sort lezáró hengerből áll. (Morris et al. 2010; Birkás és Antos 2006)

Rátonyi et al. (2003) szerint a forgatás nélküli talajművelés nedvességmegőrző szerepe igazoltan jobb, mint a hagyományos forgatásos művelés.

Hasonló megállapítást tett Yang et al. (2020). Kísérletükben megállapították, hogy kukoricaszalma mulcsozása (mulch-till) a no-till talajműveléssel kombinálva a talaj nedvességtartalmára jótékony hatással van, valamint a talaj víz- és nitrogénellátó képessége javul. Továbbá konstatálták, hogy magasabb terméshozamot is eredményez.

Wilhelm és Wortmann (2004) ezzel szemben más eredményre jutott. Ők összehasonlították a hagyományos és a direktvetéses művelést, és arra következtetésre jutottak, hogy kukorica monokultúrás és vetésváltásos kísérletükben a hagyományos talajművelés esetében nagyobb kukoricatermés érhető el.

Összességben megállapítható, hogy a no-till technológia a talaj nedvességtartalmára pozitív hatással van, viszont a hozamra nincs egyértelmű hatása. A talajművelés elhagyásával csökkenthetőek a költségek, viszont a növényvédelem fokozott figyelmet igényel. És időnként érdemes lehet más talajművelési módot is alkalmazni.

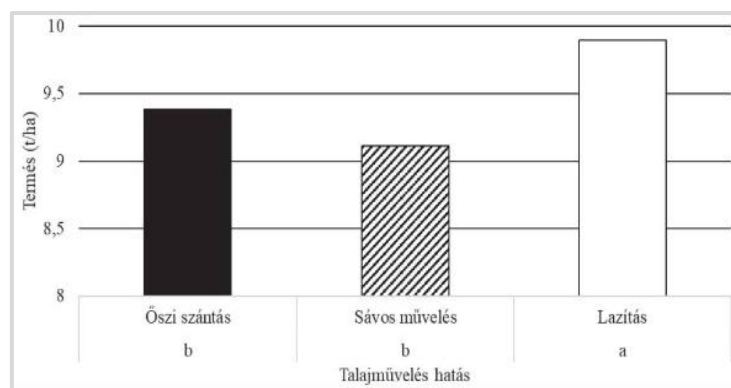
2.5.3 Strip-till

A strip-till magyarul sávós művelés esetében a vetősáv talaját lazítják és a tarlómaradványokat a sorközbe rakják. Tehát a vetősávot művelik, a sávok között pedig bolygatatlanul marad a talaj. Ez a talajművelés vetés előtt történik, és a cél, hogy mélyebben lehessen a szelvényben kialakult tömör réteg átlazítani. (Birkás és Antos 2006)

A 1990-es években az amerikai gazdálkodók dolgozták ki a sávós művelést, amely a közvetlen direktvetési technológiából fejlődött ki. A fő kihívást a hideg és sűrű talajok okozták, amelyek nem voltak megfelelőek a kukorica direktvetéséhez. Ezért kifejlesztették azt a módszert, hogy csak a sorok alatt művelik meg a talajt. A rendszer hatékony működéséhez kiemelten fontos a gépek precíziós irányítása. Jelenleg az RTK (Real-Time Kinematic) pontosság segítségével tudják ezt elérni. A strip-tillt főként kukorica monokultúrában és szója utáni kukoricatermesztésben alkalmazzák. A sávok alapművelése általában őszi időszakban történik. (Pintácsi 2020)

A strip-till rendszerhez egy speciális gépet alkalmazhatnak a gazdák, mely neve küllőskapa. Ennek a használatával mechanikusan művelhetőek a sorközök, így jó gyomirtó hatást lehet elérni. (Hajdú 2022)

Nagy (2021) öt éves kísérlete nem mutatott jelentős termésbéli különbséget a kukorica őszi szántása és a sávós művelése között. Ugyanakkor kimutathatóan magasabb terméshozamot ért el a lazított alapművelés alkalmazása során. (8. ábra)



8. ábra A talajművelés hatása kukorica termésére a műtrágyák és az évjáratok átlagában (2015–2019) (Nagy 2021)

2.5.4 Min-till

Az 1950-es években az USA-ból indult ki a minimum tillage irányzat, amely a termesztési költségek csökkentését célozta meg. Ennek érdekében a biológiai, technikai és ökonómiai

tényezőket összehangolták annak érdekében, hogy kedvező talajállapot hozzanak létre a termesztés számára. A műveletek összevonása, kombinálása vagy elhagyása elősegítette a talaj és a klímaviszonyokhoz való alkalmazkodást. A minimális művelés legfőbb célja, hogy a talajbolygatást minimálisra csökkentsük, minél kevesebb talajművelési lépésben tárcsával, kultivátorral. (Birkás és Antos 2006)

Raimbault és Wyn (1991) szerint a minimum tillage terméshezama vetésváltásban alacsonyabb volt, mint monokultúrában. A kukorica növekedése lassabb volt a minimális talajművelés során, ellentétben a hagyományos talajműveléssel. Illetve a kísérletben nem ért el magasabb hozamot a min-till technológia, egyes esetekben alulmaradt. Ezzel szemben Ngoma (2018) adatai alapján a minimum tillage művelés a gazdaságokba való beépítése pozitívan befolyásolhatja a kukorica terméshezamát.

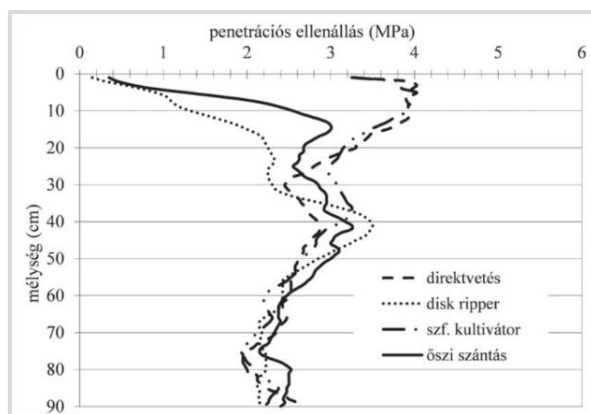
Végül Githongo et al. (2021) kísérletében, melyben szerves trágyázás és a minimum tillage rendszer hatását vizsgálta a kukorica hozamára, nem hozott szignifikáns növekedést. Az állati trágyázás jótékony hatékonysága bizonyosodott csak be.

2.5.5 Talaj tömörödöttség, talajjellenállás

A talaj tömörödöttségének mérése és annak értelmezése a növénytermesztés szempontjából alapvető fontosságú. A talaj tömörödöttsége a növényi részek (pl. gyökér) és a kultúra teljes növekedését, hozamát befolyásolja, illetve a talaj nedvességtartalmára, mozgására és levegőellátottságára is hatással van. A növénykultúrái számára a talaj legfontosabb funkciója, hogy megfelelő mennyiségben és arányban legyen ellátva oxigénnel, vízzel, illetve a vízben oldott tápanyagokkal. Ez pedig csak abban az esetben lehetséges, ha a talaj termőrétegben nincs káros talajtömörödöttség. (Szöllősi et al. 2001)

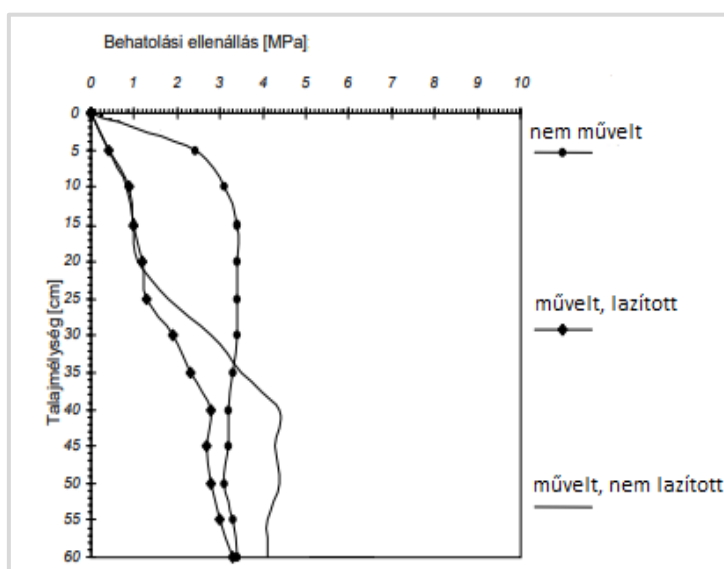
A talajjellenállás mérése penetrométerrel történik, mely a leggyakrabban alkalmazott módszer a talaj tömörödöttségének, az adott tömörödött rétegek elhelyezkedésének, illetve a talajfizikai állapot változásának vizsgálatára. (Szöllősi 2003) Régebben ejtőtömeges penetrométereket használtak. Napjainkban Magyarországon, viszont a szarvasi Penetronikot, illetve a 3T SYSTEM 60° kúpszögű statikus penetrométerét használjuk (Birkás és Antos 2006)

Rátonyi et al. (2003) szerint a mezőgazdasági rendszerek munkagépei általánosságban a talaj 0–50 cm-es rétegének tömörödöttségét befolyásolták. Továbbá megállapították, hogy a sekély művelés és a direktvetés feltalaja a többéves művelés hatására erősen tömörödötté vált. A disk ripper azaz a lazító tárcsa, mely a min-till technológiához jól alkalmazható munkagép művelésének hatására az általa dolgozott mélységig laza állapot tapasztalható. (9.ábra)



9. ábra A talajművelés hatása a talaj penetrációs ellenállására több talajművelési rendszerekben, Csárdaszállás, 2000 (Forrás: Rátonyi et al. 2003)

Szóllósi (2003) kísérlete során vályog fizikai féleségű talajon vizsgált talajellenállást. A művelt (szántott), de nem lazított talaj ellenállása 32 cm-es mélység alatt már nagyobb volt, mint a nem művelt talajé. A művelt (szántott) és lazított talaj ellenállása a teljes mélységben kisebb volt. (10.ábra)



10. ábra A talajellenállás vályog fizikai féleségű talajon különböző művelésekben (Forrás: Szóllósi 2003)

2.6 Kukorica öntözési módjai, vízigénye

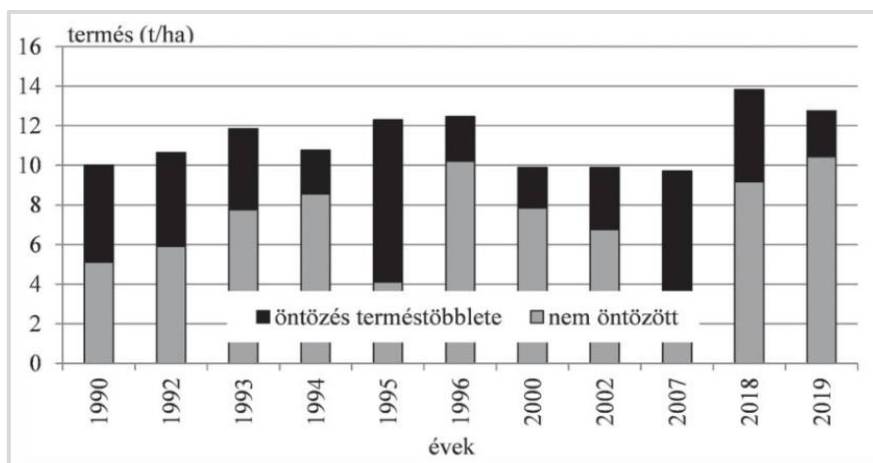
A kukorica hazánkban az egyik legmeghatározóbb növény, mely termékenysége nagyban kiszolgáltatott az időjárásnak. Az időjárás kiszámíthatatlansága miatt szükség van öntözésre, hogy kiegyenlítsük a csapadék eloszlását. A kukoricát manapság elsősorban esőszerű rendszerrel öntözik, mint például lineárral, körforgó center pivot rendszerrel, csévélődobos berendezéssel. Ezen felül mikroöntözés esetében lehetséges csepegtető öntözést is alkalmazni. (Antal et al. 2005; Nagy 2021)

A kukorica egy közepes vízigényű növény. A tenyészidőszakban közel 420-550 milliméter az abszolút vízfogyasztása hibridtől, időjárástól (stb.) függően. A növény vízigénye statikusan is kifejezhető. Ebben az esetben a talaj pórustérfogatából vízzel kitöltött és a levegővel telve maradó rész arányát százalékban értjük. A kukorica statikai vízigénye 69% köré tehető, a levegő igénye pedig megközelítőleg 31%. (Balogh 1978) Továbbá kukorica transzspirációs együtthatója kb. 350 l/kg, mely azt jelenti, hogy 1 kg szárazanyag előállításához mennyi a vízfelhasználás. A legtöbb vizet címerhányástól megtermékenyülés és szemtelítődésig veszi fel a növény, ilyenkor naponta 4,5-5,5 milliméter is lehet a vízigénye, azaz összesen ebben az időszakban elérheti a 200-250 mm-t is. A kukorica egyik jó tulajdonsága, hogy a vízfelvevő képessége jó, így gyökereivel a talajréteget akár 200-250 cm mélységéből is képes nedvességhez jutni és jól hasznosítani. (Pepó és Sárvári 2011)

A kukorica a fenológia első időszakában (kb. 40-60 nap) és a szemtelítődés után kevés vizet vesz fel. A vízigényének maximuma júliustól és augusztusig tarthat, ami több hónap, így ez a hosszú időszak kritikus a növény életciklusában. Ebből adódik, hogy nagy a növény aszályérzékenysége és ekkor kell az öntözésre a legnagyobb hangsúlyt fektetni.

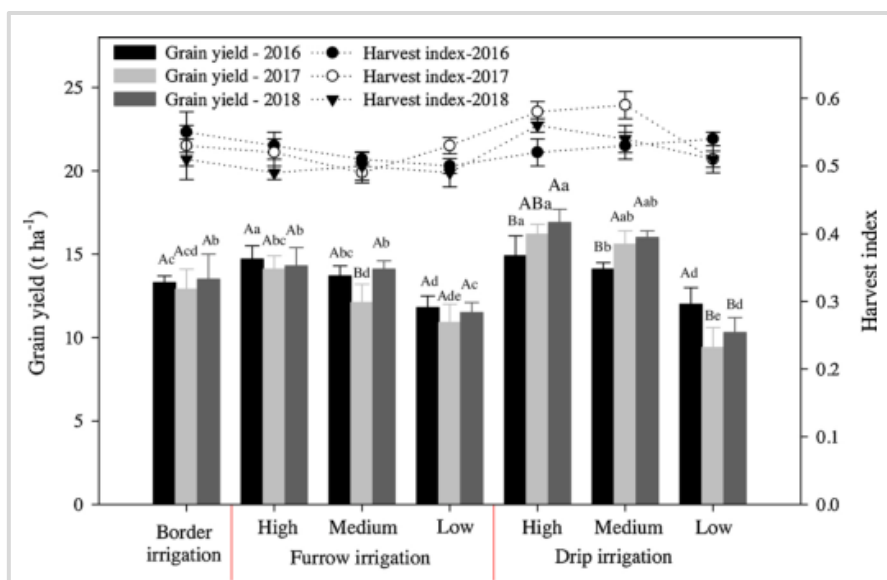
- Mint már említettem, először június végén, címerezés előtt öntözzük (50-60 mm).
- Majd 12-14 napos öntözési fordulóval 2-3-szor 30-40 mm-t.
- A szemtelítődés időszakában pedig nagyobb 50-60 mm-es normával öntözzünk. (Antal et al. 2007) (Sárvári 2019)

Nagy (2021) kísérletében bizonyította, hogy az öntözés terméstöbbletet okoz és különböző évjáratokban eltérő terméstöbblet érhető el. Az eredményeiből leolvasható, hogy az öntözés hatására 10 tonna vagy magasabb terméshozamot értek el a növények egy hektáron, illetve 2018. és 2019-ben a már 12-14 t/ha-os termésátlag is elérhető volt kukorica kultúrában. 11. ábra



11. ábra Öntözés hatása a kukorica termésére (1990-2019) (Forrás: Nagy 2021)

Zhang és munkatársai (2021) tanulmánya három olyan kukorica öntözési módot tárgyal, melyek Magyarországon még kevésbé ismertek, ugyanis Kínában olyan öntözési technikák is elterjedtek, melyek itthon még nem. A border irrigation, szegélyes öntözés során a területet párhuzamos szegélyekre/sávokra osztják, és a víz ezeken a szegélyeken keresztül egyenletesen terjed el. A furrow irrigation, barázdás öntözés során pedig kis barázdákat alakítanak ki a növény sorai között. A víz ezekben a barázdákba végigfolyik a sorok mentén és közvetlenül a növények gyökérzónájába jut. A drip irrigation azaz csepegtető öntözés hazánkban inkább zöldség kultúrában elterjed módszer, mely csepegtető szalagon keresztül precízen juttatja ki a kívánt vízmennyiséget. A kísérlet során megállapították, hogy a csepegtető öntözés hatása volt a legmagasabb a terméshozam a három módszer közül, több mint 15 t/ha a kínai régió klímáján az évek átlagában. (12. ábra)



12. ábra Kukorica hozama és a betakarítási indexe különböző öntözési módszerek hatására (Forrás: Zhang et al.2021)

Végül Futó és Bencze (2017) Szarvason vizsgálta a szalagos csepegtető öntözés hatását a kukorica termésátlagára 2016. és 2017-ben. Megállapították, hogy a kukorica csepegtető szalagos öntözésének alacsony a vízfelhasználása, továbbá energiatakarékos és hatékony öntözési technológia és újítás lehet a jövőben a precíziós gazdálkodást folytatók számára. Mivel hazánkban sok területen nem áll rendelkezésre elegendő víz az öntözéshez, ezért ez a módszer a kis vízfelhasználásának köszönhetően működőképes lehet. A kísérletükben hozamok 2016-ban 22,3-24,5%-kal növekedtek a kontroll parcellákhoz képest, míg a 2017-es évben a hozamnövekedés elérte a 46,73-53,46%-ot. Tehát a termésátlag növekedésének mértéke már ökonómiailag is gazdaságos volt.

2.7 Kukorica öntözés és talajművelés összefüggései

A gazdaságos és fenntartható kukoricatermesztés érdekében fontos a talajművelési technikák és az öntözési gyakorlatok megfelelő alkalmazása. Ennek hatását vizsgálták Cameira és munkatársai 2003-ban.

Cameira et al. (2003) tanulmányukban hagyományos és min-till technikákkal végzett kísérletek alapján vizsgálták a talajporozitás változását az öntözési időszak alatt, valamint a vízvezető képességet. A hagyományos művelésben az őszi szántás a talaj felső rétegében makro- és mezoméretű pórusokat alakít ki, melyet az első öntözés részben megszüntet, mert a vízvezető pórusok arányát 45%-kal csökkentette. A minimális művelés esetében a makropórusok aránya nem változott meg szignifikáns mértékben, mivel 85% volt a makropórusok részaránya az összes porozitáson belül. Továbbá a makropórusok járultak hozzá leginkább a talaj vízvezető képességének fenntartásához mindkét művelésben.

Boldán és munkatársai (2005) kutatásukban megvizsgálták a no-tillage (direktvetés) és a reduced tillage (csökkentett menetszámú talajművelés), illetve az öntözés hatását a talaj fizikai és mikrobiológiai jellemzőire, valamint a kukorica hozamára vonatkozóan. A talaj felső 5 cm-es rétegében a szervesanyag mennyiségét csökkentette a reduced tillage. A no-till esetén pedig a felső 5 cm-es rétegben kedvezőbb aggregátumstabilitást és magasabb enzimaktivitást tapasztaltak. Az öntözés nem befolyásolta a talaj szerkezeti stabilitását, és nem volt jelentős hatással a mikrobiális aktivitásra, ugyanakkor jelentősen növekedett a talaj szervesanyag-készlete.

A fenti megállapítások alapján egyértelmű, hogy mind az öntözés, mind a talajművelés alapvetően befolyásolja a talaj szerkezetét. Ez hangsúlyozza annak fontosságát, hogy ezekre a tényezőkre oda kell figyelni a termelés fenntarthatóságának érdekében.

2.8 LAI, SPAD értékek alakulása kukoricatermesztésben

A kukorica fejlődését és a termésátlagát nagyban befolyásolja a fotoszintetikus aktivitása. A fotoszintézis két fontos tényezőtől függ:

- a növény (levél) területének nagysága (LAI),
- a levél relatív klorofill tartalma (SPAD).

A relatív klorofill tartalom, megmutatja, hogy a levél fotoszintetikus aktivitását mekkora mértékben képes befolyásolni az öntözés és a tápanyagtartalom és egyéb tényezők. (Futó és Bencze 2017)

A levélterület-index növekedésével a szemtermés mennyisége is növelhető egy bizonyos pontig, azonban az optimális pont után a hozam csökkenhet. Nem mindig a maximális levélterület elérése a cél. A megfelelő LAI értéket (például szemes, siló, ipari termesztés stb.) a növények töszámával, állománysűrűséggel is befolyásolhatjuk. (Antal et al. 2005)

A SPAD mérőműszer a levél klorofill tartalmát mutatja meg, ami lehetővé teszi a növények fotoszintézisét. A mérések eredményei a kukorica növekedésének korai szakaszában a nitrogén (N) hiányának kimutatására használhatók leginkább. Továbbá a területek nitrogénállapotának kezelésében és a kukoricahozam kiszámításában is segítséget nyújt. (Nagy 2021)

3. ANYAG ÉS MÓDSZERTAN

3.1 Kísérleti helye

Kísérletem beállítása a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Környezettudományi Intézet Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszékén Szarvason (5540) történt, konkrétan a tanszék tangazdaságának „Iskolaföld” területén. A pontosabb meghatározása egyszerűbb a következő GPS koordinátával: 46°53'06.1"N 20°31'49.7"E

3.2 Kísérleti évek időjárása

A kísérletemet 2022-ben és 2023-ban végeztem, azaz a két év eredményét dolgozza fel. 2022-ben az időjárás meglehetősen kiszámíthatatlan volt. A téli és tavaszi hónapokban jelentősen kevés csapadék esett, mely a növények csírázását nagyban megnehezítette, lelassította. Majd az áprilisi csapadék segített a növekedésben. Ennek ellenére a nyári hónapokban nem várt időjárás alakult ki. Júniustól augusztusig ~75 milliméter csapadék hullott, és ennek a mennyiségnek a legnagyobb része a három hónap 2-4 napjára volt leosztható. A kukorica pedig a legtöbb vizet általánosságban július elejétől augusztus végéig, azaz a virágzás és terméskötődési fenológiai szakaszban igényli, így már ez nagyban redukálta a termésmennyiséget. Továbbá ezekben a hónapokban volt a hőmérséklet maximuma is. Júniusban 37,6 C°, júliusban 39,9 C°, augusztusban 37,6 C° fok volt a csúcspont, ami az aszály mellé légköri aszályt is előidézett. Ezt a forró és száraz időjárást a növény még öntözött körülmények között is nehezen viselte. Ennek következtében a tenyészidőszakban a kevés csapadék és a magas hőmérséklet hatására a termésátlagok még öntözés ellenére is lecsökkentek. Öntözés nélkül pedig az Alföld egyes részein a kultúrnövények totálisan kipusztultak. (1. táblázat)

Bár 2022 egy rendkívül szélsőséges év volt, de 2023 már ennél sokkal kedvezőbbnek bizonyult. A téli és a tavaszi hónapok is csapadékosabbak voltak 2023-ban. Így a vetést követően a növények növekedése zavartalanul történt. A nyári hónapokban tovább fejlődhettek a növények, mert ~87mm eső eloszlása is sokkal több napra volt tehető az előző évhez képest. A hőmérséklet alakulása is elfogadhatóbb volt. Júniustól augusztusig az átlaghőmérséklet 20 és 24 C° fok között alakult, a maximumpont pedig 37,9 C° volt. Bár volt aszály, de ez elfogadhatóbb lefolyásban. Így összességben sem az aszály és sem a légköri aszály nem befolyásolta jelentősen a termésátlagokat. Végül, ha a két év csapadékmennyiségét összehasonlítjuk, januártól szeptemberig, jól látható a különbség. 2022-ben szeptemberig 215,4 mm csapadék esett, míg 2023-ban 283,7 mm. Ezt a kukorica átlagos tenyészidőszakára

(májustól szeptemberig) levetítve megállapítható, hogy 2022-ben még 146,2 mm volt, addig 2023-ban már 174,1 milliméter csapadék esett. (2. táblázat)

Összegezve a kísérleti két év időjárása nagyban különbözött egymástól. Míg az első (2022) egy száraz, forró és aszályos év volt, addig a második (2023) egy csapadékosabb és enyhébb, de nem aszály mentes év volt. Bár 2022-ben nem, de 2023-ban öntözés mellett kimagasló eredményeket lehetett elérni kukorica kultúrában.

1. táblázat A hőmérséklet és csapadékmennyiség alakulása Szarvason 2022. (Forrás: MATE ÖVKI Liziméter Telep, Agromet Solar automata meteorológiai állomás (Boreas Kft.)

	Hőmérséklet (°C)			Csapadék (mm)
Hónap	Min.	Max.	Átlag	Összeg
2022. január	-11,5	15,2	0,37514	14,5
2022. február	-4,8	16,1	4,88207	4,8
2022. március	-7,7	23	5,46585	7,8
2022. április	-2,9	23,4	9,81796	42,1
2022. május	4,8	31,4	18,0328	13
2022. június	9,8	37,6	23,4177	21,3
2022. július	9,5	39,9	24,385	20,8
2022. augusztus	15,4	37,6	24,2731	33,4
2022. szeptember	4,7	30,3	16,421	57,7
2022. október	0	22,9	13,069	2,5
2022. november	-1,8	18,3	6,77671	38
2022. december	-5,7	14,1	3,21592	87,6
Összesen (mm)				343,5

2. táblázat A hőmérséklet és csapadékmennyiség alakulása Szarvason 2023.01-09. (Forrás: MATE ÖVKI Liziméter Telep, Agromet Solar automata meteorológiai állomás (Boreas Kft.)

	Hőmérséklet (°C)			Csapadék (mm)
Hónap	Min.	Max.	Átlag	Összeg
2023. január	-4,5	13,5	4,62883	49,9
2023. február	-8,9	16,4	3,02108	15,1
2023. március	-3,7	23,3	7,95439	25,3
2023. április	-2,3	22,3	9,85715	19,3
2023. május	6	27,9	16,9516	56
2023. június	9,5	35,3	20,5579	20,1
2023. július	12,6	37,4	24,1918	33,3
2023. augusztus	10	37,9	23,7674	33,7
2023. szeptember	10,4	33,3	20,6012	31
Összesen jan.-szept. (mm)				283,7

3.3 Kísérleti parcellák

A kísérletemben két talajművelési módot hasonlítottam össze különböző öntözési vízadagok kijuttatása mellett. A két mód pedig a hagyományos (forgatásos) és a minimum (-till) talajművelési módszer volt. Ezekkel kombinálva történt az öntözés. Voltak öntözetlen, kétszer öntözött és négyszer öntözött parcellák. Így megkülönböztethető összesen 6 fajta kezelés. Minden kezelés 3 ismétlésben végeztem el, szóval a teljes kísérleti terület 18 parcellából állt. Minden kezelésnek saját rövidítést adtam a könnyebb azonosítás érdekében, melyet a 3. táblázat szemléltet. Minden parcella, ismétlés 4 méter x 10 méter hosszú volt, azaz 40 m². Mivel mind a 6 kezeléshez 3 ismétlés tartozott, így a kísérlet (18 db. x 40 m²) 720 m² területet ölelt fel. (3. táblázat)

3. táblázat A kísérlet parcellái

1. ismétlés Hagyományos talajművelés 4x öntözött „H4X”	2. ismétlés Hagyományos talajművelés 4x öntözött „H4X”	3. ismétlés Hagyományos talajművelés 4x öntözött „H4X”	1. ismétlés Minimum talajművelés 4x öntözött „MIN4X”	2. ismétlés Minimum talajművelés 4x öntözött „MIN4X”	3. ismétlés Minimum talajművelés 4x öntözött „MIN4X”
1. ismétlés Hagyományos talajművelés 2x öntözött „H2X”	2. ismétlés Hagyományos talajművelés 2x öntözött „H2X”	3. ismétlés Hagyományos talajművelés 2x öntözött „H2X”	1. ismétlés Minimum talajművelés 2x öntözött „MIN2X”	2. ismétlés Minimum talajművelés 2x öntözött „MIN2X”	3. ismétlés Minimum talajművelés 2x öntözött „MIN2X”
1. ismétlés Hagyományos talajművelés öntözetlen „H0X”	2. ismétlés Hagyományos talajművelés öntözetlen „H0X”	3. ismétlés Hagyományos talajművelés öntözetlen „H0X”	1. ismétlés Minimum talajművelés öntözetlen „MIN0X”	2. ismétlés Minimum talajművelés öntözetlen „MIN0X”	3. ismétlés Minimum talajművelés öntözetlen „MIN0X”

3.4 A terület talaja, talajelőkészítés, tápanyagellátás

A talajvizsgálati eredmények alapján a kísérleti terület talajának a kémhatása gyengén savas, humusztartalma közepes és agyagos vályog fizikai féleségű. Ez a talaj kis sótartalmú és CaCO_3 -t nem tartalmaz, azaz nem meszes. A N-szolgáltató képessége közepes, P-ellátottsága és K-ellátottsága magas. Továbbá cinkből igen jól, magnéziumból jól, rézből és mangánból pedig kielégítően ellátott. (4. táblázat)

A területen az elővetemény a 2022-es évet megelőzően rozs volt, illetve mind a két vizsgálati évben ugyan azon területen volt beállítva a kísérlet. A talajelőkészítés a kísérletem szempontjából sarkalatos pont. Két művelési módszert különítettem el:

Hagyományos művelés: A forgatásos művelés esetében a szántás egy 4 fejes váltvaforgató ekével történt 2021 és 2022 novemberében, majd a szántás elmunkálása pedig egy simítóval lett elvégezve 2022 és 2023 márciusában.

Minimum talajművelés (-till): A forgatás nélküli művelés esetében szántás nincs. Helyette 2022 és 2023 március végében az előveteményből fennmaradó szármaradvány tárcsával lett bedolgozva a talajba.

Mind a két művelés esetében a vetést megelőzően április végén tápanyag utánpótlásra került sor. NPK műtrágyából (8:15:15) 300 kg/ha-os és Pétisóból (27% N) 200 kg/ha-os adag lett kijuttatva. Végül a műtrágya talajba dolgozásához és magágyelőkészítéshez mind a két művelésnél egyaránt kombinátort használtam.

4. táblázat A kísérleti terület talajvizsgálati eredménye

Vizsgált tulajdonság	Vizsgálati érték
pH (KCl)	6,75
K_A (Aranyféle kötöttség)	47
Vízben oldható összes só [%]	0,05
CaCO_3 [%]	0
Humusz [%]	2,43
AL- P_2O_5 [mg/kg^{-1}]	2348
AL- K_2O [mg/kg^{-1}]	665
Mg (KCl) [mg/kg^{-1}]	468
Na (AL) [mg/kg^{-1}]	41,6
EDTA-Zn [mg/kg^{-1}]	2,55
EDTA-Cu [mg/kg^{-1}]	5,06
EDTA-Mn [mg/kg^{-1}]	332
S [mg/kg^{-1}]	8,53
(NO_2+NO_3)-N(KCl) [mg/kg^{-1}]	5,49

3.5 Vetés

A kukorica vetése 2022. május 10-én és 2023. május 4-én lett elvégezve. A vetés megszokott 76,2-es sortávra és 70000 tő/ha-os normával történt szemenkénti vetőgéppel. A vetőmag pedig egy Pioneer P9363-as hibrid volt. Ez a 350-es FAO számú kukorica korai éréscsoportba tartozik. Vetést követően a terület meg lett hengerezve az egyöntetű kelés érdekében.

3.6 Növényvédelem

A vetést után, de még a kukorica kelése előtt (2022. 05. 11. és 2023 05. 05.) preemergens glifozát izopropilamin-só tartalmú (Boom Efekt) totális herbicid 5 l/ha-os dózisban volt permetezve a területen. A magról kelő egy- és kétszikű gyomnövények ellen izoxaflutol és tienkarbazon-metil hatóanyagtartalmú Adengo növényvédőszer volt kijuttatva 0,35 l/ha-os dózisban (2022.05. 23 és 2023 05.22.). Végül magról kelő és évelő kétszikű gyomok ellen Columbus EC (floraszulam, fluroxipir-meptil) típusú herbicid volt alkalmazva a területen 2022.06.07-én és 2023.06.05-én 1 l/ha-os dózisban.

3.7 Öntözés

A kukorica termesztése során a megfelelő terméshozam eléréséhez és a növény optimális növekedéséhez öntözésre van szükség. Az első kelesztő esőszerű öntözés az egyöntetű kelés érdekében mindkét évben a vetést követő napokban lett elvégezve (15 mm). Időpontja 2022. 05.12-én és 2023. 05.08-án volt. Ezt követően a kísérlettől függően lett öntözve a kultúra.

1. Az első öntözéskor az öntözetlen parcellák kivételével 30 mm víz lett kijuttatva a többi területre. (2022.05.30. és 2023.05.25.)
2. A második öntözést csak a H4X és a MIN4X parcellák kapták meg szintén 30 mm vízádagban. (2022.06.15. és 2023.06.12.)
3. A harmadik alkalommal újra az összes parcella meg lett öntözve (kivéve az öntözetlent) 30 mm-es vízmennyiségben. (2022.06.30. és 2023.06.26.)
4. Végül a negyedik öntözést megint csak a „négyyszeres” parcellák, azaz a H4X és a MIN4X megjelölésűek kapták meg 30 mm vízádagban. (2022.07.18. és 2023.07.10.)

3.8 Mintavétel, mérések

Az első mérésemet tenyészedőszakban még a zöld állományban végeztem (ezt csak 2022. 08. 30-án). Ekkor LAI (levélterületindexet) és SPAD-ot (klorofiltartalmat) (16. ábra) mértem.

Mintavétel előtt növénymagasságot mérőszalag segítségével mértem le. Ezt követően végeztem el a mintaszedést (13. ábra). Minden ismétlésben 3-3 folyóméterről törtem le a csöveket (2022.10.13. és 2023.09.18). Végül az összegyűjtött mintákat laborban dolgoztam fel.

Az első lépésként a laborban meghatároztam a csövenkénti szemszámot, mely egy hosszas folyamat volt. Majd lemorzsoltam a kukoricát és kezelésként egybegyűjtöttem. Az átlagmintákból hozamot számoltam, illetve NIR-spektroszkópián alapuló infra műszerrel beltartalmi értékeket mértem (17. ábra). Végezetül pedig ezermagtömeget is számoltam (15. ábra) gramm pontosságú mérleg segítségével.

2022-ben két időpontban talajtani vizsgálatnak is alávettem a kísérletem, így a talajellenállás változását is meg tudtam állapítani. Ehhez egy Penetronik műszert használtam. (18. ábra)



13. ábra Mintavétel
(Szarvas, 2022. 10. 13.)



14. ábra Kukoricamorzsolás
(Szarvas, 2023. 10. 20.)



15. ábra Magszámlálás
(Szarvas, 2023. 10. 20.)



16. ábra SPAD műszer
(Szarvas, 2022. 08. 30.)



17. ábra NIR infra műszer
(Szarvas, 2023. 10. 20.)



18. ábra Penetronik műszer
(Szarvas, 2023. 10. 20.)

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKEK

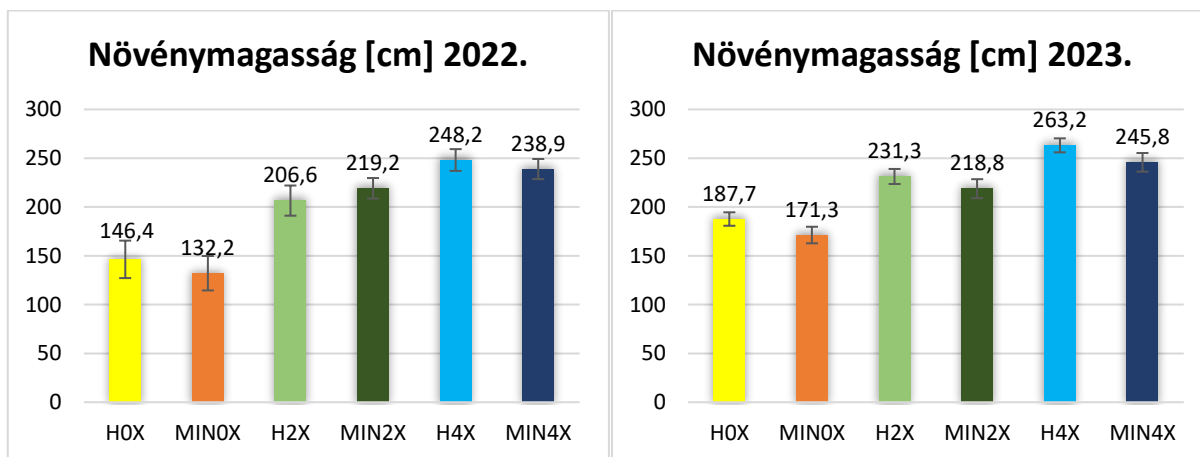
4.1 Növénymagasság

Az első méréseim között végeztem el a kukorica növénymagasságának meghatározását 2022-ben és 2023-ban is. A mérési eredményekből megállapítható, hogy 2022-ben az aszály hatására nagyobb különbségek jöttek létre a növények között mint 2023-ban. A legmagasabb növények átlagban a négyszeres kezeléseknél jelentkeztek, melyek körülbelül 240 cm fölött voltak. A legmagasabb átlagot a 4-szer öntözött hagyományos talajművelésű parcellában mértem (263,2 cm). A legalacsonyabb növények pedig a kontrollban, azaz az öntöztelen kezeléseknél voltak tapasztalhatóak, 2022-ben a 150 centimétert sem érték el a növények, 2023-ban pedig 170-190 cm között voltak az értékek. Minden általam készített diagram esetében a hibasávok az adatok szórását mutatják. (19. ábra és 20. ábra)

A varianciaanalízis bebizonyította, hogy a növénymagasság esetében az öntözés szignifikáns különbséget mutat, mert az öntöztelen kezeléshez képest a kétszer öntözött parcellák már statisztikailag magasabb értéket értek el, majd ehhez képest a négyszeres kezeléseknél még számottevően magasabbra nőttek mindkét évben. (5. táblázat)

A talajművelések esetében 2022-ben szignifikáns különbség nem fedezhető fel, viszont 2023-ban igen. Így 2023-ban a 95%-os konfidencia felső határa a minimum művelésnél 223,8 cm volt, melyet 227,4 centiméterrel a hagyományos művelés felülmúlt. (6. táblázat)

Így összességben megállapítható, hogy a 2022-es növénymagasság alacsonyabb értékeket ért el, mint 2023-ban. Az öntözés pozitívan hat a növények magasságára, még aszályos években is. A talajművelésben pedig csak 2023 mutatott szignifikáns különbséget a hagyományos technológia javára.



19. ábra Kukorica növénymagassága 2022.

20. ábra Kukorica növénymagassága 2023.

5. táblázat Növénymagasság az öntözés hatására: varianciaanalízis 2022.

Öntözés	Év	Átlag	Standard hiba	95%-os konfidencia intervallum	
				Alsó határ	Felső határ
Öntöztelen	2022	139,300*	3,449	132,394	146,206
2x öntözött		212,900*	3,449	205,994	219,806
4x öntözött		243,550*	3,449	236,644	250,456
Öntöztelen	2023	179,500*	2,544	174,406	184,594
2x öntözött		225,050*	2,544	219,956	230,144
4x öntözött		254,500*	2,544	249,406	259,594

* szignifikáns különbség (95%-os megbízhatósági szinten)

6. táblázat Növénymagasság a talajművelés hatására: varianciaanalízis 2023.

Talajművelés	Év	Átlag	Standard hiba	95%-os konfidencia intervallum	
				Alsó határ	Felső határ
Hagyományos	2022	200,400 ^{ns}	8,583	183,219	217,581
Min-till		196,767 ^{ns}	8,583	179,585	213,948
Hagyományos	2023	227,400*	5,917	215,556	239,244
Min-till		211,967*	5,917	200,123	223,811

* szignifikáns különbség (95%-os megbízhatósági szinten), ns (nincs szignifikáns különbség)

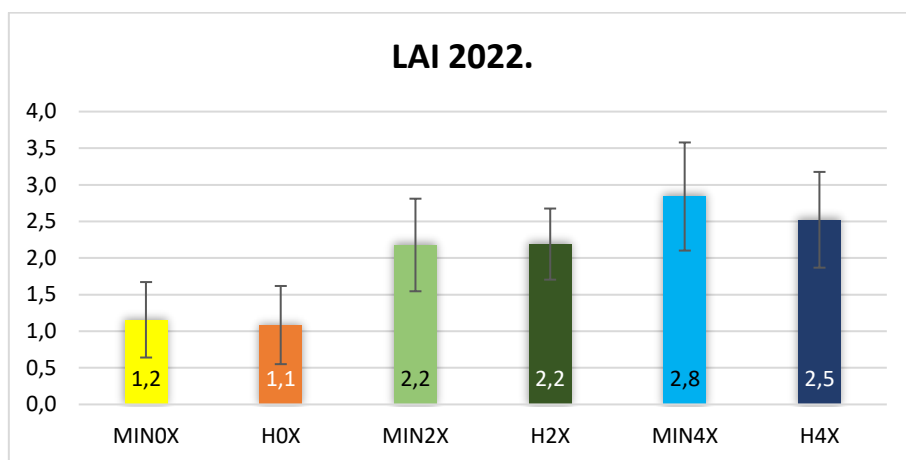
4.2 LAI (Leaf Area Index)

A következő mérés, melyet még zöld állományban végeztem, a levélterület-index volt. Ezeknek az értékeknek nincs dimenziója (önálló szám), csak azt fejezi ki, hogy egy m² talajfelszínre hány m² levélfelület jut. A kísérletemben csak 2022-ben tudtam LAI-t mérni. Ebben az évben a MIN4X azaz a min-till négyszer öntözött parcellája érte el a legmagasabb 2,8-as LAI értéket. Ez azt jelenti, hogy egy négyzetméternyi területen átlagosan 2,8 négyzetméternyi levélfelület található, ami viszonylag sűrűn kukoricaállományt jelent, azaz hatékonyan használja ki a rendelkezésre álló fényt a fotoszintézishez. Ez a magas LAI érték általában jó terméshozamra utal, mivel a sűrűbb növényzetnek nagyobb a fotoszintetikus aktivitása. (21.ábra)

A varianciaanalízis során megállapításra került, hogy a talajművelések között nincs szignifikáns különbség, viszont az öntözések között van. Az öntöztelen parcellákhoz képest a 2x-es öntözés már jelentős különbséget mutat, de ehhez képest a 4x-es öntözés még inkább szignifikáns eredményt hozott. (7.táblázat)

A talajművelések közötti varianciaanalízis során nem volt szignifikáns különbség, így egyik művelési mód sem javította a levélterület-indexet.

A LAI mérések bebizonyították, hogy az öntözés hatására megnő az állomány sűrűsége, levélterület-indexe is, így növekedhet a hozam. A talajművelések pedig nem változtatták meg a LAI értékeket szignifikánsan.



21. ábra Kukorica levélterület-indexe 2022.

7. táblázat Levélterület-index (LAI) az öntözés hatására: varianciaanalízis 2022.

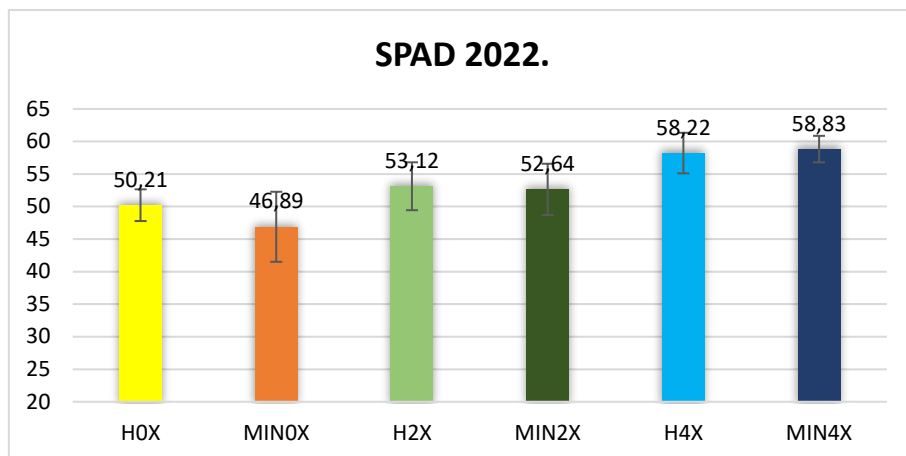
Öntözés	Év	Átlag	Standard hiba	95%-os konfidencia intervallum	
				Alsó határ	Felső határ
Öntöztelen	2022	1,050*	0,134	0,781	1,319
2x öntözött		2,255*	0,134	1,986	2,524
4x öntözött		2,540*	0,134	2,271	2,809

* szignifikáns különbség (95%-os megbízhatósági szinten)

4.3 SPAD (Soil Plant Analysis Development)

A SPAD értéket mértem meg utoljára a zöld növénykultúrában. A SPAD értéke a növény leveleinek klorofill-tartalmára utal, ami közvetett módon információt nyújt a növények állapotáról és tápanyagellátottságáról. A kísérletben a legnagyobb átlagértékeket négyszeres öntözés hatására adták a növények. A hagyományos művelésnél 58,22 a min-till esetében pedig 58,83 volt ez a klorofiltartalom. A legalacsonyabb értéket pedig a MIN0X öntöztelen parcella nyújtotta. (22. ábra)

Varianciaanalízissel pedig szignifikáns növekedés figyelhető meg az öntöztelen és az öntözések, illetve a kétszer és a négyszer való öntözés között is. Az öntöztelen kezelés 95%-os konfidencia felső határa 50,184 SPAD klorofiltartalom melyet a kétszer öntözött (52,880) és a négyszer öntözött (58,525) kísérlet is felülmúlt. A talajművelések vizsgálatánál ebben az esetben sem fedeztem fel szignifikáns különbséget. Így a minimum-till és a hagyományos művelés sem fejtett ki jelentős hatást a kukorica klorofill-tartalmára.



22. ábra Kukorica klorofiltartalma (SPAD) 2022.

8. táblázat Klorofiltartalom (SPAD) az öntözés hatására: varianciaanalízis 2022.

Öntözés	Év	Átlag	Standard hiba	95%-os konfidencia intervallum	
				Alsó határ	Felső határ
Öntözetlen	2022	48,550*	0,816	46,916	50,184
2x öntözött		52,880*	0,816	51,246	54,514
4x öntözött		58,525*	0,816	56,891	60,159

* szignifikáns különbség (95%-os megbízhatósági szinten)

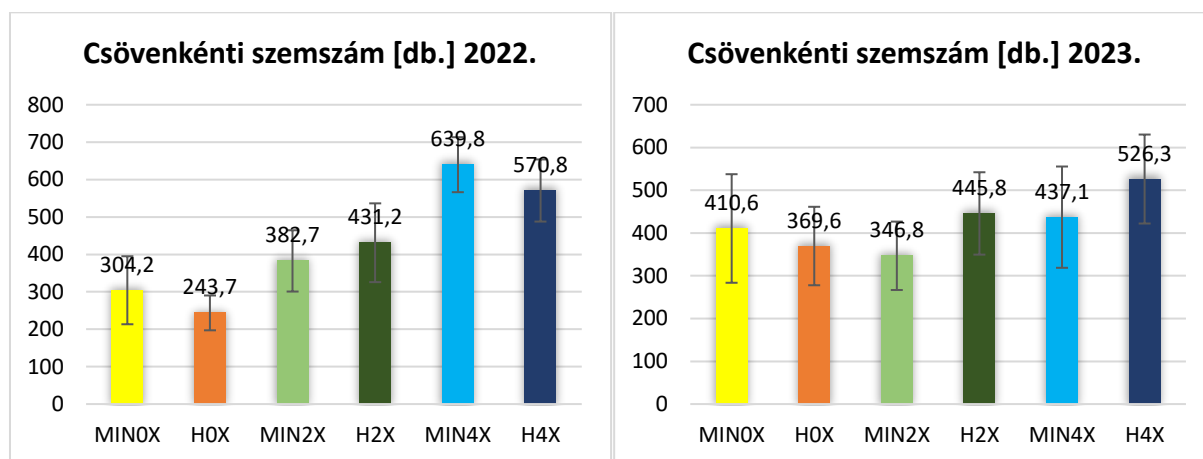
4.4 Csővenkénti szemszám

A csővenkénti szemszám volt az első számolásom, melyet a mintaszedés után végeztem el. Ez esetben megállapítottam, hogy egy kukoricacsővön hány darab szem található. A diagrammok alapján a két évben különbségek állapíthatók meg. A 2022-es aszályos évben a növények nehezen nevelték ki a csöveket, és öntözetlen körülmények között csak egyes növények hoztak termést. Azonban amelyik növényen volt kukorica, ott csak 200-300 szemet hozott átlagban csővenként mindkét talajművelésnél. Ebben az évben a 4x öntözött parcellákon viszont közel 600 szem volt egy csővön, mely hatalmas különbség az öntözetlenhez képest. 2023-ban 400-500 közötti szemet hozott egy kukoricacső minden kezelésben. Egyedül a H4X parcella volt minimálisa 500 szem fölött, ott 526 volt ez a szám.

A varianciaanalízisben az öntözés hatása csak 2022-ben volt szignifikáns, mely az előbb említettek után nem meglepő. A négyszer öntözött kezelés szignifikánsan magasabb csővenkénti szemszámot mutatott, mint a kétszeres vagy öntözés nélküli terület. 2023-ban nem volt jelentős változás az öntözések között.

A minimum till művelés hatása ebben a mérésben nem mutat növekedést. A 2022-es eredményekből kiderül, hogy a két talajművelés között nincs jelentős különbség. Viszont a 2023-as mérésben a hagyományos szántásos művelés szignifikánsan magasabb volt, mint a min-till. A standard hiba értéke ennél ~19,16 volt.

A csövek szemszáma már a hozamra utalhat, így az ábrákból arra feltételeztem, hogy a 4x öntözésű kezelések érik majd el a legmagasabb hozamot mindkét évben.



23. ábra A csövenkénti szemszámok 2022.

24. ábra A csövenkénti szemszámok 2023.

9. táblázat Csövenkénti szemszám az öntözés hatására: varianciaanalízis 2022-2023.

Öntözés	Év	Átlag	Standard hiba	95%-os konfidencia intervallum	
				Alsó határ	Felső határ
Öntöztelen	2022	273,950*	19,159	235,584	312,316
2x öntözött		406,950*	19,159	368,584	445,316
4x öntözött		605,300*	19,159	566,934	643,666
Öntöztelen	2023	431,250 ^{ns}	25,295	380,597	481,903
2x öntözött		446,000 ^{ns}	25,295	395,347	496,653
4x öntözött		473,500 ^{ns}	25,295	422,847	524,153

* szignifikáns különbség (95%-os megbízhatósági szinten), ns (nincs szignifikáns különbség)

10. táblázat Csövenkénti szemszám az talajművelés hatására: varianciaanalízis 2022-2023.

Talajművelés	Év	Átlag	Standard hiba	95%-os konfidencia intervallum	
				Alsó határ	Felső határ
Hagyományos	2022	415,233 ^{ns}	29,553	356,076	474,391
Min-till		442,233 ^{ns}	29,553	383,076	501,391
Hagyományos	2023	492,433*	19,194	454,012	530,855
Min-till		408,067*	19,194	369,645	446,488

* szignifikáns különbség (95%-os megbízhatósági szinten), ns (nincs szignifikáns különbség)

4.5 Terméshozam

A terméshozam egy fontos mérés, mely jól szemlélteti a kezelések hatását. A hozam esetében az ismétlések átlagmintájával dolgoztam. A termésátlagok, melyeket a diagrammok reprezentálnak, 14%-os nedvességtartalomra vannak korrigálva. A terméshozamban egyértelmű különbségek láthatók. Öntözés nélkül az aszályos 2022-ben mindkét talajművelés 3-4 tonna/hektáros eredménnyel zárt, míg 2023-ban, amikor a csapadék eloszlása és mennyisége előnyösebb volt, a termésátlag 4-5 t/ha-os átlagra nőtt. Ezzel szemben a két alkalmas öntözésben a minimum talajművelés a hagyományoshoz képest alulmaradt, ez főként a 2023-as évben volt számottevő. A min-till 4,8 t/ha-os átlagához képest a hagyományos művelés 7,53 t/ha-os eredményt mutatott. 2022-ben ennél a kezelésnél nem volt számottevő különbség, 5,5 (min-till) és 6,2 t/ha (hagy. talajműv.) volt a két művelésben a hozam. Végül a 4x öntözött állományban 2022-ben 6,88 t/ha lett a legmagasabb terméshozam, melyet a minimum tillage ért el, majd pedig a 6,6 t/ha-t a forgatásos művelés. Ez 2023-ban fordítva történt, mert a forgatásos művelés 8,51 t/ha-t ért el, majd pedig a min-till 7,78 t/ha-t. (25. ábra és 26. ábra)

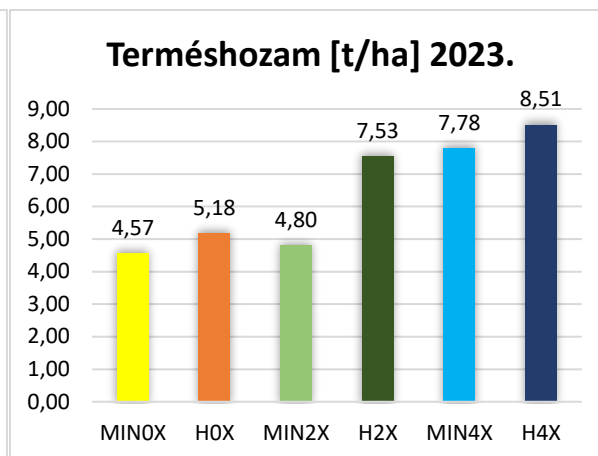
Az öntözés átlagában a két vizsgált talajművelést megvizsgálva következők állapíthatók meg: A minimum tillage esetében 2022-ben 5,46 t/ha; 2023-ban pedig 5,72 t/ha volt az átlagos hozam. A hagyományos talajművelés hozama pedig 2022-ben 5,34 t/ha-t, míg 2023-ban 7,07 t/ha-t volt. Így egyértelműen látszik, hogy 2022-ben minimálisan a minimum till érte el magasabb termésátlagot, míg 2023-ban a hagyományos (11. táblázat)

A talajművelések átlagában pedig az öntözés számát megvizsgálva kimondható, hogy mindkét évben növekedés tapasztalható. A két vizsgálati évet pedig összehasonlítva látható, hogy 2023-ban volt a magasabb a hozam az előző évhez képest az öntözések terén. Így a legmagasabb eredmény 8,15 t/ha volt, a 4x öntözött állományban és a talajművelések átlagában. (12. táblázat)

Összegezve tehát az öntözésnek jelentős hatása van a termésátlagokra vetítve, viszont a talajművelés nem okozott szignifikáns különbséget. Az évjárat nagyban befolyásolja, hogy mely művelés ér el minimálisan magasabb terméshozamot. A két vizsgálati évet összehasonlítva egyértelműen látszik, hogy a kedvezőbb 2023-as tenyészidőszakban kedvezőbb volt az időjárás, és a csapadék eloszlás is, mely javította a hozamot.



25. ábra A kukorica hozama 2022.



26. ábra A kukorica hozama 2023.

11. táblázat A talajművelés hatása a kukorica hozamára az öntözések átlagában (2022-2023)

Talajművelés	Év	0x önt.	2x önt.	4x önt.	Átlag
Minimum-tillage	2022	4,01	5,51	6,88	5,46
	2023	4,57	4,80	7,78	5,72
Hagyományos talajművelés	2022	3,20	6,22	6,60	5,34
	2023	5,18	7,53	8,51	7,07

12. táblázat Az öntözés hatása a kukorica hozamára a talajművelések átlagában (2022-2023)

Öntözés	Év	Min-till	Hagy. talajm.	Átlag
Öntözetlen	2022	4,01	3,20	3,60
	2023	4,57	5,18	4,87
2x öntözött	2022	5,51	6,22	5,86
	2023	4,80	7,53	6,17
4x öntözött	2022	6,88	6,60	6,74
	2023	7,78	8,51	8,15

4.6 Ezermagtömeg

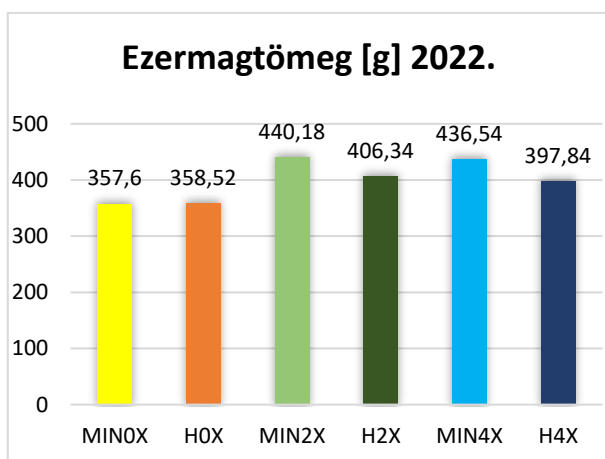
Az ezermagtömeg a nevéből adódóan ezer darab kukoricamag súlyát mutatja meg. Ennek a folyamata, hogy először le kell számolni az 1000 darab magot, melyet egy magszámláló műszer (Pfeuffer Contador) segített és ezután kell lemérni a mintát egy gramm pontosságú mérlegen. A 2022-es eredmények nagy része hasonló, viszont 2023-ban volt számottevő eltérés.

Tehát 2022-ben hasonlóbb adatokat mértem a kezelésekben. Esetleg megállapítható, hogy az öntözetlen parcellák ezermagtömege minimálisan alacsonyabbak az öntözöthöz képest, de nem számottevő. 400 gramm körüli értékeket mértem. (27. ábra)

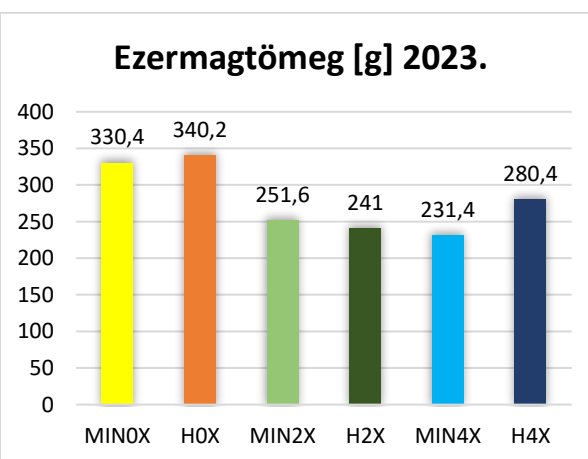
Ezzel szemben 2023-ban a kedvezőbb évjárat hatására kialakult a következő: Az öntöztetlen, kisebb hozamot elért parcellák magasabb, 300-350 gramm közötti ezermagtömeget értek el. Azonban az öntözés hatására 300 gramm alá, akár 231 grammra (MIN4X) is lecsökkent az ezermagtömeg.

Az ezermagtömeg esetében a diagramok alapján lényeges különbséget a talajművelések között nem lehet megállapítani egyik évben sem. Mindkét évben változó volt, hogy a forgatásos vagy a minimum művelés volt egy minimálisan jobb, amely nem szignifikáns.

Ezen adatok ismeretében megállapítható, hogy a gyengébb 2022-es hozamok esetében még nem csökkent a kukoricaszemek súlya és egyenes arányosságot mutatott a két vizsgálat, addig mivel 2023-ban kimagasló termésátlagok voltak, nagyobb és több csövet hozott egy növény, így a szemek súlya, ezermagtömege csökkent az öntözés hatására. Ez az öntöztetlen körülmények között nem volt releváns. Így látható, hogy 2023 ezermagtömege részben fordítottan arányos a 2023-as terméshozamhoz képest.



27. ábra A kukorica ezermagtömege 2022.



28. ábra A kukorica ezermagtömege 2023.

4.7 Beltartalom

A beltartalmi méréseimet egy FOSS Infratec elnevezésű közeli infravörös spektroszkópián (NIR) alapozott műszerrel végeztem.

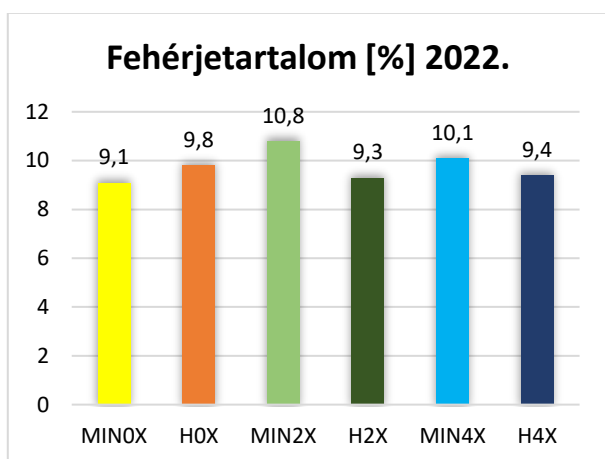
4.7.1 Fehérjetartalom

A fehérjetartalom esetében nem állapítható meg jelentős különbség 2022-ben. Az értékek 9 és 10% között mozogtak minden kezelésben. Ellenben 2023-ban már más megállapítás tehető. Az ezermagtömeghez hasonlóan az öntöztetlen parcellák érték el ebben az évben a legmagasabb 10-11% körüli fehérjetartalmat. Az öntözött parcellák 8-9% körül alakultak. A legalacsonyabb

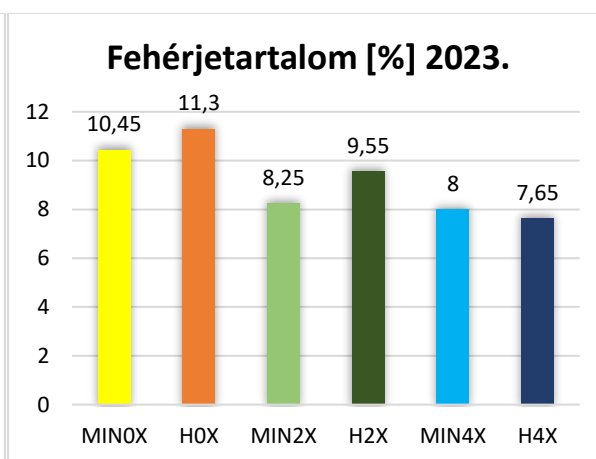
értéket a „H4X” parcella átlagmintája mutatta, mely 7,65% volt. Ez a parcella érte el a legmagasabb 8,51 t/ha-os hozamot. Így ez is azt bizonyítja, hogy a magasabb terméshozam hatására egy úgynevezett hígulás fedezhető fel a fehérjetartalomban is. (29. ábra és 30. ábra)

A talajművelések szempontjából a kezelések között nem volt számottevő különbség. Általánosságban <1% volt változóan az egyik technika javára a növekedés, így ez nem szignifikáns.

Ezen adatok tudatában elmondható, hogy a 2022-es szélsőséges időjárást illetően a hozam csökkent, viszont a fehérjetartalom megfelelően alakult. Ezzel szemben pedig 2023-ban a kiegyensúlyozottabb csapadékeloszlás és hőmérséklet nem volt limitáló tényező a hozamban így a növekedés hatására a fehérjetartalom csökkent, hígult.



29. ábra A kukorica fehérjetartalma 2022.



30. ábra A kukorica fehérjetartalma 2023.

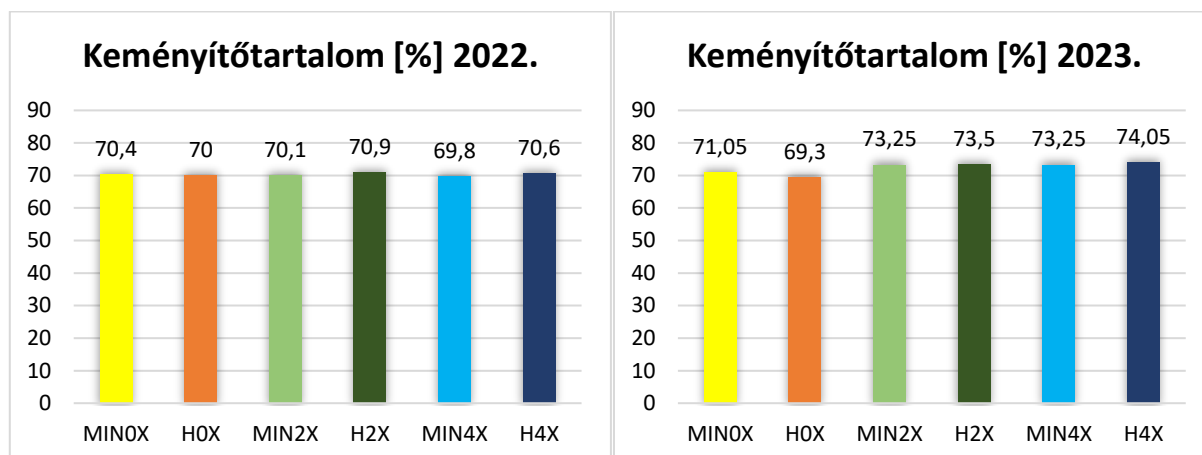
4.7.2 Keményítőtartalom

Az állatok számára a takarmány keményítőtartalma könnyen hozzáférhető, jól emészthető energiaforrás, emiatt fontos ennek az értéknek a vizsgálata is.

A 2022-es évben a kukorica keményítőtartalma 69-70% között alakult, mely érték átlagosnak tekinthető. A kezelések között így nem volt jelentős különbség. Hasonlóan alakult 2023 is. Az öntözetlen területekről betakarított kukoricaminta keményítőtartalma 69-71% körül volt, míg az öntözés hatására a kukorica keményítőtartalma minimálisan több 73-74%-ra nőtt. Bár megemlíthető, de ez sem jelentős különbség.

Összességben szignifikáns különbség nem volt tapasztalható a kezelések között, sem 2022-ben sem 2023-ban. Így a talajművelésnek és a különböző öntözéseknek sincs jelentős hatása a

kukorica keményítőtartalmára. A tartalmi értékek átlagosak és az állati takarmányozásba jól beilleszthetők.

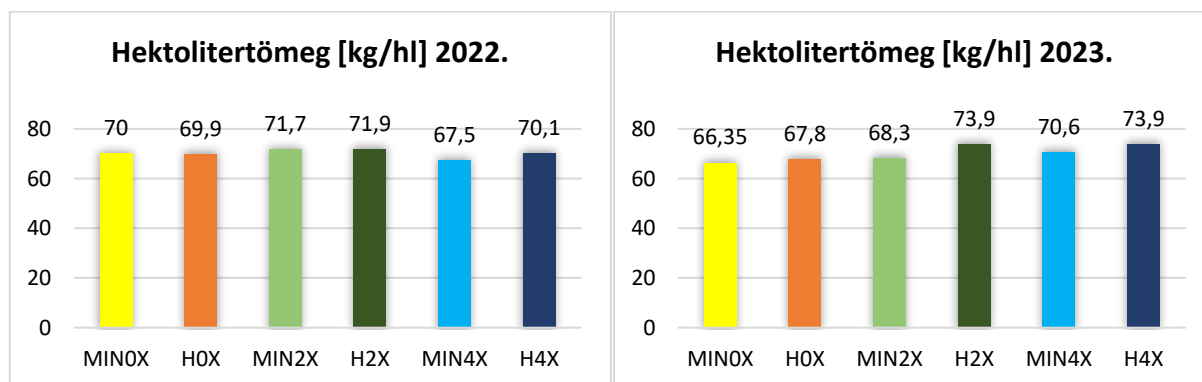


31. ábra A kukorica keményítőtartalma 2022. **32. ábra** A kukorica keményítőtartalma 2023.

4.7.3 Hektolitertömeg

Végül a hektolitertömeget mértem, mely azért fontos, mert általánosságban a magasabb értéke jobb termény minőségre utal. Különbségek nem állapíthatók meg egyik évben sem. Az első vizsgálati évben szinte az összes kezelésben 70 kg/hl körül mozogtak az értékek. Egyik öntözési vagy talajművelési technikánál sem volt szignifikáns különbség. 2023-ban egy minimális változás látható az öntözések között, de a talajművelések ebben az esetben sincs. A „MIN0X” és a „H0X” kezelések 66-67 kg/hl-t mutat. Ehhez hasonlóak a „MIN2X” és „MIN4X” parcellák is. Viszont a „H2X” és a „H4X” kezelések eredményei minimálisan magasabbal, 73,9 kg/hl. (33. ábra és 34. ábra)

A kísérletben mért hektolitertömeg adatok nem mutattak jelentős különbséget az évek és a kezelések között. Az itt rögzített mérési eredményem megerősíti az előző részekben tárgyalt beltartalmi mutatókat, és alátámasztja azt a következtetést, hogy az általam vizsgált kukorica jó beltartalmi minőségű.



33. ábra A kukorica hektolitertömege 2022. **34. ábra** A kukorica hektolitertömege 2023.

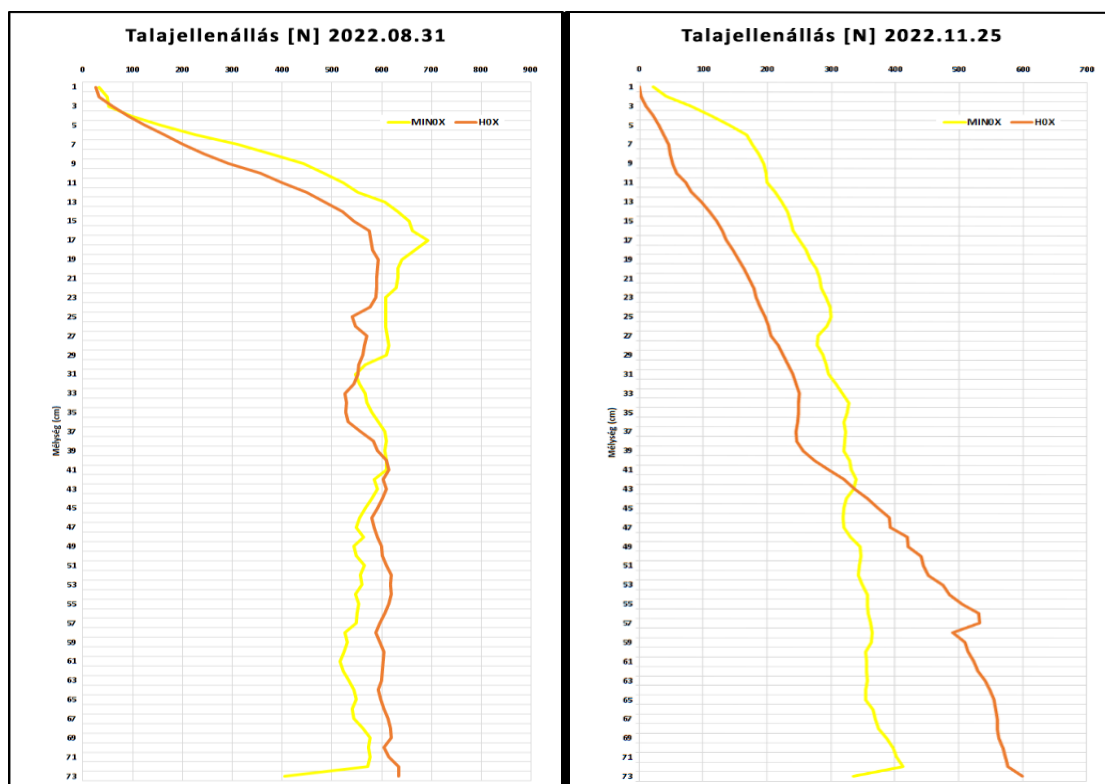
4.8 Talajellenállás

A talajellenállás a talaj tömörödöttségét mutatja meg. A kísérletemben két időpontban vizsgáltam, 2022. 08. 31-én amikor már száraz, kemény volt a talaj és 2022. 11. 25-én amikor az őszi esőzések hatására puha, nedvesebb talajállapot jött létre.

4.8.1 Öntöztetlen talajon mért talajellenállás

Először az öntöztetlen parcellákon hasonlítottam össze a talajellenállást a minimum-till és a hagyományos művelésben egyaránt. A diagramról leolvasható, hogy az augusztus végi mérésnél a minimum-till hamarabb, már 13 cm-nél elérte a 600 N nyomást, míg a hagyományos művelés esetében körülbelül 20 cm-nél 600 N volt a nyomás. Ezzel szemben a november végi mérésnél a lazább talajon a művelt rétegben lassabban nőtt a nyomás mindkét művelési technikánál, így a minimum művelésnél 20 centiméteren 277 N volt, a hagyományosnál pedig csak 163 N volt a nyomás.

Ezekből az adatokból az következtethető, hogy a szárazabb talaj művelt rétegében magasabb a nyomás, mint egy nedvesebb talajban. Továbbá a minimum tillage esetén nagyobb a mért nyomás az adott mélységben, a hagyományossal összevetve, vagyis a talaj tömörödése megfigyelhető.

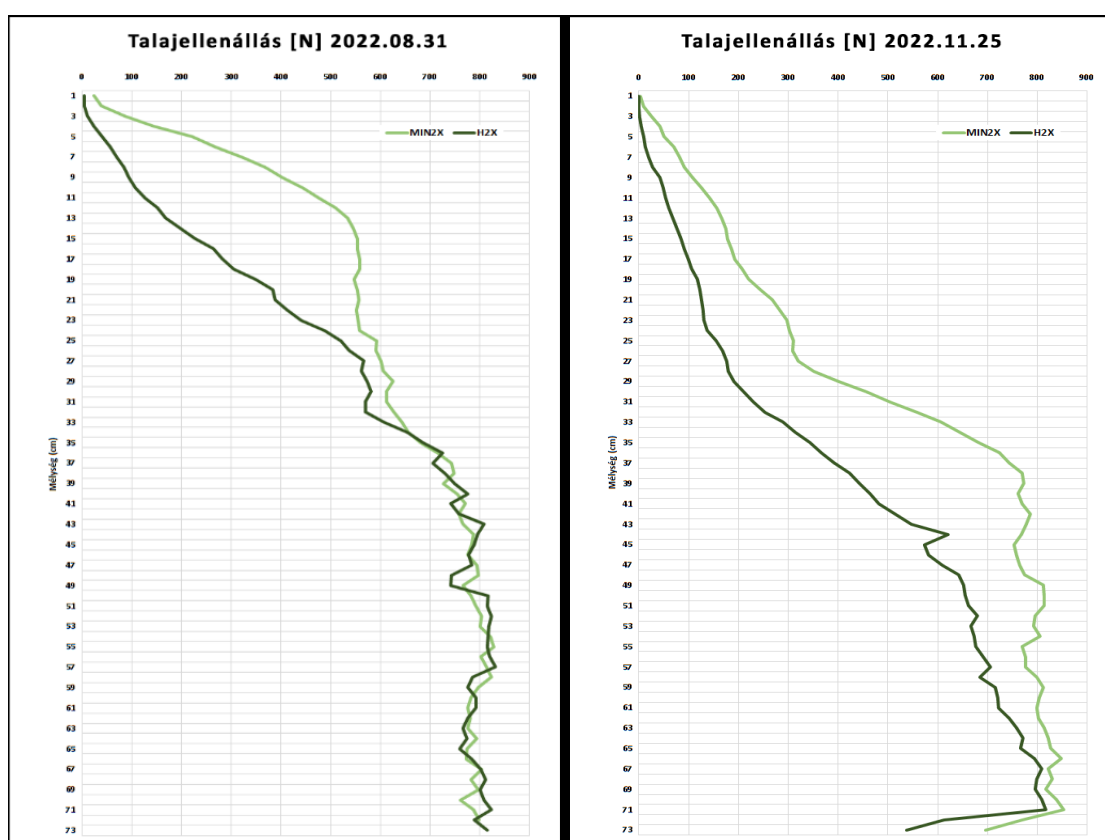


35. ábra Az öntöztetlen parcellák talajellenállása (2022. 08. 31 és 2022. 11. 25.)

4.8.2 Kétszer öntözött parcellákon mért talajellenállás

A kétszer öntözött parcellákon az öntözés hatására lassabban érték el a művelések a 600 N nyomást. A 2022 augusztus végi méréskor a minimum-tillage a 600 N-t körülbelül 26 cm-nél érte el, míg a hagyományos művelés csak 33 cm-nél. A november végi vizsgálatkor 20 cm mélységben a forgatásos művelésnél 122 N, minimum művelésnél pedig 244 N volt a nyomás.

Ezen eredmények jól reprezentálják, hogy a forgatásos művelés hatására kevésbé tömörödött a talaj, mint a min-till esetében. Továbbá az öntözés hatása is megjelenik, mivel az öntözetlen parcellákhoz képest itt a megművelt rétegekben alacsonyabb volt a mért nyomásérték.



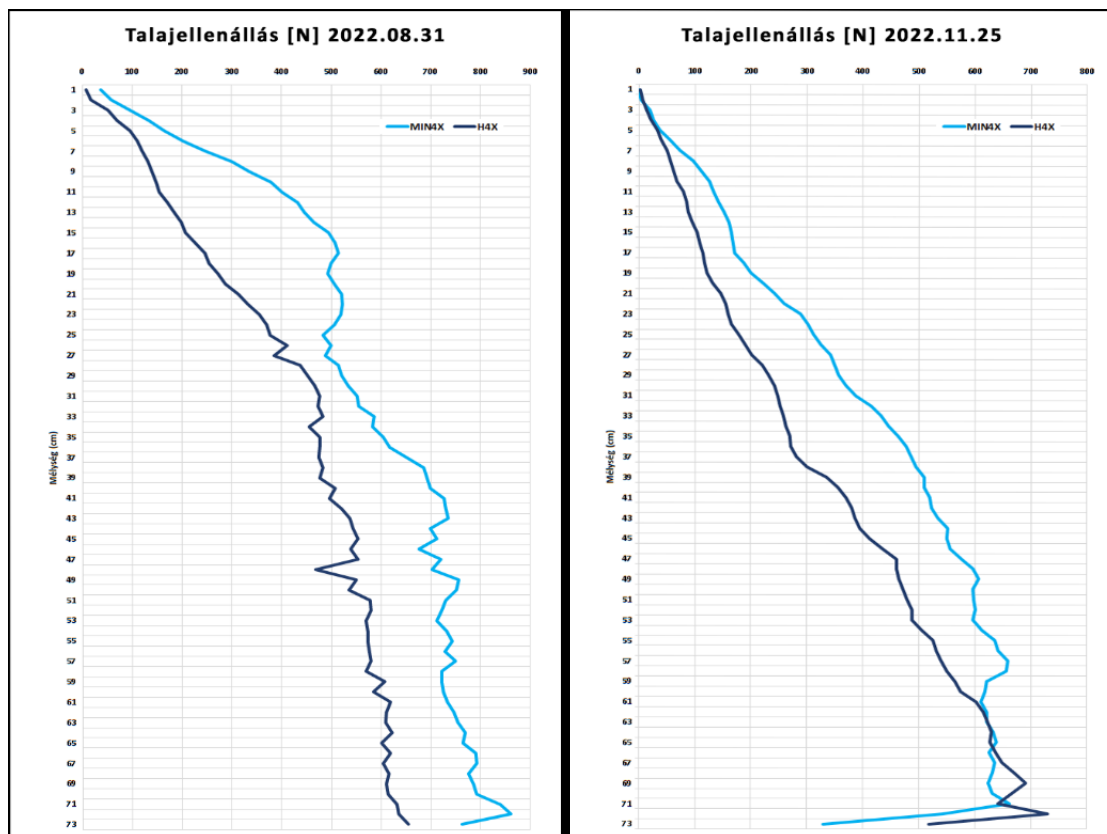
36. ábra A 2x öntözött parcellák talajellenállása (2022. 08. 31 és 2022. 11. 25.)

4.8.3 Négyszer öntözött parcellákon mért talajjellenállás

Végül a négyszer öntözött parcellákon az előzőhöz képest hasonló, minimális különbség fedezhető fel. A minimum-tillage talaja augusztus 31-én az 500 N-t 16 centiméter mélységben érte el, a szántásos művelés hatására viszont csak 40 cm mélyen. Művelt rétegben (kb. 20-cm) ekkor továbbra is 500 N volt a min-tillben az hagyományosban pedig közel 300 N.

A november végi mérésnél lassabb növekedés figyelhető meg a talajnyomásban. 20 cm mélységben a min-till esetén 222 N volt, a szánás hatására pedig 132 N volt a nyomás.

Így összességben megállapítható, hogy mindhárom kezelésben (öntöztelen, 2x és 4x öntözés) a talajjellenállás nagyban változik a talaj nedvességétől. A két időpontban vizsgált talaj 2022. augusztus 31-én sokkal tömörödtebbnek bizonyult, mint a 2022. november 25-én. Ez betudható a novemberi csapadékos időjárásnak. Továbbá a június-júliusi öntözés kihatással van a talajnyomásra még több hónappal az alkalmazása után is. A talajműveléseknek pedig szintén van hatása a talajjellenállásra. A művelt rétegen, azaz kb. 20-25 cm-en a hagyományos művelés alacsonyabb nyomást eredményezett, mint a mélyművelést nélküli minimum-tillage. A különbség nem jelentős, de látványos a diagrammok alapján.



37. ábra A 4x öntözött parcellák talajjellenállása (2022. 08. 31 és 2022. 11. 25.)

5. KÖVETKEZTETÉSEK, JAVASLATOK

A dolgozatomban szereplő kísérletről több megállapítás is tehető. A vizsgálataimat két évben végeztem, 2022-ben és 2023-ban. Ezek a vizsgálatok pedig kiterjedtek különböző öntözési alkalmakra és két ellentétes talajművelésre.

A növénymagasság 2022-ben alacsonyabb értékeket ért el, mint 2023-ban. Az öntözés pozitívan hatott a növények magasságára, még aszályos években is, így annak alkalmazás ajánlott. A hagyományos talajművelés pedig csak 2023-ban mutatott szignifikáns különbséget a minimum-tillel szemben. A levélterület-index (LAI) méréseim bebizonyították, hogy az öntözés hatására megnő a kukoricaállomány sűrűsége, így a levélterülete is. Viszont a talajművelések között nem volt szignifikáns eltérés. A további mérés a klorofiltartalomra (SPAD) tért ki, melyet szintén még zöld állományban mértem. A varianciaanalízis segítségével megbizonyosodott, hogy szignifikánsan nő az öntözött parcellák klorofiltartalma az öntöztetlenhez képest. Jelentős különbségek viszont a talajművelések között ez esetekben se voltak.

A csövenkénti szemszám mérés volt a következő. Az öntözés hatása itt csak 2022-ben volt szignifikáns, mivel ebben az évben az öntöztetlen körülmények megtizedelték a termést. A 2023-as mérésben a hagyományos forgatásos művelés szignifikánsan magasabb szemszámot ért el csövenként, mint a min-till.

Majd a terméshozam volt az egyik legfontosabb mérés. Azt öntözésnek jelentős hatása volt az átlagokra, de a talajművelés nem okozott szignifikáns különbséget. Az évjáráttól függött, hogy mely művelés ért el minimálisan magasabb terméshozamot. A 2023-as tenyészidőszakban kedvezőbb volt az időjárás, és a csapadék eloszlás is, mely segített, hogy magasabb hozamot érjek el.

Az ezermagtömeg és a beltartalmi adataim alapján megállapítottam, hogy mivel 2023-ban kimagasló hozamokat ért el a kukorica az öntözött parcelláimon, ez az ezermagtömegre és a beltartalmi értékekre negatívan hatott. Azaz a 2023-as öntöztetlen kezelésekben mért ezermagtömeg, fehérje- és keményítőtartalom sokkal magasabb volt, mint az öntözött körülmények között, mivel ez fordított arányosságban jelentkezett és megfigyelhető volt a hígulási folyamat. Ennek ellenére az kisebb beltartalmi és ezermagtömegű eredmények nem voltak annyival alacsonyabbak, hogy a kukorica értékét rontsák. Ezt igazolja az is, hogy a hektolitertömeg eredményekben egyik évben sem volt szignifikáns különbség egyik kezelés között sem.

Végül a talajjellenállás megmutatta, hogy a talajnyomás nagyban változik a talaj nedvességétől. A két időpontban vizsgált talaj, azaz 2022. 08. 31-én sokkal tömörödöttebbnek bizonyult, mint a 2022. 11. 25-én. És kb. 20-25 cm mélyen a hagyományos művelés alacsonyabb nyomást eredményezett, mint a minimum-tillage a mélyművelés elhagyásával.

Összegezve tehát a méréseimet, megállapítható, hogy az öntözésnek sok tekintetben pozitív hatása van a kukoricára. Érdekesebb a kritikus fenológiai fázisban akár négyszer öntözni, mert sokkal növelheti a hozamot. Öntözés nélkül pedig kevésbé ajánlott a kukorica termesztése, mivel nagyban kiszolgáltatott a szélsőséges időjárásnak. A talajművelések összehasonlításából azt a konklúziót vontam le, hogy szignifikáns különbség a két év alatt nem volt a legtöbb esetben a minimum és a hagyományos művelés között. Szakirodalmak alapján a minimum-till több, legalább két év után fejt ki pozitív hatást, melyre a vizsgálataimmal még nem jutottam el. Ezért célszerű a kísérletet tovább folytatni. Viszont a min-till ökonómiaailag sokkal gazdaságosabb, mint a hagyományos forgatásos művelés, és az eredményeimben megmutatkozik, hogy sok esetben nincs közöttük szignifikáns különbség. Ezért ajánlott a minimum-tillage alkalmazása kukorica kultúrában.

6. ÖSSZEFOGLALÁS

A mezőgazdaságban hazánkban egyre több kihívással kell megbirkózni. Különösen a növénytermesztés és állattenyésztés terén. A növénytermesztés esetében a legfőbb feladat a hozamok növelése, viszont ezt a globális felmelegedés nagyban megnehezíti. Ezen felül a jogszabályi és környezetvédelmi előírások is befolyásolják a termelést. Ennek következtében sokkal fenntarthatóbb módszereket kell alkalmazni a növénytermesztésben, azon belül a kukorica előállításában is. Ezért a kísérletemben arra kerestem a választ, hogy a kukorica termesztésében a talajművelés módja és az öntözés milyen hatással van a növény hozamára és egyes paramétereire.

A kísérletemet 2022-ben és 2023-ban végeztem Szarvason. A Pioneer P9363-as hibrid kukorica vetése 2022. május 10-én és 2023. május 4-én történt. A két év időjárása sokban különbözött, emiatt az eredményeimre is különböző hatást gyakorolt. A 2022-es év nagyon száraz és aszályos volt, a hőmérsékleti maximum 39,9 C° volt. Ezzel szemben 2023-ban több csapadék esett és a hőmérséklet is minimálisan alacsonyabb volt. Így ez az év sokkal megbízhatóbb adatokat nyújtott.

A vizsgálataim két részre voltak bonthatóak, a talajművelésre és az öntözésre. A talajművelés során a hagyományos forgatásos művelést hasonlítottam össze a minimum-tillage forgatás nélküli művelésével. Az öntözés részéről pedig megvizsgáltam a kukorica öntözetlen, két alkalommal öntözött és a négy alkalommal öntözött parcelláit. A talajműveléseket a technológiának megfelelő módon és időben végeztem el. Az öntözéseket pedig a lehető legjobban időzítve próbáltam kijuttatni.

A méréseim során megállapítottam, hogy a növénymagasságra az öntözés pozitívan hatást gyakorolt. A talajművelés esetében szignifikánsan csak a hagyományos művelés volt magasabb. A legmagasabb növények a négyszer öntözött hagyományos művelésű területen voltak, mely parcellák átlaga 263,2 cm volt. A levélterület-index (LAI) és a klorofiltartalom (SPAD) méréseim bebizonyították, hogy az öntözés, főként a négyszeres öntözés szignifikáns hatással van a kukoricára, viszont az egyik talajművelés se ért el jelentős különbséget ebben az esetben.

A terméshozam vizsgálatok mutatták meg leginkább a két különböző év időjárását. Így 2022-ben a legmagasabb hozamot a minimum-till négyszeri öntözése érte el 6,88 t/ha-al. Ezt 2023-ban több kezelés is meghaladta, és a legmagasabb hozamot 8,51 t/ha-os eredménnyel a hagyományos forgatásos művelés melletti négyszeri öntözés érte el.

Az ezermagtömeg és a beltartalmi adataim alapján nyilvánvalóvá vált, hogy a legmagasabb hozamú kezeléseknél a fehérje- és keményítőtartalom és az ezermagtömeg csökkent és fordított arányban jelentkezett. A talajellenállás pedig megmutatta, hogy a talajnyomás csökken a talaj nedvességétől függően, melyet az öntözés nagyban befolyásol.

A kukorica termesztésénél a kísérletemben bebizonyítottam, hogy az öntözésnek sok tekintetben pozitív hatása van és ajánlott akár négy alkalommal is vizet kijuttatni a kultúrára. A talajművelés esetében meg változó volt, hogy mely művelésnek van pozitívabb hatása. Ez sok esetben nem nyilvánult meg szignifikánsan. Viszont mivel a minimum-tillage sokkal gazdaságosabb művelés, ezért nagyban ajánlott az erre való áttérés.

7. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretném megköszönni konzulensemnek, Dr. Futó Zoltánnak, aki tanácsával, tapasztalatával, szakértelmével segítette a diplomadolgozatom létrejöttét.

Ezen felül köszönöm családomnak, barátaimnak és kollégáimnak a rengeteg támogatást.

IRODALOMJEGYZÉK

1. Antal J., Berzsenyi Z., Birkás M., Bocz E., Csík L., Dér S., Győri Z., Gyuricza Cs., Izsáki Z., Jolánkai M., Késmárki I., Kismányoky T., Lázár L., Pepó P., Tóth Z., Csajbók J., Kajdi F., Kismányoky T., Kiss J., Kruppa J., Nagy J., Sárvári M., Simits K., Simonné Kiss I., Szabó M., Szöllősi G., Szócs Z. (2005): *Növénytermesztéstan I. Mezőgazda* Kiadó, Budapest, 299 p.
2. Antal J., Birkás M., Hidvégi Sz., Izsáki Z., Iványi I., Jolánkai M., Kajdi F., Kismányoky T., Késmárki I., Kruppa J., Nagy J., Pepó P., Sárvári M., Simonné Kiss I., Szabó M., Tóth Z. (2007): *Növénytermesztés*, elektronikus dok.; Hidvégi Szilvia (szerk.); Debreceni Egyetem Agrár- és Műszaki Tudományok Centruma Agrárgazdasági és Vidékfejlesztési Kar (DE AMTC AVK), Debrecen http://nttt.mkk.szie.hu/oktatas/jegyzet/nt_jegz.pdf (letöltés dátuma: 2023. 10. 20.)
3. ASIR; AKI: *Statisztikai jelentések - Öntözésjelentés* 2005-2022. (letöltés dátuma: 2023. 09. 26.) <https://www.aki.gov.hu/product-category/statisztikai-jelentesek/ontozes/>
4. Balogh J. (1978): *Vízigényszámítások az öntözőgazdálkodásban*. Budapest, Mezőgazdasági Kiadó, 115 p.
5. Beadle, G. W. (1939). Teosinte and the origin of maize. *Journal of Heredity*, 30(6), 245-247.
6. Bene S. Radócz L. (2004): Gyomviszonyok változása csökkentett talajművelési technológia hatására kukorica kultúrában. In: Kövics Gy. J (szerk.): 9. *Tiszántúli Növényvédelmi Fórum* című konferencia szekcióiban elhangzott tudományos előadások. Debrecen, Debreceni Egyetem, 120-124.
7. Birkás M. (2011): Tillage, impacts on soil and environment. In: GLINSKI J., HORABIK J., LIPIEC J.: *Encyclopedia of Agrophysics*. Springer Dordrecht. pp. 903–906.
8. Birkás M., Antos G. (2006): *Földművelés és földhasználat*. Budapest, Mezőgazda Kiadó
9. Birkás, M., Dekemati, I., Kende, Z., Radics, Z. and Szemők, A. (2018): A sokszántásos műveléstől a direktvetésig – Előrehaladás a talaj művelésében és védelmében, *Agrokémia És Talajtan*, Vol. 67 No. 2, pp. 253–268, doi: 10.1556/0088.2018.00012.
10. Borsos J., Pusztai P., Radics L., Szemán L., Tomposné L. V. (1994): *Szántóföldi növénytermesztéstan*. KÉE Kertészeti Kar, Budapest, 220 p.
11. Brandolini A (1970): Razze Europee di Mais. *Maydica* 15:5–27

12. Cameira M. R., Fernando R. M., Pereira L. S. (2003): Soil macropore dynamics affected by tillage and irrigation for a silty loam alluvial soil in southern Portugal, *Soil and Tillage Research*, Vol. 70 No. 2, pp. 131–140, doi: 10.1016/S0167-1987(02)00154-X.
13. Diriczi Zs. (2020): „Letettem az ekét – most hogyan tovább?”. *Agrárágazat*, XXI.évf.(XI): 42-44
14. Ertsey A., Gál I., Pusztai P. Radics L., Szemán B. (2003): *Szántóföldi növénytermesztés*. Radics L. (szerk.) Szaktudás Kiadó, Budapest.
15. FAO: *Crops and livestock products* (letöltés dátuma: 2023. 09. 25.) <https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>
16. Földesi P., Gyuricza Cs. (2011): A talaj agronómiai szerkezetének vizsgálata szántóföldi kísérletekben. *Tájökológiai Lapok*, 9 (1). pp. 191-201. ISSN 1589-4673
17. Futó Z, Bencze G. (2017): Új lehetőségek a kukorica (*Zea mays* L.) öntözésében. *Jelenkori Társadalmi és Gazdasági Folyamatok*, 12(3), 67–79. doi: 10.14232/jtgf.2017.3.67-79.
18. Geisler G. (1980): *Pflanzenbau: ein Lehrbuch; biologische Grundlagen und Technik der Pflanzenproduktion*, Parey, Berlin & Hamburg. 478 p. ISBN: 3489604105
19. Githongo M.W., Kiboi M.N., Ngetich F.K., Musafiri C.M., Muriuki A., Fliessbach A. (2021): The effect of minimum tillage and animal manure on maize yields and soil organic carbon in sub-Saharan Africa: A meta-analysis, *Environmental Challenges*, Vol. 5, p. 100340, doi: 10.1016/j.envc.2021.100340.
20. Győri Z., és Győriné Mile I. (2011): *A búza és kukorica minősége és feldolgozása*. Budapest: Szaktudás Kiadó.
21. Győri Z., Győriné Mile I. (2002): *A kukorica minősége és feldolgozása*. Budapest: Szaktudás Kiadó Ház.
22. Hajdú J. (2022): Az újra felfedezett küllős kapa, *Mezőgazdasági Technika*, 63.évf.(3):30-31
23. Kende Z., Sallai A., Kassai K., Mikó P., Percze A., Birkás M. (2017): The Effects of Tillage-Induced Soil Disturbance on Weed Infestation of Winter Wheat. *Polish Journal of Environmental Studies*, 26(3), pp. 1131–1138. doi: 10.15244/pjoes/67552.
24. KSH: *A kukorica termelése vármegye és régió szerint* (letöltés dátuma: 2023. 09. 25.) https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0072.html
25. Loch, J. and Lazányi, J. (2013), Effect of NPK fertilization on the yield of winter wheat and maize and on the nutrient content of the soil in a long-term experiment network in

- Hungary, *Agrokémia És Talajtan*, Vol. 62 No. 2, pp. 311–330, doi: 10.1556/agrokem.62.2013.2.10.
26. Marton L. Cs., Futó Z. (2021): Kukorica. In: Izsáki Z., Kruppa J. (szerk.): *Szántóföldi növények vetőmagtermesztése 2*. Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 290 p., 78-87. p.
 27. Marton, L. CS. (2008): Kukoricatermesztésünk a törökdúlástól az EU-csatlakozásig. *Agrofórum Extra*, 18 (22) 5-7. p.
 28. Megyes, A., Nagy, J., Rátonyi, T. and Huzsvai, L. (2005), Irrigation of maize (*Zea mays* L.) in relation to fertilization in a long-term field experiment, *Acta Agronomica Hungarica*, Vol. 53 No. 1, pp. 41–46, doi: 10.1556/AAgr.53.2005.1.5.
 29. Morris N.L., Miller P.C.H., J.H.Orson, Froud-Williams R.J. (2010): The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review, *Soil and Tillage Research*, Vol. 108 No. 1–2, pp. 1–15, doi: 10.1016/j.still.2010.03.004.
 30. Mykhaylo D. (2023): *No-Till kezdőknek*, Talajmegújító Gazdák Egyesülete, Ferencszállás, 119 p.
 31. Nagy J. (2021): *Kukorica. A nemzet aranya - élelmiszer, takarmány, bioenergia*, Szaktudás Kiadó, Budapest. 516 p.
 32. Ngoma H. (2018): Does minimum tillage improve the livelihood outcomes of smallholder farmers in Zambia?, *Food Security*, Vol. 10 No. 2, pp. 381–396, doi: 10.1007/s12571-018-0777-4.
 33. Orosz Sz., Szűcsné-Péter J., Owens V., Bellus Z. (2008). Recent developments in harvesting and conservation technology for feed and biomass production of perennial forage crops. *Biodiversity and Animal Feed: Future Challenges of Grassland Production*. Proc. of the 22nd General Meeting of the European Grassland Federation, Uppsala, Sweden 9-12 June in Grassland Science in Europe. 13 pp. 529-54
 34. Pagliai M., Vignozzi N. and Pellegrini S. (2004): Soil structure and the effect of management practices, *Soil and Tillage Research*, Vol. 79 No. 2, pp. 131–143, doi: 10.1016/j.still.2004.07.002.
 35. Pepó P., Sárvári M. (2011): *Gabonanövények termesztése*. Az Agrármérnöki MSc szak tananyagfejlesztése. TÁMOP-4.1.2-08/1/A-2009-0010 projekt.
https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/bitstream/handle/123456789/8751/0010_1A_Book_09_Gabonanoventek_termesztese.pdf (letöltés dátuma: 2023. 10.20.)

36. Pintácsi L. (2020): Kultistrip - az európai sávművelő. *Magyar Mezőgazdaság*, 75.évf.(49): 22-23
37. Pysera B., C. Purwin, K. Lipiński, Z. Antoszkiewicz, A. Sederevičius, A. Traidaraite, I. Wyzlic. (2012): Performance and composition of fatty acids in milk of cows fed diets with high moisture corn or corn cob mix. *Veterinarija ir Zootechnika* 58 (80): 70–76.
38. Raimbault B. A., Vyn T. J. (1991): Crop Rotation and Tillage Effects on Corn Growth and Soil Structural Stability. *Agronomy Journal*, 83(6), 979. doi:10.2134/agronj1991.0002196200
39. Rátonyi T., Megyes A., Nagy J. (2003): Talajvédő termesztéstechnológiai rendszerek értékelése. In: Nagy J. (szerk.) *Kukorica hibridek adaptációs képességének és termésbiztonságának javítása*. Debreceni Egyetem Agrártudományi Centrum. Debrecen, 141–148.
40. Rebourg C., Chastanet M., Gouesnard B., Welcker C., Dubreuil P., Charcosset A. (2003): Maize introduction into Europe: the history reviewed in the light of molecular data. *Theoretical and applied genetics*, 106, 895-903.
41. Roldán A., Salinas-García J.R., Alguacil M.M., Caravaca, F. (2005): Changes in soil enzyme activity, fertility, aggregation and C sequestration mediated by conservation tillage practices and water regime in a maize field, *Applied Soil Ecology*, Vol. 30 No. 1, pp. 11–20, doi: 10.1016/j.apsoil.2005.01.004.
42. Sárvári M. (2019): Kukorica In: Pepó P. (szerk.) *Integrált növénytermesztés 2. Alapnövények*. Mezőgazda Lap- és Könyvkiadó, Budapest. 359 p., 59-92.p.
43. Sárvári M., Futó Z. (2001): Correlation between sowing time of maize hybrids, yield and seed moisture content at harvest on chernozem soil, *Acta Agraria Debreceniensis*, No. 1, pp. 32–41, doi: 10.34101/actaagrar/1/3583.
44. Serna-Saldivar S. O. (3rd ed.) (2019): Corn. Chemistry and Technology. *Elsevier Inc.* 690. <https://doi.org/10.1016/C2016-0-01986-1>.
45. Sulyok D., Rátonyi T., Huzsvai L. (2006): Examining the effect of the nutrient supply and tillage on the yield of maize (*Zea mays* L) and economic questions of cultivation on the loess-plato of Hajdúság. *Cereal Research Communications*, 34(1), 295–298. doi: 10.1556/CRC.34.2006.1.74.
46. Szöllősi I. (2003): A 3T SYSTEM készülékkel mért penetrációs ellenállás és nedvességtartalom összefüggése vályog fizikai féleségű talajon. *Agrokémia és Talajtan*, 52(3-4), 263-274. doi:10.1556/agrokem.52.2003.3-4.2

47. Szöllősi I., Kiss Zs. P., Kovács Z., Czirják T. (2001): A penetrációs ellenállás változása különböző talajokon a tenyészidőszak alatt, *Agrokémia és talajtan*, 50 (3-4). pp. 185-206, ISSN 0002-1873, doi: 10.1556/Agrokem.50.2001.3-4.2.
48. Tenaillon M. I., Charcosset A. (2011): A European perspective on maize history. *Comptes Rendus Biologies*, 334(3), 221–228. doi: 10.1016/j.crvi.2010.12.015.
49. Wilhelm W.W., Wortmann C.S. (2004): Tillage and Rotation Interactions for Corn and Soybean Grain Yield as Affected by Precipitation and Air Temperature, *Agronomy Journal*, Vol. 96 No. 2, pp. 425–432, doi: 10.2134/agronj2004.4250.
50. Yang H., Wu G., Mo P., Chen S., Wang S., Xiao Y., Ma H.A., Wen T., Guo X., Fan G. (2020): The combined effects of maize straw mulch and no-tillage on grain yield and water and nitrogen use efficiency of dry-land winter wheat (*Triticum aestivum* L.), *Soil and Tillage Research*, Vol. 197, p. 104485, doi: 10.1016/j.still.2019.104485.
51. Zhang T., Zou Y., Kisekka I., Biswas A., Cai H. (2021): Comparison of different irrigation methods to synergistically improve maize's yield, water productivity and economic benefits in an arid irrigation area, *Agricultural Water Management*, Vol. 243, p. 106497, doi: 10.1016/j.agwat.2020.106497.

NYILATKOZAT

Vincze Viktor (név) (hallgató Neptun azonosítója: I3E7ZC) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot 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**¹.

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

Kelt: Szarnas 2023 év 11 hó 08 nap


belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Vincze Viktor
A Hallgató Neptun kódja: I3E7ZC
A dolgozat címe: A minimum-till művelési technológia nedvességmegőrző szerepe a kukoricatermesztésben és ennek hatása a kukorica fejlődésére és termés hozamára
A megjelenés éve: 2023.
A konzulens intézetének neve: Környezettudományi Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Öntözésfejlesztési és Meliorációs Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott diplomadolgozat egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, és az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

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

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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori 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: Szabolcs 2023 év 11 hó 08 nap



Hallgató aláírása