

SZAKDOLGOZAT

KARSAI BENCE

GÖDÖLLŐ

2024.



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növénytermesztési-tudományok Intézet
Mezőgazdasági mérnök szak

Különböző alpművelési eljárások hatása a szemes cirok
(*Sorghum bicolor* L.) termesztésére és beltartalmára

Konzulens: Bozóki Boglárka
Intézet: Növénytermesztési-tudományok Intézet
Agronómia Tanszék

Készítette: Karsai Bence
Mezőgazdasági mérnök szak
Nappali tagozat
BJ52I2

Gödöllő
2024.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések	5
2. A cirok történelme és jelentősége	7
2.1 A cirok származása és elterjedése	7
2.2 A cirok rendszerezése	8
2.3 A szemes cirok felhasználása és gazdasági jelentősége	8
2.4 A cirok helyzete a világban	11
2.5 A cirok helyzete Magyarországon	13
2.6 A szemes cirok környezeti igényei	14
2.6.1 Talajigénye	14
2.6.2. Klímikus igények	15
2.7 A szemes cirok termesztéstechnológiája	17
2.7.1 Elővetemény	17
2.7.2 Talajművelés	18
2.7.3 Vetés	19
2.7.4 Növényápolás, növényvédelem	20
2.7.5 Betakarítás	22
2.8 A szemes cirok lehetséges alpművelési módjai	23
2.8.1 Szántás	23
2.8.2 Tárcsázás	24
2.8.3 Lazítás	24
2.8.4 Direktvetés	25
2.9 Szakirodalmi szintézis	26
3. Anyag és módszer	28
3.1 A kísérleti terület jellemzői	28
3.1.1 Klímikus adottságok	28
3.1.2 Talajadottságok	29
3.1.3 A kísérlet beállítása	30
3.1.4 Elvégzett agrotechnikai módszerek a kísérlet során	32
3.2 A vizsgálatok módszerei	33
3.3. Statisztikai elemzés	34
4. Eredmények és értékelésük	35
4.1. Talajnedvesség-ellenállás vizsgálat	35
4.2. Talajellenállás vizsgálat	38
4.3 Fehérjetartalom-vizsgálat	42
4.4 Ökonómiai elemzés	43
5. Következtetések és javaslatok	44
6. Összefoglalás	45

7. Irodalomjegyzék	47
8. Köszönetnyilvánítás	55
9. Mellékletek	56

1. Bevezetés és célkitűzések

Napjainkban több mint 8 milliárd ember él a Földön, amely hatalmas kihívással jár, ugyanis fontos, hogy megfelelő minőségű és mennyiségű élelmiszer álljon rendelkezésre. Ez eddig sem volt egyszerű feladat, azonban a megváltozott klimatikus viszonyok mellett ez még nehezebbé vált. A Földön élő emberiség számára egyre kevesebb a rendelkezésre álló, jó minőségű ivóvíz. Továbbá, a hosszú időn keresztül végzett helytelen talajművelésnek köszönhetően szinte napról napra kevesebb a művelésre alkalmas, jó minőségű termőterület a világon. A termelést tovább nehezíti, hogy az évszakok és az időjárási viszonyok nagymértékben megváltoztak, gondoljunk csak a csapadék eloszlásának megváltozására, az egyre hosszabb ideig tartó forró napok számára és intenzitására, valamint a folyton növekvő rekordhőmérsékletek és aszályos napok időtartamára.

A jövőben várhatóan tovább fognak növekedni a már felsorolt időjárási szélsőségek, így nagyon fontos, hogy olyan növényeket próbáljunk termesztés alá vonni, amelyek kevesebb vizet igényelnek, jobban tudnak alkalmazkodni a változékony időjáráshoz és extrém esetben gyors regenerációra képesek. Ezekre a megváltozott környezeti feltételekre és klimatikus viszonyokra, valamint az általuk támasztott komplex elvárásokhoz szolgálhatnak megoldásként az alternatív növények. Jelenleg még kis területen termesztjük azokat a kalászos növényekhez viszonyítva, de a megváltozott időjárási körülményeknek köszönhetően ez folyamatosan változik. Az előttünk álló, megoldandó problémákra tehát megfelelő megoldást jelenthet a szemes cirok (*Sorghum bicolor* L.) termesztése.

A cirok egy rendkívül jól alkalmazkodó, tág tűrőképességű növény, amely felhasználható mind az emberi táplálkozásban, mind az állatok takarmányozásában. Humán vonatkozását tekintve a világ számos országában alapvető élelmiszer, valamint a fejlett országokban fontos szerep jut számára a reform étkezésben, valamint a gluténmentes táplálkozásban. Állati vonatkozását tekintve eredményesen használják szemesen etetve, illetve tömegtakarmányként.

A szakdolgozatom témaválasztása során igyekeztem olyan kutatási irányt választani, amely a napjainkban már tapasztalható változásokra, kihívásokra keres választ, ezáltal hozzájárulhat a jövőben az élelmiszer-termelés biztonságosabbá, fenntarthatóbbá tételéhez. Ezen tényezők hatására döntöttem úgy, hogy kutatásom fókuszában a különböző alapművelési eljárásokat fogom összehasonlítani a szemes cirok termesztésére, valamint a beltartalmi paraméterekre gyakorolt hatásával.

Napjainkban rengeteget hallunk az optimális időben történő, és megfelelően elvégzett talajművelés kiemelkedő jelentőségéről. Mint minden növény, így a cirok esetében is fontos

szerepet játszik a talajművelés, ebből következően szakdolgozatomban négy különböző alpművelési eljárás hatását hasonlítottam össze.

A kísérletben elért eredmények fontos szerepet játszhatnak a gazdálkodók életében, ugyanis a hagyományos, hazánkban régóta termesztett növények jövedelmezősége évről évre jelentős mértékben csökken. Az ökonómiai tényezők hatására a legtöbb gazdálkodó várhatóan más alternatívák után fog nézni, amihez az általam elvégzett kísérlet kiváló alapot biztosíthat a közeljövőben.

2. A cirok történelme és jelentősége

2.1 A cirok származása és elterjedése

A cirok a perjefélék (*Poaceae*) családjába, a cirok (*Sorghum*) nemzetségbe tartozó növényfaj, amelynek az elsődleges géncentruma Vavilov szerint Afrika közép-keleti részén, Szudán sztyepp-szavannáin és Etiópia területein található (VAVILOV, 1926; CHRAPPÁN et al., 1997). Ezeken a területeken feltehetőleg 5000 évvel korábban kezdődött a növény termesztése, a későbbiek folyamán innen terjedt el Afrika több országába is (CHRAPPÁN et al., 1997; MURREY et al., 2009). Asszíriai ásatási eredmények bizonyítják, hogy a cirkot már időszámításunk előtt 700 körül termesztették, ezért a cirok ősi gabonának számít. Időszámításunk kezdetekor innen jutott el Európába és Indiába, valamint Dél-Ázsián keresztül Kínába is. Bár a cirok származását tekintve nem volt jellemző a világszerte történő előfordulás, napjainkban már minden kontinensen eredményesen termesztik (RAJKI és PALÁGYI, 2017).

Miközben az Amerikai Egyesült Államok világszerte híres kukorica termesztő területe a „Corn Belt”, amely az ország középnyugati részének azon régiója, amely uralja a kukoricatermelés döntő többségét, addig a másik híres régió a ciroktermelő terület, avagy a „Sorghum Belt”, ami elhelyezkedését tekintve Dél-Dakotától Kansas-en át egészen Dél-Texasig terjed (CIAMPITTI, 2022).

A cirok elnevezés az olasz *sorghum* és a latin *suricum granum* (szíriai gabona) szóból ered, és több változatát különböztetjük meg. A különböző elnevezések bizonyítékul szolgálnak a növény tér- és időbeli utazására. Amíg Afrikában „nagy köles”, addig Ázsiában „indiai köles”, miközben a Közel-Keleten „egyiptomi búza” néven vált ismertté (PETRUZZELLO, 2023). A cirokfélék meleg égövi növények, ezért elterjedésükben meghatározóak a klimatikus tényezők, azonban kiválóan alkalmazkodtak a kedvezőtlen éghajlati jellemzőkhöz. A cirok az Egyesült Államokban feltehetőleg a rabszolgáknak köszönhetően jelent meg, majd Benjamin Franklintól (1757) származik a cirokról ismert első feljegyzés, melyben a seprűgyártásban való alkalmazásáról írt. A növény elterjedése azonban csak az 1850-es évektől vált meghatározóvá, amikor több államban is meggyökerezett a cirok (SCHOBER és BEAN, 2008). Európában a XV. században már jelen volt a seprűcirok termesztés. Hazánkban kezdetben a seprűcirok fajtákat vonták termesztésbe, majd az 1920-as évektől megjelent a takarmánycirok, ezzel együtt pedig a szemes cirok termesztés (RAJKI és PALÁGYI, 2017).

2.2 A cirok rendszerezése

Az összes termesztett cirok egy fajba tartozik (*Sorghum vulgare Pers.*), amely az egyik közismert rendszerezésen alapszik (JEVCSÁK és SIPOS, 2016). Ezen belül többféle változatot különböztetünk meg, ilyen a hazánkban legelsőként elterjedt seprűcirok (*Sorghum vulgare Pers var. technicum*) is, a másik népszerű változat pedig a silócirok (*Sorghum vulgare Pers var. saccharatum*). A silócirok a nagy mennyiségű zöldtömeget adó takarmányok közé tartozik, szilázs készítésére alkalmas növény (RONDA et al., 2019). További ismert változata a szudánifű (*Sorghum vulgare Pers var. sudanense*), amit főként állati takarmányozásra és biogáz előállításra használnak fel.

A takarmánycirok termesztés hazánkban az 1920-as évektől indult meg (BORSOS et al., 1994), ami fajtától függően felhasználható legeltetésre, szénakészítésre, valamint szilázs előállítására is. Végül, de nem utolsó sorban ide tartozik a szemes cirok (*Sorghum vulgare Pers var. frumentaceum*) is, melynek magja sokféle formájú és méretű lehet, különböző színekben találjuk meg a piacon. A vörös, narancssárga vagy bronzcirkot a cirokipar minden részében használják és termesztik (BRUCE és RALPH, 1992). A takarmánycirok termesztése mellett egyre népszerűbbé válik a vetőmagtermesztés is, ugyanis a termőterület növekedése céljából egyre nagyobb mennyiségű vetőmagra van szükség (CHRAPPÁN és BENE, 2006).

2.3 A szemes cirok felhasználása és gazdasági jelentősége

A ciroknak több fajtája is van, ezért típustól függően többféle felhasználása lehetséges. A cirkot Afrika és Ázsia trópusi területein leginkább élelmiszerként hasznosítják, más területeken azonban jellemzően állati takarmánynak termesztik (TAYLOR et al., 2014). Elsősorban az emberi és állati fogyasztást szolgálja, de akár bioetanol alapjaként is szolgálhat (DAR et al., 2018).

A cirok termesztése kiváló lehetőség azok számára, akik a kukoricatermesztés helyett keresnek más alternatívát (SZEMERITS et al., 2023). Előnye, hogy az átlaghoz képest sokkal nagyobb a stressztűrése, ezért még száraz időjárási körülmények mellett is megállja a helyét, ezért termesztése jövedelmezőbb és biztonságosabb (NARENDRA et al., 2012). A kukoricánál 40-50%-kal kevesebb vizet használ fel az egységnyi szárazanyag előállításához. Ennek oka, hogy aszályos időszakban a levelén és a szárán viaszréteget képez, mellyel csökkenti a párolgást (CHRAPPÁN et al., 1997). Megállapítható tehát, hogy a cirok a kukoricához viszonyítva sokkal alkalmazkodóbb az időjárási körülményekhez és az éghajlati

jellemzőkhöz, ezért napjaink változó időjárási körülményei miatt elterjedése még szélesebb körben várható (HOSSAIN et al., 2022). A rendkívül széles alkalmazkodóképességének köszönhetően az állati takarmányozásban is egyre szélesebb körben terjed el a felhasználása. Hazánkban a szemes cirkot főként sertések takarmányozásában használják, de ha a szemek keményítőtartalma és azok emészthetősége megfelelő, akkor a tejtermelő szarvasmarhák takarmányozásában is felhasználják. Az imént említett felhasználási módok mellett külföldön alkalmazzák még baromfi és vadak takarmányozására is (MCCUISTION, 2019). A cirok fehérjetartalma 6-16% között változhat, mely meghaladja a kukoricáét, amely 9% körül mozog (MOKRANE et al. 2010). Zsírszegény, de mivel fehérjében, rostban, B-vitaminban és nyomelemekben gazdag, széles körben használják takarmányként (MEHMOOD et al., 2008).

A takarmányozás során jelentős különbségek vannak a cirok hibridek és fajták felhasználása között, ugyanis régebben a magas tannin tartalom nagymértékben rontotta az emészthetőséget. A tannin származását tekintve egy növényi eredetű polifenol, amely képes arra, hogy kicsapja és megkösse a fehérjéket. Olyan vegyületet képez, amely képes ellenállni az enzimeknek, és amit a növény fel tud használni a védekezése során mind a kórokozók, mind a növényevő állatok ellen. Együregű gyomrú állatok esetében az 1% tannin, a baromfiknál 11%, míg sertéseknél már 7% csökkenti a hasznosítható energia értékét. Azonban manapság ez már nem igaz az európai cirokra, mert új fajtát csak akkor jegyeznek be az Európai Unió tagállamaiban, ha annak tannintartalma a < 0,3% feltételnek megfelel. Ez a meghatározott érték ugyanis annyira alacsony, hogy az semmilyen káros hatással nincs a takarmánykeverékek minőségére. A csersav mellett a másik fontos paraméter a lizin tartalom, a lizin ugyanis a fehérjékben megtalálható 20 aminosav egyike. Korábban a szemes cirok általában kevés lizint tartalmazott, azonban mára ez már megváltozott. Napjainkban már alacsony tannin- és magas lizin tartalmú fajtákat igyekeznek nemesíteni (PONTIERI és GIUDICE, 2016).

A cirok magját etetés előtt őrölni, előgőzölni és pelyhesíteni, pattogtatni vagy szárítani kell az emészthetőség növelése miatt (CHEN et al., 1994). A nagy tannin tartalmúak a barna magvú (madárkártétel ellen rezisztens) típusok (KAUFMAN et al., 2013).

Élelmiszerként történő hasznosítása során lehetőség van cirokból készült szirup vagy melasz felhasználására azokon a területeken, ahol a cukorrépa vagy a cukornád nem termesztendő. A kukoricához hasonló a szirupgyártásra termesztett cirok betakarítása (RATNAVATHI és CHAVAN, 2016). Megjegyzendő azonban, hogy a cirokra épülő cukoripar megalapozása nem feltétlenül nyereséges. Ennek oka, hogy a cukor előállítása cirokból nem

túl gazdaságos, ugyanis a levelek cukortartalma nagyon alacsony, sokkal kevesebb cukor nyerhető ki abból, mint egységnyi cukorrépa vagy cukornád feldolgozásakor (IQBAL et al. 2015).

A cirok fontos vas és cink forrás, azonban alacsony kalcium tartalommal rendelkezik (O'KENNEDY et al. 2006). A legtöbb cirok fajta tartalmaz fenolsavat, többségük flavonoidokat. A benne található fitokemikáliáknak (pl. izoflavonoidok) köszönhetően a cirok védelmet nyújt az oxidatív stressz ellen, gyulladásgátló hatással rendelkezik, így rákmegelőző hatást tulajdonítanak annak a szakértők. Mindezek mellett anti-hipertenzív, valamint a szív- és érrendszeri betegségek megelőzésében is fontos szerepet játszik (TAYLOR et al. 2014). Karotionidokat és E-vitamint is tartalmaz, amely segíti az antioxidánsok aktivitását (JEVCSÁK és SIPOS, 2016).

A cirok természetes tápanyagokban gazdag, kiváló rostforrás, kimagasló beltartalmi tulajdonságai okán könnyen beilleszthető a táplálkozásba. Az emberi táplálkozásban leggyakrabban előforduló gabonacirok a *Sorghum bicolor* L., amely gluténmentes, az érzékenyek számára tehát kiválóan alkalmazható a gluténmentes diétában (OLADIPUPO et al., 2017). A különböző fűfélékre allergiás fogyasztóknak azonban érdemes figyelniük, náluk ugyanis, akár allergiás reakciót is kiválthat a cirokból készült termékek fogyasztása (CHAVEZ et al., 2018).

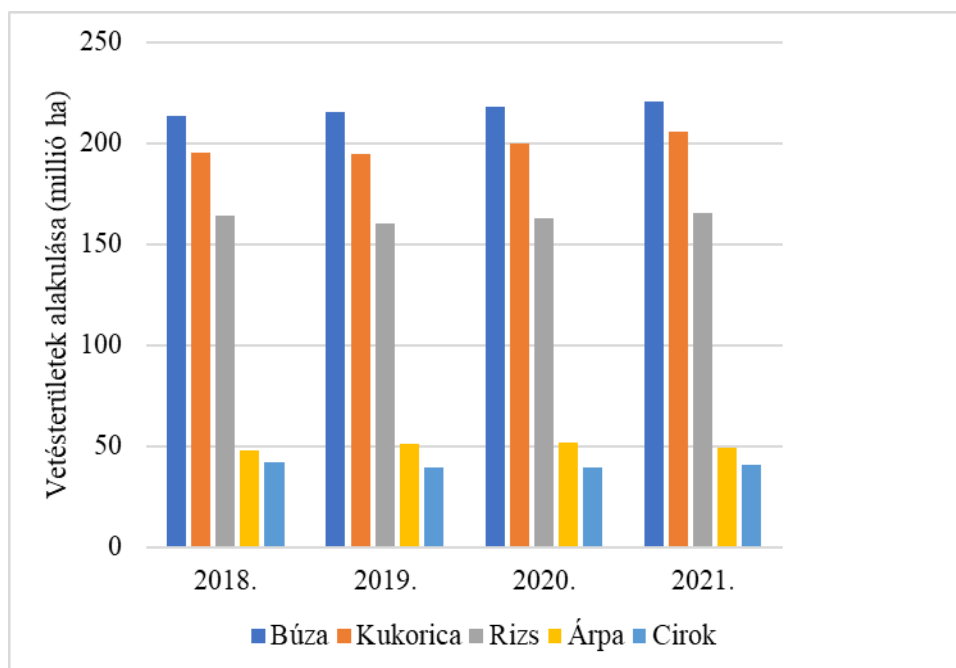
Megfelelő technológia felhasználásával puffasztható, de készülhet belőle liszt is. A cirokból készült liszt felhasználásával péksütemények és különböző tészták is készíthetők (FECZÁK, 2014). A cser, krémszínű és fehér cirokfajtából az élelmiszeripar számára lisztet készítenek, míg a fekete és bordó fajtákat, figyelemmel azok jótékony antioxidáns tulajdonságaira, az élelmiszeripar használja fel természetes színezékként (DYKES et al., 2013).

A cirok ipari felhasználását tekintve napjainkban a sör- és maláta-, valamint az alkoholiparban már a kukorica helyettesítőjeként alkalmazzák (RATHNAVATHI et al., 2016). A nemesítőknak hála napjainkra sok, magas hozamú biomassza-típusú cirok vonható termelésbe. Ide tartoznak a takarmánycirok, a biomassza cirok és cukorcirok fajták. Ráadásul a cirok termelése során keletkezett biomassza a CIVE (Crops Interspersed for Energy) egység része, ezért köztes kultúraként hasznosítják, amikor a földterület üres, ennek következtében az élelmiszerként hasznosított cirokkal nincs versenyben. A cirok megújuló energiaforrásként fontos szerepet játszhat a fosszilis tüzelőanyagok energiapiacán, az ugyanis felhasználható

organikus és gazdaságos tüzelőanyagként, így komoly lehetőségekkel rendelkezik a biomassza-termelés terén (MULLET et al., 2014).

2.4 A cirok helyzete a világban

Az Egyesült Nemzetek Szervezete (ENSZ) Élelmezési és Mezőgazdasági Szervezetének (Food and Agriculture Organization of the United Nations – FAO) adatai alapján világviszonylatban a búza, a kukorica, a rizs és az árpa után a cirok az ötödik legnagyobb területen elvetett gabonaféle (FAOSTAT, 2024a) ([http1](#)) (lásd: 1. ábra). Kína nagymértékű felvásárlásának hatására 2013. és 2015. között hatalmas mértékben nőtt a cirokfélék iránti kereslet a gabonafelhasználás bővülése miatt, ugyanis robbanásszerűen növekedett az ország sertésállományának létszáma. Az ezt követő 2 évben is növekedés volt megfigyelhető, majd 2018-tól a vetésterület nagyságában stagnálás következett.



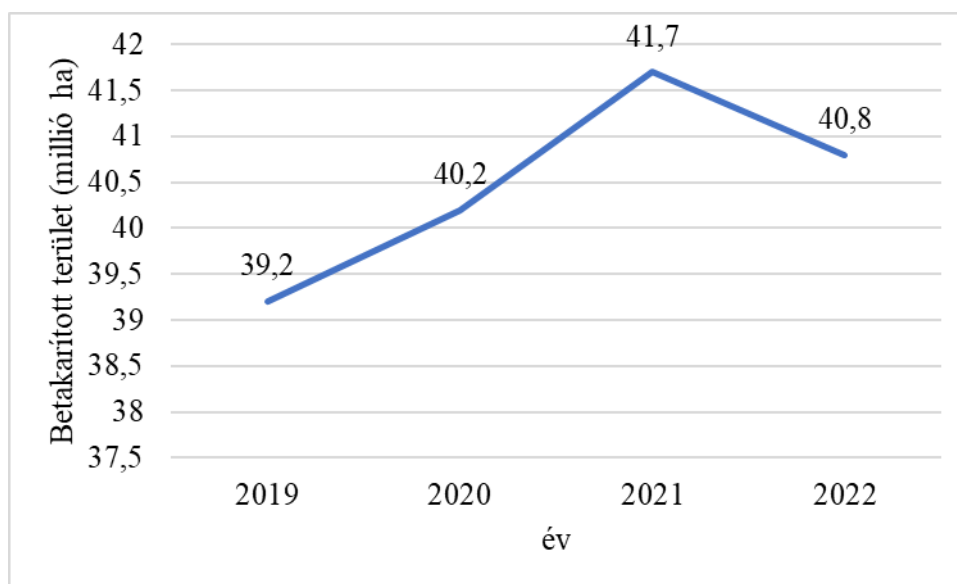
1. ábra: Az öt leggyakoribb szántóföldi növény vetésterületének alakulása világviszonylatban 2018. és 2021. között

(Forrás: FAOSTAT, 2024a) ([http1](#)) (Saját szerkesztés)

A FAOSTAT (2022) adatai szerint a cirok termelése az elmúlt 5 évben 56,7 és 61,3 millió tonna között ingadozott ([http2](#)). Napjainkban közel 40,8 millió hektáron termesztik a cirkot a világ mintegy 98 országában (FAOSTAT, 2024a) ([http1](#)).

A termés mennyiség csökkenésének hátterében az állhat, hogy az egyéb szántóföldi növények számára már kedvezőtlennek vált területek kerültek bevonásra a szemes cirok termesztésére, vagyis a gyengébb adottságú, aszályra érzékenyebb területek, amelyek következtében alacsonyabb termésátlag várható, szélsőséges esetekben a termés teljes mennyisége is megsemmisülhet.

Jelenleg egyre több országban ismerik fel a cirok termesztésében és felhasználásában rejlő lehetőségeket. Az elmúlt évek szélsőséges időjárása is hatással van arra, hogy napjainkra a cirok egy alternatív lehetőségként szolgáljon a gazdálkodók számára. A cirok betakarított területének alakulását a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: A cirok betakarított területének alakulása világviszonylatban 2019. és 2022. között (millió ha).

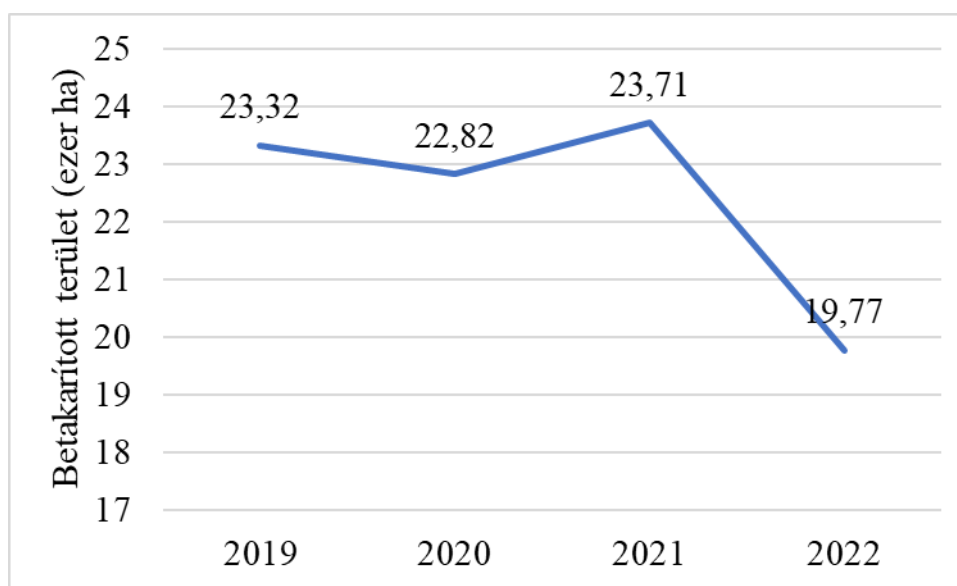
(Forrás: FAOSTAT, 2024b) ([http2](#)) (Saját szerkesztés)

A termőterületek 59%-a Afrikában, 25%-a Ázsiában, 11%-a Észak- és Közép-Amerikában, 4%-a pedig Dél-Amerikában található, Európa ciroktermesztése csupán 1% részesedést tesz ki (POPESCU, 2020). Az adatok 10 éves átlagát tekintve a világban évente 60,08 millió tonna szemes cirokot termelnek meg. A 2023/2024-es adatokat tekintve a világ három legnagyobb szemes cirok termelője az Amerikai Egyesült Államok, ahol 8,07 millió tonnát, Nigéria, ahol 6,4 millió tonnát és India, ahol 4,74 millió tonnát termeltek (USDA, 2024) ([http3](#)).

Európában a szemes cirok nagyobb arányú termesztése az utóbbi évtizedekben egyre jellemzőbb, hiszen az a klímaváltozás okozta kihívások ellenére is sikeresen termesztethető. A klímaváltozás hatására a csapadék mennyiségben, minőségében, eloszlásában és intenzitásában, valamint a hőmérséklet alakulásában is drasztikus változásokat figyelhetünk meg. A változás hatására tovább növekszik a magas átlaghőmérsékletű napok és hőhullámok száma (LINDSEY és DAHLMAN, 2024). Az európai cirok termőterületben 28%-os növekedés figyelhető meg a 2023-as adatokhoz viszonyítva. A cirok fontos gabonanövény, amely a jövőben várhatóan egyre nagyobb szerephez jut a klímaváltozásnak köszönhetően (SZEMERITS et al., 2023).

2.5 A cirok helyzete Magyarországon

Hazánkban jelenleg a cirok népszerűsége újra növekszik a 2022. előtti visszaeséshez viszonyítva. A cirok ugyanis egyre népszerűbb a gazdálkodók körében és szinte folyamatosan növekszik a kereslet iránta. A növekedést megelőzően stagnálás és enyhe visszaesés volt tapasztalható a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) adatai alapján (KSH, 2024) (lásd: 3. ábra).



3. ábra: Betakarított szemes cirok termőterület nagysága (ezer ha) Magyarországon 2019. és 2022. között

(Forrás: KSH, 2024) (<http4>) (Saját szerkesztés)

A 2022-es adatok alakulásának háttérében az állhat, hogy a szemes cirkot kedvezőtlen adottságú talajokon termesztik főként. Hazánk területét 2022-ben történelmi aszály sújtotta, amely sok esetben teljesen tönkretette a termést, ezért csökkent le az előző évi adatokhoz képest a betakarított terület. Azonban, ennek az évtizedek óta nem látott aszálynak köszönhetően rengeteg termelőt ért jelentős mennyiségű termés kiesés, ennek következtében a termelők elkezdtek új, biztonságosan termesztethető kultúrák után nézni. Eredményeként sokan úgy döntöttek, hogy bevonják a szemes cirkot az általuk termesztett kultúrák közé. Várhatóan a 2023 és 2024-es adatokban ez meg is fog jelenni.

A 2022. évi FAO adatokat nézve azt látjuk, hogy hazánkban a termésátlag 2,4 t/ha volt. Abban az esetben, ha kitekintünk a szomszédos országokba, láthatjuk az ottani hozamokat, amely Romániában 2,6 t/ha, Szerbiában 3,1 t/ha, Szlovákiában 2,9 t/ha, Szlovéniában 1,6 t/ha, Ukrajnában 2,7 t/ha, Ausztriában pedig 7,3 t/ha volt. Az adatokat elemezve és összevetve látható, hogy hazánk termésátlaga a szomszédos országokéval összevetve az utolsó negyedben foglal helyet (FAOSTAT, 2022) (<http5>).

2.6 A szemes cirok környezeti igényei

2.6.1 Talajigénye

A cirok kevésbé igényes a talajjal szemben, azonban kedvezőtlenebb adottságú talajokon sokkal nagyobb mértékben igényli a jó agrotechnikát, valamint a megfelelő tápanyag-ellátottságot. A cirok jól bírja a szárazságot, valamint a szikes, meszes és még a vizes talajokat is (TOLK et al. 1997). ASSEFA et al. (2010) szerint a túl savanyú, vagyis az 5 pH alatti talajok, az erősen szikes, valamint futóhomok talajok kivételével a cirok minden egyéb talajtípushoz képes alkalmazkodni. A nehezen művelhető, szikfoltokat tartalmazó talajokon meszezéssel történő talajjavítást követően elfogadható termést ad. Homokosabb területeken a megfelelő agrotechnika alkalmazásával gazdaságosan termesztethető, termesztésének eredményességét azonban nagymértékben befolyásolja a talaj tápanyag-szolgáltató képessége. Termesztésével a legnagyobb sikereket a semleges, azaz a 7 pH-val rendelkező, közepesen kötött agyag- és vályogtalajokon történő termesztésével érhetünk el (SAUER et al., 2024). ASILAKOGLU (2011) szerint a cirok nem túl igényes a talajjal szemben, a magas sótartalmú és a savanyú talajokon is gazdaságosan termesztethető, de képes elviselni a lúgos talajokat is. Ebből következik, hogy a cirokfélék a kedvezőtlen képességű termőhelyek

növényei is lehetnek (SIKLÓSINÉ és HARMATI, 2001; RAMÍREZ-JARAMILLO et al., 2020).

Ahogy már VINALL és társai (1936) is bebizonyították, az összes ismert talajtípuson kivitelezhető a termesztése, de aszályosabb években a homokos talajokon nagyobb termést várhatunk, mint a kötöttebb, nehezebben felmelegedő talajokon. HARANGOZÓ (1988) véleménye szerint gazdaságosan azonban csak a könnyen melegedő, optimális vízháztartású talajokon termeszthető. Sekélyebb termőrétegű, kedvezőtlen vízgazdálkodású talajokon nagyon lassan fejlődik, ebből következik, hogy sok esetben bugát sem tud hozni. SIKLÓSINÉ és HARMATI (2001) vizsgálatai szerint a sikeres termesztéshez az 1% humusz tartalmat meghaladó lazább talajon, valamint az enyhén szikes és a gyengébb képességű réti talajokon képes meghaladni akár a silókukorica vagy a szemes kukorica termésmennyiségét.

1 tonna szemtermés megtermeléséhez közepes tápanyag-ellátottságú talajon 29 kg nitrogén, 10 kg foszfor és 31 kg kálium műtrágya-hatóanyag szükséges a tápanyagutánpótlásban alkalmazott irányelvek alapján (GOSH et al., 2009). SIKLÓSINÉ és HARMATI (2001) által beállított, homoktalajon végzett kísérleteikkel arra a megállapításra jutottak, hogy a növény nagy nitrogénigénye ellenére sem hálálja meg a túlzott mértékű műtrágyázást. Feltehetőleg ez azért van így, mert a mélyrehatoló gyökérzetükkel a más növények számára felvehetetlen tápanyagokat, ideértve a különböző makroelemeket, is képesek felvenni (BALYU et al., 2006). A cirok termesztése során ajánlatos a műtrágya-felhasználás mellett a szerves trágyázás alkalmazása is, amely köztudottan számos, kedvező hatással bír a talajra. Homoktalajok esetén ez javítja annak víz- és tápanyag-megtartó képességét, kötöttebb talajokon pedig javítja a levegőzöttséget, ezzel hozzájárul a tápanyagok kedvezőbb hasznosulásához. A szerves trágyázás az előbb felsoroltakon túl, mindkét esetben növeli a talaj szervesanyag-tartalmát és a talajélet számára kedvező állapotot biztosít (HUANG et al., 2024).

2.6.2. Klimatikus igények

A cirokfélék csírázásához és növekedéséhez huzamosabb ideig 12-14°C körüli hőmérséklet szükséges, az optimális hőigényüket tekintve ez a legnagyobb a szántóföldi növényeink közül (JÓZSA, 1976), összes hőigénye nagyjából 2600-3300°C. Hűvösebb tavasszal vagy hidegebb nyáron a cirok fejlődése hosszabb időt vesz igénybe (LÁNG, 1966). Melegigénye okán a hazai termesztés egyik sarkalatos pontja a hőmérséklet. A csírázás megindulásához az előbb említett hőmérséklet szükséges, azonban az intenzív csírázás csak 14°C fölött indul be. Kelést

követően a fejlődő növény 16°C-ot igényel. Virágzáskor, illetve azt megelőzően 23°C fölötti hőmérséklet javasolt (CSAJBÓK et al., 2005), ebből kifolyólag ajánlatos kerülni a nehezen felmelegedő, hidegebb talajokon történő termesztését (KÉSMÁRKI, 2005).

SEVELUHA (1985) vizsgálatai alapján a gabonanövényekkel megegyezően a szemes cirok növekedési ütemét a hőmérsékleti viszonyok befolyásolják a legnagyobb mértékben, kísérletükben ugyanis az állomány dinamikus növekedése 27-30°C között volt megfigyelhető. Ezzel szemben a növények növekedésének jelentős visszaesését 23°C hőmérsékleten jegyezték le. A termés károsodásának elkerülése érdekében a szemtermésnek augusztus végére a viaszerés stádiumába kell kerülnie (BÁCS, 1973).

A cirokfélék kiválóan alkalmazkodtak a félsivatagos területeken előforduló kevés csapadékmennyiséghez (HOSSAIN et al., 2020), mely összességében 300-350 mm-t jelent, azonban a cirokfélék rendkívül tág tűrésűek a vízellátottságot tekintve; a 375-1800 mm csapadék összegű éghajlaton is eredményesen termesztethők. Előfordulnak olyan fajták is, amelyek a 3-4 héten át tartó folyamatos vízborítást is eltűrik (HARANGOZÓ, 1988). Ezzel szemben a szárazabb, csapadékban szegény, aszályos periódusokat követően, amikor az időjárás ismételten csapadékosabbra fordul, a cirok képes a regenerálódásra (SÁRKÖZY, 1994). Az aszályosabb idő alatt a cirok az anyagcsere folyamatait képes szüneteltetni, leállítani.

A szárazságtűrő képességet tovább bizonyítja a cirok kiegyenlített termésátlagja (VILLAY, 1947; IZSÁKI és NÉMETH, 2016). A cirokfélék szárazságtűrése több együttes dolognak köszönhető. Egyrészt a nagy kiterjedésű gyökérrendszernek, amely tömérdek hajszálgyökérrel egészül ki, másrészt a levélzetnek, amely nagymértékben csökkenti a transzspirációt. Fejlett nagyméretű gyökerének köszönhetően vízfelvétele kétszer nagyobb a kukoricánál, ezzel szemben a hozzá tartozó levélfelület számottevően kisebb. Ezen kedvező tulajdonságainak köszönhetően a cirok azokon a területeken, amelyek szélsőségesen szárazak, a kukorica kiváló alternatívájaként szolgálhat (NEGRI et al., 2024).

A cirokféléknek nagyon jó vízmegkötő-képessége van, emellett igen fejlett a párologtatásuk szabályozása is (UNGER és PARKER 1976; SZABÓ, 1983). Mivel rendkívül jól tolerálja a szárazabb területeket és beltartalmi értéke kiváló (BERÉNYI és SZABÓ, 2001), a homokosabb területeken a silókukorica megfelelő alternatívája is lehet.

2.7 A szemes cirok termesztéstechnológiája

A cirokfélék termesztése kellő szakértelmet és odafigyelést igényel. A sikeres termesztés a gondosan előkészített talajon, valamint az időben és jól elvégzett növényápoláson, növényvédelmen múlik.

2.7.1 Elővetemény

A szemes cirok nem igényes az előveteményre, azonban a növény számára kedvező a borsó, repce, valamint a korán lekerülő kapások és kalászosok utáni vetése. Rossz előveteménynek a kukoricát tekinthetjük. A cirok a vetésforgó-szerkezetbe könnyen beilleszthető, jó szárazságtűrő és ellenállóbb az időjárás viszontagságaival szemben, mint a kukorica, ez a tulajdonsága aszályos évjáratok idején kifejezetten előnyös (ASSEFA et al. 2010). Önmaga után maximum 2-3 évig termeszthető (KÉSMÁRKI, 2005).

A cirok termesztésbe vonása kedvezően hat a biodiverzitásra, ami több szempontból megfelel a fenntarthatósági és környezetvédelmi szempontoknak, továbbá szinkronban van az Európai Unió által ajánlott mezőgazdasági termesztési modellel (SÁRVÁRI, 2011). A fenntartható fejlődésben ugyanis nagy jelentőséget kapnak az olyan alternatív növények, mint a cirok (GYIMES, 2004; BERÉNYI, 2013). A vetésforgóba történő beillesztése lehetővé teszi a tavaszi vetésablakok szélesítését, ezzel a munkacsúcsok elkerülését, magas hőigénye miatt a tavaszi kultúrákhoz viszonyítva a cirkot ugyanis későn vetik.

Hazánkban a szemes cirok biztonságosan termeszthető fővetésben és másodvetésben egyaránt. Jobb homoktalajokon silózásra termesztett silócirok és zöldtakarmányként felhasznált szudánifű, valamint a korán lekerülő őszi takarmánykeverékek után másodvetésként is biztonságosan termeszthető. A vetésforgókba könnyedén beilleszthető, ebből kifolyólag kiváltható a hazánkban széles körben elterjedt, gyakorlatban sok helyen alkalmazott, mára már elavult kukorica-búza vetésszerkezet (ROCATELI et al. 2012).

Nagy mennyiségű gyökér- és szármaradványai csak lassan és nehezen bomlanak le, ebből következően intenzív pentozán hatással kell számolnunk cirok termesztése esetén (KARIM és ROONEY, 1972), a szervesanyag bontását végző mikrobáknak ugyanis nitrogénre van szükségük. Amennyiben ez nincs a növényi maradványokban, akkor azt a talajból veszik fel és építik be a mikrobák a saját testükbe. Mindeközben a növények diszpozíciós állapotba kerülnek, a tápanyag-hiány tüneteit fogják mutatni (ZHAO et al. 2005), ezért erre fokozott figyelemmel kell lennünk a növény termesztése során. A cirokfélék termesztése után ajánlatos

tavaszi növénykultúrát vetni, mélyre hatoló gyökérzetükből következően ugyanis a talaj víztartalmát nagy mértékben lecsökkenthetik (ASSEFA, 2010).

2.7.2 Talajművelés

A cirokfélék meghálálják a nagy gonddal előkészített talajt, az ősze elvégzendő alpművelést (szántást, tárcsás vagy kultivátoros művelést), ezért fontos azt időben és megfelelő módon elvégezni (FERNANDES et al., 2023). Az alpművelés legfontosabb célja a talajban található nedvesség-megőrzés mellett a talaj vízbefogadó-képességének növelése (VÁRALLYAY, 2007).

Kötöttebb, ülepedésre, erózióra hajlamos vályogtalajokon az ősze elvégzett alpművelés mélysége szempontjából 30-35 cm javasolt (CHEN et al., 2020.) LADDHA és társai (1997) összefüggést figyeltek meg a cirok termésmennyisége és az elvégzett alpművelések között. Kutatásaik alapján a mélyítő művelés alkalmazásával jobb nedvesség-gazdálkodás érhető el (OUÉDRAOGO et al., 2007). Az elvégzett talajmunkák során törekedni kell a vízbefogadó-képesség javítására, ugyanis a növénynek a nagy mennyiségű zöldtömeg-előállításához sok vízre van szüksége (KÉSMÁRKI, 2005; TAYLOR et al., 2019). Tömörödsre hajlamos talajokon kerülendő a direktvetés alkalmazása, ott ugyanis nem alakul ki a téli csapadék raktározására és befogadására alkalmas talajszerkezet (BIRKÁS, 2006).

A kora tavaszi gyomok kelésének megkönnyítése érdekében a megművelt talaj felszínét ajánlatos hengerrel lezárni. A nedvesség minél nagyobb mértékben történő megőrzése érdekében érdemes minél hamarabb, akár egy menetben elvégezni a talajfelszín elmunkálását is (BIRKÁS, 2017), ez ugyanis kedvezően hat a talajnedvesség alakulására, amely az aszályos évek során kulcsfontosságú. Abban az esetben, ha idejében elvégezzük a talajelmunkálást, csökkentjük a talajfelszín kitettségét, ezáltal korlátozzuk a beérkező napsugárzás és a szél szárító hatását. A mai kedvezőtlen időjárási körülmények között fontos minél több nedvességet megőrizni a talajban, hogy a növényállomány minél gyorsabban és homogénebben kelhessen ki, ez növényvédelmi szempontból is nagy jelentőséggel bír.

A felsorolt érvek mellett a másik kulcskérdés a szén-dioxid kibocsátás csökkentése. Amennyiben időben történik meg az elmunkálás, a szén-dioxid kibocsátás jelentősen csökkenthető, ezzel pedig limitáljuk a mezőgazdaság környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatását, hozzájárulva az üvegházhatású gázok további növekedésének megakadályozásához (PEPÓ és SÁRVÁRI, 2011).

2.7.3 Vetés

A növénytermesztés sikerének egyik legfontosabb feltétele a megfelelő vetés. Rövid tenyészidejének köszönhetően, a cirok másodvetésben is termeszthető abban az esetben, ha az elővetemény korán lekerül a területről. Jó példa lehet erre a repce, a tavaszi árpa vagy a takarmány- és zöldborsó. Fontos, hogy ebben az esetben nagyon korai fajtát érdemes választani. Az előző kultúra betakarítását követően igyekezni kell, hogy minél hamarabb, lehetőség szerint még június vége előtt megtörténjen a cirok elvetése az előkészített talajba, mert a másodvetés eredményességét nagy mértékben befolyásolja a csapadék vagy az öntözővíz mennyisége, amely elősegíti a kelés eredményességét (RAPHAEL et al., 2024).

A mag kezdeti fejlődéséhez nélkülözhetetlen a megfelelően elkészített, optimális hőmérsékletű magágy, valamint a beérett talaj (MAMO et al., 2023). A vetés előtt elvégzett talajmunkák célja, hogy a vetés idejére a talaj felső rétege alatt morzsás, nyirkos legyen a talaj. Optimálisabb kelés és homogén állomány úgy érhető el, hogy a mag körül apróbb szerkezetű magágy kerül kialakításra (BIRKÁS, 2010).

A cirokfélék vetése akkor történhet meg, ha a talaj hőmérséklete meghaladja a 14°C-ot. Hazánkban ez a talajhőmérséklet április végére, május elejére alakul ki. A hosszabb tenyészidejű fajták késői elvetés esetén nem képesek bugát hozni, így könnyen elmarad a fajtától várható termésmennyiség (TSUCHIHASHI és GOTO, 2004). A talaj nedvességtartalmától és kötöttségétől függően a cirok vetése 3-4 cm között, kötöttebb talajon sekélyebben, lazább talajon mélyebben történhet (RAJKI és PALÁGYI 2017). Fontos az optimális állomány biztosítása, ugyanis abban az esetben, ha túl sűrű a vetés, a termékenyülés vontatott és hiányos lesz. Ellenkező esetben a ritka állomány hatására a gyomok számára nagyobb lesz az élettér, valamint az fattyasodásra is hajlamosít, ami egyenletlen éréshez vezethet (CHRAPPÁN et al., 1997).

A cirok felhasználásának céljától függően változhat a vetés során alkalmazott sortávolság. Külföldi szakirodalmak alapján a sűrűbb sortávolság előnyösebb a növény számára, ugyanis nem kell versenyeznie a fényért és a nedvességért a gyomokkal szemben (GRICHAR et al., 2003; KRISTAMTINI et al., 2024). MYERS és FOALE (1981) véleménye szerint a minél nagyobb terméshozam eléréséhez a 25 cm-es sortávolság alkalmazása ajánlatos, azonban manapság ez a hazai gyakorlatban is 45-76 cm között alakul (PEPÓ, 2019).

2.7.4 Növényápolás, növényvédelem

A növényvédelem több úton is megtörténhet egy kultúra esetében, és ahhoz, hogy az optimális módot tudjuk választani, fontos szerepet játszik az integrált szemlélet nyolc alapelve. A védekezés során az első feladat a terület gondos kiválasztása és a vetésváltás szigorú betartása. Ezt követi az alkalmazni kívánt termesztéstechnológia kiválasztása és annak pontos betartása.

A cirok fejlődésének kezdeti stádiumában rossz gyomelnyomóképességgel rendelkezik, ezért ebben az időszakban különösen fontos odafigyelni az állomány gyommentességére (PEPÓ, 2019). A cirok felhasználásának céljától függően 45 és 76 cm között alakul a sortávolság, amely lehetővé teszi a mechanikai művelés alkalmazását, melynek eredményeképpen csökkenthetjük a felhasznált növényvédőszer mennyiségét. Mechanikai gyomirtásra felhasználható a gyomfésű, valamint a sorközművelő kultivátor (CHRAPPÁN és BENE, 2006). Fontos azonban kiemelni, hogy a szükségesnél gyakrabban és az indokoltnál mélyebben elvégzett sorközművelés károsíthatja a cirok megfelelő gyökerezését (SZILÁGYI, 2024).

A növény a fejlődésének korai szakaszában érzékeny a gyomirtószerekre, ebből következik, hogy a dózist és a hatóanyagot nagy odafigyeléssel kell kiválasztani. A gyomnövényekkel szembeni védekezésre három féle technológiát használhatunk: PPI (preplanted incorporated), a PRE (preemergens) és a POSZT (posztemergens) gyomirtási technológiát (BÓNIS et al., 2014).

A vetés elvégzése előtt történik, azonban bedolgozásukat rövid időn belül el kell végezni, ugyanis fényre érzékenyek és illékonyak is. További nehezítő körülmény az alkalmazásuk során, hogy bedolgozásukra, csak laza vagy közepesen kötött talaj esetében van lehetőség a csomagoláson előírt mélységben, ami történhet kombinátorral vagy tárcsával. A vetést követően, a kelés előtti szakaszban a gyomok ellen preemergens kezelésekkel tudunk védekezni. A preemergens kezelés a magról kelő gyomfajok ellen hatékony, melyre egy- és kétszikűek elleni herbicidek párosítását használjuk. Előnyei, hogy kiemelkedő tartamhatásúak, használatukkal jól irthatóak a magról kelő gyomok és meg tudjuk előzni a korai gyomosodást. A cirok érzékeny a herbicidekre, ezért, ha az időben megoldható, a vetést követően minél hamarabb végezzük el a gyomirtást. Abban az esetben, ha nem sikerül időben elvégeznünk, akkor súlyos problémák alakulhatnak ki, ilyen a korai gyomosodás, amely visszavetheti a kultúra fejlődését (LEONI et al., 2024).

Abban az esetben, ha a preemergens kezelés nem megfelelően sikerült, illetve az állomány állapota megkívánja, posztemergens, vagyis állománykezelés alkalmazása ajánlatos. A posztemergens kezelések nem mindig rendelkeznek optimális gyomirtóhatással, ugyanis alkalmazásukat nagy mértékben befolyásolja a hőmérséklet, a csapadék és a szél. A kezeléseket a növény 15-20 cm-es magasságáig, valamint a gyomok 1-3 leveles állapotában javasolt elvégezni (GLAB et al., 2017).

Az állományban leggyakrabban előforduló gyomok TOMPSON et al. (2019) szerint a parlagfű (*Ambrosia artemisiifolia*), a fenyércirok (*Sorghum halepense*), a kakaslábű (*Echinochloa crus-galli*), a köles (*Panicum miliaceum*), a csattanó maszlag (*Datura stramonium*), valamint a szerbtövis (*Xanthium* spp.), amelyek a Raunkiaer-féle életformaosztályozásban a T4-es gyomfajok közé tartoznak. Nyárutói egyéveseknek is szokás nevezni őket, ugyanis tavasszal kelnek, és nyár végére érlelnek magot. A csírázásukhoz szükséges hőmérséklet 18-30 °C között váltakozik. A szárazságot nagyon jól tűrik, viszont a legkisebb hideg hatására, akár már 0 °C-on is képesek elfagyni (BOLYKI et al., 2006).

A növény kevésbé fogékony a betegségekre, azonban hazánkban a vírusos betegségek közül a kukorica csíkos mozaik vírussal (*Maize dwarf mosaic virus* (MDMV) kell fokozottan számolnunk (PEPÓ, 2019). Továbbá, nem szabad megfeledkeznünk még a cukornád mozaik vírus (*Sugarcane mosaic virus*), a fenyércirok mozaik vírus (*Johnsongrass mosaic virus*) és a cirok mozaik vírus (*Sorghum mosaic virus*) fertőzéséről sem. A gombás megbetegedéseket okozhatja a túl korai vagy túl hideg talajba történő vetés is, ezek közül fertőzést a *Fusarium*, az *Aspergillus*, az *Alternaria* és a *Phytium* fajok okozhatnak (RAFTOYANNIS és DICK 2006; BOZÓKI et al., 2022). A fuzárium fajok megjelenése a növényen tőszáradást, illetve szárkorhadást is okozhat, amelyek megdőléshez és szártöréshez is vezethetnek. RAFTOYANNIS és DICK (2006) kísérletükben 12 *Phytium* fajjal végeztek vizsgálatokat, melynek során a legnagyobb arányú gyökér-elszíneződést a cirok esetében a *Phytium middletonii* okozta. Emellett a cirokban előfordulhat a vöröszrozsda (*Ramulispora sorghi*), valamint a baktériumos levélcsíkosság (*Pseudomonas andropogoni*) is (CHRAPPÁN és BENE, 2006). A csávázott vetőmag alkalmazásával ugyanakkor számos fertőzés időben megelőzhető, illetve elkerülhető (AFZAL et al., 2020).

Mindezek mellett a kártevők kártétele is jelentős lehet, ezért az ellenük történő védekezésről sem szabad elfeledkeznünk. Azok már a növény csírázását és kelését követő időszakban megjelennek, és a különböző kártevők tevékenysége miatt sok esetben nagymértékű termés kiesés és minőségromlás is bekövetkezhet. Ebben az időszakban PEPÓ

(2019) szerint főként a drótférgek (*Agriotes spp.*) és a pattanóbogarak (*Elateridae*) lárvái okozhatnak problémát. A levéltetvek (*Aphidoidea*) száma sok esetben meghaladja a kártételi küszöböt, ebben az esetben állománykezeléssel történő védekezésre van szükség. Betelepedésük optimális időjárási feltételek mellett 6-8 leveles állapottól történhet. A kultúra számára kárt a szívogatással, valamint a különböző vírusok terjesztésével okoznak. Szívogató tevékenységük hatására az állomány fejlődése lecsökken, valamint az állomány sárgulni kezd. Abban az esetben, ha felszaporodásuk ideje megegyezik a bugakezdemények kialakulásának idejével, akkor a buga részben vagy akár teljesen steril maradhat. Ez az áru- és vetőmagtermesztésben akár 10-20%-os kiesést is okozhat (OKOSUN et al. 2021).

Súlyos károkat okozhat még a kukoricamoly (*Ostrinia nubilalis*) és a gyapottokbagolylepke (*Helicoverpa armigera*) hernyója, amely a szárba befűrődve megdőlést okozhat az állományban, ezért ellenük mechanikai úton is védekezhetünk. Megoldás lehet a szármagmaradványok minél apróbbra történő szecskázása és mélyebb rétegekbe való beforgatása (GINTING et al., 2023).

A további kártevők, mint a kukoricabarkó (*Tanymecus dilaticollis*), a muharbolha (*Phyllotreta vittula*), vagy a fűbolha (*Chaetocnema aridula*) csak kisebb egyedszámmal fordulnak elő, ezért ellenük az inszekticides kezelés alkalmazása csak ritkán indokolt (CHRAPPÁN és BENE, 2006). Megoldást jelenthet a preventív eljárások alkalmazása, ideértve a vetésváltás és a köztes gazdanövényként szolgáló gyomok irtása (TOMPSON et al., 2019).

2.7.5 Betakarítás

A cirok betakarításakor kialakuló munkacsúcs alapos tervezést és szervezést igényel, ugyanakkor fontos megjegyezni, hogy termesztéséhez nincs szükség speciális eszközökre, sem speciális betakarítógépre.

Aratása korai érésű hibridek esetén augusztus végétől szeptember közepéig tarthat, a középkései hibrideké szeptember végétől kezdődhet, amely egészen novemberig tarthat (PEPÓ, 2019). CHRAPPÁN et al. (1997) szerint a szemes cirok betakarítására alkalmasak a gabonakombájnok alacsony dobfordulattal (600-750 fordulat/perc). A betakarítás során a növényállomány magasságának megfelelően felemelt vágóasztallal kell dolgozni. A szemtermés könnyedén kicsépelhető, ugyanis azt nem, vagy csak félig borítja pelyva. A betakarítás során nagy figyelmet kell arra fordítani, hogy a szemet jól kicsépeljük a bugákból, valamint, hogy minél nagyobb legyen a tisztaság (PEPÓ, 2019).

A Magyarországon termesztett szemes cirok hibrideket alacsony víztartalommal (16-20%) lehet betakarítani. Mivel a szemes cirok zöld száron érő, ezért a betakarítást követően szárításra lehet szükség, ugyanis a nagy nedvességtartalom miatt az akár már 10-12 óra elteltével befülledhet (LYONS et al., 2019). A betakarított szemtermést a szárítás megkezdése előtt érdemes előtisztítani, ezzel ugyanis könnyedén eltávolítható a zöld szár, a buga, a levélmaradványok és a gyommagvak, így hatékonyabbá és gazdaságosabbá tehető a szárítás. Ebből következően termesztése olyan gazdaságokban ajánlott, ahol van saját szárító és tisztító üzem, vagy a szárítás könnyedén és gyorsan megoldható (SADAF et al., 2024). A cirokmagot a biztonságos tárolás érdekében 12-14% nedvességtartalomig kell szárítani.

2.8 A szemes cirok lehetséges alapművelési módjai

Az alapművelés egy elsődleges talajmunka, amely a talajállapot kedvezővé alakításával alapozza meg a termesztés biztonságosságát, ez pedig meghatározza a teljes tenyészidőszakot.

Az alapművelés mélysége alapján megkülönböztetünk sekély, középmély, és mély művelést, módja szerint pedig beszélhetünk forgatással történőről (ekével), forgatás nélküli (középmély vagy mélylazítóval, kultivátorral, tárcsával vagy talajmaróval), valamint kombinált eljárásról. Utóbbi alkalmazása során lazítótűskével felszerelt ekét, vagy külön menetben szántást és lazítást alkalmazunk az adott területen (LISTAUSKAS et al., 2024).

2.8.1 Szántás

A szántás mélysége a talaj állapota és tulajdonságai, valamint az eke kialakítása és a művelés célja alapján választható meg. A művelés mélysége alapján megkülönböztetünk sekély (16 cm-ig), középmély (20 cm-ig), mély (35 cm-ig), mélyítő (40 cm-ig) és rigol (>50 cm-ig) szántást (BIRKÁS, 2017). Alkalmazásának számos előnye van, ugyanis a talaj forgatása során cserélődnek a talajrétegek, így megtörténik a tarlómaradványok és a kijuttatott trágya aláforgatása. Azonban az előnyök mellett megemlítendő, hogy nagy az energiaigénye, ez a mai üzemanyagárak mellett hatalmas költség a gazdálkodók számára. Alkalmazásának másik veszélye az eketalp tömörödés kialakulása, avagy a több éven keresztül azonos mélységben, vagy nem megfelelő nedvességtartalom mellett végzett folyamatos forgatás, amely rendkívül kedvezőtlenül hat a talaj tápanyag- és nedvességszolgáltató-képességére. Abban az esetben, ha nem munkáljuk el a szántott terület felszínét, a nagy felület miatt magas lesz a terület szén- és talajnedvesség-vesztése (SÁRVÁRI, 2011).

A túlságosan száraz talajon elvégzett szántás azonban rögzít, amit később csak nagy energiaráfordítással tudunk elmunkálni, emellett pedig a talajszerkezet is károsodik (MC LAUGHLIN et al., 2024), amely idővel fokozza a porosodást, majd az eliszapolódást.

2.8.2 Tárcsázás

A művelési rendszerben a tárcsák a sekély forgatás nélküli alapműveléshez tartoznak. Magágykészítésre is alkalmasak a síklappal szerelt eszközök, azonban nem feltétlen ajánlatosak, de tarlóhántásra és a tarlómaradványok aprítására azonban kiválóan alkalmasak (PATIL, 2013). A tárcsával végzett művelésnek számos előnye van, ilyen például, hogy a száraz növényi maradványok nagyon jól apríthatóak vele, továbbá porhanyításra, keverésre, sekély lazításra is alkalmas (VIDA, 2021). Nagy területteljesítménye révén a tarlóhántásra a tárcsa a legelterjedtebb eszköz. Az eddig felsoroltak mellett energiatakarékos eljárás, valamint alkalmazása során kisebb a talajnedvesség vesztese és a felszínemelkedése. Továbbá, a különböző lapoknak köszönhetően széles nedvességtartományban alkalmazható.

Mint a legtöbb esetben, ennek az eszköznek is vannak hátrányai, ilyen például az, hogy alkalmazása túlzottan nedves talajon nem ajánlott, ugyanis beragad, gyúrja és keni a talajt, ezek mellett a nedves talajt még tömöríti is, ezt nevezzük tárcsatalap betegségnek. A nyirkos és nedves talajon a tárcsalapok csúszása és tömege miatt, a művelés mélységétől függően (12-18 cm) alakulhat ki ez a talpréteg (BIRKÁS, 2017). A tárcsázás ismétlésekor ez a réteg vastagodik és tovább tömörödik. A szakma írott szabályainak betartásával a kialakulása könnyen megelőzhető. A tárcsázást gyakran végző gazdálkodók számára ajánlott a terület időnkénti ásópróbás vizsgálata. Abban az esetben, ha nem sikerül elkerülni a tömörödött réteg kialakulását, akkor lehetőség van annak megszüntetésére, ez történhet kultivátorral, ami történhet egy vagy kétmenetben a réteg vastagságától függően. Továbbá, a tárcsatalp megszüntethető ekével is, itt viszont figyelni kell a művelet elvégzésekor a talaj nedvességtartalmára, ugyanis, ha nem optimális a nedvességtartalom, akkor a tárcsatalp megszüntetése közben könnyen kialakítható egy másik káros tömörödés, az pedig a korábban tárgyalt eketalp. A művelet alkalmazásának további lehetséges kockázata az évelő gyomok irtásának hatékonysága (GILBERT et al., 2009).

2.8.3 Lazítás

A forgatás nélküli alapművelési eljárásokhoz tartozik, célja az összeállt, tömör talajállapot megszüntetése. A talajlazítás alkalmazása során csökken a talaj térfogattömege, nő a

hézagtérfogat, javul a talaj vízbefogadó képessége, levegőzöttsége valamint nagyobb mennyiségű víz befogadására lesz alkalmas a talaj (HARTMANN et al., 2008). Ez a tulajdonság a megváltozott környezeti feltételek és a csapadék szélsősége eloszlása mellett az egyik, talán a legfontosabb tényező. A talajállapot-javítása történhet különböző mélységben, középmező lazítókkal (35-50 cm), vagy mély- altalajlazítókkal (50-100 cm). A tömör réteg megszüntetése jótékony hatású a talaj szempontjából, ezért talajgyógyító eljárásnak, másnéven talajakupunktúrának is szokás nevezni. Az alkalmazásának számos előnye van, ilyen például a kisebb energiaigény, a talaj biológiai tevékenységének elősegítése, a tömörödött talajállapot enyhítése (forgatás nélkül), vagy a termesztés biztonságának javítása, amely a mai szélsőséges időjárási körülmények mellett kulcsfontosságú lehet (BIRKÁS, 2017).

Az előnyök mellett, mint más esetekben, itt is megjelennek a megfontolandó tényezők. Nedves talajállapot mellett történő alkalmazása során nem javul a talajállapot, továbbá a tömör, száraz talajon történő alkalmazása esetén erőteljes lehet a rögzépződés az adott területen. Fontos, hogy az egy és két kése eszközök alkalmazása nem ajánlott, ugyanis a kis munkaszélesség miatt a traktor kerekei visszatapossák a talajt a következő fogás művelésekor. Megfelelő figyelmet kell szentelni az elmunkálásra történő eljárás kiválasztására, ugyanis az ehhez hasonló visszatömörítést kerülni kell (LIN et al., 2024).

A lazítás hatástartamát tekintve régebben 4-5 év időtartamot tulajdonítottak a mélylazításnak, azonban ez azért volt így, mert nem végeztek talajállapot-felmérést. Ma már sok kísérlet és vizsgálat igazolta, hogy ez nem igaz, ugyanis a lazult réteg a vártnál sokkal hamarabb leromolhat, és visszatömörödhethet. A rossz szerkezeti állapotban lévő talajok esetében a leggyorsabb ez a folyamat, ott ugyanis már akár a tenyészidőszak közepére kialakulhat ez a káros hatás (GYURICZA, 2002). Fontos megemlíteni továbbá az olyan lazultság-fenntartó növényeket, mint például a napraforgó és a keresztes virágúak (repce, mustár, olajretek).

2.8.4 Direktvetés

A direktvetés alatt a megműveletlen talajba történő vetést értjük, ez egy speciális nyitócsoroszlyával felszerelt vetőgéppel történik. Ezen művelet elvégzésekor talajbolygatás csak a vetősorban történik a magárok kihásításakor, ez a felszín legfeljebb 10%-a (HIDEO et al., 2016). A kultúra számára szükséges folyékony vagy szilárd tápanyagokat a vetéssel egy menetben van lehetőség kijuttatni a vetőmag mellé, vagy utólagosan injektálással és

lombtrágyázással (KÖKÉNY, 2023). Nemzetközi viszonylatban *no-tillage*, *no-till* (azaz művelés nélküli termesztés), vagy *conservation tillage* (talajvédő művelés) kifejezéseket használjuk.

A direktvetés alkalmazásának előnyei közé tartozik a víz- és szélrózsió csökkentése, a talaj szervesanyag-tartalmának szinten tartása, növelése. Ezek mellett fontos szerepet játszik a talajszerkezet javulásában az alacsony menetszám miatt. Javítja a talaj vízbefogadó- és szolgáltató-képességet, így egész évben mérsékelt lehet a nedvességvesztés a területen (GYURICZA, 2014). Az alacsony menetszámból adódóan a termelési költségek csökkennek (kezdetben ugyan a termésszintek is), azonban a jövedelmezőség idővel kedvezőbbé válik. Ezeknek a kedvező tulajdonságoknak a kialakulásához akár öt-tíz év is szükséges lehet (KOVÁCS et al., 2023).

Az előnyök mellett azonban megfontolandó a kártevők, kórokozók elleni védekezés, a gyomosodás és gyomok elleni védekezés nehézsége (BAKLANOVA, 2023). Nem mellesleg a felszínen maradó tarlómaradványok legrosszabb esetben csírázásgátló hatással is rendelkezhetnek. Illetve, a technológia nem minden termesztési cél estében alkalmazható, ilyen például a vetőmag-előállítás (FERNÁNDEZ et al., 2007).

Az ökonómiai oldalt tekintve az előnyök közé tartozik a kevesebb menetszám, amelynek következtében kisebb lesz az okozott taposási kár és jelentős mértékű üzemanyag-megtakarítás érhető el vele. Azonban, mint a legtöbb esetben, így itt is vannak hátrányok, ugyanis a technológia által megkövetelt erőgépek mérete nagyobb, és a gépek ára is jóval drágább, mint más esetben. Ennek következtében a várható megtérülési idő ebben ezekben az esetekben jóval hosszabb (FALEIROS et al., 2018).

2.9 Szakirodalmi szintézis

A megváltozott környezeti és időjárási feltételeknek köszönhetően új, a feltételeknek megfelelő kultúrákat kell termesztésbe vonnunk annak érdekében, hogy mindenki számára biztosítva legyen a megfelelő mennyiségű és minőségű élelmiszer. Ezeknek a feltételeknek kiválóan megfelel a szemes cirok, ugyanis különböző fajtáinak köszönhetően széleskörű felhasználás valósulhat meg. A világ bizonyos részein kedvező beltartalmi paramétereinek köszönhetően már az ősidők óta termelik és élelmiszerként hasznosítják, míg más helyeken takarmányként használják fel. Helye van a modern táplálkozásban is, köszönhetően a magas rosttartalmának, ásványianyag-tartalmának és annak, hogy természetesen gluténmentes.

Az új környezeti kihívásoknak köszönhetően a gazdálkodóknak számos döntést kell meghozniuk annak érdekében, hogy gazdálkodásuk továbbra is jövedelmező és fenntartható maradjon. Ennek érdekében az utóbbi években egyre többen kezdenek el új művelési módokat alkalmazni gazdaságukban. Azonban, mint mindig, itt is sok kritikus hang van jelen. Az ökonómiai tényezők mellett más fontos paraméterekre is kellő figyelmet kell fordítani, ezek közé tartozik a talaj szervesanyag-tartalma, talaj szerkezete, művelhetősége, nedvességtartalma. Összehasonlításuk során olykor ellentmondásokba kerülhetünk, azonban kijelenthető, hogy a szakirodalmak alapján a minél kisebb mértékű talajbolygatás és a csökkentett menetszámú gazdálkodás esetén kedvezőbbek az eredmények. Az előbb említett kedvező eredmények megjelenhetnek a szén-dioxid kibocsátás csökkenésében, a talaj nedvesség-tartalmának növekedésében, a szervesanyag-mennyiségének növekedésében, valamint a csökkenő üzemanyag-felhasználásban.

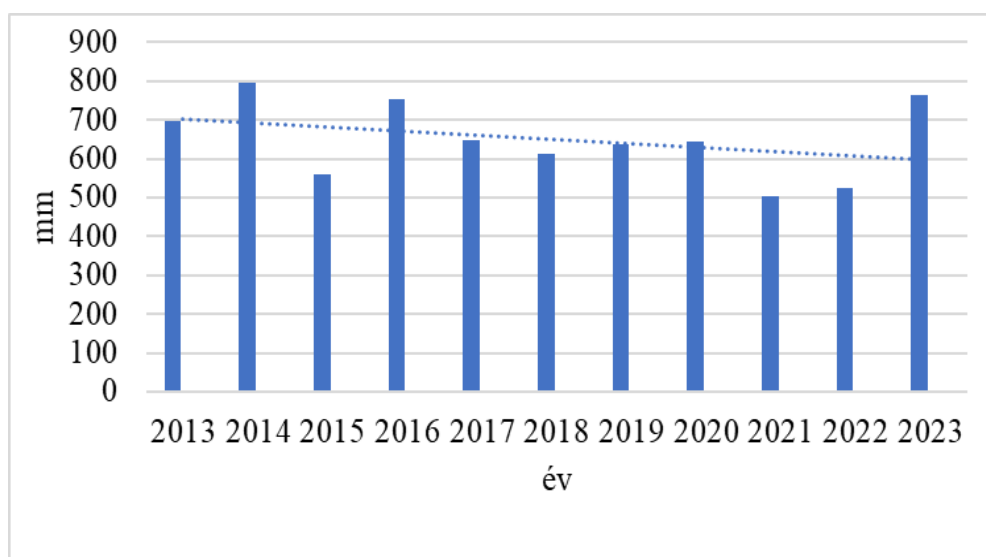
Összegezve a szemes cirok termesztésével kapcsolatban a következő megállapításokat szeretném összefoglalni. A cirok, köszönhetően a kiváló nedvesség-hasznosításának és az aszálytűrésének, gyengébb minőségű talajokon is hatékonyan termesztendő. Alkalmazkodó képességének és sokféleképpen történő felhasználásának köszönhetően a közel jövőben kiváló alternatívája lehet a kukoricának. Termesztésbe vonásához nem szükséges különleges eszköz beruházása, azonban széleskörben történő elterjedésének gátat szab a jelenleg korlátozott számú átvevő-, valamint feldolgozópont.

3. Anyag és módszer

3.1 A kísérleti terület jellemzői

3.1.1 Klimatikus adottságok

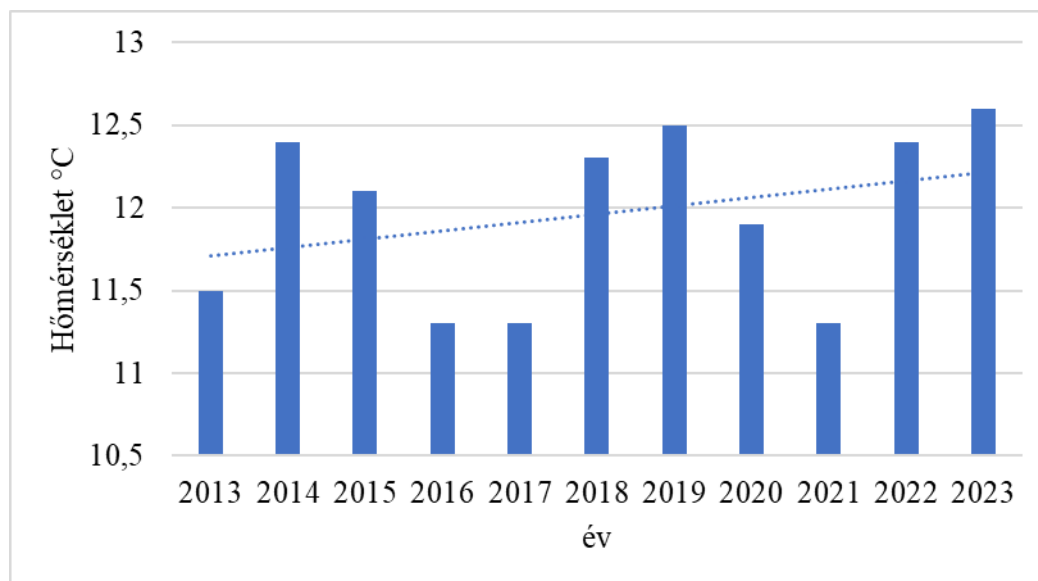
A gödöllői térség éghajlatát nem nevezhetjük sem alföldi jellegűnek, sem hegyvidékinek, ugyanis itt az éghajlati elemek változatossága jellegzetes (DEMÉNY, 2007). A kialakult kettőség a dombvidék északi és déli része között helyezkedik el, ebből kifolyólag sajátos mezoklíma alakult ki. A Gödöllői-dombságban vizsgált terület (N47.6 E19.3667) elhelyezkedéséből adódóan az ország szárazabb régiójához tartozik, ezért a sok éves csapadékmennyiség átlaga 5-600 mm között mozog (MAROSI és SOMOGYI, 1990; DEMÉNY, 2007). A mennyiségi adatokat megnézve láthatjuk, hogy az éves csapadék mennyiség enyhe, de folyamatos csökkenést mutat, mely a 4. ábrán kerül szemléltetésre.



4. ábra: A csapadék mennyiségének változása Gödöllőn 2013. és 2023. között.

(Forrás: Meteoblue, 2024a) ([http6](#)) (Saját szerkesztés)

A klímaváltozás hatására a csapadék mennyiségében kis mértékű csökkenést, az eloszlásában ugyanakkor drasztikus változásokat figyelhetünk meg. Az éves középhőmérséklet 10°C felett van Gödöllőn (lásd: 5. ábra), a július a legmelegebb hónap, ekkor az átlag középhőmérséklet 22°C. A leghidegebb hónapnak január nevezhető, ugyanis ekkor az átlagos középhőmérséklet –1 °C körül alakul ([http6](#)).



5. ábra: A hőmérséklet változása Gödöllőn 2013. és 2023. között.

(Forrás: Meteoblue, 2024b) ([http7](#)) (Saját szerkesztés)

A területen az uralkodó szélirány az ÉNY-i, amelynek átlagos sebessége meghaladja a 2,8 m/s-ot. A terület időjárására jellemző, hogy napfényben igen gazdag, a napsütéses órák száma meghaladja a 2100 órát is. A világban tapasztalható klímaváltozás hatása kivétel nélkül az ország minden pontján megmutatta hatását, ezen változásoknak köszönhetően az elmúlt három évtizedben közel 3°C-kal emelkedtek a nyári maximumhőmérsékletek értékei Gödöllőn (Meteoblue, 2023) ([http8](#)). Erre volt példa a hazánkban 2022-ben bekövetkezett történelmi aszály, amely során mind az őszi, mind a tavaszi vetésű növények esetében súlyos termésmennyiség kieséssel kellett számolnia a gazdálkodóknak. Az ország bizonyos régióiban a termésmennyiség teljes része odaveszett, ezzel súlyos anyagi kárt okozva a termelők számára. A növénytermesztést érintő kár közvetve az állattenyésztési ágazatot is érintette, azt igen nehéz helyzetbe hozta.

3.1.2 Talajadottságok

A kísérlet területét a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem Gödöllőn elhelyezkedő szárítópusztai Szántóföldi Tanüzeme biztosította. A terület a Gödöllői-dombság kistájon található, amely a Cserhát és a Duna-Tisza homokhát között átmenetet képez. Tengerszintfeletti magassága 247 méter, alapkőzetét tekintve lösz. Gödöllő környékén a felsőpannóniai homokos-agyagra, valamint a folyóvízi üledékekre települt felszint borító

anyag a lösz, homok és lejtőagyag közt néhol felszínre bukkanó felsőpannóniai édesvízi mészkő és márga (KOVÁCS, 2014).

A felszínalakító tényezőket tekintve a Pleisztocén korban kiemelkedett és létrejött egy erősen tagolt dombvidék, amin helyenként meredek lejtőket találunk. A területet alakította és a mai napig alakítja a talajerózió és a defláció, amely jelentős áthalmozásokra képes (DEMÉNY, 2007).

A kísérletnek helyt adó terület talaja a hazánkban használt genetikus talajosztályozás szerint főként homokon létrejött rozsdabarna erdőtalaj (*Luvic Calcic Phaeozem*), talajtípusát tekintve a harmadkorban kialakult homok és márga alapkőzetén létrejövő rozsdabarna erdőtalaj altípus, Ramann-féle barna erdőtalaj. A homokon létrejött rozsdabarna erdőtalajok vízháztartási tulajdonságai alulmaradnak a barnaföldekétől. Termékenységüket tekintve a közepes termőréteg miatt, valamint gyenge tápanyagtartalom, illetve alacsony humusztartalmuk miatt kisebb (STEFANOVITS, 1999). A terület fontos tulajdonságai közé tartozik, hogy eróziótól erősen veszélyeztetett és fokozottan érzékeny a tömörödéssel (DEMÉNY, 2007). Ebből következik, hogy eredeti, épségben megmaradt talajszelvény csak kis területen figyelhető meg. A terület tehát Magyarország egyik legjelentősebb mértékben erodált területe. A területen zajló erózió hatására a kezdetben létrejött erdőtalajok „A” és „B” szintje lekopott, ezért lösz került a felszínre (STEFANOVITS, 1956). A szántóföldi művelés alatt lévő területeken tehát fokozottan jelentkezhet a talajerózió veszélye. A vizsgált terület 0-30 cm-es szint mélységéből 2019-ben elvégzett talajminta-vizsgálatok eredményeiből kiderül, hogy a vizsgált terület pH-ja 7,15, míg a terület Arany-féle kötöttségi száma 32, a vízben oldható összes sótartalma pedig $< 0,02$ m/m%. A minta szénsavas mésztartalma $< 0,1$ m/m% , humusztartalma pedig 1,2 m/m%.

3.1.3 A kísérlet beállítása

Az előzetes felmérés alapján a Szárítópusztán elhelyezkedő Tanüzem kísérleti területét megfelelőnek találtam arra, hogy a több ismétléses talajművelési kísérletet 2023-ban beállítsuk és a tervezett méréseket elvégezzük azon.

A kísérlet során négy eltérő alpművelési eljárást (tárcsázás, lazítás, szántás), valamint direktvetést állítottunk be egy 2.160 m^2 nagyságú területen. A kísérlet beállítása során a négy kezelés négy-négy ismétlésben került meghatározásra.

A parcellák méretét tekintve azok 20 x 27 méteresek voltak. A parcellákat elválasztó sávok szélessége 2 méter. A kísérlet területi igényét tekintve 10.032 m², amelyből egy parcella területe 540 m² volt. A kísérleti parcellák elhelyezkedését a 6. ábra mutatja be.

I.ismétlés 20 méter	2m	II.ismétlés	2m	III.ismétlés	2m	IV.ismétlés
II.ismétlés	2m	III.ismétlés	2m	IV.ismétlés	2m	I.ismétlés
III.ismétlés	2m	IV.ismétlés	2m	I.ismétlés	2m	II.ismétlés
IV.ismétlés	2m	I.ismétlés	2m	II.ismétlés	2m	III.ismétlés
27 m		27 m		27 m		27 m
Tárcsázás		Lazítás		Szántás		Direktvetés

6. ábra: A kísérleti parcellák elhelyezkedése a kísérlet során.

(Bozóki B. szerkesztése)

A kísérlet során használt Euralis ALIZE (<http9>) nevű szemes cirok hibrid piros szemű, középkorai érésű fajta, a minőségi mutatókat tekintve pedig a fehérjetartalma >10-11%, tehát átlagosnak nevezhető, a tannin-tartalma pedig nagyon alacsony (<0.14%). Agronómiai jellemzőit tekintve nagyon jó kezdeti fejlődési eréllyel rendelkezik. Dőléssel szembeni toleranciája, valamint stressztűrése kiváló, továbbá *Fusarium* és *Macrophomina* toleranciája jó. Évjárat stabil, stressztűrése és termőképessége miatt évek óta a hazai piac egyik legnépszerűbb hibridje. Alkalmazkodóképessége kiemelkedő, ezért az összes ciroktermő területen akár még kevésbé intenzív technológia mellett is ajánlott a termesztése (7. ábra). Agronómiai profilját tekintve átlagos ezermagtömege 30 gramm, a bugája félig nyitott, átlagos bugahossza 27 cm, átlagos növénymagassága 110-120 cm, termés potenciálja 9-11 t/ha körül alakul ideális körülmények között.



7. ábra: A kifejlett Euralis Alize hibrid állomány nagysága és bugája.

(Saját felvétel, 2023)

3.1.4 Elvégzett agrotechnikai módszerek a kísérlet során

A szükséges talajelőkészítés, alapművelés közül a tárcsázás egy 3,6 méteres vontatott „V” tárcsával, a lazítás egy Vogel Noot TerraDig XS-el történt, míg a szántás egy Kverneland EG-LB 4 fejes függesztett, váltvaforgató ekével és egy Kverneland Packomat szántáselmunkálóval került elvégzésre június végén, a zöldborsó előveteményt követően.

A vetésre 2023. június 28-án került sor egy 4 soros MaterMacc MAGICSEM 4000 vetőgéppel. A vetés során 75 cm-es sortávolság és 7,8 cm tőtávolság került beállításra, melynek során az alkalmazott vetőmagnorma 300 000 szem/ha, vagyis 9 kg/ha volt. A vetést követően egy Vaderstad Rolex 620 típusú hengerrel történt meg a talajfelszín lezárása.

A vetést követő napon preemergens gyomirtás történt a táblán, amely során Successor TX herbicid került felhasználásra 3,5 liter/ha dózisban. A táblára kijuttatott növényvédőszer széles hatásspektrummal rendelkezik, különösképpen hatásos a magról kelő egyszikű kakaslábfű (*Echinochloa crus-galli*), muhar (*Setaria spp.*), vadvadkoles (*Panicum miliaceum*) és a kétszikű gyomok ellen. Hatásos még a kikelt gyomok ellen 4-6 leveles állapotig.

Annak érdekében, hogy a kelés minél gyorsabban és homogénebben történjen meg, a vetést követő néhány napon belül kelesztő öntözést végeztünk a területen egy csévélődobos

öntözőberendezés segítségével, a kijuttatásra került öntözővíz mennyisége 20 mm csapadéknak felelt meg.

A parcellák megfelelő mértékben történő elkülönítése érdekében a területen a vizsgálati idő alatt több alkalommal talajmarózást végeztünk egy Yanmar UPR20 talajmaró segítségével.

A tervezett betakarítási idő 2023. októberére esett volna, azonban a rendkívül sok csapadék hatására az elmaradt, ugyanis a területre nem lehetett kombájnnal biztonságosan rámenni. A fagyok megérkeztevel sem oldódott meg a probléma, ugyanis a hosszan tartó és intenzív esőzések miatt a bugák letöredeztek és a földre kerültek, ahonnan már nem lehetett volna azokat gazdaságosan betakarítani, ezért a területen 2024. február 28-án történt meg a szárazítás egy BK 3011 B típusú szárazító segítségével, a mintákat pedig kézzel gyűjtöttük be a területről.

3.2 A vizsgálatok módszerei

A különböző alapművelési módok (szántás, lazítás, tárcsázás és direktvetés) összehasonlítására az alapműveléstől kezdődően havi rendszerességgel végeztünk méréseket a különböző fenológiai fázisokban, amely során talajjellenállást és talajnedvességet mértünk.

A Kapacitív Kkt. által gyártott és értékesített, a talaj nedvességtartalmának meghatározásra alkalmas PT-1 típusú mérőműszer segítségével történt a talaj nedvességtartalmának mérése. A műszer 0-60 cm mélységig tudja a talaj elektromos ellenállásának mérése által tömegszázalékban (m/m%) mérni a helyszíni pontszerű nedvességet, mely fordítottan arányosan csökken a talaj nedvességtartalmával. Az elvégzett mérések havonta történtek, 50 cm-es mélységig 5 centiméterenként. A mérések elvégzése mellett a havi csapadékmennyiségre vonatkozó adatok a Meteoblue adataiból kerültek rögzítésre.

A talajjellenállást több paraméter befolyásolja: az agyagtartalom, a talajnedvesség, valamint az ülepedettség (BIRKÁS 2017). A vizsgálatok elvégzéséhez Eijkelkamp Penetrométer mérőműszert használtam, amely 80 centiméteres mélységig alkalmas mérésre. Egy kezelésben, ismétlésenként három-három különböző ponton végeztem méréseket 45 cm-es mélységig. A mérése során használt szondacsúcs 2 cm²-es volt.

A vizsgálatok ezen felül kiterjedtek volna a szemes cirok termés hozamára és beltartalmára is, azonban a betakarítás elhúzódása, majd megghiúsulása miatt csak az utóbbira kerülhetett végül sor.

A beltartalmi paraméterekre vonatkozó vizsgálatok 2024. július 15-én kerültek elvégzésre a Növénytermesztési-tudományok Intézet laboratóriumában. A vizsgálatok elvégzéséhez egy NIRFlex N-500 beltartalmi elemző készüléket használtam, mely 25 másodperc alatt elvégzi a vizsgálatokat és dokumentálja az eredményeket. A mérőműszer alkalmas vizsgálatok elvégzésére szilárd mintákból, folyadékokból és viszkózus anyagokból a következő paraméterek vizsgálatára: fehérje, nedvesség és szedimentáció.

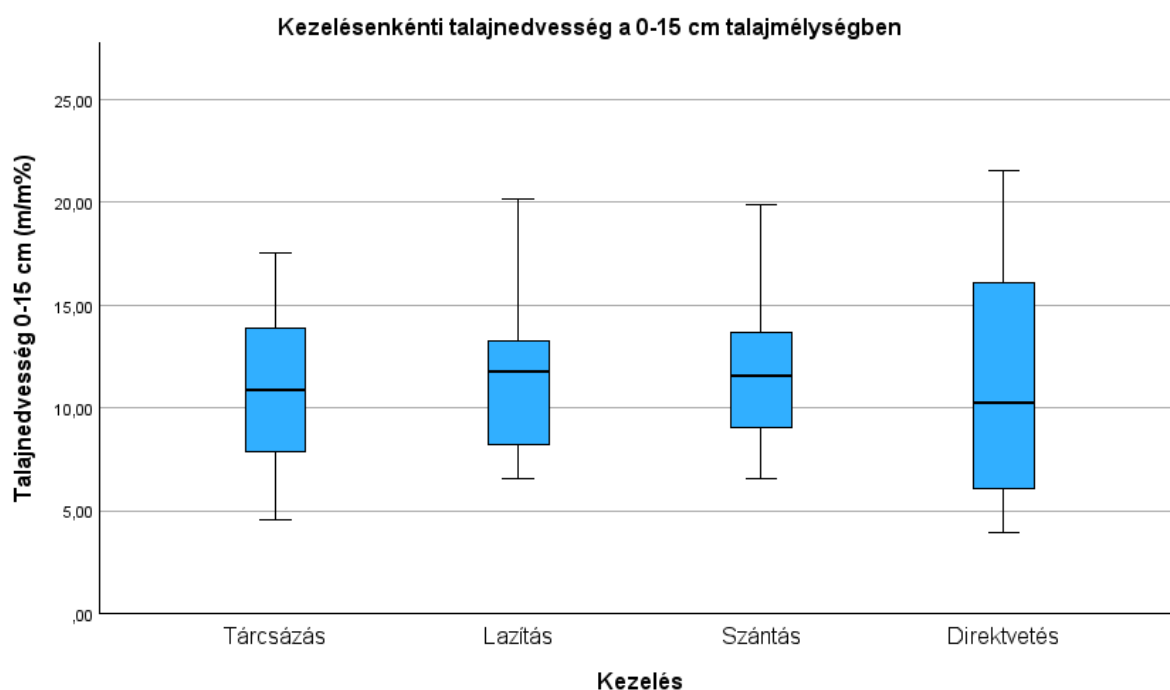
3.3. Statisztikai elemzés

A kutatás során rögzített adatok feldolgozásához és kiértékeléséhez a Microsoft Excel és az IBM SPSS Statistics 29 szoftvereket használtam. Az elemzés során egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) használtam. Abban az esetben, ha a varianciaanalízis szignifikáns eredményt mutatott, akkor a jelentős eltérést mutató csoportok meghatározására a Tukey HSD post-hoc próba elvégzésével került sor, továbbá mátrix táblázatot készítettem a kapott eredmények bemutatására.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. Talajnedvesség-ellenállás vizsgálat

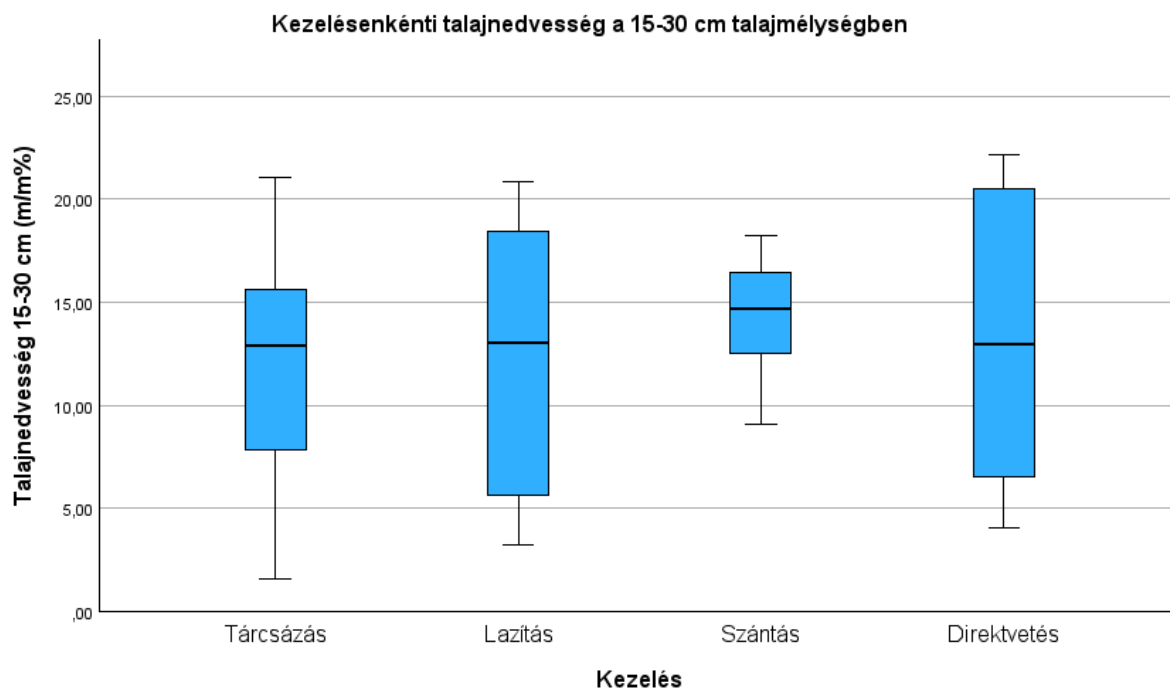
A 2023. július és október hó között elvégzett mérések során rögzített adatokból vizsgáltam a származtatott átlagos talajnedvesség értéket 0-15 cm, 15-30 cm, 30-45 cm-es mélységben. A talajnedvesség vizsgálatok eredményei a 8-10. ábrán kerülnek bemutatásra.



8. ábra: Kezelésenkénti talajnedvesség a 0-15 cm talajmélységben

A statisztikai elemzésem elkészítése során, arra a következtetésre jutottam, hogy nincs szignifikáns különbség az eltérő kezelések között [$F(3, 92) = 0.207$, $p = 0.891$]. Az elvégzett elemzés során a 0-15 cm talajmélységben az átlag és annak szórása $11,5334 \pm 4,43988$ m/m% volt. A szántás esetében figyelhetjük meg a legnagyobb talajnedvességi értéket, ami $11,8875 \pm 3,75313$ m/m%, ezt követi a lazítás $11,8587 \pm 3,91055$ m/m%, majd a direktvetés $11,3696 \pm 5,84489$ m/m%. A legkisebb eredményt a tárcsázás esetén tapasztaltam, ami $11,0179 \pm 4,16337$ m/m% volt. A legnagyobb különbség a szélső értékeket tekintve a direktvetés esetében látható.

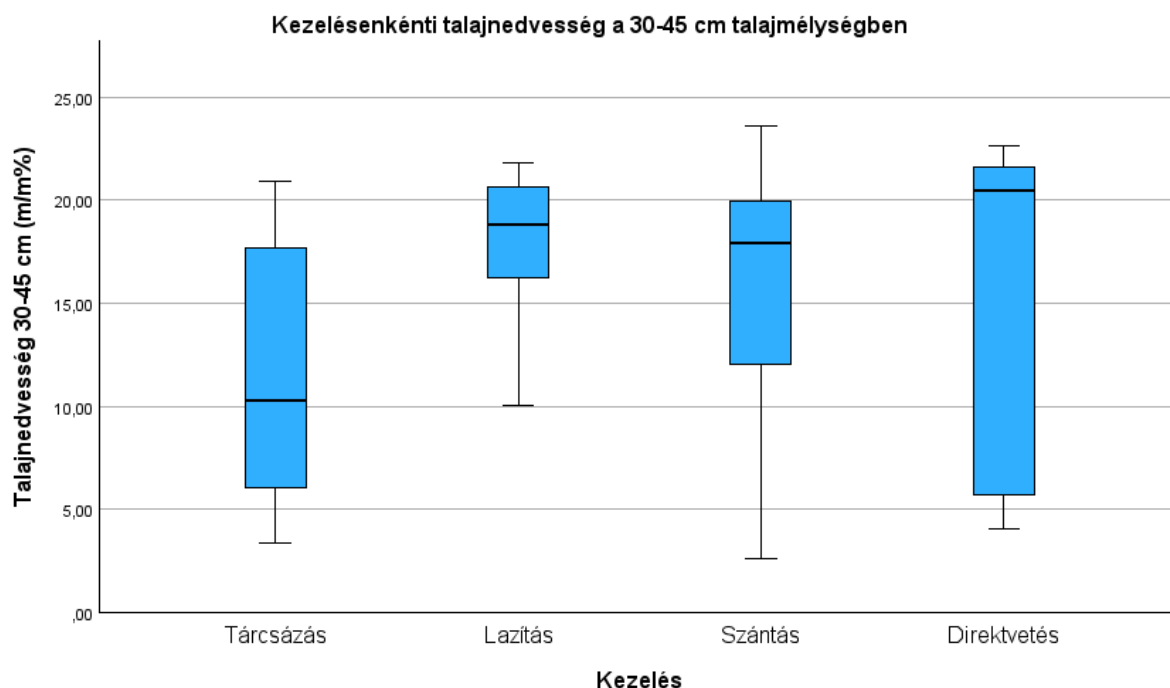
Ezt követi logikai sorrendben a 15-30 cm talajmélységben történő talajnedvesség mérés során kapott adatok elemzése (9. ábra).



9. ábra: Kezelésenkénti talajnedvesség a 15-30 cm talajmélységben

A statisztikai elemzésem elkészítése során arra a következtetésre jutottam, hogy ebben a talajmélységben sem volt tapasztalható szignifikáns különbség az eltérő kezelések között [$F(3, 78) = 0.976$, $p = 0.408$]. Az elkészített elemzés során a 15-30 cm talajmélységben az átlag és annak szórása $13,0688 \pm 5,44663$ m/m% volt. A legnagyobb értéket a szántás $14,4929 \pm 2,37307$ m/m% esetében mutatták az adatok, majd ezt követi a direktvetés $13,0688 \pm 5,44663$ m/m% és a lazítás $12,2437 \pm 6,08077$ m/m%, majd pedig legvégül a tárcsázás $12,0022 \pm 5,71923$ m/m% értéke. A szélső értékek a tárcsázás esetében voltak a legnagyobbak.

A talajellenálláshoz kapcsolódóan a 30-45 cm talajmélységben végeztem az utolsó méréseket (10.ábra).



10. ábra: Kezelésenkénti talajnedvesség a 30-45 cm talajmélységben

Az elkészített adatelemzésből megállapítottam, hogy a különböző kezelések között szignifikáns különbség tapasztalható [$F(3, 61) = 2.822, p = 0.046$]. Az elvégzett elemzés során a 30-45 cm talajmélységben az átlag és annak szórása $15,1431 \pm 6,37358$ m/m% volt. Ebben a talajmélységben a legkisebb értéket a tárcsázás esetében kaptam, ami $11,7119 \pm 6,49540$ m/m%, majd ettől nagyobb értéket a szántás esetében $15,3267 \pm 6,18050$ m/m% és a direktvetés esetében kaptam, ami $15,6800 \pm 7,95783$ m/m% volt. A legnagyobb értéket a lazítás esetében kaptam, ami $17,9306 \pm 3,55482$ m/m% volt. A kapott eredmény háttérében az állhat, hogy a talajlazító késeinek munkamélysége 40-45 cm rétegben dolgoznak, szemben a többi eljárással, ahol ebben a mélységben már nem történt talajbolygatás.

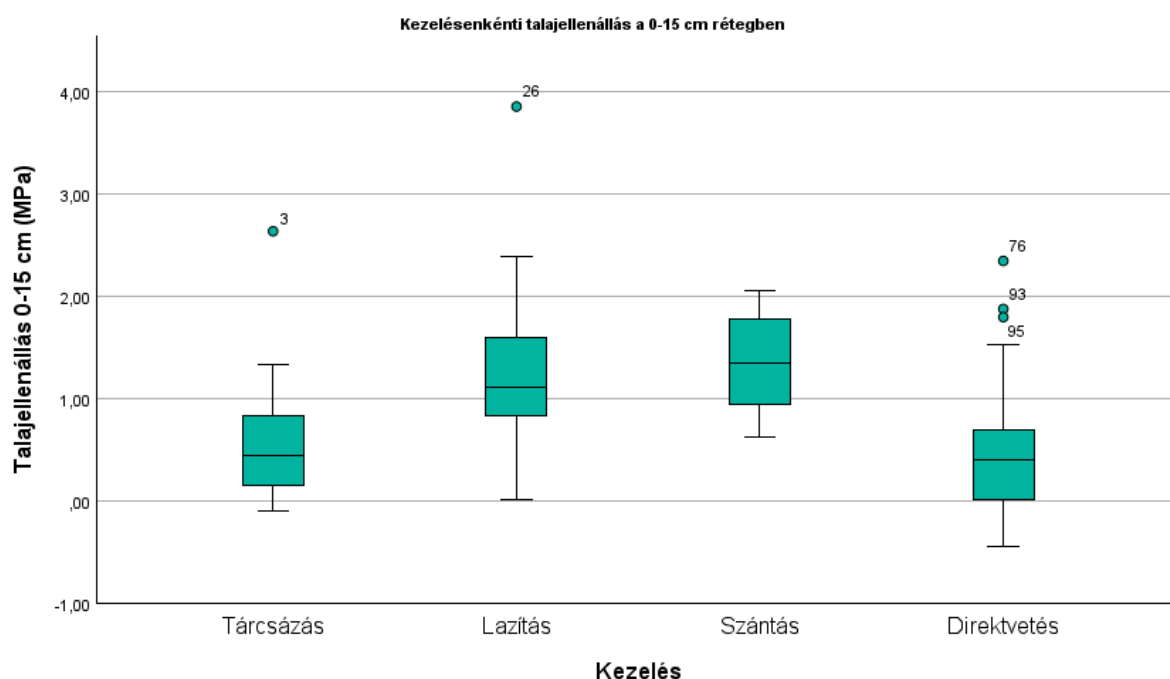
A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei a mátrixtáblázatban (1. táblázat) láthatóak. Ez alapján elmondható, hogy a 30-45 cm-es talajmélységben a nedvesség értékei szignifikáns különbséget mutattak a tárcsázás és a lazítás kezeléseknél, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

1. táblázat A különböző művelési eljárások hatása a talaj nedvességtartalmára Tukey post-hoc összehasonlítással a 30-45 cm talajmélységben

Talajnedvesség 30-45 cm	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás		-6,21875*	-3,61479	-3,96812
Lazítás	6,21875*		2,60396	2,25063
Szántás	3,61479	-2,60396		-0,35333
Direktvetés	3,96812	-2,25063	0,35333	

4.2. Talajellenállás vizsgálat

A talaj felső 45 centiméterét vizsgáltam a négy különböző művelés talajellenállásra gyakorolt hatását tekintve három különböző tartományban, amelyek a következők voltak: 0-15 cm, 15-30 cm és 30-45 cm. Vizsgálatom arra irányult, hogy az egyes kezelések milyen mértékben befolyásolják a talajellenállást a különböző talajszinteken (11. ábra).



11. ábra Kezelésenkénti talajellenállás a 0-15 cm rétegben

Statisztikai elemzésem során arra a megállapításra jutottam, hogy a talajellenállás 0-15 cm rétegében a kezelések között szignifikáns különbség van [$F(3, 92) = 11.038$, $p = <0.001$]. A 0-

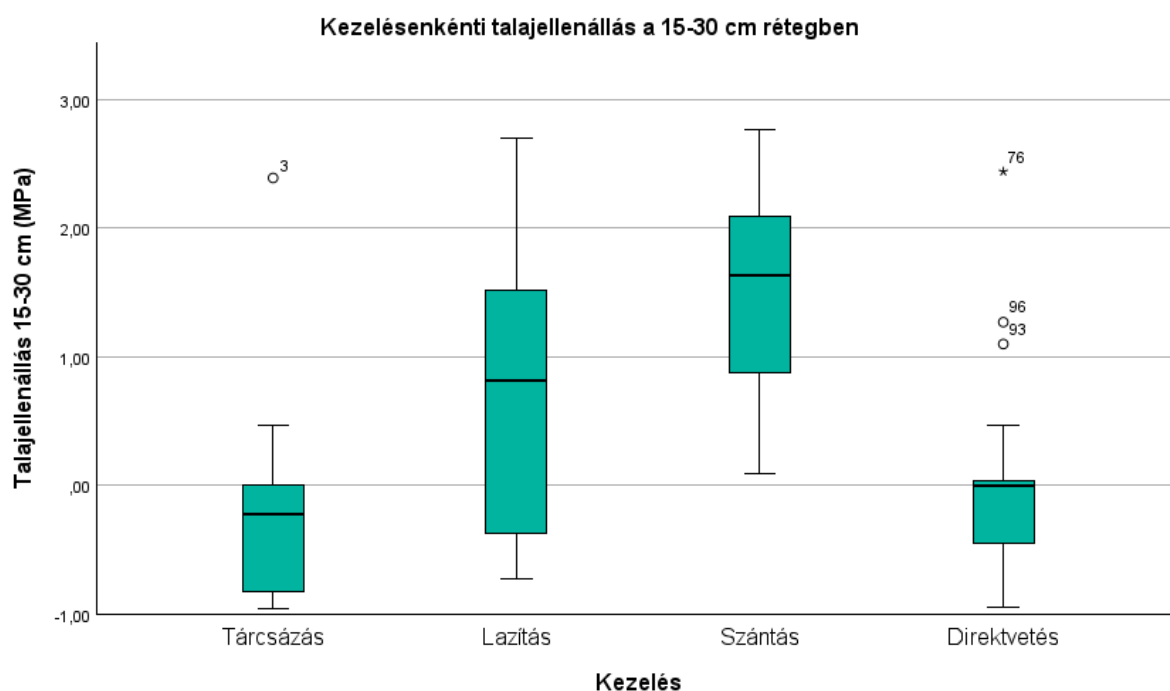
15 cm rétegben az átlagos talajellenállás és szórás $0,9277 \pm 0,74745$ MPa volt. A legalacsonyabb talajellenállás értéket a direktvetésnél $0,5208 \pm 0,74701$ MPa, ezt követően a tárcsázásnál $0,5725 \pm 0,57948$ MPa, majd a lazításnál $1,2688 \pm 0,76377$ MPa és a legmagasabb értéket a szántásnál mértem, ami $1,3488 \pm 0,46872$ MPa. A legkisebb különbség az ismétléseknél a maximum és a minimum értékek között a szántás esetében volt, a legnagyobb pedig a lazításnál, ahogy ezt az ábrán láthatjuk. A szélsőértékek közötti különbség a lazítás esetében volt a legnagyobb.

A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei a mátrixtáblázatban (2. táblázat) láthatóak. Ez alapján elmondható, hogy a 0-15 cm-es talajmélységben a talajellenállás értékei szignifikáns különbséget mutattak a tárcsázás és a lazítás, a tárcsázás és a szántás, valamint a szántás és a direktvetés kezelésekben, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

2. táblázat Az eltérő művelések közötti talajellenállás különbség összehasonlítása 0-15 cm-es rétegben Tukey post-hoc módszerrel

Talajellenállás 0-15 cm	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás		-0,69625*	-0,77625*	0,05167
Lazítás	0,69625*		-0,08	0,74792
Szántás	0,77625*	0,08		0,82792*
Direktvetés	-0,05167	-0,74792	-0,82792*	

A talajellenállás-mérés értékeinek csoportos ábrázolása a 15-30 cm-es rétegben (12. ábra).



12. ábra Kezelésenkénti talajellenállás a 15-30 cm rétegben

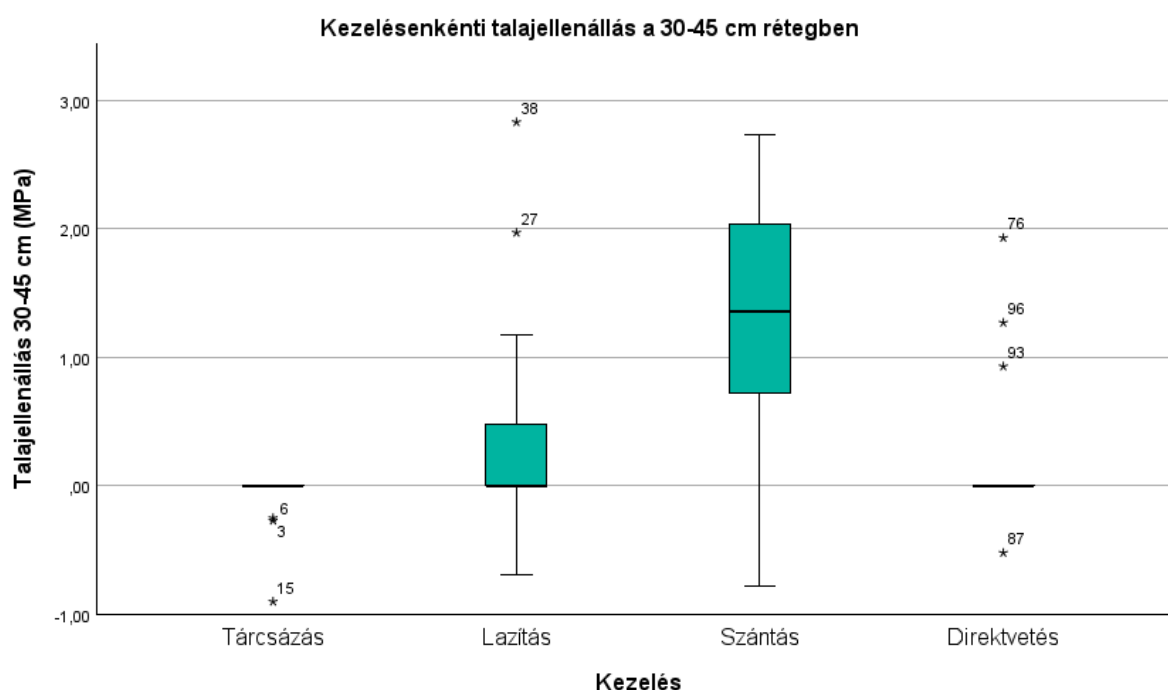
A 15-30 cm rétegben végzett mérések statisztikai elemzése során arra jutottam, hogy szignifikáns különbség van a kezelések között. [$F(3, 92) = 14.654$, $p = <0.001$]. Ebben a vizsgált rétegben az átlagos talajellenállás és szórás $0,4914 \pm 1,05420$ MPa volt. Jelen esetben a legkisebb érték a tárcsázásnál volt $-0,2329 \pm 0,69539$ MPa ezt követte a direktvetés $0,0083 \pm 0,75973$ MPa, a lazítás $0,6796 \pm 1,06224$ MPa és a legnagyobb érték a szántás esetében, ami $1,5104 \pm 0,69982$ MPa volt. A szélsőértékek közötti különbség a lazítás esetében volt a legnagyobb, ahogyan ez az ábrán is látható.

A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei a mátrixtáblázatban (3. táblázat) láthatóak. Ez alapján elmondható, hogy a 15-30 cm-es talajmélységben a talajellenállás értékei szignifikáns különbséget mutattak a tárcsázás és lazítás, a tárcsázás és szántás, a lazítás és szántás, valamint a lazítás és direktvetés kezelésekben, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

3. táblázat Az eltérő művelések közötti talajellenállás különbség összehasonlítása 15-30 cm-es rétegben Tukey post-hoc módszerrel

Talajellenállás 15-30 cm	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás		-0,9125*	-1,74333*	-0,24125
Lazítás	0,9125*		-0,83083*	0,67125*
Szántás	1,74333*	0,83083*		1,50208*
Direktvetés	0,24125	-0,67125*	-1,50208*	

A talajellenállás-mérés értékeinek csoportos ábrázolása a 30-45 cm-es mélységben (13. ábra).



13. ábra Kezelésenkénti talajellenállás a 30-45 cm rétegben

A statisztikai elemzésem során arra a megállapításra jutottam, hogy szignifikáns különbség van a kezelések között [$F(3, 92) = 16.855$, $p = <0.001$]. Ebben a vizsgálat alá vetett rétegben az átlagos talajellenállás és szórás $0,4033 \pm 0,83881$ MPa volt. A legkisebb értéket a tárcsázás adta $-0,0592 \pm 0,19352$ MPa amit a direktvetés $0,1504 \pm 0,50777$ MPa, majd a lazítás $0,2846 \pm 0,78242$ MPa követ. A legnagyobb értéket a szántás adta, ami $1,2375 \pm 0,98384$ MPa. A szélsőértékek közötti különbséget vizsgálva láthatjuk, hogy a szántás esetében volt a legnagyobb, ami az ábrán is jól látható.

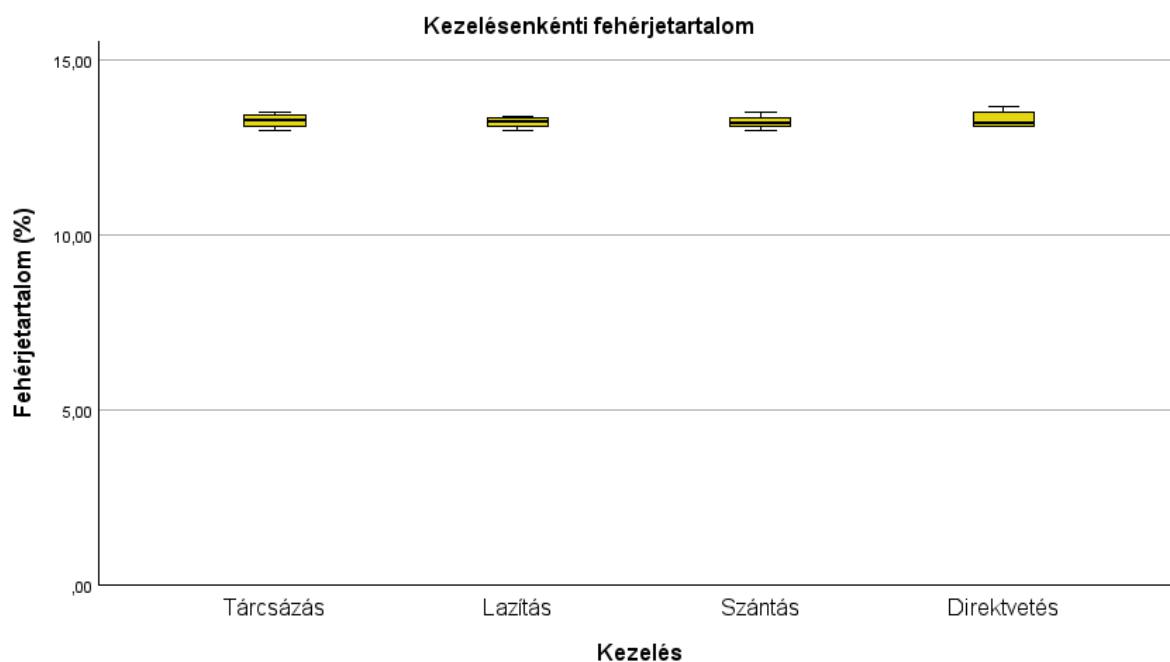
A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei a mátrixtáblázatban (4. táblázat) láthatóak. Ez alapján elmondható, hogy a 30-45 cm-es talajmélységben a talajellenállás értékei szignifikáns különbséget mutattak a tárcsázás és szántás, a lazítás és szántás, valamint a szántás és direktvetés kezelésekben, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

4. táblázat Az eltérő művelések közötti talajellenállás különbség összehasonlítása 30-45 cm-es rétegben Tukey post-hoc módszerrel

Talajellenállás 30-45 cm	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás		-0,34375	-1,29667*	-0,20958
Lazítás	0,34375		-0,95292*	0,13417
Szántás	1,29667*	0,95292*		1,08708*
Direktvetés	0,20958	-0,13417	-1,08708*	

4.3 Fehérjetartalom-vizsgálat

A következő vizsgált paraméter a kezelésenkénti fehérjetartalom (14. ábra), amelyet az Anyag és módszer fejezetben leírtak szerint NIR-500 laboratóriumi elemzőkészülékkel végeztünk.



14. ábra: Kezelésenkénti fehérjetartalom-értékek a szemes cirok mintákban

Az elkészített statisztikai elemzésből kijelenthetem, hogy az eltérő kezelések között nem látható szignifikáns különbség [$F(3, 12) = 0.112$, $p = 0.951$]. Az elvégzett mérések során a fehérjetartalom átlaga és annak szórása $13,2563 \pm 0,20320$ %. A kapott adatok alapján megállapítható, hogy a direktvetés esetében legnagyobb a fehérjetartalom $13,3000 \pm 0,28284$ %, ettől nem sokkal kisebb értéket mutatott a tárcsázás $13,2750 \pm 0,22174$ % és végső helyen pedig a lazítás $13,2250 \pm 0,17078$ % és szántás $13,2250 \pm 0,20616$ % végzett közel azonos eredménnyel.

4.4 Ökonómiai elemzés

Napjainkban a megnövekedett energia, alkatrész és eszköz árak miatt, nagy figyelmet kell fordítani a gazdálkodás ökonómiai oldalára is. Lehetőségeinkhez mérten arra kell törekednünk, hogy minél kevesebb menetszámmal végezzük el az egyes műveleteket, ezzel pénzt, időt és energiát spórolva, továbbá a talajélet szempontjából minél kevesebb taposást eszközölve.

A különböző alpművelések elvégzése eltérő költségekkel jár. Az esetek többségében, az elvégzett művelés mélységének növekedésével nő a művelet költsége. A kísérlet elvégzése során használt John Deere 6110 típusú traktornál közép kötött talajon 50 cm mélyen elvégzett lazítás során 30 liter/ha üzemanyag költséggel számolhatunk, ezzel szemben hasonló adottságú talajon 35 cm mélyen történő szántásnál 40 liter/ha a fogyasztás. Az 1 hektárra vetített üzemanyag felhasználást tekintve a lazításos módszer alkalmazásával hektáronként 10 liter üzemanyag megtakarítást érhetünk el, amely a mai üzemanyagárakra átszámolva jelentős összeg lehet. Az előzőekkel megegyező paraméterek esetében a tárcsázás során csupán 10 liter/ha a felhasznált üzemanyag-fogyasztás, azonban az így megmunkált mélység jelentősen kisebb, mint az előző két esetben. A művelet elvégzéséhez felhasznált idő a szántás esetében 1,5 óra/ha, ezzel szemben a lazításnál csak 1 óra/ha. A direktvetés során 20 literrel kevesebb az üzemanyag felhasználás, mint a szántás során, azonban az átlagos teljesítménye 1 óra alatt 0,5 ha.

Összegezve tehát, a lazítás alkalmazásával jelentős üzemanyag-megtakarítás és az egységnyi időigény figyelembevételével jelentős munkavállalói bér is megtakarítható.

5. Következtetések és javaslatok

Az elsődleges vizsgálataim alapján megállapítható, hogy a mérések során rögzített adatokból jól kimutatható az a tendencia, miszerint a talajban lefelé haladva folyamatosan nő a talajellenállás mértéke, ebben azonban sok tényező játszik szerepet. Az első és legfontosabb megállapítás az, hogy az elvégzett alpművelési mód mélysége két esetben (a tárcsázás és a direktvetés során) nem érte el a 30-45 cm-es talajréteget, ebből kifolyólag ez a talajréteg nem tud kellően lazult lenni. A második pedig az erőgép talajra gyakorolt tömörítő hatása. A kísérlet során elvégzett alpműveléseket ugyanaz a traktor végezte el, azonban a munkaeszközök kialakítása miatt nem kerültek átdolgozásra a mélyebb rétegek, ebből kifolyólag ezeken a részeken történnetett tömörebb mérés a direktvetés és a tárcsázás esetében. Ezt a következtetés SZALAI et al. (1995) kutatása is alátámasztja, akik szintén a direktvetésben mérték a legmagasabb talajellenállást.

A talaj nedvességtartalmát tekintve a 0-15 és a 15-30 cm-es mélységben a szántás bizonyult a legkedvezőbbnek, ez pedig annak köszönhető, hogy a forgatás következtében kellően lazult állapot tudott kialakulni az egész parcellán. A 30-45 cm mélységben azért kaptunk kedvezőbb eredményeket a lazítás esetében, mert az ekével történő talajművelésnek mélységi korlátai vannak, ezt a következtetésünket BIRKÁS (2006) is megerősíti.

Összevetve a kapott adatokat a lazítás és a szántás alpművelési mód során felhasznált üzemanyag-mennyiségét, a munkaidőt és a környezetre gyakorolt hatást, akkor arra a következtetésre jutunk, hogy a leggazdaságosabb és hosszútávon fenntartható talajművelési mód a lazításos eljárás. Erről (BIRKÁS és GYURICZA, 2004) is beszámolnak kísérletükben.

A szántóföldi felvételezés során a másodlagosan elvégzett gyomborítottságot tekintve a mérések elvégzése közben azt tapasztaltam, hogy a szántás gyomkorlátozónak tekinthető, ezzel szemben a forgatás nélküli módok gyomnevelőnek nevezhetőek (BIRKÁS, 2017).

A megállapításokat összegezve kijelenthetjük, hogy a szántás és a lazítás során a talaj tömörödöttségére vonatkozó vizsgálatok jóval kedvezőbb eredményeket mutattak, szemben a másik két alpművelési móddal (BIRKÁS et al., 2007).

Fontosnak tartom azonban megjegyezni, hogy egy tenyészidő tapasztalataiból hosszútávú következtetéseket nem célszerű levonni, ezen okból kifolyólag a téma a kutatás folytatását igényli annak érdekében, hogy valós képet kapjunk arról, melyik alpművelési mód a legkedvezőbb a cirok termesztése szempontjából homokos agyag talajon.

6. Összefoglalás

‘Különböző alpművelési eljárások hatása a szemes cirok (*Sorghum bicolor* L.) termesztésére és beltartalmára’ című szakdolgozatomban kutatásom célja annak vizsgálata volt, hogy a globális klímaváltozás hatására az eddig megszokott kultúrák termesztését hogyan kell átgondolnunk annak érdekében, hogy a megváltozott időjárási körülményekhez alkalmazkodó, más éghajlaton már régóta termesztett növényeket hogyan lehet termesztésbe vonni hazánkban. Vizsgálatom során arra kerestem a választ, hogy a vizsgált területen a talajművelési eljárások közül - szántás, lazítás, tárcsázás és direktvetés - melyik a legkedvezőbb a szemes cirok termesztése céljából a Gödöllői-dombságban elhelyezkedő kísérleti területen. A tervezett kísérletekkel arra kerestem a választ, hogyan lehetne optimalizálni a talajművelést annak érdekében, hogy a talaj állapota, vízgazdálkodása a lehető legjobb értéket elérje, mely összefüggésben van a várható termésmennyiséggel. A megfelelő talajművelési mód kiválasztása ugyanis fontos szerepet játszik a termésmennyiség és termés biztonságának növelésében. A talajfizikai paraméterek meghatározására talajellenállás és talajnedvesség méréseket végeztem. A vizsgálatok ezen felül kiterjedtek a szemes cirok beltartalmára is.

Dolgozatom elkészítése során egyaránt felhasználtam hazai és nemzetközi szakirodalmakat, amelyek szerint az általam vizsgált talajművelési módszerek jelentősen képesek befolyásolni a talaj fizikai és biológiai folyamatait. Kísérletemben a szántásos és a lazításos alpművelési eljárás egyaránt sikeresnek bizonyult, igaz, néhol megfigyelhetőek jelentős eltérések. A kísérlet során szerzett tapasztalatom és az adataim alapján a tárcsázást, mint alpművelési módot rendkívül kockázatosnak tartom, alkalmazását alpművelésként nem ajánlom.

A kapott eredmények kiértékelése alapján az előzetes feltételezéseim beigazolódtak, habár a szántásos alpművelés néhol kedvezőbb eredményeket hozott, azonban a nagy mennyiségű energiafelhasználása miatt a lazítás alkalmazása ökonómiai és környezetvédelmi, valamint fenntarthatósági szempontból is kedvezőbb.

Kutatásom eredményei alapján arra a megállapításra jutottam, hogy a közeljövőben még nagyobb ütemben változó hazai időjárási körülmények miatt a mezőgazdaságnak is folyamatosan alkalmazkodnia kell. A rendelkezésre álló időjárási modellek felhasználásával, figyelemmel azok tendenciáira, folyamatosan biztosítani kell új és újabb alkalmazkodó fajok termesztésbe vonását. A jövőben ezért megfontolandó az alternatív növények szélesebb körben való termesztése hazánkban. Nem mellesleg az egyre nagyobb mértékben növekvő

energia árak mellett törekedni kell arra, hogy csökkentsük a menetszámot, illetve a felhasznált üzemanyag mennyiségét. Ezen költségek csökkentésével növelhető az ágazat jövedelmezősége, illetve csökkenthető a környezetre gyakorolt kedvezőtlen hatás is. Továbbá, az eddiginél jóval nagyobb figyelmet kell fordítani talajaink védelmére annak érdekében, hogy a jövő nemzedékei számára is biztosítva legyen a jó minőségű és megfelelő mennyiségű termőföld.

Kísérletem folytatásaként (annak érdekében, hogy az még hitelesebb legyen) az ország több pontján, különböző típusú talajokon is tervezem elvégezni, ezzel folytatni a kísérletet annak érdekében, hogy az eltérő környezeti körülmények és különböző talajtani adottságok mellett mely művelési mód lehet a legjövedelmezőbb és hosszútávon fenntarthatóbb.

7. Irodalomjegyzék

- Afzal, I., Javed, T., Amirkhani, M., Taylor, A. G. (2020): Modern seed technology: Seed coating delivery systems for enhancing seed and crop performance. *Agriculture*, 10(11), 526.
- Berényi, B., Szabó, L., (2001): Növénytermesztés trópusokon-szubtrópusokon, Szaktudás Kiadó Ház, Budapest, pp. 15-66.
- Berényi, J. (2013): Növénytermesztés a fenntartható tanyai gazdálkodási modell szolgálatában. Tudományos publikáció, Mezőgazdasági Kutatóintézet, Újvidék. pp. 263.
- Birkás, M., Gyuricza, CS., (2004): A taéajhasználat és a klimatikus hatások kapcsolata. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft, Budapest. pp.10-46.
- Birkás, M., (2006): Földművelés és földhasználat. Talajművelés, Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 80-182.
- Birkás, M., Bencsik, K., Stingli, A., (2007): A taljminőség jelentősége a klímaváltozásokkal összefüggésben, *Acta Agronomica Óváriensis* 49(2), pp. 1-6.
- Birkás, M. (2010): Talajművelők zsebkönyve. Mezőgazda Kiadó, Budapest. p. 224.
- Birkás, M. (2017.) Talajművelési ABC. Mezőgazda Kiadó. Budapest. pp. 182.
- Birkás, M. (2019): Földművelés és földhasználat. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 140-148.
- Bónis, P., Árendás, T., Szőke, Cs., Micske, Gy., Darkó, É., Márton L, Cs. (2014): Csapadékos évjárat fitotoxicitás tapasztalatai kukorica gyomirtó szer érzékenységi kísérletben. *Agrártudományi Közlemények*, 62. pp. 92-96.
- Borsos, J., Pusztai, P., Radics, L., Szemán, L., Tomposné L. V., (1994): Szántóföldi növénytermesztés, Nagyváthy János Gazdaképző Egyesület. Budapest. pp. 19-105.
- Bozóki, B., Szabó, B.K., Körösi, K. (2022): Szemes- és silócirkon megjelenő mikotoxin-termelő gombák, valamint egyes *Fusarium* fajok patogenitásának vizsgálata. In: Pepó, P. (szerk.) *Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban*. EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008: Hallgatói tudományos publikációk gyűjteménye. Debreceni Egyetem, pp. 25-34.
- Bruce, B., Ralph, D. W., (1992): Sorghum Seed Color as an Indicator of Tannin Content, *Journal of Applied Poultry Research*, 1(1), pp. 117-121.
- Csajbók, J., Kutasy, E., Hunyadi Borbély, É., Futó, Z., Jakab, P., (2005): A tápanyagellátás és az asszimiláció közötti összefüggések kukoricánál, Debreceni Egyetem, pp 25-42.

- Ciampitti, A. I., Lemaire, G., (2022): From use efficiency to effective use of nitrogen: A dilemma for maize breeding improvement, *Science of The Total Environment*, 826, pp. 1-6.
- Chrappán, Gy., Bene, S. (2006): A cirokfélék védelme. *Növényvédelem*, 42(3), pp.141-151.
- Chrappán, Gy., Fazekas, M., Lazányi, J., Siklósiné, Rajki, E. (1997): Amit a cirok- és madáreleség-félékről tudni kell. *Agroinform Kiadó és Nyomda Kft., Budapest*. pp. 9-17.
- Dar, R.A., Dar, E.A., Kaur, A., Phutela, U.G. (2018): Sweet sorghum - a promising alternative feedstock for biofuel production. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 82, pp. 4070-4090.
- Demény K., (2007): A Gödöllői-dombság általános bemutatása. *Tájökológiai Lapok*, 5(2), pp. 213-223.
- Dykes, L., Rooney, L. W., Rooney, W. L., (2013): Evaluation of phenolics and antioxidant activity of black sorghum hybrids. *Journal of Cereal Science*, 58(2), pp. 278-283.
- Faleiros, G. D., Santos, D. F. L., Corá, J. E. (2018): Analysis of profitability of conservation tillage for a soybean monoculture associated with corn as an off-season crop. *Cogent Food & Agriculture*, 4(1), 1429699.
- Fernandes, M. H. M., Flavio da Silva, M., Ferraudo, S. A., Fernandes, C., (2023): Soil structure under tillage systems with and without cultivation in the off season. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 342, pp. 1-7.
- Fernández, R. O., Fernández, P. G., Cervera, J. G., Torres, F. P. (2007): Soil properties and crop yields after 21 years of direct drilling trials in southern Spain. *Soil and Tillage Research*, 94(1), pp. 47-54.
- Gilbert, Pierre-A., Vanasse, A., Angers, A. D., (2009): Harrowing for weed control: Impacts on mineral nitrogen dynamics, soil aggregation and wheat production, *Soil and Tillage Research*, 103(2), pp. 373-380.
- Ginting, S., Pujiwati, H., Susilo, E. (2023): Insect pests attack sorghum (*Sorghum bicolor* L.) in the coastal region of Bengkulu, Indonesia. *International Journal of Agricultural Technology*, 19(4), pp. 1525-1540.
- Glab, L., sowinski, J., Bough, R., Dayan, F., (2017): Allelopathic Potential of Sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) in Weed Control: A Comprehensive Review, *Advances Agronomy*, pp. 1-59.
- Gyuricza Cs. (2002): Szántóföldi talajhasználati praktikum, Egyetemi tankönyv, AKAPRINT, Budapest, pp. 45-120.

- Gyuricza Cs., (2014): A talaj- és környezetminőség javítása és fenntartása növénytermesztési módszerekkel, MTA doktori értekezés, Szent István Egyetem, Gödöllő, pp. 127-132
- Harangozó, K., (1988): Az egynyári szálas és tömegtakarmányok termesztése és hasznosítása, Mezőgazdasági Kiadó, Budapest, pp. 38-175.
- Hartmann, C., Poss, R., Noble, D. A., Jongskul, A., Bourdon, E., Brunet, D., Lesturgez, G., (2008): Subsoil improvement in a tropical coarse textured soil: Effect of deep-ribbing and slotting, *Soil and Tillage Research*, 99(2), pp. 245-253.
- Hossain, S. Md., Islam, N. Md., Rahman, M. Md., Mostofa, G. M., Khan, R. A. Md., (2022): Sorghum: A prospective crop for climatic vulnerability, food and nutritional security, *Journal of Agriculture and Food Research* 8, pp. 1-9 .
- Huang, K., Li, Y., Zhang, D., Zhao, Y., Wang, Y., Liu, Q., Dong, E., Wang, J., Jiao, X., (2024): Long-term organic fertilization combined with deep ploughing enhances carbon sequestration in a rainfed sorghum-maize rotation system. *Geoderma*, 442, pp. 1-11.
- Iqbal, M. A., Iqbal, A., Ali, K., Ali, H., Khan, R. D., Ahmad, B., Faisal, N., Raza, A. (2015): Integration of forage sorghum and by-products of sugarcane and sugar beet industries for ruminant nutrition: A Review. *Global Veterinaria*, 14(5), pp. 752-760.
- Izsáki, Z., Németh, T., (2016): A silócirok (*Sorghum bicolor* L. Moench) szárazanyag-felhalmozása és tápelem-felvétele, *Agrokémia és Talajtan* 65, pp. 47-62.
- Jevcsák, Sz., Sipos P., (2016): A cirok és a köles – mint alternatív gabonafélék – táplálkozás-élettani hatásai. *Agrártudományi Közlemények*, 69. Debreceni Egyetem, Debrecen. p. 93.
- Józsa, L. (1976): A takarmánycirkok termesztése és felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó. Budapest. pp. 25-69.
- Karim, A., Rooney, L. W., (1972): Pentosanas in sorghum grain. *Journal of Food Science*, pp. 365-368.
- Kaufman, C. R., Herald, T., Bean, R. S., Wilson, Jeff., (2013): Variability in tannin content, chemistry and activity in a diverse group of tannin containing sorghum cultivars, *Journal of The Science of Food and Agriculture*, pp. 2-4.
- Késmárki, I. (2005): Silócirok. In: Antal J. (szerk.) *Növénytermesztéstan 2. Gyökér - gumós növények, olaj- és ipari növények, takarmánynövények*. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 553-558.
- Kovács G. P. (2014): Cukorcirok termesztéstechnológia kidolgozása alternatív energetikai célokra. Doktori értekezés, Gödöllő. Szent István Egyetem. pp. 17-22.

- Kovács, G.P., Simon, B., Balla, I., Bozóki, B., Dekemati, I., Gyuricza, Cs., Percze, A., Birkás, M. (2023): Conservation Tillage Improves Soil Quality and Crop Yield in Hungary. *Agronomy*, 13(3), 894.
- Kristamtini., Widodo, S., Purwaningsih, H., Pustika, Budi, A., Widyayanti, S., Muazam, A., Hanifa, Putri, A., Triastono, J., Sahara, D., Rahayu, Sulistyawati, P. H., Laksono, P., Fahmi, Arina, D., Sutardi., Pramono, J., Yusuf, R., (2024): Sorghum Productivity and Its Farming Feasibility in Dryland Agriculture: Genotypic and Planting Distance Insights, *Phyton. International Journal of Experimental Botany*, 93(5), pp. 1007-1021.
- Genotypic and Planting Distance Insights, *Phyton. International Journal of Experimental Botany*, 93(5), pp. 1007-1021.
- Láng, G. (1966): Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 388-390.
- Leoni, F., Lazzaro, M., Carlesi, S., Moonen, A.C., (2024): Screening suitable legumes for living mulches to support nitrogen dynamics and weed control in a durum wheat-forage sorghum crop sequence, *Field Crops Research*, 307, pp. 1-15.
- Lin, J., Chen, L., Zhang, C., Ma, D., Zhou, G., Ning, Q., Zhang, J., (2024): Combining rotary and deep tillage increases crop yields by improving the soil physical structure and accumulating organic carbon of subsoil, *Soil and Tillage Research*, 244.
- Lindsey, R., Dahlman, L., (2024): Climate Change: Global Temperature. Online Workpaper, pp. 1-4.
- Listauskas, J., Jankauskas, V., Zunda, A., Katinas, E., Gargasas, J., (2024): Estimation and modelling the wear resistance of plough points and knife coulters by discrete element method, *Wear*, 556-557, pp. 1-15.
- Lyons, E. S., Ketterings, M. Q., Godwin, S. G., Cherney, J. D., Cherney, H. J., Van Amburgh, E. M., Meisinger, J. J., Kilcer, F. T., (2019): Optimal harvest timing for brown midrib forage sorghum yield, nutritive value, and ration performance, *Journal of Dairy Science*, 102(8), pp. 7134-7149.
- Mamo. T., A. K., Singh., A. A. Mahama. (2023): Plant Breeding E-larning in Africa, 12, Sorghum Breeding. In: Suza, W.P., Lamkey, K.R. (eds.) Crop Improvement. Iowa State University Digital Press. Ames.
- Marosi, S., Somogyi, S., (1990): Magyarország kistájainak katasztere I.-II. MTA Földrajztudományi Kutató Intézet, Budapest, pp. 230-450.

- McCuisition, C. K., Selle, H. P., Liu, Yun, S., Goodband, D. R., (2019): Sorghum and Millets (Second Edition) 12, Sorghum as a Feed Grain for Animal Production, Woodhead Publishing and AACC International Press, Cambridge. pp. 355-391.
- McKevith, B. (2004): Nutritional aspects of cereals. Briefing Paper. British Nutrition Foundation, London, United Kingdom. pp. 116–117.
- McLaughlin, B. N., Drury, F. C., Reynolds, D. W., Yang, X., Burt, D. S., (2024): Effects of long-term monocropping, rotation cropping, and fertilization on energy and fuel requirements for fall moldboard plowing in a clay-loam soil, Soil and Tillage Research, 237, pp. 1-10.
- Mullet, J., Morishige, D., McCormick, R., Truong, S., Hilley, J., McKinley, B., Anderson, R., Olson, N. S., Rooney, W., (2014): Energy Sorghum- a genetic model for the design of C4 grass bioenergy crops, Journal of Experimental Botany, 65(13), pp. 3479-3489
- Myers, R.J.K., Foale, M.A., (1981): Row spacing and population density in grain sorghum – A simple analysis, Field Crops Research, 4, pp. 147-154.
- Patil, S.L., (2013): Winter sorghum (*Sorghum bicolor*) productivity as influenced by tillage practices and nitrogen management in Vertisols of SAT, India. Soil and Tillage Research, 126, pp. 183-192.
- Pepó, P., Sárvári, M. (2011): Gabonanövények termesztése. Az Agrármérnök MSc szak tananyagfejlesztése. Debreceni Egyetem, Debrecen, p. 101.
- Pepó, P., (2019): -Alternatív növények, Mezőgazda Lap- és Kiadó, Budapest, pp. 52-231.
- Pontieri, P., Giudice, D. L., (2016): Sorghum: A Novel and Healthy Food, Encyclopedia of Food and Health, pp. 33-42.
- Rajki, E., Palágyi, A., (2017): Szemescirok termesztési technológia, Kiadvány, Gabonakutató, Szeged. pp. 1-2.
- Ramírez-Jaramillo, G., Lozano-Contreras, G. M., Ramírez-Silva H. J., (2020): Agroclimatic Conditions for Growing Sorghum bicolor L. Moench under Irrigation Conditions in Mexico. Open Access Library Journal, 7(6423), pp. 1-14.
- Raphael, P., Kakker, A., Jana, K., Francos, T., Vincent, V., (2024): The genotypic variation in the positive response of sorghum to higher sowing density is linked to an increase in water use efficiency, European Journal of Agronomy, 158, pp. 1-8.
- Ratnavathi, C.V., Chavan, U.D., (2016): Chapter 5 – Sorghum Syrup and Other by Products, Sorghum Biochemistry, pp. 253-310

- Ronda, V., Aruna, C., Visarada, K.B.R.S., Bhat, V. B., (2019): Chapter 14 – Sorghum for Animal Feed, Breeding Sorghum for Diverse End Uses, Woodhead Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, pp. 229-238
- Sadaf, N., Tuhanioglu, A., Hettiarachchy, N., Ubeyitogullari, A., (2024): Effect of a novel drying method based on supercritical carbon dioxide on the physicochemical properties of sorghum proteins, RSC Advances, 14(9), pp. 5851-5862.
- Sárközy, P. (1994): Biogazda 2. Szántóföldi és kertészeti növénytermesztés, Biokultúra Egyesület Kiadó, Budapest. pp. 7
- Sárvári M. (2011): Egyéb alternatív gabonanövények termesztése. Az Agrármérnök MSc szak tananyagfejlesztése. Debreceni Egyetem, Debrecen. pp. 52-65.
- Sauer, A.M., Loftus, S., Schneider, E.M., Sudhabindu, K., Hajjarpoor, A., Sivasakthi, K., Kholová, J., Dippold, M.A., Ahmed, M.A. (2024): Sorghum landraces perform better than a commonly used cultivar under terminal drought, especially on sandy soil, Plant Stress, 13, pp. 1-13.
- Schober, T. J. Bean, S. R., (2008): Gluten-Free Cereal Products and Beverages 5. Sorghum and maize, Academic Press, Cambridge. pp. 101-118.
- Seveluha, V. Sz. (1985): A mezőgazdasági növények növekedésének szakaszossága és a szabályozás lehetőségei. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. pp. 117-119.
- Siklósiné, R. E., Harmati, I., (2001): Silócirok, Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest, pp. 301-314.
- Stefanovits P., (1956): Magyarország talajai, Akadémiai Kiadó, Budapest, pp. 45-232.
- Stefanovits P., (1999): Főtípusok, típusok és altípusok. In: Stefanovits, P., Filep, Gy., Fülek, Gy. (szerk.) Talajtan. Mezőgazda Kiadó, Budapest. pp. 222-227.
- Szabó, L., (1983): Melegövi növénytermesztéstan ismeretek 2., Egyetemi Jegyzet, Gödöllő, pp. 59-67.
- Szalai, T., Nyárai, H. F., Holló, S., Birkás, M., (1995): Különböző növénytermesztési és talajművelési rendszerek hatása a talaj néhány kémiai és mechanikai jellemzőjére. Agrokémia és Talajtan 44(3-4.) pp. 374-380.
- Szilágyi, A., Radócz, L., (2024): Vegyszeres gyomirtás és termésszabályozás, Magánkiadás, Budapest, pp. 184-185.
- Taylor, J., Zhang, K., Wang, D., (2019): Sorghum and Millets (Second Edition) Book, 13, Industrial and Nonfood Applications, Woodhead Publishing and AACC International Press, South Africa. pp. 393-430.

- Tolk, J.A., Howell, T.A., Steiner, J.L., Evett, S.R., (1997): Grain sorghum growth, water use, and yield in contrasting soils. *Agricultural Water Management*, 35(1-2), pp. 29-42.
- Unger, W. P., Parker, J. J., (1976): Evaporation Reduction from Soil with Wheat, Sorghum, and Cotton Residues, *Soil Science Society of America Journal* 40(6), pp. 938-942
- Vida, S., (2021): A forgatásos és forgatás nélküli talajművelés hatása a gyomosodásra kukoricában, őszi búzában és borsóban. Diplomadolgozat, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Gödöllő, 53 p.
- Zhao D., Reddy, R.K., Kakani, G.V., Reddy, V.R. (2005): Nitrogen deficiency effects on plant growth, leaf photosynthesis, and hyperspectral reflectance properties of sorghum. *European Journal of Agronomy*, 22(4), pp. 391-403.

Internetes hivatkozások jegyzéke

- http1: FAO, 2024 - Az öt leggyakoribb szántóföldi növény vetésterületének alakulása világviszonylatban 2018. és 2021. között. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Megtekintés dátuma: 2023.10.19.)
- http2: FAO, 2024 - A cirok betakarított területének alakulása világviszonylatban 2019. és 2022. között (millió ha). (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Megtekintés dátuma: 2023. 10. 19.)
- http3: USDA, 2024 - A világ három legnagyobb szemes cirok termelője. (<https://fas.usda.gov/data/production/commodity/0459200>) (Megtekintés dátuma: 2024. 09. 30.)
- http4: FAO, 2024 - Betakarított szemes cirok termőterület nagysága (ezer ha) Magyarországon 2019. és 2021. között. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Megtekintés dátuma: 2023. 10. 25.)
- http5: FAO, 2024 – Hazánk és szomszédos országaink termésátlaga 2022-ben. (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL>) (Megtekintés dátuma: 2024. 09. 25.)
- http6: Meteoblue, 2024 - A csapadék mennyiségének változása Gödöllőn 2013. és 2023. között. (https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/historyclimate/climate_modelled/g%C3%B6d%C3%B6ll%C5%91_magyarorsz%C3%A1g_3052236) (Megtekintés dátuma: 2024. 06. 18.)
- http7: Meteoblue, 2024 - A hőmérséklet változása Gödöllőn 2013. és 2023. között. (<https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/historyclimate/climate>

[modelled/g%C3%B6d%C3%B6ll%C5%91_magyarorsz%C3%A1g_3052236](https://www.meteoblue.com/hu/climate-change/g%C3%B6d%C3%B6ll%C5%91_magyarorsz%C3%A1g_3052236))

(Megtekintés dátuma: 2024. 06. 14.)

http8: Meteoblue, 2024 – Évi átlaghőmérséklet változása az utolsó három évtizedben
Gödöllőn. ([https://www.meteoblue.com/hu/climate-](https://www.meteoblue.com/hu/climate-change/g%C3%B6d%C3%B6ll%C5%91_magyarorsz%C3%A1g_3052236)

[change/g%C3%B6d%C3%B6ll%C5%91_magyarorsz%C3%A1g_3052236](https://www.meteoblue.com/hu/climate-change/g%C3%B6d%C3%B6ll%C5%91_magyarorsz%C3%A1g_3052236)) (Megtekintés
dátuma: 2024. 06. 14.)

http9: Lidea-seeds, 2024 - Euralis Alize fajta leírása. ([https://api.lidea-](https://api.lidea-seeds.hu/uploads/2021/11/es_alize.pdf)
[seeds.hu/uploads/2021/11/es_alize.pdf](https://api.lidea-seeds.hu/uploads/2021/11/es_alize.pdf)) (Megtekintés dátuma: 2023. 11. 15.)

8. Köszönetnyilvánítás

Végezetül szeretnék köszönetet mondani konzulensemnek, Bozóki Boglárkának a szakdolgozatom elkészítése során nyújtott rengeteg segítségért, információért, jó tanácsért, hasznos ötletért, amellyel tovább bővíthettem tudásomat.

Köszönettel tartozom még családomnak, barátaimnak a tanulmányaim és a szakdolgozatom elkészítése során nyújtott támogatásukért, segítségükért és határtalan türelmükért.

9. Mellékletek

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve:	Karsai Bence
A Hallgató Neptun kódja:	BJ52I2
A dolgozat címe:	Különböző alpművelési eljárások hatása a szemes cirok (<i>Sorghum bicolor</i> L.) termesztésére és beltartalmára
A megjelenés éve:	2024.
A konzulens intézetének neve:	Növénytermesztési-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve:	Agronómia Tanszék

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

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumba. 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 MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumban.

Kelt: 2024. év október hó 28. nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

KARSAI DENCE (név) (hallgató Neptun azonosítója: B35212)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a
záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót¹ áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre
javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem³

Kelt: 2020.10.28 év 10 hó 28 nap

Rozsi Rozsika
belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendó.

³ A megfelelő aláhúzendó.