

SZAKDOLGOZAT

Juhász Attila

**Gödöllő,
2024.**



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem

Szent István Campus

Növénytermesztési-tudományok Intézet

Mezőgazdasági mérnök alapképzés szak

**Komplex talajművelési eljárások vizsgálata a szemescirok
(*Sorghum bicolor* L. Moench) termesztésben**

Belső konzulens: Bozóki Boglárka

Belső konzulens intézete: Növénytermesztési-
tudományok Intézet

Készítette: **Juhász Attila (DI4HAM)**

Gödöllő

2024.

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzés	4
2. Szakirodalmi áttekintés	6
2.1 A mezőgazdaság története	6
2.2 A szemescirok jellemzése.....	7
2.3.1 A cirok származása és fajtái	12
2.3.2 A cirok morfológiája és botanikája.....	14
2.3.3 A szemescirok termesztési technológiája	18
2.3.4 A cirok jelentősége és felhasználása.....	19
2.4 A talajművelésről.....	20
2.4.1 Szántás.....	22
2.4.2 Direktvetés	25
2.4.3 Talajlazítás.....	26
2.4.4 Tárcsás művelés	27
2.5 A talaj szén-dioxid kibocsátása	28
2.6 Az alpművelések értékelése az üzemanyagfogyasztás alapján.....	29
2.7 Szakirodalom értékelése	29
3. Anyag és módszertan	31
3.1 A kísérleti terület tulajdonságai	31
3.2 Talajminta vizsgálati eredmények	32
3.3 A kísérlet beállításai	33
3.4 A vizsgálatok és használt eszközök.....	34
3.4.1 Agronómiai szerkezet vizsgálata	34
3.4.2 Szén-dioxid kibocsátás mérése.....	35
3.5 Statisztikai elemzés.....	36
4. Eredmények.....	37
4.1 Agronómiai szerkezet	37
4.2 A szén-dioxid kibocsátás	42
5. Következtetések és javaslatok.....	44
6. Összefoglalás.....	46
7. Irodalomjegyzék.....	47
8. Köszönetnyilvánítás	54
9. Mellékletek.....	55

1 Bevezetés és célkitűzés

Manapság egyre égetőbb probléma az éghajlatváltozás, mivel a csapadékeloszlás megváltozik, egyes területeket eláraszt a sok csapadék máshol pedig a szárazság uralkodik. A világban mindenütt foglalkoznak a klímaváltozás káros hatásaival és a lehető legtöbb eszközt alkalmazzák, hogy lassítsák, esetleg visszafordítsák ezt a folyamatot. A szélsőséges időjárás és a magasabb hőmérséklet nagy károkat okoznak a természetben, az enyhébb telek pedig kedveznek a különböző károsítóknak, illetve felborítják az élőlények bioritmusát. Mindezek a mezőgazdaságra vannak a legnagyobb hatással. Megváltoznak növények számára ideális vetési, ültetési és telepítés időszakai, a nem megfelelő csapadékeloszlás, a túl magas vagy éppen túl alacsony hőmérséklet pedig kedvezőtlen hatással van a növények fejlődésére, illetve megnőhet a szél- és vízerózió által károsított területek mennyisége és nagysága is. A modern technológiáknak és különféle mezőgazdasági gyakorlatoknak köszönhetően enyhíthetők, illetve megelőzhetők a káros hatások a mezőgazdaság területén. Egyelőre semmilyen módszer nem bizonyult teljesen hatásosnak, ezért azon van a hangsúly, hogy fenntartsuk a meglévő állapotot és további romlás ne következzen be. Azonban a modern technológiák és különböző gyakorlatok sokszor nem elegendőek, hogy gazdaságosan lehessen termelni. Modern hibrideket is alkalmazni kell a növénytermesztésben, amelyek ellenállóbbak és jobb teljesítménnyel bírnak, mint a hagyományos fajták. Folyamatos kihívásokat jelentenek a kedvezőtlen éghajlati viszonyok, a nem megfelelő minőségű talajok, a kórokozók és kártevők elszaporodása, illetve olyan kórokozók vagy kártevők megjelenése bizonyos területeken, ahol eddig azok nem fordultak elő.

Kísérletünk növényeként a szemes cirkot (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) használtuk. A cirok a világ egyik legnagyobb mennyiségben termesztett gabonája. Elterjedése főleg a kevésbé csapadékos, szárazabb területeken jelentős, de mára már világszerte termesztik. A növény nagy jelentőséggel bír mivel emberi élelmiszerként és állati takarmányként is egyaránt felhasználható.

Fontosnak tartom, hogy a cirokkal minél többet foglalkozzunk, kutassuk azt, mivel jobban viseli a szárazságot és a szikes talajokat a kukoricánál, ezáltal alternatívát nyújthat szárazabb időszakokban vagy olyan területeken, ahol már gazdaságosan nem lehet más, kevésbé ellenálló növényeket termesztetni. Egyéb gabonákat is helyettesíthet az előnyös tulajdonságaiból kifolyólag, a világ fejletlenebb régióiban, főleg Afrikában és Ázsiában, ahol kevésbé van lehetőség modern eszközök és technikák alkalmazására.

Dolgozatom témájaként a szemes cirok termesztését különféle talajművelési kezelésekben vizsgáltam, melyek a szántás, a lazítás, a tárcsázás és direktvetés voltak. Célom a kutatással az volt, hogy vizsgáljam, hogyan teljesít a cirok különböző művelésekben. Köszönhetően a rendszeresen végzett talajmintavételeknek és különféle vizsgálatoknak, a szerzett adatok segítségével sikerül bemutatnom a tapasztalt különbségeket az egyes kezelések között, az elvégzett vizsgálatoknak köszönhetően ugyanis feltárulnak a szabad szemmel nem látható részletek is. A más-más művelésekről vett minták és végzett vizsgálatok eltérő adatokat adtak a CO₂, a talajnedvesség vagy a szemcseösszetétel vizsgálatakor. Mindezek nagyban befolyásolták a növények növekedését, termésmennyiségét, illetve a megjelenő gyomok mennyiségét és diverzitását is.

2 Szakirodalmi áttekintés

2.1 A mezőgazdaság története

Kezdetekben az emberek gyűjtögető életmódot éltek, vad növényeket és bogyókat gyűjtöttek. Az élelem megszerzése alapvető volt az emberek számára a túléléshez. Az emberek ahogy alkalmazkodtak környezetükhöz és kezdték azt megismerni megfigyelték, hogy bizonyos növények különböző terméseket, magvakat hoznak, melyekkel képesek szaporítani a növényeket. A neolitikus forradalom (i. e. 12. évezred) idején elkezdődött a növények „termesztése”. Eleinte kezdetleges eszközökkel, botokkal és kövekkel alakították a környezetet, hogy képesek legyenek a növénytermesztésre. Az idő múlásával elsajátították a növénytermesztés alapjait, elkezdtek szerveződni, fejleszteni eszközeiket, hogy hatékonyabban tudjanak termelni. Letelepődtek és közösségeket alkottak, így a növények termesztése és tárolása is könnyebbé vált. A növények termesztése több munkával járt, mint a gyűjtögetés, azonban hektáronként sokkal jövedelmezőbb volt (Diamond, 1999). Elkezdtek az erdőket kivágni, hogy termékeny földhöz jussanak és nagyobb területeken gazdálkodjanak. Folyók mellett öntözött területeket alakítottak ki, hogy szárazabb időben is képesek legyenek elegendő mennyiségű növényt termeszteni, ezzel növelve a termésbiztonságot. Csatornarendszereket hoztak létre, hogy a folyóktól távolabbra eső területeket is öntözni tudják, ahol korábban az öntözésre nem volt lehetőség (Jones, 2024).

Később fejlettebb eszközökkel dolgoztak, melyekkel gyorsabbá és egyszerűbbé vált a termelés. Ugyan még ezek az eszközök is nagyon kezdetlegesek voltak, de már sokkal strapabíróbbak és hatékonyabbak, mint a primitív, egyszerű eszközök, mivel ezeket már fémekből készítették. Ezen tényezők is elősegítették a népesség megduplázását abban az időben, mivel több ember jutott táplálékhoz. A népesség növekedés hatására növelni kellett a termelést és ezt a művelt területek arányának növelésével tudták elérni. Nagy területeken nem lehetett hatékonyan termelni olyan eszközökkel, amelyeket addig használtak. A területek növekedése miatt hatékonyabb eszközökre volt szükség, például megjelentek az ekék, amelyeket emberi erővel nem lehetett mozgatni így bevonták az állatokat is a termelésbe. Jellemzően szarvasmarhákat és lovakat használtak igavonásra (Fussell, 2024).

A 18. században a mezőgazdasági és ipari forradalom egymást segítve következett be, hiszen a mezőgazdaság fejlődésének köszönhetően növekedett a megtermelt élelmiszerek mennyisége, ezáltal a népesség is növekedett. Az ipari forradalom hatására jelentős változások következtek be. Modernebb eszközök jelentek meg és új technikákat fejlesztettek ki a talajok

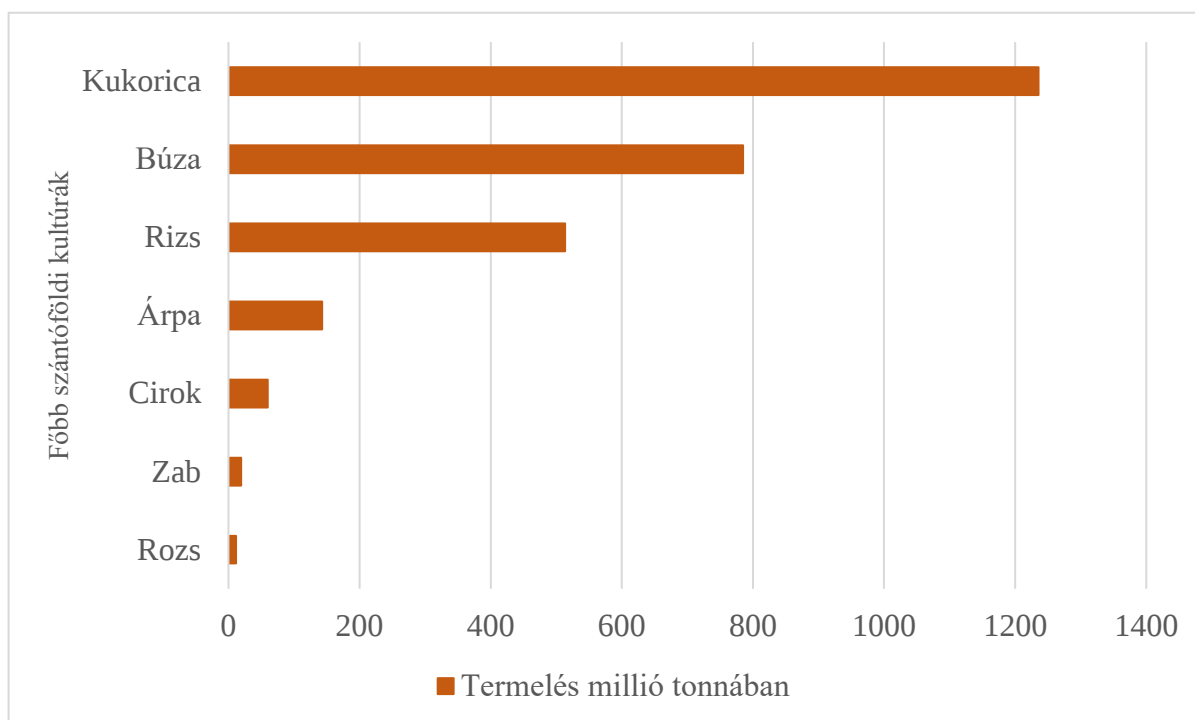
minőségének javítása érdekében ilyen volt a vetésforgó is, amely nem csak a talaj kiegyenlítettebb használatát biztosította, de növelte a termésmennyiséget is. Az új eszközök mellett megjelentek a gőzgépek is melyek hatalmas lépést jelentettek az állati erővel szemben, nagyobb területteljesítményük nagy előny jelentett (Duignan, 2023).

A II. világháború után újabb technológiai változások következtek be, ezt az időszakot zöld forradalomnak is nevezik. A gazdák elkezdtek új módszereket használni, hogy minél nagyobb termésmennyiségeket érjenek el. Ilyen módszer volt például a növénynemesítés is. Új fajtákat hoztak létre, melyek ellenállóbbak voltak bizonyos károsítók, illetve kórokozók ellen. Az új, nemesített fajták jobban tűrték a szárazságot vagy éppen a magasabb hőmérsékletet. Rájöttek, hogy önmagában a nemesítés nem vezet nagyobb hozamhoz, de azt is észrevették, hogy a rendelkezésre álló víz mennyisége és a talaj ásványianyag tartalma, különösen a nitrogén-tartalom mennyisége nagyban befolyásolja a termésmennyiséget. Különféle műtrágyákat kezdtek kifejleszteni és használni melyek hatására növekedésnek indult a betakarított termés mennyisége. A gyomirtás mindig is problémát jelentett, ezért a növényeknek rendelkeznie kellett valamilyen képességgel, hogy fel tudják venni a versenyt a gyomokkal szemben. Hasonlóképpen, bizonyos területeken és bizonyos években a rovarok is kárt okozhattak (Perkins, 1997).

A jelenkori mezőgazdaságban számos kihívással és lehetőséggel kell szembenéznük a termelőknek. A fenntartható mezőgazdálkodás egyre fontosabbá válik a környezeti terhelés csökkentése és a természeti erőforrások megőrzése érdekében. Ennek részeként a gazdálkodók olyan gyakorlatokat alkalmaznak, amelyek minimalizálják a talajeróziót, a vegyszerek használatát, valamint helyesen használják a rendelkezésre álló vízmennyiséget, illetve ügyeljenek, hogy megőrizzék a biológiai sokféleséget. A XXI. században jelentősen felgyorsult a technológia fejlődés ilyen fejlődés például a precíziós gazdálkodás is, amely egy olyan stratégia, ami időbeli, térbeli és egyedi adatokat gyűjt össze és egészíti ki azokat egyéb információkkal. Az összegyűjtött és feldolgozott adatok támogatják dolgozók munkáját és döntéshozását. Növelik az erőforrások felhasználásának hatékonyságát, a produktivitást, a minőséget, a jövedelmezőséget és a fenntarthatóságot a mezőgazdasági termelés során (Vértesy, 2023).

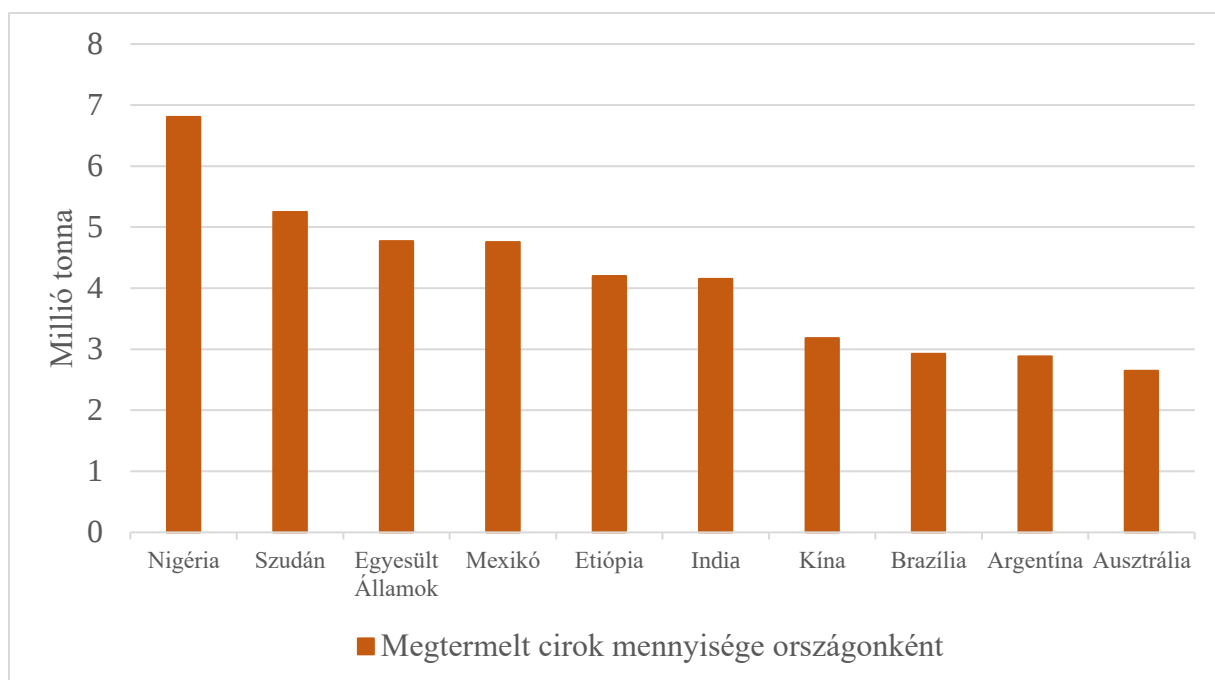
2.2 A szemescirok jellemzése

A cirok világviszonylatban az ötödik legfontosabb gabonaféle, mely a kukorica, búza, rizs és az árpa mögött helyezkedik el (*1. ábra*) (Forrás: FAOSTAT, 2024) (*http1*).



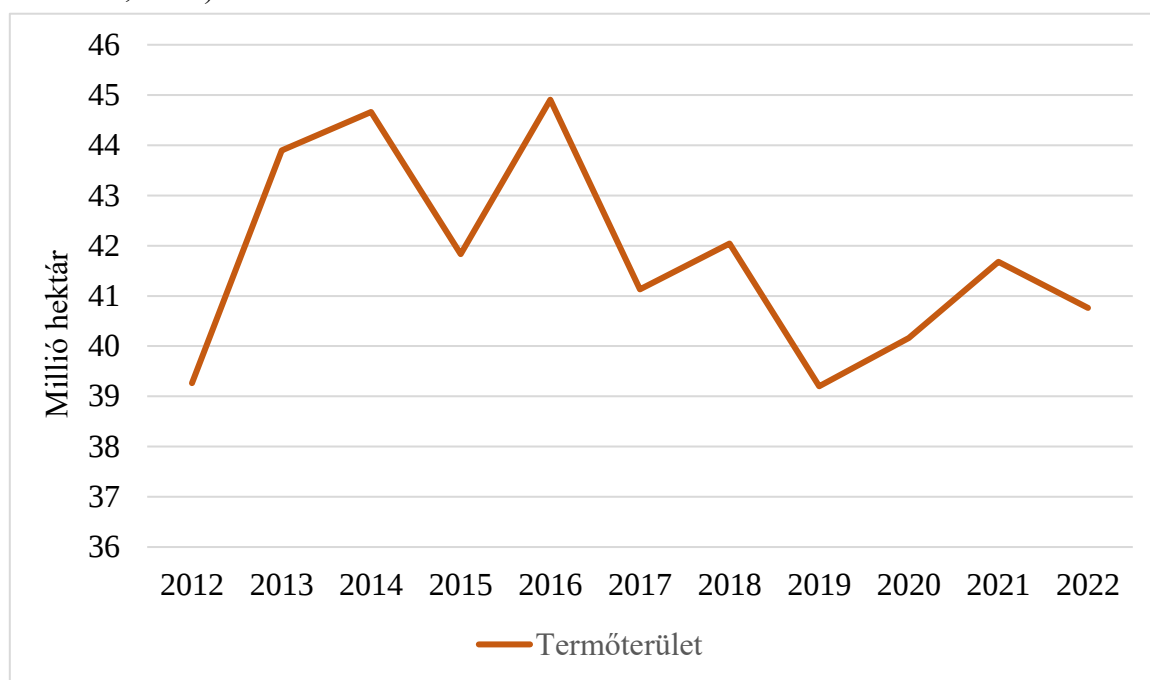
1. ábra A világ gabonatermelése a 2023/24. években, (millió tonnában). (Saját szerk.) (Forrás: FAOSTAT, 2024) ([http1](#))

A fejlődő országokban, különösen az afrikai és ázsiai országokban, a ciroktermelés további jelentős növekedését várják, mivel ott kedvező agrár politikával és támogatásokkal ösztönzik a gazdákat a ciroktermesztésre. 2022-ben Nigéria volt a világ legnagyobb cirok termelő országa 6,8 millió tonna termelt cirokkal. Második helyen Szudán áll a termelésben 5,2 millió tonnával. A 2021-es termelési adatokhoz viszonyítva, amikor az Egyesült Államok az első helyen állt a ciroktermelésben 11,4 millió tonnával, 2022-ben a harmadik helyre esett vissza 4,8 millió tonna termelt cirokkal. Jelentős termelők még Mexikó, Etiópia, India, Kína, Brazília, Argentína és Ausztrália (*2. ábra*) (FAOSTAT, 2022) ([http2](#)). A cirok genetikai módosítása a szárazságtűrésére és a terméshozam fokozására irányul. Az új hibridek megjelenésével tovább nőhet a cirok iránti kereslet (Ariel et al., 2024).



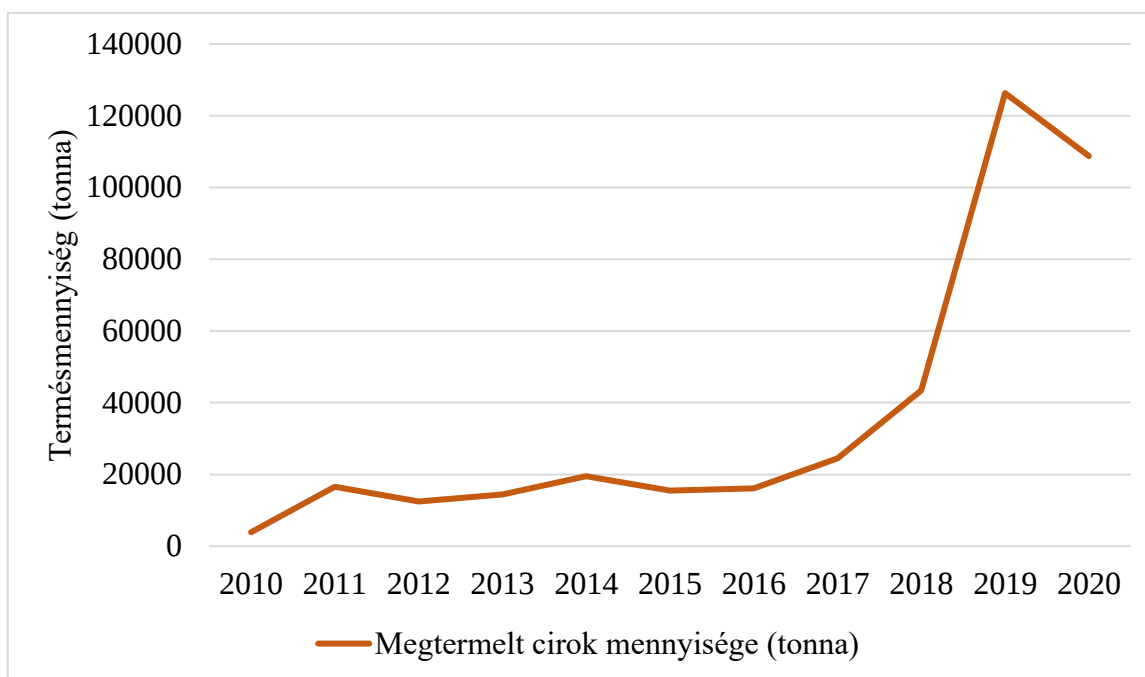
2. ábra A megtermelt cirok mennyisége a világ legnagyobb termelő országaiban (FAOSTAT, 2022) ([http2](#))

A szemescirok termőterülete az utóbbi években nagy változáson nem ment keresztül, 2012 és 2022 között a termőterület 39 millió és 45 millió hektár között mozgott (3.ábra) (FAOSTAT, 2022).



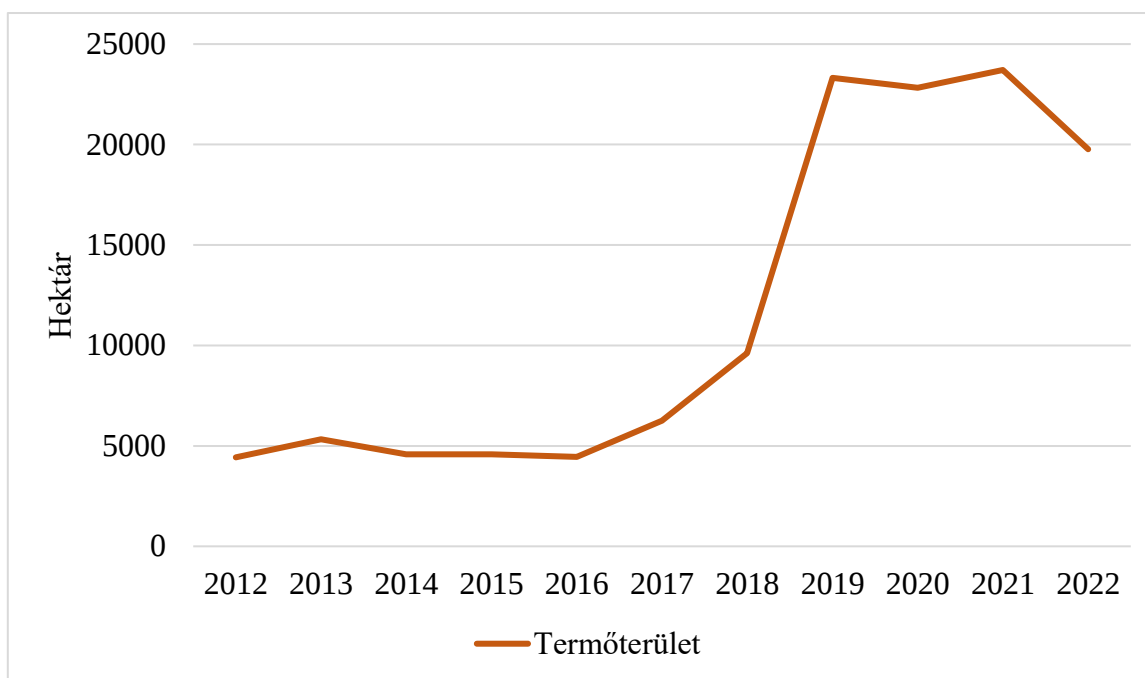
3. ábra A szemescirok termőterülete a világon (Forrás: FAOSTAT, 2022) ([http3](#)) (Saját szerkesztés)

Magyarországon is növekszik a cirok jelentősége, mivel 2010. után jelentősen megnőtt a megtermelt cirok mennyisége. Míg 2010-ben a termelt cirok mennyisége 3900 tonna volt, 2020-ban már 100.000 tonna felett volt ez a mennyiség (4.ábra) (FAOSTAT, 2022)



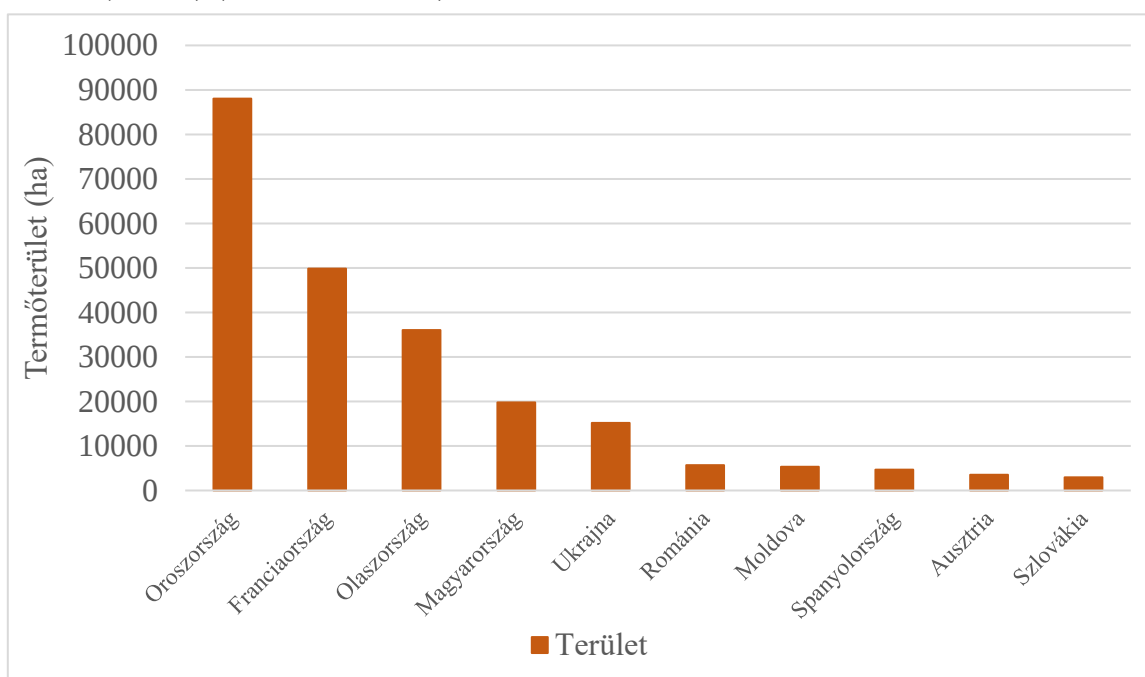
4. ábra A megtermelt cirok mennyisége Magyarországon (Forrás: FAOSTAT, 2022) (<http4>) (Saját szerkesztés)

Magyarországon az elmúlt 10 évben viszont nagy mértékben növekedett a szemescirok termőterülete, míg 2012-ben 4430 hektáron termesztettek szemescirkot, 2022-re ez a szám több mint 19 ezer hektárra növekedett. A termőterület hazánkban 2021-ben volt a legtöbb, amikor 23710 hektáron történt a termesztés (5.ábra) (FAOSTAT, 2022).



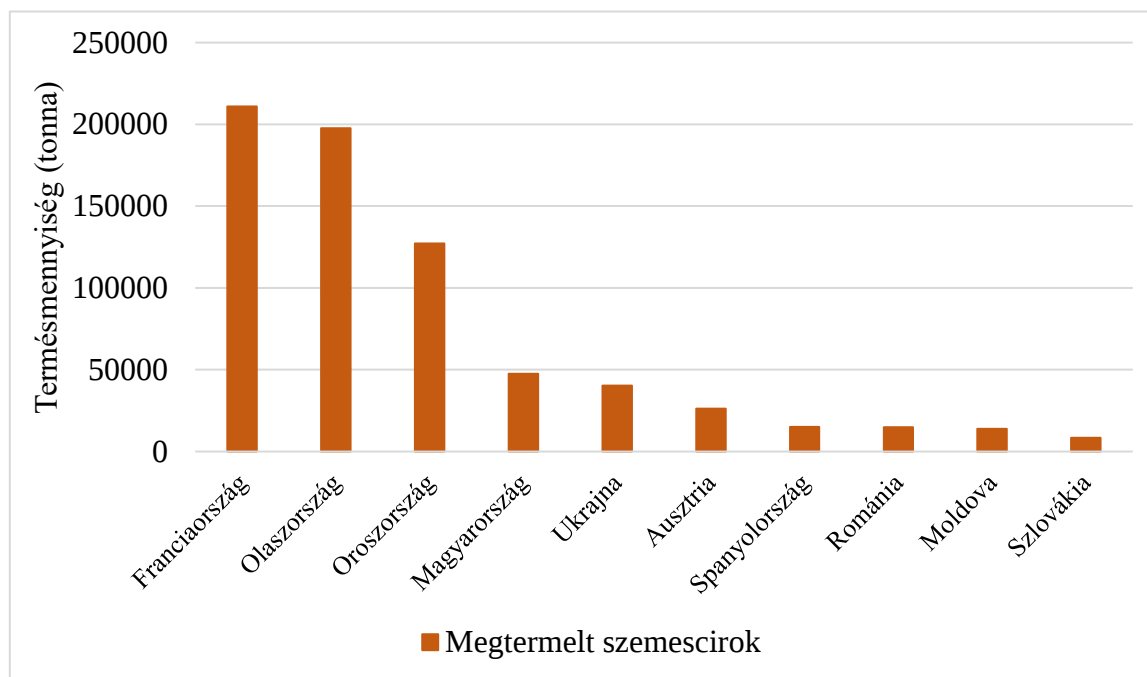
5. ábra A szemeszörök termőterülete Magyarországon (Forrás: FAOSTAT, 2022) ([http5](#)) (Saját szerkesztés)

Európában a tíz legnagyobb területen szemeszöröt termesztő országok közül Oroszországban termesztik a legnagyobb területen 88 ezer hektáron, ezt követi Franciaország majdnem 50 ezer hektárral, Olaszország 36 ezer hektárral és Magyarország majdnem 20 ezer hektárral (6. ábra) (FAOSTAT, 2022).



6. ábra A tíz legnagyobb területen szemeszöröt termesztő országok 2022-ben Európában (Forrás: FAOSTAT, 2022) ([http6](#)) (Saját szerk.)

Európában a tíz legnagyobb termelő közül Oroszország termeszt a legnagyobb területen a szemescirkot, azonban csak a harmadik a megtermelt szemescirok mennyisége szempontjából. Első helyen Franciaország áll 211 ezer tonnával, a második Olaszország 197 ezer tonnával, a harmadik Oroszország 127 ezer tonnával és Magyarország a negyedik helyen áll 47 ezer tonnával (7.ábra) (FAOSTAT, 2022).



7. ábra A tíz legnagyobb mennyiségben szemescirkot termelő országok 2022-ben Európában (Forrás: FAOSTAT, 2022) ([http7](#)) (Saját szerkesztés)

2.3.1 A cirok származása és fajtái

A cirok származása

A cirok származásának köszönheti a kiváló alkalmazkodó képességét, szárazságtűrését és egyéb előnyös tulajdonságait, mivel a melegégből származik. Azonban pontos származása a mai napig vitatott. Kutatások szerint Afrikából, a mai Etiópia, illetve Szudán területéről származik. A növény származási helyeként az abesszíniai géncentrum, illetve a kínai géncentrum is jelölve lett (Vavilov, 1926). Azonban más források szerint India nyugati részéről származik. A ma termesztett típusait i.e. 3000 környékén választhatták ki (Kovács, 2014).

Európába a rómaiak által kerülhetett be Indiából. Az Amerikai Egyesült Államokban a XIX. század végén kezdték meg az Afrikából, Indiából és Franciaországból bevitt különböző fajták honosítását és termesztését. Az Amerikai Egyesült Államokban elsősorban a száraz övezetekben, a cirok nagyon fontos növényé vált. (Tamás, 2009).

A termesztés során felfedezték a növény számos előnyös tulajdonságát ezért rövidesen növekedésnek indult a termesztése eleinte a szárazabb, melegebb területeken. Afrika egyik

legfontosabb gabonájává vált és az éghajlatváltozás hatására már szinte az egész világon elterjedt, köszönhetően a szárazságtűrésének. Magyarországon is a szélsőségesebb, melegebb, illetve szárazabb időjárás hatására nőhet a cirok szerepe (Ariel et al., 2024).

Hazánkba minden bizonnyal Olaszországból vagy Franciaországból kerülhetett be. Magyarországon először 1775-ben írnak a cirokfélék termesztéséről (Ernő, 1992). Eleinte a seprűcirkot a kukoricaföldek szegélyén termesztettek (Körnicke, 1885). Az 19. század végére a hazai irodalom már részletesen foglalkozott a cukorcirok, a fenyércirok és a seprűcirok termesztésével. Surányi János volt, aki először hasznosította tervszerűen a cirkot, 1946 után honosította meg a szemescirkot és az édes szudáni cirokfüvet. Kísérletei felkeltették a gazdák figyelmét a cirok termesztés fontosságára, ezek után a kutatók jelentős eredményeket értek el a nemesítés és az agrotechnikai kutatások területén. Ezek az eredmények szilárd alapot biztosítottak a növény sikeres termesztéséhez (Tamás, 2009).

A cirok fajtái

A cirok az egyik legfontosabb, szubtrópusokról származó gabonanövény az egyedülálló szárazságtűrő képessége, valamint gyenge adottságú termőhellyel és magas hőmérséklettel szembeni ellenállósága miatt (Taylor, 2003). A cirkot meleg vagy forró területeken termesztik elsősorban. A növekedés számára a legkedvezőbb átlaghőmérséklet 27 °C, a minimális hőmérséklet 16 °C. Összehasonlítva más növények szárazságtűrésével elmondható, hogy a cirok jobban tűri az extrém hőmérsékletet, de a termésképzés idején a szélsőségesen magas hőmérséklet csökkenti a hozamot. A cirok a rövidnappalos növények közé tartozik (Sárvári, 2011). Széleskörű elterjedését nagyban segíti, hogy nagyon sok fajtája ismert a növénynek, a cukorcirok, seprűcirok, szudánifű, silócirok, szemescirok (Tuinstra, 2008).

A cukorcirok önmagában nem egy önálló cirokfajta, hanem azokra a fajtákra lehet ezt mondani melyeknek a cukortartalma sokkal magasabb az átlagosnál. A cukorcirkot, mint nevében is benne van, a cukor tartalma miatt termesztik és ezt a cukortartalmat különböző eljárások segítségével, például préseléssel, nyerik ki. A mérsékelt égövi országokban nagyrészt silózás céljából termesztik, addig a trópusi és szubtrópusi területeken a cukorlé kinyerése a fő cél. A cukortartalma nem kristályosítható, ezért a II. világháború után a cukorgyárak beindulásáig ez a szirup helyettesítette a kristálycukrot (Csaba, 2014). A cukortartalom változhat a cirok fajtájától, illetve az időjárástól is, ez a tartalom körülbelül 10-20% között mozoghat. A cukortartalom nagy része a növény szárában található ezért betakarításkor a bugát eltávolítják melyből liszt készülhet. A leveleket eltávolítják melyeket szintén hasznosítják energiaforrásként. A leveleket, ha nem távolítják el, akkor hagyni kell megszáradni őket mielőtt

a cirok préselésére kerül a sor. A préselt szárat, a mellékterméket, bioetanol előállítására használják vagy szintén elégetik és energiát nyernek belőle. A cukorcirkot energetikai célokra is felhasználják. Aratás után megtisztítják a növényt, aprítják majd préselik a cukortartalom kinyerése érdekében. A préselésből élesztő hozzáadásával etanol állíthat elő míg a melléktermékek elégetésével hő- és villamosenergia nyerhető (Pfeiffer & Bitzer, 2013), (Csaba, 2014).

A seprűcirok jellegzetes bugája miatt különbözik a többi ciroktól. Rövid bugatengellyel rendelkezik és ebből hosszú oldalágak indulnak ki, melyek elérhetik akár a 80 cm-t is. A bugáját az ipar hasznosítja, amelyből seprűt készítenek, emellett szemtermését is hasznosítják takarmányozásra (Csajbók, 2014).

A szudánifüvet általában takarmányozásra használják, szénaként, erjesztve vagy legeltetve hasznosítják, de a magjáért is termesztik. Legelőn való hasznosításakor előnyösebb a többi takarmánynövélynél mivel sokkal nagyobb beltartalommal rendelkezik, ez az előnyös tulajdonsága főleg a száraz, melegebb nyarakkal rendelkező régiókban nyilvánul meg. Megfelelő körülmények között egy évben akár ötször is kaszálható. Olyan területeken is termesztethető, ahol más takarmánynövények nem termesztethetők (Armah-Agyeman et al., 2002).

A silócirok a meleg évszakokban és a trópusokon az állatok számára a tömegtakarmányok egyik fő forrása. Korlátozott nedvességtartalom mellett nagyobb biomassza termelési potenciállal rendelkezik, és takarmányminősége a silókukoricáéhoz hasonló. Ezért a silócirok termesztése világszerte nagy figyelmet kapott az elmúlt időben (Aruna et al., 2018). Önmagában is felhasználható, azonban kukorica-cirok együtt vetéssel is kiváló takarmányt vagyunk képesek előállítani.

A szemescirkot olyan területeken is termesztetik, szárazságtűrésének köszönhetően, melyek túl meleg, illetve száraz klímával rendelkeznek a kukorica számára így azt nem lehetne hatékonyan termesztetni. A növény kinézete a vegetatív stádiumban nagyban hasonlít a kukoricára ezért könnyen összetéveszthetők, azonban a virágzat alapján könnyen megkülönböztethetők (Ross & Webster, 1970; Berenji, 2011).

2.3.2 A cirok morfológiája és botanikája

Gyökérzete

A cirok kiterjedt gyökérzettel rendelkezik (8.ábra), amely képes 150 cm mélyre is hatolni a talajban. A kiterjedt gyökérzete hatékony nedvességfelszívó-képessége nagy szerepet játszik a növény szárazságtűrésében, mivel a talaj mélyebb rétegeiből is képes a nedvességet felvenni.

Körülbelül kétszer annyi hajszálgököre van, mint a kukoricának. Légző-gyökerek gyakran nőnek az alsó nóduszokból, de jelentős agronómiai szerepet nem játszanak (Berenji, 2011).



8. ábra A cirok gyökérzete (Forrás: Saját kép, 2023)

Szára

A szemescirok szára fejlett, hengeres belül tömör. A szárat, csomók (nóduszok) szártagokra (internódiumokra) osztják. A szár vastagsága alulról felfele vékonyodik, vastagsága körülbelül 2-3 cm. A szemescirok ősi fajtái sokkal magasabbak voltak, mint a mai fajták, olyan hibrideket hoztak létre, melyek törpeséggel rendelkező gént hordoznak, így körülbelül 100-150 cm magasra nőnek meg (Kumar et al., 2012).

Levélzete

A cirok levele a pázsitfűvekhez hasonló. Száma a csomók számával megegyezik. A száron átellenes sorban, váltakozva helyezkednek el. A levelek felülete viasszal borított, amely védelmet nyújt a kiszáradás ellen. A cirok hosszú, viaszos, lándzsa alakú levele hasonlít a kukoricáéra (9. ábra), azonban a különböző fajták eltérő mértékben bokrosodnak. A levelek sok apró sztómával rendelkeznek melyek nagy szárazság idején összezáródnak így csökkenti a növény a párologtatását. Szintén egy védekezési mechanizmusa a növénynek szárazság idején, hogy a levelek felcsavarodnak a főerezet mentén így csökkenti a felületet, amelyet érhet a nap sugárzása (Kumar et al., 2012; Gerik et al., 2024).



9. ábra A cirok viaszos levele (Forrás: Saját kép, 2023)

Virágzata

A virágok igénylik a magas hőmérsékletet, mivel hőhatásra nyílnak, ezért előnyös, ha június, júliusban az átlaghőmérséklet 20 °C felett van. A virágok szélbeporzásúak. Előfordul a keresztbeporzás is, ezért néhány növény eltérhet a többitől (Sakamoto et al., 2019). A cirok bugavirágzattal rendelkezik. A bugák megjelenése függ a cirok fajtájától és a termesztési körülményektől. A bugák egészen a félig nyitottól (10a) a nyitott bugákig (10b) megjelenhetnek (10.ábra). Minden száron csak egy buga helyezkedik el. A bugák színe fajtamegatórózó bélyeg lehet, melyek színe egészen a sárgától a barnán át feketéig terjed (Glennie et al., 1984).



10. ábra Félig nyitott(A) illetve nyitott(B) buga (Forrás: Trostle & Peterson, 2019)

Szemtermése

A legtöbb cirok fajta szemtermése lisztes endospermiumú, ezermagtömege 25-30 g. A terméshéj a maghéjjal szorosan összenőtt. A szemtermés alakja lehet gömbölyded vagy kissé megnyúlt. A takarmánycirok szeme nagy színgazdagságot mutat, lehet fehér, rózsaszín, sárga, barnássárga, barna és vörösesbarna (10.ábra). Az érés folyamán folyamatosan változik a szem színe. Egyes fajták esetében a terméshéj például fehér, alatta a maghéj vörösesbarna, amelyek együtt krétafehér árnyalatú színt adnak. Megfigyelések szerint a barna színű szemtermésben magasabb a tannintartalom (Glennie et al., 1984).



10. ábra Cirok magok változatos színekben ([http8](#); [http9](#); [http10](#))

2.3.3 A szemescirok termesztési technológiája

A szemescirok nagy termőképességű, szárazságtűrő és gyengébb tulajdonságú talajokon is jövedelmezően termesztendő növény. A kukoricánál jobban tűri a zord időjárási körülményeket, vízigénye lényegesen alacsonyabb és aszályos körülmények között 10-15%-kal nagyobb terméshozamot is produkálhat. Alkalmazkodás tekintetében jobban tolerálja a talaj savasságát is, azonban a 4,5 pH alatti talajokon nem termesztendő, vagy csak nagy termésveszteséggel. A szélsőségesen szikes vagy homokos talajokon sem termesztendő (Christiansen, 2008).

- Éghajlat- és talajigénye: A csírázáshoz a vetésmélységben 12-13 °C hőmérsékletre van szüksége. Erős, mélyre hatoló bojtos gyökérrendszerének köszönhetően képes vizet és ásványi anyagokat felszívni a talaj mélyebb rétegeiből. Levél- és szárfelületét viaszréteg fedi, amely megóvjá a kiszáradástól. Azonban a vegetatív szakaszban jelentkező vízstressz több mint 35%-kal, a generatív szakaszban jelentkező vízstressz pedig több mint 55%-kal csökkentheti a terméshozamot (Assefa et al., 2010). A szemescirok a talajra vonatkozóan viszonylag igénytelen, de gyengébb talajviszonyok között nagyobb figyelmet igényel a megfelelő agrotechnika és tápanyag-ellátottság biztosítása érdekében.
- Tápanyagigénye: A talaj tápanyagtartalmától függően változik a szemescirok tápanyagigénye, amely hasonló a kukoricáéhoz, amely körülbelül 150-200 kg/ha N, 60-110 kg/ha P₂O₅, 110-180 kg/ha K₂O hatóanyag (Setiyono et al., 2012). Műtrágya alkalmazásakor kisebb mennyiség is elegendő lehet. Betakarítás után, a szármaradványok lebomlásának elősegítésére, ajánlott 30-40 kg/ha nitrogén hatóanyag kijuttatása.
- Talaj-előkészítés: A szemescirok magja apró, ezért igényli a jól előkészített, morzsás vetőágyat. A talajt a vetés előtt mindössze 1-2 nappal készítsük elő, hogy minél tovább gyommentes maradjon. A vetőmagágy ajánlott mélysége 6-8 cm (Erzsébet & Andrea, 2017).
- Vetés: A vetéshez csak csávázott vetőmag használata ajánlott minden esetben. Az optimális csírázáshoz legalább 12-13 °C tartós talajhőmérséklet szükséges. Azonban más kísérletek szerint az optimális hőmérséklet 27-30 °C felett van (Tiwari et al., 2024). Ajánlott vetésidő általában április vége, vagy május eleje. Ajánlott vetés mélység: 3-4 cm, de Tiwari és társai (2024) szerint 5 cm az ideális vetés mélység. A sortávolságot a rendelkezésre álló eszközök szabják meg, leggyakoribb a 70, 75 cm-es sortávolság, de

50 cm-re is vethető (Oprea et al., 2015). Optimális állománysűrűség 70 cm-es sortávolság esetén: 190-230 ezer tő/ha, 50 cm-es sortávolság esetén: 260-320 ezer tő/ha. A vetőmag mennyisége 50 cm-es sortávolság esetén: 12-14 kg/ha, 70 cm-es sortávolság esetén: 8-10 kg/ha.

- Betakarítás: A kombájnnak megfelelő beállítása és megemelt vágóasztallal végezhető a betakarítás. A levágott és beszállított szemescirkot tisztítani és szárítani kell, 13-14% víztartalomra (Erzsébet & Andrea, 2017). A cirok magok akkor készek a betakarításra, amikor a szem nedvességtartalma körülbelül eléri a 30%, azonban a magok ekkor még általában túl puhák a betakarításhoz. A 25% feletti nedvességtartalomnál történő betakarításkor általában a magok felrepednek. Az optimális betakarítási nedvesség, körülbelül 20%, ez minimalizálja a betakarítási veszteségeket és a szárítási költségeket (Sumner, 2024).

2.3.4 A cirok jelentősége és felhasználása

Globálisan

A növénytermesztésnek alkalmazkodnia kell a klímaváltozás kihívásaihoz, ezért fontos, hogy nagyobb hangsúlyt kapjanak azok a növények, amelyek nehezebb körülmények között is eredményesen termeszthetők (Léder, 2004).

A cirokfélék rendkívül értékes növények, amelyek széleskörű alkalmazásuk révén jelentős szerepet játszanak az élelmiszeriparban, az állati takarmányozásban és a bioüzemanyag előállításában. A szemescirok, kiemelkedő beltartalmi értékei miatt nem csupán az emberi táplálkozásban, hanem a fejlett országok abraktakarmányaként is fontos. Lisztet készítenek a magokból, amely tészták, kenyerek, különféle pékáruk összetevője lehet, különböző saláták összetevője lehet és kását is készíthetnek belőle. Abraktakarmányként is fontos szerepe van mert képes helyettesíteni a kukoricát. Abrakként főleg sertés és baromfi takarmányozásra használják. Aszályos területeken a cirokfélék jelentősége nagymértékben nőhet. A cirokfélék a csapadék mennyiségére a kukoricánál kevésbé érzékenyek, mivel száraz területekről származnak. A takarmánycirok szárazságtűrése kiváló, a vegetációs időszakban képes átvészelni az aszálykárt és regenerálódni (Orosz & Fazekas, 2018).

A cirok táplálkozási értéke mellett egyre több jótékony hatást fedeznek fel, például a magas karotin és E-vitamin tartalmat, valamint a jelentős rosttartalmat. Gluténmentes tulajdonsága miatt különösen népszerűvé vált, hiszen kiváló alternatívát kínál a gluténérzékenyek számára. A gluténmentes termékek iránti növekvő kereslet hozzájárul a cirok népszerűségének emelkedéséhez, így várható, hogy az élelmiszeripar számára termelt cirok

menyisége is folyamatosan növekedni fog. A cirok tehát nemcsak sokoldalú növény, hanem a jövőben egyre fontosabb szereplője lesz a fenntartható táplálkozásnak és mezőgazdaságnak. Továbbá fontos még a cirok a vetésváltás kialakításában is mivel kiváló előveteményként szolgál például a kukoricának vagy a napraforgónak (Anglani, 1998; Németh, 2009; K. Hariprasanna 2017; Popescu et al., 2018).

A cirok megítélésére kedvezőtlenül hatott, hogy tannin tartalma magas. A tannin más néven csersav egy olyan növényi eredetű keserű szerves vegyület, ami képes kicsapni és megkötni a fehérjéket. Az együregű gyomrú állatok takarmányában lévő magas tannintartalom rontja az emészthetőséget is. Bizonyos rákos megbetegedések, például a nyelőcsőrák összefügg a tanninban gazdag élelmiszerek fogyasztásával. Azonban az új cirokfajták legfeljebb 0,3% tattint tartalmazhatnak, ez az érték olyan alacsony, hogy tanninmentesnek nevezhetőek (Chung, et al., 1998; Courtois, 2018).

Magyarországon

Elterjedése hazánkban is a változó éghajlatnak köszönhető, mivel a szárazabb és melegebb időjárást a legtöbb növény már nehezebben viseli. Elsősorban a takarmányozásra használják a cirokot, mind abrak és zöldtakarmányként is hasznosítják köszönhetően kiváló tulajdonságainak (Orosz & Fazekas, 2018). Takarmányozás mellett az élelmiszeripar is hasznosítja a növényt, magjából ciroklisztet készítenek, amely glutént nem tartalmaz, de hazánkban ez kevésbé elterjedt (Nagy, 2017). Magyarországon a cukorcirok termesztése nem terjedt el, ugyan nagy cukortartalmú nedvet tartalmaz, amelyből cukor nyerhető, de a feldolgozóipari háttér ehhez nem áll rendelkezésre, emellett hazánkban nincs olyan bioetanol üzem, amely alkalmas lenne cukorcirok feldolgozására (Kovács, 2014).

2.4 A talajművelésről

A talajművelés során megváltoztatjuk a talaj állapotát, hogy a növények számára kedvezőbb talajállapotot alakítsunk ki, a kedvezőtlen tulajdonságokat megszüntessük, a szél és a víz káros hatásait megelőzzük, a gyomok, kártevők gyérítését elvégezzük és a trágyákat bekeverjük a talajba. Talajműveléskor ökológiai és ökonómiai szempontokat is figyelembe kell vennünk. Egyes talajművelési eljárások kisebb, más eljárások nagyobb hatással vannak a környezetre és az élővilágra. Különböző műveleteknek nagyobb az energiaigénye ezáltal a költségek is növekedhetnek (Cziráki, 2014).

Az alapművelés elsődleges talajmunka, a termesztési rendszerben általában a legmélyebb művelés. Célja a talajállapot javítása, hogy a növényeket nagyobb biztonságban lehessen

termeszteni, jó esetben a teljes tenyészidőn keresztül. Az alapművelést lehet forgatással és forgatás nélkül végezni (Bereczki, 2008).

Forgatáskor a megforgatandó talajréteg alsó része felülre, a felszíni része pedig alulra kerül. A forgatás célja a talajrétegek cseréje, hogy a kolloidokban szegény, szerkezetében és felszíni állapotában leromlott felső réteget cserélje, az ilyen hibákat nem tartalmazó alsó réteggel. Célja még a talaj javítása, tarlómaradványok, szerves trágyák, kémiai anyagok talajba juttatása és a gyomok korlátozása (Bereczki, 2008).

A növények termesztése során fokozatosan romlik a talaj felső rétegének szerkezete és minősége. A forgatással elérhető, jobb szerkezetű talajt a felszínre kell hozni, az elporosodott, szerkezetében leromlott, szétiszapolódt, a járószerkezetek által felszabdalt réteget pedig a művelés mélységébe juttatni. A gravitációs vízmozgás következtében a talaj kolloidrészecskéi és egyes tápanyagok az alsóbb rétegekbe mosódnak. A felső réteg kolloidokban és tápanyagokban szegény lesz és az alatta lévő rétegben pedig azok nagymértékben felhalmozódnak. A forgatásra szükség lehet talajjavítási célból is, például mésztartalmú talajréteget hozunk fel forgatással, és terítünk a felső, elsavanyodott rétegre. Forgatással a növényi maradványok, az istálló- és a zöldtrágyák aláforgathatók a talajba. A gyommagvak a talaj mélyebb rétegeibe forgatása hatásos korlátozó módszer lehet (Birkás et al., 2018).

A forgatásos talajművelés szükségessége környezetvédelmi és ökonómiai okok miatt azonban vitatható. A túlzott és szakszerűtlen szántás hatására a talajszerkezet leromlását érhetjük el, a gyakori forgatás és elmunkáló műveletek a szervesanyag fogyás egyik oka. Az ásványi anyagok mozgása, a homoktalajok kivételével, lassú, a talajokban ezért az évenkénti forgatás nem szükséges. A tarlómaradványok és trágyák forgatás nélkül, keveréssel a talajba juttathatók. A szántás hatására megnövekedett talajfelületen több nedvesség képes távozni, a száraz, meleg időben történő szántással a nedvesség veszteség tovább növelhető. Egyes területeken a forgathatóság mélysége korlátozott, ilyenek lehetnek a kavicsos vagy szikes területek, ahol forgatással a rosszabb minőségű altalaj kerülne a felszínre ezzel tovább rontva a talajállapotot. A forgatásos talajművelés gyakoriságát és szükségességét fontos bírálni a termőhely védelme érdekében (László & Gyuricza, 2008; Birkás et al., 2018a).

A forgatás nélküli talajműveléskor nem a talajrétegek cseréje valósul meg, hanem a különböző rétegek keverése, lazítása vagy porhanyítása. Ilyen módszer a mulcshagyó művelés is, ilyenkor a szármaradványok részben bekeverednek a talajba és részben a felszínen maradnak. A mulcs segít megőrizni a talajnedvességet, véd a heves esőzés ellen és nagy meleg idején segít a nedvességet a talajban tartani és enyhíti az eróziós károkat (Birkás, 2008). A

forgatás nélküli művelés nem csupán a talajt védi, illetve van rá pozitív hatással, hanem a talajban élő faunára is.

A földigiliszták a talajban élő hasznos fauna jelentős részét képezik. Alapvető szerepük van a talajok termékenységének a fenntartásában, valamint az ökoszisztéma egyensúlyának megőrzésében. Mivel a jó talajokban nagyobb számban fordulnak elő, mint a gyengébb minőségű talajokban, ezért kiváló indikátorok lehetnek a jó talajállapot jelzésére. A talajművelés kétféle módon is hatással van a földigiliszták populációjára, életkörülményeire és aktivitására, egyrészt közvetlenül hat rájuk a mechanikai művelés, másrészt a táplálékul szolgáló szervesanyag hiánya. A szármadaradványok eltávolítása miatt nemcsak a szervesanyag hiány miatt alakul ki kedvezőtlen környezet a földigiliszták számára, emellett még a fedetlen talajfelszín miatti erózió és vízvesztés is tovább rontja a talaj minőségét és a földigiliszták életkörülményeit (Bádonyi, et al., 2008). Vizsgálatok bebizonyították, hogy a földigiliszták direktvetésben fordultak elő legnagyobb számban, míg a szántott területen a giliszták tevékenysége megszűnt, ez azzal lehet összefüggésben, hogy a rendszeres szántás miatt kialakult talp réteg és a fedetlen talajfelszín olyan környezetet alakított ki, ami a giliszták számára nem megfelelő (Birkás et al., 2004). További vizsgálatok bebizonyították, hogy a kímélő talajművelés nagyban növelte a földigiliszták egyedszámát (Emmerling, 2001).

2.4.1 Szántás

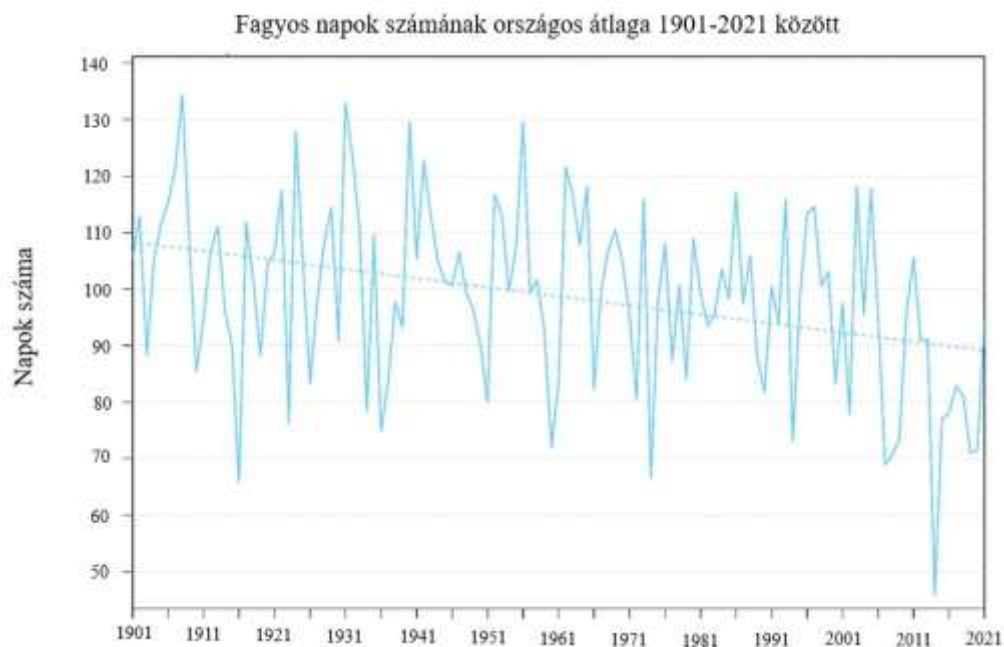
A szántás a talaj forgatásán alapuló alapművelési mód, amelyet ekével végeznek. A szántott réteg alatt a nyirkos és nedves talajokban egy tömör réteg alakulhat ki, amelyet eketalpnak nevezünk. Az eketalp erősen akadályozza a vízbefogadást és a növények mélyebb gyökerezését. A talpat, ha szakszerűen nem lazítják fel, akkor a további, ugyan abban a szintben végzett szántások hatására kiterjedhet a vastagsága. Az eketalp létrejötte száraz talajokban nem jellemző, de a már korábban kialakult tömörödés magától nem enyhül és ezek a tömör rétegek sok nehézséget okozhatnak a további idényekben (Cannell, 1985; Birkás et al., 2015). Kísérletek rámutattak, hogy az eketalp csak egy, a szántáshoz köthető kedvezőtlen jelenség. Szántáskor, a megfelelőnél lazább magágy alakul ki, amelyet más műveletekkel lehet javítani, ez magasabb fogyasztást, illetve taposási károkat okozhat. További kísérletekben bebizonyították, hogy az ekére szerelt henger használata javíthatja a szántás minőségét, így jobb minőségű magágy kialakítását és a menetszám csökkentését. Szántás után a fedetlen talajfelszín teljes mértékben kitett az időjárásnak, így erősen érzékeny például a szél- vagy a vízerózióra (Lal et al., 2007). Szántás után gyakran alakulnak ki nagy rögök vagy hantok (*11. ábra*), függetlenül

attól, hogy a talaj száraz vagy nedves. Az rögök vagy hantok nagysága és tömörsége függ a talaj nedvességtartalmától (Birkás et al., 2018b).



11. ábra Szántás után maradó hantok (Forrás: Agrárközösség, 2023) (<http11>)

A klíma változása miatt Magyarországra már nem jellemző a megfelelő télhatás, ez akkor következhetne be, ha a teleink hidegebbek lennének. Manapság a télhatás jóval enyhébb, a melegebb időjárás miatt, mint pár évtizeddel ezelőtt (12.ábra).



12. ábra Fagyos napok számának átlaga Magyarországon 1901 és 2021 között
(Forrás: HungaroMet, 2021) (<http12>)

Emiatt a nagy rögök aprózódása gyakran elmarad, de ettől függetlenül a fagypor, amely az frakciók aprózódásából keletkezik, mennyisége szántott területen nem csökken. A fagyport a

szél könnyen elmozdíthatja a talajfelszínről vagy esőzés hatására eliszapolódik majd a szárazság bekövetkeztével kérgesedik. A fagyhatást régóta túlbecsülik Magyarországon. A gazdák bízni szoktak abban, hogy hideg tél lesz és a fagyhatás elvégzi a rögök aprózását. A remélt hatás általában elmarad, a hantok és rögök belseje tömör marad, emellett a felszíni 1 centiméter porrá aprózódik (Birkás et al., 2018b).

A szántás őszi elmunkálása (13.ábra) nagy mértékben csökkenti a fagypor kialakulását (Birkás et al., 2018b).



13. ábra Szántás elmunkálása az egyenletesebb és rögmentesebb talajfelszín kialakítása érdekében (Forrás: AgrárUnió, 2023) ([http13](http://13))

A szántott talajban a tarlómaradványok lebomlása nedves és száraz körülmények között is hosszú időt vesz igénybe. A szén-dioxid kibocsátás magas a frissen szántott talajon. A földigilisztákra kedvezőtlen hatással van a takaratlan talajfelszín, illetve a gyakori forgatás is negatív hatással van rájuk. A talaj nedvességtartalma is nagyban befolyásolja a földigiliszták mennyiségét, a túl nedves vagy túl száraz előhely egyaránt kedvezőtlen számukra. Szántáskor a tarlómaradványok mélyebb rétegekbe kerülnek így nehezebben férnek hozzá táplálékukhoz (Ojha & Devkota, 2014). A szántás a talaj nedvességtartalmának szempontjából is meghatározó. Esős időben a nagy mennyiségű víz az eketalp alá nem, vagy csak nagyon lassan képes beszivárogni, ezzel eláztatva a felső rétegeket az alsó rétegek pedig szárazak maradnak. A rögök miatt a talaj felszíne is nagyobb, ezért szárazság idején nagy vízvesztésre lehet számítani. A rögös, nagy szemcseméretű magágy a csírázásra és kelésre is negatív hatással van (Cannell, 1985).

A szántás gyomirtó hatása miatt is kedvelt talajművelési módszer, azonban az aláforgatott gyommagvak évekig képesek még kicsírázni és a következő forgatásnál, ha felszínhez közel

kerülnek akkor ki is fognak kelni. Emiatt a szántás gyomirtó szerepe mérlegelést kíván. Kísérletek bebizonyították, fennál a veszélye annak, hogy a szántással aláforgatott gyommagvak a következő években kicsírázhatnak és ronthatják a termés minőségét. A szántást kedvezőtlen tulajdonságai ellenére még mindig nagymértékben alkalmazzák az őszi alapművelésre (Kende et al., 2017).

2.4.2 Direktvetés

A direktvetés bolygatatlan talajba történő vetés erre alkalmas vetőgéppel (*14. ábra*). A direktvetést elsősorban talajvédő hatása miatt alkalmazzák, továbbá a száraz vidékeken, ahol kevés a csapadék, a talajbolygatás minimalizálására érdekében, hogy minél több nedvességet tudjanak a talajban tartani (Guan et al., 2015).

A pozitívumok például több nedvesség a talajban, lassú, de fokozatos talajállapot-javulás, növekvő humusztartalom, aktívabb földigiliszta tevékenység és a porosodás csökkenése. A hagyományos rendszerben művelt talajokon, direktvetésre való áttérés után, az első években eleinte üledés várható. Azokon a talajokon, ahol a gyökérszóna mélységéig nyúlik a tömörödés, a direktvetés bevezetése kockázatosabb, mert a növényeknek nem tudnak elég mélyen gyökerezni. Ugyanakkor, ha a talaj állapota javul, a mélyebb gyökerezés akadályai megszűnnek (Birkás, 2006).

A direktvetés első éveiben nagymértékű gyomosodásra lehet számítani, de hatékony és szakszerű gyomirtással elfogadható szintre csökkenthető a gyomok mennyisége. Ezen felül megfelelő vetésforgó alkalmazásával a veszélyes gyomok elterjedése is eredményesen korlátozható. Az egyre gyakoribb szélsőséges időjárás, hosszú aszályos periódusok előre mozgíthatják a direktvetést. A száraz időszakok gyakoribbá válása vélhetően a direktvetés gyakoribb alkalmazását indíthatja el, több termőhelyen. A számos pozitív hatás mellett azonban a direktvetés terméshozama elmarad a más talajkímélő módszerek, például a lazításos művelés, mögött. Kísérletek bebizonyították, hogy száraz idényben a direktvetéssel kapott termés nagyobb lehet a más műveléssel elértnél, de a szintje ekkor is alacsonyabb a termőhelyre jellemző értéknél (Birkás et al., 2015; Kende et al., 2017).



14. ábra Talajvédelem érdekében alkalmazott direktvetés (Forrás: Väderstad, 2023) ([http14](http://14))

2.4.3 Talajlazítás

A szakszerűtlen szántás által okozott tömör rétegek enyhítésére az egyik legalkalmasabb módszer a talajlazítás, száraz és mérsékelten nedves talajon. A lazítás eszközei lehetnek például lazítók, kultivátorok. A művelés célja, hogy minél mélyebb lazult réteget hozzon létre a jobb vízbefogadás és tárolás elérése érdekében, ezért a talajlazításnak fontos szerepe van a klímakár csökkentésben (Birkás et al., 2018a).

A lazított talaj felszíne többnyire egyenletes marad, ezért a kisebb felszínnek köszönhetően mérsékeltebb a vízvesztés a szántáshoz képest. Ellenben a száraz és tömör talajokon végzett lazítás után a felszín elmunkálásra szorul. Magyarországon általában a talajlazítást a mélyebben gyökerező növények, például a kukorica, napraforgó vagy repce, vélt igényeihez igazítják, kevésbé törődve a talaj állapotával, hogy milyen mértékű a tömörödés. Vizsgálatok azt igazolják, hogy a talajlazítás szükségességének megítélésében a talaj adott állapota lehet a mértékadó. Erősen ülepedett talajon ki kell alakítani a gyökerezést segítő lazultságot a kívánt mélységig, lehetőleg durva beavatkozások nélkül. Ugyanakkor, ha a talaj mélyebb rétegeiben is lazult, nem szükséges a talaj mély bolygatása, ez a lehetőség csak akkor használható ki, ha pontosan ismerjük a talaj állapotát (Cannell, 1985; Birkás et al., 2015). A kedvezően lazult talaj állapota jó életteret nyújt a földigiliszta tevékenységhez. A talajlazítás energiaigénye alacsonyabb a szántásos rendszernél ugyanolyan talaj- és művelési körülmények esetén. A talajlazítással (15. ábra) kialakított kedvező felszíni állapot elősegíti a gyomkeletést,

ezért a folyamatos és szakszerű gyomirtást nélkülözhetetlen a lazítás után (Birkás et al., 2017; Dekemati et al., 2020).



15. ábra Kultivátor munka közben (Forrás: Agroinform, 2024) (<http15>)

2.4.4 Tárcsás művelés

A tárcsázás forgatás nélküli sekélyművelés, hatása a művelőelemek alakja és mérete szerint is eltér. A tárcsás művelést világszerte számos célra alkalmazzák, így tarlóhántásra, sekély mélységű alpművelésre, valamint a felszín elmunkálásra szántott vagy lazított talajon (Morris et al., 2010).

A művelés 12-16 centiméteres mélységben történik, tárcsázás hatására a morzsa képzése csekély, ellenben a porosító hatása van, különösen száraz talajon erőteljes porosításra lehet számítani. A tarlómaradványok talajba keverése egyfelől kedvezőnek mondható, mert a biológiai folyamatokat előremozdítja, másfelől kedvezőtlennek, mivel védőtakarót a talaj számára a tárcsás művelés alacsony százalékban hagy. A tárcsa tipikusan talp-képző, különösen nedves, kötött talajokon (Chen & Tessier, 1997; Birkás et al., 2002), A tárcsás művelés után a talaj felszíne a nedvességétartalmától függ. Száraz talajon durva, rögös felszín marad, ilyen esetben érdemes hengerezni is, hogy a rögöket aprítsuk. Nyirkos talajon közel egyenletes felszín alakul, amely elősegíti a nedvesség talajban tartását. A tárcsázás területteljesítménye jó, továbbá energiatakarékosnak is mondható (Cannell, 1985). Kísérletekben a tárcsás művelés kedvezőtlen eredményeket mutatott mivel a felszínhez közel kialakult tömörödés mellett a szinte fedetlen talajfelszín nagy mértékben volt kitéve az időjárás hatásainak, valamint a termés is gyengébb volt (Birkás et al., 2015).

Hazánkban a tárcsás művelést (16.ábra) nagy mértékben, körülbelül 10-15%-ban alkalmazzák az őszi gabonák alpművelésére, ez főként a művelés egyszerűsége miatt lehet mert a gazdák keresik a kevesebb költséggel járó műveleteket. A művelés alacsonyabb költségeivel együtt a hozam is gyengébb lett, azonban a tárcsatalp tömörödés javítása a következő művelés költségeit növelte. A jelen klíma körülmények között a minél mélyebb lazultréteg várhatóan egyre nagyobb jelentőséget kap majd, mivel a tárcsás művelés sekély lazultréteget képes kialakítani, ez pedig befolyásolhatja a tárcsázás szükségességét (Birkás et al., 2021).



16. ábra Tárcsával történő tarlóhántás esetén a talaj felső rétegében történik a keverés (Forrás: Axiál, 2024) (<http16>)

2.5 A talaj szén-dioxid kibocsátása

A talajok szén-dioxid kibocsátása természetes folyamat, a szénciklus rendkívül fontos része és jelentős szerepe van a klímaváltozásban is (Reich & Schlensinger, 1992). Természetes módon a talajok elnyelik az oxigént, a szén-dioxidot kibocsátják. A szerves anyagok bomlása aerob és anaerob körülmények között is szén-dioxid termelést eredményez. Szén-dioxidot termel még a mikrofauna, mikroflóra és a növények gyökérzete is (Kátai, 2008; Kovács, 2014).

Bebizonyították már, hogy az intenzív talajhasználat a légkörben található szén-dioxid mennyiségének növekedésében is szerepet játszik (Lal et al., 1998; Drees et al., 2001). A szén-dioxid kibocsátás az egyik fő oka az üvegházhatás kialakulásának. A mezőgazdaságból származó szén-dioxid kibocsátás fő okai az erőirtás, a mezőgazdasági gépek és a talajművelés (Tóth, 2011).

Kutatások bebizonyították, hogy a legnagyobb szén-dioxid kibocsátása a szántóföldi területeknek van, a legkisebb kibocsátást az erdősített területek mutatták. A talajművelés negatívan hat a legkörbe juttatott szén-dioxid mennyiségére nézve, mivel növeli azt. A kijuttatott mennyiséget nagyban befolyásolja a művelés módja, mélysége és a talaj típusa, az intenzív talajművelés ugyanis felgyorsítja a talajban található szerves anyagok bomlását, ezáltal növelve a szén-dioxid kibocsátást is (Buragienè et al., 2019) Leírták, hogy a szén-dioxid kibocsátás több mint 40%-kal magasabb lehet az intenzíven művelt területeken, mint a forgatás nélküli vagy direktvetéses termesztésben (Jacinthe et al., 2002).

2.6 Az alpművelések értékelése az üzemanyagfogyasztás alapján

Az üzemanyagfogyasztás egy kritikus pont a mezőgazdaság fenntarthatóságában és az egyik fő kiadás egy gazdaságban. Fontos a megfelelő alpművelési mód alkalmazása, hogy minél hatékonyabban és szakszerűbben legyen elvégezve a talajművelés mivel egy rosszul megválasztott talajmunka nem csak a termésre lehet káros hatással, hanem az üzemanyagfogyasztásra is ezzel is növelve a költségeket (Akbaria & Farhani, 2014; Lovarelli et al., 2018).

A dolgozatban bemutatott alpművelések közül a szántásnak van a legnagyobb energiaigénye, mivel a talaj mélyebb rétegeibe hatol az eke, ezért több földet mozgat meg, emellett a tömörödött talajok miatt még nagyobb lehet az ellenállás, így tovább nőhet az energiaigény is. Szántáskor, ha nem egy menetben történik az elmunkálás, akkor szintén tovább növekednek a költségek, mivel többször kell járatni a traktort a területen.

A forgatás nélküli alpművelésnek akár fele akkora lehet az energiaigénye mint a forgatásos művelésnek. A kisebb energiaigény köszönhető annak, hogy kevesebb föld kerül megmozgatásra és a művelések nagy része nem történik olyan mélységben, mint a szántás. A modern gépek már egy menetben elvégzik az alpművelést és annak elmunkálását is ezzel is tovább csökkentve a költségeket, valamint a talaj káros taposását. A direktvetés a legkisebb üzemanyagfogyasztással járó módszer, mivel vetés előtt nem történik külön talajművelés, a gépek csak a vetést végzik el, amely alacsonyabb energiaigényt, így a kisebb üzemanyagfogyasztást eredményez (Akbaria & Farhani, 2014; Lovarelli et al., 2018)

2.7 A szakirodalom értékelése

A szemescirok kiemelkedő szerepet játszik a világ több szárazabb régiójában, például Afrikában vagy Ázsiában, ahol a klimatikus viszonyok miatt más gabonafélék, például a kukorica vagy a búza nem termesztethető megfelelő termésbiztonsággal.

A cirok egyre növekvő szerepe a nem csak a szárazságtűrő képességének köszönhető, hanem annak is, hogy sokoldalú növény, ezért növeli az élelmiszer és takarmányellátás biztonságát a változó környezeti körülmények között. Emellett a magas cukortartalmú cirokfélékből cukrot és biogázt is elő lehet állítani, viszont ez hazánkra nem jellemző a feldolgozóipar hiánya miatt. A termesztéshez nem elég a megfelelő fajtaválasztás, nélkülözhetetlen a szakszerű talajművelés is. A talajművelés célja a talaj állapotának javítása, hogy kedvezőbb környezetet biztosítsunk a növények számára, valamint a káros hatások megelőzése is fontos szerepet játszik

Az alpművelés lehet forgatással vagy forgatás nélkül. A szántás forgatásos művelés, amely során a felső, gyengébb szerkezetű réteg cserélődik az alsó, jobb minőségűvel, míg a forgatás nélküli módszereknél, például lazításnál, tárcsázásnál a rétegek keverésére, lazítására irányulnak. A forgatás ökológiai és gazdasági szempontból vitatott, mivel a túlzott forgatás rontja a talaj szerkezetét, csökkenti a szerves anyag mennyiségét és vízvesztést okozhat. A mulcshagyó művelés segíti a talajnedvesség megőrzését és védi a talajt az eróziótól, emellett a direktvetés a bolygatatlan talajba való vetés, amely megőrzi a talajnedvességet és csökkenti a talajbolygatást.

A különböző talajművelési technikák befolyásolják a talajból felszabaduló szén-dioxid mennyiségét és a műveléshez szükséges energia mennyiségét.

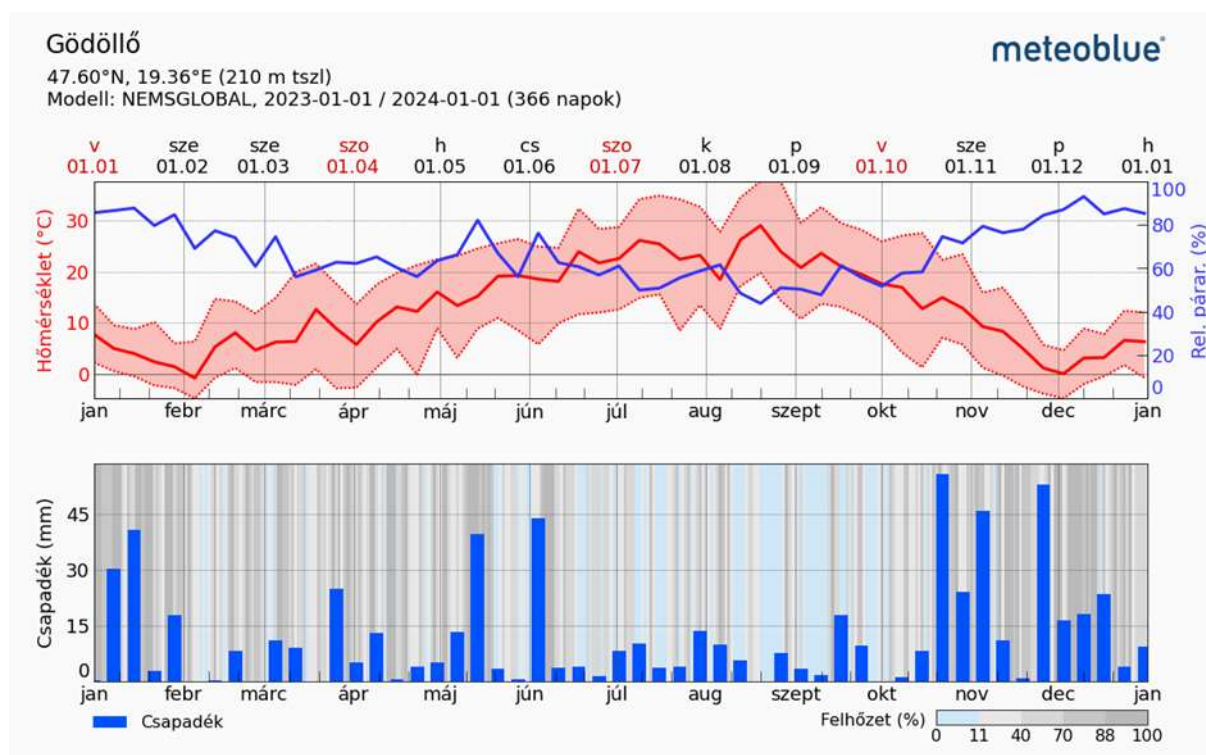
Összességében a talajművelés technikáinak megválasztása környezeti és gazdasági szempontból is fontos és a különböző módszerek eltérő hatással vannak a talaj egészségére és a növények fejlődésére.

3 Anyag és módszertan

3.1 A kísérleti terület tulajdonságai

A kísérleti terület Gödöllőn, a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem tangazdaságában található, Szárítópusztán. A terület adottságai nem feltétlen ideálisak a szántóföldi növénytermesztés szempontjából. A terület az északi szélesség 47°58' és a keleti hosszúság 19°38' koordináták metszéspontján található, sík terepen helyezkedik el. Tengerszint feletti magassága 233 m. Az évi középhőmérséklet 9,5-10 °C. Az évi napfénytartalom 1950 óra körül mozog. Az évi csapadék mennyisége 550-600 mm körül van (17.ábra) (Meteoblue, 2024).

Az éghajlat kontinentális típusú, a tél általában hideg, de gyakran enyhe, a nyár hosszú és meleg, jellemzőek az időjárási szélsőségek (Szabó, 2017).



17. ábra: Gödöllő hőmérséklete és csapadék mennyisége (Forrás: Meteoblue, 2023-2024) ([http17](http://17))

A gödöllői-dombság északnyugat felől az alföld felé fokozatosan lejt, de völgyek is megtalálhatók benne. A magja északnyugaton miocén homokkő és kavics, amit az Alföld felé felső-pannóniai (levantei) homokos-agyagos üledék követ. Erre települ az ŐsDuna és mellékfolyói által elterített kavics (Kerepes), helyenként pedig pannon végi édesvízi mészkő és márga, valamint mésszel cementált homok. Mindezt délkelet felé fokozatosan vastagodó

lössréteg és futóhomok borította be a pleisztocénben. A talajok a magasabb fekvésű, valamint a homokosabb helyeken agyagbemosódásos barna erdőtalajok, amelyek délkelet felé, valamint a dombhát keleti és nyugati peremei felé fokozatos átmenettel barnaföldnek, csernozjom barna erdőtalajnak és végül mészlepedékes csernozjomnak adják át helyüket (Stefanovits, 1999).

3.2 Talajminta vizsgálati eredmények

Az alábbi ábrán (*1.táblázat*) a vizsgált terület fontosabb talajparaméterei láthatók. A talajminta mérés és ahhoz kapcsolódó adatok 2019-ben készültek Dr. Kónya Bálint által.

A mostani mérési adatok összhangban vannak a korábbi kísérletek eredményeivel, hasonló értékeket mutatva. Az új adatok alátámasztják a korábbi mérések adatait. 2009-es mérések alapján a 0-30 cm-es mélységben a nátrium 16,8 mg/kg, a foszfor-pentoxid 371,1 mg/kg és a kálium-oxid 184 mg/kg-os értéket mutatott (Mikó, 2009).

1.táblázat A kísérleti terület fontosabb talajtani adatai (2019)

Vizsgált paraméterek	Mérési eredmények
Vizsgált szint mélysége	0-30
pH (KCl 1:2,5) [-]	6,42
Arany-féle kötöttségi szám [K_A]	37
Vízben oldható összes só [m/m %]	<0,02
Szénsavas mész [m/m%]	<0,1
Humusz [m/m%]	1,4
Nitrogén-nitrit+nitrát (kálium-klorid oldható) [mg/kg légsz.a.]	5
Magnézium (kálium-klorid oldható) [mg/kg légsz.a.]	204
Kén (kálium-klorid oldható) [mg/kg légsz.a.]	1,9
Kálium-oxid (ammonium-laktát oldható) [mg/kg légsz.a.]	226
Nátrium (ammonium-laktát oldható) [mg/kg légsz.a.]	17
Foszfor-pentoxid (ammonium-laktát oldható) [mg/kg légsz.a.]	376
Réz (kálium-kloridos EDTA oldható) [mg/kg légsz.a.]	3,3
Mangán (kálium-kloridos EDTA oldható) [mg/kg légsz.a.]	184
Cink (kálium-kloridos EDTA oldható) [mg/kg légsz.a.]	2,0

Összességében elmondható, hogy a szárítópusztai terület tápanyag-ellátottsága jó, a nitrogén és a foszfor tartalom közepes, illetve a kálium tartalom jó (Mikó, 2009).

3.3 A kísérlet beállításai

A kísérletben négy különböző alpművelési eljárást alkalmaztunk melyek a tárcsázás, lazítás, szántás és direktvetés voltak. Mindegyik sávban négy ismétlés lett kialakítva 2-2 méteres üres sávokkal, amelyek talajmaróval lettek kialakítva. A sávoknak köszönhetően nemcsak könnyen megkülönböztethetőek az ismétlések, hanem megközelíthetőség szempontjából is előnyösek (18.ábra).

2m						
1.ismétlés 20m		2.ismétlés		3.ismétlés		4.ismétlés
2m						
2.ismétlés		3.ismétlés		4.ismétlés		1.ismétlés
2m						
3.ismétlés		4.ismétlés		1.ismétlés		2.ismétlés
2m						
4.ismétlés		1.ismétlés		2.ismétlés		3.ismétlés
27m Tárcsázás	2m	27m Lazítás	2m	27m Szántás	2m	27m Direktvetés

18. ábra: Szárítópuszta kísérleti térkép (Forrás: Bozóki, B. 2023)

A terület 120 méter x 95 méter (szélesség x hosszúság), a kísérletre elvégzésére tervezett terület pedig 114 méter x 88 méter volt, körülbelül 1 hektár.

Az elővetemény zöldborsó volt. A cirok vetése június 28-án került elvégzésre, körülményes volt a folyamat az időjárás kiszámíthatatlansága miatt, így két kevésbé csapadékosabb napon lehetett csak megvalósítani azt.

2023. június 27-én történt a talajelőkészítés, ahol a tárcsázást egy 3,6 méteres vontatott 'V' tárcsával, lazítást egy Vogel Noot TerraDig XS-el , valamint szántást végeztek egy Kverneland EG-LB 4 fejes váltvaforgató ekével és Kverneland Packomat szántáselmunkálóval. A vetést másnap, június 28-án, 75 cm-es sortávval, 300.000 szem/ha vetési sűrűséggel és 9

kg/ha magmennyiséggel, 7,8 cm-es tőtávval, 4 soros MaterMacc MAGICSEM 4000 vetőgéppel végezték. Az ezt követő hengerezéshez Vaderstad Rolex 620 hengert használtak.

A vegyszeres gyomirtás 2023. június 29-én történt Successor TX (3,5 liter/ha) preemergens szerrel. A növények kelesztő öntözésére 2023. július 1-jén került sor csévélődobos rendszerrel. Júliusban és augusztusban talajmarózást végeztek Yanmar UPR20 talajmaróval.

A tervezett betakarítás az októberi esőzések miatt elmaradt, ezért a szármaradványokat csak 2024. február 28-án forgatták vissza a talajba, BK 3011 B típusú szárzúzóval.

3.4 A vizsgálatok és használt eszközök

A kísérlet folyamán számos mérést végeztünk. Minden mérés alkalmával megvizsgáltuk a talaj szén-dioxid kibocsátását és agronómiai szerkezetét. Méréseket összesen hat alkalommal végeztünk a vizsgált területen. Az első mérés júniusban, közvetlenül az alapművelés után történt, a második mérés szintén júniusban, a vetés után történt. A további méréseket minden hónapban rendszeresen végeztük el, az utolsó mérésre októberben került sor. Minden mérés alkalmával megfigyeltük a gyomok és az árvakelések mennyiségét és a megjelenő fajokat is.

3.4.1 Agronómiai szerkezet vizsgálata

A vizsgálathoz szükség volt a talajmintákra, egy szitára, egy konyhai mérlegre, tárolók amelyekbe a leszitált földet tettük és végül egy laptopra amelyen az Excel táblázatot nyitottuk meg.

A mérések alkalmával a vizsgált terület minden ismétlésének három-három különböző pontjáról vettünk talajmintákat, hogy minél jobban le tudjuk fedni a vizsgált tábla egészét. A mintavétel folyamata során ásóval annyi talajt vettünk, amely belefért egy papírzacskóba. A talajjal teli zacskókat megjelöltük, hogy könnyen megkülönböztethetők legyenek, majd ládába gyűjtöttük őket a könnyebb szállítás és tárolás érdekében. A mintákat hagyni kellett kiszáradni, hogy szitával elkülöníthetők legyenek a por-, morzsa- és rögrakciók. A szitáláskor minden papírzacskóba gyűjtött mintát egyesével leszitáltuk, hogy a lehető legtöbb adatot tudjuk gyűjteni a vizsgált területről. A szita négy különböző méretű résszel rendelkezett (19.ábra), az első részben maradt a rögrakció (10 milliméternél nagyobb szemcsék), a második részben maradt a morzsafrakció (2,5-10 milliméteres szemcsék), a harmadik részbe került az aprómorzsafrakció (0,25-2,5 milliméteres szemcsék), végül a szita legalsó részébe került a porfrakció (0,25 milliméternél kisebb szemcsék). A leszitált frakciók tömegét egy mérleggel megmértük, majd egy Excel táblázatba vittük fel az összes mért adatot százalékosan lebontva



19. ábra: Szitasor különböző talajfrakciókkal (Forrás: Saját kép, 2023)

3.4.2 Szén-dioxid kibocsátás mérése

A mérések elvégzéséhez szükség volt egy szén-dioxid kibocsátást mérő eszközre, illetve papírra és tollra, amelyekkel feljegyeztük a mért adatokat.

A méréseket egy PP Systems EGM-4 típusú infravörös szén-dioxid gázanalizátorral végeztük (20. ábra). Az eszköz infravörös gázelemzéssel állapítja meg a szén-dioxid kibocsátást, ennek köszönhetően néhány ppm (parts per million) pontossággal azonnali mérések elvégzésére ad lehetőséget. A mérés folyamat során elsőként az eszközt a mérésnek megfelelően be kell állítani, ezt követően használatra kész az eszköz. Minden mérés előtt a kamrát szellőztetni szükséges. Szellőztetéskor fontos, hogy azt a levegőben tartsuk, amíg a gép sípoló hangot ad ki. Fontos még, hogy ne hajoljunk közel a hozzá, mivel a kilélegzett levegő bezavarhat a mérés és szellőztetés közben.

Méréskor a kamrát a talaj felszínére kell helyezni, enyhén a talajba nyomni, hogy a kamrán kívüli levegő ne juthasson be. A méréshez megnyomjuk a szükséges gombot, utána várunk amíg az eszköz visszaszámlálója a nullára ér. Az értékeket leolvassuk és feljegyezzük a táblázat megfelelő részébe, ezt a műveletet elvégezzük minden ismétlésben három-három különböző ponton, hogy a lehető legnagyobb területet le tudjunk fedni és megfelelő értékeket kapjunk. A méréseket minden hónapban elvégeztük.



20. ábra: PP Systems EGM-4 infravörös szén-dioxid gázanalizátor (Forrás: Saját kép, 2023)

Összességében a vizsgálatok során alkalmazott mérési módszerek és eszközök segítségével lehetőség volt a talaj agronómiai szerkezetének és szén-dioxid kibocsátásának részletes megfigyelésére. A rendszeres mintavételeknek és adatgyűjtéseknek köszönhetően átfogó képet kaptunk a terület adottságairól.

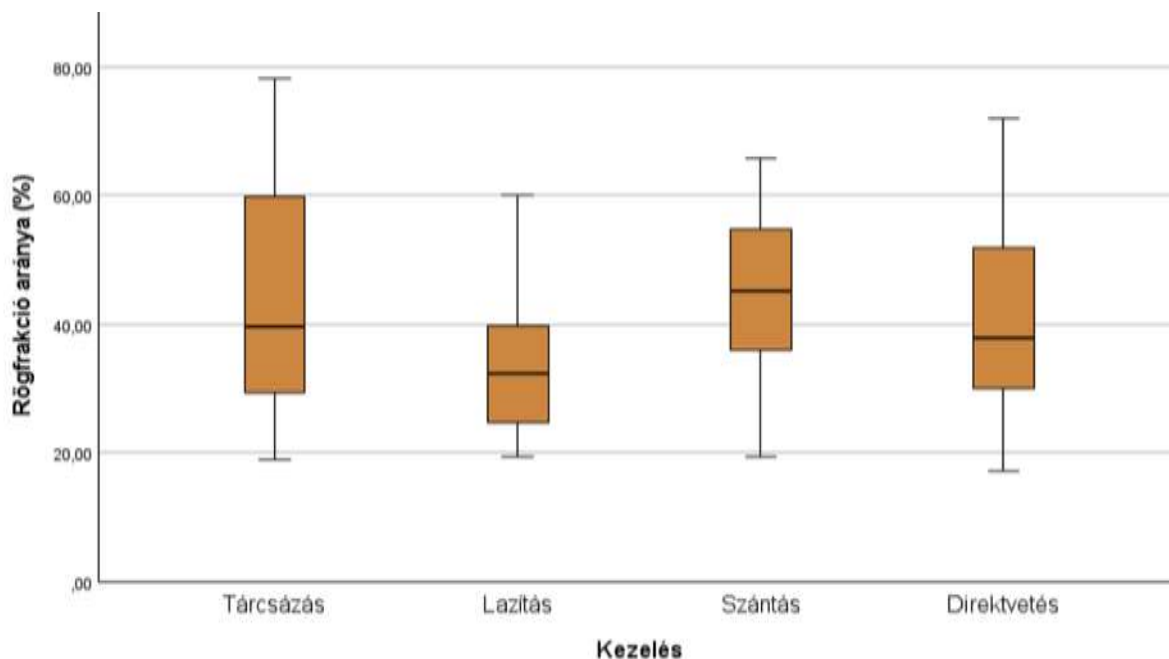
3.5 Statisztikai elemzés

Az adatok statisztikai értékelése az IBS SPSS Statistics 29 és a Microsoft Excel szoftverekkel készültek. Az adatok statisztikai értékelésére egytényezős variancia-analízist (ANOVA) alkalmaztam. Az értékelés után, ha a varianciaanalízis szignifikáns eredményt mutatott akkor a kiemelkedő eltérést mutató mérési adatok meghatározására a Tukey HSD post hoc próbát végeztem el. Mivel a szignifikancia teljesült a vizsgálatok során, ezért minden vizsgálat végén egy mátrixtáblázatot készítettem.

4 Eredmények

4.1 Agronómiai szerkezet

A következő ábra a területen található rögfrakciók arányát mutatja meg kezelésekre lebontva (21. ábra).



21. ábra: A területen található rögfrakciók aránya

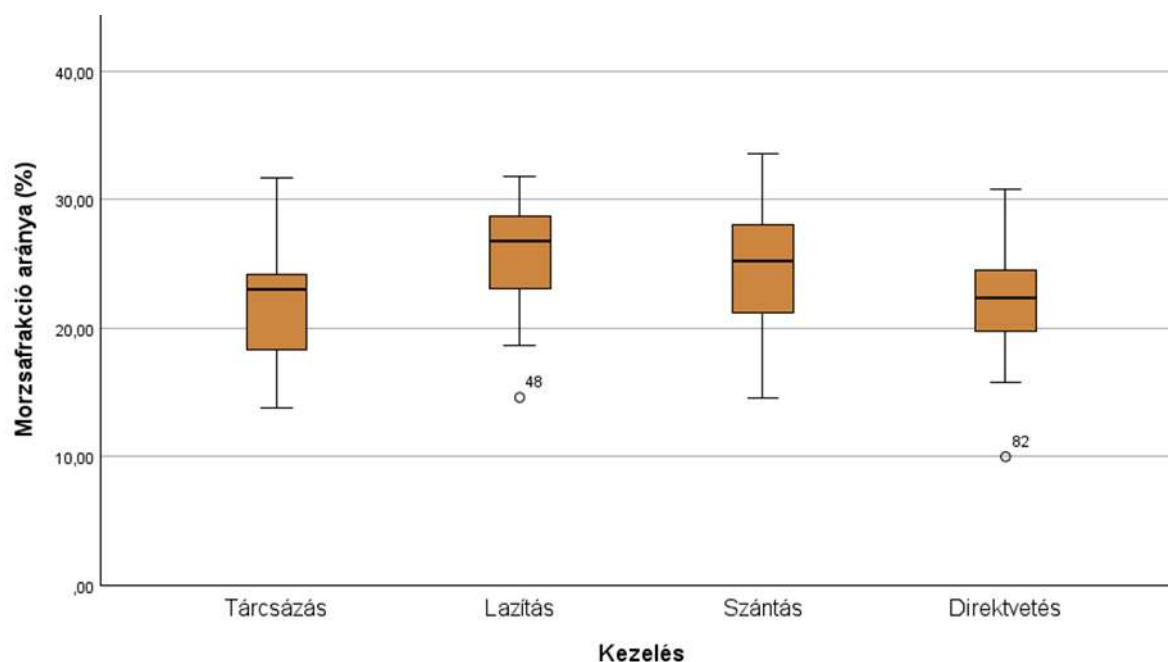
A statisztikai elemzés adataiból megállapítható, hogy szignifikáns különbség van kezelések között [$F(3, 92) = 3,232$, $p = 0,026$]. A 2. táblázat megmutatja a Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményeit, hogy a rögfrakciók a legnagyobb arányban a szántásban fordultak elő $45,0333 \pm 11,8384$ %, ezt követte második helyen a tárcsázás $43,2696 \pm 17,7731$ %. A harmadik helyen a direktvetés áll $39,9346 \pm 13,5464$ %-os rögfrakció aránnyal. Végül a legkevesebb rögfrakciók arányát a lazítás mutatta $33,6604 \pm 10,2995$ %. Az eredmények alapján a lazítás mutatta a legkisebb eltérést a minimum és maximum értékek között, a legnagyobb eltérést pedig a tárcsázás mutatta. Az adatok alapján legmagasabb medián értéket a szántás mutatta, ezt követte második helyen a tárcsázás, harmadikként a direktvetés, végül a legkisebb értéket a lazítás mutatta.

2. táblázat: Post-hoc összehasonlítása az alapművelési módok közötti átlagos különbségeknek a rögfrakciók aránya alapján.

R%	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás				
Lazítás	-9,6092			
Szántás	1,7638	11,3729*		
Direktvetés	-3,3350	6,2742	-5,0988	

A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy a rögfrakciók tekintetében az adatok szignifikáns különbséget mutattak a lazítás és a szántás kezelésekben, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

A következő ábra a területen található morzsafrakciók arányát mutatja meg kezelésekre lebontva (22. ábra)



22. ábra: A területen található morzsafrakciók aránya

A statisztikai elemzés adataiból megállapítható, hogy szignifikáns különbségek vannak a kezelések között [F (3, 92) = 4,254, p = 0,007]. A 3. táblázat megmutatja a Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményeit, hogy a morzsafrakciók a legnagyobb arányban a lazításban fordultak elő $25,8650 \pm 4,4428$ %, ezt követte második helyen a szántás $24,6213 \pm 4,5534$ %. A harmadik helyen a tárcsázás áll $22,2704 \pm 4,9397$ %-os morzsafrakció aránnyal. Végül a legkevesebb

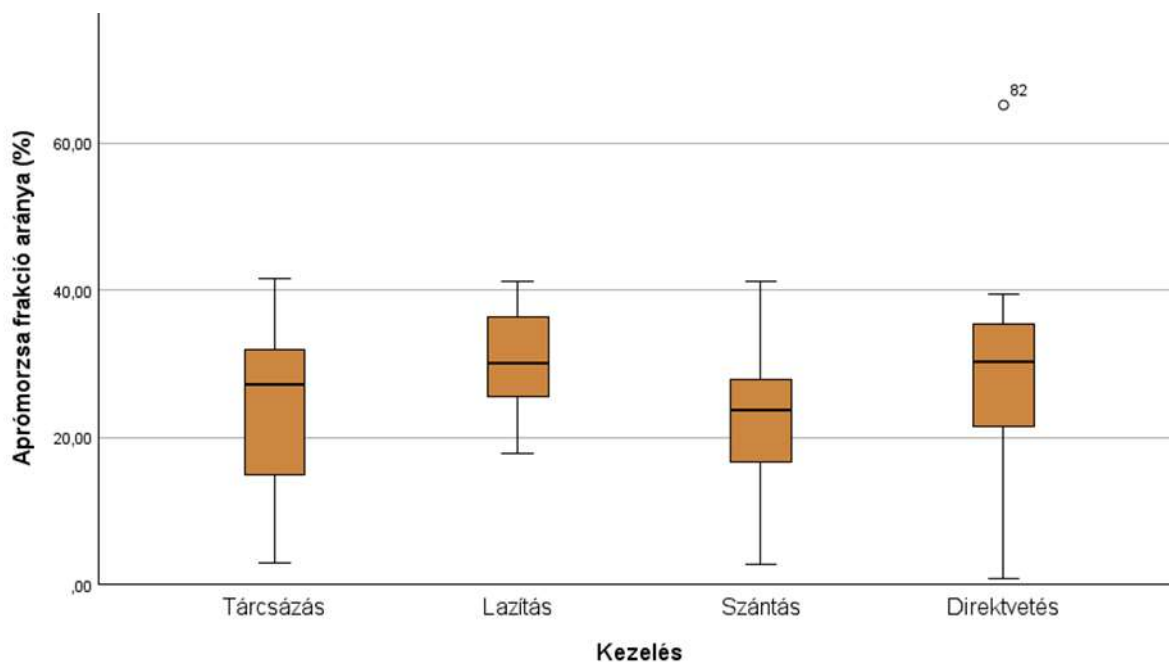
morzsafrakció arányát a direktvetés mutatta $21,7779 \pm 4,4496$ %. Az eredmények alapján a lazítás mutatta a legkisebb eltérést a minimum és maximum értékek között, a legnagyobb eltérést pedig a tárcsázás. Az adatok alapján legmagasabb medián értéket a lazítás mutatta, ezt követte második helyen a szántás, harmadikként a tárcsázás, végül a legkisebb értéket a direktvetés mutatta. A lazításnál és a direktvetésnél tapasztalható volt egy-egy kiugró érték, ahol a morzsafrakció aránya alacsonyabb volt az átlagosnál. Az alacsonyabb arányt okozhatta, a talajminta hibás szitálása vagy nagyobb tömörödés a mintavétel helyén, ennek okai lehetnek a nagyobb nedvességtartalom, a traktor taposása vagy művelési hiba is.

3. táblázat: Post-hoc összehasonlítása az alpművelési módok közötti átlagos különbségeknek a morzsafrakciók aránya alapján.

M%	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás				
Lazítás	3,5946*			
Szántás	2,3508	-1,2438		
Direktvetés	-0,4925	-4,0871*	-2,8433	

A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy az morzsa frakciók tekintetében az adatok szignifikáns különbséget mutattak a lazítás és a direktvetés, valamint a lazítás és a tárcsázás kezelésekben, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

A következő ábra a területen található aprómorzsa frakciók arányát mutatja meg kezelésekre lebontva (23. ábra)



23. ábra: A területen található aprómorzsa frakciók aránya

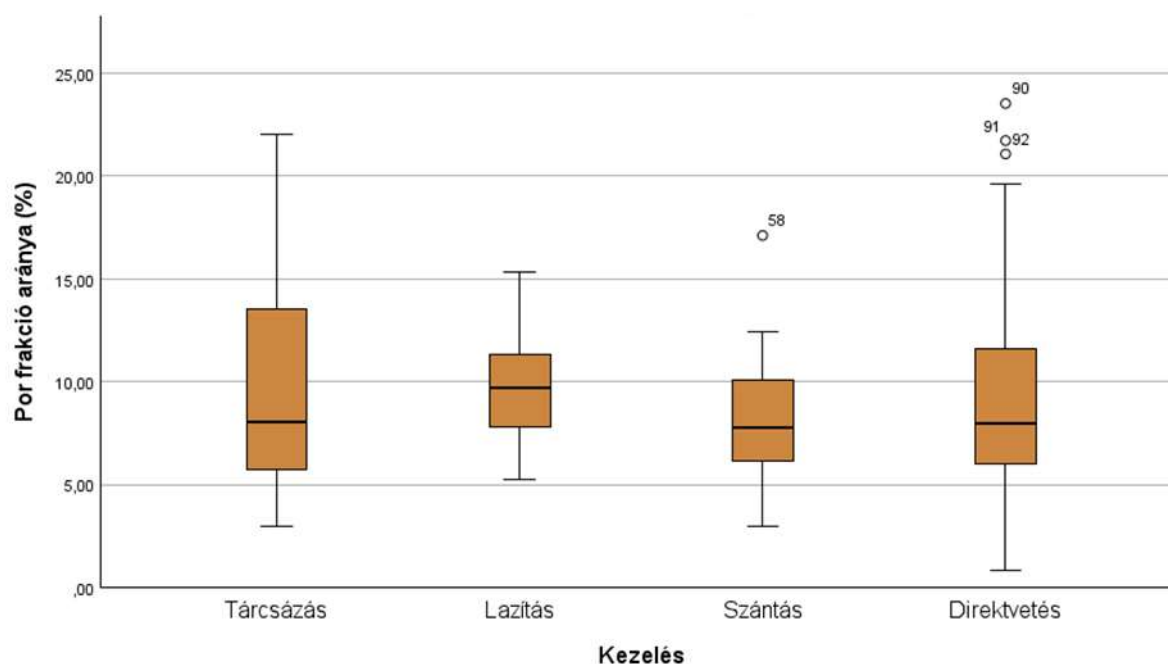
A statisztikai elemzés adataiból megállapítható, hogy szignifikáns különbségek vannak a kezelések között [$F(3, 92) = 3,418$, $p = 0,021$]. A 4. táblázat megmutatja a Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményeit, hogy az aprómorzsa frakciók a legnagyobb arányban a lazításban fordultak elő $30,7779 \pm 6,6775\%$, ezt követte második helyen a direktvetés $28,5383 \pm 12,4754\%$. A harmadik helyen a tárcsázás áll $24,4096 \pm 11,4354\%$ -os aprómorzsa frakció aránnyal. Végül a legkevesebb aprómorzsa frakció arányát a szántás mutatta $22,3375 \pm 9,0778\%$. Az eredmények alapján a lazítás mutatta a legkisebb eltérést a minimum és maximum értékek között, a legnagyobb eltérést pedig a direktvetés. Az adatok alapján legmagasabb medián értéket a direktvetés mutatta, ezt követte második helyen a lazítás, harmadikként a tárcsázás, végül a legkisebb értéket a szántás mutatta. A direktvetésnél tapasztalható volt egy kiugró érték, hogy az aprómorzsa frakciók aránya magasabb volt az átlagosnál. A magasabb arányt okozhatta például a talajminta erősebb rázása szitálás közben, vagy a szárazabb, illetve erodáltabb területről történő mintavétel.

4. táblázat: Post-hoc összehasonlítása az alpművelési módok közötti átlagos különbségeknek az aprómorzsa frakciók aránya alapján.

AM%	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás				
Lazítás	6,3683			
Szántás	-2,0721	-8,4404*		
Direktvetés	4,1288	-2,2396	6,2008	

A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy az aprómorzsa-frakciók tekintetében az adatok szignifikáns különbséget mutattak a lazítás és a szántás kezelésekben, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

A következő ábra a területen található porfrakciók arányát mutatja meg kezelésekre lebontva (24. ábra)



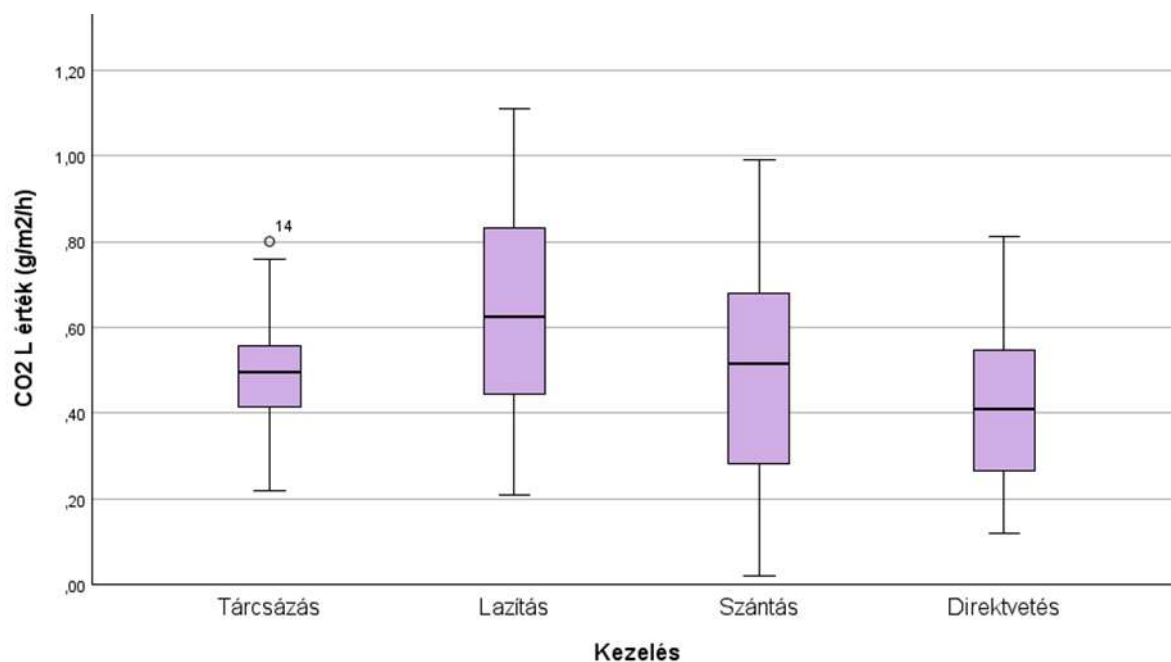
24. ábra: A területen található porfrakciók aránya

A statisztikai elemzés adataiból megállapítható, hogy nincs szignifikáns különbség a kezelések között [$F(3, 92) = 0,957$, $p = 0,417$]. Látható, hogy a porfrakciók a legnagyobb arányban a tárcsázásban fordultak elő $10,0513 \pm 5,4429\%$, ezt követte második helyen a direktvetés $9,7500 \pm 6,2513\%$. A harmadik helyen a lazítás áll $9,6950 \pm 2,5751\%$ -os porfrakció

arányal. Végül a legkevesebb porfrakció arányát a szántás mutatta $8,0096 \pm 3,2295$ %. Az eredmények alapján a lazítás mutatta a legkisebb eltérést a minimum és maximum értékek között, a legnagyobb eltérést pedig a direktvetés. Az adatok alapján legmagasabb medián értéket a lazítás mutatta, ezt követte második helyen a tárcsázás, harmadikként a direktvetés, végül a legkisebb értéket a szántás mutatta. A szántásnál és a direktvetésnél kiugró értékek voltak tapasztalhatóak, a porfrakciók aránya magasabb volt az átlagosnál. A magasabb arányt okozhatta, hogy a szántás után a hátramaradt fedetlen talajfelszín hajlamos a kiszáradásra ezáltal és ez eredményezheti a talajfrakciók aprózódását.

4.2 A szén-dioxid kibocsátás

Az alábbi táblázat (25. ábra) tartalmazza a szén-dioxid kibocsátásra vonatkozó adatokat a kezelésekre lebontva.



25. ábra: A területen mért szén-dioxid kibocsátás értékei

Az eredmények vizsgálatából megállapítható, hogy statisztikailag szignifikáns különbség van a kezelések között [$F(3, 92) = 4,156$, $p = 0.008$]. Az 5. táblázat megmutatja a Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményeit, hogy a legmagasabb kibocsátási értékeket a lazítás mutatott $0,6496 \pm 0,2512$ g/m²/h értékkel, ezt követte a szántás $0,5050 \pm 0,2696$ g/m²/h értékű kibocsátással. A harmadik legmagasabb szén-dioxid kibocsátást a tárcsázás mutatta, $0,4975 \pm 0,1543$ g/m²/h. Végül a legalacsonyabb kibocsátást a direktvetés mutatta, amelynek értéke $0,4271 \pm 0,2044$ g/m²/h. Az eredmények alapján a tárcsázás mutatta a legkisebb eltérést

a minimum és maximum értékek között, a legnagyobb értéket pedig a szántás mutatta. A legmagasabb medián értéket a lazítás mutatta, ezt követte a szántás, majd a tárcsázás, végül a direktvetés. A tárcsázásnál tapasztalható volt egy kiugró érték, amely lehetett egy mérési hiba vagy egy olyan mérési pont, ahol az átlaghoz képest magasabb volt a szén-dioxid koncentráció. Ennek több okai is lehetnek, például a talajnedvesség megváltozása, több szerves anyag egy ponton vagy a talajban található repedéseken kiszabaduló szén-dioxid.

5. táblázat: Post-hoc összehasonlítása a különböző alpművelési módok közötti, szén-dioxid kibocsátás átlagos különbségének.

Szén-dioxid kibocsátás	Tárcsázás	Lazítás	Szántás	Direktvetés
Tárcsázás				
Lazítás	0,1521			
Szántás	0,0075	-0,1446		
Direktvetés	-0,0704	-0,2225*	-0,0779	

A Tukey HSD post-hoc vizsgálat eredményei alapján elmondható, hogy a szén-dioxid kibocsátás tekintetében az adatok szignifikáns különbséget mutattak a lazítás és a direktvetés kezelésekben, azonban a többi kezelést összehasonlítva azok nem mutattak szignifikáns eltérést.

5 Következtetések és javaslatok

A szántott területen, az irodalmi adatokkal ellentmondva (Birkás et al., 2018b), kevesebb volt rögfrakció aránya, ez magyarázható azzal, hogy a szántással egy menetben elmunkálás is történt (Birkás et al., 2018b). A porfrakciók alacsonyabb aránya az irodalmi adatokat igazolja, hogy az utóbbi évek enyhe telei miatt elmarad a fagyhatás, ezért a rögök aprózódása is elmarad (Birkás, et al., 2018b). A szántott területen a szén-dioxid kibocsátás értéke magas volt, ezt igazolják az irodalmakban olvasható kísérletek eredményei is (Buragienė et al., 2019) továbbá itt volt tapasztalható a legnagyobb különbség a kibocsátás minimum és maximum értéke között.

A bolygatatlan direktvetésben a rögfrakciók aránya magas, a morzsafrakciók aránya alacsony volt, ez megegyezik az irodalmakban leírtakkal (Percze et al., 2008). A direktvetésben a szén-dioxid kibocsátás szintje volt a legalacsonyabb, ahogy az irodalmakban is olvasható (Jacinthe et al., 2002). Az alacsony szén-dioxid kibocsátás magyarázható azzal, hogy nem történt bolygatás a talaj mélyebb rétegeiben (Birkás, 2006; Birkás et al., 2015). Eleinte vontatottan fejlődtek a növények a direktvetés területén, ez indokolható a tömörebb talajállapottal. A gyengébb kezdeti fejlődés miatt ráadásul a gyomok előnybe kerülhetnek a kultúrnövénnyel szemben (Kovács, 2014).

Megegyezően az irodalmakban olvasottakkal, a lazításban volt legkisebb a rögfrakciók aránya, a morzsafrakciók és aprómorzsa frakciók aránya magas volt (Bencsik, 2009). A lazított területen a szén-dioxid kibocsátás azonban kiemelkedően magas értékeket mutatott, ez ellentmond az irodalmakban olvasottaknak, miszerint a forgatás nélküli művelésben a kibocsátás aránya általában alacsonyabb (Jacinthe et al., 2002).

A tárcsás művelésben a rögfrakciók aránya a második legmagasabb volt, ezt csak a szántás előzte meg. A porfrakciók aránya viszont a legmagasabb volt a művelések közül. A morzsafrakciók aránya igen kevés volt, egyedül a direktvetés mutatott alacsonyabb arányt. A szakirodalmi adatokkal megegyeznek a kísérletben tapasztaltak (Birkás & Gyuricza, 2004). A szén-dioxid kibocsátás a tárcsázásnál mutatta a legkisebb eltérést a minimum és maximum érték között.

A talaj bolygatottsága és a művelés mélysége befolyásolja a növények növekedését. A kísérlet során szemmel látható különbség volt a bolygatott és a bolygatatlan ismétlések között. A szántásban fejlődtek a növények a legnagyobb mértékben, a lazításban, illetve tárcsázásban hasonlóak voltak a növények, a direktvetésben pedig a legalacsonyabbak.

A különböző művelések energiaigénye között jelentős különbségek vannak. A direktvetéshez szükséges a legkisebb energia, de a jelentősen lecsökkentett talajmunkák miatt

elképzeltető, hogy nem sikerül kialakítani a megfelelő minőségű talajt a növények számára a növekedéshez. A szántással a talaj mélyebb részeit is meg lehet művelni, de ez nagyobb energiaigénnyel jár. Érdekes mérlegelni, hogy a talajviszonyokhoz, a környezethez és az elvárt terméshez melyik művelési mód illeszkedik a legjobban, hogy megóvjuk a talajminőséget és a költségeket pedig minimalizálni lehessen.

A termesztett szemescirok, ahogy az irodalmakban olvasható, a direktvetésben kezdetben vontatottan növekedett, majd csak később érte el azt a fejlettségi szintet, mint a kísérlet többi kezelésében lévő növény. A lazításos és tárcsás művelésben a növények fejlődése között nagy eltérés nem volt tapasztalható, szint ugyan olyan ütemben fejlődtek. A szántásban voltak a növények a legerősebbek, kezdetben itt növekedtek a legnagyobb ütemben és a kísérlet ideje alatt a szántott területen voltak a legfejlettebbek a növények.

Forgatásos talajművelésnél érdemes minden esetben elmunkálni azt, mivel a szakirodalmak szerint és a kísérletben tapasztaltak is azt igazolják, hogy a rögök aránya csökken elmunkálás esetén, emellett a lezárt talajfelszín kevesebb nedvességet veszít.

A direktvetés költséghatékonyságát mérlegelni kell, mivel a bolygatatlan talajon a kultúrnövények eleinte vontatottan fejlődnek, ezért a gyomnövények előnybe kerülhetnek. Érdekes lehet a direktvetéskor növényvédelmi intézkedéseket is tenni, hogy a gyomnövényeket kellően vissza lehessen szorítani.

Összességében elmondható, hogy mind a talajfrakciók és a szén-dioxid kibocsátás adatai megegyeznek az irodalmakban leírtakkal, azonban tapasztaltunk eltéréseket is, ez köszönhető az eltérő évjáráthatásnak, valamint a terület tulajdonságainak is.

6 Összefoglalás

Kísérletünkben négyféle művelésben, amelyek a tárcsázás, lazítás, szántás és direktvetés voltak, vizsgáltuk a szemescirok termesztését. A kísérlet során különböző vizsgálatokat végeztünk a növényekre és a talajra vonatkozóan, dolgozatomban a talaj agronómiai szerkezetét, szén-dioxid kibocsátását részleteztem.

A gyengébb talajadottságok mellett és a kedvezőtlen csapadékeloszlás ellenére megállapítható, hogy a szemescirok valóban egy olyan növény, amely ellenáll a huzamosabb ideig fennálló, szárazabb időjárásnak és a gyengébb talajokon is képes jól teljesíteni, ami igazolja a nemzetközi és hazai irodalmakban leírtakat.

A talajvizsgálatok alapján megállapíthatjuk, hogy a talaj bolygatottsága és a művelési mélység jelentős hatással volt a növények fejlődésére. A szántásban mutatkozott a legerőteljesebb növekedés, míg a direktvetés területein a növények fejlődése és kelése vontatottabb volt. Ez természetesen összefügg azzal, hogy a direktvetés előnyös tulajdonságait csak hosszútávon, 3-5 év folyamatában képes kifejteni.

A szakirodalmak szerint a forgatásos művelésben nagyobb a szén-dioxid kibocsátás, mint a forgatás nélküli művelésben. A kísérletünkben viszont a lazítás mutatta a legnagyobb értéket, ezt érdemes lehet tovább vizsgálni, hogy több és pontosabb adatot kapjunk erről. További vizsgálatok szükségesek azonban a szántás hosszútávú alkalmazásának hatásának vizsgálatára. A kísérlet során a szántásban teljesített legjobban a cirok, de érdemes lehet vizsgálni, amennyiben egy területen több éven keresztül azonos módon történik a szántás, az hogyan befolyásolná a növény fejlődését. Továbbá, érdemes lenne vizsgálni, hogy a szemescirok tényleg helyettesítheti-e a kukoricát a különböző alpművelések alkalmazása esetében.

Összefoglalóan tehát, a további szántóföldi vizsgálatokkal olyan részletes ismeretekre tehetünk szert, amelyek hozzájárulnak a fenntartható növénytermesztéshez, támogatják a környezetbarát művelési gyakorlatokat, és elősegítik a talaj egészségének megőrzését a jövő generációk számára.

7 Irodalomjegyzék

1. **Adams, R. M., Hurd, B. H., Lenhart, S., & Leary, N.** (1998). Effects of global climate change on agriculture. *Climate Research*, Washington: Inter-Research. 19-30.
2. **Akbarnia, A., & Farhani, F.** (2014). Study of fuel consumption in three tillage methods. *Research in Agricultural Engineering*. 60. 142–147.
3. **Anglani, C.** (1998). Sorghum for human food--a review. *Plant Foods for Human Nutrition*, Dordrecht. 85-95.
4. **Armah-Agyeman, G., Loiland, J., Karow, R., & Bean, B.** (2002). *Sudangrass*. Extension Service, Oregon State University. Corvallis. 1-5.
5. **Aruna, C., Visarada, K. B. R. S., Bhat, B. V., & Tonapi, V. A.** (2018). *Breeding Sorghum for Diverse End Uses*. Woodhead Publishing. 175-187.
6. **Assefa, Y., Staggenborg, S. A., and Prasad, V. P. V.** (2010). Grain sorghum water requirement and responses to drought stress: A review. 9(1). 1-11.
7. **Bádonyi, K., Hegyi, G., Benke, S., Madarász, B., & Kertész, Á.** (2008). Talajművelési módok agroökológiai összehasonlító vizsgálata. *Agrokémia és Talajtan*. 6(1-2). 145–163.
8. **Bencsik, K.** (2009). Talajhasználati módszerek értékelése talajvédelmi szempontból. Doktori (Ph.D) értekezés. Gödöllő. 1-5.
9. **Bereczki, L.** (2008). *Talajművelési Alap gondolatok*. Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet. 1-10.
10. **Berenji, J., Dahlberg, J., Sikora, V., & Latković, D.** (2011). Origin, history, morphology, production, improvement, and utilization of broomcorn [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] in Serbia. *Economic Botany*, Springer Nature. Novi Sad. 190-208.
11. **Birkás, M.** (2006). *A direktvetés. Környezetkímélő alkalmazkodó talajművelés*. Akaprint Kiadó. Budapest. 350–354.
12. **Birkás, M.** (2008). A mulcsművelés hazai gyakorlata. *Talajművelési Közlemények*, 19(8). 1-3.
13. **Birkás, M., & Gyuricza, C.** (2004). *Talajhasználat – Műveléshatás – Talajnedvesség*. Quality-Press Nyomda & Kiadó Kft.
14. **Birkás, M., Balla, I., Gyuricza, C., Kende, Z., Kovács, G. P., & Percze, A.** (2021). Hátráltató és előrevívő tényezők a hazai talajművelésben. *Agrokémia és Talajtan*. 155-170.

15. **Birkás, M., Dekemati, I., Kende, Z., & Pósa, B.** (2017). Review of soil tillage history and new challenges in Hungary. *Hungarian Geographical Bulletin*, Geographical Institute, Research Centre for Astronomy and Earth Sciences (CSFK). 55–64.
16. **Birkás, M., Dekemati, I., Kende, Z., Radics, Z., & Szemők, A.** (2018). A sokszántásos műveléstől a direktvetésig. Előrehaladás a talaj művelésében és védelmében. *Agrokémia és Talajtan*. Akadémiai Kiadó. Gödöllő, 253-268.
17. **Birkás, M., Jolánkai, M., Gyuricza, C., & Percze, A.** (2004). Tillage effects on compaction, earthworms, and other soil quality indicators in Hungary. *Soil & Tillage Research*. 78. 185–196.
18. **Birkás, M., Jug, D., Kende, Z., Kisić, I., & Szemők, A.** (2018). Soil tillage responses to climate threats. Revaluation of the classic theories. *Agriculturae Conspectus Scientificus*. 83(1), 1-9.
19. **Birkás, M., Kisić, I., Mesić, M., Jug, D., & Kende, Z.** (2015). Climate induced soil deterioration and methods for mitigation. *Horvát Tudományos és Szakmai Folyóiratok Portálja*. 17–24.
20. **Birkás, M., Mesić, M., & Smutný, V.** (2015). Soil conservation tillage in crop production. *Contemporary Agriculture*. 248–254.
21. **Birkás, M., Szalai, T., Gyuricza, C., Gecse, M., & Bordás, K.** (2002). Effects of the disk tillage on soil condition, crop yield and weed infestation. *Rostlinná Výroba*, 20–26.
22. **Bocz, E.** (1992). Szántóföldi növénytermesztés. Mezőgazda. Budapest.
23. **Buragienė, S., Šarauskis, E., Romaneckas, K., Adamavičienė, A., Kriaučiūnienė, Z., Avižienytė, D., Marozas, V., & Naujokienė, V.** (2019). Relationship between CO₂ emissions and soil properties of differently tilled soils. *Science of The Total Environment*. 786-795.
24. **Cannell, R. Q.** (1985). Reduced tillage in north-west Europe. A review. *Soil and Tillage Research*, 129-177.
25. **Chen, Y., & Tessier, S.** (1997). Techniques to diagnose plow and disk pans. *Canadian Agriculture*. 143–147.
26. **Christiansen, K.** (2008). *Sorghum & Pearl Millet in Zambia: Production Guide*. INTSORMIL Scientific Publications, University of Nebraska. Lincoln. 1-29.
27. **Chung, K.-T., Wong, T. Y., Wei, C.-I., Huang, Y.-W., & Lin, Y.** (1998). Tannins and human health: A review. *Critical Reviews in Food Science and Nutrition*, Taylor & Francis. Oxford. 421-464.
28. **Courtois, C.-A.** (2018). *Sorghum ID: Állati Takarmányozás Kézikönyv*.

29. **Cziráki, L.** (2014). *Talajművelés I. alapműveletek, gépek és munkájuk*. Kolping Nagyáthy János Gimnázium, Szakgimnázium és Szakközépiskola. Csurgó. 3-23.
30. **Csajbók, J.** (2014). A szemes és seprűcirok termesztése.
31. **Dekemati, I., Simon, B., Bogunovic, I., Kistic, I., Kassai, K., Kende, Z., & Birkás, M.** (2020). Long-term effects of ploughing and conservation tillage methods on earthworm abundance and crumb ratio. *Agronomy*. MDPI. 10(10). 1-13.
32. **Diamond, J.** (1999). *Guns, Germs, and Steel*. W. W. Norton & Company. New York. 104-114.
33. **Drees, L. R., Wilding, L. P., & Nordt, L. C.** (2001). Reconstruction of soil inorganic and organic carbon sequestration across broad geoclimatic regions. *SSSA Special Publication*. 57. 155-172.
34. **Duignan, B., & Leong, E.** (2023). *Inventors and Inventions of the Industrial Revolution*. Encyclopædia Britannica, Inc.
35. **Emmerling, C.** (2001). Response of earthworm communities to different types of soil tillage. *Applied Soil Ecology*, 17, 91–96.
36. **Fussel, G. E.** (2024). *Origins of agriculture*. Encyclopædia Britannica. Inc.
37. **Gerik, T., Bean, B., & Vanderlip, R.** (2024). *Sorghum Growth and Development*. The OAKTrust digital repository. Texas. 1-6.
38. **Glennie, C. W., Liedenbergh, N. v. d. W., & van Tonder, H. J.** (1984). Morphological development in sorghum grain. *Food Structure*. 3(2). 141-148.
39. **Guan, D., Zhang, Y., Al-Kaisi, M. M., Wang, Q., Zhang, M., & Li, Z.** (2015). Tillage practices effect on root distribution and water use efficiency of winter wheat under rain-fed condition in the North China Plain. *Soil and Tillage Research*. Elsevier. 286-295.
40. **Gyuricza, Cs.** (2014). A cukorcirok termesztése energetikai hasznosításra. Gödöllő.
41. **Hariprasanna, K., & Rakshit, S.** (2017). Economic importance of sorghum. In *The Sorghum Genome*. 1-25.
42. **Jacinthe, P.-A., Lal, R., & Kimble, J. M.** (2002). Carbon budget and seasonal carbon dioxide emission from a central Ohio Luvisol as influenced by wheat residue amendment. *Soil and Tillage Research*. 67(2). 147-157.
43. **Jones, B. A.** (2024). *Irrigation*. Encyclopædia Britannica, Inc. 210.
44. **Kátai, J.** (2008). *Talajtan, talajökológia*. 148-163.
45. **Kende, Z., Sallai, A., Kassai, K., Mikó, P., Percze, A., & Birkás, M.** (2017). The effects of tillage induced soil disturbance on weed infestation of winter wheat. *Polish Journal of Environmental Studies*. 26(3). 1-8.

46. **Kovács, G. P.** (2014). Cukorcirok termesztéstechnológiai kidolgozása alternatív energetikai célokra. *Gödöllő*. 6-27.
47. **Körnicke, F. A.** (1885). *Handbuch Des Getreidebaues*. Berlin.
48. **Kumar, B., Karjagi, C. G., Jat, S. L., Parihar, C. M., Yathish, K. R., Singh, V., Hooda, K. S., Dass, A. K., Mukri, G., Sekhar, J. C., Kumar, R., & Sai Kumar, R.** (2012). *Maize Biology: An Introduction*. Directorate of Maize Research. New Delhi. 1-15.
49. **Lal, R., Kimble, J., Follett, R. F., & Cole, C. V.** (1998). *The Potential of U.S. Cropland to Sequester Carbon and Mitigate the Greenhouse Effect*. CRC Press LLC. 2(2). 177-185.
50. **Lal, R., Reicosky, D. C., & Hanson, J. D.** (2007). Evolution of the plow over 10,000 years and the rationale for no-till farming. *Soil and Tillage Research*. 93. 1-12.
51. **László, P., & Gyuricza, C.** (2008). Talajvédő művelési rendszerek hatása a talaj vízgazdálkodására. 131-140.
52. **Léder, I.** (2004). Sorghum and Millets. *Cultivated Plants, Primarily as Food Sources*, Oxford: Eolss Publishers. 2-5.
53. **Lovarelli, D., Fiala, M., & Larsson, G.** (2018). Fuel consumption and exhaust emissions during on-field tractor activity: A possible improving strategy for the environmental load of agricultural mechanisation. *Computers and Electronics in Agriculture*. 151. 238-248.
54. **Mikó, P.** (2009). A zöldtrágyázás talajállapotra és utóveteményre gyakorolt hatásainak vizsgálata. *Gödöllő*. 134.
55. **Morris, N. L., Miller, P. C. H., Orson, J. H., & Froud-Williams, R. J.** (2010). The adoption of non-inversion tillage systems in the United Kingdom and the agronomic impact on soil, crops and the environment—A review. *Soil and Tillage Research*. 1-15.
56. **Nagy, R.** (2017). Cirokliszt sütőipari felhasználási lehetőségeinek vizsgálata. 115.
57. **Németh, T.** (2009). A tápanyagellátás hatása a silócirok (*Sorghum bicolor* L. / Moench) tápelem-felvételére, szárazanyag-felhalmozására és termés hozamára. Debrecen. 7-27.
58. **Ojha, R. B., & Devkota, D.** (2014). Earthworms: 'Soil and ecosystem engineers' – A review. *World Journal of Agricultural Research*. 2(6). 257–260.
59. **Oprea C. A., Marin D. I., Bolohan C.** (2015). Influence of some technological factors on grain sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench var. Eusorghum) yield grown under the conditions of southeastern Romania. *University of Agronomic Sciences and Veterinary Medicine of Bucharest*. 4(1). 123-130.

60. **Orosz, S., & Fazekas, M.** (2018). A cirok jelentősége a hazai szarvasmarha ágazatban I. 1-16.
61. **Percze, A., Farkas, I., Stingli, A., & Ujj, A.** (2008). Az integrált gyomszabályozás és a talajvédelem lehetőségei a környezetkímélő növénytermesztésben. 1-10.
62. **Perkins, J. H.** (1997). Wheat, Genes, and the Cold War: Geopolitics and the Green Revolution. Oxford University Press. Oxford. pp. 441-442.
63. **Pfeiffer, T., & Bitzer, M.** (2013). Sweet Sorghum for Syrup. University of Kentucky. 1-2.
64. **Popescu, A., Dinu, T. A., & Stoian, E.** (2018). Sorghum—An important cereal in the world, in the European Union, and Romania. *Scientific Papers Series "Management, Economic Engineering in Agriculture and Rural Development"*, University of Agricultural Sciences; Veterinary Medicine of Bucharest. 18(4). 271-284.
65. **Rai, K. N., Gowda, C. L. L., Reddy, B. V. S., & Sehgal, S.** (2008). Adaptation and Potential Uses of Sorghum and Pearl Millet in Alternative and Health Foods. *Comprehensive Reviews in Food Science and Food Safety*. Institute of Food Technologists. 320-396.
66. **Rajki, E., & Palágyi, A.** (2017). *Szemescirok termesztési technológia*. Szeged.
67. **Reich, J. W., & Schlesinger, W. H.** (1992). The global carbon-dioxide flux in soil respiration and its relationship to climate. *Tellus*. 44B. 81-89.
68. **Ross, W. M., & Webster, O. J.** (1970). *Culture and Use of Grain Sorghum*. U.S. Agricultural Research Service. 2-30.
69. **Sakamoto, L., Kajiya-Kanegae, H., Noshita, K., Takanashi, H., Kobayashi, M., Kudo, T., Yano, K., Tokunaga, T., Tsutsumi, N., & Iwata, H.** (2019). Comparison of shape quantification methods for genomic prediction, and genome-wide association study of sorghum seed morphology. *Public Library of Science*.
70. **Setiyono, T. D., Walters, D. T., Cassman, K. G., Witt, C., Dobermann, A.** (2010). Estimating maize nutrient uptake requirements. *Field Crops Research*. 118(2). 158-168.
71. **Stefanovits, P., Filep, G., & Fülek, G.** (1999). *Talajtan*. Mezőgazda Kiadó.
72. **Sumner E. P.** (2024). Grain Sorghum Harvesting, Drying and Storing. e University of Georgia. 1-4.
73. **Szabó, A. I.** (2017). A Kárpát-medence éghajlatának vizsgálata különböző éghajlatosztályozási módszerekkel a CarpatClim adatbázis alapján. Budapest. 5-12.
74. **Taylor, J. R. N., & Belton, P. S.** (2003). The proteins of sorghum and millet: Enhancing nutritional and functional properties for Africa. *AFRIPRO*. Pretoria. 59(3). 257-275.

75. **Tiwari, S., Tiwari, S., Verma, P. K. and Kant, C.** (2024). Cultivation Technology of Sorghum. *Vigyan Varta*. 5(7). 138-140.
76. **Tóth, A., Húsvéth, F., & Tóth, Z.** (2024). Szemes cirok, mint a kukorica lehetséges alternatívája a takarmányozásban. *Animal Breeding & Feeding / Állattenyésztés és Takarmányozás*, EBSCO Industries. Inc. 20-29.
77. **Tóth, E.** (2011). Talaj szén-dioxid emissziójának mérése eltérő talajhasználati rendszerekben. 11-32.
78. **Trostle, C., & Peterson, G.** (2019). Practical morphology of grain sorghum and implications for crop management. *Agronomy Monographs*. American Society of Agronomy Crop Science Society of America Soil Science Society of America. 133-153.
79. **Tuinstra, M. R.** (2008). Food-grade sorghum varieties and production considerations: A review. *Journal of Plant Interactions*. 69-72.
80. **Vavilov, N. I.** (1926). Studies on the Origin of Cultivated Plants. Institute of Applied Botany and Plant Breeding. Leningrad. 142-142.
81. **Vértessy, L.** (2023). Precíziós mezőgazdaság: helyzetkép és gazdasági megfontolások. MATE Press. Gödöllő. 12-17.

Internetes források jegyzéke

- http1:** FAOSTAT, 2024 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Letöltés dátuma: 2024. 10. 19.)
- http2:** FAOSTAT, 2022 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Letöltés dátuma: 2024. 10. 19.)
- http3:** FAOSTAT, 2022 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Letöltés dátuma: 2024. 10. 19.)
- http4:** FAOSTAT, 2022 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Letöltés dátuma: 2024. 10. 19.)
- http5:** FAOSTAT, 2022 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Letöltés dátuma: 2024. 10. 19.)
- http6:** FAOSTAT, 2022 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Letöltés dátuma: 2024. 10. 19.)
- http7:** FAOSTAT, 2022 (<https://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL/visualize>) (Letöltés dátuma: 2024. 10. 19.)

- http8:** MediterranFarm, (mediterranfarm.hu/termek/ciok-feher-sorghum-bicolor-vetomag)
(Letöltés dátuma: 2024. 06. 15.)
- http9:** MediterranFarm, (<https://www.mediterranfarm.hu/termek/ciok-voros-sorghum-bicolor-vetomag>) (Letöltés dátuma: 2024. 06. 15.)
- http10:** Petmax, (https://petmax.hu/webaruhaz/madarak/papagaj/eledelel/voros-ciok-20-kg/?WebAruhas_kategoria=101&WebAruhas_termek=486) (Letöltés dátuma: 2024. 06. 15.)
- http11:** Agrárközösség, (<https://agrarkozosseg.hu/szantas-nagy-istvant-kerdeztuk-hogy-milyen-jovo-var-a-kis-es-kozepes-gazdasagokra/>) (Letöltés dátuma: 2024. 09. 24.)
- http12:** HungaroMet,
(https://www.met.hu/eghajlat/eghajlatvaltozas/megfigyelt_hazai_valtozasok/hidegindexek/#) (Letöltés dátuma: 2024. 09. 25.)
- http13:** Agrár Unió, (<https://www.agrarunio.hu/hirek/novenytermesztes/11722-a-talajmuvelési-rendszerek-leirasa>) (Letöltés dátuma: 2024. 09. 24.)
- http14:** Väderstad, (<https://www.vaderstad.com/hu/tudastar/talajmuvelési-eljarasok/direktvetes/>) (Letöltés dátuma: 2024. 09. 24.)
- http15:** Agroinform, (<https://www.agroinform.hu/gepeszet/talajlazitas-tarloapolas-miert-mivel-hogyan-x-40798-002>) (Letöltés dátuma: 2024. 09. 24.)
- http16:** Axial, (<https://www.axial.hu/cikkek/hirek/rovid-es-nehez-tarcsak-a-gregoire-bessontol>) (Letöltés dátuma: 2024. 09. 24.)
- http17:** Meteoblue,
(https://www.meteoblue.com/hu/id%C5%91j%C3%A1r%C3%A1s/historyclimate/weatherarchive/g%C3%B6d%C3%B6ll%C5%91_magyarorsz%C3%A1g_3052236?fcstlength=1y&year=2023&month=9) (Letöltés dátuma: 2024. 08. 12.)

8 Köszönetnyilvánítás

**Komplex talajművelési eljárások vizsgálata a szemescirok (*Sorghum bicolor* L. Moench)
termesztésben**

című szakdolgozatom elkészítéséhez segítséget nyújtásért

Köszönettel tartozom:

Bozóki Boglárka konzulensemnek

a családomnak és a szaktársaimnak.

9 Mellékletek

NYILATKOZAT

a szakdolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: JUHÁSZ ATTILA
A Hallgató Neptun kódja: DI4HAM
A dolgozat címe: KOMPLEXTALAJMŰVELÉSI ELJÁRÁSOK VIZSGÁLATA A SZEMESCIROK
(SORGHUM DILGLORE MOENCH) TERMESZTÉSÉBEN
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: NÖVÉNYTERMESZTÉSI-TUDOMÁNYOS 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 mindenkor szellemi tulajdon-kezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

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

Kelt: 2024 év OKTÓBER hó 21 nap


Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

JUHÁSZ ATTILA (név) (hallgató Neptun azonosítója: D14HAM)
konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot áttekintettem, a hallgatót az
irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól
tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő
védésre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem²

Kelt: 2024 év OKTÓBER hó 21 nap

Boszó Boglárka
belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.