

DIPLOMADOLGOZAT

MOLNÁR ESZTER
Növényorvos

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Növényorvos MSc Szak

MAGYARORSZÁGI NAPRAFORGÓ-PERONOSZPÓRA
(*Plasmopara halstedii*) IZOLÁTUMOK VIRULENCIÁJÁNAK
ÉS AGRESSZIVITÁSÁNAK VIZSGÁLATA

Belső konzulens:	Dr. Bán Rita habil. egyetemi docens Arbnora Berisha Ph.D. hallgató
Készítette:	Molnár Eszter W3NHWI Növényorvos

Növényvédelmi Intézet
Integrált Növényvédelmi Tanszék

Gödöllő
2023

Tartalom

1. Bevezetés.....	3
2. Szakirodalmi áttekintés	4
2.1. A napraforgó jelentősége	4
2.2. A napraforgó-peronoszpóra	5
2.2.1. Jelentősége.....	5
2.2.2. Rendszertana	6
2.2.3. Tünetei.....	6
2.2.4. Kórokozó biológiája	7
2.2.5. A <i>P. halstedii</i> változékonysága, patotípusai.....	8
2.2.6. A napraforgó-peronoszpóra ellen való védekezési lehetőségek – integrált növényvédelem	9
3. Anyag és módszertan.....	12
3.1. A kísérletben alkalmazott napraforgó genotípusok	12
3.2. A <i>Plasmopara halstedii</i> izolátumok felszaporítása	12
3.3. Napraforgó-peronoszpóra az izolátumok agresszivitásának vizsgálata	14
3.4. Különböző napraforgó beltényesztett vonalak rezisztencia vizsgálata az egyes izolátumok szemben	15
3.5. Statisztikai elemzés.....	17
4. Eredmények és értékelésük	18
4.1. Két <i>P. halstedii</i> izolátum agresszivitásának vizsgálata a csírázás mértéke alapján.....	18
4.2. A sporangiumok csírázása és színe közötti összefüggés vizsgálata	20
4.3. Sporangiumok méretének változása a csírázás folyamán.....	22
4.4. A sporangiumok csírázás-méret kapcsolata.....	23
4.5. Izolátumok virulenciájának tesztelése különböző <i>Pl</i> géneket tartalmazó differenciáló vonalakon	26
4.4.1. I5-ös jelölésű izolátum	26
4.4.2. I9-es izolátum	27
4.4.3. I10-es izolátum	29
5. Következtetés és javaslat.....	32
6. Összefoglaló.....	35
Irodalomjegyzék:.....	37

1. Bevezetés

A naprafogó (*Helianthus annuus* L.) a világ egyik legfontosabb olajnövénye. Felhasználják étkezésre, ipari termékek előállítására, takarmányozásra, vetőmag előállításra és még sok másra. Hazánkban is kiemelt figyelmet érdemel nagy számú vetésterülete miatt.

A naprafogó egyik legjelentősebb betegsége, az *Oomycota* törzsbe tartozó napraforgó-peronoszpóra, *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl et de Toni (Gascuel et al., 2015, Bán et al., 2021). A legnagyobb kárt csírákorban okozza, de a későbbiekben is kihatással van a növény fejlődésére. A szikleveleken fehér bevonatú sporangiumok fejlődnek ki, lombleveles állapotban a leveleken a főér mentén klorózis, a fonáki részén pedig fehér bevonat képződik, a növények törpülnek, „káposztajelleget” mutatnak, a tányér fejlődése kis méretű lesz vagy elmarad.

A kórokozó nagyfokú varianciája miatt számos rassz alakult ki (Bán et al., 2016), Világszerte több, mint 50 patotípusa ismert (Spring et al., 2018; Spring, 2019). Magyarországon 2010-ig 5 patotípus volt jelen, az azt követő években megjelentek az agresszívabb patotípusok. A kórokozó több mint 85%-os termésvesztést is okozhat és az újonnan megjelenő patotípusok mellett, számolni kell a korábban meglévő patotípusok más régiókba való terjedésével is, így ez a kórokozó nagyban befolyásolja a termésvédelmet és a rezisztencia nemesítés költségeit (Doshi et al., 2020).

Az egyik leghatékonyabb védekezési mód a rezisztencia nemesítés, mivel az újonnan megjelenő patotípusok képesek „letörni” az ellenálló hibridek rezisztenciáját. A kórokozóval szembeni ellenállóságot a hibridekben az ún. *Pl* gének biztosítják, ezek közül a legjelentősebb között tartják számon a *Pl₆*-os és a *PlArg* gént (Bán et al., 2016). A hatékony rezisztencia nemesítés érdekében fontos a kórokozó elterjedésének és rassz-összetételének évről-évre történő vizsgálata (Bán et al., 2016).

Ennek ismereteiben a munkám célja az volt, hogy adatokkal szolgáljak néhány, Magyarországról származó *Plasmopara halstedii* izolátum virulencia fenotípusához, elsősorban a *Pl₆*-os és a *PlArg* rezisztencia géneket tartalmazó napraforgó vonalakon. Mindezek mellett célom volt tesztelni az izolátumok agresszivitását, elsősorban a sporangiumok csírázása alapján.

2. Szakirodalmi áttekintés

2.1. A napraforgó jelentősége

A *Helianthus* nemzetség Észak-Amerika nyugati részéről származik és nagyjából 50 faj tartozik ide, melyek elterjedése változó (Seiler és Rieseberg, 1997). Mivel nagyon jó az alkalmazkodó képessége, így meglehetősen változatos élőhelyeken fordul elő.

Termesztésének céljai a felhasználástól függően lehet olaj, étkezési és dísznövény termesztés. Világviszonylatban fejlődő tendenciát mutat a vetésterülete, az utóbbi években több mint 29 millió hektáron vetettek, a termés mennyiség pedig 19 ezer kg/ha volt ([http1](#)). A világ olajmag-termelésének körülbelül 12%-át adja. Legjelentősebb termelő országok közé Ukrajna, Oroszország, Argentína, Románia és Kína tartoznak.

Európában elsőként dísznövényként termesztették az 1500-as években (Frank, 1999), majd az 1800-as évek elején megkezdődött az étkezési olaj kinyeréséért történő termesztése. Az elmúlt években vetésterülete 19 millió hektár volt, amelyről 42 millió tonnát takarítottak be ([http1](#)).

Magyarországon már évszázadok óta honos, viszont a szántóföldi termesztése csak a XX. században kezdődött. A legjelentősebb olajnövényünknek számít, 2021-ben 653 ezer hektáron termesztettek 1,8 millió tonna (6 tonna/ha) betakarított terméssel. Termőterület szempontjából a harmadik helyet foglalja el a kukorica és búza után ([http2](#)), ami évről évre növekedik. Világszinten Magyarország a jelenlegi termés mennyiségével a kilencedik helyet foglalja el.

Magyarországon a napraforgót olajtartalma végett felhasználjuk étolaj, margarin gyártásra, kozmetika termékek, bioetanol előállítására. Mivel ennek a termesztési célnak van a legnagyobb jelentősége, így az olajnapraforgó fajták jóval nagyobb termőterületet foglalnak el, mint az étkezési napraforgó (Lu & Hoeft, 2008). Ezeket a fajtákat olajsav tartalmuk alapján három csoportba különíthetjük el: linolén savas, közepes olajsavas és magas olajsavas fajtákra. A linolénsavas fajták a környezeti hatástól függően 45-70% közötti linolénsav tartalommal rendelkeznek, amely ideális a margarin gyártásra. Étolaj gyártásra használják a közepes és magas olajsav tartalmú fajtákat, amelyek olajsav tartalma 55-75%, valamint 85-95% körül van (Fernández-Martínez et al., 2009).

A napraforgó további jelentős szerepe a takarmányozásban, a magas fehérje tartalma miatt, az étkezésben és a méz előállításban, nektárt adó kultúrnövényként van szerepe. Takarmányként leginkább az olajgyártásból visszamaradt mellékterméket az olajpogácsát és darát hasznosítjuk, kisebb jelentőséggel bír a zöldtakarmányként való hasznosítása. Étkezési célra az alacsony olajtartalmú fajtákat használjuk, melyek olajtartalma 20% körül van. Ezeket a fajtákat elkülöníthetjük szemméret alapján. A nagyméretű magok kerülnek emberi fogyasztásra, a kisebb méretűek pedig kisállateledelként értékesíthetők (Lu & Hoeft, 2008).

2.2. A napraforgó-peronoszpóra

2.2.1. Jelentősége

Mivel a napraforgó sokrétű felhasználással bír, éppen ezért is kiemelt figyelmet kell fordítani a terméskiesést okozó károsítókra. Az egyik ilyen károsító a napraforgó-peronoszpóra, kórokozója a *Plasmopara halstedii*, amely a bekövetkezett terméskiesések nagy részéért világszerte felelős (Gascuel et al., 2015). A vetőmagtermesztésben tapasztalt veszteségek átlagosan 3,5%, de egy erőteljes fertőzés esetén akár 100%-os is lehet a terméskiesés (Bán et al., 2021).

A nagy károkozás mellett azért is érdemel kiemelt figyelmet fordítani erre a kórokozóra, mert nagyfokú változékonysággal bír, emiatt nehéz az ellene való védekezés, továbbá a talajból vagy kaszatóból elsődlegesen fertőzött növények már nem gyógyíthatóak és életképtelen kaszatok képződnek (Virányi és Gulya, 1995, Bán et al., 2014). A kaszatok segítségével nagy távolságra képesek eljutni, emiatt a vetőmag szállítása szigorúan szabályozott és vizsgálatköteles. Az Európai Unió területén karantén kórokozóként tartották számon, de jelentős elterjedése miatt 2019-től a legtöbb európai országban szabályozott, nem karantén kórokozók (RNQP: regulated non-quarantine pest) közé tartozik (Bán et al., 2023).

A megbetegedés jelentkezhet látens formában is, de akár a növénypusztulásához is vezethet. A tünetmentes megbetegedés azért is veszélyes, mert a kórokozó észrevétlenül képes szaporodni, áttelelni és új virulencia változatokat kialakítani (Heller et al., 1997).

2.2.2. Rendszertana

A napraforgó-peronoszpóra eukarióta gombaszerű szervezet (Dick, 2001), amelyet először 1876-ban Halsted figyelt meg Észak-Amerikában *Eupatorium purpureum* gyomon (Nishimura, 1922), majd az 1940-es években került be Európába. Röviddel ezután már Magyarországon is megtalálták (Bán et al., 2014). Rendszertani besorolás szerint a Stramenophyla ország, Oomycota törzsébe, illetve Oomycetes osztályának Peronosporales rendjébe és annak a Peronosporaceae nemzetségébe tartozik.

A kórokozót Farlow 1883-ben írta le *Peronospora halstedii* Farl. néven (Virányi & Spring, 2011), amit később 1888-ban *Plasmopara halstedii* (Farlow) Berl. et de Toni névre módosítottak (Sackston, 1981a). Hazánkban 1949-ben jelent meg (Podharadszky, 1954).

Novotelnova (1962) morfológiai és patogenitás kísérletek alapján, különbséget tett a *Plasmopara helianthi* és az eredetileg *Eupatorium*-on megfigyelt *P. halstedii* faj között. Ezért is találkozhatunk mindkét névvel az egyes irodalmakban, de az utóbbit fogadták el széleskörben.

2.2.3. Tünetei

A napraforgó-peronoszpóra a legnagyobb kárt csírákban okozza, de a későbbiekben is kihatással van a növény fejlődésére. A megbetegített növény elmarad a fejlődésben vagy akár el is pusztulhat.

A tünetek kezdetben a szikleveleken, később a valódi levelek jelentkeznek. A lomblevelek színén a főér mentén klorózis, a fonáki részén pedig fehér bevonat képződik, majd innen terjed az oldalerek irányába. Ezen a fehér bevonatos részen találhatóak a sporangiumtartók a sporangiumokkal (ivartalan szaporítóképletek). A növény törpül, de kifejleszti az egészséges növényekre jellemző levélszámot, ami miatt „káposztajelleget” mutatnak. A tányér fejlődése elmarad, vagy csak kis méretű lesz, amiben steril kaszatok fejlődnek (Gascuel et al., 2015).

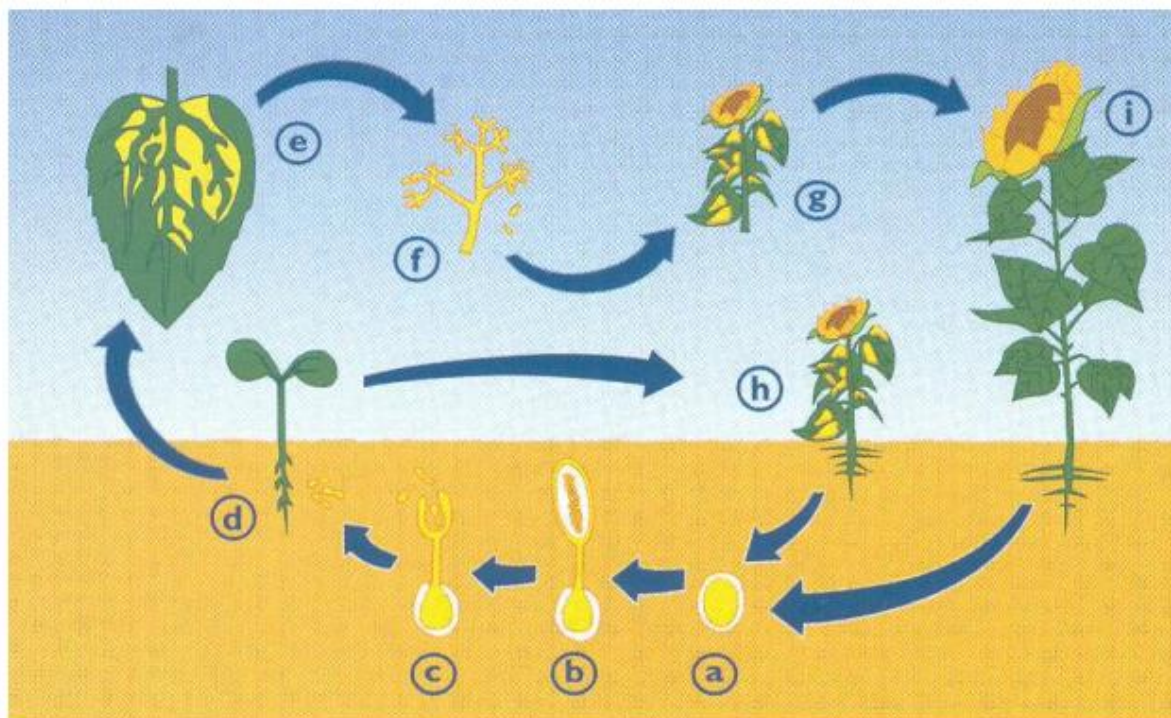
2.2.4. Kórokozó biológiája

A napraforgó-peronoszpóra vegetatív tenyésztése cönocitikus micélium (harántfal nélküli hifák szövédéke), szaporodáskor harántfalak is képződnek. Oomicéta, amely képes ivartalan és ivaros szaporodásra is, szaporodási ciklusa egyetlen ivaros nemzedékből és egy vagy két ivartalan nemzedékből áll (Delmotte et al., 2008). Női ivarszerve az oogónium, hím ivarszerve az anterídium, ivaros szaporodása az oogámia, ebben az esetben oospórát képez (Virányi, 1992). Homotalliás szaporodás jellemző rá, tehát az ivarszervek ugyanazon a telepen találhatóak meg. Szaporodása 12 °C felett indul meg, amihez nedvességre van szükség. A vegetációs időben jellemző ivartalan szaporodása során egyetlen makrosporangiumot fejleszt, amelyben rajzospórák (zoospórák) képződnek (Virányi, 1988, Spring et al., 1998), ezek fertőzik meg a talajon keresztül a növény gyökeret és a hipokotilt (Allard, 1978).

Biotróf szervezetként csak élő növényen képes a fennmaradásra és szaporodásra, tehát a megtámadott növényt sanyargatja, de nem pusztítja el. Éppen ezért a megbetegedett növények a teljes vegetációjuk alatt fertőzési források lehetnek (Bán et al., 2017). Bizonyítottan 35 növényfajta körülbelül 80 fajt képes megbetegíteni az *Asteroidae* és *Cichorioidae* alcsaládon belül (Leppik, 1996; Schneiter et al., 1997). Gazdasági szempontból a termesztett napraforgó (*Helianthus annuus*) a kiemelt gazdanövénye viszont fontos rezisztencia forrásnak tekinthetőek a vad *Helianthus* fajok, mivel ezek nem minősülnek gazdanövénynek, hozzávetőlegesen 12 faj tartozik a kórokozó gazdanövényei közé (Zimmer, 1974; Bán et al., 2014). Nagy genetikai variabilitása miatt folyamatosan új patotípusok fordulnak elő, éppen ezért is nehéz az ellene való védekezés.

Áttelelni a talajba visszakerült növényi maradványokon képes az oospórákkal (1. ábra, a.), ami akár 6-8 évig is képes megőrizni az életképességét, vagy micéliummal a kaszatok belsejében (Pálinkás et al., 2018). A fertőzési folyamatot okozhatja az oospóra vagy esetleg a micélium, ami megfelelő környezeti feltételek és fogékony gazdanövény mellett képes a növény infekciójára. A folyamat tavasszal, az oospóra kicsírázásával indul, amelyhez csapadékra, párára és hűvösebb klímára van szükség, a legkedvezőbb 14-19 °C közötti hőmérséklet. Miután az oospóra kicsírázott sporangiumtartót, benne sporangiumot (1. ábra, b.) fejleszt. A sporangiumokban rajzospórák képződnek (1. ábra, c.), amelyek a talajban a gyökerek irányába terelődnek/ úsznak a flagellumaik segítségével (1. ábra d.). Ehhez nagy mennyiségű csapadékra van szükség. A gyökérszőrökre tapadva elveszítik a flagellumaikat és átalakulnak cisztospórává. Majd csíratömlőt fejlesztenek, aminek segítségével behatolnak a gyökérszörbe.

Az áthatolást követően hausztórium segítségével jut tápanyaghoz, amely a sejtekbe hatol, a sejtközi járatokban pedig micéliummal terjed. Ez a micélium képes egészen a levelekig (1. ábra e.) terjedni, ahol a légzőnyílásokon keresztül a felszínre jut és sporangium tartókat fejleszt (1. ábra f.), benne rajzospórák képződnek (Gasquel et al., 2015).



1. ábra *A Plasmopara halstedii* életciklusa (Syngenta katalógus, Virányi F. nyomán)

a.) oospóra, b.) makrosporangium, c.) kiszabadult rajzospórák, d.) növény megfertőzése, e.) klorotikus foltok, f.) sporangiumtartók a fonákon, g.) tünetek, másodlagos levélfertőzés megjelenése, h.) törpülés, másodlagos levéltünetek megjelenése, i.) egészséges növény megfertőzése

2.2.5. A *P. halstedii* változékonysága, patotípusai

A napraforgó-peronoszpóra patotípusainak száma világszerte folyamatosan növekszik, sőt az elmúlt évtizedben felgyorsult. Míg korábban Gulya (2007) 35 patotípusról számolt be, azóta több mint 50 patotípusa ismert (Spring et al., 2018; Spring, 2019). Az elmúlt 7 évben Európában legalább 24, Amerikában pedig 40 fajt azonosítottak (Bán et al., 2021).

A közelmúltban Európa egyes területein a *P. halstedii* új, globális és rendkívül agresszív patotípusait azonosították. Az újonnan megjelenő patotípusok mellett, számolni kell a korábban meglévő patotípusok más régiókba való terjedésével is. Ez kihívást jelent a korábbi rezisztenciagénekkel rendelkező napraforgó hibridek termesztésében (Enchev et al., 2014; Iwebor et al., 2016).

Magyarországon 2010-ig 5 patotípus volt jelen, az azt követő években megjelentek az agresszívabb patotípusok. Rudolf et al. (2011) arról számolt be, hogy 2010-ben Magyarország délkeleti részén találtak egy új patotípust, a 704-est. Ez a következő években nagyon elterjedt (Virányi et al., 2015), mert a gazdák zömmel olyan hibridet termesztettek, amelyek a *Pl6*-os gént tartalmazták és ez hatástalan az újabb, agresszívabb változatokkal szemben (Bán et al., 2013) (2. ábra).

2013-ban újabb patotípust, a 714-et mutatták ki az ország keleti részén (Bán et al., 2014a, b). Ekkor a kórokozók populációja Magyarországon 7 patotípusból állt, ahol továbbra is a 700 és a 730-as patotípusok domináltak (Virányi et al., 2015). Majd 2017-ben azonosították a 724-es patotípust. Ez volt az első leírás Magyarországon és világszerte is (Bán et al., 2018).

Nisha et al. (2021) elsőként azonosította Közép-Európában és Magyarországon három különböző régióban a 734-es patotípust, amelynek jelenléte már korábban is felmerült, valamint az Egyesült Államokban és Oroszországban már elterjedt volt (Iwebor et al., 2018). Ez, a 704 és 714-es változatok mellett ugyancsak képes megbetegíteni a *Pl6* és *Pl7* rezisztencia génnel rendelkező hibrideket. Az új rezisztencia gének monitorozása és beépítése a napraforgó hibridekbe elengedhetetlen lépés a jövőbeni *P. halstedii* elleni védekezésben is (Nisha et al., 2021).

2.2.6. A napraforgó-peronoszpóra ellen való védekezési lehetőségek – integrált növényvédelem

A napraforgó-peronoszpóra ellen, úgy mint a kultúrnövény más károsítóival szemben is elsősorban az integrált növényvédelem alapjait kell alkalmazni. Első lépés a tábla helyes megválasztása. Javasolt a mélyfekvésű területek kerülése, amely kedvez az egyes kártevők felszaporodásának és kórokozók megjelenésének.

Vetés előtti teendők közé sorolják a vetésforgó kialakítását, amely egyrészt fontos a napraforgó számos kártevője miatt, másrészt a kórokozók végett is. A napraforgó-peronoszpóra szempontjából a legfontosabb a vetésváltás betartása, mivel egy nagyon variábilis kórokozóról van szó, ez az időtartam minimum 4 év. Továbbá jelentős a talajművelés és tápanyag-utánpótlás megválasztása. A talajmunkák elengedhetetlenek az áttelelő kártevők és áttelelő kórokozó képletek miatt, valamint a gyomszabályzó hatása is van. A helyes tápanyag megválasztás nagy szerepet játszik a kórokozókkal szembeni ellenállóságban. Majd a tarlóápolás kap szerepet a gyomszabályozásban és az egyes rezervoár növények visszaszorításában. Vetés előtt a megfelelően elkészített magágy elősegíti a csíranövények gyors fejlődését, ezáltal rövidebb ideig lesz kitéve a csírákori károsítóknak (Pálinkás et al., 2018).

Vetés előtt kiemelt figyelmet kell fordítani a fémzárolt, egészséges, kórokozóktól mentes vetőmag és fajta/hibrid megválasztásban. A napraforgó-peronoszpóra esetében rendelkezésünkre állnak rezisztens fajták/hibridek, mivel az állami elismerés feltétele, hogy a hibrid rezisztens legyen a 2010 előtt hivatalosan elismert 5 rasszal szemben. Ezekben a fajtákban megtalálható a vadon élő *Helianthus* fajokból származó *Pl* rezisztencia gének, amelyek ellenállóvá teszik a fajtákat a kórokozóval szemben. Több mint 20 *Pl* gén áll a nemesítők rendelkezésére, amelyek rezisztenciát biztosítanak egy vagy akár több patotípussal szemben (*Pl1*, *Pl2*, *Pl5-Pl8*, *Pl9*, *Pl13-Pl16*, *Pl21*, *PlArg*, stb.) (Gascuel et al, 2015). A *Pl* gének által biztosított rezisztencia két típusát írták le a napraforgóban: az I. típusú rezisztencia a tünetek hiánya jellemzi, így tehát a sziklevélen sem jelenik meg a sporuláció; A II-es típusú rezisztencia (CLI: cotyledon limited infection) a sziklevelekre korlátozódó gyenge sporulációs tünetek jellemzik, ez esetben a tünetek nem terjednek a növény felsőbb részébe, így a valódi leveleket sem éri el (pl.: *Pl5*-ös gén) (Mouzeyar et al., 1994). Az egyes napraforgó vonalak közül kiemelkedően fontos az RHA-419 (2.ábra), amely minden patotípussal szemben rezisztenciát mutat. A legújabb 724-es patotípussal szemben a napraforgó hibridek reakciója még ismeretlen. Továbbá kiemelhető még a 803-1, PM17, HAR-4, QHP-1, VAQ vonalak, ezek a Magyarországon előforduló patotípusok zöme ellen rezisztensek (Bán et al., 2018).

Napraforgó beltenyésztett vonalak		P. hastedii rasszok																		
Fajta vonalak	Ismert <i>PI</i> R gének	100 10	300 10	304 10	304 30	307 51	314 30	330 42	334 53	700 60	703 60	704 71	707 71	710 60	714 71	717 71	730 60	774 73		
Ha-304	No <i>PI</i> gene	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
RHA-265	<i>PI1</i>	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
RHA-274	<i>PI2/PI21</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
PMI3	<i>PI_{PMI3}</i>	R	R	R	R	R	S	S	S	R	R	R	R	S	S	S	S	S	S	S
PM17	<i>PI5</i>	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S	S
803-1	<i>PI5 +</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
HAR-4	<i>PI₁₅</i>	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	R	S	R	R	S	R	R	R	R
QHP1	<i>PI1/PI₁₅</i>	R	R	R	R	S	R	R	R	R	S	R	S	R	R	S	R	R	R	R
Ha-335	<i>PI6</i>	R	R	S	S	S	S	R	S	R	S	S	S	R	S	S	R	S	R	S
Y7Q	<i>PI6 –</i>	S	S	S	S	S	S	R	S	R	R	S	S	R	S	S	S	R	S	S
PSC8	<i>PI2</i>	R	R	R	S	R	S	R	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
XA	<i>PI4</i>	R	R	R	R	S	R	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S	S
PSS2RM	<i>PI6/PI21</i>	R	R	R	R	S	R	R	S	R	R	S	S	R	S	S	R	S	R	S
VAQ	<i>PI5</i>	R	R	R	R	R	R	S	S	R	R	R	R	R	R	R	R	R	S	S
RHA419	<i>PI_{Arg}</i>	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R	R

2. ábra Az egyes napraforgó vonalakban található *PI* gének és a napraforgó-peronoszpóra patotípusok elleni rezisztenciája (Gascuel et al, 2015), R: rezisztens, S: angolból eredő susceptible, azaz fogékony

Vetésnél fontos az optimális vetésidő, vetésmélység és tőszám beállítása, ugyanis a korábbi és mélyebb vetés egy csapadékosabb idő esetén kedvez az egyes csírákori betegségeknek, köztük a peronoszpórának is. Továbbá ajánlott a biológiai talajkezelés, amely hatékony lehet a peronoszpóra oospórái ellen is (Pálincás et al., 2018).

Szikleveles növénynél kiemelt megbetegedésnek számít a peronoszpóra, amely vetést követően 4-6 héten belül következhet be, főleg csapadékos, hűvös időjárás esetében. A kultúrnövény 4-6 leveles állapotában mutatkozik meg leginkább a napraforgó-peronoszpóra tünete. E két fejlődési stádiumban, ha a tünetek megjelentek, akkor már megkészt a védekezés, így leginkább a megelőző védekezésnél kell figyelmesnek lennünk (Pálincás et al., 2018). A növény további fenológiájában már nem lesz olyan jelentős a napraforgó-peronoszpóra fertőzés, így nem is nagyon szükséges az ellene való védekezés.

Rendelkezésünkre állnak más alternatív módszerek, ilyen az indukált rezisztencia alkalmazása, amely egy ígéretes alternatív megoldás az agrotechnikai, genetikai és kémiai védelem mellett. Ez a megoldás növényi aktivátorok segítségével alakítható ki (Körösi et al., 2016). Illetve a hatékony rezisztencia nemesítés érdekében fontos a napraforgó peronoszpóra patotípusok elterjedésének vizsgálata és a rassz-összetétel nyomon követése (Bán et al., 2016).

3. Anyag és módszertan

3.1. A kísérletben alkalmazott napraforgó genotípusok

A kísérletekhez alkalmazott napraforgó genotípusok a következők: Iregi szürke csíkos, HA-335, RHA-419.

Az Iregi szürke csíkos, hazai körülmények között jelentős szerepet játszik. Alacsony, 32-34%-os olajtartalmú fajta. Termesztését elsősorban madáreleségként vagy ökológiai gazdálkodásban javasolják (<http> 3). Kísérleteinkben egyrészt az inokulum felszaporításához, másrészt kontroll növényként lesz számottevő, mivel a napraforgó-peronoszpórával szemben nem rendelkezik rezisztencia génnel, így minden patotípussal szemben fogékony.

Továbbá a rezisztencia vizsgálathoz olyan vonalakat választottuk, melyek alkalmasak voltak kompatibilis és inkompatibilis kapcsolatra. Ilyen vonalak a HA-335, RH-419. A HA-335 vonal *Pl6*-os rezisztencia gént tartalmaz, míg az RH-419-es *PlArg* rezisztencia gént, ezek a fentiekben ismertetett patotípusok ellen nyújtanak védelmet (2. ábra).

3.2. A *Plasmopara halstedii* izolátumok felszaporítása

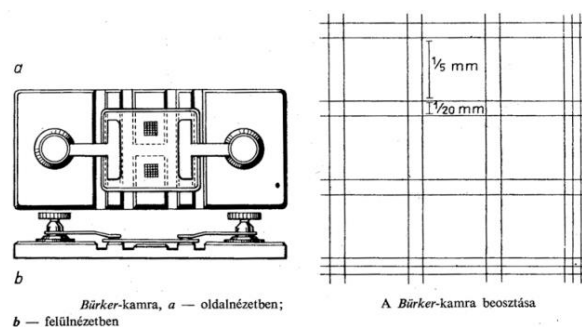
A vizsgált izolátumokat Magyarország keleti részéből gyűjtötték a MATE Növényvédelmi Intézet munkatársai. A mintákat felhasználásig ultramélyhűtőben, -70 °C-on tárolták. A rezisztencia vizsgálásra az I5, I9 és I10-es számozású izolátumokat használtuk. Az agresszivitási vizsgálathoz pedig az I1 és I3 izolátumokat.

3.2.1. A magvak csíráztatása

Első lépésként főzőpohárba számoltunk 350 db napraforgó magot, amelyeket 6 percig hypos vízben (NaOCl 1.5 %-os oldata) fertőtlenítettünk a mag felületén lévő kórokozók/szaprofiták elpusztítása végett. Ezt követően csapvízzel leöblítettük, majd a magokat szűrőpapírra helyeztük és 19 °C-on 2-3 napig csíráztattuk a genotípustól függően.

3.2.2. Az inokulum koncentrációjának beállítása

A tárolt izolátumok (fertőzött levelek) egy részét főzőpohárban, bidesztillált vízben lemostuk (6. ábra). Az így kapott sporangium szuszpenzió koncentrációját Bürker-kamra (3.ábra) segítségével állítottuk be. A Bürker-kamra rácsaiban számoltuk meg a sporangiumokat átlósan (összesen 4 átló mentén). Csak az életképes sporagiumokat számoltuk, amelyek világos barna színűek.



3. ábra *Bürker-kamra kinézete*

Az alábbi képlet segítségével kiszámoltuk az oldat százalékos koncentrációját:

$$\frac{X+Y+Z+R}{48} \times 250\,000$$

ahol X, Y, Z, R a négy átlóban lévő sporangiumok összegét jelenti.

3.2.3. A csíranövények inokulálása

A kicsírázott magokat Petri-csészébe raktuk, perlitbe ültettük. Két-két petricsészét használva mindegyik beérkezett mintához, benne 25-25 db maggal. Az inokulummal felöntöttük a Petri-csészéket úgy, hogy a magok ússzanak. Majd 1-2 napon át sötét, hűvös (kb- 16-17 °C) helyen tartottuk, hogy megtörténjen a megfertőződés.

3.2.4. Növénynevelés

Ezt követően cserepekbe ültettük a csíranövénykéket. Egy cserépbe 5 magot raktunk, egy fajta inokulumhoz pedig 10 cserép tartozott, ezek egy magasított falú tálcába kerültek. Perlitet használtunk az ültetéshez, ez biztosította a szükséges nedves közeget a csírák fejlődéséhez. A növényeket fitotronban, 21 °C-on, szabályozott megvilágítást kaptak (12-12 órás fotóperiódus) és kétnaponta ellenőriztük a vízmagasságot

Két nap múlva 100mg/ 1L vízben tápoldatot juttatunk ki, 1 ml / palánta mennyiségben, mivel a perlitben nincsenek a növény számára felvehető és a fejlődést szolgáló tápanyagok. A csíranövények.

3.2.5. Sporuláltatás

A sporuláltatás 8-9 nappal az inokulációt követően végeztük. Bidesztillált vízzel megpermeteztük (21 spriccelés) a növényeket és a tálca fedelét is, majd lefedtük és fekete zacskóban lezártuk. Egy éjszakán át hagytuk, hogy megtörténjen a sporuláció (19 °C-on). Másnap a szikleveleken kialakuló fehér sporangium bevonat jelezte a sporuláció sikerességét.

3.2.6. Fertőző anyag begyűjtése és inokulum tárolása

Kisolló segítségével levágtuk azokat a leveleket, amelyek sporuláltak. A levágott leveleket Petri-csészébe raktuk, ami szűrőpapírral volt kibélelve, hogy felszívja a vízcseppeket. Pár percig tartottuk a szabad levegőn, míg a nagyobb vízcseppek elpárolognak, ezzel elkerülve a fagyasztás során kialakuló kristályosodást, amely roncsolja a kórokozó szöveteit. Ezt követően lezártuk a Petri-csészéket, rögzítettük gumik segítségével és a fagyasztószekrényben -70 °C-on tároltuk a későbbi felhasználáshoz.

3.3. Napraforgó-peronoszpóra az izolátumok agresszivitásának vizsgálata

Ebben a kísérletben mikroszkóp segítségével az I1 és I3 izolátumok spóráinak csírázását vizsgáltuk meghatározott időbe. Egy mérés során 400, illetve 200 ismétlést végeztünk, 200 000 db sporangium/ml koncentrációjú szuszpenziót használva.

Tárgylemezre helyeztünk egy-egy csepp inokulumot jobb és bal oldalt, ezek megfigyelése során véletlenszerűen 50-50 sporangium jellemzőit írtuk le. A mérés egy teljes napot vett igénybe.

A szuszpenzió készítése után eltelt idő, amikor a felvételezések történtek: 0, 3, 6, 12, 24 óra. Figyeltük a sporangiumok színét, telítettségét és lemértük a sporangiumok hosszúságát (4. ábra). A telítettségen belül 4 kategóriát különítettünk el és ezeket számokkal kategorizáltunk. 0-tól 3-ig történt a számozás. 0-nak felelt meg a fertőző anyaggal telített sporangium, tehát még nem kezdődött meg a csírázás (rajzospórák kiszabadulása), 1-nek, ha már megkezdődött, viszont még az 50%-os fogatkozást nem érte el. 2-es jelölést kapott az a sporangium, melynek csírázása már elérte vagy meghaladta az 50%-os fogat, tehát a benne található zoospórák

résaránya kevesebb vagy egyenlő volt 50%-al. Legvégül pedig 3-as számmal illettük az üres sporangiumokat (5. ábra).



4. ábra *Sporangiumok mérése*



5. ábra *Sprangiumok számozása telítettség alapján*

- A- 0- telített
- B- 1- 50%-nál több fertőző anyagot tartalmaz
- C- 2- 50%-nál kevesebb fertőző anyagot tartalmaz
- D- 3- üres

3.4. Különböző napraforgó beltenyésztett vonalak rezisztencia vizsgálata az egyes izolátumok szemben

3.4.1. Fajta kiválasztás, csíráztatás és fertőző anyag előállítás

A kísérletben különböző rezisztencia géneket tartalmazó beltenyésztett napraforgó vonalakon (ld. 3.1. fejezet) teszteltük az izolátumok virulenciáját. A csíráztatás és inokulum előállítás lépései nagyban hasonlítanak az inokulum felszaporításánál alkalmazottakhoz (ld. 3.2.1.; 3.2.2. fejezet).



6. ábra *Szuszpenzió készítése*

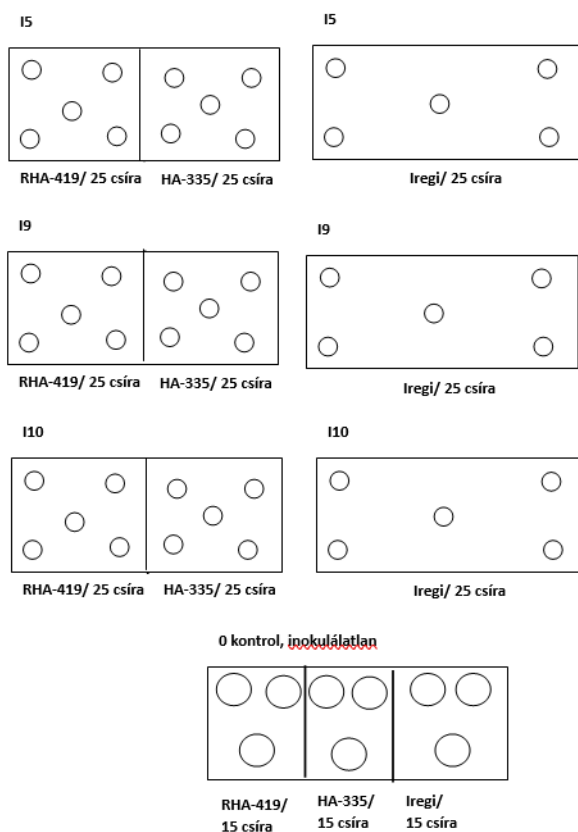
3.4.3. Csíranövények inokulálása

A csírázott magokat Petri-csészébe raktuk. Egy-egy petricsészébe 25 magot számoltunk izolátumonként, kontrollnak pedig 15-öt.

A felhígított inokulummal felöntöttük a hozzá tartozó Petri-csészéket, míg a magok úszni kezdtek. Majd 2 napon át sötét, hűvös (kb- 16-17 °C) helyen tartottuk, hogy megtörténjen a megfertőződés. A növénynevelés a fentebb említett módon történik (ld. 3.2.4. fejezet)

3.4.4. A kísérlet beállítása

Ezt követően tálcákba ültettük a fertőzött csíranövénykéket. Egy tálcán belül minden napraforgó vonalból 5 cserépbe, 5 csíra került, a kontroll esetében 3 cserépbe került 5-5 csíra (7. ábra). A magokat kórokozó mentes perlitbe ültettük, ez biztosította a szükséges nedves közeget a csírák megfelelő fejlődéséhez.



4. ábra Kísérlet elrendezése

Jelmagyarázat: RHA, HA-335, Iregi napraforgó genotípusok. I5, I9, I10: *P. halstedii* izolátumok. Téglalap jelöli a tálcákat, a körök pedig a cserepet.

3.2.5. Sporuláltatás és a fertőzöttség értékelése

Általában az ültetéstől számított 8-10 nap után, amikor a növények elérték a megfelelő fejlettséget (a valódi levelek megjelentek, 1-2 mm nagyságúak), elvégeztük a sporuláltatást (ld. 3.2.5 fejezet).

Az első értékelés az inokulálást követő 10. vagy 11. napon történt, ekkor még csak a sziklevél figyelhető meg. A második értékelés az ültetés utáni 23. napon történt, ilyenkor már a legtöbb növényeken a valódi levelek fejlődésnek indultak és már látható, hogy a kórokozó képes-e megbetegíteni a valódi leveleket. A harmadik értékelés az ültetéstől számított 30. napon történt, amikor már minden növényen kifejlődtek a valódi levelek és megbecsülhető a kórokozó hosszútávú kártétele. A megfigyelés során elkülönítettük az egészséges és megbetegedett növényeket. Minden olyan palánta, amely mutatta a kórokozó tüneteit megbetegedett növénynek számított. Ebbe a kategóriába kerültek a hiányzó és kipusztult növények is, mivel életképes csírákat fertőztünk meg, így a hiányzást nem okozhatta egyéb élettani probléma. A kipusztulás, damping-off, jellegzetes tünete az elfeküdt nekrotikusan elhalt növény. Továbbá figyeltük a sporangium bevonatot és összehasonlítottuk a magasságot.

3.5. Statisztikai elemzés

A rezisztencia és agresszivitás megfigyelés kísérletből kapott adatokat Excel táblázat segítségével dolgoztuk fel, majd az agresszivitás vizsgálat adattáblázata egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) segítségével került feldolgozásra, Minitab 18 statisztikai programcsomaggal.

A sporangiumok csírázási-méret kapcsolat adatai Pearson-féle korrelációval elemeztük.

4. Eredmények és értékelésük

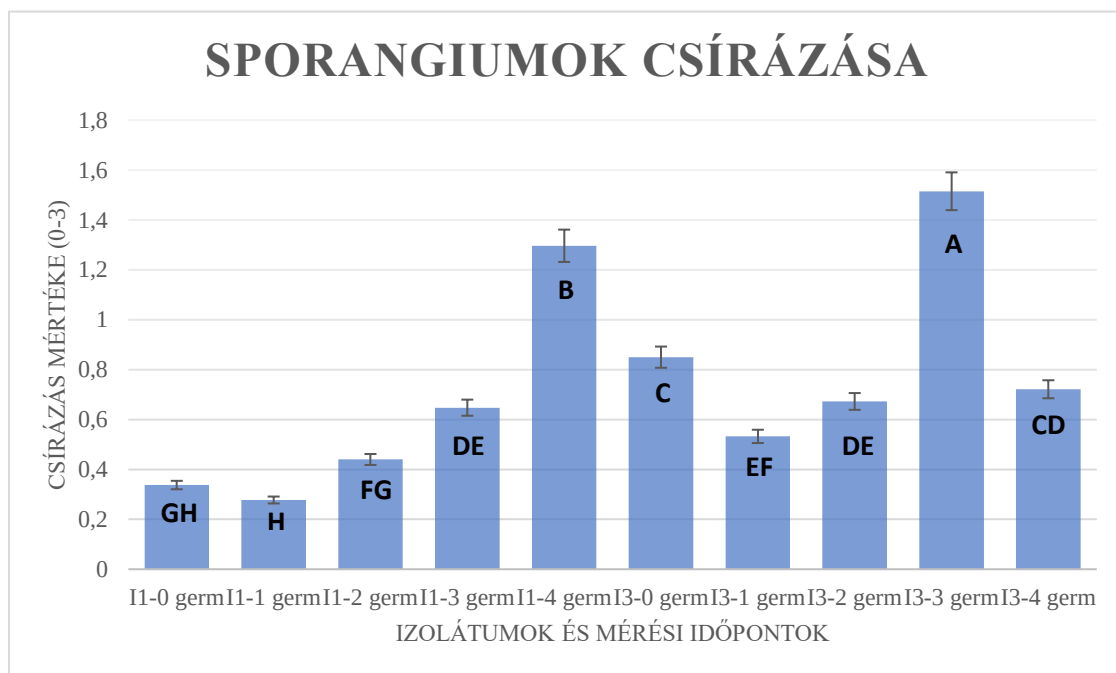
4.1. Két *P. halstedii* izolátum agresszivitásának vizsgálata a csírázás mértéke alapján

A 8. ábra alapján az I1 izolátum kontroll (I-0 germ) és a három órával későbbi mérés (I1-1 germ) szignifikánsan eltér az összes többi időpontban mért eredményeitől, mivel ebben a két esetben volt a legalacsonyabb a sporangiumok csírázása. 3 órával később az I1-1 mérés esetében kisebb eltérést volt tapasztalható, mivel ekkor kevesebb sporangium csírázott, mint a 0. időpontban, viszont a két felvételezés között nem volt szignifikáns különbség. 6 óra elteltével a második mérés (I1-2 germ) alkalmával az elvártaknak megfelelően nőtt a csírázó sporangiumok száma, a többi méréshez képest szignifikáns eltérés nincs. A csírázás intenzitása folyamatosan növekedett a harmadik (I1-3 germ) mérésnél, viszont az előző méréshez képest nincs szignifikáns különbség. Az utolsó, negyedik mérés (I1-4 germ) esetében szignifikáns eltérést látható az összes többihez viszonyítva, ez alkalommal volt a legtöbb kiürült sporangium.

Az első két felvételezési időpontban a sporangiumok csírázási mértéke között nem volt szignifikáns különbség. A további mérések során az idő előrehaladtával szignifikánsan nőtt a csírázott sporangiumok aránya. Az eltelt órákat figyelembe véve az I1 izolátum esetében a sporangiumok csírázása az első (I1-1 germ) és második (I1-2 germ) mérés között volt a legintenzívebb, mivel ekkor 3, míg a második (I1-2 germ) és harmadik (I1-3 germ) mérés között 6 óra, illetve az utolsó (I1-4 germ) ellenőrzés esetében egy teljes éjszaka (12 óra) telt el a korábbi méréstől számítva.

Az I3 izolátum kontroll (I3-0 germ) mérése szignifikánsan eltér az összes többi mérés eredményeitől, mivel a vártnál jóval nagyobb volt a csírázásnak induló sporangiumok száma, ami az első (I3-1 germ) mérésre jelentősen lecsökken, hasonlóan az I1 izolátumnál tapasztaltakhoz. Hat órával az izolátum készítése után, a második mérés (I3-2 germ) alkalmával, szintén az előző izolátumhoz hasonlóan, növekedett a csírázó sporangiumok száma és nincs szignifikáns különbség a többi méréshez viszonyítva. A harmadik (I3-3 germ) mérés esetében szignifikáns eltérés látható, ebben az esetben nagyon intenzív volt a csírázás. A negyedik (I3-4 germ) mérés az előzőhöz képest jelentősen eltér, viszont a kiindulási ponthoz viszonyítva nem.

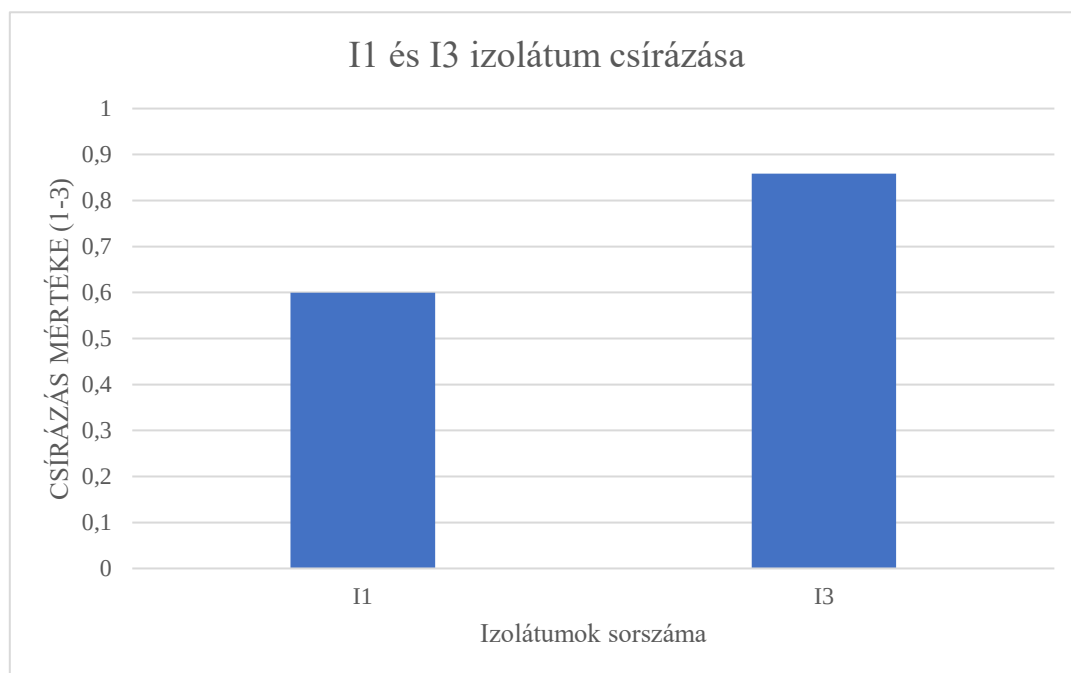
Egységesen nézve az I3 izolátumnak változó a csírázása. Az első felvételezési időpontban kiugró értéket mutat, míg a további mérések során az idő előrehaladtával szignifikánsan nőtt a csírázó sporangiumok aránya, majd ismét lecsökkent. Az eltelt órákat figyelembe véve az első (I1-0 germ) és harmadik (I1-3 germ) mérésnél volt a legintenzívebb.



8. ábra Különböző *P. halstedii* izolátumok (I1, I3) sporangiumainak csírázása különböző időpontokban

Jelmagyarázat: I1, I3: *P. halstedii* izolátumok, 0, 1, 2, 3, 4 germ: sporangiumok csírázása a különböző időpontokban (ld. 3.3. fejezet). Az oszlopokon lévő eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek a változók között.

Összehasonlítva a két izolátumot, szignifikáns különbséget mértünk a csírázás mértékében, mivel összességében az I3 magasabb csírázási értéket mutatott az I1 izolátummal szemben (9. ábra).



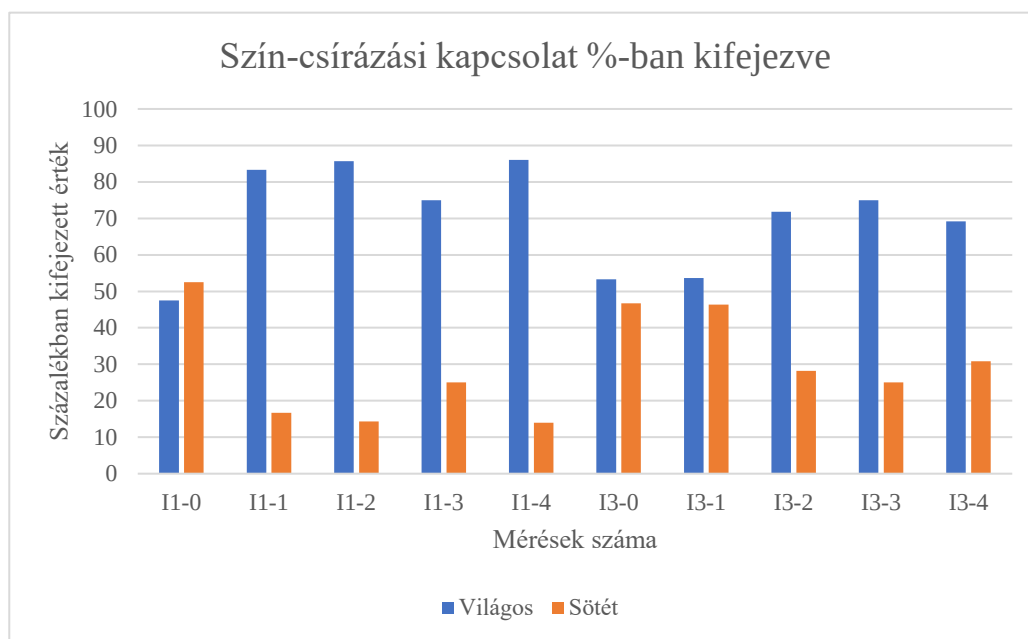
9. ábra I1 és I3 izolátum csírázásának összehasonlítása, összesített adattal

4.2. A sporangiumok csírázása és színe közötti összefüggés vizsgálata

A 10. ábra alapján az I1 izolátum esetében a kontroll (I1-0) mérést nézve hozzávetőlegesen hasonló eloszlásban van a különböző színű sporangiumok csírázása, míg 3 órával később, a következő (I1-1) mérés esetében már jelentős eltérés van, a világosabb színű sporangiumok csírázása nagyobb mértékűnek mondható, mint a barnáké.

A második (I1-2) mérés során, a szuszpenzió készítéstől számított 6. órában, az I1-1-hez hasonlóan a világos szín a domináns, a két mérés között nincs nagy eltérés, viszont a két szín között igen. Az I1 izolátum esetében a sötétebb, kevésbé aktív sporangiumoknak, 12 órára van szükségük, hogy elérjék a maximum csírázást (I1-3), látható, hogy csökken a világos színű sporangiumok száma és megnövekedik a sötétebbeké. 24 órával a szuszpenzió készítése után (I1-4) az I1-1 és I1-2 méréshez hasonló arányban oszlik el a különböző színű sporangiumok csírázása.

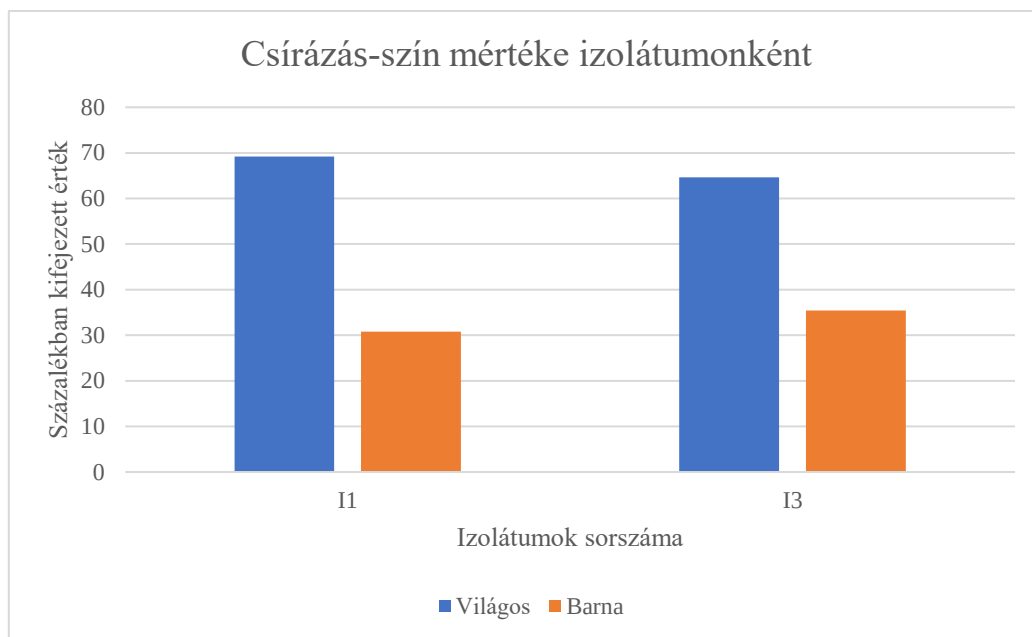
Az I3 izolátumnál az első két mérésnél hasonló arányban oszlanak el a csírázásnak indult világos és sötét sporangiumok száma (10. ábra). A második (I3-2) és harmadik (I3-3) mérésnél a világos színű sporangiumok csírázása folyamatosan növekvő tendenciát mutat, míg az utolsó (I3-4) mérés alkalmával megnövekedik a sötétebbek csírázása. Ez alapján látható, hogy az I3 izolátum esetében a sötétebb sporangiumoknak jóval több időre van szükségük, hogy elérjék a maximum csírázásukat, mint az I1 izolátumnál.



10.. ábra Sporangiumok színének és csírázásának aránya az egyes mérések alkalmával, az I1 és I3 izolátum esetében

Jelmagyarázat: I1, I3: *P. halstedii* izolátumok, 0, 1, 2, 3, 4: sporangiumok csírázása és azok színváltozatai a különböző időpontokban (ld. 3.3. fejezet).

A 11. ábrán látható, hogy mindkét izolátum esetében a világosabb színű sporangiumok csírázása szignifikánsan nagyobb a sötétebb színűeknél.



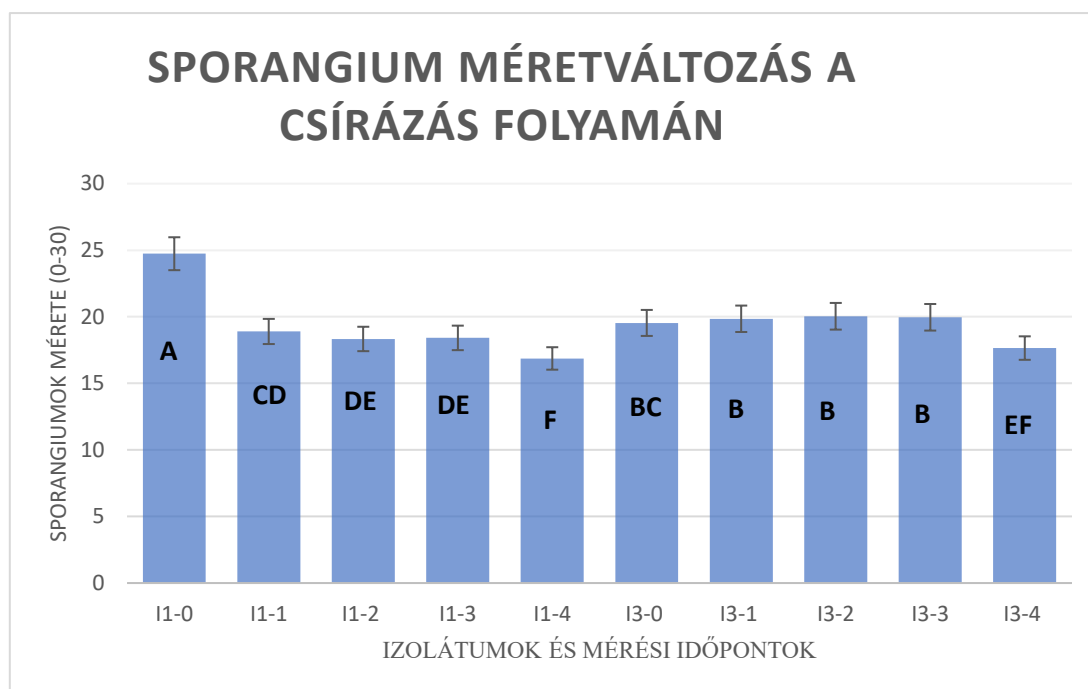
11. ábra Sporangiumok színének és csírázásának aránya összesített eredményen, az I1 és I3 izolátum esetében

4.3. Sporangiumok méretének változása a csírázás folyamán

A 12. ábra alapján látható, hogy az I1 izolátum esetében a kontroll mérés alkalmával nagyobb eltérés van. A további mérések alkalmával a sporangiumok ürülésével párhuzamosan folyamatosan csökken azok mérete is. 24 óra múlva, az utolsó (I1-4) mérés esetében jelentősebb változás észlelhető, ami óraszám arányában tekintve normális. Mivel ekkor telt el a legtöbb idő a mérések között.

Az I3 izolátum esetében az első négy mérés alkalmával a sporangiumok méretében nem észlelhető változás, míg az előzőhöz hasonlóan az utolsó mérés alkalmával itt is jelentősebb eltérés van.

Mindkét izolátum esetében elmondható, hogy a kezdeti méret és a végső méret között csökkenő tendencia van.



12. ábra A sporangiumok méretének változása a csírázás folyamán, az I1 és I3 izolátum esetében

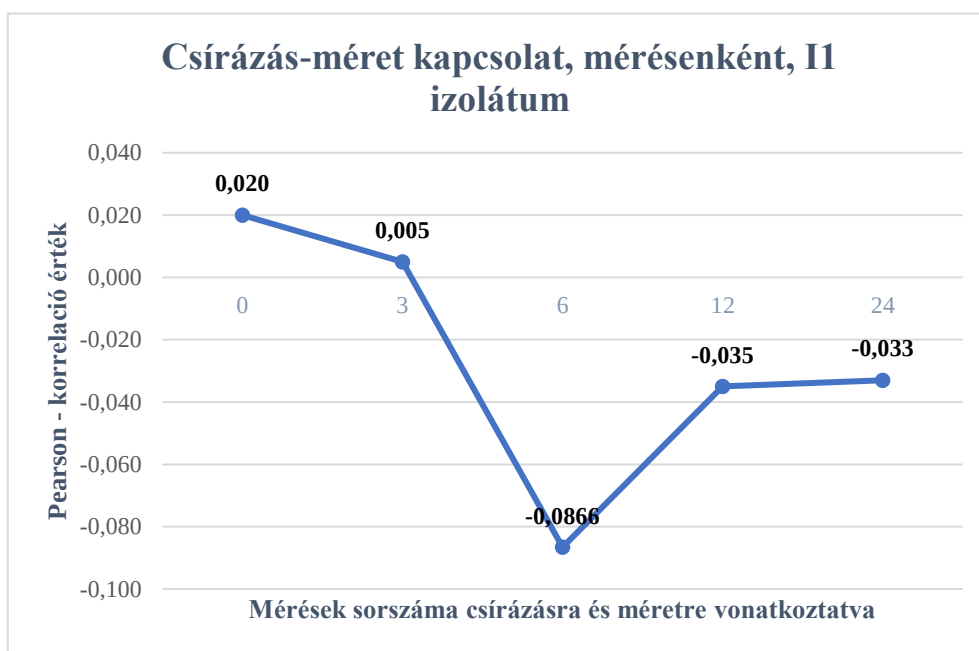
Jelmagyarázat: I1, I3: *P. halstedii* izolátumok, 0, 1, 2, 3, 4: sporangiumok csírázása a különböző időpontokban (ld. 3.3. fejezet). Az oszlopokon lévő eltérő betűk szignifikáns különbséget jelölnek a változók között.

4.4. A sporangiumok csírázás-méret kapcsolata

A 13. ábráról leolvasható, hogy az I1 izolátum esetében, a 0 jelölésű kontroll mérés során minimális kapcsolat van a csírázás és méret között. Az első mérés (3 órával a szuszpenzió készítés után) alkalmával kapott érték nagyon közel áll a 0-hoz, így a két változó korrelálatlan egymással. 3 órával később, a második mérés alkalmával, a kapott érték negatív irányban tolódik el, ahol is a sporangiumok méretei kicsik voltak, a csírázások aránya viszont magas, mégis itt tapasztalható a legszorosabb kapcsolat a csírázás és méret között. A 6 órával későbbi mérésnél kapott érték is negatív irányba tolódik el, viszont ez az érték közelebb áll a 0-hoz, mint az 1-hez, így ebben az esetben is elmondható, hogy a két változó között nincs szoros kapcsolat. A legutolsó mérés esetében hasonlóak tapasztalhatóak, mint az előbbinél, így ebben

az esetben is kijelenthető, hogy a sporangiumok csírázása és azok mérete korrelálatlan egymással.

A négy mérést együtt nézve elmondható, hogy az első két mérés alkalmával pozitív eredményeket kaptunk, ahol a sporangiumok méretei nagyobbak voltak, a csírázási átlag pedig alacsony. Míg a további három mérés során negatív eredményeket kaptunk, tehát a csírázási átlag volt magasabb és a sporangium méret kisebb. A három mérés közül az I1-2 mérés alkalmával volt szignifikáns eltérés, viszont kapott eredmények a 0-hoz állnak közelebb, tehát a sporangiumok és azok csírázása között nincs szoros kapcsolat.

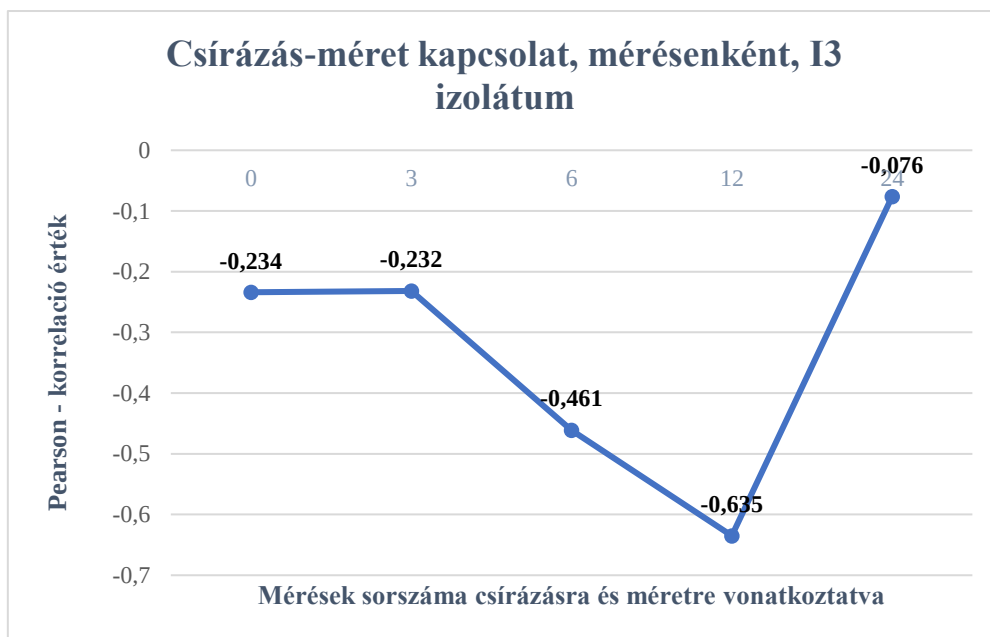


13. ábra Az I1-es izolátum esetében tapasztalt csírázás-méret mérésenkénti kapcsolata
Jelmagyarázat: 0, 3, 6, 12, 24: a szuszpenzió készítése után eltelt idő (ld. 3.3. fejezet)

Az I3 izolátum esetében, látható a 14. ábrán, hogy a kontroll mérés során (0-val jelölt) lazább kapcsolat van a csírázás-méret között. Mivel nagyszámú adat került feldolgozásra, ezért a 0,2-0,3 érték (negatív irányba is), már gyenge korrelációt jelez. A további mérések értékei negatív irányba megnövekednek, ahol a csírázás mértéke erőteljesebb, míg a sporangiumok mérete kisebb az átlaghoz viszonyítva. A szuszpenzió készítéstől számított 3. órában kapott értékek az előzőhöz hasonlóak. A második mérés (szuszpenzió készítéstől számított 6. órában) értékeinél már nagyobb összefüggés tapasztalható, -0,461 érték erős korrelációt jelez. A 12-es számmal jelölt mérésnél tapasztalható egy magasabb kiugrás, amely közelebb áll a -1-hez, mint a 0-hoz. Ebben az esetben mondható, hogy a csírázás és méret között magasabb korreláció van.

A negyedik mérés eredménye szintén jelentős, mert nagyon alacsony érték jött ki, ebben az esetben lazább kapcsolat van a csírázás-méret között.

Együtt nézve a négy mérés adatait látható, hogy először stagnál, majd fokozatosan növekedik a csírázás-méret közötti kapcsolat, míg a végén teljesen lecsökken ez. Az értékek mindvégig a negatív tartományban maradnak, tehát a csírázás mértéke magasabb az átlaghoz viszonyítva, a sporangiumok mérete viszont kisebb.



14. ábra **Az I3-as izolátum esetében tapasztalt csírázás-méret mérésenkénti kapcsolata**
 Jelmagyarázat: 0, 3, 6, 12, 24: a szuszpenzió készítése után eltelt idő (ld. 3.3. fejezet)

4.5. Izolátumok virulenciájának tesztelése különböző *Pl* géneket tartalmazó differenciáló vonalakon

4.4.1. I5-ös jelölésű izolátum

Az 5-ös számú izolátum az Iregi szürke csíkoszt az első ismétlés alkalmával sikeresen megfertőzte (1. táblázat). Mindhárom értékelés során a növények a *P. halstedii* tüneteit mutatták, ami alapján elmondható, hogy a kontrollként alkalmazott Iregi szürke csíkos fajtán megfelelő volt a megbetegedés mértéke ahhoz, hogy a két másik vonalon értékelni lehessen a tüneteket.

1. táblázat I5-ös számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége az Iregi szürke csíkos napraforgó fajtán

	I5 / első értékelés	I5 / második értékelés	I5 / harmadik értékelés
	Iregi	Iregi	Iregi
Átlag és szórás	84 ± 19	96 ± 23,7	96 ± 23,7
R/F	F	F	F

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismétlés átlaga és szórása

Az I5-ös izolátummal kezelt HA-335-ös vonalon, az első és második ismétlésben hasonló arányban volt a megbetegedett növények száma. Az első ismétlés, első értékelésnél sokkal magasabb volt a betegség tüneteit mutató növények aránya, mint a második két értékelés alkalmával, ahogy az a második táblázatról is leolvasható. A második ismétlés során pedig mindhárom értékelésnél egyforma eredményt kaptunk. A két ismétlést együtt véve, az első értékelés alkalmával több növényen mutatkoztak a betegség tünetei, mint a második értékelés során (2. táblázat). A harmadik értékelésnél ez újra növekedett. Mindhárom értékelés során a megbetegedés aránya magasabb volt 70%-nál, így ez a fajtavonal fogékonnak mondható az I5-ös jelöléssel ellátott izolátummal szemben.

2. táblázat I5-ös számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége a HA-335-ös fajtavonalon

	I5 / első értékelés	I5 / második értékelés	I5 / harmadik értékelés
	HA-335	HA-335	HA-335
Átlag és szórás	84 ± 9,2	70 ± 9,7	72 ± 8,4
R/F	F	F	F

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismétlés átlaga és szórása

Az I5-ös izolátummal kezelt RHA-419-es az első értékelés alkalmával mutatott némi betegségtünetet a szikleveleken, ami eltért a többi értékelés eredményeitől (3. táblázat). A második és harmadik értékelésnél a valódi leveleken már csak minimálisan voltak észlelhető a betegség által okozott tünetek. Az alacsony átlag mellett alacsony szórás is jött ki, ami alapján ez a fajtavonal rezisztensnek mondható az I5-ös izolátummal szemben.

3. táblázat I5-ös számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége a RHA-419-es fajtavonalon

	I5 / első értékelés	I5 / második értékelés	I5 / harmadik értékelés
	RHA-419	RHA-419	RHA-419
Átlag és szórás	18 ± 8,8	6 ± 4,8	6 ± 4,8
R/F	R	R	R

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismétlés átlaga és szórása

4.4.2. I9-es izolátum

A 4. táblázaton látható, hogy az I9-es számú izolátum az Iregi szürke csíkos az I5-öshöz hasonlóan az első ismétlés alkalmával nagyobb százalékban volt képes megbetegíteni, mint a második ismétlés alkalmával. A megbetegített növények aránya az egyes értékelések alkalmával nem változtak jelentősen. A két ismétlés átlaga alapján értékelni lehet a másik két vonalat is, mivel a kontroll Iregi szürke csíkos megbetegedés mértéke megfelelő volt.

4. táblázat I9-es számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége az Iregi szürke csíkos napraforgó fajtán

	I9 / első értékelés	I9 / második értékelés	I9 / harmadik értékelés
	Iregi	Iregi	Iregi
Átlag és szórás	66 ± 14,9	60 ± 12,5	64 ± 16,2
R/F	F	F	F

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismétlés átlaga és szórása

A HA-335-ös vonalon az I9-es izolátum leginkább a szikleveleken okozott megbetegedés, ahogy az az 5. táblázatban is látható. Az első értékelés szignifikánsan eltér a többitől. A második és harmadik mérés során nem volt eltérés. Viszont a kísérlet első ismétlése során szinte alig volt megbetegedés a növények között, míg a második ismétlésnél ennél jóval több volt, de összességében még így is alacsony volt a megbetegedett növények átlaga, így ez a vonal rezisztensnek mondható ezzel az izolátummal szemben.

5. táblázat I9-es számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége a HA-335-ös fajtavonalon

	I9 / első értékelés	I9 / második értékelés	I9 / harmadik értékelés
	HA-335	HA-335	HA-335
Átlag és szórás	20 ± 9,4	14 ± 9,5	14 ± 10,6
R/F	R	R	R

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismétlés átlaga és szórása

Az I9-es izolátum megbetegítő képessége igen alacsony volt az RHA-419-es fajta vonallal szemben. Itt is az előzőhöz hasonló volt tapasztalható. Szintén a sziklevélen volt nagyobb a megbetegedett növények aránya, bár összességében nem jelentős az eltérés a három mérés között, ez a 6. táblázatban is leolvasható. Ez a vonal is rezisztensnek mutatkozott ezzel az izolátummal szemben.

6. táblázat I9-es számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége a RHA-419-es fajtavonalon

	I9 / első értékelés	I9 / második értékelés	I9 / harmadik értékelés
	RHA-419	RHA-419	RHA-419
Átlag és szórás	18 ± 12	16 ± 6,3	16 ± 9,2
R/F	R	R	R

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismétlés átlaga és szórása

4.4.3. I10-es izolátum

Az I10-es jelölésű izolátum az Iregi szürke csíkos fajtát mindkét ismétlés során sikeresen megbetegítette. A három mérés folyamán látható (7. táblázat) a megbetegedett növények aránya fokozatosan növekvő tendenciát mutat. A kapott értékek alapján az Iregi szürke csíkos a P. halstedii tüneteit mutatták. A két másik vonal értékeléséhez megfelelő volt a megbetegedés mértéke.

7. táblázat I10-es számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége az Iregi szürke csíkos napraforgó fajtán

	I10 / első értékelés	I10 / második értékelés	I10 / harmadik értékelés
	Iregi	Iregi	Iregi
Átlag és szórás	74 ± 11,6	76 ± 12,3	78 ± 12,9
R/F	F	F	F

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismétlés átlaga és szórása

Ez az izolátum a HA-335-ös vonalon érdekes eredményeket mutatott. A két ismétlésben jelentős eltérés volt, ugyanis az első ismétlés alkalmával magas volt a betegség tünetet mutató sziklevek száma, ami az első pár valódi leveleken szinte alig mutatkozott, de a második pár valódi levelek kifejlődésénél újra magasabb szám volt észlelhető. Ezzel szemben a második ismétlés alkalmával a három értékelésnél nem volt eltérés, a megbetegített sziklevek ugyanolyan arányban voltak, mint a tünetet mutató valódi levelek. Ez alapján az összesített átlagban látható, hogy az első mérés szignifikánsan eltér a többitől (8. táblázat), míg a második

mérésnél ez a szám csökken, a harmadiknál viszont újra növekszik. Mindent együttvéve, az I10-es izolátummal szemben fogékony ez a fajtavonal.

8. táblázat I10-es számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége a HA-335-ös fajtavonalon

	I10 / első értékelés	I10 / második értékelés	I10 / harmadik értékelés
	HA-335	HA-335	HA-335
Átlag és szórás	84 ± 6,3	52 ± 21,7	60 ± 18,3
R/F	F	F	F

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismételtség átlaga és szórása

Az RHA-419-es vonalon az első ismételtség alkalmával volt tapasztalható a megbetegedett növények aránya, míg a második ismételtségnél mindössze 1 növény hiányzása jelezte a kórokozó jelenlétét. Összesítve a két ismételtséget a kapott értékek csökkenő tendenciát mutatnak, így tehát a tünetek szikcleveles korban mutatkoztak meg leginkább (9.táblázat). Ez alapján ez a fajtavonal rezisztensnek mondható ezzel az izolátummal szemben.

9. táblázat I10-es számmal ellátott izolátum megbetegítő képessége a RHA-419-es fajtavonalon

	I10 / első értékelés	I10 / második értékelés	I10 / harmadik értékelés
	RHA-419	RHA-419	RHA-419
Átlag és szórás	24 ± 17,5	12 ± 8,4	10 ± 7,1
R/F	R	R	R

Jelmagyarázat: R/F: rezisztens / fogékony

Átlag és szórás: a két ismételtség átlaga és szórása

A 10. táblázatban látható, hogy az I5-ös izolátum a *Pl6*-os gént képes volt letörni, míg a *PlArg* rezisztencia gént nem. Az I9-es egyik vonalon sem okozott jelentős megbetegedést. Valószínűleg egy régebbi patotípus, amely kevésbé agresszív. Az I10 egy agresszívabb izolátum, mivel a *Pl6*-os rezisztencia gént képes volt letörni, de a *PlArg* rezisztencia gént nem.

10. táblázat *Az egyes izolátumok megbetegítő képessége a Pl6 és PlArg rezisztencia gént tartalmazó vonalon*

	<i>Pl6</i>	<i>PlArg</i>
I5	+	-
I9	-	-
I10	+	-

Jelmagyarázat: I5, I9, I10 *P.halstedii* izolátumok. *Pl6*, *PlArg*: rezisztencia gének. (+): sikeresen megbetegítette, (-): nem sikerült megbetegítenie.

5. Következtetés és javaslat

Az Izolátumok agresszivitásának és csírázásának eredményei alapján elmondható, hogy az I3 izolátum jóval agresszívebbnek mutatkozott, mivel rövidebb, 12 óra alatt volt képes a maximum csírázást elérni, míg az I1-es izolátumnak erre 24 órára volt szüksége. Minél gyorsabb a sporangiumok ürülése annál agresszívabb az adott kórokozó és rövidebb idő alatt képes megfertőzni a kultúrnövényt.

A sporangiumok csírázása és színe közötti összefüggés vizsgálat esetében, az I1-es izolátumnál a sötét sporangiumokat tekintve látható, hogy kezdetben megnövekedett a csírázási intenzitás, ami egy ideig lecsökkent, majd ismét megnövekedett.

Az I3 izolátum esetében látható, hogy a világos és sötétebb sporangiumok csírázása hasonló a kezdeti órákban, majd a későbbi órákban a világos sporangiumok csírázása jóval aktívabb volt, legvégül pedig ismét megnövekedett a sötétebb sporangiumok csírázása. Ebben az esetben nem kizárható, hogy az izolátumban több patotípus fordul elő, ahol a sötét sporangiumok aktiválódásához több időre van szükség.

Összességében látható, hogy mindkét izolátum esetében a világosabb színű sporangiumoknak volt aktívabb a csírázása, a sötétebb színűeknek jóval több időre volt szükségük. Ez normálisnak mondható, mivel minél sötétebb a sporangium annál inkább csökken az életképessége. Hasonló kísérletet végzett Hong & Scherm (2020) a szőlő-peronoszpóra esetében, ahol leírták, hogy az idősebb és sötétebb sporangiumok életképessége és csírázása gyengébb. Illetve a kísérleteik során arra a következtetésre jutottak, hogy más zoospóra-kibocsátó kórokozó esetében is elvégezhető ez a módszer.

A csírázás folyamán a sporangiumok mérete mindkét izolátum esetében a kezdeti és végső méret között változás tapasztalható. Mindkettő esetében méretcsökkenés tapasztalható, ami valószínűleg az alábbiak valamelyikének tudható be: Az ürülés folyamán a sporangium mérete csökken, vagy a kiürült sporangiumok szétroncsolódnak, emiatt nem lehet őket felismerni, így csak a kisebb, nem életképes sporangiumok maradtak fenn és ezek kerültek leszámolásra. Véleményem szerint esetünkben az utóbbi állhat fenn. A válasz pontosításra nem áll rendelkezésünkre semmilyen eszköz, mivel nem tudjuk ugyanazokat a sporangiumokat megfigyelni a kísérlet folyamán.

A sporangiumok csírázás-méret kapcsolata mindkét izolátum esetében változó értéket mutatott az egyes mérések alkalmával, viszont összességében elmondható, hogy a sporangiumok csírázása nincs összefüggésben azok méretével. Az I3 izolátum esetében volt tapasztalható szorosabb összefüggés, ez esetben nem mondható biztosra a kettő befolyása egymásra. Mindenképpen szükség lenne a kísérlet megismétlésére, hogy biztosabb eredmények támasszák ezt alá. Sakr (2011) kísérlete is hasonló módszeren alapult, ahol a sporangiumok alakját hasonlította össze a csírázás mértékével. Az ő kísérletében esetében talált összefüggést a két tényező között.

Az I1 és I3 izolátummal végzett kísérlettel kapcsolatban a javaslatom az, hogy szükség lenne további kísérletezésre, amely kimutatná az izolátumok összetételét, hogy csak egy patotípussal vagy többel állunk szemben.

Az I5-ös izolátum megbetegítő képessége a fentebbiek alapján (ld. 4.4.1 fejezet), az Iregi esetében, a második ismételtsben alacsony volt a megbetegedett növények aránya. Az Iregi, a fajtaismeret alapján fogékonynak számít a kórokozóval szemben, így nagyobb megbetegedés szám volt elvárt. Emiatt mindenképpen érdemes a kísérletet megismételni, a pontos következtetés érdekében.

A HA-335 vonal esetében kapott eredmények alapján valószínűsíthető, hogy az izolátumban több patotípus is megtalálható. Mivel a két ismételtsben eltérés volt. Az első ismételts esetében a HA-335 II-es típusú rezisztenciát mutatott, míg a másodikban egyöntetű megbetegedést okozott a sziklevélen és a valódi levélen is. Ahhoz, hogy biztosra ki lehessen jelteni, hogy egy kevert izolátumról van szó további ismételtskre van szükség.

Az RHA-419-es vonal esetében az elvárt eredmények jöttek ki. Mivel az RHA-419-es rezisztens minden patotípussal szemben így biztosra mondható, hogy az izolátum nem tartalmaz olyan patotípust, amely képes lenne letörni a *PIArg* rezisztencia gént.

Az I9-es izolátum megbetegítő képessége az előzőhöz hasonlóak voltak tapasztalhatóak az Iregi esetében. A második ismételtsben az elvártnál (minimum 80%) alacsonyabb volt a sikeresen megbetegített növények aránya, ez akár adódhat abból, hogy ennek a patotípusnak alacsony az életképessége. Ahhoz, hogy ezt a hipotézis meg lehessen erősíteni érdemes megvizsgálni az izolátum agresszivitását.

A HA-335 és RHA-419 vonal esetében hasonlóan mutatkozott meg a kórokozó jelentéte. Viszonylag kis mértékben volt képes a növényeket megbetegíteni, itt is leginkább

szikleveles állapotban jelent meg nagyobb százalékban a betegség tünete. Feltételezhető, hogy ez az izolátum mögött egy patotípus áll, mivel a két ismételts során hasonló arányban okozott megbetegedést. Továbbá elmondható, hogy II-es típusú rezisztenciával rendelkezik az izolátummal szemben.

Az I10-es izolátum megbetegítő képessége az Iregi esetében az elvártaknak megfelelő arányban mutatkozott.

A HA-335-ös vonal esetében a két ismételts átlagában az látszik, hogy szikleveles állapotban jóval intenzívebbek a betegségtünetek. Ha csak az első ismételts néznénk, akkor rezisztensnek mondható ez a fajta vonal a kórokozóval szemben, mert a patotípus nem volt képes letörni a *Pl6*-os gén védelmét. Viszont a második ismételtsben igen magas számú és egyöntetű megbetegedést okozott, mindegyik értékelés alkalmával ugyanakkora volt a beteg növények aránya, mint az első megfigyeléskor, így ebben az esetben a *Pl6*-os gén nem nyújtott kellő védelmet. Ezek alapján igen valószínű, hogy ebben az izolátumban több patotípus is megtalálható. A kísérlet további ismételts nagyban alátámasztaná ezt a felvetést.

Az RHA-419 vonalnál az az első ismételts alkalmával II-es típusú rezisztenciát mutatott, a szikleveleken nagy mértékű betegségtünet volt megfigyelhető. A második ismételtskor viszont csak egy hiányzó növény mutatta a kórokozó jelenlétét. Az itt kapott eredmények is alátámaszthatják az előbbieken felvetett több patotípus jelenlétét. Javasolnám az izolátum alaposabb megvizsgálását, agresszivitásának mérését, amely arra kérdésre adhat választ, hogy mely patotípus képes ilyen arányban megbetegíteni a *PlArg* gént tartalmazó fajta vonalat.

Mindent egybevetve elmondható, hogy a *PlArg* gén biztosítja a leghatékonyabb védelmet (Radwan et al., 2011) az izolátumokkal szemben. Viszont a *Pl6*-os gént tartalmazó, HA-335-ös vonal is képes védelmet biztosítani egyes patotípusokkal szemben, ami sokáig a legszélesebb körben használt rezisztenciaforrás volt. Hasonló kísérletet végzett Sakr (2015), ahol azt vizsgálta, a 304 és 314 patotípusok le tudták-e törni a *PIPMI3* rezisztencia gént és mennyire voltak agresszívak.

Molinero-Ruiz (2021) munkájában leírta, hogy nagy figyelmet kell fordítani azokra a rasszokra, amelyek képesek letörni a leggyakoribb és leghatékonyabb rezisztenciagéneket, mivel nagy veszélyt jelentenek a napraforgó termesztésre nézve.

6. Összefoglaló

A naprafogó (*Helianthus annuus*) a világ egyik legfontosabb olajnövénye, aminek az egyik legjelentősebb betegsége, az *Oomycota* törzsbe tartozó napraforgó-peronoszpóra, *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl et de Toni. A kórokozó nagyfokú variáciája miatt számos patotípusa (rassz) alakult ki világszerte.

Az egyik leghatékonyabb védekezési mód a rezisztencia nemesítés, viszont az újonnan megjelenő patotípusok „letörlik” az ellenálló hibridek rezisztenciáját. Az egyes napraforgó vonalak közül kiemelkedően fontos az RHA-419, amely minden patotípussal szemben rezisztenciát mutat. Továbbá kiemelhető még a 803-1, PM17, HAR-4, QHP-1, VAQ vonalak, ezek a Magyarországon előforduló patotípusok zöme ellen rezisztensek (Bán et al., 2018). A hatékony rezisztencia nemesítés érdekében fontos a kórokozó elterjedésének és rassz-összetételének vizsgálata (Bán et al., 2016). Magyarországon 2010-ig 5 patotípus volt jelen, az azt követő években megjelentek az agresszívabb patotípusok a 704, 714, 724 és a 734 (Rudolf et al., 2011).

A munkám célja az volt, hogy adatokkal szolgáljak néhány, Magyarország keleti részéről származó *Plasmopara halstedii* izolátum virulencia fenotípusához, elsősorban a *Pl₆*-os és a *PIArg* rezisztencia géneket tartalmazó napraforgó vonalakon. Mindezek mellett célom volt tesztelni az izolátumok agresszivitását, elsősorban a sporangiumok csírázása alapján.

A kísérlet folyamán először felszaporításra kerültek az izolátumok. Majd két kísérlet állítottunk be. Az egyik az I1 és I3 izolátum csírázókéességének (agresszivitásának) mikroszkópikus megfigyelése volt, ahol a szuszpenzió elkészítése után 0, 3, 6, 12 és 24 órával vizsgáltuk a sporangiumok méretét, színét, csírázását. A kapott eredményeket egytényezős varianciaanalízis (ANOVA) segítségével dolgoztuk fel. A másik kísérlet az I5, I9 és I10-es izolátumok megbetegítő képességének megfigyelése az HA-335 és RHA-419-es genotípusokon, ahol az inokulálást követő 10., 23. és 30. napon értékeltük a kórokozó kártételét, figyelve a sporangium megjelenését, kipusztult, hiányzó növényeket és összehasonlítottuk a növények közötti magasságot. Az adattáblázatban egészséges és beteg növény jelzővel illettük, majd ezekből százalékos arányt számoltunk.

A kapott eredmények kiértékelésre kerültek, ahol megmutatkozott, hogy az I3 jóval agresszívabb az I1 izolátummal szemben, illetve a sporangium színe és csírázási intenzitása

között nincs összefüggés, valamint a sporangiumok méretében változás lehetséges az ürülés folyamán.

A rezisztencia vizsgálat során a három izolátum közül egyik sem volt képes letörni a *PlArg* rezisztencia gént, míg a *Pl6*-os gén csak részlegesen volt hatásos az izolátumokkal szemben. A használt izolátumoknál valószínűsíthető volt a kevert patotípusok jelenléte.

Összességében a legnagyobb védelmet a rezisztencianemesítés adja. Viszont nagy figyelmet kell fordítani azokra a rasszokra, amelyek képesek letörni a leggyakoribb és leghatékonyabb rezisztenciagéneket, mivel nagy veszélyt jelentenek a napraforgó termesztésre nézve. Így tehát a hatékony rezisztencia nemesítés érdekében fontos a napraforgó-peronoszpóra patotípusok elterjedésének vizsgálata és a rassz-összetétel nyomon követése.

7. Irodalomjegyzék:

- Ahmed S., Tourvieille de Labrouhe, D. and Delmotte, F. (2012): Emerging virulence arising from hybridisation facilitated by multiple introductions of the sunflower downy mildew pathogen *Plasmopara halstedii*. *Fungal Genet. Biol.* 49, 847–855.
- Allard C. (1978): Progress of hypocotyl infection in sunflower seedlings resistant to *Plasmopara halstedii*. Abstr. Pap. VIII. International Sunflower Conference Mineapolis, USA No. 24.
- Bán R., Kiss J., Zoltán P. and Körösi K. (2023): Placing Management of Sunflower Down Mildew (*Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni) under the Integrated Pest Management (IPM) System Approach: Challenges and New Perspectives, *Agronomy* 2023, 13, 1029.
- Bán R., Kovács A., Baglyas G., Perczel M., Égei M., Turóczy Gy., Körösi K. (2016): Napraforgó -peronoszpóra (*Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni) patotípusok elterjedése hazánkban., *Növényvédelem* 2016, 77 (52):8.
- Bán R., Kovács A., Körösi K., Perczel M., Turóczy Gy. (2014): First Report on the Occurrence of a Globally New Pathotype, 724, of *Plasmopara halstedii* causing Sunflower Downy Mildew in Hungary
- Bán R., Kovács A., Körösi K., Perczel M., Turóczy Gy. (2014): First report on the occurrence of a new pathotype, 704, of *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew) in Hungary. <https://doi.org/10.1094/PDIS-09-13-0920-PDN>
- Bán R., Kovács A., Körösi K., Perczel M., Turóczy Gy. (2014b): First Report on the Occurrence of a New Pathotype, 714, of *Plasmopara halstedii* (Sunflower Downy Mildew) in Hungary; *Plant Disease* 98 (11): 1580; <https://doi.org/10.1094/PDIS-02-14-0142-PDN>
- Bán R., Kovács A., Körösi K., Perczel M., Turóczy Gy., Zalai, M., Égei, M. (2018): First Report on the Occurrence of a Globally New Pathotype, 724, of *Plasmopara halstedii* Causing Sunflower Downy Mildew in Hungary. *Plant Disease*, 102(9), p.: 1861
- Bán R., Kovács A., Perczel M., Körösi K., Turóczy Gy. (2014a): First report on the increased distribution of pathotype 704 of *Plasmopara halstedii* in Hungary. *Plant Disease* 98: 844–844.
- Bán R., Kovács A., Nisha, N., Pálincás, Z., Zalai, M., Yousif, A.I.A., Körösi, K. (2021): New and High Virulent Pathotypes of Sunflower Downy Mildew (*Plasmopara halstedii*) in Seven Countries in Europe. *Journal of Fungi* 7, 549. (IF 2020: 5,81)
- Bán R., Perczel M., Körösi K., Zalai M., Pálincás Z., Égei M., Baglyas G., Zsirus N., Turóczy Gy. (2017): A napraforgó-peronoszpóra: egy régi betegség új vonatkozásokkal. *Agrofórum*, 2017/08
- Cheng-Fang Hong and Harald Scherm, (2020): A spectrophotometric approach for determining sporangium and zoospore viability of *Plasmopara viticola*. *Journal of Phytopathology*, 168, 5, p.297-302, <https://doi.org/10.1111/jph.12892>
- Delmotte F., Giresse X., Richard-Cervera S., M'Baya J., Vear F., Tourvieille J., Walser P. and Tourvieille de Labrouhe D. (2008): Single nucleotide polymorphism reveals multiple introductions into France of *Plasmopara halstedii*, the plant pathogen causing sunflower downy mildew. *Infection, Genetics and Evolution*, 8:534-540.
- Dick M.W. (2001): The classification of the Straminipilous fungi within the eukaryote kingdoms. In: Dick, M.W. (ed.) *Straminipilous fungi*. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, Boston, pp. 101- 115
- Encheva V., Encheva J., Nenova N., Valkova D., Georgiev G., Peevska P., Georgiev G., Shindrova P. (2014): Sunflower Hybrids and Lines Resistant to Pathogens Economically Important for Bulgaria, Developed by Conventional and Biotechnological Methods. *Turk. J. Agr. Nat. Sci.*, 1, 1254–1257
- Fernández-Martínez J. M., Pérez-Vich B., & Velasco L. (2009): *Sunflower*. *Oil Crops*, 155–232.

- Frank J. (1999) A napraforgó biológiája és termesztése. Mezőgazda kiadó, Budapest. pp. 5-422.
- Gascuel Q., Martinez Y., Boniface M.C., Vear F., Pichon M., Godiard L. (2015): The sunflower downy mildew pathogen *Plasmopara halstedii*. *Molecular Plant Pathology* 16(2): 109–122. DOI:10.1111/mpp.12164.
- Gulya T.J. (2007): Distribution of *Plasmopara halstedii* races from sunflower around the world. In *Advances in Downy Mildew Research, Proceedings of the 2nd International Downy Mildews Symposium*, Olomouc, Czech Republic; Lebeda, A., Spencer-Phillips, P.T.N., Eds.; Palacký University in Olomouc and JOLA: Kostelec na Hané, Czech Republic, 2007; Volume 3, pp. 121–134.
- Heller A., Rozynek B., Spring O. (1997): Cytological and physiological reasons for the latent type of infection in sunflower caused by *Plasmopara halstedii*. *Journal of Phytopathology*, 145: 441- 445.
- Iwebor M., Antonova T. & Saukova S. (2018): Occurrence and distribution of races 713, 733 and 734 of sunflower downy mildew pathogen in the Russian Federation. *Helia*, 41: 141-151. DOI: 10.1515/helia-2018-0015
- Iwebor M.; Antonova T.S.; Saukova S. (2016): Changes in the Racial Structure of *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni Population in the South of the Russian Federation. *Helia*, 39, 113–121
- Körösi K., Bán R., Barna B. and Virányi F., (2011): Biochemical and Molecular Changes in Downy Mildew-infected Sunflower Triggered by Resistance Inducers, *J Phytopathol* 159:471-478
- Körösi K., Kovács A., Nisha N., Bóta I., Perczel M., Yousif A.I.A., Kiss J., Bán R. (2021): New data on pathotype distribution and mefenoxam tolerance of *Plasmopara halstedii* in Hungary
- Körösi K., Virányi F., Barna B., Bán R. (2016): Induction of Resistance with Benzoathiadiazole in Sunflower: a Comparison of Biotrophic vs. Necrotrophic Pathosystems, *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica* 51 (1), pp.13-27
- L.Monlinero-Ruiz (2021): Sustainable and efficient control of sunflower downy mildew by means of genetic resistance: a review. *Theoretical and Applied Genetics*, 135, 3757-3771 (2022)
- Leppik E.E. (1966) Origin and specialisation of *Plasmopara halstedii* complex on the compositae. *FAO Plant Protection Bulletin*, 14: 72-74.
- Lu G., Hoefft E. (2008): Sunflower. *Compendium of Transgenic Crop Plants*, p. 125–168
- Mouzeyar S., Delabrouhe D.T. and Vear F. (1994): Effect of host–race combination on resistance of sunflower, *Helianthus annuus* L., to downy mildew *Plasmopara halstedii*. *J. Phytopathol.* 141, 249–258
- Nisha N., Körösi K., Perczel M., Ibrahim A. Yousif, Bán R. (2020): First Report on the Occurrence of an Aggressive Pathotype, 734, of *Plasmopara halstedii* Causing Sunflower Downy Mildew in Hungary. *APS Publications*, <https://apsjournals.apsnet.org/doi/abs/10.1094/PDIS-05-20-1054-PDN> (2020.12)
- Nishimura M., (1922): Studies in *Plasmopara halstedii*. I. The infection of *Helianthus annuus* L. by zoospores. *J. Coll. Agric., Hokkaido Imp. Univ.* 11, pp. 185-198.
- Novotelnova N.S. (1962): *Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni as a conspecies. *Botanicheski Zhurnal* 47: 970–981. Abstract, *Review of Applied Mycology*, 42: 4.
- Novotelnova N.S. (1966): *Lozhnaya muchnistaya rosa podsolnechnika* (Downy mildew of sunflower). *Nauka, Acad. Sci. U.S.S.R., Moscow*, pp. 39-55
- Pálincás Z., Perczel M., Szénási Á., Dorner Z., Kiss J., Bán R. (2018): A napraforgó integrált védelme, *Szent István Egyetem, Mezőgazdaság- és Növényvédelmi Intézet*, 79 (54):11, p.: 490-495.
- Petróczi I. (1956): A napraforgó-peronoszpóra terjedése Magyarországon. *Agrártudomány*, 8: 354- 355.
- Podharadzky J. (1954): A napraforgó új betegsége, a napraforgóperonoszpóra [*Plasmopara halstedii* (Farl.) Berl. et de Toni] Magyarországon, *Növénytermesztés* 3: 129-134.
- Radwan O, Bouzidi MF, Mouzeyar S (2011) Molecular characterization of two types of resistance in sunflower to *Plasmopara halstedii*, the causal agent of downy mildew. *Phytopathol* 101:970–979

- Rudolf K., Bíró J., Kovács A., Mihalovics M., Nébli L., Piszker Z., Treitz M., Végh B., Csikász T. (2011): Újabb napraforgó-peronoszpóra rassz megjelenése Magyarországon, a Délkelet-Alföldi régióban (New race appearance of sunflower downy mildew in the South-East region of the Hungarian great plain). *Növényvédelem* (Plant Protection) 47: 279–286.
- Sackston, W.E. (1981a): Downy mildew of sunflower. In: Spencer, D.M. (ed.) *The Downy Mildews* Academic Press, London, UK. pp. 545-575
- Sakr N., (2011): Relationship between aggressiveness and zoosporangia viability in *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew). *Archives Of Phytopathology And Plant Protection*, 44, 16, 1585-1594.
- Sakr N., (2015): Can Pl Resistance Gene in Sunflower Line D4 be Used to Differentiate the Pathogeneticity in Four *Plasmopara halstedii* (Sunflower Downy Mildew) Races 304, 314, 704 and 714? *Acta Phytopathologica et Entomologica Hungarica*, 50, 2, 161-177.
- Schneider A. A., Gulya T., Rashid K. Y., & Masirevic S. M. (1997): *Sunflower Diseases*. Agronomy Monograph. p.:265
- Seiler G.J., Rieseberg L.H. (1997): Systematics, origin, and germplasm resources of the wild and domesticated Sunflower. In: Schneider, A.A. (ed.) *Sunflower Technology and Production*. p.: 21– 65.
- Spring O. (2019): Spreading and global pathogenic diversity of sunflower downy mildew—Review. *Plant Prot. Sci.*, 55, 149–158
- Spring O., Rozynek B., Zipper R. (1998): Single spore infections with sunflower downy mildew. *Journal of Phytopathology*, 146: 577-579.
- Spring O.; Gomez-Zeledon J.; Hadziabdic D.; Trigiano R.N.; Thines M.; Lebeda A. (2018): Biological Characteristics and Assessment of Virulence Diversity in Pathosystems of Economically Important Biotrophic Oomycetes. *Crit. Rev. Plant Sci.*, 37, 439–495.
- Virányi F. (1984): Recent research on the downy mildew of sunflower in Hungary. *Helia*, 7: 35-38.
- Virányi F. (1988): *Plasmopara halstedii* (Farlow) Berl. et de Toni. In: Smith, I.M., Dunez, J., Phillips, D.H., Lelliot, R.A., Archer, S.A. (eds.) *European handbook of plant diseases*. Blackwell Scientific Publications, Oxford. pp. 228-230.
- Virányi F. (1992) *Plasmopara halstedii*. In: EPPO Data Sheets on Quarantine Pests. pp. 612-61
- Virányi F. (2008): Research progress in sunflower diseases and their management. In: *Proc.17th Int. Sunflower Conf. Cordoba, Spain*, vol. 1, pp.1–12.
- Virányi F. and Spring O., (2011): Advances in sunflower downy mildew research, *European Journal of Plant Pathology*, 129, 2, 207-220
- Virányi F., Gulya, T. (1995): Inter-isolate variation for virulence in *Plasmopara halstedii* (sunflower downy mildew) from Hungary. *Plant Pathology*, 44: 619-624
- Zimmer D.E. (1974): Physiological specialisation between races of *Plasmopara halstedii* in America and Europe. *Phytopathol.*, 64: 1464–1467.

Hivatkozások:

http1: FAOSTAT <http://www.fao.org/faostat/en/#data/QCL> (2022.06.20.)

http2: KSH <https://www.ksh.hu/docs/hun/xftp> (2022.06.20.)

http3: <https://www.mediterranfarm.hu/termek/napraforgo-iregi-csikos>

Köszönetnyilvánítás

Elsősorban konzulensemnek, Dr. Bán Rita habil. egyetemi docensnek szeretnék köszönetet mondani, hogy időt szánt a dolgozatomra és segítette munkámat, mindig biztatott és türelemmel volt hozzám. Külön köszönet illeti Arbnora Berisha Ph.D. hallgatót, hogy mindig a segítségemre volt a kísérlet folyamán.

NYILATKOZAT

a diplomadolgozat nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: MOLNÁR ESZTER
A Hallgató Neptun kódja: W3NHWI
A dolgozat címe: Magyarországi napraforgó-peronoszpóra (*Plasmopara halstedii*) izolátumok virulenciájának és agresszivitásának vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Integrált Növényvédelmi Tanszék

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

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

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

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

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év május hó 08 nap


Hallgató aláírása

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A MOLNÁR ESZTER (név) (hallgató Neptun azonosítója: W3NHWI) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a diplomadolgozatot áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A diplomadolgozatot a záróvizsgán történő védelemre javaslom / nem javaslom¹.

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem

Kelt: 2023 év május hó 08 nap

Bán Rita

Belső konzulens