



**Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növénygenetikai és növénynemesítési Szak**

**Herbicide- és peronoszpóra rezisztencia kialakítása
étkezési típusú napraforgó anyavonalban a klasszikus
nemesítési módszerek alkalmazásával**

Belső konzulens: Dr. Veres Anikó
egyetemi docens
Készítette: **Fiedler-Benis Réka**
T8FV7B
levelező
Intézet/Tanszék: Genetika és
Biotechnológia Intézet

**Gödöllő
2023**

Tartalomjegyzék

1. Bevezetés és célkitűzések.....	4
2. Szakirodalmi áttekintés	5
2.1 A napraforgó eredete és elterjedése.....	5
2.1.1 Térhódítása Magyarországon.....	7
2.2 A napraforgó termesztés helyzete és jelentősége hazánkban és a világban.....	9
2.3 Az napraforgó táplálkozásélettani jelentősége.....	11
2.4 Az étkezési napraforgó.....	13
2.5 A napraforgó nemesítés mérföldkövei	13
2.5.1 Étkezési napraforgó nemesítés.....	15
2.5.2 Hibridnemesítés napraforgóban.....	16
2.6 Állami elismerés feltétele.....	17
3. A vizsgálatok módszerei	19
3.1 A keresztezésekhez felhasznált növényi anyag.....	19
3.1.1 M015-ös anyavonal.....	19
3.1.2 IMI donor	20
3.1.3 P18 donor.....	20
3.2 BC (back-cross).....	21
3.3 Vetés és növényápolás.....	22
3.4 Kiválasztás.....	23
3.5 Herbicides kezelés.....	24
3.6 P18 minta szedés, DNS kivonás.....	25
3.6.1 Növényi DNS kivonása módosított CTAB módszerrel.....	25
3.7 Gibberellinsavas kezelés	26
3.8 Izolálás, porszedés és porzás.....	28
4. Eredmények és értékelésük.....	30
4.1 2020.	30
4.2 2021.	32
4.3 2021-22.....	34
4.4 2022.	36
5. Következtetések és javaslatok.....	38
6. Összefoglalás.....	40
7. Irodalomjegyzék.....	41
8. Nyilatkozat	43

„A napraforgó a Napra fordul, hogy magába szívja az élető Nap erejét”

1. Bevezetés és célkitűzések

A növénynemesítés egyik legfontosabb célkitűzése olyan fajták és hibridek előállítása, amelyek a nagyobb termésmennyiség és stabil terméshozam mellett megfelelő beltartalmi értékekkel rendelkeznek, illetve megfelelően ellenállóak a különböző abiotikus és biotikus stresszekkel szemben. Ezeken a célkitűzéseken kívül az új nemesítésű fajtáknak és hibrideknek meg kell felelniük a termelői és piaci igényeknek, illetve a fogyasztói preferenciáknak is.

Magyarországon a napraforgó a búza és a kukorica után a harmadik legnagyobb területen termesztett növényünk, vagyis az egyik fő profilja hazánk szántóföldi növénytermesztésének. Kórokozói jelentős kiesést okozhatnak a termésben, ezért a nemesítés és a termesztés is nagy hangsúlyt fektet erre a problémára. A napraforgónemesítés -legyen szó olajipar-, étkezési és madáreleség vagy dísznapraforgó nemesítéséről - hagyományos céljai közé tartozik a megfelelő peronoszpóra- és szádorrezisztencia, illetve a gyomirtószer-rezisztencia kialakítása. A nemesítés kihívásai közé tartozik, hogy lépést tartson – ideális esetben egy lépéssel előrébb járjon – a kórokozó fejlődésével. A rezisztencianemesítés során újabb és újabb rezisztencia géneket vonunk be a nemesítésbe, annak érdekében, hogy az új vonalak és így a hibridek is rendelkezzenek a megfelelő ellenállósággal az adott kórokozóval szemben. Termesztői szempontból a kórokozókkal szembeni rezisztencia mellett kiemelten fontos, hogy a gazdálkodónak legyen lehetősége a kétszikű gyomok elleni posztemergens védekezésre, vagyis hogy a hibrid állomány is gyomirtható legyen.

Szakdolgozatom témája, hogy az M015-ös étkezési típusú anyavonalba, amely nem rendelkezik sem peronoszpóra-, sem pedig herbicidrezisztenciával, hagyományos nemesítési módszerek alkalmazásával hogyan vittem át az említett rezisztencia géneket.

Keresztezéseim célja nem egy új anyavonal létrehozása, hanem egy már meglévő beltenyésztett vonal rezisztens változatának előállítása. Ennek érdekében a génátvitel után az eredeti beltenyésztett vonallal történő többszöri visszakeresztezésre (back-cross) van szükség, hogy végül a kapott változat csak a megjelölt tulajdonságokban térjen el az eredeti, nem rezisztens változattól.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1 A napraforgó eredete és elterjedése

A napraforgó, tudományos nevén *Helianthus annuus* L., az *Angiospermatophyta* törzs (Zárvatermők), *Dicotyledonopsida* osztályának (Kétszikűek), *Rhoeadales* – *Asterales* ágazatába tartozó *Asterales* rend (Fészkesvirágzatúak), *Asteraceae* családjának (Őszirózsafélék), *Asteroideae* alcsaládjába (Csövesvirágúak) tartozó *Helianthus* nemzetségének egyéves faja (Frank 1999). A *Helianthus* elnevezés a görög *helios anthos* szavakból származik, jelentése angolul „sunflower” vagyis „nap virág” (Fernández- Luqueño et al. 2014). A *Helianthus* nemzetségbe tartozó fajok alakromoszómaszáma $n=17$ (Pepó 2005), a nemzetségbe 51 faj tartozik, 37 évelő és 14 egyéves (Seiler & Gulya 2004). Más források szerint viszont 70 faj tartozik ide, melyek 4 csoportba, szekcióba sorolhatók: I. Annui; II. Ciliares; III. Divaricati; IV. Fruticosi. A 4 szekció földrajzi elhelyezkedése az 1. ábrán látható (Izsáki & Lázár 2004).



1. ábra: *Annui*, *Ciliares*, *Divaricati* és *Fruticosi* szekciók földrajzi elhelyezkedése (Izsáki & Lázár 2004)

A napraforgó Észak-Amerika mérsékelt égövi területein őshonos (Arkansas, Észak- és Dél-Dakota, Kentucky, Missouri, Nebraska államok), a vadon élő rokon fajok számos élőhelyen fellelhetők, a nyílt síkságtól kezdve a homokdűnéken át a mocsarakig (Kantar et al. 2014), de a köztermesztésben lévő napraforgó jelentős mértékben különbözik ezektől a formáktól.

Arizonában és Új- Mexikóban már i.e. 3000-ben termesztették a növényt és innen terjedt el Észak-Amerikában és Mexikóban (Fernández- Luqueño et al. 2014).

Az itt élő különböző indián törzsek kiválogatták, kisselektálták a táplálkozásra is alkalmas nagymagvú és egytányérú növényeket, vagyis „nemesítették” a napraforgót. A növény Európába valószínűleg Peru és Mexikó felfedezése után került be a spanyol flotta hajóin. Európában történő elterjedése két szakaszban történt, először kiskerti termesztése terjedt el, ahol a termesztési cél nem a magból történő olajnyerés volt, hanem mint dísnövényt vetették, míg a második szakaszban mint szántóföldi kultúrnövény terjedt el Európa szerte, termesztésének fő célja ekkor már a magból történő olajnyerés volt. 1610-ben a madridi királyi botanikus kertben ültettek el napraforgó magokat, a növényt a források „perui krizantém” vagy „perui napvirág” néven említik. Növényteni vizsgálatok arra engednek következtetni (levelek, virágok, szár, magasság különbözőségei), hogy a napraforgó magvai nem egyidőben és egyformán kerültek be Európába, több forrásból származhattak. A növényt bemutató első botanikai feljegyzések említenek magas, egyenes szárú, nagy levelű, egy virágú és rövid, elágazó szárú, sok kicsi virággal rendelkező típust is. Tehát Európába nemcsak a vadon termő, elágazó szárú napraforgó került be, hanem az indiánok által szelektált egytányérú típus is (2. ábra).



2. ábra Európában termesztett napraforgó korai változatai (Balassa 1970)

A spanyol hajók által behozott növény európai elterjedése a Hispániai-félszigetről indult más fontos újvilági növényekkel együtt. Először Franciaországban és Olaszországban terjedt el, 1585-ben megjelenése már majdnem minden kertben általános volt. A 16. század közepén Észak- és Nyugat-Európát hódította meg gyors ütemben, köszönhetően az orvosok és botanikusok nagyfokú érdeklődésének, akik igyekeztek megszerezni botanikus kertjeikbe ezt az új növényt. A 17. században terjedt tovább a napraforgó, mint dísz- és kertenövény Kelet-Európa felé, de erről pontos feljegyzések nem szerepelnek az ott zajló háborúk miatt. Valószínűleg Kelet- és Közép-Európában

csak egyes főúri kertekben jelent meg dísznövényként a napraforgó. A növény Kelet-Európai térhódítása Oroszországban való megjelenésével kezdődött a 18. század közepén, de közel 120 évig csak mint kerti- és dísznövényt ültették, annak ellenére hogy olajnyerés céljából javasolták a termesztését.

A napraforgó olajnövényként való termesztése a 20. század elejétől kezdett elterjedni. Dél-Európában történő elterjedésekor kiskertekben már nem is termesztették, mert ezeken a területeken már, mint olajnövény vált ismertté. A napraforgó jelentős mértékű szántóföldi termesztése a 19. század közepére bontakozott ki Európában. A napraforgómag legnagyobb felvásárlója Amerika volt, így mondhatni a növény 300 évvel később európai kultúrnövényként került vissza őshazájába (Balassa 1970).

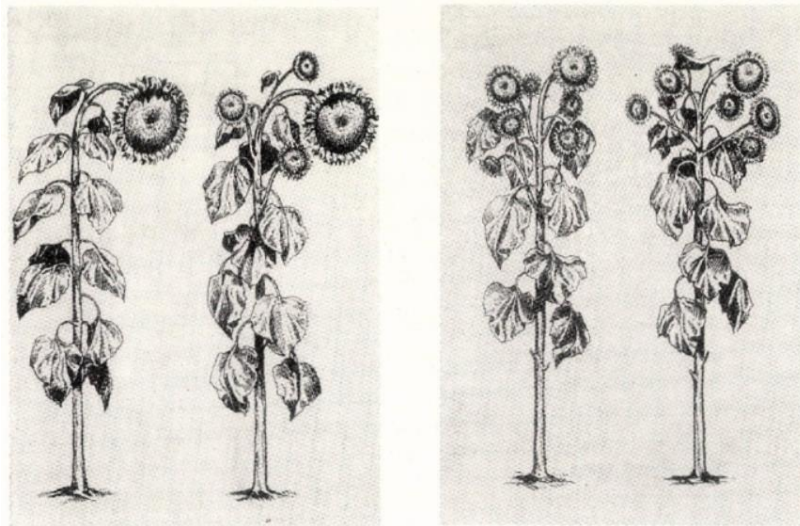
2.1.1 Térhódítása Magyarországon

Magyarországra a 17. század végén német közvetítéssel érkezhettek, viszont a kukoricával és burgonyával ellentétben, melyeket már gazdasági célra nagy területen termesztettek, a napraforgót csupán kiskertekben dísznövényként ültették. 1773-ban jelent meg az első magyar nyelvű leírás róla Csapó József által *Napra forgó virág* néven: „Kertben termesztik, ez két embermagasságú fűvet. Virágai mint egy tányér akkorák. Levelei szélesek, nagyok.”, Rapadics viszont azt írja, hogy 1651-ben Heindel Ferdinánd pozsonyi kertjében már megtalálható volt a növény, mely a kert katalógusában *Flos solis major* néven szerepelt. Nagyváti János így ír a növényről *Némelly kerti-zöldségekről* című fejezetében: „magjáért megérdemli, hogy ne csak kerti virágnak, 's tzifraságnak tartzuk: mert érett magvaiból olly kedves ízű, fejtér, tiszta, és jó illatú olajat lehet ütni, hogy a' legjobb féle Provenczai Fa-olajnak, ha elejébe nem hág-is; annál mindazonáltal nem sokkal alább való” (Balassa 1970). Veszelszki pedig így írt róla: „Már oly közönséges, hogy leírásával nem is szükséges a tollat koptatni, a nagy kerek tányérsárga virágai, széles gömbölyeg levelei is igen ismeretesek. A magvai a gyermekeknek s madaraknak kedves eledel, tán olajat is lehetne a magvaiból ütni, mivel édesek.” (Rapadics 1932).

A napraforgó számos hasznosításának köszönhetően (olaj, takarmány, liszt, tüzelőanyag, szappan) országszerte elterjedt, sőt 1836-ban Tolna, Somogy és Szabolcs megyékben nagyobb méretű szántóföldi termesztése is megjelent. Ezek a megyék lettek hazánk első fontosabb napraforgó termesztési körzetei. A növény termesztésére nagyobb figyelem az 1863-as aszályos év után terelődött, hiszen szárazságtűrő képessége kiemelkedő.

A napraforgó művelésmódjára kezdetektől fogva a köztes- és szegélytermesztés volt jellemző, csak néhány nagybirtokon próbálkoztak a tiszta kultúrájú művelésével (Balassa 1970). Szegélynövényként való alkalmazását *A magyarság virágai* című könyv ezzel magyarázza: „A nagybirtokos nagy fákkal, például magas jegenyékkal szegélyezi birtokán a földtáblákat, a kiscgazda kis földje nem bírja el a szegélyfákat, későre nőnének fel s árnyékuk sokat elvenne a termésből, hát más szegélynövényt keresett. Kisebbet, mégis feltűnőt, gyorsan növőt, mégis hasznosat, és ezt a napraforgóban találta meg, amelynek embernél magasabb szárán óriási fészekvirágzatok nőnek, ezekben a tányérnak nevezett fészkekben – erről a tányérrózsa név – jó olajos „magvak” érnek és télen a növény hatalmas kórója pompás tüzelő a búbosban.”.

Kezdetben a kukorica szegélynövényeként alkalmazták, így művelésmódja a kukoricával fonódott össze, egyidőben vetették, ugyanakkor és ugyanúgy művelték a két növényt. Emiatt a művelésmód miatt és hogy mellékterményként vetették, a gazdák talán kevésbé figyeltek a megfelelő szelekcióra, így rengeteg változata alakult ki. „Tsak az én kezem között több van 15 félénel” írta Pethe Ferenc, kaszatszín szerint említett: „fejér, setét és világos fakó, hamu, ezüstszín, sokféle fekete, bolha- és káffészín, világos- és setét violaszín, tsikos sokféle s több számtalanféle színűek”. Bár termesztésre az egytányérú és nagymagvú fajtát javasolta, sokáig a több virágú ún. parasztnapraforgót vetették az emberek (3. ábra).



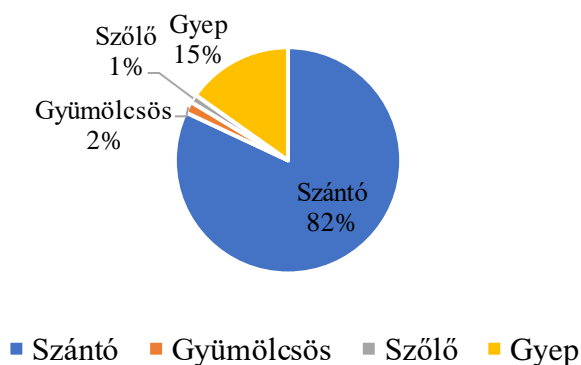
3. ábra: Magyarországon termesztett napraforgó típusok (Balassa 1970)

A napraforgó az egyik legfiatalabb kultúrnövényünk, vetésterülete a II. világháború alatt és után növekedett meg jelentős mértékben, meghaladta a 100000 ha-t (Pepó 2005).

2.2 A napraforgó termesztés helyzete és jelentősége hazánkban és a világban

2022-ben hazánk mezőgazdasági területe több, mint 5 millió hektár volt, melynek – ahogyan az a 4. ábrán is látható - körülbelül 80%-át a szántó művelési ág tette ki (további hasznosítások: gyepek – 15%, gyümölcsösök – 1,6%, szőlő – 1,2%, konyhakert – 0,1%).

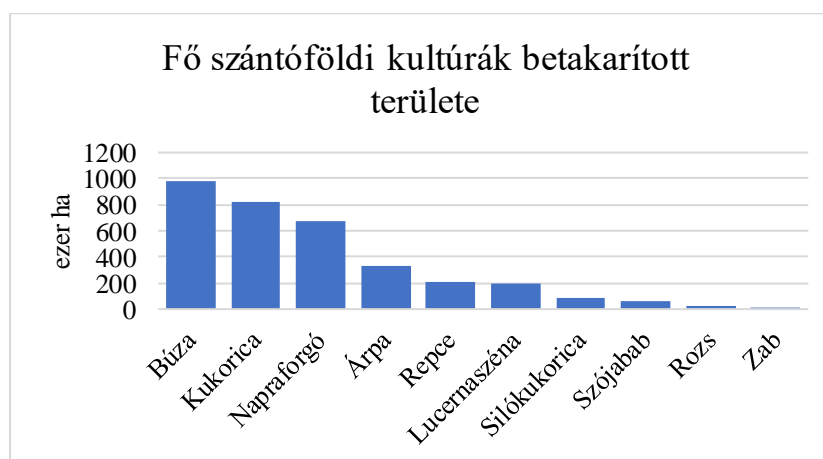
Magyarország földterületének százalékos megoszlása



4. ábra: Magyarország földterületének százalékos megoszlása a különböző művelési ágak alapján 2022-ben (KSH)

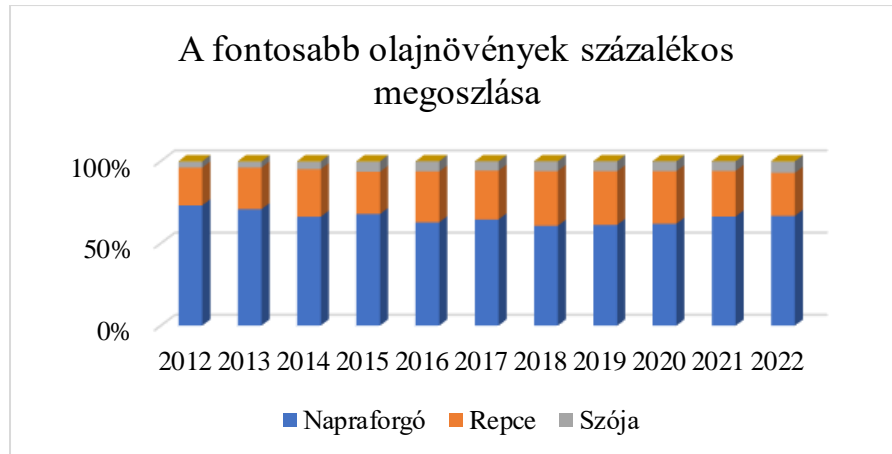
A gabonafélék és az olajnövények a meghatározó szántóföldi kultúrák az ország vetésszerkezetében. Olajnövényeknek nevezzük azokat a kultúrákat, melyek valamely növényi részéből gazdaságosan állítható elő olaj, vagyis minimum 18-20%-os olajtartalommal rendelkeznek (Pepó 2005).

A napraforgó hazánkban a harmadik legnagyobb területen termesztett szántóföldi kultúrnövény (5. ábra), termőterülete 2022-ben 680 ezer ha volt, az elmúlt évtizedben csak 2017-ben volt a tavalyinál nagyobb vetésterülete (695 ezer ha).



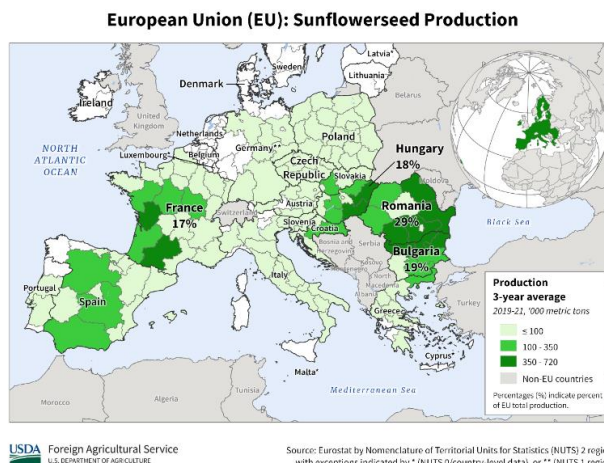
5. ábra A fő szántóföldi kultúrák betakarított területe Magyarországon a 2022-es évben (KSH)

Mint az a 6. ábrán is látható, a napraforgó hazánk legfontosabb olajnövénye, a kaszattermésből kinyert olajat elsődlegesen a humántáplálkozásban hasznosítjuk, Európában és a Balkán régióban különösen kedvelt növényi olaj (Kaya 2014), de ipari felhasználása is széleskörű (kozmetikaipar, textilipar, festékipar, biodízel stb.) (Pepó 2005).



6. ábra A fő olajnövények termés mennyiségének százalékos megoszlása Magyarországon (KSH)

A napraforgó világszinten is jelentős kultúrnövény. Az USDA adatai alapján 2021/22-es évben 57,011 millió tonna, a 2022/23-as évben pedig 52,441 millió tonna volt a világ napraforgó termelése. Ennek a napraforgó termésnek a döntő hányadát Oroszország, Ukrajna és az Európai Unió állítja elő. A feldolgozott adatok alapján, a világ 10 legnagyobb napraforgó termelő országa a következő: Oroszország, Ukrajna, Európai Unió, Argentína, Kína, Törökország, Kazahsztán, USA, Dél-Afrika és Moldova. A 7. ábra pedig az Európai Unió országainak 2019-2021-es évekre vonatkozó átlag termés mennyiségét mutatja. Jól látható, hogy az EU-ban hazánk Románia és Bulgária után a 3. legnagyobb napraforgó termelő ország.



7. ábra: EU napraforgó előállítás (USDA)

2.3 Az napraforgó táplálkozásélettani jelentősége

Miután a napraforgó bekerült Európába, térhódítása a konyhaművészetben is éreztette hatásait. A 16. században fogyasztották a fiatal növény levélkocsonyáit főzve, illetve a magot még nem hozó virágokat is, ezek mint ételkülönlegességek terjedtek el és kedveltségben felülmúlta a spárgából vagy articsókából készült ételeket. A növény magjára, mint közvetlen táplálék, is korán felfigyeltek, hiszen a napraforgó termékenysége egyedülálló volt a kor más növényeihez viszonyítva. A 18. század végén a cukrászatban is elterjedt a napraforgómag használata, édességek, sütemények ízesítéséhez a dió és a mandula helyett, illetve Németországban a kávé pótlására is használták a darált magot (Balassa 1970).

Hazánkban a növényi olajok közül leginkább a napraforgóolajat fogyasztjuk, melyre jellemző a magas telítetlen, főleg esszenciális zsírtartalom (Szabó 2012), illetve megtalálhatók benne a zsírokban oldódó A-, D-, E-, illetve provitaminok (Pepó 2005). A napraforgót gyakran fogyasztjuk nasiként, az olajos magvak közül jellemzően napraforgót és tökmagot fogyasztunk nagyobb mennyiségben önmagában (Szabó 2012).

A napraforgómag ásványi anyagban és nyomelemekben gazdag fehérje forrás (1. és 2. táblázat), jelentős a E-vitamin, folsav-, szelén-, réz-, cink-, és vastartalma. A folsavnak (B9 vitamin) nagy szerepe van az új sejtek létrehozásában (kismamák számára kiemelt fontosságú), illetve a B12 vitaminnal együtt a vörösvértetek létrehozásában is. A napraforgó kaszat az aminosavak közül a következőket tartalmazza: glutaminsav, aszparginsav, arginin, leucin, fenilalanin, tirozin, metionin és cisztein, viszont a bélből csak az alanint, glicint, glutaminsavat, leucint és aszparginsavat mutatták ki (Petraru et al. 2021).

Az olajos magvak fogyasztása a kiegyensúlyozott, egészséges táplálkozás része, a sok értékes és fontos beltartalmi összetevő ellenére a magok magas kalória- és zsírtartalmáról nem szabad megfeledkezni.

1. táblázat: 100 g napraforgó mag beltartalmi értékei értékei (http1)

100 g napraforgó mag beltartalmi értékei:	
Energia	584 kcal
Fehérje	20,8 g
Zsír	51,5 g
Telített	4,5 g
Egyszeresen telített	18,5g
Többszörösen telített	23,1 g
Szénhidrát	11,4 g
Cukor	2,6 g
Rost	8,6 g
Nátrium	9 mg
Koleszterin	0 mg
Glikémiás Index	35

2. táblázat: A napraforgómag vitamin-, ásványi anyag- és nyomelem-tartalma (http1)

Vitamin-, ásványianyag- és nyomelem tartalom	Mennyiség / NRV%*
A-vitamin	50 IU / 1.7 %
Alfa-karotin	0 µg
Béta-karotin	30 µg
Béta-kriptoxantin	0 µg
Retinol	0 µg
B1-vitamin (Tiamin)	1,48 mg / 135%
B2-vitamin (Riboflavin)	0,355 mg / 25,4%
B3-vitamin (Niacin)	8,335 mg / 52,1%
B5-vitamin (Pantoténsav)	1,13 mg / 18,8%
B6-vitamin (Piridoxin)	1,345 mg / 96,1%
B8-vitamin (Kolin)	55,1 mg / 13,0%
B9-vitamin (Folsav)	227 µg / 114 %
B12-vitamin (Kobalamin)	0 µg / 0 %
C-vitamin	1,4 mg / 1,7%
Cink	5 mg / 50,0%
D-vitamin	0 µg / 0 %
E-vitamin	35,17 mg / 293%
Foszfor	660 mg / 94,3%
K-vitamin	0 µg / 0 %
Kalcium	78 mg / 9,8%
Kálium	645 mg / 32,3%
Likopin	0 µg / 0 %
Lutein+Zeaxantin	0 µg / 0 %
Magnézium	325 mg / 86,7%
Mangán	1,95 mg / 97,5%
Nátrium	9 mg / 0,4%
Réz	1,8 mg / 180%
Szelén	53 µg / 96,4%
Vas	5,25 mg / 37,5%

*NRV% - Felnőttek számára ajánlott napi bevitel százalékban kifejezve

2.4 Az étkezési napraforgó

A napraforgónak, mint kultúrnövénynek két fő típusa van, az olajipari és a nem-olajipari napraforgó vagy másnéven étkezési típusú napraforgó. A humán étkezési célú (pörkölés, sütőipari és édesipari alapanyag), illetve a madáreleségként hasznosított hibridekre a magas ezerkaszat-tömeg a jellemző. Ezek a fajták és hibridek az olajipari napraforgókhöz (46-54%) képest jelentősen alacsonyabb olajtartalommal rendelkeznek (32-38%), a kaszat fehérje-összetétele kedvező, nyersfehérje-tartalma kb. 17% (Pepó 2005).

Az étkezési napraforgó magra jellemző, hogy a kaszat nagyobb, mint az olajipari hasznosítású napraforgóé, illetve a kaszathéj színe is többféle lehet (fekete, fehér, szürke, csíkos és egyéb színű). A kaszat héja vastagabb, könnyen leválk ezért hántolásra is alkalmas, de a héj-bél arány általában nem olyan jó, mint az olajipari napraforgónak. Egy étkezési hibrid esetében nagyon fontos tulajdonság az ezerkaszat-tömeg, a héj-bél arány és a hántolhatóság, a fehérjetartalom és természetesen a termés hozam. Az étkezési napraforgó típuson belül megkülönböztetjük a snack, a hántolási, illetve a kettős hasznosítású hibrideket. Az étkezési napraforgó termesztéstechnológiája nem különbözik az olajipari napraforgóétól. A kultúrnövényre jellemző gyomok, kórokozók és kártevők ugyanazok mindkét típusú napraforgó esetén. A terméspotenciálban sincs különbség, viszont az étkezési napraforgó felvásárlási ára magasabb, a kaszatomérettől függően van, hogy az olajipari duplája. Igaz, a termelés döntő részét az olajipari napraforgó adja, de elmondható, hogy az étkezési típusú napraforgó piaca folyamatosan növekszik (Hladni & Miladinovic 2019).

2.5 A napraforgó nemesítés mérföldkövei

A rövidebb tenyésztési és magasabb olajtartalmú fajták előállítására, vagyis a napraforgó tudatos nemesítése az 1890-es években kezdődött el (Pepó 2005), ekkor terjedt el a fekete magvú Crevat-féle napraforgó, illetve a nagy, fehérmagvú kaukázusi fajta (Balassa 1970). A napraforgó nemesítés a történelem során három fázison ment keresztül: 1. tömegszelekció, 2. szabadon virágzó fajták egyedszelekciója, 3. hibridnemesítés (Kaya et al. 2011). Az 1900-as évek közepén az oroszok klasszikus nemesítési módszerekkel állítottak elő nagy olajtartalmú fajtákat, mint pl: VNIMK 6540, Csakinszkij 269 (Pepó 2005). Az 1950-es években több nemesítő állomáson is kutatták a növény beltenyésztését és heterózisát (korábbi Szovjetunióban Gundaev, Zhdanov és

Wolf; Romániában Vranceanu és Stoenescu, Németországban Habura és Schuster, Kanadában pedig Putt). Ekkor a napraforgó vetőmag üzemi méretű előállítására még nem volt megoldott, különböző genetikai és virágszerkezeti akadályok miatt (Surányi 2018). A hibridelőállítás alapját a citoplazmás hímsterilitás, vagyis a CMS (Leclercq 1960, INRA) és a fertilitást visszaállító restoráló, azaz Rf gének (Kinman 1970, USDA) felfedezése adta meg. Az első hibrideket 1972-ben állították elő Amerikában, sikerüket jelzi, hogy alig 5 év alatt a termelés 80%-át ezek a hibridek adták (Shabir et al. 2010).

Magyarországon a napraforgó nemesítése az 1920-as évek végén kezdődött Lovászpatonán Horn Miklós által. A Lovászpatonai napraforgó 1942-ben kapott állami elismerést, ez a hazai nemesítésű napraforgók közül a legkorábbi. 1945-ben a főleg az ország déli részén termesztett Bélyei cirmos napraforgó is állami elismerést kapott. 1936-ban kezdték el a Mauthner-féle csíkos alacsony napraforgó nemesítését, mely 1942-ben Iregi korai csíkos néven kapott állami elismerést. További magyar nemesítésű fajták és állami elismerésüknek éve: Mauthner-féle csíkos magas (1942), Mezőhegyesi cirmos (1942), Anarcsi 10 (1943), Kisvárdai (1954) (Kurnik 1969). Bár már az 1900-as évek közepén több államilag elismert fajtánk és tájfajtánk volt, melyek termesztése egy-egy régióra volt jellemző, viszont alacsony olajtartalmuk miatt (34-36%) a már említett nagyobb olajtartalommal (42-44%) rendelkező szovjet fajták kerültek előtérbe a napraforgó termesztésben (Balassa 1970). Az első korszerű, magasabb olajtartalommal rendelkező (53-54%) magyar szabad elvirágzású napraforgó fajta, a GK-70 Mischeta Vendel nemesítői munkájának köszönhetően 1975-ben került köztermesztésbe (Zsombik 2006). A 70-es évek végén jelentek meg az első hibridek (francia és jugoszláv) a hazai napraforgótermesztésben (Surányi 2018). Kurnik Ernő (TAKI, Iregszemcse) és Frank József (GKI, Szeged) és munkatársaiknak köszönhetően 1982-re a magyar nemesítés is felzárkózott és hivatalos elismerést kaptak az első magyar hibridek (Frank 1999).

Manapság a hazai növénynemesítés rendkívül diverzifikált, hiszen az egyetemi kutatócsoportoktól a hazai magáncégek és családi vállalkozásokon át, a nagy nemzetközi multinacionális vállalatok is foglalkoznak különböző növényfajták előállításával. Rendkívül kiélezett verseny folyik, nemcsak a nemesítés, hanem a vetőmagelőállítás és -kereskedelelem terén is (Bóna, Magyar Növénynemesítők Egyesülete).

2.5.1 Étkezési napraforgó nemesítés

A napraforgó nemesítés céljai alapján beszélhetünk olajipari, étkezési és madáreleség, illetve dísznapraforgó nemesítésről. Mint azt a korábbi fejezetben már leírtam, a hazánkban először előállított napraforgó fajták és tájfajták alacsony olajtartalommal bírtak. Az egyik legnépszerűbb étkezési típusú napraforgó a Kisvárdai, melynek nemesítése Teichmann Vilmos nevéhez köthető, aki 1950-től foglalkozott napraforgó nemesítéssel. Szabolcsi és anarcsi tájfajtákból kiindulva, a tömegkiválogatás és az egyedkiválogatás félmagmennyiségű módszert alkalmazva sikerült előállítania ezt a hosszú ideig termelt és közkedvelt tájfajtát (Romhány 2012). Azonban több, természetstechnológiai szempontból kedvezőtlen tulajdonsággal rendelkezik: magassága miatt hajlamos a megdőlésre (elérheti a 4 méter is), fogékony a szádorra és hosszú tenyészidejű fajta (150-160 nap). A Kisvárdai fajta a kaszattermés piaci értéke (hosszú, csíkos, finom, harmonikus ízösszetétel) miatt maradt sokáig köztermesztésben (Szabó 2009). GKI által nemesített hibridek közül étkezési típusú volt a Marica-1; -2 és a -3 (Frank 1999).

2013-ban a Nemzeti Fajtajegyzék étkezési és madáreleség kategóriájában még 13 hibrid és fajta szerepelt (Almás, Birdy, Cortinal, Eagle, GK-70, HSX 9801, Iregi szürke csíkos, IS 8004, Kisvárdai, Lilia, Marica-2, Szotyri, Zebra), ezzel szemben az idei évben a 41 elismert fajta és hibrid közül csak 4 tartozik az étkezési és madáreleség kategóriába (3. táblázat).

3. táblázat: Államilag elismert étkezési és madáreleség csoportba tartozó napraforgó fajták és hibridek a 2023-as évben (Nemzeti Fajtajegyzék)

Név	Állami elismerés időpontja	Hasznosítási irány	Típus	Egyéb
Iregi szürke csíkos	1976	ÉM	SZF	
MF001	2021	ÉM	S	OR
Őszapó	2015	ÉM	S	PR
Zebra	2005	ÉM	S	

Jelmagyarázat: ÉM=étkezési-madáreleség; SZF=szabadelvirágzású fajta; S=kétvonalas hibrid; OR=szádor rezisztencia (E); PR=peronoszpóra rezisztencia (100,700,730,710,330)

Az étkezési napraforgó nemesítésben kiemelt jelentőséggel bír a magok megjelenése, íze, minősége, hiszen a növénynek ez a része kerül elfogyasztásra, viszont ugyanúgy, mint az olajipari napraforgó esetében, cél a termésmennyiség növelése, illetve

a magas terméshozam megtartása, a minőség javítása és a különböző stresszekkel szembeni ellenállóság kialakítása, fokozása.

A fogyasztói piacon az étkezési napraforgó árát nagyban befolyásolják a napraforgómag tulajdonságai, főként a mérete. A pörkölési vagy snack piac előnyben részesíti az egyforma, nagy méretű, prémium minőségű magokat (Feng et al. 2022). A fogyasztók többsége a finom édes ízű, megfelelő beltartalmi értékű, hosszú nagy kaszatokat részesíti előnyben, de az ízlés országonként változó (Hladni & Miladinovic 2019). A preferált kaszatszín és méret régióként eltérő, a Balkán országokban például a fekete kaszatú szotyit, míg Törökország területén inkább a fehér és szürke színű, minimum 2 cm hosszú kaszatú napraforgót kedvelik a fogyasztók (Kaya 2014), Szerbiában pedig az eddig termelt nagy fekete kaszatú fajtákat felváltották az újvidéki hibridek, mint például a NS Leviathan (Hladni & Miladinovic 2019). A hántolási piacon a kaszat külső tulajdonságai és a magméret kevésbé fontos tényező, viszont a kiváló héj-bél arány és a magas fehérjetartalom kívánatos tulajdonság. Manapság az étkezési típusú napraforgómagok tulajdonságai közül a következők kiemelt jelentőségűek: hossz x szélesség; kaszatszín (főként a sötét alapon szélén fehér csík a kedvelt); telített; könnyen törhető; magas ezerkaszat-súly; kiváló héj-bél arány; magas fehérjetartalom és alacsony olajtartalom (Feng et al. 2022).

2.5.2 Hibridnemesítés napraforgóban

Ahogy az a Nemzeti Fajtajegyzékben is látható, a köztermesztésben szinte csak kétvonalas hibridek találhatók, melyek előállítására a citoplazmás hímsterilitás kihasználásával történik (Pálvölgyi 2004). A napraforgó hibridelőállítása két szakaszból áll, a beltenyésztett vonalak és az F1 hibridek előállításából (Pepó 2010).

A heterózisnemesítés első lépése a beltenyésztett vonalak előállítása, mely során addig öntermékenyítjük (több év) a kiválasztott, kívánatos tulajdonságokkal rendelkező növényeket, amíg azok alléljai homozigóta állapotba nem kerülnek. A folyamatos öntermékenyítés eredménye a beltenyésztéses leromlás (növénymagasság, vigorosság termőképesség csökkenése), majd a beltenyésztési minimum elérése (Pepó 2010).

A heterózisnemesítés második lépése az F1 hibrid előállítása, mely során a beltenyésztéssel előállított citoplazmásan hímsteril anyavonalat (cytoplasmic male sterility=CMS) és a szintén beltenyésztett, Rf génnel rendelkező restorer vonalat vetjük le egymás mellé (leggyakrabban 8:4 arányban), a CMS-eket az anyavonal pollenje termékenyíti meg (Pálvölgyi 2004).

A citoplazmás hímsterilitás anyai úton öröklődik (mitokondrium genetikai hibája okozza), viszont az Rf gének, vagyis a hímsterilitást feloldó, restoráló gének a sejtmagban kódoltak, így lehetséges, hogy a citoplazmáson hímsteril anyavonal és a domináns Rf génnel rendelkező apavonal keresztezéséből a CMS-en fejlődő magok 100%-a fertilis lesz (Dudits & Heszky 2014).

Kiemelten fontos, hogy az anya- és apavonalak együtt virágozzanak, ha ez mégsem lehetséges, eltérő időpontban történő vetéssel szinkronba lehet hozni a szülővonalak virágzási idejét (Pálvölgyi 2004). A módszerek köszönhetően olyan kiegyenlített hibrideket kapunk, amelyek felülmúlják a szülővonalak teljesítményét (Pepó 2010).

A növénynemesítésben a szülővonalak genetikai diverzitása előfeltétele a genetikailag fejlettebb hibridek előállításának (Rani et al. 2016), viszont az egyik legnagyobb problémája az étkezési napraforgó nemesítésnek a szűk genetikai variabilitás (Hladni & Miladinovic 2019), így a nemesítési alapanyagok változékonyságának növelése az egyik legfontosabb feladat a nemesítési programban. A molekuláris módszerek, mint a nemesítés eszközei, alkalmazhatók a folyamatok felgyorsítására (Kaya et al. 2011). Kiemelten fontos nemesítési cél az új hibridek esetén a betegségekkel szembeni ellenállóság, a szádor- és herbicidrezisztencia, valamint a jó aszálytűrés (Hladni & Miladinovic 2019).

Az új nemesítésű étkezési típusú napraforgó hibridek legfontosabb tulajdonságai a termésmennyiség, a növénymagasság, a tányérátmérő, a fehérje- és olajtartalom, a kaszatszám/tányér, az ezerkaszattömeg, a kaszat mérete, színe és a héj-bél arány (Hladni & Miladinovic 2019).

2.6 Állami elismerés feltétele

„Magyarországon a növényfajták állami elismerését a 2003. évi LII törvény „A növényfajták állami elismeréséről, valamint a szaporítóanyagok előállításáról és forgalomba hozataláról” és annak végrehajtásáról szóló 40/2004. (IV.7.) FVM rendelet (továbbiakban Rendelet) „A növényfajták állami elismeréséről” szabályozza. Idézett rendelet 2. § (1) szerint a növényfajták állami elismeréséhez és a növényfajta-oltalom megszerzéséhez szükséges kísérleti vizsgálatokat – a Fajtaminősítő Bizottság által jóváhagyott módszertan szerint- a Nemzeti Élelmiszerlánc-biztonsági Hivatal (továbbiakban: NÉBIH) végzi és azt a Fajtaminősítő Bizottság jóváhagyása után mind a bejelentőnek mind a NÉBIHnek alkalmazni kell.”

A napraforgó fajták és hibridek bejelentésekor meg kell jelölni hasznosítási irányt, éréscsoportot. Az étkezési napraforgó a „IV. Étkezési, hántolási, madáreleség” vizsgálati csoportba tartozik.

Az új bejelentett hibridek állami elismerésének feltétele a napraforgó peronoszpóra (*Plasmopara halstedii*) Magyarországon előforduló rasszai (700, 730, 710, 330) elleni rezisztencia, amit üvegházi provokációs kísérletben, mesterséges fertőzéssel vizsgálnak, illetve „ha a NÉBIH által nem vizsgált rasszokkal szembeni rezisztenciáról a bejelentő rendelkezik hivatalos vizsgálati eredménnyel, akkor az elfogadható”. A peronoszpórán kívül a fehérpenészes szár- és tányérrothadás (*Sclerotinia sclerotiorum*) kötelezően vizsgálandó, melyre nem lehet nagymértékben fogékony, a következő felsorolt betegségek pedig esetlegesen vizsgálandók: diaportés szárfoltosság és -korhadás (*Diaporthe helianthi*), hamuszürke szártőkorhadás (*Macrophomina phaseolina*), alternáriás levél- és szárfoltosság (*Alternaria helianthu*, *Alternaria helianthinificiens*), sűrűkepenészes tányérrothadás (*Botrytis cinerea*), fekete szárfoltosság (*Phoma macdonaldii*), napraforgó lisztharmat (*Golovinomyces orontii*), napraforgó rozsdá (*Puccinia helianthi*), illetve az egyéb tányérrothadások (*Rhizopus stolonifer*, *Erwinia carotovora*). Ha a fajtajelöltet szádorra rezisztensnek jelölik meg, üvegházi provokációs kísérletet állítanak be a Magyarországon előforduló E rassz felhasználásával.

A herbicid rezisztencia vizsgálata úgy történik, hogy éréscsoportonként a kísérleti átlaghoz hasonlítják a bejelentett hibridet, aminek az étkezési és madáreleség csoportban a kaszattermés vonatkozásában kell az átlagnál jobban teljesítenie. Ugyanezzel a módszerrel értékelik a termőképességet is, a IV. csoportban a kísérleti átlaghoz történik a hasonlítás.

A DUS vizsgálat során 3 fontos kitételnek kell megfelelni, ezek a következők:

- megkülönböztethetőség - **Distinctness**
- egyöntetűség - **Uniformity**
- állandóság - **Stability**

A vizsgálat során a kísérletek csoportosítása a következő: szabadelvirágzású fajták; kétvonalas hibridek; háromvonalas hibridek; alapegyszeresek; anyavonalak; és apavonalak. „Ha a fajtajelölt a DUS követelményeknek és a pozitív előterjesztés alapszempontjainak megfelelt, valamint a gazdasági vizsgálatban korlátozó tényező nem zárja ki, javaslattal kerül állami elismerési előterjesztésre.” (Nébih 2023).

3. A vizsgálatok módszerei

3.1 A keresztezésekhez felhasznált növényi anyag

3.1.1 M015-ös anyavonal

A kísérletemhez használt anyavonal az M015-ös kódú beltenyésztett, állami elismeréssel nem rendelkező vonal, ami jó kombinálódó képességű, viszont nem rendelkezik sem peronoszpóra rezisztenciával, sem herbicid rezisztenciával. A vele készített hibridek beleillenek a nemesítési program célkitűzésébe. Az M015-ös vonal fenotípusos jellemzői a következők:

- 150-160 cm magas,
- nagy, finoman fogazott világoszöld levelek,
- lehajló szárú, jó tányérállású,
- nagy tányérméret,
- 68 napos (vetés napjától a virágzásig eltelt idő),
- kaszat tulajdonságai: fehér alapon sötét csíkos, átlag 20 mm, 120g/ezerkaszat tömeg, finom édes íz, jó héj-bél arány, lapos bél, jól és könnyen törik (8. ábra).



8. ábra: Az M015 anyavonal kaszattermése (saját)

3.1.2 IMI donor

Az IMI donornak kiválasztott vonal a herbicides kezelés után fitotoxikus tüneteket nem mutat, jellemzői a következők:

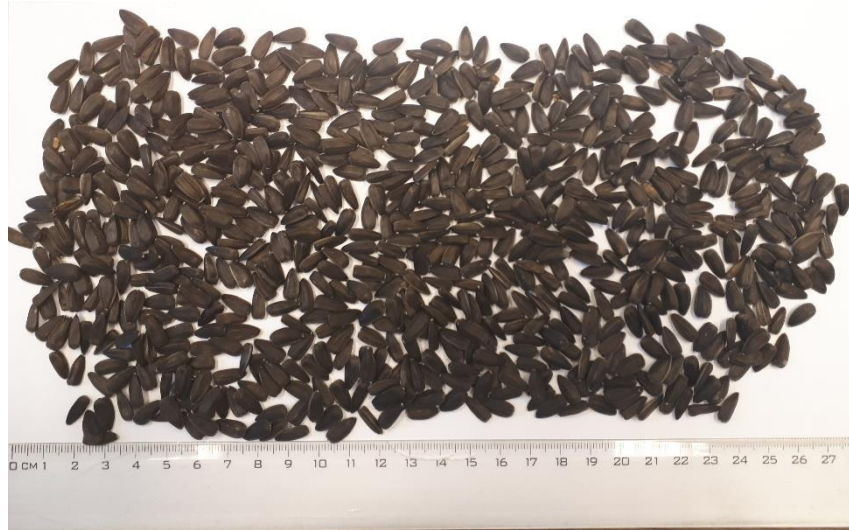
- 150-160 cm magas,
- enyhén hólyagos levélzet,
- félig bókoló, jó tányérállású,
- 67 napos, (vetés napjától a virágzásig eltelt idő)
- kaszat tulajdonságai: szürke alapon fehér csíkos, átlag 22 mm, 143 g/ezerkaszat tömegű (9. ábra).



9. ábra: Kaszatok a keresztezéshez kiválasztott IMI donorból (saját)

3.1.3 Pl8 donor

A Pl8-as gént az USDA-tól rendelt HA-460-as vonalból keresztezéssel vitték át egy világosabb kaszatszínű genotípusba, a tesztelések után a Pl8-ra homozigóta változatát vitték és visszük tovább már évek óta, így én is ezt a genotípust használtam, mint Pl8-as donor. A HA-460-as olajipari vonalra jellemző, hogy a növény alacsony, kb. 120 cm magas, vastag szárú, erős nyakú, 70 napos (vetés napjától a virágzásig eltelt idő), a tányérok pedig felállóak, a kaszat tulajdonságai a következők: átlag 13 mm-es, fekete alapon sötétszürke csíkozású, 76 g/ezerkaszat tömegű (10. ábra). A kiválasztott donor szintén 120 cm magas, de bókoló, 68 napos (vetés napjától a virágzásig eltelt idő), a levelei kissé hólyagosak, a kaszatok pedig átlag 18 mm-esek, szürke-fehér csíkozásúak és 112 g/ezerkaszat tömegűek (11. ábra).



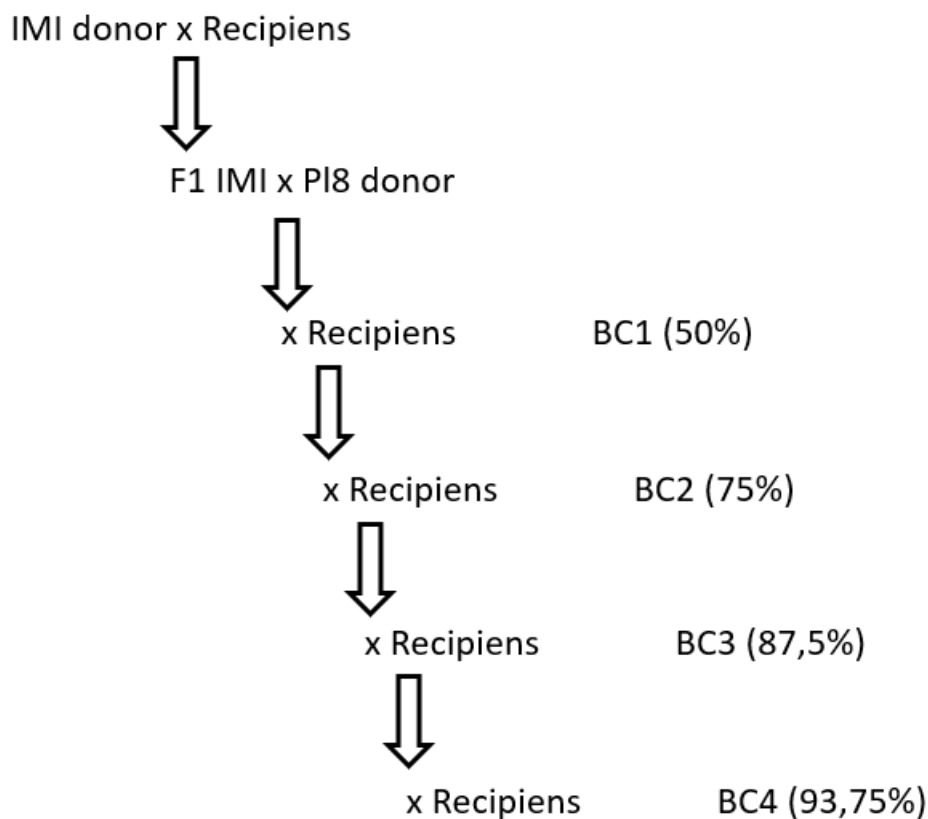
10. ábra: Kaszatok az USDA-tól rendelt, majd öntermékenyített HA-460-as vonalból (saját)



11. ábra: Kaszatok a keresztezéshez kiválasztott Pl8-as donorból (saját)

3.2 BC (back-cross)

A keresztezésem célja, hogy a kiválasztott beltenyészett vonal tartalmazza a már említett rezisztencia géneket, így az eredeti vonaltól az új vonal csak ebben a két tulajdonságban fog eltérni. Ezt az állapotot szelekcióval kombinált visszakeresztezéssel szeretném elérni, ami azt jelenti, hogy a rezisztenciagének sikeres átvitele után az eredeti vonallal többszöri back-cross-t fogok csinálni. Visszakeresztezés után mindig tesztelem a bevitt rezisztencia géneket. Ideális esetben BC4-re az eredeti genotípust már 93,75 %-ban fogja tartalmazni az új rezisztens változat (12. ábra).



12. ábra: Keresztezéssel és visszakeresztezéssel történő génátvitel folyamata (saját)

3.3 Vetés és növényápolás

A keresztezéseket a napraforgó nemesítési tenyészkertben, tehát szabadföldi körülmények között végeztem el. A sikeres keresztezések elvégzésének egyik alapfeltétele a megfelelő növényi állomány, így kiemelt jelentőségű a szakszerű vetés és növényápolás, amivel meg tudjuk teremteni a növények fejlődéséhez szükséges optimális körülményeket. A tenyészkert vetését általában április 2-3., az utóbbi években inkább a 3. dekádjában szoktuk elvégezni. A vetés optimális időpontját több tényező is befolyásolja, például a talajhőmérséklet, talajnedvesség és különböző műszaki feltételek. A vetést parcellavetőgép segítségével oldjuk meg (13. ábra), a parcellák paraméterei a következők: 5,5 m hosszú 1,5 m-es úttal, 75 cm-es sortáv, 24,5 cm-es tőtáv. Kelés után (2-4 leveles állapotban) szükség szerint egyeltem a sorokat. A tenyészkert gyommentesen tartását kézi gyomlálással, kapálással és kistraktoros kultivátorozással érjük el (14. ábra).



13. ábra: Parcella vetőgép a tenyészkertben (saját)



14. ábra: Növényápolás a tenyészkertben (saját)

3.4 Kiválasztás

Kiválasztás során alapkikötés, hogy a sor első és utolsó növényét nem jelöljük ki, lehetőleg a kiválasztott növény mellett ne legyen hiány, egészséges, vitális, a kísérlet, illetve a szelekció céljának megfelelő egyedet válasszunk. Kiválasztás során a növény bal felső levelét festékszóróval megjelöljük (15. ábra). A kijelölt egyedeket a vegetáció előrehaladtával nyakcímkével felcímkéztem, a címkére a növény egyedi azonosítója került (RNG/plot/szelekció). A parcellát és a keresztezésre (vagy öntermékenyítésre)

kijelölt növényeket folyamatosan felvételeztem, az adatokat pontosan rögzítettem, ugyanis a betakarítás után a következő évi tenyészkeret összeállításakor ezek a megfigyelések döntő jelentőségűek lesznek.



15. ábra: Izolálásra kijelölt egyedek (saját)

3.5 Herbicides kezelés

A herbicidrezisztencia kialakításának sikerességét gyomirtószeres kezeléssel ellenőriztem. Erre a célra megfelelő védőfelszerelésben imazamox hatóanyagú készítményt juttattunk ki dupla dózisban, a készítmény engedélyokiratában megjelölt fenológiai fázisban (a kultúrnövény 2-8 leveles állapotig). A kísérlet célja a kultúrnövény herbicidtűrésének vizsgálata, nem a gyomoké, ezért minden esetben a kultúrnövény fenológiai fázisához igazítjuk a kezelés időpontját. Ideális esetben a megfelelő növényápolásnak köszönhetően a parcellák gyommentesek. A kijuttatás a tesztelendő parcella nagyságától függően történhet kézi vagy gépi permetezővel, minden esetben ügyelve arra, hogy a növények leveleit egyenletesen érje a permetlé. A fitotoxikus tüneteket 7 nappal később kiértékeltem. A vizuális tünetek alapján a herbiciddel kezelt növényeket 3 kategóriába szoktuk sorolni: tünetmentes, látható tünetek (szín- és alakváltozások), elhalt. Az IMI napraforgók esetében megfigyelhető az úgynevezett Yellow flash, vagyis a növény ideiglenes sárgulása. Ezt a fitotoxikus tünetet a napraforgó idővel kinövi, a tünet nem jár termésvesztéssel.

3.6 Pl8 minta szedés, DNS kivonás

Peronoszpóra rezisztencia esetén marker alapú szelekciót alkalmazunk (MAS). Ehhez a módszerhez a kijelölt genotípusokból zöld növényi mintát gyűjtünk, ami azt jelenti, hogy kb. 2x1g mennyiségű levelet ollóval levágunk, ezt a mintát a növény kódjával ellátott zacskóba tesszük. A növényi mintákat a tenyészkertben jégakkus hűtőtáskába gyűjtjük, majd a laborban -20 °C-on tároljuk feldolgozásig.

A laborban elvégzik a DNS kivonást a mintákból, gélelektroforézissel ellenőrzik a DNS kivonás sikerességét, viszont a rezisztenciagén kimutatását az Eurofins BIOMI Kft. végzi el.

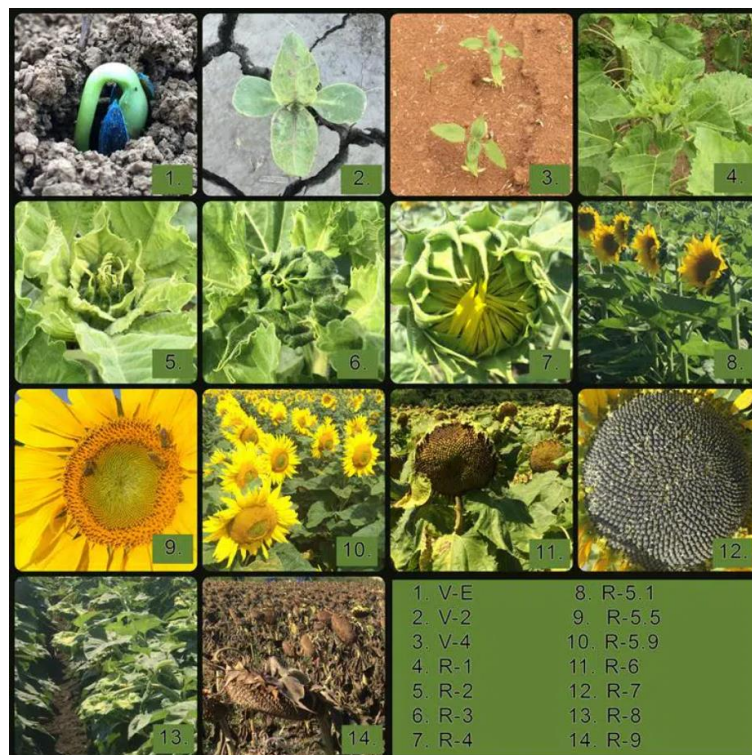
3.6.1 Növényi DNS kivonása módosított CTAB módszerrel

A levélmintából 1 grammot kimérünk, majd izoláló zacskóba tesszük. Fontos, hogy minden minta kimérésekor új alufóliát tegyünk a mérlegre és steril szikepengét használjunk, hogy elkerüljük a kontaminációt. A VWR-től rendelt CTAB pufferből (összetétele: 2% w/v CTAB, 20 mM EDTA.Na₂.2H₂O, 1,4 M NaCl és 100 mM ultratisztaságú tris) mintánként 7 ml-t kimérünk egy laborüvegbe, majd 0,2%-os töménységben merkaptóetanolt adunk hozzá és jól elkeverjük. A merkaptóetanolnak a fehérjék lebontásában van fontos szerepe. A kapott elegyből minden mintához 7 ml-t teszünk az izoláló zacskóba és kézi homogenizálóval elhomogenizáljuk. Ezután a növényi nedvből pipettával 700 µl-t kimérünk egy eppendorf csőbe, amit aztán 20 percre a 60 °C-ra beállított száraz blokk termosztátba helyezünk, ezzel elősegítve a növényi szövetek lebomlását. Az inkubálás után 700 µl kloroformot adunk a növényi nedvhez majd a csövet centrifugába helyezük 10 percre 10.000 rpm-es sebességre. Ezzel a lépéssel elérjük, hogy a DNS elkülönüljön a többi nem kívánatos sejt komponensből, így ezt a részt (felülúszó) egy pipettával le tudjuk szívni az eppendorf csőből és egy új, 1,5 ml-es eppendorf csőbe tesszük. Ezt követően 500 µl izopropanolt mérünk hozzá és ismét a centrifugába helyezük. Ezáltal a DNS pellet formájában kicsapódik a cső aljára. Ezt a DNS-t tartalmazó pelletet még egyszer átmoszuk 70%-os etanollal, hogy eltávolítsuk azokat a sókat, amelyeket a kivonás során bevittünk. Amint a csőben lévő etanol elpárolog, 100 µl TE puffert (50ml TE puffer összetétele: 500 µl 1M tris, 100 µl 0,5M EDTA, 49,5 ml Molecular Biology Water) adunk a pellethez és termosztátban 60°C-on feloldjuk.

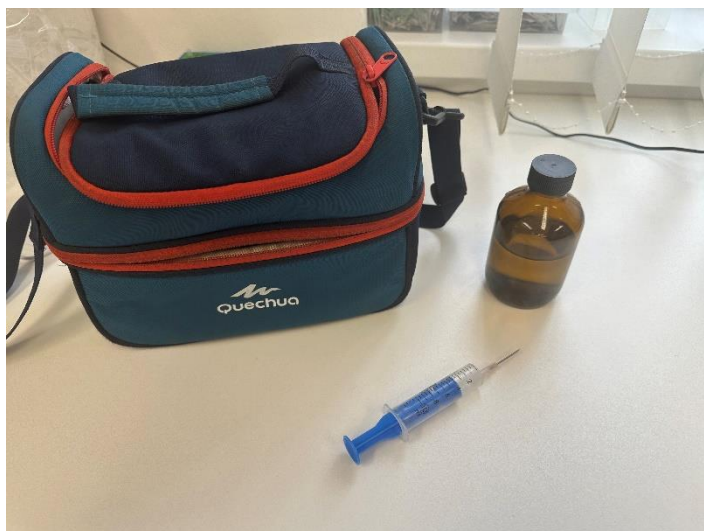
3.7 Gibberellinsavas kezelés

A hímsterilitás kémiai módszerekkel történő indukálását, már az 1950-es években is kutatták, a legjobb eredményeket a GA3-mal érték el. Kísérletemben én is ezt a módszert választottam, a GA3 kezelést Samanci (1996) alapján végeztem el. A kezelést megelőzően a laborban elkészítettem a 100 ppm töménységű oldatot. 100 g oldathoz 10 mg por alakú hormont mértem ki. A hormon 70%-os alkoholban oldódik, így a kimért port 1-2 ml alkohol segítségével egy előre letárazott mérőedénybe mostam, ami így feloldódott, majd desztillált vízzel 100 g mennyiségű oldatot készítettem. Az elkészült oldatot a felhasználásig hűtőben, barna üvegben tároltam.

A gibberellinsavas kezelést a kiválasztott növényeken akkor végeztem el, amikor a bimbók elérték az 1-1,5 cm átmérőt, ami körülbelül a bimbó megjelenése utáni 3. napon következett be. A napraforgó fejlődési fázisának ezt a szakaszát R-1-nek nevezik, a 16. ábrán a 4. kép jelöli ezt az állapotot. A megfelelő átmérőjű bimbót a reggeli órákban fecskendő segítségével kb. 2 ml 100 ppm-es GA3 oldattal kezeltem (17. ábra). A növények nyakcímekjén jelöltem, hogy gibberellinsavas kezelést kapott (kód elé „G” betűt írtam), illetve ennek dátumát.



16. ábra: A napraforgó fejlődési stádiumai (Nuseed)



17. ábra: A gibberellinsavas kezeléshez szükséges eszközök (saját)

A gibberellinsavas kezelés hatására a növények felnyurgulnak, száruk elvékonyodik, így a szártörés/nyaktörés megelőzése érdekében karóhoz kötöttem ki őket, ezeket a kötéseket a vegetáció alatt folyamatosan a növény magasságához igazítottam (18. ábra).



18. ábra: Karóhoz kikötött GA3-mal kezelt növény (saját)

3.8 Izolálás, porszedés és porzás

A kijelölt egyedeket virágzás előtt leizoláltam, ami azt jelenti, hogy még mielőtt a nyelves virágok megjelenének egy speciális szütyőt húzok a fejekre, amit a tányér alatt megkötök, ezzel biztosítva, hogy semmilyen beporzó rovar ne férjen hozzá a tányérhoz (19. ábra). Az izoláló háló valamennyit lefog a napsugárzásból, ezzel kitolva a virágzást, vagyis a lekötött növények pár nappal később kezdenek virítani, mint a parcella szabadon hagyott egyedei. A gibberellinsavval kezelt felnyurgult növények esetében az izolálás során kiemelten figyelek, hogy a háló ne húzza le a növény fejét, ennek érdekében nem a tányér alatt, hanem lejjebb a száron kötöm meg a hálót. A kötéseket a vegetáció során többször is szoktam ellenőrizni.



19. ábra: A kijelölt növények izolálása (saját)

A kiválasztott fertilis növényekről a virágport előzetesen sterilizált porszedővel gyűjtjük be, óvatos mozdulatokkal „leborotváljuk” a portokcsövek végéről a pollent úgy, hogy a portokok és a bibék ne sérüljenek. Majd ezt a begyűjtött port, szintén sterilizált ecsettel felkenjük a termőérett bibékkel rendelkező steril tányérra. A porzás során az ecsettel körkörös mozdulatokkal többször is átkenjük a tányért, utánozva a beporzókat, hiszen a bibék mechanikai ingerlése a jó termékenyülés kulcsa. A porzás után etil-alkohollal sterilizáljuk a porszedőket és a tégelyeket, az ecseteket és a kezünket is (20. ábra).



20. ábra: A porszedéshez és a porzáshoz szükséges eszközök (saját)

A napraforgótányér a fej szélétől kezdve körönként befelé haladva nyílik, általában 3 kör nyílik ki naponta, de ezt befolyásolja a hőmérséklet, a páratartalom és a fényviszonyok. Ezért amikor a gibberellinsavval kezelt növény 1/3 már kinyílt, akkor szoktam megszedni a donor növényről a port és óvatosan felviszem a recipiens növényre. Ezt a folyamatot 1-2 nap különbséggel, ha van rá lehetőség háromszor is el szoktam végezni, a recipiens növény virágának nyílásától függően (21. ábra).



21. ábra: Porszedés a donor növényről (bal), 2/3-ig kinyílt steril recipiens növény (jobb) (saját)

A rezisztencia donorok kiválasztásakor oda szoktunk figyelni, hogy a virágzási idők szinkronban legyenek, ha ez nem megoldható akkor lehetőleg a donor virítson előbb, így annak porát leszedve hűtőben tudjuk tárolni felhasználásig. Illetve, ha van rá lehetőség, akkor olyan donort választunk, melynek kaszatszíne nem különbözik túlságosan a recipiens kaszatszínétől. A génátvitteles keresztezések a reggeli első porzásaim szoktak lenni.

4. Eredmények és értékelésük

4.1 2020.

A dolgozatom témáját adó első keresztezéssel történő génátvitelt a 2020-as évben végeztem el. A kiválasztott anyavonal egy törzsét egy 2 soros parcellában vetettük el (22. ábra). A kelés egyöntetű volt a növények szépen fejlődtek a tenyészidőszak során.



22. ábra: M015 anyavonal 2020-ban (saját)

Amikor a tenyészzőcsúcs levelei között a bimbókezdemény már kitapintható volt 4 egyedet jelöltem ki a parcellában, melyek közül 3-at a keresztezéshez szerettem volna felhasználni, 1-et pedig kontrollnak szántam, így öntermékenyítettem. A keresztezéshez kiválasztott növényeken a megfelelő fenológiai fázisban elvégeztem a GA3-as kezelést, majd virágzáskor az előzetesen kiválasztott IMI donorról gyűjtött pollennel többször is megkentem őket, az első porzást 07.20-án végeztem el. A betakarítási munkák végeztével a kaszatterméseket tányéronként értékeltem (4. táblázat), feljegyezve a következő tulajdonságokat: a kaszat hossza, szélessége, vastagsága, alapszíne és csíkozottsága, valamint a termésmennyiség és egyéb tulajdonságok.

4. táblázat: 1/100-as parcelláról learatott tányérok termésének értékelés (2020)

2020	Keresztezési terv	Típus	Hossz (mm)	Szélesség (mm)	Vastagság (mm)	Alapszín	Csík színe	Csík szélén (van/nincs)	Csíkozottság mértéke (db)	Súly (g)
1/100/1	x IMI	BxB	17,2	5,9	4,6	fehér	0	0	0	2,8
1/100/2	x IMI	BxB	17	4,9	3	fehér	szürke	0	0 v alig	19
1/100/3	x IMI	BxB	16,5	4	3,2	fehér	szürke	0	0 v alig	10
1/100/4	kontroll	B	19	7,3	4,5	fehér	szürke	0	0 v 1	50

A feldolgozásból kiderült, hogy ahogyan a szakirodalom is említette, a gibberellinsav hatására csökkent a kezelt növények termésmennyisége. A 4. táblázatban jól látható, hogy a kontrollnak a kezelt tányérokhoz képest magasabb a termésmennyisége, de ehhez azt is hozzá kell tennem, hogy a kezelt növények tányérátmérője is elmaradt a kezeletlen tányérokétól. A kaszatok tulajdonságaikban (méret, szín, csíkozottság) nem térnek el az eredeti anyavonal kaszátjellemzőitől. A további keresztezések alapanyagának a termékenyülési adatok alapján az 1/100/2-es és az 1/100/3-as genotípusokat választottam ki (23. és 24. ábra).



23. ábra: Kaszatok az 1/100/2-es tányérből (saját)



24. ábra: Kaszatok az 1/100/3-as tányérből (saját)

4.2 2021.

A 2021-es tenyészkertbe a kiválasztott genotípusok tányérutódsorai lettek levetve, szintén 2x2 soros parcellákba. Mivel a 2020-as keresztezéseknek a célja az IMI gén átvitele volt, ezért ebben az évben a megfelelő fenológiai fázisban herbicides kezeléssel teszteltük a keresztezés sikerességét. A parcellák egyik sora a kezeletlen abszolút kontroll sor volt, míg a másik a kezelt. Értelemszerűen a kontroll sorokat csak megfigyelésre használtam, a kezelt sorokban jelöltem ki azokat az egyedeket, amelyekkel dolgozni szerettem volna. A herbicides kezelés után mindkét parcella növényein megfigyeltem a „Yellow flash” fitotoxikus tünetet, vagyis a növény ideiglenes sárgulását, ami az IMI napraforgókra jellemző. Amikor a növények elérték a megfelelő fejlettségi állapotot elvégeztem a GA3 kezelést, majd virágzáskor a korábban P18-as donornak kijelölt növényről szedett porral megkentem a gibberellinsavval kezelt tányérokat. Az első porzásokat 07.20-án végeztem el, ebben az évben a tenyészkertbe egy Sencrop meteorológiai állomást helyeztünk ki, melynek köszönhetően pontos hőmérsékleti- és csapadékadatok vannak a teljes vegetációs időszakra. A génátvitelű porzásaim hetében a napi hőmérsékleti maximumok 25,8°C és 33,8°C között ingadoztak (5. táblázat).

5. táblázat: Sencrop meteorológiai állomás mérési adatai (2021)

Dátum	Csapadék (mm)	Relatív páratartalom, középérték (%)	Mín. relatív páratartalom (%)	Max. relatív páratartalom (%)	Középhőm. (°C)	Mín. hőm. (°C)	Max hőm. (°C)
2021.07.20.	0	72,89	46,8	93,03	21,87	15,97	26,5
2021.07.21.	0	74,07	50,03	93,2	18,53	13,23	25,8
2021.07.22.	0	76,26	44,3	94,3	19,31	13,4	27,4
2021.07.23.	0	72,44	39,4	96,43	20,68	12,8	29,23
2021.07.24.	0	69,34	39,17	95,6	21,67	13,5	29,6
2021.07.25.	0	66,6	48,2	85,27	24,77	17,1	32,2
2021.07.26.	0	69,81	38,67	91,77	25,64	18,23	33,8

A betakarított tányérok kaszatainak feldolgozása után (6. táblázat), a termékenyülési adatok alapján az 1/120/2-es és az 1/120/3-as kódú genotípust választottuk ki a további keresztezésekhez (25. és 26. ábra).

6. táblázat: Az 1/120-as és az 1/122/-es parcelláról learatott tányérok termésének értékelése (2021)

2020	2021	Keresztezési terv	Típus	Hossz (mm)	Szélesség (mm)	Vastagság (mm)	Alapszín	Csík színe	Csík szélén (van/nincs)	Csíkozottság mértéke (db)	Súly (g)
1/100/2			B	17	4,9	3	fehér	szürke	0	0 v alig	19
	1/120/1	x P18	BxB	19,5	6,3	4	fehér	szürke	0	változó	1,1
	1/120/2	x P18	BxB	19,2	6,4	4,2	fehér	szürke	0	változó	20,1
	1/120/3	x P18	BxB	20	7,3	4,5	fehér	szürke	0	változó	78,8
	1/120/4	kontroll	B	19	8,7	4,8	fehér	szürke	0	változó	30,6
1/100/3			B	16,5	4	3,2	fehér	szürke	0	0 v alig	10
	1/122/1	x P18	BxB	18	6,1	4,3	fehér	szürke	0	változó	9,5
	1/122/2	x P18	BxB	17,7	7,3	4,5	fehér	szürke	0	változó	5,7
	1/122/3	x P18	BxB	17,5	6,9	3,8	fehér	szürke	0	változó	13,9
	1/122/4	kontroll	B	18,1	6,4	4,3	fehér	szürke	0	változó	41,8



25. ábra: Kaszátok az 1/120/2-es tányérból (saját)



26. ábra: Kaszátok az 1/120/3-as tányérból (saját)

4.3 2021-22.

A P18-as donorról történő keresztezés után a kiválasztott genotípusokat a téli tenyészkertünkben felneveltük és öntermékenyítettük, majd betakarítás után a termést kiértékeltem (7. táblázat). Ezt a generációt azért csak öntermékenyítettük, mert az F1 generáció 100%-ban heterozigóta a P18-ra nézve és az volt a célunk, hogy a következő szezonban már azzal a generációval dolgozzunk (F2), amiben megtalálhatók és kiválogathatók a P18-ra homozigóta genotípusok. Sajnos több olyan tényező is volt, amely nem, vagy nagyon rosszul termékenyült, ezeket a kaszatterméseket nem jellemeztem, a táblázat celláiba „X”-et írtam. A táblázat adataiból jól látható, hogy a betakarított tényérok kaszattermései küllemre már jelentősen eltérnek az eredeti M015-ös anyavonal tulajdonságaitól.

Ebből a generációból a következő genotípusokat választottuk ki a további munkához: T/21/35/3, T/21/35/8, T/21/36/5 és T/21/36/11 (27., 28., 29. és 30. ábra).

7. táblázat: A T/21/35-ös és a T/21/36-os parcellákról learatott tényérok termésének értékelése (2022)

2021	2021-22	Keresztezési terv	Típus	Hossz (mm)	Szélesség (mm)	Vastagság (mm)	Alapszín	Csík színe	Csík szélen (van/nincs)	Csíkozottság mértéke (db)	Súly (g)
1/120/2			B	19,2	6,4	4,2	fehér	szürke	0	változó	20,1
	T/21/35/1	önterm	B	X	X	X	X	X	X	X	0
	T/21/35/2	önterm	B	17,9	7,7	4,3	p. fehér	szürke	0	0 v alig	8,5
	T/21/35/3	önterm	B	20,2	7,8	5	szürke	fehér	1	változó	41,1
	T/21/35/4	önterm	B	16,3	7	3,9	szürke	fehér	1	változó	10,1
	T/21/35/5	önterm	B	X	X	X	X	X	X	X	0
	T/21/35/6	önterm	B	X	X	X	X	X	X	X	0
	T/21/35/7	önterm	B	17,9	6,1	3,8	szürke	fehér	1	változó	9,5
	T/21/35/8	önterm	B	19	7,6	3,8	szürke	fehér	1	változó	100,9
	T/21/35/9	önterm	B	16	6	3,6	szürke	fehér	1	változó	56
T/21/35/10	önterm	B	15	6,2	3,1	fehér	szürke	0	változó	42,2	
1/120/3			B	20	7,3	4,5	fehér	szürke	0	változó	78,8
	T/21/36/1	önterm	B	18	7,9	5,2	fehér	szürke	0	változó	14,2
	T/21/36/2	önterm	B	X	X	X	X	X	X	X	0
	T/21/36/3	önterm	B	18,5	7,5	3,8	fehér	szürke	0	változó	11,4
	T/21/36/4	önterm	B	16,5	6,5	3,3	szürke	fehér	1	változó	13,7
	T/21/36/5	önterm	B	18	7,1	4	szürke	fehér	1	0 v 1 v 2	76,1
	T/21/36/6	önterm	B	X	X	X	X	X	X	X	7
	T/21/36/7	önterm	B	X	X	X	X	X	X	X	6,4
	T/21/36/8	önterm	B	18,3	8	4,5	p. fehér	szürke	0	változó	14
	T/21/36/9	önterm	B	X	X	X	X	X	X	X	0
	T/21/36/10	önterm	B	16,8	7,1	4,5	p. fehér	szürke	0	0 v alig	25,5
	T/21/36/11	önterm	B	18,3	8	4,5	p. fehér	szürke	0	változó	85,9
T/21/36/12	önterm	B	17,3	7,5	4,3	szürke	fehér	1	változó	10	



27. ábra: Kaszatok a T/21/35/3-as tányérból (saját)



28. ábra: Kaszatok a T/21/35/8-as tányérból (saját)



29. ábra: Kaszatok a T/21/36/5-ös tányérből (saját)



30. ábra: Kaszatok a T/21/36/11-es tányérből (saját)

4.4 2022.

A 2022-es év legfontosabb feladata az volt, hogy megtaláljuk a P18-as génre homozigóta genotípusokat, melyekkel végrehajthatom az első visszakeresztezéseket. Ebben az évben 4 genotípust vetettünk le 2 soros parcellákba. A megfelelő fenológiai fázisban elvégeztük a herbicides kezeléseket és megszedtük a mintákat a P18-as gén kimutatásához, majd a bimbók megfelelő fejlettségi állapotában a GA3-as kezelést is elvégeztem. A kijelölt egyedek virágzásakor (07.22.) elvégeztem az első visszakeresztezéseket az eredeti M015-ös anyavonallal, a porzás hetében a Sencrop meteorológiai állomás mérései alapján a napi hőmérsékleti maximumok 32°C és 38,7°C között ingadoztak (8. táblázat).

8. táblázat: Sencrop meteorológiai állomás mérési adatai (2022)

Dátum	Csapadék (mm)	Relatív páratartalom, középérték (%)	Min. relatív páratartalom (%)	Max. relatív páratartalom (%)	Középhóm. (°C)	Min. hóm. (°C)	Max hóm. (°C)
2022.07.22.	0	39,04	20,37	66,7	28,61	18,6	37,8
2022.07.23.	0	40,49	20,3	63,73	30,38	17,87	38,7
2022.07.24.	2,03	59,72	33,53	82,97	25,02	16,98	32,37
2022.07.25.	0	46,86	25,17	76,83	25,27	14,4	34,33
2022.07.26.	0	60,1	33,67	86,15	24,4	17,1	33,4
2022.07.27.	0	51,68	27,17	92,93	25,4	17,07	33,07
2022.07.28.	0	50,36	31,9	66,83	25,13	19,53	32

Sajnos a laborból az eredmények nem érkeztek meg időben, így a kiválasztást nem tudtam a P18-as gén alapján elvégezni, viszont szerencsére így is volt eredményes P18 homozigóta visszakeresztezésem. A 9. táblázat adatain látható, hogy a 2022-es évben több sikertelen vagy nagyon kevés kaszatot adó keresztezésem is volt, ezeket a terméseket nem értékeltem és a táblázatban „X”-el jelöltem őket.

9. táblázat: A 2/20-as, 2/22-es, 2/24-es és 2/26-os parcellákról learatott tányérok
termésének értékelése (2022)

2021-22	2022	Keresztezési terv	Típus	PI8 teszt	Hossz (mm)	Szélesség (mm)	Vastagság (mm)	Alapszín	Csík színe	Csík szélen (van/nincs)	Csíkozottság mértéke (db)	Súly (g)
T/21/35/3			B		20,2	7,8	5	szürke	fehér	1	változó	41,1
	2/20/1	x M015	BxB	hom	18,7	7,2	4,2	s. szürke	fehér	1	változó	32,6
	2/20/2	x M015	BxB	het	15,3	5	3,3	s. szürke	p. fehér	1	0v1v2v3	4,2
	2/20/3	x M015	BxB	het	15	4	3,1	s. szürke	p. fehér	1	változó	0
	2/20/4	kontroll	B	hom	16,3	5,8	3,1	s. szürke	p. fehér	1	változó	46,3
T/21/35/8			B		19	7,6	3,8	szürke	fehér	1	változó	100,9
	2/22/1	x M015	BxB	het	X	X	X	X	X	X	X	29
	2/22/2	x M015	BxB	hom	19,6	7,7	3,4	szürke	p. fehér	1	változó	41,8
	2/22/3	x M015	BxB	het	16,5	6,4	2,7	szürke	p. fehér	1	változó	21,7
	2/22/4	kontroll	B	het	14,1	5,3	2,7	szürke	p. fehér	1	változó	34,9
T/21/36/5			B		18	7,1	4	szürke	fehér	1	0v1v2	76,1
	2/24/1	x M015	BxB	-	18,7	7,7	3,6	szürke	fehér	1	változó	28,6
	2/24/2	x M015	BxB	het	13,6	4,7	2,4	szürke	fehér	1	0v1v2	11,8
	2/24/3	x M015	BxB	het	X	X	X	X	X	X	X	0
	2/24/4	kontroll	B	het	16	5,2	2,3	szürke	fehér	1	változó	42,9
T/21/36/11			B		18,3	8	4,5	p. fehér	szürke	0	változó	85,9
	2/26/1	x M015	BxB	hom	X	X	X	X	X	X	X	0
	2/26/2	x M015	BxB	het	X	X	X	X	X	X	X	0
	2/26/3	x M015	BxB	-	X	X	X	X	X	X	X	0
	2/26/4	kontroll	B	-	14,2	4,6	2,6	p. fehér	szürke	0	változó	13,8

Betakarítás és feldolgozás után azokat a BC1-es genotípusokat választottam ki a további visszakereszteзésekhez, amelyekben a herbicid- és a peronoszpóra rezisztencia kialakítása is sikeres volt, ezek a 2/20/1-es és a 2/22/2-es egyedek termése (31. és 32. ábra). A képeken és a táblázatból is jól látható, hogy ezeknek a genotípusoknak a kaszattermése is nagy mértékben eltér az eredeti anyavonal kaszattermésétől.



31. ábra: Kaszatok a 2/20/1-es tányérból
(saját)

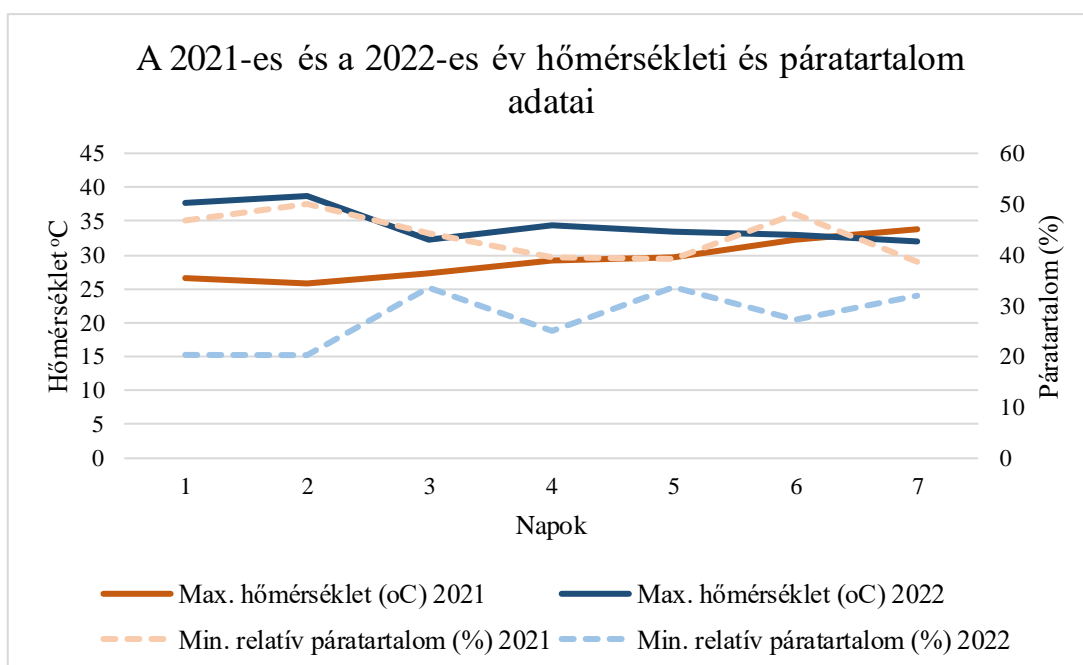


32. ábra: Kaszatok a 2/22/2-es tányérből
(saját)

5. Következtetések és javaslatok

Az elmúlt három évben elvégzett keresztezéseim és azok eredményei alapján a következő következtetéseket vontam le:

- Az alkalmazott gibberellinsavas kezelés jól működik, a kezelt növények 100%-ban sterilek lettek, a tányérok nem lettek deformáltak, megtermékenyítésre alkalmasak voltak.
- Az elvégzett keresztezések többnyire sikeresek voltak, viszont a 2022-es évben több sikertelen vagy csak nagyon kevés kaszatot adó porzásom is volt, ennek oka a kedvezőtlen környezeti viszonyok voltak. Ahogyan az a 33. ábrán is látható, a sikertelen keresztezések elvégzésekor a 2021-es évhez viszonyítva - amikor a keresztezések 100%-a sikeres volt- magasabb hőmérséklet mellett alacsonyabb volt a relatív páratartalom, ez okozta a nem megfelelő termékenyülést.



33. ábra: Hőmérsékleti és páratartalom adatok a 2021-es és a 2022-es évben

- A markerek alapján történő nemesítés megkönnyíti és meggyorsítja a kívánt tulajdonságokra történő szelekciót. Alkalmazásával lecsökkenthető a „felesleges” keresztezések száma, sőt, mivel ehhez a vizsgálathoz a mintákat már akár csíranövénykorban is be lehet gyűjteni, csak azokkal az egyedekkel folytatódik a munka, melyek bizonyítottan homozigóta formában tartalmazzák a P18-as gént. Ha a 2022-es évben az eredmények időben megérkeztek volna, akkor a 16 kijelölt egyed közül csak a négy homozigóta rezisztenssel dolgoztam volna tovább,

a többi (heterozigóta, fogékony) egyedről eltávolítottam volna a jelölést, sem a megfigyeléseket, sem az izolálást, sem a keresztezéseket, sem a betakarítást, sem a kiértékelést nem csináltam volna meg. A P18-as gén marker alapú szelekciója eredményes, alkalmazása megkönnyíti a szelekciós munkát még úgy is, hogy az eredmények késve érkeztek meg. Ennek a problémának a megoldására egy opció lehet, ha a rezisztenciagén kimutatásához szükséges összes vizsgálatot teljes egészében a cég laborjában el tudnánk végezni.

- Az eredmények alapján a két P18-ra homozigóta genotípussal a visszakeresztezők (M015-ös anyavonallal) folytatása javasolt.
- Ezzel a klasszikus nemesítési módszerrel több évig tart, míg elérjük, hogy az adott genotípus a megfelelő rezisztenciagéneket tartalmazza, illetve újabb évek, míg a visszakeresztezők által létrehozuk az eredeti vonal már rezisztens változatát, és újabb évek, mire a citoplazmáson hímsteril (CMS) vonal is tartalmazza majd ezeket a keresztezéssel átvitt géneket és vizsgálhatóvá válik az új anyavonal kombinálódó képessége, vagyis hogy a különböző restorer vonalakkal milyen hibrideket ad. Ezért, amikor elkészül a rezisztenciagéneket tartalmazó B (fenntartó) vonal, érdemes lenne GA3-as kezeléssel több tényért sterillé tenni, majd a kiválasztott R (restorer=apa) vonalakkal porozni, így vizsgálható lenne a kombinálódó képesség, még mielőtt a CMS elkészülne.

6. Összefoglalás

Magyarország szántóföldi növénytermesztésének harmadik legfontosabb növénye a napraforgó. A napraforgónemesítés legfontosabb célkitűzései közé tartozik a szádor-, a peronoszpóra- és a herbicidrezisztenciára történő nemesítés. Termelői szempontból kiemelt jelentősége van az állományban való gyomirthatóságnak, a hatóság felől pedig a megfelelő peronoszpóra rezisztenciának, hiszen csak akkor kaphatnak állami elismerést az új bejelentett hibridek, ha a kórokozó hazánkban előforduló rasszai ellen rezisztenciával rendelkeznek.

A szakdolgozatomban ismertetett keresztezéses génátvitelt 2020 és 2023 között végeztem el. Célom az volt, hogy az M015-ös kódú, jól kombinálódó képességű, de herbicid- és peronoszpóra rezisztenciát nem tartalmazó étkezési típusú beltenyésztett anyavonalba a hagyományos nemesítés módszereit alkalmazva átvigym az említett rezisztencia géneket. Keresztezésem célja nem egy új anyavonal előállítása volt, hanem az M015-ös vonal posztemergensen gyomirtható és peronoszpóra ellenálló változatának az előállítása, ennek érdekében a rezisztenciagének átvitelét után többszöri visszakeresztezés szükséges az eredeti anyavonallal. Annak érdekében, hogy keresztezésem során a recipiens növény 100%-ban a kiválasztott donor növényről származó pollentől termékenyüljön meg kémiai úton, gibberellinsav alkalmazásával indukáltam a hímsterilitást. Az első keresztezésemet 2020-ban végeztem el, amikor a kiválasztott IMI donorról vittem át port a GA3-mal kezelt növényekre. 2021-ben a kezelt növények tányérutódсорain herbicides kezeléssel teszteltük az előző évi génátvitel sikerességét, majd ebben az évben a kiválasztott egyedeket szintén GA3-mal kezeltem és a P18-as donorról származó virággörrel kentem meg. A donor a P18-as gént homozigóta formában tartalmazza, így a keresztezésem 100%-ban P18-ra heterozigóták lettek. Annak érdekében, hogy a 2022-es évben már a F2 generációval dolgozhassak a 2021-ben elvégzett keresztezésem termését a téli tenyészkertünkben vetettük el és neveltük fel. Az F2 generációban marker alapú szelekciót alkalmazva ki tudtam választani azokat az egyedeket, amelyek homozigóta formában tartalmazták a P18-as gént. Ebben az évben az eredeti anyavonallal való back-cross azokkal a genotípusokkal kezdtem meg, amelyek a herbicidrezisztenciát és a P18-as gént is tartalmazták.

Az M015-ös anyavonal változata a 2022-ben elvégzett visszakeresztezésemmel még nem készült el, ehhez többszöri back-crossra és a rezisztenciagénekre való szelekcióra van szükség.

7. Irodalomjegyzék

1. Balassa I. (1970): Magyar Mezőgazdasági Múzeum Közleményei 1969-1970, Mezőgazdasági Könyvkiadó Vállalat, Budapest, 400 p.
2. Bóna L.: A magyar növénynevelés története röviden, Magyar Növénynevelők Egyesülete, <http://www.plantbreeders.hu/a-novenynemesitesrol/tortenete-hazankban> (2023 november)
3. Dudits D., Heszky L. (2014): Növényi biotechnológia és géntechnológia, Agroinform Kiadó, Budapest, 347 p.
4. Feng, J., Jan, C., Seiler, G. (2022): Breeding, production, and supply chain of confection sunflower in China, OCL 2022, 29(11), https://www.ocl-journal.org/articles/occl/full_html/2022/01/occl210062/occl210062.html (2023 november)
5. Fernández-Luqueño, F., López-Valdez, F., Miranda-Arámbula, M., Rosas-Morales, M., Pariona, N., Espinoza-Zapata, R. (2014): An Introduction to the Sunflower Crop, In: Arribas, J. I., (ed.): Sunflowers: Growth and Development, Environmental Influences and Pests/Diseases (Botanical Research and Practices), Nova Science Publishers, New York, 323 p., 1-18. p.
6. Frank J. (1999): A napraforgó biológiája, termesztése, Mezőgazda Kiadó, Budapest, 422 p.
7. Gerald J. Seiler and Tom J. Gulya (2004): Exploration for wild Helianthus species in North America: Challenges and opportunities the search for global treasures. <https://www.isasunflower.org/fileadmin/documents/aaProceedings/16thISCFargo-vol1/paper43-68.pdf> (2023 november)
8. Hladni, N., Miladinović, D. (2019): Confectionery sunflower breeding and supply chain in Eastern Europe. OCL (Oilseeds and fats, Crops and Lipids), 26 (29), https://www.ocl-journal.org/articles/occl/full_html/2019/01/occl190002/occl190002.html (2023 november)
9. <http://www.apromagok.hu/termekek/hantolt-napraforgo> (2023 november)
10. Izsáki Z. & Lázár L. (szerk.) (2004): Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 666 p.
11. Kantar, M., Baute, G., Bock, D., Rieseberg, L. (2014): Genomic variation in Helianthus: learning from the past and looking to the future, Briefings in Functional Genomics, 13(4), 328-340. <https://academic.oup.com/bfg/article/13/4/328/282684> (2023 november)
12. Kaya, Y. (2014): Sunflower Production in Balkan Region: Current Situation and Future Prospects, Agriculture & Forestry, Vol. 60 Issue 4: 95-101
13. Kaya, Y., Jovic, S., Miladinovic, D. (2011): Sunflower, Technological Innovations in Major World Oil Crops, Vol.1., 85-129. p.
14. Kurnik E. (1969): Napraforgó. In: Kapás A. (szerk.): Magyar Növénynevelés, Akadémia Kiadó, Budapest, 766 p., 264-284. p.
15. Nébih (2023): Napraforgó. Napraforgó kísérleti módszertan, 31 p.
16. Pálvölgyi L. (2004): Napraforgó. In: Izsáki Z. & Lázár L. (szerk.): Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 458-462. p.
17. Pepó P. (2005): Olaj- és iparnövények. In: Antal J. (szerk.): Növénytermesztéstan 2., Hüvelyesek, Olaj- és iparnövények, Takarmánynövények. Mezőgazda Kiadó, Budapest, 596 p., 223-362. p.

18. Pepó P. (2010): Növénynevelés, Debrecen, 100 p., <https://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/8591> (2023 november)
19. Petraru, A., Ursachi, F., Amariei, S. (2021): Nutritional Characteristics Assessment of Sunflower Seeds, Oil and Cake. Perspective of Using Sunflower Oilcakes as a Functional Ingredient. *Plants* 2021, 10(11), <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8619027/> (2023 november)
20. Rani, R., Sheoran, R.K., Chander, S., Behl, R.K. (2016): Genetic divergence in sunflower accessions. 19th International Sunflower Conference, Edirne, 2016, 397-401. p.
21. Rapadics R. (1932): A magyarság virágai. Királyi Magyar Természettudományi Társulat, Budapest <https://www.arcanum.com/en/online-kiadvanyok/Viragaink-viragaink-1/a-magyarsag-viragai-1449/> (2023 november)
22. Romhány L. (2012): 85 éve a nyírségi növénynevelés és növénytermesztés szolgálatában, Debreceni Egyetem, 195 p.
23. Shabir H. Wani, Hitesh K. Saini, Vikas Gupta, M. A. Bhat, N.B Singh (2010): Present status and future prospects for heterosis breeding in sunflower (*Helianthus annuus* L.). *Asian Journal of Science and Technology*, 2(6): 49-54 <http://www.journalajst.com/sites/default/files/issues-pdf/1010.pdf> (2023 november)
24. Surányi B. (2018): Kultúrnövények a földhasználatban, Debreceni Egyetemi Kiadó, Debrecen, 194 p.
25. Szabó B. (2009): Az agrotechnikai és az ökológiai tényezők hatása a napraforgómoly (*Homoeosoma nebulellum* Den. et Schiff.) kártételére és rajzásdinamikájára. Doktori értekezés tézisei, SZIE, Gödöllő, 24 p.
26. Szabó P. B. (2012): Élelmiszerek és az egészséges táplálkozás, 101 p. https://eta.bibliuszeged.hu/716/1/elelmiszerek_es_az_egeszseges_taplalkozas_teljes.pdf (2023 november)
27. Zsombik L. (2006): A napraforgó hibridspecifikus vetésidejének komplex vizsgálata a hajdúsági löszháton. Doktori (PhD) értekezés, Debreceni Egyetem, Debrecen, 179 p.

8. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

Alulírott FIEDLER-BENIS RÉKA, a Magyar Agrár- és Élettudományi SZENT ISTVÁN Campus,

NÖVÉNYGENETIKAI ÉS NÖVÉNYNEVELÉSI szak nappali/levelező* tagozat végzős hallgatója nyilatkozom, hogy a dolgozat saját munkám, melynek elkészítése során a felhasznált irodalmat korrekt módon, a jogi és etikai szabályok betartásával kezeltem. Hozzájárulok ahhoz, hogy Záródolgozatom/Szakdolgozatom/Diplomadolgozatom egyoldalas összefoglalója felkerüljön az Egyetem honlapjára és hogy a digitális verzióban (pdf formátumban) leadott dolgozatom elérhető legyen a témát vezető Tanszéken/Intézetben, illetve az Egyetem központi nyilvántartásában, a jogi és etikai szabályok teljes körű betartása mellett.

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

Kelt: 2023. év 10. hó 11. nap

Fiedler-Benis Réka

Hallgató

NYILATKOZAT

A dolgozat készítőjének konzulense nyilatkozom arról, hogy a Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A Záródolgozatot/Szakdolgozatot/Diplomadolgozatot záróvizsgán történő védésre javaslom / nem javaslom*.

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

Kelt: 2023. év 10. hó 11. nap

U. A.
Belső konzulens

*Kérjük a megfelelőt aláhúzni!