

TUDOMÁNYOS DIÁKKÖRI KONFERENCIA DOLGOZAT

**Debreceni Egyetem Mezőgazdaság-, Élelmiszertudományi és
Környezetgazdálkodási Kar**

Növénytudományi Intézet

Intézetvezető: Dr. Csajbók József

Egyetemi docens

A koraiság szerepének vizsgálata a cirokfélék (*Sorghum bicolor*) zónázott levélfoltosság (*Gloeocercospora sorghi*) elleni rezisztencia nemesítésében

Szerző:

Gresku Noémi

Konzulensek:

Seres Emese

Tanársegéd

Dr. Jóvér János

Növénynemesítő

Debrecen
2023.

TARTALOMJEGYZÉK

BEVEZETÉS	3
1. TÉMAFELVETÉS.....	5
2. SZAKIRODALOM.....	7
2.1. A CIROK ÁLTALÁNOS JELLEMZÉSE	7
2.1.1. <i>A cirok származása.....</i>	7
2.1.2. <i>A cirok morfológiája</i>	8
2.1.3. <i>A cirok környezeti igényei</i>	12
2.1.4. <i>A cirok agrotechnikai igényei</i>	13
2.1.5. <i>A cirok növényvédelme</i>	14
2.1.6. <i>A cirok jövője</i>	16
2.2. A CIROK NEMESÍTÉSE.....	16
2.3. KORAI SÁG ÉS ZÓNÁZOTT LEVÉLFOLTOSÁG	19
3. ANYAG ÉS MÓDSZER.....	22
3.1. KÍSÉRLETI HELY, KÍSÉRLETI KÖRÜLMÉNYEK ISMERTETÉSE	22
3.1.1. <i>Az Alfaseed Kft. bemutatása</i>	22
3.1.2. <i>A kísérleti terület, talaj és agronómiai jellemzése</i>	22
3.1.3. <i>Alkalmazott számítási, statisztikai módszerek.....</i>	25
4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK	27
4.1. A VIZSGÁLT PARAMÉTEREK STATISZTIKAI ÉRTÉKELÉSE	27
4.2. HARDY-WEINBERG POPULÁCIÓGENETIKAI EGYENSÚLY ÉS HORDOZÓGYAKORISÁG ...	28
4.3. A VIZSGÁLATI PARAMÉTEREK ÖSSZEFÜGGÉSVIZSGÁLATA.....	31
4.4. A VIZSGÁLATI PARAMÉTEREK RELATÍV GYAKORISÁGAINAK ÉRTÉKELÉSE.....	32
4.5. A VARIANCIAANALÍZIS EREDMÉNYE ÉS ÁBRÁZOLÁSA DOBOZDIAGRAMBAN	35
5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK.....	38
ÖSSZEFOGLALÁS	41
KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS	43
IRODALOMJEGYZÉK	44
ÁBRÁK, TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE	48

BEVEZETÉS

A klímaváltozás, avagy éghajlat változás a klíma tartós és jelentős megváltozása, amely a mezőgazdasági termelésre nagy hatást gyakorol. Mind a világban, mind pedig Magyarországon komoly kihívást jelent a mezőgazdasági gyakorlatban, amely a jövőben várhatóan fokozódni fog válni. Magyarországon a KSH adatok alapján 1960-as évektől az átlagos középhőmérséklet növekedése figyelhető meg. Míg 1960 és 1969 között az átlagközhőmérséklet 11,62 Celsius fok volt, ez az érték 2010 és 2019 között 13,02 Celsius fok volt (KSH, 2022). A hőség napok száma is megsokszorozódott az elmúlt 50 évben. 1978-ban csupán 4 hőség napot mértek, 2012-ben pedig már 56-ot (KSH, 2022). Mindezek mellett a telek is enyhébbek lettek, ami kedvez a mezőgazdasági kártevők és kórokozók áttelelésére. Az 1960-as és 1970-es években a téli hónapok alatt a fagyos napok száma majdhogya nem minden esetben meghaladta a 100-at, ez az érték a 2010-es évekre lecsökkent szinte minden évben 90 nap alá (KSH, 2022). Az aszálytal sújtott területek aránya is jelentősen növekedett az elmúlt 30 évben. 1990 óta többször volt példa arra, hogy az ország körülbelül 90%-át aszály súlytotta (KSH, 2022). A lehullott csapadék tekintetében az országban nem csak a csapadék mennyiségének változásával kell számolni, hanem annak időbeli eloszlásával. Eddig legcsapadékosabb évszakunk a nyár volt, a legkevesebb csapadék pedig télen volt. A 2022-es nyár folyamán a növénytermesztés hatalmas károkat szenvedett a csapadék hiány miatt. Az előrejelzések szerint a jövőben még inkább fel kell készülnünk az ilyen jellegű időjárási anomáliákra.

A klímaváltozás hatására egyre nagyobb az igény a szárazságtűrő és betegségekkel szemben ellenálló fajták iránt. Megfigyeléseket és az aktuális trendeket számos szervezet közzétesz. A vetőmag ágazatot globálisan a Nemzetközi Vetőmag Szövetség képviseli. A szövetség szerint a vetőmagpiac értéke 1991-ben 26 milliárd dollár volt, 2010-re ez az összeg 37,1 milliárd dollárra nőtt. A legnagyobb belső piaca az USA-nak, Kínának, Franciaországnak, Brazíliának, illetve Indiának van (VARGA, 2014). A világ vetőmag termőterületének legnagyobb részén búza és kukorica vetőmagot állítanak elő, de jelentős a rizs és a szója vetőmag előállító területe is. Az exportra kerülő vetőmag értéke is nő nemzetközi szinten. Az élen az USA, Franciaország és Hollandia jár (VARGA, 2014). A szakemberek Magyarországon is régen felismerték azt a tényt, hogy az eredményes növénytermesztés alapja a megfelelő vetőmag. Már az 1890-es évek végén voltak törekvések vetőmag előállításra, ezeket az I. és II. világháború pusztítása, az 1929-1933 közötti gazdasági világválság nehezítette. Eredményes vetőmagtermesztésről és kereskedelemről az 1960-as évektől beszélhetünk (IZSÁKI-LÁZÁR,2004). Ezt követően a

rendszerváltás 1990-től magával hozta a piacgazdaságot és ezzel együtt a fokozódó versenyhelyzetet. A követelmények 2004-es Európai Unió csatlakozásunk után tovább nőttek. Az elmúlt nagyjából 20 évben hazánk jelentős vetőmag-előállító országgá nőtte ki magát, a világ ötödik legjelentősebb vetőmag exportőrévé vált (VARGA, 2014). 2021-ben 120 ezer hektáron történt vetőmag előállítás 410 ezer tonnát meghaladó termés mennyiséggel. Évente 100 ezer tonna vetőmag kerül értékesítésre, átlagosan 180-200 milliárd forintért a külpiacokon (VARGA,2014). Az elmúlt időszakban a koronavírus, az orosz-ukrán konfliktus, az infláció, a magas input anyagok ára és a klímaváltozás okoz nehézségeket a szektorban. Mivel fontos az országnak, hogy megőrizze pozícióját és versenyképességét az ágazatban a jelenlegi és jövőbeni kihívásokra megfelelően kell reagálni és megoldást találni.

Mind a nemzetközi, mind a hazai nemesítők számára komoly kihívást jelent és fog jelenteni a jövőbeni problémák megoldása. Az ENSZ közlése szerint 2022 novemberében a Föld népessége elérte a 8 milliárd lakost. Becslések szerint 2050-re akár 10 milliárdot is elérheti a bolygó lakossága. A népesség fogyasztási igényeit pedig el kell látni. A termelésbe bevonható termőterületek mennyisége viszont igen korlátozott. A Föld művelhető területét nagyjából 3,2 milliárd hektárra lehet becsülni, vagyis a szárazföld 24%-a (BÁLINT,1976), viszont további területek művelés alá vonása limitált, így a termésátlagok növelésére, termés minőség és beltartalmi értékek javítására van szükség. A termésbiztonság javítása is fontos cél, illetve a biotikus (élő tényezők) és abiotikus (élettelen tényezők) stresszel szembeni ellenállóság. Koraiság elérése egyre fontosabb aspektus, illetve a szár szilárdság is lényeges komponens a jobb gépi betakaríthatóság érdekében. A növénynemesítők előtt folyamatosan jelentkeznek az újabbnál-újabb szakmai kihívások, így ezeknek a szakembereknek több évre előre kell gondolkodniuk annak érdekében, hogy a megfelelő válaszokat adjanak a folyamatosan változó világunk adta kérdésekre.

1. TÉMAFELVETÉS

A növénynemesítés célja többek között olyan fajták létrehozása, amelyek megfelelő minőségűek és az emberiség fogyasztási igényeit megfelelően ki tudják szolgálni. Napjainkban pedig ez nem is lehetne aktuálisabb, hiszen míg a fejlett nyugati országokban egyre inkább előtérbe kerülnek az egészséges élelmiszerek, addig a fejlődő országokban a népesség növekedés miatt fontos a nemcsak jó minőségű, de az elegendő mennyiségű táplálék előállítása is. Az állatállomány ellátása szempontjából különösen fontos a megfelelő minőségű és mennyiségű takarmányhoz. A globális éghajlatváltozás miatt viszont a termelőknek újra kell gondolniuk vetés szerkezeteiket, hiszen az átalakulóban lévő klímán az eddig termesztett növény fajok és fajták nem mindegyike kompatibilis és nem mind képes alkalmazkodni a változó környezeti feltételekhez. Így ennek következtében olyan fajokkal és fajtákkal kell dolgozni, amelyek könnyebben adaptálódnak a megváltozott környezeti feltételekhez. A nemesítőknek pedig olyan fajtákat és hibrideket kell nemesíteni, melyek megfelelnek ezeknek az elvárásoknak. Alapnövényeink mellett vagy helyett alternatív növényekkel szükséges diverzifikálni a vetés szerkezetünket. Ha így teszünk a vetőmag piacon is megőrizheti az ország a versenyképességét, illetve hatékonyabban alkalmazkodhatunk a klímaváltozáshoz és az élelmiszer- és takarmány előállítását is biztosítani lehet. Amennyiben a 2022-es nyarat vesszük alapul beláthatjuk, hogy a viszonyok megváltozása miatt az öntözés nélküli kukorica egyre kevésbé tolerálja a tartós csapadék nélküli heteket, hónapokat. A kukorica jó alternatíváját a cirokfélék jelenthetik különösen azokon a területeken, ahol már a kukorica nem termesztethető gazdaságosan. A cirok mind emberi ételmezésre és mind állati takarmányozásra is alkalmas növény. Bár Magyarországon a cirok vetésterülete jóval elmarad a kukoricáétól, a jövőben növekedhet ez az érték. Az elkövetkezendő években és évtizedekben a cirok a nemesítésnek köszönhetően még inkább alkalmasabbá válhat a már említett kihívások leküzdésében és nehézségekhez való alkalmazkodásban.

Jelen dolgozatban arra a kérdésre kerestem a választ, hogy az általam felvételezett zónázott levélfoltosság (*Gloeocercospora sorghi*) összefüggésben van-e a koraisággal a fertőzöttség mértéke és a beteg tövek számának szempontjából, amely fontos támpont lehet a növénynemesítésben. További célom volt választ találni arra a kérdésre, hogy a szelekcionál figyelembe kell-e venni a koraiságot, amennyiben a fentiekben is említett betegségekre történik szelekció. Tekintettel arra, hogy egy több éve egzisztáló nemesítési program keretein belül végeztem megfigyeléseimet, a kórokozóval szembeni rezisztencia allélok Hardy-Weinberg

populációgenetikai egyensúlyi állapotát is vizsgáltam, annak érdekében, hogy megbízható képet alkossak a populációgenetikáról.

2. SZAKIRODALOM

2.1. A cirok általános jellemzése

2.1.1. A cirok származása

A cirok vetésterületét tekintve a világ ötödik legnagyobb területen termesztett gabonanövény. A világon 2021-ben megközelítőleg 41 millió hektáron termesztették a FAO adatok szerint. Szintén FAO adatok szerint a világ legnagyobb cirok termelői közé tartoznak az Amerikai Egyesült Államok, Nigéria, India, Etiópia, Mexikó, Kína, Brazília és Argentína. Európában 600-700 ezer hektáron folyik ciroktermesztés Olaszországgal és Franciaországgal az élen. Hazánkban FAO adatok alapján 2021-ben vetésterülete 23 710 hektár volt, termésmennyisége 95 020 tonna volt. A legnagyobb cirok exportőrök közé az USA és Argentína tartozik. A legnagyobb importőrök Japán és Mexikó.

Származását tekintve De Candolle (1894), Sprecher (1929) szerint Afrika trópusi területéről ered és innen került Indiába, majd Kínába. Vavilov (1949) megállapítása szerint is gécenctruma Afrika lehet (KAPÁS,1969). Villax (1947) szerint a cirokfélék gécenctrumát Indiában kell keresni. Mai felfogás szerint azonban a cirok Afrikából, azon belül is Etiópia és Szudán területeiről származik, hiszen itt figyelhető meg a legnagyobb variabilitás. Európába a XV. században került, először Olaszországban és Franciaországban termesztették. Amerikába az 1800-as évek közepén jelent meg. Magyarországon először Beythe András (1598), Apáczai Csere János (1653), Mizald Antal (1669), Csapó József (1775) és Veszelszki Antal (1798) említi a cirkot. A cirok meghonosítása Surányi Jánoshoz köthető, akinek 1912-ben jelent meg az első cikke a cirokról (KAPÁS, 1969).

A cirokfélék a zárvatermők törzséhez, egyszikűek osztályához, perjevirágúak rendjéhez, pázsitfűfélék családjához és a cirok nemzetséghez tartoznak. Felhasználásuk alapján négy csoportba sorolhatók be (CHRAPPÁN–BENE,2006). A szemescirkot a szemterméséért termesztik és abraknakarmányként használják fel, illetve emberi fogyasztásra is alkalmas. A silócirkot szilázs készítésre használják. A szudánifű alkalmas zöldetetésre és szénakészítésre. A seprűcirok pedig a seprűgyártás alapanyaga.

2.1.2. A cirok morfológiája

A gyökér felépítése az egyszikűekére jellemző. Csírázáskor a gyökérhüvely áttöri a terméshéjat, majd megjelenik a gyököcske. Ebből fejlődik ki a főgyökér vagy alapgyökér, ami csak a cirok kezdeti fejlődésekor játszik szerepet. A mellékgyökerek vagy másodlagos gyökerek ott alakulnak ki, ahol szikközéppi szár megvastagodott, a rüghüvely alapi részénél. A vegetatív szakaszban a főgyökér növekedése intenzív. 30 naposan a főgyökér hossza 60-70 mm, a mellékgyökereké eléri a 20-25 mm-t (BARABÁS-BÁNYAI, 1985). Ezzel a gyors növekedéssel és mélyre hatolási mélységgel magyarázható a jó szárazságtűrése. A mellékgyökerek dúsan elágaznak, kezdetben a felszínhez közel, majd távolodva a növénytől vízszintesen helyezkednek el. Lavy és Eastin (1969) megfigyelései alapján elérte a hosszuk a 240 cm-t. Legerősebb fejlődésük a talaj felső 30 cm-es rétegében van. Számottevően a gyökér a talaj felső 10-15 cm-es mélységében található (TEARE et al. 1973), amely szintén a szárazságtűrés magyarázata. A mellékgyökerek később a talajt sűrűn behálózzák 100-120 cm-es rétegben (BAJAI, 1960). Együttesen az alapgyökér és a másodlagosgyökér képezik a cirok bojtos gyökérzetét (CSAPODY, 1961). Ciroknál is tapasztalhatunk gyökérszőröket, de csak a fiatalabb fő- és mellékgyökereken. Ezek a tápanyag felvételkor játszanak nagy szerepet. A támasztóléggyökerek, másnéven harmatgyökerek a szár talajközeli nóduszaiból jelennek meg.

A hajtásrendszer a rügyecskéből alakul ki, amely a rüghüvelycsomóból kezd el növekedni. A rüghüvely a talajból, amíg el nem éri a felszínt nem reped fel. Miután elérte a talaj felszínét, erőteljesen növekszik és megjelenik az elsődleges lomblevél. A ciroknál megkülönböztetünk főhajtást és mellékajást. A mellékajásokat fattyúhajtásoknak is nevezik. Két-három ilyen hajtás még kedvező is lehet a termésbiztonság szempontjából (BARABÁS-BÁNYAI, 1985).

Szára szár csomókkal vagyis nóduszokkal tagolt, amelyek szártagokra osztja a szarat. Kezdetben ezek a szártagok rövidek, majd ahogy növekszik a növény ezzel arányosan hosszabbodnak és vastagodnak. Az internódiumok nem egyenlő hosszúságúak a növényen, mivel a hosszuk a talajtól felfelé nő. A legfelső internódiumot bugatartó szártagnak nevezik, amely lényeges a termesztés szempontjából, és hossza öröklődő fajtajelleg (BARABÁS-BÁNYAI, 1985). Abban az esetben, ha a bugatartó szártag rövid, nehezebben lehet kombájnnal betakarítani. Minden nódusznál, kivéve a legfelsőt, egy keskeny vályú húzódik. Ezeknél a vályúknál egy-egy rügy helyezkedik el, ami azt mutatja, hogy a cirok minden nódusából képes lenne, kedvező körülmények között, oldalhajtást fejleszteni. A cirkon ahány szár csomó van, annyi szártagból áll a növény. Magasságát pedig nem a nóduszok száma, hanem a szártagok

hosszúsága határozza meg (BÁNYAI, 1968). A 180 cm-nél magasabb növényeket magasnak, 120 cm-nél alacsonyabbakat törpének nevezik (VINALL et al., 1936). A magasság egyes évjáratokban nagy különbséget mutathat, mivel a környezeti tényezők nagy hatással vannak a cirok magasságára. A magas növény genetikailag domináns tulajdonság a törpeséggel szemben. Jellemző tulajdonsága a ciroknak, hogy a szár és levél fehér viasszal van bevonva, amely a csökkenti a növény párologtatását, ezzel növelve a szárazságtűrést (BARABÁS–BÁNYAI, 1985).

A levélhüvely a szárcsomóból fejlődik ki, amely a szártagot körülveszi. A szárcsomókban a levélhüvelyeken szörképletek vannak, illetve, ahol a levéllemez kezdődik, szintén gyakran találunk ilyen szörzetet. A levéllemez a levélhüvely folytatásaként alakul ki. A szárhoz viszonyított helyzetük eltérő lehet. Vannak egyenesen állók, ami a leggyakoribb, felfelé állók, amelyek a napfény hasznosulása szempontjából legkedvezőbb, és vannak lelógó levelűek. A levéllemez megnyúlt lándzsa alakú, hegyes csúcsban végződik, széle egyenes és hullámos, felülete sima és a színén fényesebb, míg a fonák fénytelenebb. A levéllemezek a szár kétoldalán helyezkednek el úgy, hogy a jobb fény kihasználás miatt az egymás alatt állókat nem vagy minimálisan árnyékolják. A levelek száma és a tenyészidő hossza között pozitív korreláció van, illetve a magassággal együtt is változik. A levelek hossza felfelé számítva a 3.-4. levélig nő, ezután csökken (BARABÁS–BÁNYAI, 1985). A legrövidebb levél a zászlólevél, ami a legfelső nódusból ered. A levelek száma eggyel kevesebb, mint a szárcsomók száma, mivel a legalsó nódusból fejlődött levél mindig elszárad és lehull. Az asszimiláló levélfelületre a gyökérnyaktól számított 4. levélből következtethetünk, ugyanis ez a legnagyobb levél. A nagy levélfelület inkább a szélességgel van összefüggésben, mintsem a hosszúsággal (BÁNYAI, 1971). LIANG et al. (1973) hibridcirkoknál a heterózishatást értékelték az összlevélfelület alapján. Megállapították, hogy a szülőkhöz képest a hibrideknek nagyobb az összes és átlagos levélfelületük, a levéllemez hossza és szélessége és a szemtermése is, illetve a teljes asszimiláló felület nagysága jól öröklődött. A főér vagy középer a levél színén nem domborodik ki, de a fonákon igen. A nem nedvdús szárú növényeken a bugahányás után kezdetben zöld vagy zöldesszürke színű, később kifehéredik, míg a nedvdús növényeknél végig zöld marad a főér (BARABÁS–BÁNYAI, 1985).

A hím- és női ivarlevelet két kalászpelyva zárja össze. Lehetnek hasi vagy háti kalászpelyvák aszerint, hogy a szemtermést melyik oldalon takarja. Alak szerint megkülönböztetünk lándzsa, elliptikus, kerek és rombusz formájút. Nagyság szerint van, amikor a szemtermés kisebb, mint a nagyobbik pelyvalevél vagy a szemtermés a pelyva csúcsáig ér. Szín szerint sokféle létezik,

de négy alapszín van: sárga, barna, meggyvörös és fekete, illetve ezek keverékei. A kalászpelyvák között található a két toklász, amelyek a szintén az ivarlevelek védelmét szolgálják (BARABÁS–BÁNYAI,1985).

Bugavirágzat fürtösen összetett fűrtvirágzat. A ciroknak első-, másod- és harmadrendű oldalágai vannak. A buga alakját leginkább az elsőrendű ágak száma, helyzete és hossza, illetve az azokon lévő kalászkák száma, és a bugatengelynek a szárhoz való állapota szabja meg. Az elsőrendű ágak azok az ágak, melyek a bugatengelyen egymás felett örvösen helyezkednek el. Fő bugatípus lehet gömbölyded, henger, ellipszoid, tojás és orsó alakú (BARABÁS–BÁNYAI,1985). A buga állománya szerint vannak nagyon laza, laza, kissé tömött, tömött, nagyon tömött bugavirágzatok. A tömött buga hátrányosabb, mivel könnyen bepenészedik és az érés nehezebb, ugyanakkor a madár kártétel kisebb. A laza buga előnyösebb a vízleadás szempontjából. Az oldalágak hossza nagyon változó lehet. A laza bugában az alsók a leghosszabbak és felfelé csökken a hosszuk, míg a tömött bugánál az alsók rövidebbek és a középső és csúcsi résznél hosszabbak, illetve a csúcs felé kis mértékben rövidebbek. Oldalágak helyzete szerint, az elágazás hosszától függően lehet rásimuló, amikor az oldalágak a tengelyhez közel vannak vagy széthajló, amikor is az oldalágak oldalra vagy körkörösén kifelé hajlanak. A buga hossza az eltérő időjárási és termőhelyi viszonyok miatt évről-évre változik. A szemtermés beérésekor a bugatengely vagy egyenes marad, vagy pedig meghajlik (BARABÁS–BÁNYAI,1985).



1. ábra: **A bugavirágzat megjelenése**
Forrás: saját felvétel

A cirok virága kétféle lehet: hímnős és hímivarú. A hímnős virágokat a másod-, vagy harmadrendű oldalágakon találjuk. A hímivarú kalászkák úgy helyezkednek el, hogy egy hímnős kalászkához egy és az oldalágak csúcsi részén kettő fejletlen hímivarú kalászka csatlakozik. A két lepelpikkely a toklászok között a magház alapi részénél található és körül veszi a magházat. Fontos szerepük van a virágzáskor: a hőmérséklet és a páratartalom egy bizonyos szintjén és a fejlődés megfelelő állapotában ezek a lepelpikkelyek megduzzadnak, a kalászkapelyvákat pedig szétnyitják, így szabaddá válnak az ivarszervek. (BARABÁS–BÁNYAI,1985). A hímnős virág porzótája egykörös és háromtagú. A három portok a porzószállakon kihajlik, és csúccsal lefelé lóg a virág kinyílása után. A portokok a porzószállakhoz illeszkednek és két portokfélre oszlanak, és a csúcsi részen repednek fel. A portokok válla az alapi részen kétszúcsú. Színük általában a sárga különböző árnyalatai. A virágok számát jelentősen befolyásolja a fajta, termőhely és időjárási viszonyok. A magház felső állású és egy termőlevélből alakul ki, alakja pedig fordított tojásdad, csúcsa lekerekített. A két bibeszál fonálszerű, a csúcsukon tollas bibéket találunk. A bibe tollai felnyílás előtt rásimulnak a bibére, majd utána körkörösén szétállnak, így alkalmasak a virágpor felfogására (BARABÁS–BÁNYAI,1985).



2. ábra: **A cirok virágzása**
Forrás: saját felvétel

A szemtermés egy termőlevélből kialakult száraz termés. A terméshéj és a maghéj összenőtt. A termést a két toklász, illetve a két pelyvavél fogja közre. A szem részei a hasi rész, háti rész, alapi rész, csúcsi rész és a csírapajzs az embrióval. Maga a szemtermés felülete sima és fénytelen. Alakja lehet gömbölyded, amikor a szélesség nagyobb, mint a hosszúság vagy ellipszoid, ilyenkor a hossz nagyobb a szélességnél és a középső rész a legszélesebb. Lehet még megnyúlt ellipszis, amikor is a szélesség és hosszúság aránya nagyjából megegyezik. Ezen

kívül van még tojásdad, fordított tojásdad forma is (BARABÁS–BÁNYAI,1985). A cirokszem színének meghatározására a buga csúcsi részénél, pelyvával nem fedett, érett termés színe szolgál, mert a buga külső részén a szemek sötétebbek, mint a buga belső részében, illetve a pelyvában maradó szemek szabad csúcsi részével is ugyanez a helyzet. Három alapszínűt különítünk el, ezek a fehér, sárga és a barna. A szem nagysága és ezerszemtömeg között nagy összefüggés van. A közepes nagyságú szemek 20-28 gramm tömegűek, a nagy szeműek 30-36 gramm közöttiek és a szélsőségesen nagyok a 36-42 gramm közötti szemek (BARABÁS–BÁNYAI,1985). A legtöbb cirokszem közepesen nagy. VINALL et al. (1936) az Egyesült Államokban végzett mérései alapján az apró szeműek ezerszemtömege 8-10 gramm, a közepesek 12-24 gramm, és a nagyszeműek 25-35 gramm közöttiek (BARABÁS–BÁNYAI,1985).



3. ábra: Szemescirok a teljes érés állapotában
Forrás: saját felvétel

2.1.3. A cirok környezeti igényei

A cirok jól alkalmazkodik a különféle talaj típusokhoz (SURÁNYI,1954), a talaj összetételével szemben nem válogatósok. Alapvetően minden talajfélésegen termesztethők, kivéve a túl savanyú, erősen szikes, túl hideg és kötött és futóhomok talajon (BAJAI,1957). Kedvelik a laza, vizet könnyen átteresztő, tápanyagban gazdag ásványi talajokat, melyeknek a 6 vagy annál magasabb a pH-értéke (FRECKMANN, 1931).

Nagy hőigényű növények. Termesztésük olyan helyeken lehetséges, ahol a nyári izoterma 18°C felett van. Hazánk a cirok termesztés északi határa, mivel nálunk a nyári izoterma értéke 20 °C feletti. Hőösszeg igényük a tenyészidőszak alatt 2500-3300 °C közötti. Csírázásuk 14 °C alatt vontatott, 10 °C alatt pedig nem csíráznak (JÓZSA,1976).

Nem csak hő igényük nagy, hanem fény igényük is, amely a kelés utáni első 25-30 napban a legnagyobb. A virágzás 12 órás fotoperiódusos viszonyok között indul meg (BARABÁS–BÁNYAI,1985).

A csapadék mennyiségére és annak eloszlására kevésbé érzékenyek, de az öntözést meghálálják. Szárazságtűrésének feltétele, hogy a kezdeti fejlődése során megfelelő viszonyok közt éljen, emellett szárazságtűrését segíti, hogy az esők után gyorsan tud regenerálódni. (BARABÁS–BÁNYAI,1985)

2.1.4. A cirok agrotechnikai igényei

Előveteménnyel szemben nem túl igényesek, de leginkább a hüvelyesek és gabonafélék számítanak a legjobb előveteménynek. Maga a cirok nem számít túl jó előveteménynek, mert a talajt kiszáritja, későn kerül le és a nagy tarló maradványt hagy maga után. (BARABÁS–BÁNYAI,1985)

Trágya és tápanyagigényes növények, ezen belül is a nitrogén igényük nagy. Tápanyag igénye 400 kg/ha, amelyben az N: P: K arány 2:1:0,5, viszont figyelembe kell venni a talaj tápanyag ellátottságát is. Ennek értelmében egy gyenge és egy jó tápanyag ellátottságú talaj esetében ennek megfelelően kell a tápanyag mennyiséget kijuttatni. A nitrogén fokozza a nyersfehérje felhalmozódást és a bugahányás bekövetkezési időpontjára van pozitív hatással (JÓZSA, 1976).

A tavaszi talajelőkészítés célja a jó minőségű magágy készítése, a téli csapadék megőrzése, gyommentesség és a talaj felmelegedésének elősegítése. A magágnak, rög-és gyommentesnek, morzsalékosnak, sima felszínűnek és tömötnnek kell lennie. Az egyenletes talajfelszínen kiegyenlített a levegő-, fény-és hőviszonyok, ami elősegíti a csírázást, majd a fejlődést. A mélyművelés a téli csapadék megőrzésére szolgál, simítózással, majd kombinátorral vagy kultivátorral elérhető sima felszínű, gyommentes talaj, a hengerezésnek pedig előnyös a tömörítő hatása. Vetés előtt fontos még a talajfertőtlenítőt is kijuttatni. (BARABÁS–BÁNYAI,1985)

A vetés időpontjának megválasztása nagyon fontos tényező, mivel a cirok fejlődésében kritikus időszak a gyökérrendszer kialakulása, amely 3-4 leveles korban történik (JÓZSA,1976). A legjobb akkor vetni, amikor a talaj hőmérséklete elérni a 13 °C-ot, ez általában április végére vagy május elejére esik (JÓZSA,1976). A vetés mélysége 3-5 cm legyen. Szemescirok esetében az ideális sortávolsága 50 cm és növényszám 150 000-300 000 hektáronként, szudánifűnél a sortávolság 12-15 cm és 2,3-3 millió mag/ha a kedvező, cukorcirkot pedig 50-60 cm-es sortávolsággal és 500-600 növényt vetnek hektáronként (JÓZSA,1976). Vetőmag előállításnál először az anyatörzset kell vetni, majd az anyatörzs kelése után 7-9 nappal az apatörzs egyik felét, 14-18 nappal a másik felét, mert az anyatörzsek tenyészideje rövidebb (JÓZSA, 1976).

A gyomirtásra a kukoricában is alkalmas herbicidek alkalmazhatók, de figyelembe kell venni, hogy a cirok érzékenyebb a vegyszerekre, mint a kukorica. Vetőmag előállításnál a cél a fajtatiszta vetőmag előállítása, ezért virágzás előtt és a virágzás megindulása után idegenelésre van szükség. Ennek célja, hogy a nem megfelelő egyedeket eltávolítsák. Mivel a cirok szemek érése elhúzódhat deszikkálással, vagyis mesterségesen, vegyszeres lombtalanítás után takarítható be. A tényleges betakarítás előtt 1-2 nappal, a buga 80-90 %-os barna elszíneződésénél lehet megkezdeni a deszikkálást (JÓZSA, 1976)

A betakarítás időpontjának megválasztása nagyban befolyásolja a termés mennyiségét és minőségét, mivel a betakarítás módja, a betakarítógép hatással van a termésre. Az időpont megválasztását a hasznosítás célja határozza meg. A zöldetetésre és silózásra szánt szudánifűvet a bugahányás előtt, cukorcirkot a mag tejes- vagy viaszérési fázisában takarítják be. Szemes cirok a mag teljes érésakor aratható, amikor a mag nedvességtartalma 25-28%. Betakarítása gabona kombájnnal történik, ezután 12%-os nedvességtartalomig kell szárítani (BARABÁS–BÁNYAI). Vetőmag termesztés esetén az apasorokat ki kell vágni miután az anyasorok megtermékenyítése megtörtént. Az anyasorok betakarításakor a főhajtások bugáiban lévő szemek érettségéhez kell igazodni. 20-25%-os nedvességtartalomnál lehet a betakarítást végezni, szintén gabona kombájnnal. Aratás után szárítani kell a szemeket, 11-12%-os nedvességtartalomig. Tárolásra a jól szellőztethető, száraz és zárt raktár a legalkalmasabb. (BARABÁS–BÁNYAI,1985)

2.1.5. A cirok növényvédelme

A cirokfélék betegségei esetén beszélhetünk vírusos, baktériumos és gombás betegségekről. A vírusos betegségek közül legfontosabb a kukorica csíkos mozaikvírus (*Maize dwarf mosaic*

potyvirus), amely csak kisebb mértékű levélfertőzőési tünetet mutat. Baktériumos betegségek közül a baktériumos levélcsíkosság (*Pseudomonas andropogonis*), a baktériumos levélfoltosság (*Pseudomonas syringae* pv. *syringae*) és a baktériumos vonalkás foltosság (*Xanthomonas campestris* pv. *holcicola*) károsíthatja a levélzetet, amely hazánkban nem gyakori. Gombás betegségek közül a peronoszpóra (*Scelospora sorghi*), fedett üszög, (*Sphacelotheca sorghi*), porüszög (*Sphacelotheca cruentum*), antraknózis (*Colletotrichum graminicola*), helmintospóriumos levélfoltosság (*Exerohilum turcicum*), fuzariózis (*Fusarium moniliforme*) és a zónázott levélfoltosság (*Gloeocercospora sorghi*) kórokozója fordul elő a leggyakrabban. Ellenük leghatékonyabban vetőmagcsávázással lehet védekezni. (CHRAPPÁN–BENE, 2006)

Gyomnövények közül legveszélyesebb a fenyércirok (*Sorghum halepense*). Hazánkban elterjedt gyomnövények közé tartozik a repcsényretek (*Raphanus raphanistrum*), vadrepce (*Sinapis arvensis*), egynyári tisztesfű (*Stachys annua*), disznóparéj (*Amaranthus retroflexus*), fehér libatop (*Chenopodium album*), csattanómaszlag (*Datura stramonium*), mezei acat (*Cirsium arvense*), tarackbúza (*Elymus repens*), melyek a cirok táblákon is gyakran megtalálhatóak. (BARABÁS–BÁNYAI, 1985)

A pattanóbogarak lárvái és a drótférgek (*Agriotes* spp.) a cirok csírázásakor és kelésekor károsítja a növény földalatti részeit, így az állomány hiányos lesz. A már kikelt növényeket a kukoricabarkó (*Tanymecus dilaticollis*) károsíthatja, amelyet a levelek karéjozott rágása jelez. A legnagyobb problémát a levéltetvek jelentik. A kártételt szívogatással okozzák és a vírus vektorként szolgálhatnak a betegségek terjesztésében. Elsősorban a zöld kukorica-levéltetű (*Rhopalosiphum maydis*) és a zöld gabona-levéltetű (*Schizaphis graminum*) kártétele jelentős hazánkban. A bolhák közül a muharbolha (*Phyllotreta vittula*) és a gabonabolha (*Chaetocnema aridula*) kártétele jelentős a levelek hámozgatása miatt. A raktári kártevők közül a gabonamoly (*Nemapogon granellus*), a gabonaszizsik (*Sitophilus granarius*) és a rizszizsik (*Sitophilus oryzae*) károsíthatja a már betárolt cirkot. Az atkák közül a lisztatka (*Acarus siro*) károsíthatja a cirkot. (IZSÁKI–LÁZÁR, 2004) Jelentős lehet még a mezei verebek (*Passer montanus*) kártétele is.



4. ábra: **A zónázott levélfoltosság kórokozójával fertőzött levélszél**
Forrás: saját felvétel

2.1.6. A cirok jövője

A cirok nagyobb arányú termesztésbe vételét a jövőben az indokolja, hogy jól tűri az aszályos időszakokat, a gyengébb talaj típusokon is sikeresen termesztethető, alkalmas takarmányozásra és emberi fogyasztásra egyaránt és agrotechnikája hasonló a kukoricáéhoz, így nem igényel különleges munkagépeket. Nagyobb termés biztonsággal termesztethető, mint a kukorica, így versenyképesebb növény az olyan területeken, ahol a kukorica nem termesztethető gazdaságosan. A kukoricához képest mélyebbre hatoló és szerteágazóbb gyökérzete miatt hatékonyabban képes a vizet felvenni és tárolni. A klímaváltozás miatt az aszályos, csapadékmentes időszakok hossza megnövekedhet, így a cirok vetésterületének növekedése várható a fentebb említett okok miatt.

2.2. A cirok nemesítése

Hazánkban a cirok meghonosítása két akadályba ütközött, az egyik a hosszú tenyészidő, amely során a növények nem értek be, rövidtenyészidő esetén pedig nem adtak kiemelkedő termést. A megoldás a hibridcirkok adták, hiszen a heterózishatás a termőképességben, koraiságban és alkalmazkodóképességben hozott pozitív változást. A ciroknemesítés 1951-ben indult a Magyar Tudományos Akadémia Martonvásári Kutató Intézetében, ahol felfigyeltek a cirkok heterózishatására (BARABÁS, 1961). 1959-ben Szarvason és Szegeden is megkezdték a cirok

nemesítési munkáit, ahol anyai hímsteril és fertilitást helyreállító beltenyésztett törzsek létrehozására, illetve azok keresztezésére törekedtek. (KAPÁS, 1969)

A nemesítési célt a felhasználás módja határozza meg. Szemes cirok esetében a főbb célok közé tartozik a nagy terméshozam, alacsony szár, levélzónából kiemelkedő buga, szár szilárdság, ellenállóság, szempergés csökkenése, laza bugatípus és a környezeti tényezőkhez való alkalmazkodóképesség növelése. A silócirkoknál a legfontosabb követelmény a nagy termőképesség, bokrosodási képesség, kedvező buga-levél-szár arány, szár szilárdság, ellenálló képesség és optimális magasság. A szudánifűvekkel szemben támasztott követelmények közé tartozik a gyors kezdeti fejlődés, jó sarjadzóképeség, erős szár, ellenállóképesség és kedvező beltartalmi értékek. Seprűcirokban a cél a kiegyenlített növényállomány, a buga a felső levélhüvelyből fejlődjön, évenként ne legyen nagy eltérés a buga hosszúsága, bugaágak száma között és a rendellenes bugaalakulás minél kisebb arányú legyen.

Az első magyar hibridcirkok bár szemtermésben jó eredményeket mutattak, de a magas száron lévő buga a környezeti tényezőkkel szemben kiszolgáltatott volt. Ennek következtében törpe formákat kellett bevezetni. A cirkokban a magasságért a dwarf (dw) törpeség-gének a felelősek (BARABÁS-BÁNYAI,1985). A gépi betakaríthatóság szempontjából a legalkalmasabbak a törpe vagy féltörpe magas szemescirkok, ami szerencsés, hiszen a magasság ugyan csökken, de buga nem mert külön-külön géncsoport határozza meg. A törpeséget viszont nem elég recesszív állapotba hozni, mert egy mutabilis gén, a dw3, gyakran Dw3-ra mutál, ami a magasságot akár 80-130 cm-rel is megnövelheti. Ezért arra kell törekedni, hogy ez a gén legalább az egyik szülőben domináns állapotban legyen (QUINBY-KARPER, 1954).

A cirok meghonosításának az akadálya elsősorban a tenyésztővel volt kapcsolatos. A hosszabb tenéyszidejű fajták nagyobb termést adtak, hiszen a tenéyszidő és a termésmennyiség között összefüggés van. Az Egyesült Államokban az 1940-es évektől végeztek kísérleteket az ma-génnel (maturity), amely gén recesszív állapotban koraiságot, domináns állapotban pedig kései érést eredményez (QUINBY,1967). Heterozigóta állapotban megfelelő koraiságot és termésben a későikkel megfelelő termést produkál. A cirokban több ma-gén-pár található, így a virágzás 40-100 nap között variál (BARABÁS-BÁNYAI,1985). Nem könnyű olyan formát létrehozni, ahol a szülő is és az utód is korai, így általában egy korai hibridet középkorai vagy enyhén késői szülők keresztezéséből lehetséges létrehozni. Mivel több az érésidőt szabályozó gén-pár is működik, nem mindegy, hogy ezek közül melyik domináns és melyik recesszív. A gének mellett a növényi hormonok is, a gibberellinek és β -indolecetsav, is szerepet játszanak az érési

időben. Ezek mennyisége és aránya a meghatározó, így a hormonok és érésidő, illetve a magasság között szoros korreláció van (QUINBY–KARPER,1945, QUINBY, 1975).

A betegségekkel szembeni rezisztenciára való nemesítés egyrészt azért egyszerű, mert az ellenállóság jól öröklődik, másrészt bonyolult mivel a hibridekben nem tisztán öröklődik, illetve a kórokozók is szelektálódnak. Vannak viszont olyan betegségek, amelyekkel szemben sikerült a cirkot rezisztensé tenni, ilyen például a szemüszög vagy a perikóniás rothadás. A szemüszögre a megjelenésekor (1964) az USA-ban minden hibrid fogékony volt és afrikai formákkal való visszakeresztezés útján tudták elérni az ellenállóságot (FUTRELL–WEBSTER, 1966). Vannak olyan esetek is, amikor csak recesszív állapotban ellenálló, például a rozsd, máskor két ellenálló szülő hibridje fogékony lesz, például a hamuszürke szárkorhadás esetében. Az ellenállóságra való nemesítés elsősorban beltenyésztett vonalak keresztezésével és szelekciójával történhet (BARABÁS–BÁNYAI,1985).

A termesztésben lévő cirok hibridek mindegyike citoplazmás hímsterilitás alkalmazásával jött létre és minden felhasznált hímsterilitás a Stephens-Holland (1954) féle Combine Kafir-ból ered. Cirkoknál két féle hímsterilitás létezik, a génikus és plazmás hímsterilitás. Génikus hímsterilitást az $ms\ ms$ allélok homozigóta, recesszív állapotban mutatnak és ezt fenntartani heterozigóta ($Ms\ ms$) genotípusú szülőkkel lehet. (BARABÁS–BÁNYAI,1985)

A heterózishatás a cirokban igen jelentős, amely az F1 nemzedékben elsősorban nagyobb szárban, levélben és bugában, jobb bokrosodásban, és több szemképzésben mutatkozik meg. Mivel a heterózis csak a F1-ben van jelen, törekednek a tartós heterózisra. Ebben legnagyobb jelentősége az apomixis alkalmazásának van, melynek két típusát lehet megemlíteni. Az egyik az obligát apomiktikus típus, mely csak vegetatív úton hoz létre magot, a másik fakultatív apomiktikus típus, ami alkalmanként ivaros termékenyülést is mutat. A módszer előnye, hogy egy genotípus változatlanul megőrizhető, mivel F1 habitusú növényre szelekciót lehet végezni F2-ben, így F1 fenntartható lesz (BARABÁS–BÁNYAI,1985).

A minőség javítására történő nemesítés során a szemes ciroknál a szemtermés minősége a mérvadó. A szemtermés lehet üveges, lisztes vagy átmeneti típusú és az endospermium lisztes, viaszos, üveges vagy átmeneti lehet. Zöldtakarmánynak szánt cirok értékét a szár létartalma és benne lévő cukor és a levél és buga aránya adja. Szemes cirkoknál előfordul madár kár, ami ellen a szemek tannin tartalmával lehet kivédeni, hisz a tannin egy keserű ízt ad a szemnek. A tannintartalom a tenyésztő végére általában lebomlik (BARABÁS–BÁNYAI,1985).

Az MMS szelekciós módszer során a vonalak közül a korai, betegség ellenálló, törpe és nagy ezerszemtömegű egyedeket válogatják ki, fiatal korban fertőzésnek vetik alá őket és teljes érés előtt levágják, illetve herbiciddel kezelik a magasabb növényeket, így csökken a magasság. A szemtermést aratás után szárítják, így csak a korai egészséges szemek maradnak meg, ezután súly és felület alapján osztályozzák, végül rostálással a nagyobb ezerszemtömegű lesz a végleges populáció, amely pozitív tulajdonságokban sokkal gazdagabb lesz (BARABÁS–BÁNYAI,1985).

A vetőmag előállítás során citoplazmás hímsterilitást alkalmaznak, melyben részt vesz egy hímsteril anyavonal (A), egy hímsterilitást fenntartó apavonal (B) és egy hímsterilitást feloldó, restorer apa (R) vonal, amelyekkel két-és háromvonalas hibrideket hozhatók létre. Kétvonalas hibrid esetén első évben a beltenyészített vonalak szaporítása történik, tehát az A-vonalat keresztezik a B-vonallal és ebből egy A-vonal jön létre. Második évben a hibrid vetőmagot állítják elő, itt a létre jött A-vonalat keresztezik az R-vonallal és F1 vetőmagot hoznak létre. Háromvonalas hibridnél első évben szintén beltenyészített vonalakat szaporítanak, második évben hímsteril egyszeres keresztezés előállítása és a restorer vonal szaporítása történik. Harmadik évben zajlik maga a vetőmagállítás, tehát (AxB2) x R, így kapunk F1 vetőmagot (BARABÁS–BÁNYAI,1985).

2.3. Koraiság és zónázott levélfoltosság

A cirok termesztés magyarországi elterjedését két tényező nehezítette meg. Egyrészt a hosszútenyészidő során a nagytermőképességű fajták nem minden évben értek be, másrészt a rövidtenyészidő esetében pedig nem voltak kiemelkedő hozamok. A cirok hazánkban élettani igényei alapján 160-165 napos tenyészidőt igényel, amely április végétől októberig terjed. Az esetleges kora őszi fagyok miatt viszont teljes biztonság érdekében a 150 napos vagy annál kevesebb tenyészidő az optimális. A fordulópontot a hibridcirkok jelentették, mivel a heterózishatás kedvező változásokat hozott termőképességben, alkalmazkodóképességben és koraiságban egyaránt (JÓZSA,1976).

A zónázott levélfoltosság egy gombás betegség, amelyet a *Gloeocercospora sorghi* okoz. Először 1940-ben figyelték meg az Amerikai Egyesült Államokbeli Louisiana államban (GIRARD,1978). Ekkor még nem ismerték a kórokozót, számos azonosítási kísérlet után 1943-ban Bain és Edgerton nevezte el *Gloeocercospora sorghi*-nak, ezzel megalkotva *Gloeocercospora* nemzetséget, melyet a *Tuberculariaceae* családba sorolt. 1971-ben Deighton

írta le a latinul, mert a kezdeti leírás angol nyelven készült (GIRARD,1978). A cirkon kívül megfertőzheti még a kukoricát és a kölest. A betegséget a legtöbb trópusi, szubtrópusi országban meg lehet figyelni, ahol cirkot termesztene. A betegség kialakulásának kedvez a párás, meleg csapadékos időjárás. A legkedvezőbb a 28-32 °C és 90%-os relatív páratartalom (CHANDRASHEKAR,B. et al, 2022). Tünete a levélen megjelenő vöröses, lilás, barnás koncentrikus kör alak, ha a levél szélén alakulnak ki, akkor felkör alak is megfigyelhető. A fertőzés kezdetén 1-2 cm, később akár 3-7 cm a foltok átmérője. Idővel megnagyobbbadnak, megnyúlhatnak, így terjedve szét a levélen és kialakítva a jellegzetes zónákat, így csökkentve a fotoszintetikus levél területet (GIRARD, J.C 1978). A kártétel mértéke függ a fajtától/hibridtől, éghajlati viszonyoktól és a növény fejlődési szakaszától. Palánta korban történő fertőzés eredménye lehet a lombhullás, majd a növény pusztulása. Idősebb növény esetében a teljes levél felületet károsíthatja, érintve a levél akár 85%-át, a termésveszteség pedig 50%-os is lehet (GIRARD, J.C 1978). A betegség súlyosbodásával csökken a szárhozam és a cukortartalom, a szárazanyag tartalom viszont nő. Kedvező időben rózsaszínű, világos rózsaszín spórák láthatóak, az elváltozások 12 órán belül megjelenhetnek. A gombát az eső és a szél is tovább hordozhatja. A szkleróciumok az elhalt növényeken telelnek át, és konídiumokat képeznek. A betegséget magok is hordozhatják. (ODVODY, GN. – MADDEN, D. B.,1984). A betegség ellen való védekezésnek lehet megemlíteni a vetésforgót, a szár-és növénymaradványok megsemmisítését, vagy a vetőmag csávázását. Prom és munkatársai 2015-ben végzett kísérletük után potenciálisan rezisztens vonalakat azonosított, ilyen vonal például a Durado vagy a Sureno. Myers és munkatársai (1978) a *Gloeocercospora sorghi* fejlődését vizsgálták cirok palántákban és idősebb növényekben, hogy választ kapjanak a hidrogén-cianidnak (HCN) mi lehet a szerepe a betegség kialakulásában. A tünetek a magas HCN értékű palánták levelein jelentek meg a leghamarabb, a beoltás után 12-18 órával. Alacsony HCN tartalmú 6-10 hetes palánták esetében 18-24 órával később jelentek meg a tünetek. Az idősebb növények levelein területegységenként kevesebb elváltozás volt, mint a fiatal növényeken. Arra a következtetésre jutottak, hogy a betegség kialakulásában szerepet játszik a tápanyagok jelenléte és a nedvesség mértéke. A tünetek így az idősebb növényeknél később jelentek meg, mint a palántáknál, mivel a kórokozó fejlődése lassabb volt. Az a hipotézisük, hogy a HCN mértéke befolyásolná a betegség kialakulást nem támasztották alá, mivel a magas és alacsony HCN tartalmú növényeknél hasonlóak voltak a tünetek.

A betegség domináns-recesszív módon öröklődik három gén és két allél által meghatározva. A fogékonyság recesszív, míg a rezisztencia domináns tulajdonság (ANAHOSUR, K.H,1992, ROSENOW,D.T,1992).



5. ábra: **Zónázott levélfoltosság tünete**

Forrás: saját felvétel

3. ANYAG ÉS MÓDSZER

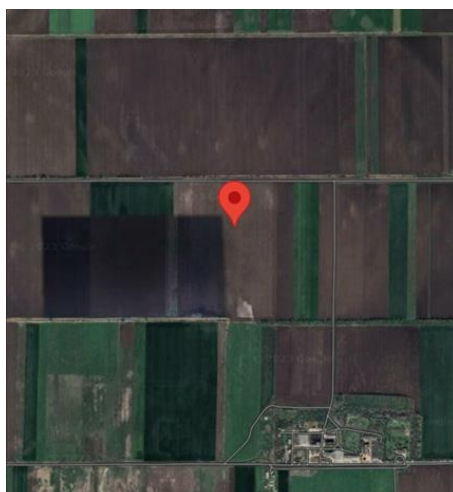
3.1. Kísérleti hely, kísérleti körülmények ismertetése

3.1.1. Az Alfaseed Kft. bemutatása

A kísérletes munkát az Alfaseed Kft.-nél végeztem, amely, 2005-ben alakult Karcagon családi vállalkozásként, ügyvezető-tulajdonosok Dr. Fazekas Miklós és Ifj. Fazekas Miklós. Fő tevékenysége a vetőmagtermesztés,-termeltetés,-és feldolgozás, növénynemesítés, illetve a vetőmag kis-és nagy kereskedelme. A körülbelül 50 fős munkatársi állomány hat részlegen dolgozik. Ezek a pénzügy, növénynemesítés, vetőmag feldolgozás, kereskedelem, agronómia, logisztika. Közel 2000 ha-on folyik a szántóföldi gazdálkodás átlagosan 24 növényfajjal. A cég rendelkezik egy cirok és egy napraforgó tenyészkerttel, ahol a nemesítési munkák folynak.

3.1.2. A kísérleti terület, talaj és agronómiai jellemzése

Kísérletemet az Alfaseed Kft. cirok tenyészkertjében végeztem (47° 17'58.5" É, 20° 51'24.1" K) 2023-ban, mely során a cirok beltenyésztett vonalak és kétvonalas hibridek zónázott levélfoltosság (*Gloeocercospora sorghi*) fertőzöttségi mértékét felvételeztem egy nettó 4,5 ha területen. A vizsgálatok tárgyát sorozatos önporzás útján előállított beltenyésztett vonalak és azok bizonyos hibridkombinációi képezték.



6. ábra: **Alfaseed Kft. cirok tenyészkertjének helye 2023-ban**

Forrás: Google maps

A kísérleti területen őszi mély munka mély szántás volt, mely elmunkálása tavasszal történt meg nehéz kompaktossal, ami egyben a magágy előkészítést is biztosította. A vetés 2023. május

3-án történt Wintersteiger Plotspider típusú parcella vetőgéppel. A terület elővetemény szója volt. A vetési mélység 5 cm, egy parcella minden esetben 3 méter hosszú volt, míg az állománysűrűség 280 000 csíra/ha volt. Minden parcella külön karószámmal volt ellátva, melyek 1,2 vagy 4 sorosak voltak. Növényápolás során Successor TX I. forgalmi kategóriájú gyomirtószerrel történt gyomirtás, melynek hatóanyagai 300 g/l petoxamid és 187,5 g/l terbutilazin. A magról kelő egy és kétszikű gyomnövények ellen jelent védelmet. A terbutilazin a magról kelő egyéves kétszikűek fotoszintézisét gátolja. Hatékony a már kikelt gyomok 4-6 leveles állapotáig is. A petoxamid magról kelő egyéves egyszikű gyomok zsírsav-bioszintézisét gátolja. Csírázásgátló, a kikelt gyomok ellen nincs hatása. Mindkét hatóanyag jelentős talajhatással bír. Felhasználása cirokban történhet preemergensen 4 l/ha dózisban vagy posztemergensen is, 1-4 leveles állapotban 3 l/ha dózisban (FMC, 2021). Jelen esetben preemergensen történt 4 l/ha dózisban. Posztemergensen mechanikai gyomirtás történt, 6 leveles állapotban pedig rovarölőszerekkel történt kezelés.

A talaj típusa a kísérleti helyen réti csernozjom talaj. A talaj pH-ja 5,44 vagyis savanyú kémhatású tarajról van szó. Az Arany-féle kötöttségi (KA) szám 51,50, mely a fizikai talajféleség szerinti besorolásban agyagnak tekinthető. A sótartalom kicsi, hiszen 0,021 % a sók mennyisége. Humusztartalom 3,01 %, amely csernozjom talajok esetében jónak mondható. Mész tartalom <0,05 %, így mészhányos talajról beszélhetünk. Az oldható foszfor (AL-P2O5) mennyisége 102,67 mg/kg, e szerint a foszforellátottság közepes. A káliumellátottság (AL-K2O) 633, 33 mg/kg, ami igen jó érték. Az oldható magnézium értéke 547,67 mg/kg, amely szintén egy jó érték. Az oldható Cu, Mn és Zn tartalom (EDTA-oldható) esetében a réz ellátottság a kötöttséget és a humusztartalmat figyelembe véve kielégítő (6,11 mg/kg), a mangán esetében is a kötöttséget és a kémhatást figyelembe véve a 479,17 mg/kg kielégítő, cink ellátottság 2,33 mg/kg, amely egy agyag talajféleséghez képest gyenge érték. A nitráttartalma a talajnak 4,70 mg/kg. Az oldható nátrium 34 mg/kg, amely bár kicsit meghaladja az általános irányelvként elfogadott 30 mg/kg értéket, még elfogadható.

Az 1. táblázat adatai a 2023. március és augusztus közt mért időjárási adatokat mutatják. A hőmérséklet, a relatív páratartalom és a szélsősebesség esetén az adott hónapban mindennap mért adatok alapján átlagoltam az értékeket, amelyek a táblázatban láthatóak. A csapadék értékénél az adott hónapban összesen hullott csapadékot tüntettem fel. Az átlag hőmérséklet hónapról hónapra növekedett. A legtöbb csapadék júniusban, míg a legkevesebb júliusban hullott. Az átlagos relatív páratartalom áprilisban volt a legmagasabb, a legalacsonyabb augusztusban volt. Az átlag szélsősebesség márciusban volt a legnagyobb, míg augusztusban a legkisebb. Minden

hónapban mikrocspadékként jellemző volt a reggeli harmat, márciusban még jellemzőek voltak az éjszakai fagyok és májustól jelentkezett a magas UV.

1. táblázat: Időjárási adatok Karcagon 2023. március és augusztus között

Hónap	Havi átlag hőmérséklet (°C)	Össz havi csapadék (mm)	Átlag relatív páratartalom a hónapban (%)	Átlag szélsébség a hónapban (km/h)	Mikrocspadék	Egyéb
Március	7,56	46,42	66,16	7,00	Reggeli harmat	Jellemző éjszakai fagy
Április	9,85	39,84	71,13	5,40	Reggeli harmat	Néha erős szél
Május	16,69	58,40	69,65	5,00	Reggeli harmat	Jelentkező magas UV
Június	20,30	78,40	67,47	4,73	Reggeli harmat	Jelentkező magas UV
Július	23,79	28,10	62,16	3,90	Reggeli harmat	Magas UV
Augusztus	24,05	56,52	61,74	3,42	Reggeli harmat	Magas UV

Forrás: saját szerkesztés

Prom és munkatársai (2015) nyomán a zónázott levélfoltosság fertőzöttségi szintjének meghatározásához 1-től 5-ig terjedő skálát használtam. A pontozás a következőképpen történt: 1-es nem beteg (rezisztens), 2-es egy vagy két levél 25%-50%-ban mutatott tünetet (közepesen ellenálló), 3-as egy vagy két beteg levél 51%-100%-ban fertőzött (közepesen fogékony), 4-es három vagy több levél 25%-50%-ban beteg (fogékony) és 5-ös minden beteg levél fertőzöttségi mértéke 100% (erősen fogékony).



7. ábra: **Gloeocercospora sorghi** által fertőzött levél
Forrás: saját felvétel

3.1.3. Alkalmazott számítási, statisztikai módszerek

A megfigyeléseim során gyűjtött adatokat Excelben dolgoztam fel, az adatkezelés és a statisztikai számítások részben szintén Excelben, részben pedig statisztikai szoftverrel történtek. A statisztikai analíziseket R számítógépes szoftver segítségével R studio szoftver környezetben történtek.

A relatív gyakoriságokat hisztogram segítségével ábrázoltam, mely során külön-külön a hibridek és vonalak fertőzöttség mértékének és a fertőzött tövek számának gyakoriságát és koraiságukat szemléltettem.

A három fő vizsgálati paramétert, melyek a fertőzött tövek száma, fertőzöttség mértéke és koraiság voltak, „3D cube plot” segítségével vizualizáltam. Az elemzések során varianciaanalízist alkalmaztunk annak érdekében, hogy feltárjuk a hibridek és vonalak között van-e különbség a vizsgálati paraméterek vonatkozásában. Ezen számítások során 95%-os szignifikancia szintet ($P=0.05$) alkalmaztunk.

A felvételezett adatok alapján becslést végeztem a hibridek (50%-os heterozigotitás) és vonalak között, melyek beltenyésztett vonalak voltak. A becslést arra vonatkozóan tettem, hogy a vizsgált tulajdonság Hardy-Weinberg populációgenetikai egyensúlyban van-e. Számításaim során K.H. Anahosur és D.T. Rosenow (1992) által megfogalmazott genetikai információra hagytam, akik megállapították, hogy a zónázott levélfoltosság öröklődését három gén

határozza meg domináns-recesszív öröklődés menettel és a rezisztencia domináns, míg a fogékonyság recesszív.

Pecsenye (2006) és Hartl (1999) számításai során két lokuszos tulajdonságra az alábbiakban határozták meg a Hardy-Weinberg populáció genetikai egyensúlyt:

Abban az esetben, ha az allélok szabadon kombinálódhatnak, a gaméta gyakoriságok megadhatók az allélgyakoriságok szorzataként, így a következő generáció genotípusa kiszámolható $(p_u + p_v + q_u + q_v)^2 = 1$ képlettel.

A genotípusgyakoriságok az alábbi módon számolhatók ki:

2. táblázat: **Genotípusgyakoriságok**

	BB	Bb	bb	
AA	$p^2 \times u^2$	$p^2 \times 2uv$	$p^2 \times v^2$	p^2
Aa	$2pq \times u^2$	$2pq \times 2uv$	$2pq \times v^2$	$2pq$
aa	$q^2 \times u^2$	$q^2 \times 2uv$	$q^2 \times v^2$	q^2
	u^2	$2uv$	v^2	

Forrás: Pecsenye (2006): Populációgenetika

Tehát a különböző két lokuszos genotípuskombinációk gyakorisága is meghatározható a két genotípus gyakoriságának a szorzataként. Például aa homozigóták gyakorisága q^2 , Bb heterozigóták gyakorisága $2uv$, tehát aaBb genotípusgyakorisága $q^2 \times 2uv$. A sorösszegek az A lokusz genotípusgyakoriságát adják meg, az oszlopok összegei pedig a B lokusz genotípusgyakoriságát. Erre példa az AA genotípus összgyakorisága: $p^2u^2 + p^22uv + p^2v^2 = p^2 \times (u^2 + 2uv + v^2) = p^2$, mivel $u^2 + 2uv + v^2 = 1$. A Bb genotípus összgyakorisága pedig $p^22uv + 2pq2uv + q^22uv = 2uv \times (p^2 + 2pq + q^2) = 2uv$, mivel $p^2 + 2pq + q^2 = 1$.

A számítások során tudatában voltam annak, hogy a vizsgált tulajdonság multilokuszos jellege miatt az általam alkalmazott számítás több ponton is hibás lehet, különös tekintettel arra, hogy az episztatikus hatásnak nagyobb a valószínűsége. A számítási eredményeket csupán becslést segítő adatként kezeltem. A számítások alapján megbecsültem a hibridek és vonalak Hardy-Weinberg egyensúlyt mutatnak-e a kívánt tulajdonságra az allél gyakoriság függvényében. A három lokuszos genotípuskombinációkra saját táblázatokat, majd abból képleteket állítottam elő, annak függvényében, hogy a harmadik gén domináns homozigóta, domináns heterozigóta vagy recesszív homozigóta.

4. EREDMÉNYEK ÉS ÉRTÉKELÉSÜK

4.1. A vizsgált paraméterek statisztikai értékelése

Számszerűsítve láthatóak az alábbi táblázatokból a különbségek. A fertőzött tövek számánál a szóródás értéke mutat nagy különbséget. Ennek a magyarázata az, hogy a maximum érték eltérő volt, így a szóródás terjedelme is az. Ennek megfelelően az átlag is eltér. A koraiság esetén figyelhető meg a legnagyobb eltérés. A vonalak esetében a legtöbbször a 203. napon kezdődött a virágzás, míg a hibridnél 197. napon. A vonalaknál a virágzás a 182. és 303. naptári nap között kezdődtek a virágzások, a hibrideknél a 182. és 204. napok között. Ennek megfelelően a szóródás terjedelme a koraiságban 99 napos eltérést mutat.

3. táblázat: **A vonalak néhány statisztikai mutatója**

	Fertőzött tövek száma	Fertőzöttség mértéke	Koraiság
Medián	0	1	204
Módusz	0	1	203
Szórás	2,25	0,90	10,09
Szóródás	36,00	3,75	121,00
Minimum	0	1	182
Maximum	36	4,75	303
Átlag	0,89	1,49	206,35
Darabszám	2203	2203	2203

Forrás: saját szerkesztés

A fertőzött tövek számában és a fertőzöttség mértékében kevésbé jelentős az eltérés, mint a koraiság szempontjából. Összevetve az adatokat elmondható, hogy fertőzött tövek számában és a fertőzöttség mértékében az értékek nem térnek el jelentősen, kivéve a maximum értéket a fertőzött tövek számánál, ami hibrideknél 16 darab és a vonalaknál 36 darab, így a szóródás is nagyobb eltérést mutat ezen paraméter esetén. A fertőzöttség mértékében van a legkisebb eltérés. A koraiság szempontjából a hibridek és vonalak közti eltérés a legnagyobb minden statisztikai mutató esetén. A vonalak közül a legtöbbször a 203. napon kezdődött a virágzás, a hibridek zömében a 197. napon. A minimum érték megegyezik, a maximum érték között

majdnem 100 napos eltérés volt. Ennek megfelelően a szóródás között is nagy különbség van. Az átlag esetén a hibridek korábban virágoztak 11 nappal, mint a vonalak.

4. táblázat: A hibridek néhány statisztikai mutatója

	Fertőzött tövek száma	Fertőzöttség mértéke	Koraiság
Medián	0	1	196
Módusz	0	1	197
Szórás	1,36	0,66	5,24
Szóródás	16,00	3,00	22,00
Minimum	0	1	182
Maximum	16	4	204
Átlag	0,52	1,35	195,69
Darabszám	419	419	419

Forrás: saját szerkesztés

4.2. Hardy-Weinberg populációgenetikai egyensúly és hordozógyakoriság

Egy Hardy-Weinberg egyensúly (HWE) ideális populációban, abban az esetben van, ha két heterozigóta egyedet párosítunk ($A_1A_2 \times A_1A_2$), akkor $\frac{1}{2}$ részben keletkezik A_1A_2 , $\frac{1}{4}$ rész A_1A_1 és $\frac{1}{4}$ részben A_2A_2 genotípus. Az allélgyakoriság mind a női és mind a hím gamétákban azonosak, tehát $p+q=1$. Ideális populációban a genotípusgyakoriságok $PA_1A_1=p^2$, $PA_1A_2=2pq$, $PA_2A_2=q^2$, amely szerint $p^2+2pq+q^2=1$. A Hardy-Weinberg egyensúly ideális populációban azt fejezi ki, hogy a genotípus-és allélgyakoriságok generációról generációra állandók (PECSENYE, 2006).

A domináns és recesszív öröklésmentnél két fenotípus van a populációban, a domináns és recesszív. A domináns fenotípus (A), melynek genotípusa lehet AA vagy Aa, a recesszív fenotípus (a), melynek genotípusa aa. A heterozigóta domináns genotípusoknál rejtve maradnak a recesszív allélok, így csak becsülni tudjuk az allélgyakoriságot, ha feltételezzük a Hardy-Weinberg egyensúlyt. Abban az esetben, ha egyensúlyban van a populáció, a genotípusok gyakorisága az allélgyakoriságokkal megállapíthatók, így választ kaphatunk arra, hogy mekkora a hordozók gyakorisága az adott populációban.

Domináns-recesszív öröklésmentre jó példa a BMR cirok öröklődése, amikor barna a levélér. Recesszív homozigóta (aa) állapotban barna lesz a levélér, domináns esetben (AA vagy Aa) pedig hagyományos lesz a levélér. 480 egyed domináns és 20 egyed recesszív egy adott populációban. Ha meg akarjuk tudni, hogy mennyi cirok hordozza a recesszív allélt a következő módon kell számolni. A BMR fenotípusú egyedek (homozigóta recesszív) gyakorisága $20/500 = 0,04$, $q^2 = 0,04$. Gyökvonással megkapjuk, hogy $q = 0,2$. Mivel $p + q = 1$, így $p = 1 - q = 0,8$, ami a két allél becsült gyakorisága. A heterozigóták gyakoriságát pedig az alábbi módon tudjuk megállapítani: $2pq = 2 \times 0,8 \times 0,2 = 0,32$. A domináns fenotípusú egyedek gyakorisága: $p^2 + 2pq = 0,64 + 0,32 = 0,96$. A hordozógyakoriság tehát $0,32/0,96 = 0,33$ az vizsgált cirok populációban.

Abban az esetben, ha a harmadik gén domináns homozigóta az alábbi táblázat alapján hoztam létre a genotípus összgyakorisághoz tartozó képleteket (CC):

5. táblázat: **Domináns homozigóta (CC) állapothoz tartozó genotípus összgyakoriságok**

	BB	Bb	bb	
	z^2	z^2	z^2	
AA	$p^2 \times u^2 \times z^2$	$p^2 \times 2uv \times z^2$	$p^2 \times v^2 \times z^2$	p^2
Aa	$2pq \times u^2 \times z^2$	$2pq \times 2uv \times z^2$	$2pq \times v^2 \times z^2$	$2pq$
aa	$q^2 \times u^2 \times z^2$	$q^2 \times 2uv \times z^2$	$q^2 \times v^2 \times z^2$	q^2
	u^2	$2uv$	v^2	
	CC	CC	CC	

Forrás: saját szerkesztés

$$AA: p^2u^2z^2 + p^22uvz^2 + p^2v^2z^2 = p^2 \times (u^2z^2 + 2uvz^2 + v^2z^2) = p^2$$

$$Aa: 2pqu^2z^2 + 2pq2uvz^2 + 2pqv^2z^2 = 2pq \times (u^2z^2 + 2uvz^2 + v^2z^2) = 2pq$$

$$aa: q^2u^2z^2 + q^22uvz^2 + q^2v^2z^2 = q^2 \times (u^2z^2 + 2uvz^2 + v^2z^2) = q^2$$

$$BB: p^2u^2z^2 + 2pqu^2z^2 + q^2u^2z^2 = u^2 \times (p^2z^2 + 2pqz^2 + q^2z^2) = u^2$$

$$Bb: p^22uvz^2 + 2pq2uvz^2 + q^22uvz^2 = 2uv \times (p^2z^2 + 2pqz^2 + q^2z^2) = 2uv$$

$$bb: p^2v^2z^2 + 2pqv^2z^2 + q^2v^2z^2 = v^2 \times (p^2z^2 + 2pqz^2 + q^2z^2) = v^2$$

$$CC: p^2u^2z^2 + 2pqu^2z^2 + q^2u^2z^2 = z^2 \times (p^2u^2 + 2pqu^2 + q^2u^2) = z^2$$

A harmadik gén domináns heterozigóta állapotában is hasonlóan jártam el (Cc):

6. táblázat: **Domináns heterozigóta (Cc) állapothoz tartozó genotípus összgyakoriságok**

	BB	Bb	bb	
	2zs	2zs	2zs	
AA	$p^2 \times u^2 \times 2zs$	$p^2 \times 2uv \times 2zs$	$p^2 \times v^2 \times 2zs$	p^2
Aa	$2pq \times u^2 \times 2zs$	$2pq \times 2uv \times 2zs$	$2pq \times v^2 \times 2zs$	$2pq$
aa	$q^2 \times u^2 \times 2zs$	$q^2 \times 2uv \times 2zs$	$q^2 \times v^2 \times 2zs$	q^2
	u^2	$2uv$	v^2	
	Cc	Cc	Cc	

Forrás: saját szerkesztés

$$AA: p^2 u^2 2zs + p^2 2uv 2zs + p^2 v^2 2zs = p^2 \times (u^2 2zs + 2uv 2zs + v^2 2zs) = p^2$$

$$Aa: 2pq u^2 2zs + 2pq 2uv 2zs + 2pq v^2 2zs = 2pq \times (u^2 2zs + 2uv 2zs + v^2 2zs) = 2pq$$

$$aa: q^2 u^2 2zs + q^2 2uv 2zs + q^2 v^2 2zs = q^2 \times (u^2 2zs + 2uv 2zs + v^2 2zs) = q^2$$

$$BB: p^2 u^2 2zs + 2pq u^2 2zs + q^2 u^2 2zs = u^2 \times (p^2 2zs + 2pq 2zs + q^2 2zs) = u^2$$

$$Bb: p^2 2uv 2zs + 2pq 2uv 2zs + q^2 2uv 2zs = 2uv \times (p^2 2zs + 2pq 2zs + q^2 2zs) = 2uv$$

$$bb: p^2 v^2 2zs + 2pq v^2 2zs + q^2 v^2 2zs = v^2 \times (p^2 2zs + 2pq 2zs + q^2 2zs) = v^2$$

$$Cc: p^2 u^2 2zs + 2pq u^2 2zs + q^2 u^2 2zs = 2zs \times (p^2 u^2 + 2pq u^2 + q^2 u^2) = 2zs$$

A harmadik gén recesszív homozigóta állapotában szintén ezt a sémát követtem (cc):

7. táblázat: **Recesszív homozigóta (cc) állapothoz tartozó genotípus összgyakoriságok**

	BB	Bb	bb	
	s^2	s^2	s^2	
AA	$p^2 \times u^2 \times s^2$	$p^2 \times 2uv \times s^2$	$p^2 \times v^2 \times s^2$	p^2
Aa	$2pq \times u^2 \times s^2$	$2pq \times 2uv \times s^2$	$2pq \times v^2 \times s^2$	$2pq$
aa	$q^2 \times u^2 \times s^2$	$q^2 \times 2uv \times s^2$	$q^2 \times v^2 \times s^2$	q^2
	u^2	$2uv$	v^2	
	cc	cc	cc	

Forrás: saját szerkesztés

$$AA: p^2 u^2 s^2 + p^2 2uvs^2 + p^2 v^2 s^2 = p^2 \times (u^2 s^2 + 2uvs^2 + v^2 s^2) = p^2$$

$$Aa: 2pq u^2 s^2 + 2pq 2uvs^2 + 2pq v^2 s^2 = 2pq \times (u^2 s^2 + 2uvs^2 + v^2 s^2) = 2pq$$

$$aa: q^2u^2s^2+q^22uvs^2+q^2v^2s^2=q^2 \times (u^2s^2+2uvs^2+v^2s^2)=q^2$$

$$BB: p^2u^2s^2+2pqu^2s^2+q^2u^2s^2=u^2 \times (p^2s^2+2pqs^2+q^2s^2)=u^2$$

$$Bb: p^22uvs^2+2pq2uvs^2+q^22uvs^2=2uv \times (p^2s^2+2pqs^2+q^2s^2)=2uv$$

$$bb: p^2v^2s^2+2pqv^2s^2+q^2v^2s^2=v^2 \times (p^2s^2+2pqs^2+q^2s^2)=v^2$$

$$cc: p^2u^2s^2+2pqu^2s^2+q^2u^2s^2=s^2 \times (p^2u^2+2pqu^2+q^2u^2)=s^2$$

A hordozógyakoriságokra becslést végeztem. A hibridek esetében 307 nem mutatott tünetet, 112 pedig mutatta a betegség tünetét. A recesszív homozigóták gyakorisága 0,27, tehát $q^2 = 0,27$, $q = 0,52$, ami a recesszív allél gyakorisága. Mivel $p+q=1$, így $p=1-q$, ezért $p=0,48$, amely a domináns allél gyakorisága. A heterozigóták gyakorisága $2 \times 0,48 \times 0,52 = 0,50$. A domináns egyedek gyakorisága $0,96 + 0,50 = 1,46$. A hordozógyakoriság tehát $0,50 / 1,46 = 0,34$. A 307 hibrid 34%-a, azaz 104 egyed hordozó, 203 pedig rezisztens. Összességében tehát a 419 hibrid 48%-a rezisztens, 27% fogékony és 25% hordozó.

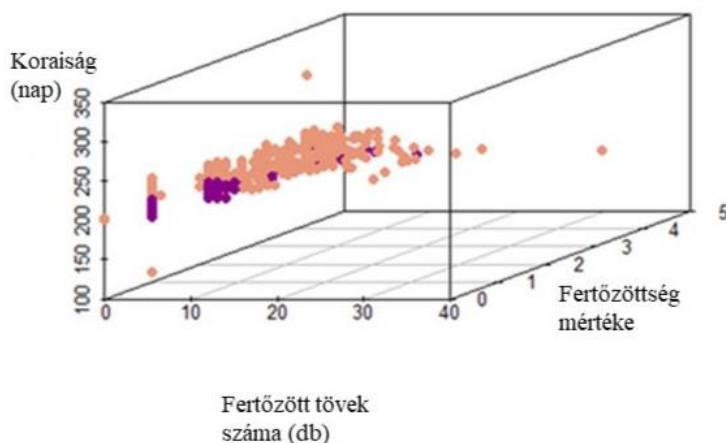
A vonalak esetében 1802 nem mutatott tünetet, 672 pedig igen. A recesszív homozigóták gyakorisága 0,27. A domináns allél gyakorisága 0,48. A heterozigóták gyakorisága 0,50. A domináns egyedek gyakorisága 1,46. Az előbbi számítást alkalmazva a vonalaknál szintén 0,34 a hordozógyakoriság. Az 1802-ből 613 hordozó, azaz a vonalak 34%-a és 1189 rezisztens volt, vagyis 66%. Az összes 2474 vonal közül tehát 48% rezisztens, 25% hordozó és 27% fogékony.

Esetemben a HWE képletét háromgénés öröklésmentre alkalmaztam. Ezek alapján megállapítható, hogy a számításaim alapján a populáció nincs HWE egyensúlyban, Számításaimat a betegség tünetét mutató és nem mutató egyedekre alapoztam. Ennek értelmében a hibridek esetén 307 nem mutatta a tünetet, míg 112 mutatta. A domináns heterozigóták, vagyis a hordozók száma 104. A hibridek esetén $0,48 + 0,27 + 0,25 = 1$ egyenletként írható fel. A vonalak esetében 1802 nem mutatta a betegség tünetét, 672 pedig mutatta. A domináns heterozigóta, vagyis a hordozó egyedek száma 613. A vonalak esetén a $0,48 + 0,25 + 0,27 = 1$ képletként írható fel.

4.3. A vizsgálati paraméterek összefüggésvizsgálata

A három paraméter vizuális ábrázolásakor „3D cubeplot” ábrán a hibridek és vonalak együttesen láthatóak. A sötétebb színnel, a vonalakat világosabb színnel jelöltem. Az ábráról leolvasható, hogy ugyan a hibridek és vonalak koraiságban, fertőzött tövek számában és

fertőzöttség mértékben nem térnek el jelentősen, de a vonalak pontjai sokkal szétszórtabban, míg a hibridek koncentráltabban helyezkednek el. A koraiság zömében 200. és 300. naptári nap között, a fertőzött tövek száma főként 10 és 25 között és a fertőzöttség mértéke 0 és 4 között alakult. Legnagyobb különbség a hibridek és vonalak között a három paraméter esetében a koraiságban van.

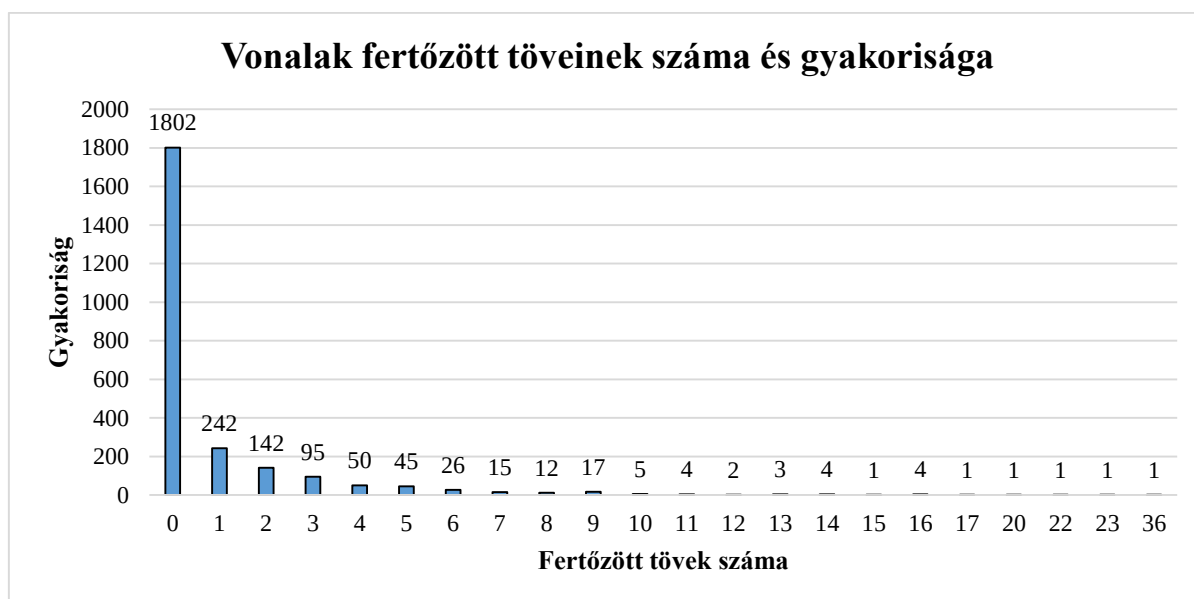


8. ábra: A koraiságnak, fertőzött tövek számának és fertőzöttség mértékének az ábrázolása "3D cubeplot"-ban

Forrás: saját szerkesztés

4.4. A vizsgálati paraméterek relatív gyakoriságainak értékelése

A hisztogramok alkalmazásával pontosabb képet kapunk a paraméterek relatív gyakoriságáról. A vonalakat és hibrideket külön, mind a három paraméterre ábrázoltam. A vonalak fertőzött tövek számának ábrázolásakor 1802 parcellában nem volt tünet, a maximális beteg tő egy parcellában 36 volt, ez csak egyszer fordult elő. A legtöbb parcellában csak egy beteg növény volt, amely 242 parcellát jelent. Kettő beteg növény egy parcellában 142-szer fordult elő. Megfigyelhető, ahogy nő a fertőzött tövek száma, a gyakoriság egyre kisebb, exponenciálisan csökken a fertőzött tövek számának a gyakorisága.



9. ábra: **Vonalak fertőzött töveinek száma és gyakorisága**

Forrás: saját szerkesztés

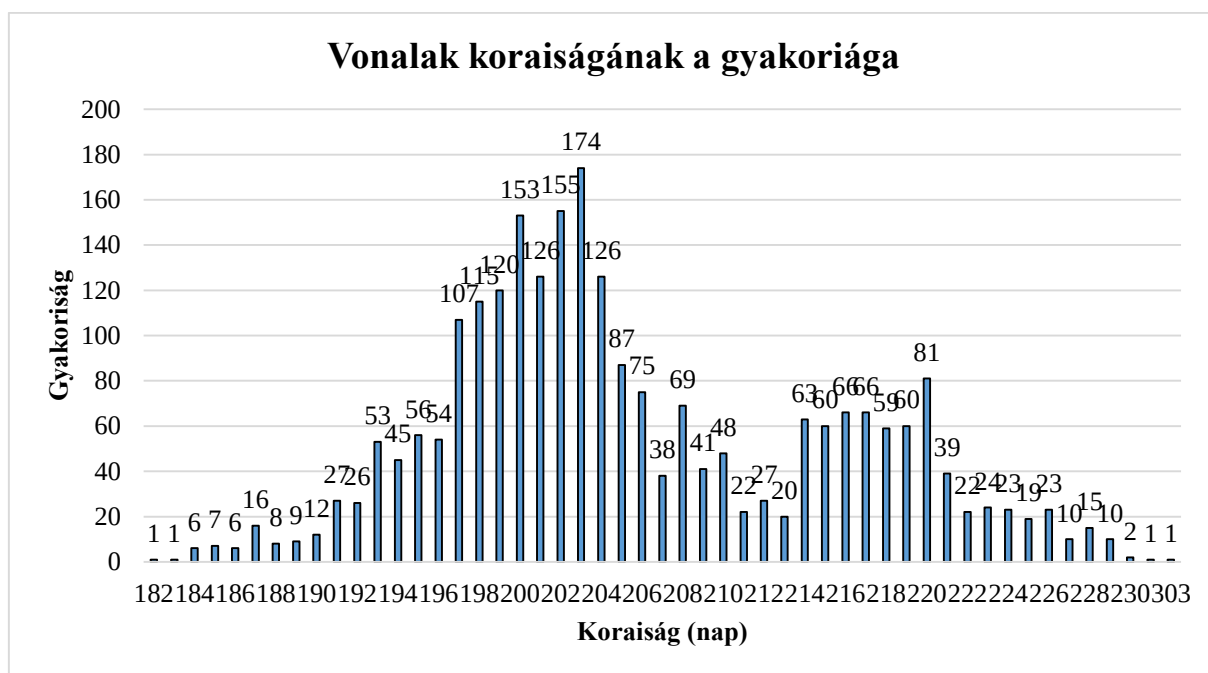
A vonalak fertőzöttség mértékének esetében 1802 rezisztens, 378 közepesen ellenálló, 91 közepesen fogékony és 111 fogékony volt. Szintén exponenciálisan írható le, mint a fertőzött tövek száma.



10. ábra: **Vonalak fertőzöttség mértéke és gyakorisága**

Forrás: saját szerkesztés

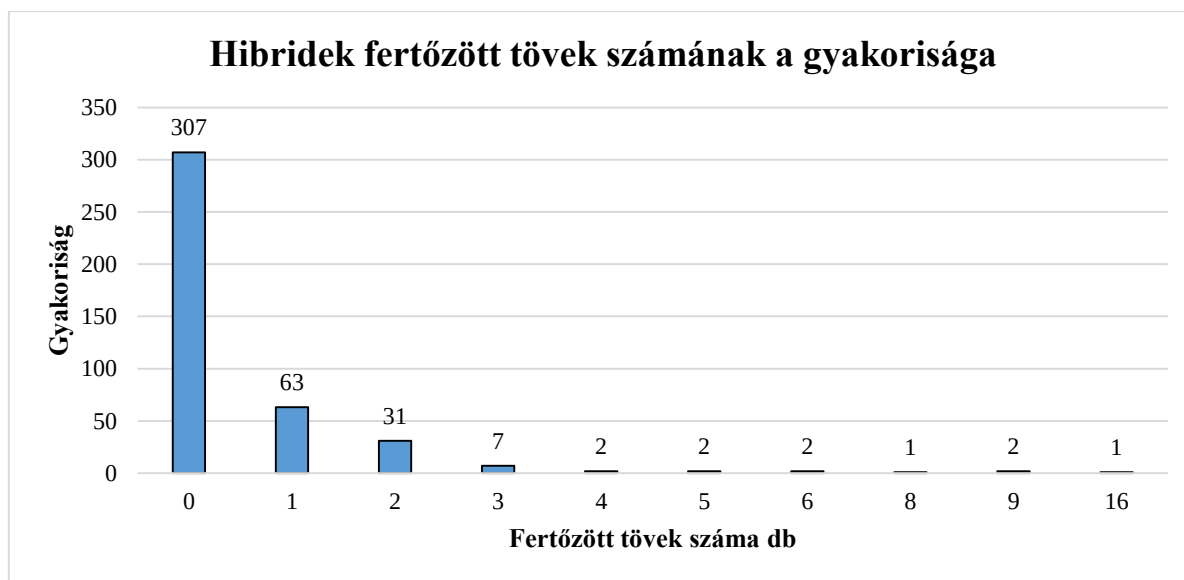
A vonalak koraiságáról elmondható, hogy a virágzás 182 és 303 nap közt variált. 203. napon való virágzás fordult elő a legtöbbször, 174-szer. 155 parcella virágzott a 202. napon és 153 a 200. napon. A 182., 183., 231. és 303. napon való virágzás egyszer fordult elő.



11. ábra: **Vonalak koraiságának a gyakorisága**

Forrás: saját szerkesztés

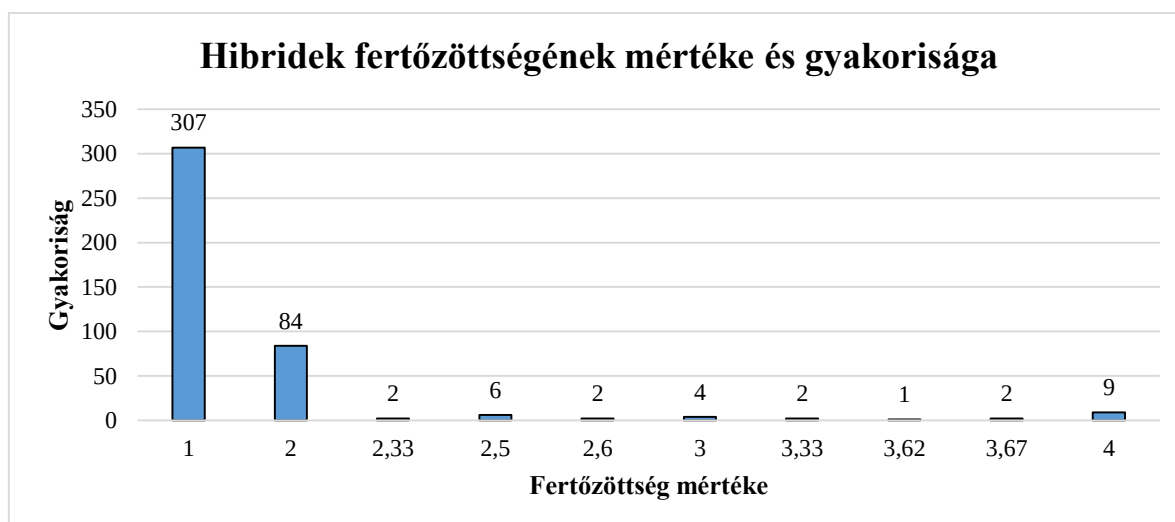
A hibridek közül 307 nem mutatott tünetet, 63 parcellában 1 beteg tő, 31-ben kettő beteg, 7 parcellában 3 beteg, maximális beteg tő 16 volt, ami egyszer fordult elő. Ezen paraméter is exponenciális függvényként írható le.



12. ábra: **Hibridek fertőzött tővek számának a gyakorisága**

Forrás: saját szerkesztés

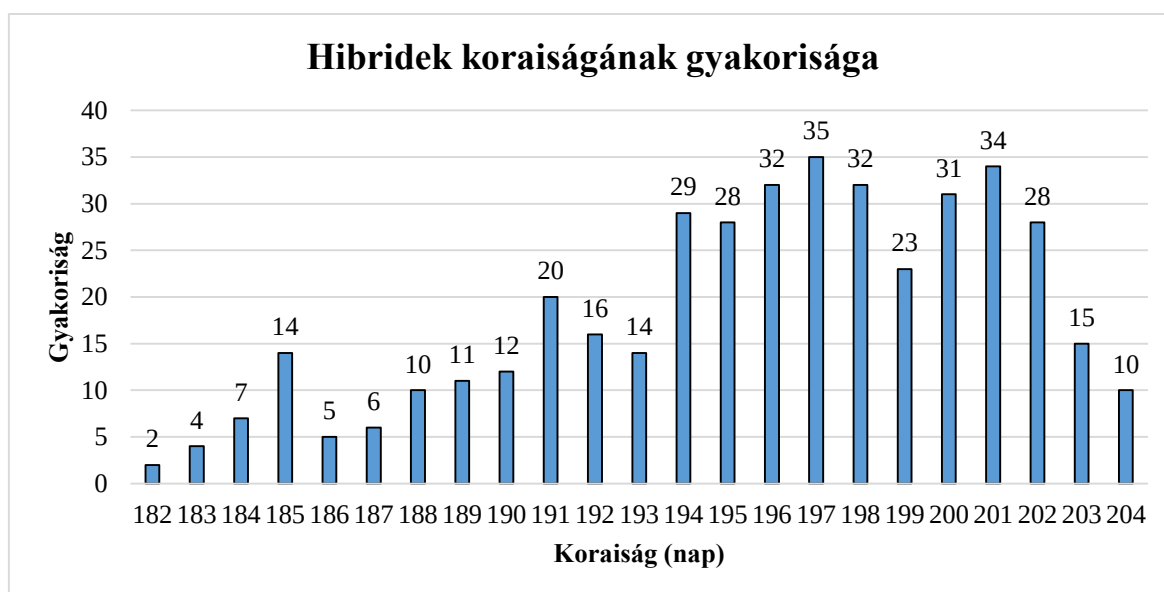
A fertőzöttség mértéke a hibridek esetén úgy alakult, hogy 307 rezisztens, 94 közepesen ellenálló, 9 közepesen fogékony, 9 fogékony volt. Exponenciális függvényként írható le a hibridek esetén is a diagram.



13. ábra: **Hibridek fertőzöttségének mértéke és gyakorisága**

Forrás: saját szerkesztés

A hibridek koraiság szempontjából 182 és 204 nap közt variáltak. 35 hibrid a 197. napon, 34 a 201. és 32-32 hibrid a 196. és a 198. napon kezdett virágozni. A legkorábbi két hibrid a 182. napon, a tíz legkésőbbi a 204. napon kezdett virágozni.



14. ábra: **Hibridek koraiságának gyakorisága**

Forrás: saját szerkesztés

4.5. A varianciaanalízis eredménye és ábrázolása dobozdiagramban

Varianciaanalízis során a hibridek és vonalak közti eltérésre kerestük a választ. A három paraméterre végeztünk varianciaanalízist. Fertőzött tövek számánál 0,0116 volt annak az esélye, hogy eltérést tévesen állapítottam meg. Fertőzöttség mértéke ez a szám 0,22. Ezen paraméter esetén a legkisebb az eltérés a hibridek és vonalak között. A koraiságnál -16, itt

legnagyobb az eltérés mértéke a hibridek és vonalak között. A szemléltetés végett a koraiságra kapott eredményt dobozdiagramban is ábrázoltam. A varianciaanalízis során kapott eredményekből a hibridek és vonalak közti eltérések még pontosabb képet adtak.

```
> model=aov(numif~material,data=hibline)
> summary(model)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
material	1	48	48.33	10.58	0.00116 **
Residuals	2619	11960	4.57		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

A vonalak és hibridek fertőzött töveinek számában a különbséget a kiugró értékek adták. A hibridek esetében a legmagasabb kiugró érték 16, míg a vonalaknál 36. Összeségében viszont nem volt nagy az eltérés ezen paraméter esetén.

```
> model=aov(exit~material,data=hibline)
> summary(model)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
material	1	7.1	7.059	9.39	0.0022 **
Residuals	2619	1968.9	0.752		

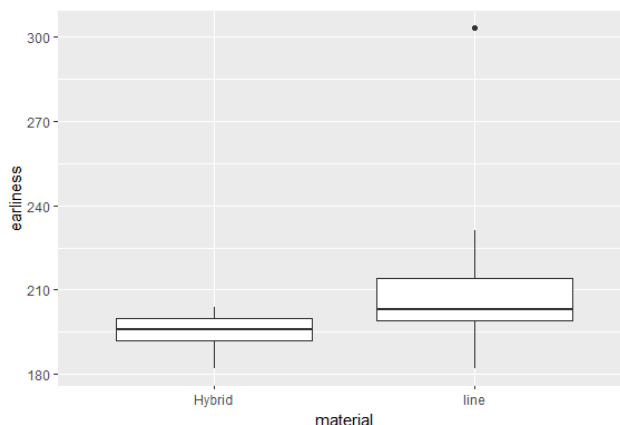
```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```

A fertőzöttség mértékében szintén a kiugró értékek adták az eltérést a vonalak és hibridek közt. A vonalak fertőzöttségi mértékénél a legmagasabb érték 4,7 volt, míg a hibrideknél 4.

```
> model=aov(earliness~material,data=hibline)
> summary(model)
```

	Df	Sum Sq	Mean Sq	F value	Pr(>F)
material	1	39933	39933	443.9	<2e-16 ***
Residuals	2619	235587	90		

```
---
Signif. codes:  0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1
```



15. ábra: Hibridek és vonalak közti különbség a koraiság szempontjából

Forrás: saját szerkesztés

A három paraméter közül a koraiságban van a legnagyobb eltérés. A hibrideknél nincs kiugró érték, addig a vonalaknál a legmagasabb érték 303. A vonalaknál a maximum érték is magasabb, mint a hibrideknél.

5. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

Számításaim alapján miszerint a vizsgálat tárgyát képező populáció Hardy-Weinberg populációgenetikai egyensúlyban van, megdőlt, mind hibridek és vonalak alapján és ennek feltételezhetően az az oka, hogy a zónázott levélfoltosságra való szelekció bár nem elsődleges szempont volt az izoláció és keresztezés során, a buga lekötések során viszont csak az egészséges és a további szempontoknak megfelelő bugák kerültek lekötésre. Ebből adódóan volt lehetséges az, hogy a dominánsan rezisztens egyedek aránya nagyobb volt, mint a recesszív fogékony egyedek aránya. A beteg és nem megfelelő egyedek így tulajdonképpen ki lettek zárva további szaporításból, genetikailag pedig egyre inkább homogénebbé vált a populáció. A hordozógyakoriságra történő számítás egy becslést segítő adat volt, amely alátámasztotta az ellenálló egyedekre gyakorolt kontraszelekció jelenlétét a nemesítési folyamatban. A domináns heterozigóta egyedek keresztezése esetén a későbbi generációkban a hasadás miatt fogékony utódok is meg fognak jelenni. A különböző kártevők és kórokozók felszaporodásának az adott évjárat kedvezően vagy hátrányosan hathat. A zónázott levélfoltosság tünetének a megjelenésének 2023-ban kedvezett az időjárás, hiszen csapadékos és párás időjárás esetén számítani lehet a betegség megjelenésére. A 2022-es évben Magyarországon az aszály miatt nem találkozhatott a zónázott levélfoltosság kórokozójával a populáció, mivel megjelenésének nem voltak megfelelőek a viszonyok. A fogékony egyedek jelenléte így azzal magyarázható egyrészt, hogy ugyan nem elsődleges szempont volt a betegségre való szelekció, a további szaporításra és keresztezésekre az egészséges egyedeket engedték. Másrészt a populációban az egyedek eltérő arányban találkoztak a kórokozóval. Ezek következtében egyensúlytalanság következett be a populációban a betegségre nézve

A koraiság és fertőzöttség mértékére vonatkozóra nem sikerült megállapítani a számítások során az összefüggést. A koraiság tekintetében nem lehet levonni azt a következtetést, hogy kevésbé lett volna fogékony vagy egy parcellában kevesebb fertőzött tő volt, amely koraibb volt. A vonalaknál a maximális fertőzött tő egy parcellában 36 darab volt, ami átlagosan közepesen volt fogékony, a legmagasabb fertőzöttségi mérték 4,75 volt, ahol viszont csak 4 darab fertőzött tő volt. A hibrideknél ugyanez volt megfigyelhető. Ennek fényében az a hipotézisünk, hogy a szelekció során figyelni kell arra, hogy milyen korai egy hibrid vagy vonal, nem teljesült. Nem tudtunk kimutatni teljes bizonyossággal azt, hogy a fogékonyság vagy rezisztencia genetikailag kapcsolatos összefüggésben lenne a koraisággal. Mivel a koraiság is egy genetikailag meghatározott tulajdonság, és a rezisztencia is, abban az esetben, ha egy

korai és rezisztens hibridet szeretnénk létrehozni, célszerű ezt a két tulajdonságot külön kezelni. A legcélszerűbb egy már korai hibridet vagy vonalat keresztezni, és ehhez a felvételezett adatokból úgy választani, hogy a keresztezni kívánt szülők potenciálisan domináns egyedek legyenek. A felszaporítás során a hasadás miatt pedig ki lehet szűrni a fogékonyságot hordozókat, így tudjuk szűkíteni a későbbi generációkban annak az esélyét, hogy a betegség megjelenhessen és tartósan fennálljon a rezisztencia gének heterozigóta állapota a populációban.

Harmadik, egyben utolsó feltételezésem a fertőzöttség mértéke és az egy parcellában lévő fertőzött tövek száma közti korrelációra kereste a választ. Feltételeztem, hogy ahol magasabb a fertőzöttség mértéke, ott több beteg egyed is van. A felvételezések és adatok összevetése után arra a következtetésre jutottam, hogy a fertőzöttség mértéke és az egy parcellában lévő fertőzött tövek száma között nincs szoros összefüggés. Mind a hibridek és mind a vonalak esetében elmondható, hogy nincs egyenes arányosság abban a kérdésben, hogy minél több beteg tő van egy parcellában, annál magasabb a fertőzöttség mértéke. Arányaiban volt nem jelentős azoknak a parcelláknak a száma, ahol több fertőzött tő volt és a fertőzöttség mértéke is magasabb volt, ellenben sok olyan parcella volt, ahol egy-két beteg tő volt, de fertőzöttségi mértékük magasabb volt. Esetemben az a jelenség, hogy egy parcellában ha megjelent a betegség tünete és nem minden tövet fertőzött a kórokozó, holott az egy parcellában lévő összes növény egyed genetikailag azonos, azzal magyarázható, hogy a gomba spóra nem egyenesen jelent meg a felvételezett területen. Nem minden növény találkozott a kórokozóval, és amelyek találkoztak azok is eltérő mértékben. Egy parcellán belül is eltérést mutatott a betegségre való fogékonyság így valószínűsíthető, hogy egy parcellán belül sem volt egységes a kórokozó jelenléte, így volt lehetséges az, hogy egy parcellán belül variált a fertőzött tövek száma és a fertőzöttség mértéke, ahelyett, hogy egy parcellában egységes képet mutatott volna a fertőzöttség. Az általam végzett számítások becslés jellegűek voltak, pontosabb eredményt arra a kérdésre, hogy az egyes vonalak és hibridek valóban dominánsnak-e mesterséges fertőzéssel lehetne megállapítani. Ebben az esetben ugyanis az összes parcellában és a parcellán belül az összes egyed egységesen, ugyanolyan mértékben találkozna a gomba spórával, így pontos képet kapva lehetne felvételezni és megállapítani azt, hogy amely rezisztenciát mutatott valóban rezisztens-e, illetve a fertőzöttség mértékéről is konkrétabb képet kapnánk.

A kísérletes munka következtetéseképpen elmondható, hogy a *Gloeocercospora sorghi* elleni rezisztencia nemesítés során a koraiság nem mérvado döntési szempont. A két genetikailag determinált tulajdonság között azok multigénikus jellegük ellenére sem mutatnak

kapcsoltságot. Tekintettel arra, hogy fertőzött tövek száma és fertőzöttség mértéke sem mutatott kapcsolatot arra következtethetünk, hogy az infekció tekintetében nem volt egyértelműen binárisan (igen-nem) kifejezhető kapcsolat, vagyis nem volt nem fertőzött és fertőzött csoportra osztható az állomány. Ennek értelmében a betegség szempontjából megfelelő fertőzési nyomás feltételezhető, így a kórokozó hiányát rezisztencia jellegnek tekintettük. Természetesen a fertőző forrása egyenlőtlen eloszlása a kísérleti területen torzíthatja a kísérleti eredményeket, így a kísérletes munkámat a jövőben -amennyiben arra lehetőség nyílik-, molekuláris markerekkel kívánom folytatni, melynek validálását mesterséges inokuláció tenné lehetővé, bízva abban, hogy a kórokozó elleni rezisztencia kialakítását megbízható módon segítsem elő egy egyéb szakmai kívánalmaknak is megfelelő egy szemes cirok hibridkombinációban.

ÖSSZEFOGLALÁS

Az elmúlt években a klímaváltozás hatásai Magyarországon is érzékelhetők, a kiszámíthatatlan időjárás pedig a mezőgazdasági termelésre is nagy hatással van. Amíg a 2022-es év szélsőségesen aszályos volt, addig 2023-ban jóval több csapadék hullott. A szárazság nagy termés kiesést okozhat, a csapadékos, párás idő kedvez bizonyos gombás betegségek megjelenésének, amely szintén nagy károkat okozhat a növénytermesztésben. A klímaváltozás és népességnövekedés miatt a termésbiztonság a biotikus és abiotikus tényezőkkel szemben kiemelten fontos tényező. Az ellenállóság mellett a koraiság is fontos aspektus napjaik növénytermesztésében, ugyanis a rövidebb tenyészidő mérsékeli a klimatikus kockázatokat. Dolgozatomban a zónázott levélfoltosság (*Gloeocercospora sorghi*) tüneteinek megjelenését értékeltem egy ciroknemesítési tenyészkeresztben, mely rész eredményeket a koraisággal összevetve értékeltem arra keresve a választ, hogy a *Gloeocercospora sorghi* elleni nemesítésben milyen szereppel bír a tenyészidő hosszúsága.

A betegség felvételezést az Alfaseed Kft. cirok tenyészkeresztjében végeztem, amelynek során rögzítettem a fertőzöttség mértékét és fertőzött tövek számát hibridek és beltenyészített vonalak esetében. A fertőzöttség megállapításra egy 1-től 5-ig terjedő skálát használtam, ahol az 1 a rezisztenciát és az 5 az erős fogékonyságot jelentette. A gyűjtött adatokat Microsoft Excel táblázat kezelő szoftver alkalmazásával rendszereztem, illetve dolgoztam fel, majd az adatok statisztikai értékeléséhez R adat elemzőszoftvert használtam R stúdió felhasználó felülettel. A relatív gyakoriságok ábrázolására hisztogramokat használtam, amelyekkel a hibridek és a vonalak fertőzöttségi mértékét és a fertőzött tövek számának a gyakoriságát szemléltettem. A vizsgálati paraméterek tekintetében jelentkező esetleges különbségeket a hibridek és vonalak között varianciaanalízis alkalmazásával határoztam meg. A felvételezett adatok alapján Hardy-Weinberg populációgenetikai modell segítségével becslést végeztem a vonalak és hibridek populáció dinamikai egyensúlyi állapotának vizsgálatára. Három paramétert, melyek a fertőzöttség mértéke, fertőzött tövek száma egy parcellában és koraiság, vizuálisan is ábrázoltam, mely „3D cube plotban” történt.

A felvételezések során a 419 hibrid közül 307 mutatott rezisztenciát, 94 darab közepesen ellenálló, 9 darab közepesen fogékony és 9 fogékony volt. A fertőzött tövek esetében szintén 307 nem mutatott tünetet. Egy parcellában lévő beteg tövek maximális száma 16 darab volt, mely egyszer fordult elő. A vonalak esetében 2474 parcellából 1802 rezisztenciát, 378 közepes ellenállóságot, 91 közepes fogékonyságot és 111 fogékonyságot mutatott. A fertőzött tövek

számának megfigyelésekor a maximális szám egy parcellában 36 volt, amely egyszer fordult elő.

A koraisággal összevetve a felvételezett adatokat, az a hipotézis, hogy amelyik vonal vagy hibrid korábbi kevésbé fogékony, sem a vonalak, sem pedig a hibrdek esetén nem teljesült. A Hardy-Weinberg populációgenetikai egyensúly esetében szintén megdőlt az a hipotézisünk, hogy egyensúlyban van a populáció. Harmadik feltételezésünk, hogy amelyik parcellában több beteg tő van, annak a parcellának a fertőzöttségi mértéke magasabb, szintén nem teljesült. A hibrdek és a vonalak esetében is elmondható, hogy nincs egyenes arányosság abban a felvetésben, hogy minél több beteg tő van egy parcellában, annál magasabb a fertőzöttség mértéke.

Elmondható, hogy ha a zónázott levélfoltosságra szeretnénk szelektálni és rezisztens hibrdek létrehozni a koraiságot nem kell figyelembe venni. Teljes bizonyossággal a rezisztencia mesterséges fertőzés útján lenne megállapítható.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúton szeretnék köszönetet mondani témavezetőimnek, Seres Emesének és Dr. Jóvér Jánosnak, akik türelmükkel, szaktudásukkal és tanácsaikkal a végsőkig segítettek a dolgozatom létrejöttében.

Köszönet illeti az Alfaseed Kft. valamennyi munkatársát, egyrészt a betegség felvételezés és vizsgálat véghezvitelében, másrészt a segítségért és szolgáltatott adatokért. Köszönöm Fazekas Miklós ügyvezetőnek, hogy a kísérletes munka létrejöhett.

Köszönettel tartozom a szeretteimnek, akik végig mellettem álltak ezen időszak alatt és egyetemi tanulmányaim során egyaránt. Köszönöm Édesapámnak, aki megszerettette velem a mezőgazdaságot, és amíg tehetett segített tanulmányaimban.

IRODALOMJEGYZÉK

1. ANAHOSUR, K.H.(1992): Sorghum Diseases in India: Knowledge and Research Needs. 45-56. In Sorghum and Millets Diseases: A Second World Review. (Szerk: De Milliano, W.A.J.- Frederiksen, R.A.- Bengston, G.D.) ICRISAT. 370p.
2. BAJAI J. (1960): Importance Sorghums Grown for Stock Food in the Forage Production of Hungary. Acta Agronomica. 10. 345-408.
3. BARABÁS Z. (1961): A magyarországi hímsteril hibrid takarmánycirok nemesítés jelenlegi állása. MTA Mezőgazdasági Kutató Intézete Jubileumi Tudományos Konferenciája, Budapest. 333-344.
4. BARABÁS Z. – BÁNYAI L. (1985): A cirok és a szudánifű. Akadémia Kiadó, Budapest. 180 p.
5. BÁLINT A. (1966): Mezőgazdasági növények nemesítése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 398 p.
6. BÁLINT A. (1976): A növénynemesítés alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 239 p.
7. BÁLINT A. (1977): Az öröklés-és származástan alapjai. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 390 p.
8. BÁNYAI L. (1968): Cirok fajtagyűjteményben végzett morfológiai és fenológiai vizsgálatok eredményei. Agrobotanika. 9. 155-170.
9. BÍRÓ J. (2019): Vetőmagpiaci trendek globális és hazai kitekintésben. Agronapló. [Vetőmagpiaci trendek globális és hazai kitekintésben - Agro Napló - A mezőgazdasági hírportál \(agronaplo.hu\)](http://agronaplo.hu)
10. BRIGGS F.N. – P.E. KNOWLES (1967): Introduction to plant breeding. Reinhold Publishing Corporation. New York. 426 p.
11. CHRAPPÁN GY. – BENE S. (2006): A cirokfélék védelme. Növényvédelem. 42. 3. 141-151.
12. CSAPODY V. (1961): Színes atlasz "Magyarország kultúrflórájára"-hoz. Akadémia Kiadó, Budapest. 219 p.

13. CHANDRASHEKAR,B. – SINGH,Y. – NAMRIBOI, BK. (2022): Screening of sorghum varieties against zonate leaf spot of sorghum incited by *Gloeocercospora sorghi*. The Pharma Innovation Journal. 11(11): 1236-1239
14. FAOSTAT: Production: Crops and livestock production. FAO Statistical Databases
Letöltve: 2023. 05. 22.
15. FMC (2021): A Successor TX használata cirokban.
16. FRECKMANN, W. (1931): Das Sudangrass und mit ihm bisher in Deutschland gemachten Erfahrungen. Fortschr Landw. 6 p. 149-150.
17. FUTREU, M.C. – WEBSTER, O.J (1966): New sources of resistance to the Downy Mildew Disease Sorghum. Plant Disease Reporter. 50 p. 641-644.
18. GIRARD, J.C (1978): A Review of Sooty Stripe and Rough , Zonate , and Oval Leaf Spots. 229-239. In Sorghum Diseases: A World Review. (Szerk: R.J. Williams –R.A. Frederiksen – L.K. Mughogho) ICRISAT. 469p.
19. HARTL, D. L. (1999): A primer population genetics. Oxford University Press. 221 p.
20. IZSÁKI Z. – LÁZÁR L. (2004): Szántóföldi növények vetőmagtermesztése és kereskedelme. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 665 p.
21. JONES, D. F. (1917): Dominance of Linked Factors as a Means of Accounting for Heterosis. Genetics.2. 466-479.
22. JÓZSA L. (1976): A takarmánycirokok termesztése és felhasználása. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 127 p.
23. KAPÁS S. (1969): Cirok. 210-216. In: Magyar növénynevelés.(Szerk.:KAPÁS S.) Akadémiai Kiadó, Budapest. 758 p.
24. KOHOUT Z. (2021): Vetőmag: hazánk még a top5-ben, de nagy harc indul holnap. Mezőhír. [Vetőmag: hazánk még a top5-ben, de nagy harc indul holnap - Mezőhír \(mezohir.hu\)](https://mezohir.hu)
25. KSH: Aszályval érintett területek. [15.1.1.39. Aszályval érintett területek \(ksh.hu\)](https://ksh.hu)
Letöltve: 2023. 04. 17.
26. KSH: Magyarország és Budapest időjárásának adatai. [15.1.1.37. Magyarország és Budapest időjárásának adatai \(ksh.hu\)](https://ksh.hu) Letöltve: 2023. 04. 17.

27. LAVY, T. L. – EASTIN, J. D.(1969): Effect of soil depth and plant age on 32 phosphorus uptake by corn and sorghum. *Agron. J.* 61 p. 677–680.
28. LIANG, G.H. – CHU, C.C – REDDI, N.S. – LINS, S. – DAYTON, A.D. (1973): Leaf blade areas of grain sorghum varieties and hybrids. *Agron. J.* 65 p. 456-459.
29. MYERS, D.F. – FRY, W.E. (1978): The Development of *Gloeocercospora sorghi* in Sorghum. *Phytopathology.* 68. 1147-1155.
30. ODVODY, GN. – MADDEN, D. B. (1984): Leaf-sheath blights of *Sorghum bicolor* caused by *Sclerotium rolfsii* and *Gloeocercospora sorghi* in South Texas. *Phytopathology* 74:264-268.
31. PECSENYE K.(2006): *Populációgenetika.* Pars Kft. Nagykovácsi. 401p.
32. PROM, K.L. – ISAKEIT, T. – CUEVAS, H. – ROONEY, L.W. – PERUMAL,R. – MAGILL,C. (2015): Reaction of Sorghum Lines to Zonate Leaf Spot and Rough Leaf Spot. *Plant Health Progress.* 230-234.
33. ROSENOW,D.T.(1992): Using Germplasm from the World Collection in Breeding for Disease Resistance. 319-324. In: *Sorghum and Millets Diseases: A Second World Review.* (Szerk: De Milliano, W.A.J.- Frederiksen, R.A.- Bengston, G.D.) ICRISAT. 370p.
34. QUINBY, J.R (1967): The maturity genes of sorghum. *Advances in Agronomy.* 19 p. 267-305.
35. QUINBY, J.R. (1975): The genetics of sorghum improvement. *J. Hered.* 66 p. 56-62.
36. QUINBY, J.R. – KARPER, R.E. (1945): The inheritance of three genes that influence time of floral initiation and maturity date in Milo. *J.Am. Soc. Agron.* 37 p. 916-936.
37. QUINBY, J.R. – KARPER, R.E. (1954): Inheritance of height in sorghum. *Agron, J.* 46 p. 212-216.
38. SURÁNYI J. (1954): *A takarmánycirkokról.* Mezőgazdasági Kiadó, Budapest.
39. SZAKÁL P. – SCHMIDT R. – KALOCSAI R. – GICZI ZS. (2014): A talajvizsgálati eredmények értelmezése. *UIS Ungarn Laborvizsgálati és Szolgáltató Kft., Nyugat-Magyarországi Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar Mosonmagyaróvár.*

40. TEARE, I.D. – KANEMASU, E.T. – POWERS, W.L. – JACOBS, H.S (1973): Water-use efficiency and its relation to crop canopy area, stomatal regulation and root distribution. Agron. J. 65 p. 207-211.
41. VARGA E. (2014): A vetőmag-előállítás világpiaci helyzete. Agronapló. [A vetőmag-előállítás világpiaci helyzete - Agro Napló - A mezőgazdasági hírportál \(agronaplo.hu\)](http://agronaplo.hu)
42. VILLAX Ö. (1947): Növénynevelés II. Magyaróvár. 432 p.
43. VINALL, H.N. – STEPHENS, J.C – MARTIN, J.H. (1936): Identification history and distribution of common sorghum varieties. U.S Dept. Agr. Tech. Bull. 506 p. 102.

ÁBRÁK, TÁBLÁZATOK JEGYZÉKE

1. ábra: A bugavirágzat megjelenése	10
2. ábra: A cirok virágzása	11
3. ábra: Szemescirok a teljes érés állapotában.....	12
4. ábra: A zónázott levélfoltosság kórokozójával fertőzött levélszél	16
5. ábra: Zónázott levélfoltosság tünete	21
6. ábra: Alfaseed Kft. cirok tenyészkertjének helye 2023-ban	22
7. ábra: Gloeocercospora sorghi által fertőzött levél.....	25
8. ábra: A koraiságnak, fertőzött tövek számának és fertőzöttség mértékének az ábrázolása "3D cubeplot"-ban.....	32
9. ábra: Vonalak fertőzött töveinek száma és gyakorisága.....	33
10. ábra: Vonalak fertőzöttség mértéke és gyakorisága	33
11. ábra: Vonalak koraiságának a gyakorisága.....	34
12. ábra: Hibridek fertőzött tövek számának a gyakorisága.....	34
13. ábra: Hibridek fertőzöttségének mértéke és gyakorisága	35
14. ábra: Hibridek koraiságának gyakorisága.....	35
15. ábra: Hibridek és vonalak közti különbség a koraiság szempontjából	36
1. táblázat: Időjárási adatok Karcagon 2023. március és augusztus között	24
2. táblázat: Genotípusgyakoriságok	26
3. táblázat: A vonalak néhány statisztikai mutatója	27
4. táblázat: A hibridek néhány statisztikai mutatója	28
5. táblázat: Domináns homozigóta (CC) állapothoz tartozó genotípus összgyakoriságok	29
6. táblázat: Domináns heterozigóta (Cc) állapothoz tartozó genotípus összgyakoriságok	30
7. táblázat: Recesszív homozigóta (cc) állapothoz tartozó genotípus összgyakoriságok ...	30