

DIPLOMADOLGOZAT

Barta Péter
Növénytermesztő mérnöki szak

Gödöllő
2024



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növénytermesztési-tudományok Intézet
Agronómia tanszék
Növénytermesztő mérnöki mesterképzési szak**

**SZÁDOR-REZISZTENCIA VIZSGÁLATA ÉTKEZÉSI
NAPRAFORGÓ HIBRIDEKEN**

Konzulens: Dr. Kende Zoltán
egyetemi adjunktus

Készítette: Barta Péter
UA1SIB
Levelező tagozat

Tanszék: Agronómia Tanszék

**Gödöllő
2024**

Tartalomjegyzék

1.	<i>Bevezetés</i>	5
2.	<i>Irodalmi áttekintés</i>	7
2.1.	A napraforgó eredete	7
2.2.	A napraforgó termesztésének állapota hazánkban és a világban	11
2.3.	A napraforgó rendszertani besorolása és alaktana.....	13
2.4.	A napraforgó-szádor rendszertani besorolása és morfológiája	16
2.5.	A napraforgó-szádor hatása a napraforgóra.....	17
2.6.	Szádor-rezisztencia a napraforgóban.....	19
3.	<i>Anyag és módszer</i>	22
3.1.	A kísérlet helyszíne és időpontja	22
3.2.	A tenyészidőszak időjárási adatai.....	22
3.3.	A kísérlethez felhasznált hibridek és a kísérlet beállítása	23
3.4.	A kísérlet során történő adatgyűjtés.....	23
3.5.	Statisztikai elemzés.....	24
4.	<i>Eredmények és értékelésük</i>	25
4.1.	A tenyészidőszak alatt felvételezett paraméterek eredményei.....	25
4.1.1.	A zöldlevélszám változás eredményei	25
1.1.1.	A szármagasság változás eredményei	26
1.1.2.	A szárvastagság változás eredményei	26
4.2.	A termések paramétereinek eredményei.....	27
4.2.1.	A termések tömegének eredményei.....	27
4.2.2.	A kaszatok hosszának eredményei.....	28
4.2.3.	Az termések ezerkaszat-tömeg eredményei	30
4.2.4.	A termések fajsúlyának eredményei	30
4.2.5.	A termések teli kaszat számainak eredményei.....	31

4.2.6. A szádortövek számának eredményei.....	32
5. Következtetések és javaslatok.....	33
6. Összefoglalás.....	34
7. Irodalomjegyzék.....	35
<i>Mellékletek</i>	<i>41</i>
M1. Ábrajegyzék	41
<i>Köszönetnyilvánítás</i>	<i>42</i>
<i>Nyilatkozatok</i>	<i>43</i>

1. Bevezetés

A napraforgó (*Helianthus annuus L.*) az egyik legfontosabb olajnövény világszerte, amely jelentős gazdasági szerepet tölt be. Az olaj mellett más értékes melléktermékek, mint a takarmány és bioenergia forrása is, amely kiemeli a növény multifunkcionalitását (Puttha et al., 2023). Az olajnövény szerepe mellett, egyes napraforgó fajtákat és hibrideket étkezési célból is termesztnek, melynek fontossága szintén kiemelkedő, az egészséges életmód és táplálkozási módszerek elterjedésével az egyik gazdaságilag leggyorsabban terjeszkedő termesztett növénynek számítanak (Feng et al., 2022). Bár területileg kevesebb, mint 10%-át teszi ki a hazai étkezési és hántolási célú napraforgó termesztés (Szabó, 2009) mégis a feldolgozás során keletkező hozzáadott érték miatt érezhető gazdasági jelentőséggel bír, a termények magasabb felvásárlási ára pedig vonzóvá, versenyképessé teszi az olajnapraforgóval szemben. A napraforgó termesztésének sikerességét azonban számos kihívás fenyegeti, köztük a szádor (*Orobanche cumana Wallr. vagy Orobanche cernua Loefl.*) által okozott holoparazita fertőzések (Amsellem et al., 2001). A már mindennapokban is tapasztalható klímaváltozás, mezőgazdaságra történő negatív hatásai miatt különösen fontos megragadni minden lehetőséget arra, hogy a termés kiesés és termésminőség romlását előidéző faktorokat a lehető legkevesebbre szűkítsük. A szádor elleni védekezés jelentős kihívást jelent, mivel a parazita elleni küzdelem korlátozott. Jelenleg a legígéretesebb megoldás a genetikailag szádorrezisztens hibridek fejlesztése és alkalmazása, valamint a napraforgó, gyomirtószer elleni rezisztenciája mellyel kontrollálható a szádor fertőzés mértéke. Ennek ellenére a rezisztencia mechanizmusok változatossága miatt a nemesítési munka soha nem állhat meg, hiszen a spontán mutációknak és természetes szelekciónak köszönhetően a jövőben újabb szádor rasszok bukkanhatnak fel. Az gazdasági pozitív hozadéka mellett a rezisztens hibridek előállítása és széleskörű használata hozzájárulhat a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokhoz, csökkentheti a vegyszerhasználatot. Mindez fontos lépés a globális élelmezésbiztonság erősítése felé, amely napjaink egyik legnagyobb kihívása (FAO 2023).

Azért választottam ezen vizsgálatot a diplomadolgozatom tárgyának, mert az alapképzés elvégzése után, felvettem egy magyar tulajdonban álló, étkezési napraforgó termeltetésével és értékesítésével foglalkozó vállalkozáshoz, melynél még a szakmai gyakorlatomat töltöttem. Ez a vállalkozás saját étkezési napraforgó nemesítési programmal rendelkezik, ezen programban veszek részt, mint nemesítési asszisztens alkalmazott, immáron több, mint négy éve. A kutatásom célja, hogy feltárja a szádor-rezisztencia hatását, illetve annak hiányát étkezési

napraforgó hibrideken, illetve, hogy rávilágítson arra, van-e jelentősége az étkezési napraforgó termelésének biztosításában. A vizsgált hibridek kiválasztása előzetes laboratóriumi értékelések alapján történt. A kutatás során három különböző hibrid rezisztenciáját teszteltem szádor fertőzés esetén, öt ismétlésben, hogy meghatározzuk, milyen mértékben képesek ellenállni a fertőzésnek, illetve, hogy ez hogyan befolyásolja a növény termését és a növények fejlődését. A kutatásomat statisztikai eszközökkel elemeztem, hogy objektív és megbízható eredményeket kapjak. A vizsgálatot szántóföldön, de izolálva, nevelőedényekben végeztem el, hogy az így kapott adatok a legközelebb álljanak a természetes körülményekhez. A nevelőedényekben történő nevelésre azért volt szükség, hogy a talajt ne fertőzzük meg szádorral.

2. Irodalmi áttekintés

2.1. A napraforgó eredete

A termesztett napraforgó hazánk és a világ egyik legfontosabb egyéves növénye, a szója (*Glycine max (L.) Merr.*), a repce (*Brassica rapa L.* és *B. napus L.*) és a földimogyoró (*Arachis hypogaea L.*) mellett, amelyeket étolaj céljából termesztnek. Az étkezési napraforgó, mint közkedvelt snack élelmiszer széles körben elterjedt. Különösen nagy népszerűséget élvez a labdarúgó mérkőzések látogatóinak körében. Oroszország és Európa szerte évtizedek óta szolgáltatja a növényi alapú étkezési olaj többségének alapját, melyet a tömegéhez viszonyított nagy arányú, nyers olajtartalmának köszönhet leginkább. A napraforgót emellett más célokra is termesztik, a nagyobb kaszatú terméseket általában pirítva értékesítik, mint a földimogyoró esetében, de hántolva is megtalálhatjuk, mint rágcsa vagy cukrászati kellék, illetve pékségekben is használatos, valamint madarak és apróbb háziállatok eledelül is szolgálhat. (Putt, 1997). Ezek tartoznak az étkezési napraforgó csoportjába.

Smith (2013) szerint minden termesztett napraforgó domesztikációja visszavezethető egy helyre, mely az észak-amerikai kontinens keleti felének középső övén fekszik. Erre a megállapításra azután jutott, hogy modern, genetika analízis eljárással összevetették a ma termesztett napraforgókat, hat régészeti feltáráson talált napraforgó maradványokkal (1. ábra), melyek megközelítőleg időszámításunk előtt 3000-ból származnak. Ezen kívül még találtak Mexikóban leleteket, melyek arra engednének következtetni, hogy ott is történt házasítás (Smith, 2013), de Blackman et al. (2011) kutatása szerint a ma termesztett napraforgó genetikája csak a fent említett észak-amerikai kontinens vad napraforgóinak génjeiből tartalmaz részeket, így a Mexikói leletek csak domesztikáció próbálkozást jelenthetnek.



1. ábra 3300 éves napraforgó kaszat kibontva, Kentucky államból, egy Newt Kash-i menedékből (kaszat mérete: 9,3 mm x 3,7 mm) Forrás: Smith (2013), 3. oldal

Smith (2013) tanulmánya a napraforgómagok házasításával kapcsolatos morfológiai változásokat is vizsgálja, mint a magméret növekedése és a maghéj vastagságának csökkenése, amelyek kvázi a napraforgó kezdetleges nemesítésére utalhatnak, hiszen a növényeket a számukra kedvező tulajdonságoknak eleget téve szelektálták. Ilyen tulajdonság a nagyobb kaszatoméret és a vékonyabb héj, melyek a könnyebb fogyaszthatóságot szolgálják.

Putt (1997) szerint Észak-Amerika felfedezése után az európaiak gyakran tettek említést róla a napraforgóról. Heiser (1951) szerint az Egyesült Államok nyugati vidékein az őslakos indiánok a napraforgó kaszatokat élelemként használták fel, közvetlen fogyasztva, vagy ledarálva, esetleg őrölve lisztként, sütemények alapanyagként. A többi növényi részeket, például a fejet és a szárat pedig szertartások és gyógyítások során alkalmazták.

Az első társadalmi kontaktusok Észak-Amerika és Európa között Spanyolországon keresztül jöttek létre. Putt (1997) szerint feltételezhető tehát, hogy a korai spanyol felfedezők által mutatkozhatott be a napraforgó Európa számára. Zhukovskii (1962) szerint Európába először egy spanyol felfedező flotta hozott napraforgómagot, Új-Mexikóból visszatartva, a madridi királyi botanikus kertnek, 1510-ben. Dodonaeus 1568-ban a napraforgót egyfejú növényként jellemezte, mely közös vonást hordoz a ma termesztett napraforgóval (Putt, 1997). Selmeczi Kovács (1969) szerint viszont Európában megtalálható volt az egytányérű napraforgó és a többtányérű, elágazó napraforgó is melyet inkább dísznövényként használtak. Ez arra engedhet következtetni, hogy különböző napraforgó típusok, különböző időkben érkezhettek Európába.

Putt (1997) szerint a napraforgó terjedése két fázisra osztható Európában. Első ízben a napraforgó, mint dísznövény terjedt el, a másodlagos fázis során pedig térnyerését élelmiszer szerepének köszönheti. A napraforgó így terjedt nyugatról a spanyoloktól, keletre, először Olaszországot érintve, Hollandia, Belgium, Németország, Svájc, majd pedig Anglia irányába (Putt, 1997).

Magyarországra Selmeczi Kovács (1969) szerint a XVII. végén érkezhettek a napraforgó, német közbenjárással, de mivel ekkor már nagyobb területeken burgonyát és kukoricát termesztettek inkább, csak dísznövényként használták.

Putt (1997) tanulmányából megtudhatjuk, hogy az első Európai feljegyzés, mely szerint a napraforgómagot olajforrásnak is lehet használni, egy angol feltalálótól – Arthur Bunyan-tól – ered, aki a XVIII. század elején, 1716-ban bejegyzett egy szabadalmat, mely több fajta napraforgóból történő olajkivonásáról szólt, ipari felhasználási területek részére, mint például a festékgyártás, textilipar, bőripar.

A napraforgó Kelet-Európában történő meghonosodása, az Oroszországban történő felbukkanásával indult, ahová I. Péter orosz cár rendelt vetőmagot Hollandiából, új dísz- és

kultúrnövények után kutatva, és még bőven, több mint egy évszázaddal a megjelenése után is elsősorban dísznövényként és kerti növényként tartották számon, noha már 1769-ben felmerült a javaslat, hogy olaj előállítására céljából is kezdjenek el foglalkozni a termesztésével (Selmeczi Kovács, 1969). Később az olaj kivonása céljából termesztett napraforgó elterjedt, melynek sikerét részben annak is köszönhető, hogy az Orosz Ortodox Egyház által tiltott, nagybőjt idején nem fogyasztható ételek listáján – más olajokat tartalmazó élelmiszerrel ellentétben – a napraforgó nem szerepelt (Heiser, 1955). Selmeczi Kovács (1969) szerint az olajipari szerepét 1835 körül vette fel a napraforgó, kezdetben Oroszország délkeleti területein indult meg a termelése.

Heiser (1955) szerint a napraforgó Oroszországból került vissza az Egyesült Államokba a XIX. század vége fele, ahol „Mamut Orosz” vagy „Óriás Orosz” név alatt kínálták a vetőmagot. Putt (1997) említést tesz róla, hogy egy másik lehetséges útvonalon keresztül is eljuthatott a napraforgó Európából az Egyesült Államok földjére: bevándorlók hozhatták magukkal személyes tárgyaikkal együtt ezeket a magvakat Oroszországból. A napraforgó otthonukban kedvelt háztáji növénynek számított, amelynek terméseit előszeretettel pörkölték meg, majd fogyasztották el.

Selmeczi Kovács (1969) írásából tehát leszűrhető, hogy az olajipari felhasználás előtt a napraforgó háztáji növényként volt igazán népszerű Európában, közkedvelt élelmiszernek számítottak a pörkölt napraforgómagvak, valamint cukrárszok körében is elterjedt, mint díszítési kellék.

Az Egyesült Államokban kezdetben, a XX. század elején a termesztett napraforgót szilázs készítésére használták, majd később a bearatott magvakat keverték takarmányokhoz, ezután kezdett el terjedni olajipari felhasználási céllal. (Putt, 1997).

A XIX. század második felében az orosz napraforgó termesztés jelentőségét a nagy mennyiségű vetőmag és olajpogácsa exportja bizonyítja. Az akkoriban előállított, egy tányérú, nagy, fehér színű kaszattal rendelkező orosz napraforgófajták széles körben elterjedtek Európában. Ezek közül különösen Magyarországon és Franciaországban váltak népszerűvé, ahol szántóföldi művelés alá vonták őket. (Selmeczi Kovács, 1969)

A XX. század második felére a napraforgó termesztése Kelet-Európában, különösen a Szovjetunióban, széles körben elterjedt, ahol a termelés az olajipar fejlesztésének köszönhetően jelentős mértékben megnőtt. A Szovjetunióban a napraforgó lett az egyik legjelentősebb olajos kultúrnövény, amelynek termelése az 1960-as években több mint 4,6 millió hektárra nőtt. Romániában és Bulgáriában, valamint a Dél-Európában általánosságban, a napraforgó termesztése szintén jelentős bővülést mutatott, különösen az első világháborút követően,

amikor az olajos magvak iránti növekvő kereslet és a gazdasági szükségletek előtérbe kerültek (Selmeczi Kovács, 1969).

Selmeczi Kovács, (1969) írása nyomán megtudhatjuk, hogy Magyarországon elsősorban lámpaolajként használták, de később a tiszta és szagtalan jellege, valamint amiatt, hogy a olcsóbb volt a disznózsírnál, annak pótlására és kiváltására is alkalmas volt. A napraforgó termesztés ezáltal a XX. században egyre nagyobb teret nyert Magyarországon, elsősorban szegélynövényként a szegényebb paraszti rétegek körében, “Szilágy, Szatmár, Bihar és Arad megyékben” (Selmeczi Kovács, 1969). Fellendülés az első világháború során kialakult zsírhiány során történt, melyen tovább lendített az 1929-es gazdasági világválság, ami megnehezítette az ipari zsiradék importját. A 30-as években a napraforgó termesztése nagy népszerűségnek örvendett, a vetésterület megkétszereződött az 1920-as évekhez képest. 1934-től jelentős emelkedés következett, 40%-kal meghaladva az 1929-es vetésterületet, évente pedig további 14-15%-os növekedést mutatott. 1939-ben már 11 767 kataszteri holdon főveteményként, és 302 482 kataszter holdon mellékveteményként termesztették. A háborús konjunktúra fokozott zsírszükségletet és exportkötelezettséget eredményezett Németország felé, így a kormány kötelezővé tette a napraforgó termesztését. Főleg az Alföldön, a Duna-Tisza közén, a szabolcsi homokokon és a szatmári tőzeges talajokon terjedt el. Emellett a nyírségi homokokon is gyakori volt, mint tipikus kisgazdaságok növénye. A Duna-Tisza köze vidékeken, valamint Tolna és Somogy megyékben jelentős mellékveteményként termesztették. A 30-as évek végén elindult a nemesítési munka, hazai fajták előállítására. Iregszemcsén 1936-ban, Mezőhegyesen ugyanebben az időszakban, Lovászpatonán pedig 1938-ban kezdődött meg a nemesítési munka (Selmeczi Kovács, 1969).

Selmeczi Kovács (1969) szerint a legutolsó fellendülést a napraforgó elterjedésének a második világháború utáni időszak adta, 1945-46-ban a napraforgóolaj volt az egyik legfontosabb zsiradék. A vetésterület a változó gazdasági tervek miatt folyamatosan változott, az 1960-as évekre 180-200.000 kataszteri hold szinten stabilizálódott, és az ekkor legnépszerűbb fajták a nagyobb olajhozamú szovjet napraforgó vetőmagokon kívül, az *Iregi szürke csíkos*, *Kisvárdai*, és *Mezőhegyesi cirnos* államilag elismert napraforgó fajták voltak, melyeknek az elterjedése régióként változott (Selmeczi Kovács, 1969).

2.2. A napraforgó termesztésének állapota hazánkban és a világban

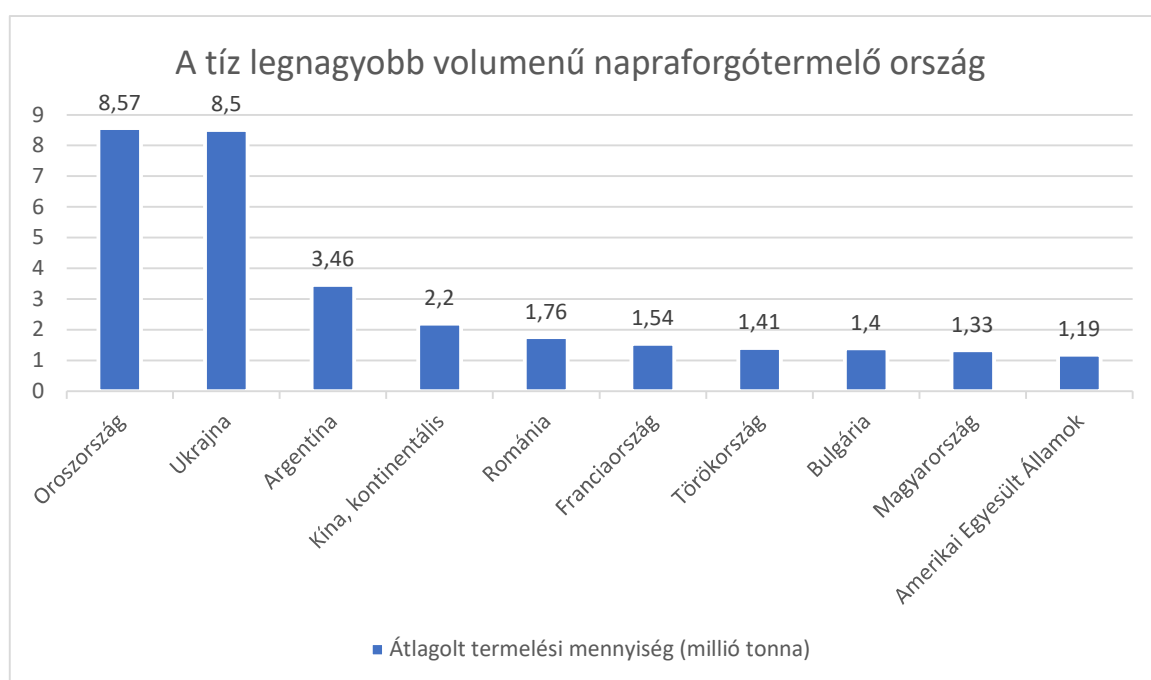
Az 1970-es évek során folyamatosan emelkedett a napraforgó terméshozama Magyarországon, és az 1980-as évek végére a termelt mennyiség már háromszorosa volt a negyven évvel ezelőttinek. Ebben jelentős szerepet játszott a növényolajipar fejlődése. Az 1980-as évekre, a napraforgómagból történő export már jelentős mértéket öltött, és a Martfűi Növényolajgyár építésével a napraforgóolaj exportja is megvalósult. A termelés növekedésével egyidejűleg a hazai étolaj- és margarinfogyasztásban is jelentős előrelépés történt (Szász, 1997).

Az 1990-es években Magyarország napraforgótermelése változatosan alakult, amit az időjárás, agrotechnikai problémák és a nemzetközi verseny is befolyásolt. Az évtized elején 347 ezer hektáron termeltek napraforgót, mely az évtized végére 427 ezer hektárra nőtt. A termésátlagok hektikusan alakultak, ahogy az alábbi táblázatból is látható, az 1997-es év különösen rosszul sikerült 1,22 tonna/ha terméshozammal, ami jóval alatta maradt az Uniós átlagnak és az előző évek eredményeinek. Ennek ellenére Magyarország a régió meghatározó szereplője maradt az Uniós napraforgótermelésnek, hozzájárulása az EU termeléséhez az évek során kisebb-nagyobb léptékben nőtt. A termelés minőségének javulásához hozzájárultak az agrotechnikai fejlesztések. A hazai növényolajipar a nemzetközi szabványok alapján működött, és a termelt napraforgó 70-80%-a megfelelt ezeknek a kritériumoknak. A napraforgó termelés legjelentősebb költségeit ekkor a növényvédelem és a műtrágyával történő tápanyag utánpótlás tette ki. Magyarország fontos szerepet játszott a nemzetközi piacokon is, mint napraforgómag exportőr és importőr. (Vissyné et al., 1999)

A napraforgó termelés a 2000-es évektől kezdődőleg jelentős változáson ment keresztül. A vetésterület több mint duplájára növekedett 298.795 hektárról (2000) 674.178 hektárra (2023), valamint a termésátlagok is javultak, köszönhetően az egyre jobb minőségű hibrid vetőmagoknak (KSH, 2024). A napraforgó vetésterületét azonban számos tényező befolyásolja napjainkban is, elég csak a 2022-es rendkívüli aszályal sújtott évre gondolni, amikor a KSH szerint az átlagos termésátlag 30%-kal elmaradt az előző évitől. A kiesett termés mennyiségét valamelyest egyensúlyozta az Ukrajna és Oroszország között kitört háború miatt felszökő napraforgómag felvásárlási ára (FAO 2022), de a mérleg másik nyelvén a gazdálkodók ugyanakkor jelentős inflációval szembesültek, a növényvédő szerek és a műtrágyaárak felszöktek a növekvő energiaáraknak köszönhetően, amely szintén a kontinensünkön dúló háborúnak és a COVID-19 járványnak tudható be (EUROSTAT, 2024).

Mindezek ellenére elmondható, hogy Magyarország a 2000 és 2022 közötti átlagolt adatok alapján, – ahogy az alábbi diagramon is látszik – a tíz legtöbb napraforgót termelő ország közé tartozik. Bár az étkezési napraforgó termelés arányáról nincsen a KSH-nak vezetett statisztikája, Szabó (2009) doktori értekezéséből következtetni lehet, hogy ez az össztermelés kevesebb, mint 10%-át teszi ki.

A világ két legnagyobb napraforgó termelő országa Ukrajna és az Orosz Föderáció, melyek fej-fej mellett haladva, fluktuálva, egyenként 26-31%-ot vesznek ki a világpiaci részesedésből, átlagosan évi 8,5-8,5 millió tonna termelési volumennel rendelkeznek (2. ábra).



2. ábra A 10 legnagyobb napraforgótermelő ország, a 2000 és 2022 közötti éves napraforgó termékek átlaga alapján Forrás: FAO.org adatbázis

Az elmúlt 22 év alatt a napraforgó vetésterülete, kb. 21 millió hektárról 29 millió hektárra nőtt, az összetermelés, pedig hozzávetőlegesen 26 millió tonnáról 56 millió tonnára, ami azt jelenti, hogy 38%-os területi növekedés mellett, kb. 215%-os termésmennyiség növekedést sikerült elérni. (FAO Adatbázis, 2024).

Kínában a napraforgó termelés 95%-át az étkezési napraforgó adja, melynek 2/3-át Belső-Mongóliában termelik meg. A hagyományos, szabadon virágzó fajtáktól kezdve a modern hibridek létrejöttéig történő nemesítési munkák jelentősen hozzájárultak, hogy Kína élen járjon az étkezési napraforgó termelés terén. Az átlagos terméshozamok 1730 kg/ha-ról 2700 kg/ha-ra nőttek, az előbb említett okok következtében. A megtermelt magvak fogyasztásának döntő

része belföldön történik, de az export is egyre inkább növekszik. A jövőben a nemesítési módszerek modernizálásának következtében, a termésátlagok javítása mellett több figyelmet fog kapni a rezisztencia nemesítés is (Feng et al., 2022). Összeségében tehát elmondható, hogy az egyre modernebb nemesítési eljárásoknak köszönhetően a világ napraforgó termelése növekvő tendenciát mutat, a számos kihívás ellenére, mint a globális klímaváltozás.

2.3. A napraforgó rendszertani besorolása és alaktana

A termesztett napraforgó (*Helianthus annuus L.*) a fészkesvirágzatúak (*Asterales*) rendjébe és az őszirózsafélék (*Asteraceae*) családjába tartozó növényfaj. A *Helianthus* nemzetség része, amely magában foglalja a napraforgókat és egyéb kapcsolódó növényfajokat. A "*Helianthus*" név a görög "helios" (nap) és "anthus" (virág) szavakból ered, amely utal a növény jellegzetes virágzatára, ami a nap felé fordul. Az "*annuus*" fajnév pedig arra utal, hogy ez egy egynyári (egyéves) növény (Seiler, 1997).

A *Helianthus* nemzetségbe tartozó napraforgók kb. 67 fajt foglalnak magukba, melyek mindegyike Amerikából származik. Néhány faj meglehetősen ritka, néhányuk feltűnő eleme a természetes növényzetnek, és több faj gyomnövényként vonult be a köztudatba. Több fajt is művelés alá fogtak, a kettő legismertebb ezek közül a *Helianthus annuus L.*, termesztett napraforgó, és a *Helianthus tuberosus L.*, a csicsóka. Előbbit az magvai, utóbbit gumói miatt fogták termesztésre (Heiser, 1978).

A termesztett napraforgók között túlnyomórészt egynyári növényeket találunk meg, amelyeket robusztus, magas termete és a különböző talajtípusokon való termesztetősége jellemez. Ez az alkalmazkodóképesség teszi a mezőgazdaságban világszerte kedvelt fajjává (Heiser, 1978).

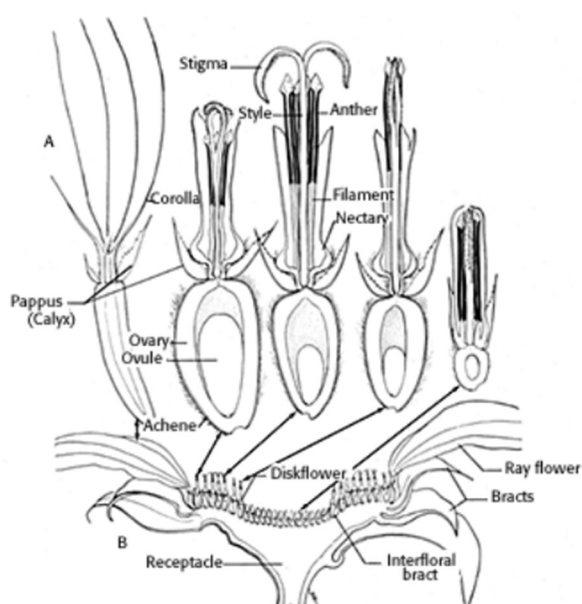
A napraforgó masszív főgyökérzettel rendelkezik, amely mélyen behatol a talajba, akár több méter mélyre is a felszín alá. Ez a mélység döntő fontosságú a mélyebb talajrétegekből származó vízhez való hozzáférés szempontjából, ami különösen fontos szerepet játszik az aszályos évjáratok során. A napraforgó az elsődleges főgyökérzet mellett kiterjedt mellékgyökérzetet növeszt. Ezek a gyökerek oldalirányban haladnak, hogy ki tudják szolgálni a nagy, gyorsan növekvő növény magas tápanyagigényét, révén így hatékonyan fel tudja venni a tápanyagokat és a vizet a talaj szélesebb területéről (Heiser, 1978).

A napraforgó szára robusztus és egyenes, az ég felé felálló irányú, gyakran több méteres magasságot is elérhet. Ez a függőleges növekedés alapvető fontosságú a napfénynek való maximális kitétséghöz, ami elengedhetetlen a növény magas fotoszintetikus igényeihez. Alakja

hengeres, belseje szivacsos szerkezetű. A szár magassága a fajták között nagymértékben változik, és a környezeti feltételek, valamint a művelés alatt használt agrotechnikai módszerek is befolyásolhatják (Heiser, 1978). A szár felületén több fajtán is apró szőrök találhatóak meg. A szár felszíne a sima (kopasz) és a nagyon szőrös között változhat. Ez a textúra tulajdonság nem pusztán külcsíni; hanem funkciója is van. A szőrök segíthetnek csökkenteni a transzspirációs vízvesztést, és némi védelmet nyújtanak a kártevők és betegségek ellen. Szeles környezetben a szár szőrössége a nedvesség bezárásával óvja a növényt, valamint az azt érő mechanikai behatások ellen védelmet nyújt, csökkentheti a fizikai károsodást (Seiler, 1997).

A napraforgó levelei nagy terjedelműek, elsősorban váltakozó állásúak, bár az első valódi levelek szemben állnak egymással. Ez a váltakozó pozíciójú elrendezés a növény általános fotoszintetikus hatékonyságát befolyásolhatja, a fényfelvétel optimalizálásával. A levelek levélnyéllel csatlakoznak a szárrészhez, és a szárhoz hasonlóan durva, szőrös textúrával is rendelkezhetnek, ami minimalizálja a vízvesztést és véd a biológiai, illetve fizikai károkozóktól. A levelek alakja a dárda alaktól, a szív formán át a tojásdadig változhat, szélük pedig lehet sima vagy fogazott. Néhány napraforgó fajtánál megfigyelhető a különböző mértékű levélhólyagoság is (Heiser, 1978).

A napraforgó fészkes virágzatának valódi szaporító egységét a csöves virágok képezik, melyeken a hím és nőivarú szaporító szervek is egyaránt megtalálhatóak. Minden egyes virágzat kicsi, cső alakzattal rendelkezik, melynek egységei öt részből állnak. A csöves virág belsejében egy szintén, öt részből álló porzót találunk, mely pollent termel, kinyílik és a bibeszál kvázi áthalad rajta, ahogy az a lenti ábrán (3. ábra) is látható (Heiser, 1978).



3. ábra A napraforgó tányérjának és a csöves virágok hosszanti keresztmetszete; A) A sugárlevél B) Csöves virágok, különböző fejlődési stádiumban Forrás: McGregor (1976), 818. oldal

A csöves virágok száma fajtától és hibridtől függően 700 és 8000 között mozoghat. A csöves virágok a középpontból kiinduló ívekben helyezkednek el, és ahogy már az előbbieken is említettem, ezek termést hoznak, a nyelves virágokkal ellentétben, melyek a fej szélén helyezkednek el és sterilek. A nyelves virágok színe általában sárga, de sok féle színben pompázhat, a narancssárga színtől kezdve a nagyon ritka fehér színűig. A napraforgó feje általában, virágzáskor a talaj felszínével párhuzamosan követi a nap mozgását, majd beéréskor, száradáskor, valamint a kaszatok súlya miatt bókoló fejállást vesz fel (Seiler, 1997).

A közhiedelemmel ellentétben a legújabb kutatások bebizonyították, hogy a napraforgónak nem csak a feje, hanem a növény egésze, a szárával együtt követi a nap mozgását. Atamian et al. (2016) tanulmányából megtudhatjuk, hogy a fiatal napraforgók keleti irányba fordulnak a hajnal előtt, hogy maximálisan kihasználhassák a napsugarakat elérést napközben, míg az érett növények már nem mutatnak irányváltoztatást. A nap követésére a napraforgó úgy képes, hogy a szárak különböző oldalain ellentétes növekedési ritmusokat mutatnak. A keleti oldalon a növekedés a napközbeni időszakban dominál, míg a nyugati oldalon éjszaka aktívabb. Ez az antifázisú növekedési minta lehetővé teszi a növény számára, hogy napközben nyugatra forduljon, éjjel pedig visszaforduljon kelet felé. A növekedési hormonok, mint az auxin és a gibberellin, szabályozzák ezt a folyamatot, fényérzékelő fehérjék segítségével, valamint az irányított növekedést elősegítő gének expressziójának különbségei által, amelyek a szár különböző oldalain eltérően fejeződnek ki. Ennek a napkövető képességnek az evolúciós előnye, hogy növeli a növény vegetatív tömegét a fotoszintézis optimalizálásával és javítja a virágok megporzásának esélyét is, mivel a kelet felé forduló virágfejek reggel gyorsabban melegszenek fel, ezáltal vonzóbbá válnak a beporzók számára (Atamian et al., 2016).

Míg az olajnapraforgók magtermése inkább kisebb és fekete színű (esetleg sötét csíkokkal), úgy az étkezési napraforgó kaszatjai rendkívül változatosak lehetnek ezen szempontok szerint, melyek hozzájárulnak a különböző piaci igények kielégítéséhez. Hladni et al. (2017) tanulmányában az étkezési napraforgók kaszattermése alapján különítették el genotípusokat. A tanulmányból kiderül, hogy a kaszatok mérete változhat kicsitől a nagyig, míg az alak lehet keskeny vagy széles tojásdad, kerekded, valamint hosszúkás formákban is előfordulhatnak. Ezek a tulajdonságok befolyásolják a magok kezelhetőségét és feldolgozását.

A kaszatok színe lehet fekete, fehér, szürke és ezen színek kombinációja. A csíkozás intenzitása, elhelyezkedése további megkülönböztető jellemzőket biztosít, ami fontos lehet a fogyasztói preferenciák szempontjából.

2.4. A napraforgó-szador rendszertani besorolása és morfológiája

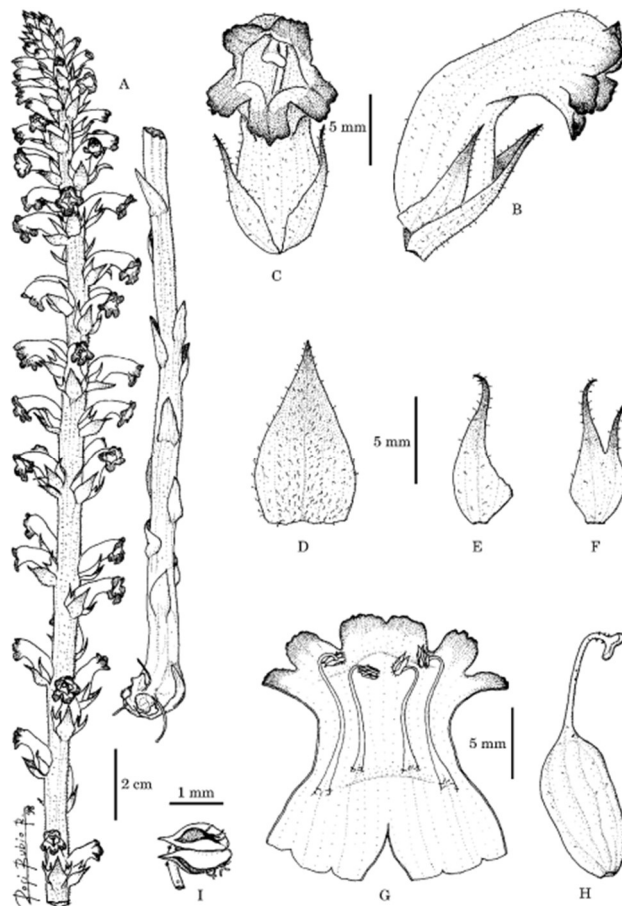
A napraforgó-szador rendszerezése ellentmondásos. Míg egyes szerzők az *Orobanche cumana*-t az *Orobanche cernua* infraspecifikus taxonjának tekintik, mások külön fajként kezelik, mindkét név minősítés nélkül megtalálható a szakirodalmakban (Pujadas-Salvà, 2000).

A napraforgó-szador (*Orobanche cumana* Wallr. vagy *Orobanche cernua* Loefl.) egy parazita zárvatermő egyéves növény, amely már több, mint egy évszázada nagy károkat okoz a napraforgótermelésben. Ez a faj holoparazita, vagyis táplálkozása teljes mértékben a gazdanövényétől függ, a napraforgótól jelen esetben. Leginkább Közép- és Kelet-Európában, Spanyolországban, Törökországban, Izraelben, Iránban, Kazahsztánban és Kínában elterjedt (Škorić et al., 2020).

A napraforgó-szador (*Orobanche cumana* Wallr. vagy *Orobanche cernua* Loefl.) faj az *Orobanche* nemzetségbe, a vajvirágfélék (Orobanchaceae) családjába, azon felül pedig az ajakosvirágúak (*Lamiales*) rendjébe tartozik. Először Boros (1950) írt a napraforgó-szador magyarországi megjelenéséről, 74 évvel ezelőtt, a Természet és Technika folyóiratban. Ebben a folyóiratban az élősködő növény megjelenését a háború során történő behurcolással indokolta, és az *Orobanche cumana* Wallr. fajként írta le. Barina és munkatársai (2005) tanulmányában már 13 helyen azonosították Magyarországon az *Orobanche cernua* Loefl. fajt. A tanulmány szerint a ritka előfordulási helyekben az volt a közös, hogy szikes talajokon helyezkedtek el.

Az *Orobanche cumana* Wallr. (4. ábra) akár 40–65 cm magasra is meg tud nőni. Szára 3,5–10 mm átmérőjű, mirigyvégű szőrökkel borított és fehéresebb színű; enyhén gumós alakú az alapjánál. Alsó levelei deltoid alakúak, a felsők ovális-lándzsásak. A virágzati tengely 22–30 cm hosszú, laza, felső harmadában sűrűn helyezkednek el a virágok. A csészelevelek 5–9 mm hosszúak, egészek vagy enyhén kettéhasadtak. A párta 19–22 mm hosszú, fehér vagy halványkék színű. Kizárólagos gazdanövénye a termesztett napraforgó (*Helianthus annuus* L.) (Pujadas-Salvà, 2000).

Orobanche cernua Loefl. 15–32 cm magasra nő meg, szára 5–9 mm átmérőjű, gumós alakú a bázisnál, mirigyvégű szőrökkel borított, színe a sárgástól a világos liláig terjed. Alsó levelei deltoid alakúak, a felsők ovális-lándzsásak. 6–17 cm hosszú a virágzati tengelye, a virágok sűrűn helyezkednek el, a szár alsó részéhez közelítve csak elvétve találunk. A csészelevelek 6–10 mm hosszúak, egészek vagy kisebb- nagyobb mértékben kettéhasadtak. A párta 15–18 mm hosszú, kék vagy sötétlila színű. Főként meszes talajokon él (Pujadas-Salvà, 2000).



4. ábra Az *Orobanche cumana* Wallr. faj és növényi részeinek megjelenése; A) A növény egésze B) Virágzat oldalnézetből C) Virágzat elülső nézetből D) Csészelevél E, F) Csésze komponensek G) Nyitott pártá, és porzók H) Porzó I) Termő

Forrás: Pujadas-Salvà (2000)

Az *Orobanche cumana* Wallr. faj növényei könnyen felismerhetők, mert magasabbak, karcsúbbak, hosszabb és lazább virágzatúak, mint az *Orobanche cernua* Loefl. növényei. Az *Orobanche cumana* Wallr. pártái halványabbak (fehér vagy halványkék), mint az *Orobanche cernua* Loefl. pártái (kék, sötétlila vagy lila). Mindkét faj esetében egyértelmű különbségek mutatkoztak a pártá hosszát és a hátvonal hajlásának mértékét illetően is (Pujadas-Salvà 2000).

2.5. A napraforgó-szador hatása a napraforgóra

A napraforgó-szador, azaz *Orobanche cumana* Wallr., egy obligát parazita, amely kizárólag a napraforgó gyökereit képes megfertőzni. A kölcsönhatás első lépése a szador magjainak csírázása, amelyet a napraforgó gyökér által kiválasztott molekulák, például a strigolaktonok indukálnak. Ezután a szador gyököcskéje a napraforgó gyökérhez kapcsolódik, és ha sikeres a kapcsolódás, kialakul a vaszkuláris összeköttetés, ami lehetővé teszi a tápanyagok és a víz áramlását a gazdanövényből a parazitába, elszipolyozva attól. (Louarn et al., 2016).

Louarn et al. (2016) tanulmányából továbbá kiderül, hogy a csatolási folyamatot követően a szádor tuberkulumot, vagyis tároló szervet (gumócskát) fejleszt, ami gyorsan növekszik és végül a föld felszínére törő szár formájában jelenik meg. Ebben a szakaszban, ha a napraforgó rezisztens a szádorra, akkor megfigyelhető a tuberkulumok elhalása, vagyis a szádor és a napraforgó között inkompatibilis a kapcsolat, a szádor gyököcskéje nem képes összekapcsolódni a napraforgó vaszkuláris rendszerével és a parazita elpusztul. A szádor gyököcskéje hausztóriumon keresztül támadja meg a napraforgó gyökerét, ami egy speciális szerv, mely a szádor által a gazdanövény gyökereibe történő behatolást és kapcsolódást szolgálja annak szállítószövetébe. Ez nem csupán fizikai kapcsolatot eredményez, hanem biokémiai interakciók is társulnak mellé, a szádor speciális enzimeket alkalmaz a gazdanövény sejtjeinek izolálására, ezzel megakadályozva azok pusztulását, ami lehetővé teszi a hosszantartó élősködést (Hassan et al., 2004).

A szádor által, a napraforgóra gyakorolt káros hatásokat már számos tanulmány alaposan dokumentálta. A fentebb bemutatott hatásmechanizmus a növény fejlődésén át, a terméshozamig károkozással bír. Grenz et al. (2007) kutatásában, ahol a különböző vetési időpontok, tápanyagforrások és a fertőzöttségi szintek hatását vizsgálták a napraforgó és a szádor (*Orobanche cumana Wallr.*) kölcsönhatásában, minden paraméter ellenében 13 százaléktól 37 százalékgig terjedő terméshozam csökkenést eredményezett. Egy másik szakirodalomban Joel et al. (2007) arról ír, hogy jelentős veszéllyel bír a napraforgó-szádor a gazdanövényre, valamint, hogy az étkezési napraforgók különösen fogékonyak a parazitanövényre, és a súlyosan fertőzött területeken akár teljes termé kiesés is előfordulhat.

Domínguez (1996) a szádor fertőzés mértékét vizsgálta három napraforgó hibriden, szántóföldi körülmények között, és arra a következtetésre jutott Ő is, hogy a szádor, a napraforgó számos agronómiai jellemzőjére negatív hatással bír. A fejenkénti kaszatok súlya átlagosan 47 százalékkal csökkent, a fejek átmérője 20 százalékkal volt kisebb, a fejenkénti kaszatok száma pedig 27 százalékkal volt kevesebb a fertőzött kísérletek esetén.

Yang et al. (2020) tanulmányában megemlíti az *Orobanche cumana Wallr.* által okozott fertőzés hatásait a napraforgó magasságára vonatkozóan, 21 nappal a napraforgóhoz történő sikeres csatlakozás után, már jelentősen csökkentette annak magasságát.

Hosni et al. (2020) kísérletében szádor (*Orobanche cumana Wallr.*) rezisztens és fogékony vonalakon vizsgálták a fertőzés okozta negatív hatásokat. A parazita növény súlyos károkat okozott elsősorban olyan agronómia jellemzőkben, mint a terméshozam és terméshozam komponensek, mint például a mag olajtartalma. A rezisztens vonalakon viszont nem volt negatív fogantja a szádor fertőzésnek, a szádor sem búj ki mellettük a földből. Szignifikáns

($p < 0,05$) eltéréseket találtak a levélszám, a fejtátmérő, a növénymagasság, növényenként bearatott kaszat száma, és a növényenként bearatott kaszatok súlyát illetően a fogékony vonalak esetén, fertőzött és nem fertőzött kísérletek között. Ugyanezen paraméterek alkalmazásakor a rezisztens vonalak fertőzött és nem fertőzött kísérletei között nem volt szignifikáns eltérés.

Onisan et al. (2018) szerint az *Orobanche cumana* Wallr., vagyis a napraforgó-szádor, Kelet-Európában a napraforgó termesztésének egyik fő károsítója, és az arra érzékeny hibridek terméshozama akár 60%-kal is csökkenhet. A parazita növény ellen történő védekezés megoldása állandó probléma, ennek oka, hogy a szádor képes agresszívabb populációkat kifejleszteni a növény által termelt nagy számú mag és a magok akár 10 évet is meghaladó életképessége miatt. A tanulmányban 2 százaléktól az 56 százalékgig terjedő terméshozam csökkenésről számoltak be.

Torma és Hódi (2018) a napraforgó-szádor (*Orobanche cumana* Wallr.) napraforgóra gyakorolt terméshozam alakulását vetették össze fertőzött területeken, Magyarországon, kispercellás kísérletek nyomán. A vizsgált időszakban a kémia eszközökkel gyomirtott parcellákhoz képest, a kontroll parcellákon a termésvesztés 33 és 73 százalék között alakult, szignifikáns ($p < 0,05$) különbséggel. A tanulmányban szóba kerül a víz szerepe is, a csapadékosabb évjárat során, a gazda és parazita növény nagyobb vízkészlet, és ezáltal nagyobb vízben oldott tápanyagforrás felett rendelkezett, ezáltal csökkent a két növény közötti versengés és a napraforgó terméshozam kiesése is. A kutatók, 2012-ben, a kezeletlen kontroll parcellákban fejlődésben megállt, betakarításkor alacsony, vékony szárú, törékeny és kicsi tányérméretű napraforgókat láttak. A szerzők szerint évről évre nagyobb a fertőzési nyomás, mely a Dél-Alföldet különösen rosszul érinti és sokszor előfordul, hogy csak akkor derül ki egy-egy területről, hogy fertőzött, amikor szádorra fogékony hibridet termesztenek rajta.

2.6. Szádor-rezisztencia a napraforgóban

A napraforgó nemesítés hosszú utat tett meg azóta, hogy az észak-amerikai kontinens őslakosai kezdetleges módszerekkel elkezdtek szelektálni a vadnapraforgó populációkból a számukra kívánatos tulajdonságok alapján, ahogy azt a szakirodalmi feldolgozás elején bemutattam. Vaszilij Sztepanovics Pusztovojit szovjet kutató munkássága kiemelkedő volt, a napraforgó nemesítés egyik legfontosabb szereplője a XX. században. Az 1920-as években dolgozott ki egy olyan szelekciós módszert, amelyet "tartalékok módszerének" nevezett. Ez a módszer lehetővé tette, hogy nagymértékben növelje a napraforgóolaj százalékos arányát a korabeli 30 százalékról 50 százalékra. A módszer lényege, hogy nagy számú növényt

választottak ki egy szintén nagy létszámú heterogén populációból, majd az ezekből származó magokat elemezték olaj- és héjszázalék szempontjából. A legjobb eredményeket adó növények utódpopulációjának tesztelésével folytatódott a szelekció, több éven keresztül. A különböző károkozók elleni rezisztenciákat egy külön tenyészkertben vizsgálták, például a szóban forgó szádor toleranciát is. Ez a folyamat nagymértékben hozzájárult a napraforgó termesztett területének és olajtermelésének növekedéséhez az akkori Szovjetunióban. A módszer jelentősen elterjedt volt, sok kelet európai kutatóállomás alkalmazta. Az 1930-as években továbbá megindult a napraforgó nemesítés intézményesítése Kanadában is, majd azt követte az Egyesült Államok az 1950-es években a Texasi Mezőgazdasági Kísérleti Állomás jóvoltából, együttműködve a USDA-val, ahol az egyik célkitűzés a széles napraforgó genepool kialakítása volt (Fick, 1978).

A CMS vagyis a citoplazmás hímsterilitás felfedezése Leclercq (1969) által egy kulcsfontosságú lépés volt a napraforgó nemesítésének történetében, ami jelentős áttörést jelentett az 1970-es években, párosítva az ezt a sterilitást visszaállító gén felkutatásával Kinman jóvoltából (Tavoljanskiy et al, 2004). Ez a rendszer olyan napraforgó vonalak használatát foglalja magában, amelyek képtelenek pollent termelni a mitokondriális DNS egy hibája miatt, ezáltal lehetővé téve a hibridek irányított előállítását. A beltenyésztett CMS vonalakat specifikus beltenyésztett restorer vonalakkal párosítják, amelyek képesek visszaállítani a hímsterilitást a hibrid utódnemzedékben, lehetővé téve az öntermékenyítést. Ez a folyamat lehetővé teszi a nemesítők számára, hogy kihasználják a hibridizáció erejét, vagyis a heteróziát, ami magasabb hozamot és jobb tulajdonságokat eredményez a szabadon virágzó fajtákhoz képest (Meena et al., 2013).

A szádor-rezisztencia nemesítést megnehezíti, hogy az *Orobanche Cumana Wallr.* fajnak több patotípusa is van, rasszok, melyeket az ABC betűivel jeleznek, például A, B, C, D, E rasszok. Ezen rasszok rezisztenciájául szolgáló gének elnevezése az „Or” sémát követi, alsó indexben pedig a rasszra utaló számozás található meg, például Or1 az A rassz ellen szolgál védelmet. Ezen gének autoszomális domináns öröklődés menetűek, és egy gén felel az expresszióért, eredetük vadnapraforgókhöz köthető (Höniges et al., 2008). A kutatók összegyűjtötték, hogy a rezisztens napraforgóknak különböző szakaszokban milyen védelmi stratégiájuk van a szádor ellen. Ilyen védelmi mechanizmus, hogy a rezisztens napraforgó a szádor magok csírázását gátló anyagok kibocsátására is képesek, továbbá fizikai akadályok képzésére a szádor behatolása ellen, mely nagyobb mennyiségű kallóz lerakódását jelenti a gyökérzetben, valamint a sejtfalak megerősítését. Képesek továbbá a szádor bejutása esetén olyan vegyi anyagok kiváltására, ami a szádor nekrozisát is eredményezheti, gátolhatják a

szádor gyököcskéjét amellyel a kapcsolatot próbálja a parazitanövény létesíteni a gazdanövennyel, az általa kibocsátott enzimek blokkolásával. A napraforgó, a szádor elleni, különböző gének expressziója általi immunreakcióját Zhang et al. (2022) tanulmányában is bebizonyították, molekuláris analízisek segítségével.

3. Anyag és módszer

3.1. A kísérlet helyszíne és időpontja

A kísérlet helyszínéül a 2023. évi, Mogyi Kft.-nek biztosított nemesítési tenyészkert szolgált, mely egy 6 hektáros területet foglal magába, Bácsbokod és Vaskút között, Baja térségében. A kísérlet beállításának megkezdését a Mogyi Kft. telephelyén végeztem. A kísérlet fő helyszínének pontos koordinátája a következő: 46.140863, 19.051664.

A kísérlet beállítása a vetéssel kezdődött, 2023. május 10-én és 2023. május 22-i szántóföldi környezetbe való kihelyezéssel folytattam, majd a betakarítás 2023. szeptember 20-án történt meg.

3.2. A tenyészidőszak időjárási adatai

A tenyészidőszak alatt a csapadékmennyiség összesen 202 millimétert tett ki. Ezt az összmenyiséget nem egyenletesen kaptuk meg: a csapadék több mint negyede egyetlen nap alatt esett le, ami az 5. ábrán is megfigyelhető. A szeptember különösen száraznak bizonyult, emellett júniusban és júliusban is tapasztalhattunk száraz időszakokat.



5. ábra A tenyészidőszak alatt hullott csapadékmennyiség napi bontásban Forrás: saját adatok, 2023

Az esőcsapadékon kívül a növények folyamatos öntözést kaptak, hogy a kevés termesztközeg miatt ne száradjanak ki. Hőmérsékleti viszonyokat tekintve a tenyészidőszak 121 napja alatt 45 nap számított hőségnapnak, amikor a napi maximum hőmérséklet meghaladta a 30 Celsius-fokot.

3.3. A kísérlethez felhasznált hibridek és a kísérlet beállítása

A kísérlet során, a Mogyi Kft által biztosított kísérleti étkezési napraforgó hibrideket használtam fel, mely 1 db szádor rezisztens és 2 db szádorra fogékony hibridet foglal magában. A rezisztens hibrid a szádor E rassa ellen védett. A rezisztens hibrid az „1”-es kódolást, a fogékony hibridek a „2”-es és „3”-as kódnevet kapták. A kiválasztott hibrideket öt ismétlésben vettem el, két kísérletben, az egyik során szádormaggal kevert termesztközéget használtam, a másikban attól menteset. A termesztközéget, mely 70 százalék kereskedelmi forgalomban kapható virágföld volt és 30 százalék homok, műanyag, 15 literes virágcserepekben helyeztem el, hogy a szántóföld fertőzését megóvjam. A fertőzött termesztközégekhez kilogrammonként 1,5 gramm szádor magokat kevertem, „E” rasszból. A három hibrid öt ismétlésben, két kísérletben való elültetése összesen harminc darab cserepet jelent. A vetést a Mogyi Kft telephelyén végeztem el, a sikeres csírázás biztosítása érdekében öt darab magot elhelyezve cserepenként. A növények csírázása után a kísérlet állandó helyszínéül szolgáló nemesítési tenyészkerthez szállítottam a cserepeket, melyeket a varjak elleni védelem érdekében műanyag hálóval borítottam be. A növények egyelésére is ekkor került sor. A virágzás megkezdése előtt a napraforgók rögzítésére sor került, megelőzve a kidőlésüket a karógyökér alacsony mivoltából.

3.4. A kísérlet során történő adatgyűjtés

A kísérlet során heti rendszerességgel felvételeztem a növények különböző paramétereit, melyek a következők voltak: zöldlevélszám darabszáma, szár vastagsága milliméterben, a szár magassága centiméterben megadva. Az adatgyűjtés papíron történt, később Microsoft Excel táblázatba kerültek felvezetésre. A mérésekhez tolómérőt és mérőszalagot használtam. Betakarítás után felvételezésre került a fejenkénti termés tömege grammban megadva; a kaszatok hossza, szélessége és vastagsága milliméter mértékegységben; a kaszatok ezerkaszat-tömege grammban kifejezve, valamint fajsúlyuk gramm/liter mértékegységben, továbbá a teli kaszatok száma is rögzítésre került. Ezen adatokat is hozzáadtam később az Excel táblázathoz.

A heti rendszerességgel felvett adatokat a statisztikai elemzés előtt három mérési intervallumra átlagoltam, az első 2023.06.02 és 2024.06.24 közötti átlagolt adatokat jelenti, a második a 2024.06.24 és 2024.08.04 közötti átlagokat, a harmadik mérési átlagolt adatok, pedig 2024.08.04 és 2024.09.19 közé esnek, melyekhez csatoltam a termés tulajdonságainak paramétereit, valamint a végső mérés során felvételezett szádor tövek számát.

3.5. Statisztikai elemzés

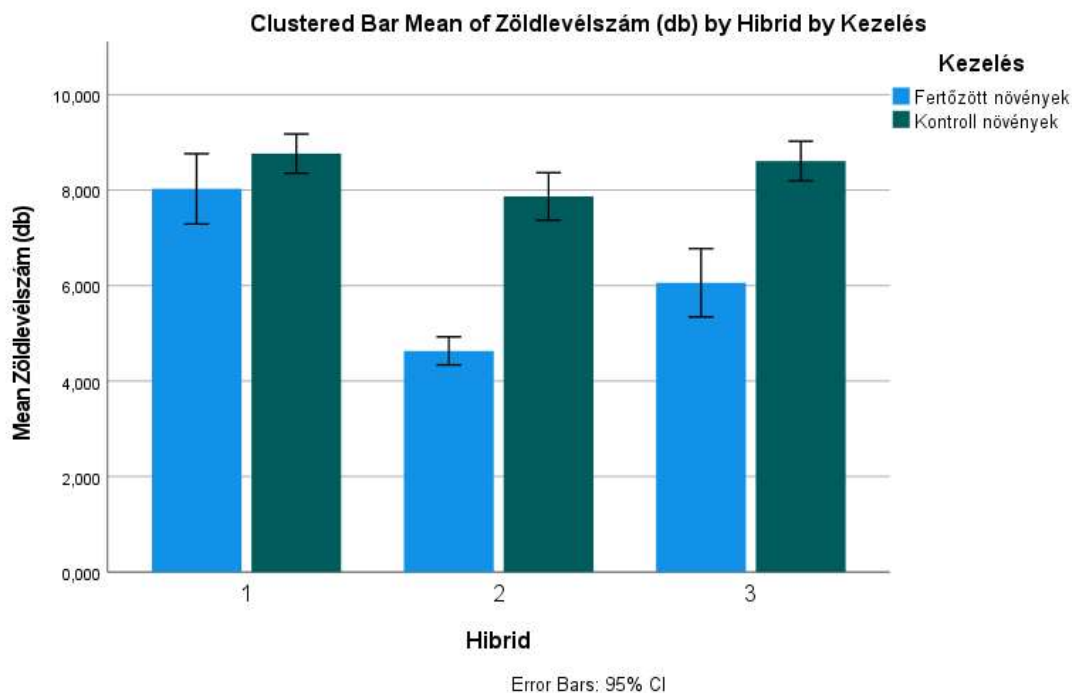
A statisztikai elemzéseket az IBM SPSS Statistics 29 szoftver felhasználásával készítettem el. Az adatok feldolgozása során egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmaztam, amely lehetővé tette a különböző csoportok közötti statisztikailag szignifikáns különbségek azonosítását. Ezen kívül leíró statisztikai módszereket is használtam, hogy átfogó képet kapjak az adatok jellemzőiről, mint például az átlagok, szórások és egyéb alapvető mutatók.

4. Eredmények és értékelésük

4.1. A tenyésztési időszak alatt felvételezett paraméterek eredményei

4.1.1. A zöldlevélszám változás eredményei

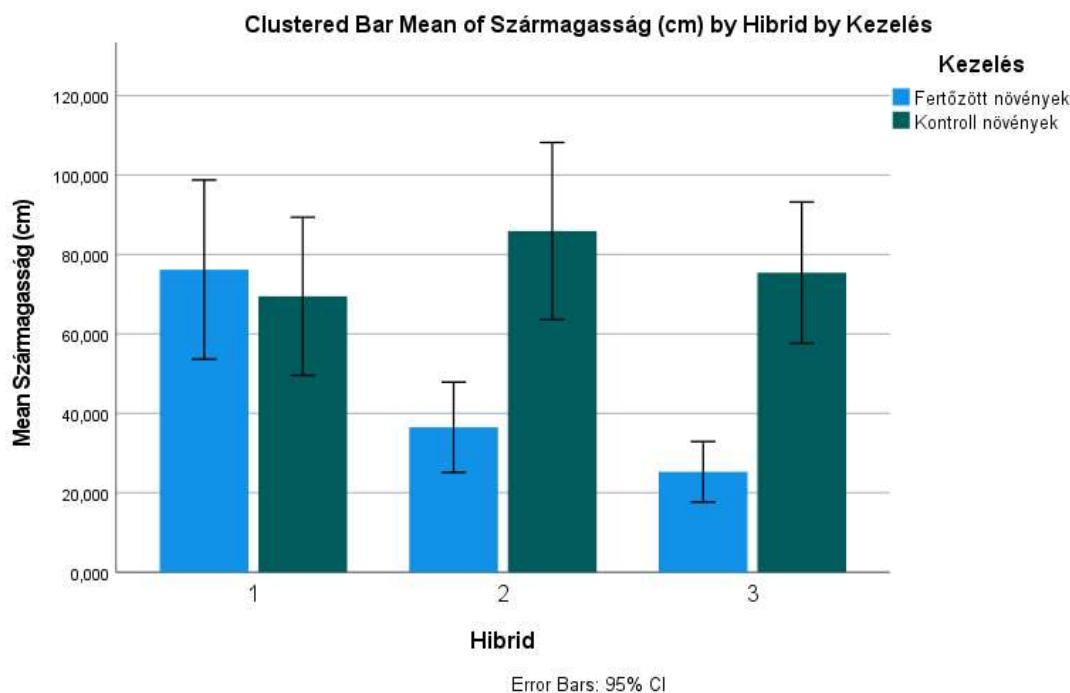
Egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) során a növények zöldlevélszámának tekintetében az 1-es hibrid nem mutatott szignifikáns eltérést a szádor fertőzés ellenében, a kontroll növényekhez képest. $[F(1, 28) = 3,515, p = 0.071]$, a fertőzött növényeinek átlagos zöldlevélszáma $8,03 \pm 1,33$, míg a kontroll $8,77 \pm 0,74$ darab volt. A 2-es hibrid szignifikáns eltérést mutatott, a kontroll növényekhez képest $[F(1, 28) = 144,63, p < 0.001]$, a fertőzött növények az átlagos $4,63 \pm 0,52$ darabszámukkal jelentősen alulmaradtak zöldlevélszám tekintetében a kontroll átlagos $7,87 \pm 0,89$ darabjával szemben. A 3-as hibrid jelentős különbséget mutatott a fertőzött és kontroll növények közötti zöldlevélszám tekintetében. Az ANOVA elemzés szignifikáns eredményt mutatott $[F(1, 28) = 43,86, p < 0,001]$, a két csoport között. A fertőzött növények átlagos zöldlevélszáma $6,06 \pm 1,29$ darab, míg a kontroll növényeké magasabb, $8,61 \pm 0,75$ darab volt. A mért adatok vizuális bemutatása a 6. ábrán található, amely segít áttekinteni és értelmezni azokat.



6. ábra A szádorral fertőzött és kontroll növények összehasonlítása zöldlevélszám tekintetében

1.1.1. A szármagasság változás eredményei

A szármagasság tekintetében az 1-es hibridnél az ANOVA elemzés nem mutatott szignifikáns eltérést a fertőzött és kontroll csoportok között [$F(1, 28) = 0,228, p = 0,636$], a fertőzött növények átlagos magassága $76,18 \pm 40,73$ cm, míg a kontroll növényeké $69,48 \pm 35,96$ cm volt. A 2-es hibrid számottevő különbséget mutatott; a fertőzött növények magassága jelentősen kisebb volt, $36,50 \pm 20,54$ cm, szemben a kontroll csoport átlagával, mely $85,91 \pm 40,26$ cm, mely az ANOVA elemzés alapján szignifikáns [$F(1, 28) = 17,924, p < 0,001$]. A 3-as hibrid esetében az ANOVA szintén szignifikáns különbségeket tárt fel [$F(1, 28) = 30,894, p < 0,001$], a fertőzött növények átlagos magassága csak $25,27 \pm 13,74$ cm, míg a kontroll növényeké $75,41 \pm 32,12$ cm volt. A mért adatok grafikonos összehasonlítása a 7. ábrán látható.

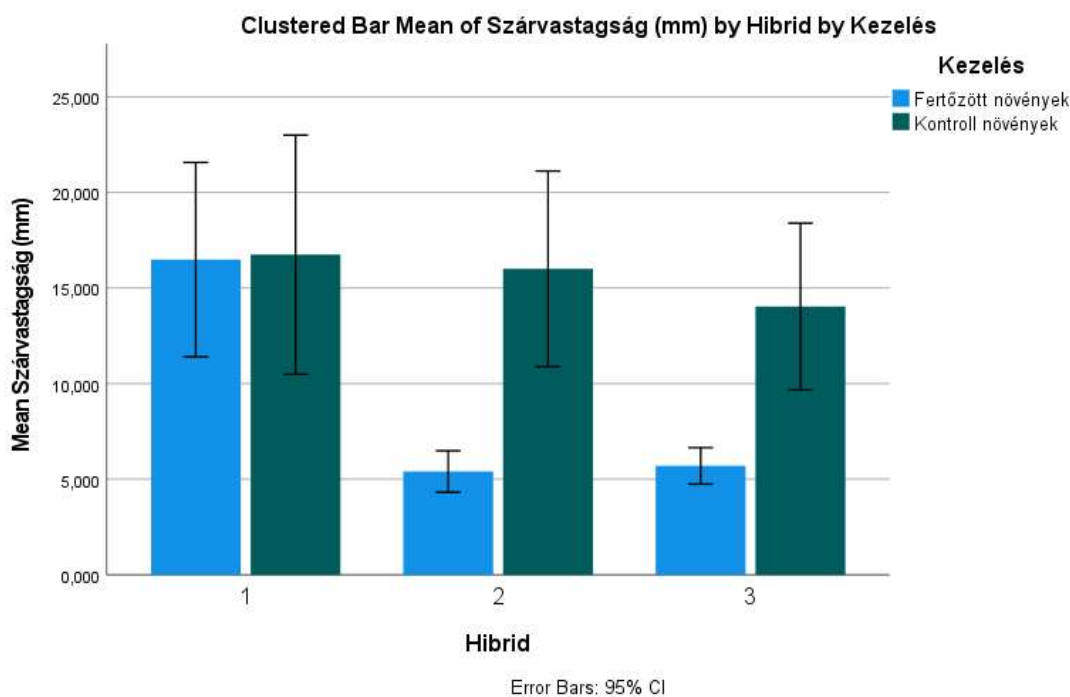


7. ábra A száddal fertőzött és kontroll növények összehasonlítása szármagasság tekintetében

1.1.2. A szárvastagság változás eredményei

Az 1-es hibrid szárvastagsága tekintetében az ANOVA elemzés nem mutatott szignifikáns eltérést a fertőzött és kontroll csoportok között [$F(1, 28) = 0,005, p = 0,945$], a fertőzött növények átlagos szárvastagsága $16,49 \pm 9,18$ mm, míg a kontroll növényeké $16,75 \pm 11,29$ mm volt. A 2-es hibrid esetében szignifikáns különbséget találtam; [$F(1, 28) = 18,922, p < 0,001$] a

fertőzött növények átlagos szárvastagsága jelentősen kisebb volt, $5,41 \pm 1,96$ mm, szemben a kontroll csoport átlagával, mely $16,01 \pm 9,24$ mm. A 3-as hibridnél az ANOVA elemzés szintén szignifikáns különbségeket tárt fel [$F(1, 28) = 16,015$, $p < 0,001$], a fertőzött növények átlagos szárvastagsága csak $5,70 \pm 1,71$ mm, míg a kontroll növényeké $14,03 \pm 7,88$ mm. A mért adatok a 8. ábrán láthatóak.



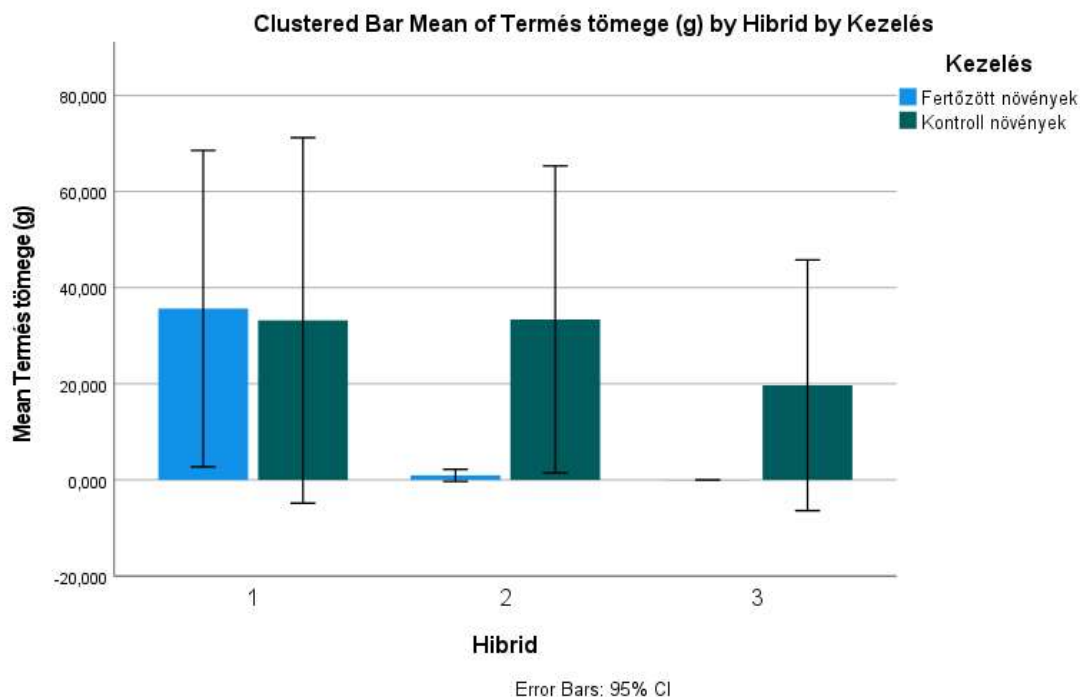
8. ábra A száddal fertőzött és kontroll növények összehasonlítása szárvastagság tekintetében

4.2. A termékek paramétereinek eredményei

4.2.1. A termékek tömegének eredményei

Az 1-es hibrid termés tömegére vonatkozóan végzett egytényezős varianciaanalízis nem talált szignifikáns különbséget a fertőzött és kontroll csoportok között [$F(1, 8) = 0,024$, $p = 0,880$], a fertőzött növények átlagos termés tömege $106,94 \pm 53,23$ gramm, míg a kontroll csoporté $99,58 \pm 90,8$ gramm volt. A 2-es hibrid esetében az ANOVA jelentős különbséget tárt fel a termés tömegének tekintetében a fertőzött és kontroll csoportok között [$F(1, 8) = 14,396$, $p = 0,005$], a fertőzött növények átlagos termésének tömege $2,85 \pm 3,37$ gramm, ami jelentősen alacsonyabb a kontroll csoport átlagos $100,18 \pm 57,26$ gramm tömegénél. A 3-as hibrid termés tömegével végzett ANOVA analízis szignifikáns különbséget talált a fertőzött és kontroll

csoportok között [$F(1, 8) = 3,590, p < 0,001$], a fertőzött növények átlagos termésének tömege csak $0,02 \pm 0,04$ gramm, míg a kontroll növényeké $59,08 \pm 69,7$ gramm volt. A mért adatok összehasonlítása a 9. ábrán látszik.



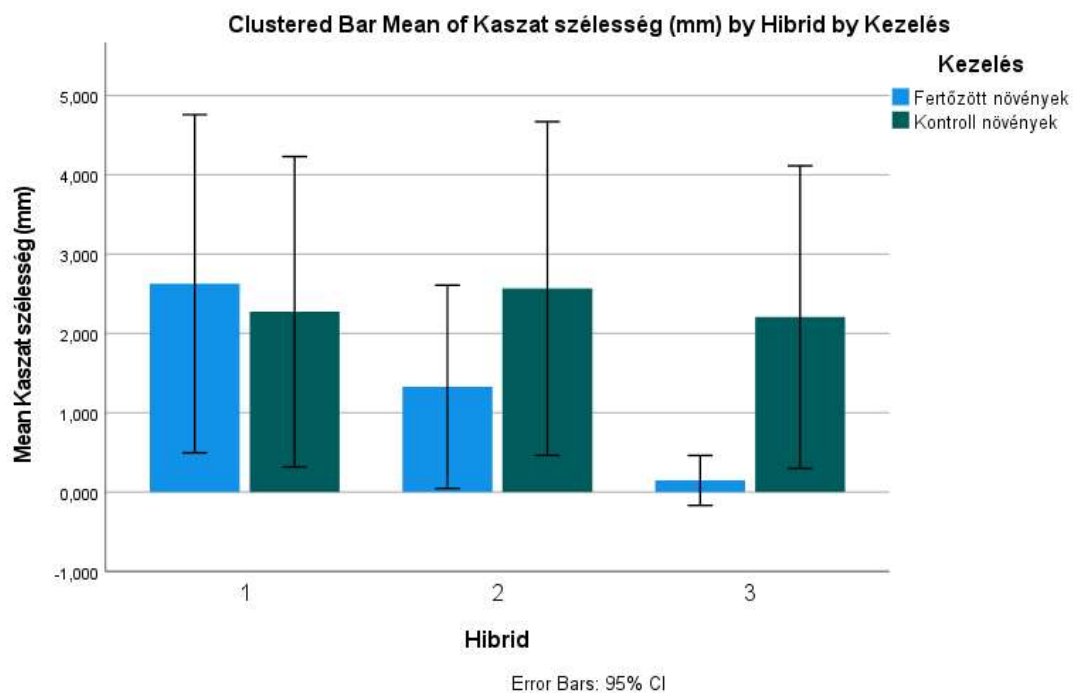
9. ábra A hibridenkénti termések tömegének összehasonlítása a száddal fertőzött és kontroll csoport között

4.2.2. A kaszatok hosszának eredményei

A 1-es hibridnél a kaszat hosszát vizsgálva az ANOVA nem talált számottevő eltérést a fertőzött és kontroll csoport között [$F(1, 8) = 2,773, p = 0,134$]. A fertőzött növényeknél mért átlagos $21,56 \pm 0,84$ mm-es érték ugyanakkor, valamivel nagyobb volt a kontroll csoport $17,42 \pm 5,49$ mm-es átlagánál. A 2-es hibrid kaszat hosszánál az ANOVA elemzés szignifikáns különbséget jelez [$F(1, 8) = 6,300, p = 0,036$]. A fertőzött növények átlagosan $11,94 \pm 6,74$ milliméter hosszú kaszatokat növesztettek, ami jelentősen rövidebb a kontroll csoportban mért $19,80 \pm 1,89$ milliméteres átlagnál. A 3-as hibrid kaszat hossza esetében az ANOVA szintén jelentős különbséget tárt fel [$F(1, 8) = 42,141, p < 0,001$]. A fertőzött növények esetében a kaszatok hossza csak $1,74 \pm 3,89$ milliméter volt átlagosan, míg a kontroll csoporté lényegesen nagyobb, $18,90 \pm 4,45$ milliméter.

A kaszat szélességének vizsgálatakor az 1-es hibrid esetében az ANOVA nem mutatta ki a fertőzött és a kontroll csoport közötti szignifikáns eltérést [$F(1, 8) = 1,106, p = 0,324$], a fertőzött növények átlagos szélessége $7,88 \pm 0,38$ milliméter, míg a kontroll csoporté $6,82 \pm 2,22$

milliméter. A 2-es hibridnél a kaszat szélességében az ANOVA szignifikáns különbséget mutatott [$F(1, 8) = 10,394, p = 0,012$]. A fertőzött növények átlagosan $3,98 \pm 2,36$ milliméter széles kaszatokat termeltek, szemben a kontroll csoport $7,70 \pm 1,05$ milliméteres átlagával. A 3-as hibrid kaszat szélességét elemezve az ANOVA szignifikáns eltérést tárt fel [$F(1, 8) = 31,907, p < 0,001$]. A fertőzött növényeknél mérhető $0,44 \pm 0,98$ milliméteres átlag markánsan alacsonyabb volt a kontroll csoport $6,62 \pm 2,24$ milliméteres átlagánál. A kaszatok hosszának összevetése a 10. ábrán látható.

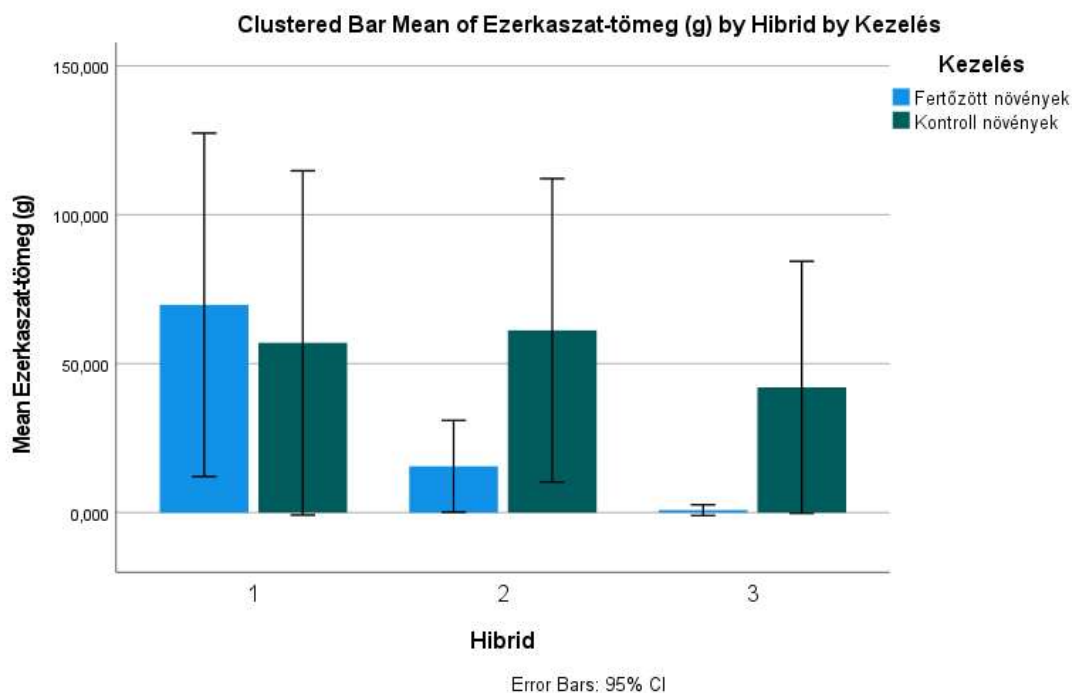


10. ábra A hibridek kaszat szélességének összehasonlítása, száddal fertőzött és kontroll csoport között

A kaszat vastagság tekintetében az 1-es hibridnél az ANOVA nem talált szignifikáns különbséget a fertőzött és kontroll csoport között [$F(1, 8) = 1,304, p = 0,287$]. A fertőzött növények kaszat vastagsága átlagosan $4,68 \pm 0,2$ milliméter, míg a kontroll csoport vastagsága $3,98 \pm 1,36$ milliméter. A 2-es hibrid kaszat vastagságának mértékében az ANOVA szignifikáns eltérést jelzett [$F(1, 8) = 6,916, p = 0,030$], a fertőzött növények átlagos vastagsága $2,36 \pm 1,4$ milliméter, szemben a kontroll csoportéval, amely $4,28 \pm 0,85$ milliméter volt. A 3-as hibrid esetében a kaszat vastagság az ANOVA szerint szignifikáns különbséget mutatott [$F(1, 8) = 23,759, p = 0,001$]. A fertőzött növények átlagosan csak $0,30 \pm 0,67$ milliméter vastagságú kaszatokat neveltek, míg a kontroll csoporté $3,50 \pm 1,31$ milliméterűeket.

4.2.3. Az termékek ezerkaszat-tömeg eredményei

Az ezerkaszat-tömeg tekintetében az 1-es hibrid esetében az ANOVA elemzés nem mutatott szignifikáns különbséget a fertőzött és kontroll csoport között [$F(1, 8) = 0,482, p = 0,507$]. A fertőzött növények átlagosan $209,25 \pm 37,78$ gramm ezerkaszat-tömeggel rendelkeztek szemben a kontroll csoport $170,96 \pm 117,35$ gramm átlagával. A 2-es hibridnél az ANOVA szignifikáns különbséget talált az ezerkaszat-tömegeben [$F(1, 8) = 38,371, p < 0,001$], a fertőzött növények $46,67 \pm 29,95$ gramm átlaggal rendelkeztek, ami alacsonyabb a kontroll csoport $183,58 \pm 39,31$ grammos átlagánál. A 3-as hibrid esetében az ezerkaszat-tömeg vonatkoztatásában az ANOVA szignifikáns különbséget jelzett [$F(1, 8) = 10,649, p = 0,011$], A fertőzött növények átlagosan $2,50 \pm 5,59$ grammos ezerkaszat-tömeget produkáltak, míg a kontroll csoporté lényegesen magasabb, $126,20 \pm 84,58$ grammos volt. Az ezerkaszat-tömegekre vonatkozó adatok vizuális összehasonlítása a 11. ábrán látható.



11. ábra Az egyes hibridek termésének ezerkaszat-tömege fertőzött és kontroll csoport bontásban

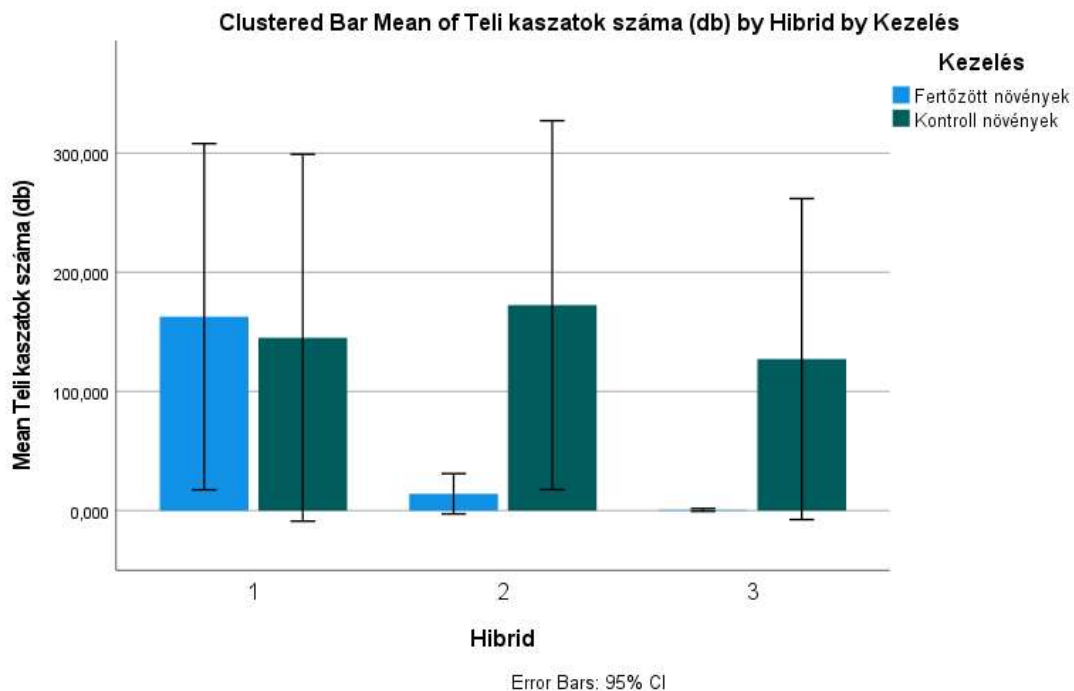
4.2.4. A termékek fajsúlyának eredményei

A 1-es hibrid fajsúlyában az ANOVA elemzés nem mutatott szignifikáns eltérést a fertőzött és kontroll csoport között [$F(1, 8) = 1,494, p = 0,256$]. A fertőzött növények fajsúlya átlagosan $296,9 \pm 44,32$ gramm/liter, míg a kontroll csoporté $196,08 \pm 179,01$ gramm/liter. A 2-es hibridnél a fajsúlyra vonatkozóan az ANOVA szignifikáns különbséget tárt fel [$F(1, 7) = 476,959, p <$

0,001], A fertőzött növényeknél ez az érték 0 gramm/liter volt, mivel nem voltak megmérhető termések, míg a kontroll csoport átlagos fajsúlya igen magas , $368 \pm 33,23$ gramm/liter volt. A 3-as hibrid fajsúly tekintetében az ANOVA szintén szignifikáns különbséget mutatott [$F(1, 8) = 352,760$, $p < 0,001$]. A fertőzött növények esetében nem volt megmérhető fajsúly, míg a kontroll csoporté átlagosan $317,58 \pm 37,81$ gramm/liter.

4.2.5. A termések teli kaszat számainak eredményei

Az 1-es hibrid esetében a teli kaszatok számára vonatkozó ANOVA elemzés nem mutatott szignifikáns különbséget a fertőzött és kontroll csoport között [$F(1, 8) = 0,091$, $p = 0,771$], A fertőzött növények esetében a teli kaszatok átlagos száma $488,4 \pm 205$ volt, míg a kontroll csoporté $435,4 \pm 335,53$. A 2-es hibrid teli kaszatok számát vizsgálva az ANOVA szignifikáns különbséget mutatott [$F(1, 8) = 21,628$, $p = 0,002$], A fertőzött növényeknél ez az érték $42,4 \pm 41,88$ volt, mely jelentősen elmarad a kontroll csoport $517,4 \pm 224,51$ -es átlagától. A 3-as hibridnél a teli kaszatok számában az ANOVA szintén szignifikáns különbséget jelzett [$F(1, 8) = 8,411$, $p = 0,020$], A fertőzött növények átlagosan csupán $1,6 \pm 3,58$ teli kaszatot neveltek, szemben a kontroll csoport jelentős, $381,6 \pm 292,96$ -os értékével. A teli kaszatok összehasonlítása a 12. ábrán látható.



12. ábra A hibridek által termelt teli kaszatok száma fertőzött és kontroll csoportok közti összehasonlításban

4.2.6. A szádortövek számának eredményei

Végül, de nem utolsósorban, az 1-es hibrid szádortövek számának ANOVA elemzése nem talált különbséget a fertőzött és kontroll csoport között, mivel mindkét csoportban 0 szádortövet felvételeztem, ami statisztikailag nem értékelhető. A 2-es hibrid szádortövek számában az ANOVA szignifikáns különbséget talált [$F(1, 8) = 57,127, p < 0,001$], A fertőzött növényeknél $15,6 \pm 4,62$ szádortövet felvételeztem átlagosan, míg a kontroll csoportban nem voltak szádortövek. A 3-as hibrid esetében az ANOVA szintén szignifikáns különbséget mutatott a szádortövek számában [$F(1, 8) = 6,983, p = 0,030$]. A fertőzött növények esetében átlagosan $9 \pm$ szádortövet találtak, míg a kontroll csoportban szintén nem voltak szádortövek.

5. Következtetések és javaslatok

A szádorral fertőzött napraforgó hibridek vizsgálata rámutatott, hogy a parazita növény különböző hatással bír a fogékony és az ellenálló fajtákra. Az 1-es, szádor-rezisztens hibridnél nem volt kimutatható statisztikailag meghatározó különbség a termés és a növény vegetatív agronómiai jellemzői között, ha a fertőzött és kontroll növényeket hasonlítjuk össze. Ezzel szemben a 2-es hibridnél minden vizsgált paraméterben észlelhető volt a fertőzés hatása, jelentős csökkenést mutatva a zöldlevél számától kezdve, a szármagasságon és szárvastagságon át, a beérett kaszatok számáig. A legdrasztikusabb eltérés a termés tömegében mutatkozott. Hasonlóan jelentős volt a hatás a 3-as hibridnél is, ahol a fertőzött növények minden szempontból elmaradtak a kontroll csoporttól, minden vizsgált paraméteren számottevő volt a visszaesés. Terméshozam tekintetében a 2-es hibridnél a fertőzött növények termés tömege, körülbelül 97,16%-kal csökkent a kontrollhoz képest, míg a 3-as hibrid esetében még ennél is nagyobb, szinte teljes, 99,97%-os csökkenést tapasztaltunk. Ezek az eredmények azt sugallják, hogy a fertőzés rendkívül negatív hatással volt ezeknek a hibrideknek a termés tömegére, ami a fertőzés súlyos biológiai hatását tükrözi a gazdanövények számára. A kapott eredmények hasonló irányban vannak, de drasztikusabbak, mint Torma és Hódi (2018), valamint Onisan et al. (2018) kutatásában. A kaszatok méreteinek csökkenése átlagosan 44,29% volt, ami különösen fontos az étkezési napraforgó hibrideknél, mert az árumag egyik jelentős tulajdonsága a magméret, piaci szempontok alapján, az apró kaszatú napraforgó magokat nem lehet direkt étkezési célból értékesíteni, csak hántolásra bocsátani, de az veszteséges is lehet, ha nem ez a hibrid elsődleges hasznosítási célja. A kutatásom során kapott eredményekből tehát leszűrhető, hogy a napraforgó-szádor elleni rezisztencia nemesítését jelentős gazdasági erő kell, hogy hajtsa, bizonyított, hogy a rezisztens napraforgó hibridek ellenállóbbak, a fogékony társaikkal ellentét, megelőzve egy-egy katasztrofális évszámot a termelésben. A klímaváltozás egyre súlyosabb mértékű hatásai, pedig további nehézségeket okozhat egy szádorral fertőzött étkezési napraforgó táblának, mert a parazita és gazdanövénynek kevesebb vízkészletből kell gazdálkodnia, ezáltal csökkentve a talajból felvehető tápanyagokat is, ezen kölcsönhatások bespiralizálódása viszont további kutatást igényel. Mindezek mellett egy másik veszély is fenyegeti az agráriumot, a klímaváltozás egyre növekvő kihívásokat jelent a mezőgazdaság számára, különösen a szádorral fertőzött étkezési napraforgó táblák esetében. A csökkenő vízkészletek miatt a parazita és a gazdanövény közötti verseny fokozódik, amely nemcsak a víz, hanem a talaj által nyújtott tápanyagok elérhetőségét is korlátozza.

6. Összefoglalás

Diplomamunkámban a szádor-rezisztens és rezisztencia hiányával rendelkező étkezési napraforgó hibridek vizsgálatát végeztem el, melynek során három különböző hibridre fókuszáltam, melyek közül egy rendelkezett a szádor „E” rassa elleni rezisztenciával. Célom a napraforgó-szádor parazita fertőzés hatásainak és a rezisztencia hiányának felmérése volt, illetve annak megállapítása, hogy milyen szerepet játszanak ezek az elemek az étkezési napraforgó termelésében. A hibridek kiválasztása előzetes laboratóriumi értékelések alapján történt, és a hibrideket öt különböző ismétlésben vizsgáltam egy fertőzött és egy kontroll csoport kíséretében. A kísérlet szántóföldi körülmények között zajlott, de izolált nevelőedényekben, hogy elkerüljem a talaj szádorral való fertőzését. A kutatást statisztikai eszközök segítségével elemeztem, hogy objektív és megbízható eredményeket kapjak.

A kutatás során kapott eredmények azt mutatták, hogy a szádor parazita fertőzés jelentős hatással volt a nem rezisztens hibridek termésére és növekedésére ($P < 0,05$), míg a rezisztens hibridek jobban tűrték a fertőzést, nem mutattak érdemi negatív csökkenést paramétereikben. Eredményeim alátámasztják a genetikailag szádor-rezisztens hibridek nemesítésének és használatának jelentőségét és létjogosultságát, valamint rávilágítanak arra, hogy ezek a fajták kulcsfontosságúak lehetnek a sikeres étkezési napraforgó termelés minőségének és mennyiségének garantálása céljából.

A diplomamunkám témaválasztása személyes tapasztalataimra és a szakmai előéletemre is épült. A BSc tanulmányaimat követően egy magyar tulajdonú étkezési napraforgó termesztéssel és értékesítéssel foglalkozó vállalatnál helyezkedtem el, ahol azóta is az étkezési napraforgó nemesítési programban asszisztensként veszek részt. A vállalat támogatásának köszönhetően kaptam meg a kutatásomhoz szükséges hibrideket, valamint a kísérletekhez szükséges területet és eszközöket is.

7. Irodalomjegyzék

1. Amsellem, Z., Barghouthi, S., Cohen, B., Goldwasser, Y., Gressel, J., Hornok, L., Kerenyi, Z., Kleifeld, Y., Klein, O., Kroschel, J., Sauerborn, J., Müller-Stöver, D., Thomas, H., Vurro, M., Zonno, M-C. (2001). Recent advances in the biocontrol of *Orobanche* (broomrape) species. *BioControl* 46, 211–228.
<https://doi.org/10.1023/A:1011496114707> (2024. február)
2. Atamian, H. S., Creux, N. M., Brown, R. I., Garner, A. G., Blackman, B. K. & Harmer, S. L. (2016). Circadian regulation of sunflower heliotropism, floral orientation, and pollinator visits. In *Science, American Association for the Advancement of Science (AAAS)*. (Köt. 353, Szám 6299): 587-590.
<https://doi.org/10.1126/science.aaf9793> (2024. április)
3. Balassa Iván (szerk.): *A Magyar Mezőgazdasági Múzeum Közleményei 1969-1970* (Budapest, 1970) Selmeczi Kovács Attila: *A napraforgó meghonosodása és elterjedése Európában: 89-94.*
4. Barina, Z., Harnos, K., & Schmotzer, A. (2005): *Orobanche Cernua In Hungary*, *Studia bot. hung.* 36.: 5-11.
https://library.hungaricana.hu/hu/view/StudiaBotanica_2005_36/ (2024. április)
5. Blackman, B. K., Scascitelli, M., Kane, N. C., Luton, H. H., Rasmussen, D. A., Bye, R. A., Lentz, D. L., & Rieseberg, L. H. (2011). Sunflower domestication alleles support single domestication center in eastern North America, *University of Wisconsin, Madison, WI*:4-6.
<https://doi.org/10.1073/pnas.1104853108> (2024. március)
6. Boros A. (1950): Új élősködő gyom a magyar szántóföldeken. *Természet és Technika* 109: 693.
7. Domínguez, J. (1996, June). Estimating effects on yield and other agronomic parameters in sunflower hybrids infested with the new races of sunflower broomrape. In *Proc. Symposium on Disease Tolerance in Sunflower, Beijing, China, International Sunflower Association, Paris*.:118-123.

8. European Commission. Eurostat. (2024) Shedding light on energy in the EU. Publications Office. <https://doi.org/10.2785/88627> (2024. április)
9. FAO (2022): The Importance of Ukraine and the Russian Federation for Global Agricultural Markets and the Risks Associated with the War in Ukraine. Rome: FAO: 16-17.
<https://www.fao.org/3/cb9013en/cb9013en.pdf> (2024. április)
10. FAO Adatbázis
<https://www.fao.org/faolex/opendata/en/> (2024. április)
11. FAO, IFAD, UNICEF, WFP, WHO (2023): The State of Food Security and Nutrition in the World 2023. Urbanization, agrifood systems transformation and healthy diets across the rural–urban continuum. Rome, FAO: 19-21.
<https://doi.org/10.4060/cc3017en> (2024. március)
12. Feng, J., Jan, C.-C., Seiler, G., (2022). Breeding, production, and supply chain of confection sunflower in China. *OCL*, 29(11):. 2-11.
<https://doi.org/10.1051/ocl/2022004> (2024. február)
13. Fick, G. N. (1978). Breeding and Genetics. In *Agronomy Monographs American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America.*:279-338.
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr1>
14. Grenz, J. H., Iştoc, V. A., Manschadi, A. M., & Sauerborn, J. (2008). Interactions of sunflower (*Helianthus annuus*) and sunflower broomrape (*Orobanche cumana*) as affected by sowing date, resource supply and infestation level. In *Field Crops Research* (Vol. 107, Issue 2). Elsevier BV.:170-179
<https://doi.org/10.1016/j.fcr.2008.02.003> (2024. április)
15. Hassan, E. A., El-Akkad, S. S., Moustafa, S. M., & El-Awadi, M. E. (2004). Histochemical aspects of penetration and vascular connection of broomrape haustoria in the host root, and the possible implication of phenylpropanoids. *International Journal of Agriculture & Biology*, 6(3), 430–434.
<http://www.ijab.org> (2024. április)

16. Heiser, C. B. (1951): The Sunflower among the North American Indians. *Proceedings of the American Philosophical Society*, 95(4), 432–448.
<http://www.jstor.org/stable/3143283> (2024. március)
17. Heiser, C. B., Jr. (1955): The Origin and Development of the Cultivated Sunflower. In *The American Biology Teacher* (Köt. 17, Issue 5). University of California Press.: 161-167
<https://doi.org/10.2307/4438706> (2024. március)
18. Heiser, C. B., Jr. (1978): Taxonomy of *Helianthus* and origin of domesticated sunflower. In *Agronomy Monographs American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America* : 31-53.
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr19.c2> (2024. április)
19. Hladni, N., Terzić, S., Mutavdžić, B., & Zorić, M. (2017). Classification of confectionary sunflower genotypes based on morphological characters. In *The Journal of Agricultural Science* (Vol. 155, Issue 10). Cambridge University Press (CUP): 1594–1609
<https://doi.org/10.1017/s0021859617000739> (2024. április)
20. Hosni, T., Abbas, Z., Abaza, L., Medimagh, S., Ben Salah, H., & Kharrat, M. (2020). Effect of broomrape (*Orobanche cumana* Wallr.) on some agro-morphological and biochemical traits of Tunisian and some reference sunflower (*Helianthus annuus* L.) accessions. In *Journal of Plant Diseases and Protection* (Vol. 127, Issue 6). Springer Science and Business Media LLC.:831-841
<https://doi.org/10.1007/s41348-020-00362-6> (2024. április)
21. Höniges, A., Wegmann, K., & Ardelean, A. (2008). Orobanche resistance in sunflower. In *Helia* (Vol. 31, Issue 49, pp.). National Library of Serbia.: 1-11.
<https://doi.org/10.2298/hel10849001h> (2024. április)
22. Joel, D. M., Hershenthorn, J., Eizenberg, H., Aly, R., Ejeta, G., Rich, P. J., Ransom, J. K., Sauerborn, J., & Rubiales, D. (2007). Biology and Management of Weedy Root Parasites. In *Horticultural Reviews*. Wiley.:267-349
<https://doi.org/10.1002/9780470168011.ch4> (2024. április)
23. Kollega Tarsoly I. (szerk.): Magyarország a XX. században. II. Természeti környezet,

néesség és társadalom, egyházak és felekezetek, gazdaság (Szekszárd, 1997); Szász Kálmán: Növénytermelés: 487.

24. KSH Adatbázis, A napraforgómag termelése vármegye és régió szerint
https://www.ksh.hu/stadat_files/mez/hu/mez0078.html (2024. április)
25. Leclercq, P. (1969). Une sterilité mâle cytoplasmique chez le tournesol. *Ann. Amelior. Plant.* 19.: 105.
26. Louarn, J., Boniface, M.-C., Pouilly, N., Velasco, L., Pérez-Vich, B., Vincourt, P., & Muñoz, S. (2016): Sunflower Resistance to Broomrape (*Orobanche cumana*) Is Controlled by Specific QTLs for Different Parasitism Stages. In *Frontiers in Plant Science* (Vol. 7). Frontiers Media SA.
<https://doi.org/10.3389/fpls.2016.00590> (2024. április)
27. McGregor, S. E. (1976): *Insect Pollination of Cultivated Crop Plants*, Agricultural Research Service, U.S. Department of Agriculture, 411 p.
28. Meena, H. P., Sujatha, M., & Varaprasad, K. S. (2013). Achievements and bottlenecks of heterosis breeding of sunflower (*Helianthus annuus*L.) in India. In *Indian Journal of Genetics and Plant Breeding (The)* (Vol. 73, Issue 2). The Indian Society of Genetics and Plant Breeding.:123-130.
<https://doi.org/10.5958/j.0975-6906.73.2.019> (2024. április)
29. Pujadas-Salvà, A. (2000). Comparative studies on *Orobanche cernua* L. and *O. cumana* Wallr. (Orobanchaceae) in the Iberian Peninsula. In *Botanical Journal of the Linnean Society* (Vol. 134, Issue 4). Oxford University Press (OUP):513-527.
<https://doi.org/10.1006/bojl.2000.0346> (2024. április)
30. Putt, E.D. (1997). Early History of Sunflower. In *Sunflower Technology and Production*, A.A. Schneiter (Szerk.). :1-19.
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr35.c1> (2024 . március)
31. Puttha, R.; Venkatachalam, K.; Hanpakdeesakul, S.; Wongsu, J.; Parametthanuwat, T.; Srean, P.; Pakeechai, K.; Charoenphun, N. Exploring the Potential of Sunflowers: Agronomy, Applications, and Opportunities within Bio-Circular-Green Economy. *Horticulturae* 2023, 9, 1079. : 13-15.

<https://doi.org/10.3390/horticulturae9101079> (2024. február)

32. Seiler, G. J. (1997). Anatomy and Morphology of Sunflower. In American Society of Agronomy, Crop Science Society of America, Soil Science Society of America: 67-111
<https://doi.org/10.2134/agronmonogr35.c3> (2024. április)
33. Škorić, D., Joița-Păcureanu, M., Gorbachenko, F., Gorbachenko, O. & Maširević, S. (2021): Dynamics of change in broomrape populations (*Orobanche cumana* Wallr.) in Romania and Russia (Black Sea area). *Helia*, 44(74),:1-14.
<https://doi.org/10.1515/helia-2020-0025>
34. Smith, B.D. (2013). The domestication of *Helianthus annuus* L. (sunflower). *Vegetation History and Archaeobotany*, 23(1), 57-74.
<https://doi.org/10.1007/s00334-013-0393-3> (2024. március)
35. Szabó B. (2009): Az agrotechnikai és az ökológiai tényezők hatása a napraforgómoly (*Homoeosoma nebulellum* Den. et Schiff.) kártételére és rajzásdinamikájára. Doktori értekezés, Gödöllői Egyetem, Gödöllő, 137 p.
36. Tavoľjanskiy, N. P., Chepurnaya, A. L., Scherstyuk, S. V., & Tikhomirov, V. T. (2004). Development of sunflower sterile CMS analogues on the base of different cytoplasmic backgrounds. In *Helia* (Vol. 27, Issue 40). National Library of Serbia.:251-256.
<https://doi.org/10.2298/hel0440251t> (2024. április)
37. Torma, M., Hódi, L., (2018): Gyomirtási technológiák napraforgó szádor (*Orobanche cumana* Wallr.) elleni hatékonyságának összehasonlítása napraforgóban, *Magyar Gyomkutatás és Technológia* 2018. 19. évf. 2. sz.: 47-58.
38. Vissyné T. M., Kartali J., Juhász A. (1999): A napraforgó versenyképessége és piacai; *Marketing és Menedzsment*, Évf. 33 szám 3-4: 64-68.
39. Yang, C., Fu, F., Zhang, N. et al.(2020): Transcriptional profiling of underground interaction of two contrasting sunflower cultivars with the root parasitic weed *Orobanche cumana*. *Plant Soil* 450, 303–321.
<https://doi.org/10.1007/s11104-020-04495-3> (2024. április)

40. Zhang, Y., Su, J., Yun, X., Wu, W., Wei, S., Huang, Z., Zhang, C., Bai, Q., & Huang, H. (2022). Molecular mechanism of the parasitic interaction between *Orobancha cumana* wallr. and sunflowers. In *Journal of Plant Interactions* (Vol. 17, Issue 1). Informa UK Limited.:549-561.
<https://doi.org/10.1080/17429145.2022.2062061> (2024. április)
41. Zhukovskii, P. M.:(1962). *Cultivated Plants and Their Wild Relatives*. United Kingdom: Commonwealth Agricultural Bureaux 107 p.

Mellékletek

M1. Ábrajegyzék

1. ábra 3300 éves napraforgó kaszat kibontva, Kentucky államból, egy Newt Kash-i menedékből (kaszat méretek: 9,3 mm x 3,7 mm) Forrás: Smith (2013), 3. oldal.....	7
2. ábra A 10 legnagyobb napraforgótermelő ország, a 2000 és 2022 közötti éves napraforgó termések átlaga alapján Forrás: FAO.org adatbázis.....	12
3. ábra A napraforgó tányérjának és a csöves virágok hosszanti keresztmetszete; A) A sugárlevél B) Csöves virágok, különböző fejlődési stádiumban Forrás: McGregor (1976), 818. oldal	14
4. ábra Az <i>Orobanche cumana</i> Wallr. faj és növényi részeinek megjelenése; A) A növény egésze B) Virágzat oldalnézetből C) Virágzat elülső nézetből D) Csészelevél E, F) Csésze komponensek G) Nyitott párta, és porzók H) Porzó I) Termő Forrás: Pujadas-Salvà (2000) .	17
5. ábra A tenyészidőszak alatt hullott csapadékmennyiség napi bontásban Forrás: saját adatok, 2023	22
6. ábra A száddal fertőzött és kontroll növények összehasonlítása zöldlevélszám tekintetében.....	25
7. ábra A száddal fertőzött és kontroll növények összehasonlítása szármagasság tekintetében.....	26
8. ábra A száddal fertőzött és kontroll növények összehasonlítása szárvastagság tekintetében.....	27
9. ábra A hibridenkénti termések tömegének összehasonlítása a száddal fertőzött és kontroll csoport között.....	28
10. ábra A hibridek kaszat szélességének összehasonlítása, száddal fertőzött és kontroll csoport között	29
11. ábra Az egyes hibridek termésének ezerkaszat-tömege fertőzött és kontroll csoport bontásban.....	30
12. ábra A hibridek által termelt teli kaszatok száma fertőzött és kontroll csoportok közti összehasonlításban.....	31

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban szeretném kifejezni hálámat és köszönetemet Dr. Kende Zoltánnak, belső konzulensemnek, aki szakmai tanácsaival és kiváló statisztikai tudásával folyamatosan támogatott a diplomamunkám elkészítése során.

Külön köszönet illeti a Mogyi Kft-t, amely lehetővé tette számomra, hogy a kísérletet az általuk biztosított területen, a szükséges eszközökkel és étkezési napraforgó hibridekkel végezhessem el.

Végezetül, de nem utolsósorban, köszönetet szeretnék mondani kollégáimnak, akik nem csak a kísérleti felvételezések elkészítésében, hanem a napraforgók gondozásában is segítségemre voltak.

Nyilatkozatok

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Barta Péter
A Hallgató Neptun kódja: UA1SIB
A dolgozat címe: „Szádor-rezisztencia vizsgálata étkezési napraforgó hibrideken”
A megjelenés éve: 2024
A konzulens intézetének neve: Növénytermesztési-tudományok Intézet
A konzulens tanszékének a neve: Agronómia tanszék

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem 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 eltelté után nyilvánosan elérhető és kereshető lesz az Egyetem MATER Hallgatói Dolgozatok repozitóriumában.

Kelt: 2024. év 04 hó 18. nap



Hallgató aláírása

NYILATKOZAT

Barta Péter (név) (hallgató Neptun azonosítója: UA1SIB) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védeésre **javaslom** / nem javaslom¹.

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

Kelt: Gödöllő, 2024.04.22.



belső konzulens

¹ A megfelelő aláhúzendó.

² A megfelelő aláhúzendó.