

**DOKTORI (PhD) ÉRTEKEZÉS TÉZISEI**

**BIRÓ ÁKOS FERENC**

**MOSONMAGYARÓVÁR**

**2025**

**SZÉCHENYI ISTVÁN EGYETEM**  
**ALBERT KÁZMÉR MOSONMAGYARÓVÁRI KAR**

**WITTMANN ANTAL NÖVÉNY-, ÁLLAT- ÉS**  
**ÉLELMISZERTUDOMÁNYI**  
**MULTIDISZCIPLINÁRIS DOKTORI ISKOLA**

**HABERLANDT GOTTLIEB**  
**NÖVÉNYTUDOMÁNYI DOKTORI PROGRAM**

**A DOKTORI ISKOLA VEZETŐJE:**  
**DR. VARGA LÁSZLÓ DSc**  
**EGYETEMI TANÁR**

**TÉMAVEZETŐK:**

**DR. MOLNÁR ZOLTÁN**  
**EGYETEMI DOCENS**

**DR. KUKORELLI GÁBOR**  
**ADJUNKTUS**

**ÚJ FUNGICID HATÓANYAGOK VIZSGÁLATA ÉS ÉRTÉKELÉSE A**  
**CUKORRÉPA LEVÉLRAGYÁJÁT OKOZÓ *CERCOSPORA***  
***BETICOLA* SACC. ELLEN MAGYARORSZÁGON**

**KÉSZÍTETTE:**

**BIRÓ ÁKOS FERENC**

**MOSONMAGYARÓVÁR**

**2025**

## 1. BEVEZETÉS ÉS CÉLKITŰZÉS

A cukorrépa cercospórási levélrügyjének kórokozója, a *Cercospora beticola* Sacc., növényvédelmi vonatkozásban a legkiemelkedőbb szerepet játssza korunk cukorrépa-termesztésének alakulásában. A cukorrépa termesztésének sikeressége nagymértékben függ a cercospórási levélrügy elleni védekezés hatékonyságától, az újabb fungicid-hatóanyagok kifejlesztésének gyorsaságától, mivel a rezisztenciaviszonyok is gyorsan változnak.

Ennek az egy betegségnek az epidemikus felszaporodása akár 50%-os termés kiesést is okozhat. A gombaölőszerek használata a cercospórási levélrügy (kórokozója: *C. beticola*, Sacc.) elleni védekezés szerves részét képezte és képezi a mai napig, elsősorban a nem-kémiai alternatívák hatékonyságának hiánya miatt. Az elmúlt évtizedekben, az ellene használt hatóanyagok fungicid-hatását folyamatosan rontotta a rezisztens törzsek megjelenése a *C. beticola* populációkban. Különböző hatóanyagcsoportokba sorolt fungicidekkel szembeni rezisztenciáját a Világ számos országában, köztük Magyarországon is leírták már.

A szerző PhD kutatómunkája során célul tűzte ki egy teljesen új hatóanyagcsoportba tartozó (pikolinamidok), új gombaölőszert, mint a fenpikoxamid és a florilpikoxamid hatóanyagok sikeres alkalmazhatóságának vizsgálatát, ezáltal innovatív megoldást teremtve a cukorrépa cercospórási levélrügyjének elleni védekezés során.

## 2. ANYAG ÉS MÓDSZER

### 2.1. *Kísérleti helyszínek és a kísérletek kialakítása*

A szerző két év viszonylatában (2020-2021), a cukorrépa cercospórák levélagyája elleni védekezés hatékonyságának vizsgálata érdekében tíz szántóföldi kísérletet végzett Magyarország egyik jelentős cukorrépa-termesztési régiójában. A kísérletek az Észak-Alföld térségében, Jászberény környékén kerültek beállításra, ahol az éghajlati viszonyok és talajadottságok különösen kedvezőek a cercospórák levélagya kialakulásához. A vizsgálatokat az illetékes hatóságok által jóváhagyott, a „Helyes kísérleti gyakorlat” (GEP) előírásainak megfelelően végezte el, biztosítva ezzel az adatok megbízhatóságát, összehasonlíthatóságát, későbbi reprodukálhatóságát.

A kísérletek során különös figyelem lett fordítva a helyszínek kiválasztására, hogy azok tükrözzék a cukorrépa-termesztésben tapasztalható valós körülményeket. A parcellák úgy lettek kiválasztva, hogy a talaj típusát, a kórokozó előfordulását, valamint a mikroklimatikus tényezőket is figyelembe vegye. A területek agyagos, illetve agyagos-vályog talajokon helyezkedtek el, melyeket kiegészítő öntözésben is részesítettek a vegetáció során. Ezek a körülmények optimális feltételeket teremtettek a cukorrépa fejlődéséhez, ezzel együtt lehetővé tették a cercospórák levélagya fertőzés várható megjelenését és terjedésének megfigyelését is.

A kísérleti elrendezés teljesen véletlenszerű blokk elrendezésben (RCBD), négy ismétlésben történt, amely biztosította a statisztikai elemzések pontosságát. A kísérleti parcellák mérete 16 m<sup>2</sup> volt, minden parcellán

belül a középső két sor lett szemrevételezéssel (bonitálás) értékelve. A tesztnövényként alkalmazott cukorrépa-fajták a „KWS Smart Belamia”, „KWS Smart Djerba” és „KWS Balaton” voltak, amelyek különböző mértékben fogékonyak a cercospórák levélrágására.

## ***2.2. Alkalmazott növényvédelmi kezelések és kijuttatási módszerek***

A szerző a kísérletek során az újonnan kifejlesztett gombaölő szerek hatékonyságát vizsgálta a cercospórák levélrágása ellen. Két új hatóanyagot, a fempikoxamidot és a florilpikoxamidot különböző dózisokban alkalmazta, összehasonlítva azokat jelenleg használt gombaölő szerekkel (referencia anyagok). A fempikoxamidot négy dózisban (50, 75, 100, 150 g/ha), a florilpikoxamidot szintén négy különböző dózisban (50, 75, 100, 150 g/ha) juttatta ki.

Ezenkívül kombinációs kezeléseket is alkalmazott, ahol a fempikoxamid protiokonazollal (60+130, 75+150, 100+200 g/ha), a florilpikoxamid pedig difenokonazollal (60+60, 75+75, 75+100, 100+100) együtt juttatta ki.

Referenciaként anyagként, cukorrépában hagyományosan alkalmazott, illetve regisztrációval a jelenben vagy a közelmúltban rendelkező, a triazolok csoportjába tartozó: difenokonazol (100 g/ha), epoxikonazol (125 g/ha) és protiokonazol (150 g/ha) önálló hatóanyagok lettek bevonva a vizsgálatokba, hogy azok hatékonyságát összehasonlítsa az új, pikolinamidok csoportjába tartozó önállóan kijuttatott gombaölő szer hatóanyagokéval. A pikolinamid és triazol kombinációkhoz összehasonlító anyagként, a jelenleg egyik legerősebb, növényvédőszerpiacon elérhető,

gyári gombaölőszer kombináció, a difenokonazol+fenpropidin (100+375 g/ha) kombinációja lett kiválasztva.

A kezeletlen kontroll parcellák biztosították a kiindulási értékeket.

A gombaölő szereket a növény fenológiai állapotához igazítva két-három alkalommal juttatta ki a vegetációs időszakban. A kijuttatások időpontját a fertőzés első jeleinek megjelenéséhez igazította, hogy a gombaölő szerek időben kifejthessék hatásukat, megakadályozva ezzel a betegség súlyosbodását. 2020-ban a permetezési időpontok június 20., június 28. és augusztus 3. voltak, míg 2021-ben a kezeléseket augusztus 24-én és szeptember 7-én végezte el.

### ***2.3. Mérési módszerek és adatgyűjtés***

A kísérletek során számos paramétert rögzített a szerző, hogy pontos képet kapjon a gombaölő szerek hatékonyságáról és a cukorrépa fejlődéséről. A főbb értékelt paraméterek a következők voltak:

- *Betegség súlyossága:* A fertőzött növények arányát százalékos formában rögzítette minden parcellában, rendszeres megfigyeléseket végezve a növényállományban.
- *Levélelhalás mértéke:* A cercospóras levélragya által okozott levélkárosodás mértékét vizuálisan értékelte, összehasonlítva a kezelt és kezeletlen parcellák növényeit.
- *Terméshozam:* A betakarítás során minden parcellából lett mérve a cukorrépa gyökértömege.

A szerző a statisztikai elemzésekhez az ARM programot használta. Az adatok kiértékelésére egytényezős varianciaanalízist (ANOVA) alkalmazott, a kezelések közötti szignifikáns eltérések meghatározására pedig a Tukey-féle tesztet használta. Az eredmények megbízhatóságát a négyismétléses kísérleti felépítés biztosította.

### **3. EREDMÉNYEK**

#### ***3.1. A fertőzés dinamikája és időjárási tényezők szerepe***

A szerző által végzett vizsgálatok során megállapítást nyert, hogy a cercospórák levélagya fertőzésének mértéke szignifikáns különbségeket mutatott a két vizsgált évben. 2020-ban a betegség súlyos járványos szintet ért el, míg 2021-ben a fertőzés lényegesen kisebb mértékben jelentkezett. Ennek hátterében az időjárási tényezők álltak: 2020-ban a kedvező hőmérsékleti és csapadékviszonyok gyorsították a betegség terjedését, míg 2021-ben a hűvösebb és szárazabb környezet gátolta a fertőzést. Az AUDPC-értékek (a betegség előrehaladási görbéje alatti terület) elemzése megerősítette, hogy 2020-ban lényegesen nagyobb volt a fertőzési nyomás, mint 2021-ben.

#### ***3.2. A vizsgált cukorrépaajtók érzékenysége***

A kísérletek három cukorrépaajtóra terjedtek ki: 'Smart Djerba KWS', 'Smart Belamia KWS' és 'Balaton'. Az eredmények alapján a 'Smart Djerba KWS' bizonyult a legfogékonyabbnak a cercospórák levélagya fertőzés iránt, a 'Smart Belamia KWS' mérsékeltebb, míg a 'Balaton' fajta kevésbé volt fogékony a betegségre, azonban ezt a harmadik fajtát a 2021-

es kísérleti évben már nem természetették a vizsgált területen, így erre csak egy év kísérletei alapján lett levonva ez a következtetés.

### ***3.3. Új gombaölő szerek alkalmazása és hatékonysága***

A szerző tíz kisparcellás szántóföldi kísérletet végzett Magyarországon, amelyek célja a különböző fungicidek hatékonyságának összehasonlítása volt. A 2020-as évben az intenzív fertőzési nyomás háromszori permetezést tett szükségessé, míg 2021-ben két permetezéssel is sikerült alacsony szinten tartani a fertőzést.

A kísérletek fókuszában a fepikoxamid (Inatreq™) és a florilpikoxamid hatékonyságának értékelése volt. Az ANOVA statisztikai elemzések azt mutatták, hogy a fepikoxamid és florilpikoxamid alapú kezelések jelentős mértékben csökkentették a betegség előfordulását, és mértékét, különösen a magasabb dózisok alkalmazása esetén. A legjobb eredményeket a pikolinamidok és triazolok kombinációi érték el, amely a kezeletlen kontrollhoz képest akár 98%-os hatékonyságot is mutattak.

A kísérletek során a fepikoxamid és florilpikoxamid önállóan kijuttatva több ugyancsak önállóan kijuttatott hatóanyaggal, mint a difenokonazol, epoxikonazol és protiokonazol való összehasonlítása is értékelésre került. Az eredmények azt mutatták, hogy a fepikoxamid és protiokonazol kombinációja, illetve a florilpikoxamid és difenokonazol kombinációja minden dózisban kiemelkedő védelmet biztosított, különösen a közepes és nagy dózisok mellett. A kísérletekben referenciaként alkalmazott epoxikonazol, difenokonazol és protiokonazol kezelések szintén hatékonyak bizonyultak, bár bizonyos esetekben alacsonyabb mértékben csökkentették a fertőzés mértékét, mint a pikolinamid alapú megoldások.

A kezeletlen kontroll parcellák esetében a betegség gyors előrehaladást mutatott, különösen 2020-ban súlyos járványt okozott, ami alátámasztja a fungicides védekezés szükségességét.

A vizsgálatok kimutatták, hogy a gombaölőszeres kezelések hatástartama átlagosan három hét volt, ami azt jelenti, hogy megfelelő időzítéssel a fertőzési nyomás hatékonyan szabályozható. A 2021-es szezonban két fungicides kezeléssel is sikerült kontrollálni a betegséget, ami gazdaságosabb növényvédelmi stratégiát tett lehetővé elméletben a gazdálkodók számára.

A szerző által végzett kísérletek egyértelműen bizonyították, hogy a cercospórák levélrága komoly veszélyt jelenthet a cukorrépa termesztésére, különösen kedvező időjárási körülmények között. Az alkalmazott fungicid kezelések közül a fenpikoxamid és protiokonazol kombinációja bizonyult a leghatékonyabbnak, míg más fungicidek is jelentős, de valamivel alacsonyabb védelmet biztosítottak.

A 2020-as és 2021-es eredmények összehasonlítása alapján megállapítható, hogy a fertőzési nyomás csökkentése érdekében a permetezések időzítésének és a megfelelő hatóanyagok kiválasztásának kulcsszerepe van. A 2021-es évben megfigyelt alacsonyabb fertőzési arány arra utal, hogy kedvezőtlenebb időjárási körülmények esetén kevesebb fungicides kezelés is elegendő lehet.

A jövőben további kutatások szükségesek annak érdekében, hogy meghatározhatók legyenek a cercospórák levélrága elleni védekezés optimalizálásának lehetőségei, figyelembe véve a fenntartható növényvédelem és a költséghatékonyság szempontjait.

#### 4. ÚJ TUDOMÁNYOS EREDMÉNYEK

(1.) A pikolinamid hatóanyagok nem mutattak fitotoxikus hatást sem a cukorrépa fejlődésére, sem a terméshozamra. Eredményeim igazolják, hogy ezek az új hatóanyagok biztonságosan alkalmazhatók a gyakorlatban.

(2.) Magyarországon először vizsgáltam a pikolinamid hatóanyag-csoportba tartozó fepikoxamid és florilpikoxamid hatékonyságát a *Cercospora beticola* Sacc. ellen cukorrépa-kultúraiban. Kísérleteim kimutatták, hogy ezek az új hatóanyagok kiemelkedő biológiai hatékonysággal rendelkeznek, amelyek meghaladják a jelenleg alkalmazott standard fungicidok teljesítményét.

(3.) Az általam vizsgált fepikoxamid és florilpikoxamid hatékonysága nem mutatott összefüggést a cukorrépa-fajták fogékonysági szintjével. Ezáltal alkalmasak mind a nagyon fogékony, mind a mérsékelten ellenálló fajták védelmére.

(4.) A kísérletek során kimutattam, hogy a fepikoxamid és florilpikoxamid alkalmazása szignifikáns terméshozam-növekedést eredményezett a kezeletlen kontrolhoz képest. Az eredmények szerint mindkét hatóanyag hatékonyan csökkenti a betegség progresszióját, amely pozitív hatással van a hozamra.

(5.) Megállapítottam, hogy a florilpikoxamid és difenokonazol kombinációja kiemelkedően hatékony a cercospórás levélragya elleni

védekezésben. Ugyanakkor a kombinációs kezelések során szinergista hatást statisztikailag nem tudtam igazolni, de a kezelések eredményessége jelentősen felülmúlta az egyes hatóanyagok külön-külön alkalmazását.

(6.) Kutatásom alátámasztotta, hogy a fenpikoxamid és florilpikoxamid egyedi hatásmechanizmusa (QiI csoport) lehetővé teszi a rezisztencia kialakulásának kockázatának csökkentését. Az általam vizsgált hatóanyagok alacsony hektáronkénti dózisban is kiváló eredményeket mutattak, ezáltal csökkentve a környezeti terhelést és hozzájárulva a fenntartható mezőgazdasági gyakorlatokhoz.

## 5. PUBLIKÁCIÓS LISTA

### 5.1. Tudományos cikkek hazai folyóiratokban

1. Biró, Á. F.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2021): A cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) legjelentősebb fertőző betegségei és az ellenük való védekezés lehetőségei. ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS 62: 1 pp. 127-144., 18 p.
2. Biró, Á. F.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2021): A cukorrépa (*Beta vulgaris* L.) cercospóras levélragyája (*Cercospora beticola* Sacc.), az ellene való védekezés lehetőségei és a fungicidekkel szembeni rezisztenciája. ACTA AGRONOMICA ÓVÁRIENSIS 62: 1 pp. 149-173., 24 p.

### 5.2. Tudományos cikkek nemzetközi folyóiratban

1. Biró, Á. F.; Leader, A.; Hufnagl, A.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2024): A picolinamide fungicide for controlling *Cercospora*-leaf spot (CLS) of sugar beet. BIO Web of Conferences 125, 01007  
<https://doi.org/10.1051/bioconf/202412501007>
2. Biró, A.F.; Leader, A.J.; Hufnagl, A.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2024): Evaluation of Novel Picolinamide Fungicides (QiI) for Controlling *Cercosporabeticola* Sacc. In Sugar beet. Horticulturae. 10,1202.  
<https://doi.org/10.3390/horticulturae10111202>

### **5.3. Nemzetközi a témához kapcsolódó szabadalmakban való részvétel**

1. Gallup, C., Huang, Y-H., **Biró, A.**, Yao, Ch., Meyer, K. G., Da Cunha, L. C. V., Fairfax, M., Husband, B., Richburg, J., Martin, M. (2020): Use of acyclic picolinamide compound as a fungicide for control of phytopathogenic fungi in row crops. Patent publication number: 20200077656; UA127713 (C2), [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20231213&DB=EPODOC&locale=en\\_EP&CC=UA&NR=127713C2&KC=C2&ND=4](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?FT=D&date=20231213&DB=EPODOC&locale=en_EP&CC=UA&NR=127713C2&KC=C2&ND=4)
2. Gustafson, G. J., Delgado, J., **Biró, A.**, Gallup, C. (2021): Use of a difluoro-(2-Hydroxyprpyl) pyridine compound as a fungicide for control of leaf spot of sugar beets. Patent Publication number: US20210274787(A1), [https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=6&ND=3&adjacent=true&locale=en\\_EP&FT=D&date=20210909&CC=US&NR=2021274787A1&KC=A1](https://worldwide.espacenet.com/publicationDetails/biblio?DB=EPODOC&II=6&ND=3&adjacent=true&locale=en_EP&FT=D&date=20210909&CC=US&NR=2021274787A1&KC=A1)

### **5.4. Előadások tudományos konferenciákon**

1. Biró, Á.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2021): ÚJ FUNGICID HATÓANYAG, A FLORILPIKOXAMID EREDMÉNYES HAZAI ALKALMAZÁSA CERCOSPORA BETICOLA SACC. ELLEN. In: Haltrich, A.; Varga, Á. (szerk., 2021): 67. Növényvédelmi Tudományos Napok konferenciakiadványa: Növényvédelmi Tudományos Napok 2021. 76 p. pp. 27-27., 1 p.

2. Biró, Á. F.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2021): A florilpikoxamid, hazai szabadföldi vizsgálatai *Cercospora beticola* Sacc. ellen - Field studies of florylpicoxamid against *Cercospora beticola* Sacc. In Hungary. In: Szalka, É. (szerk., 2021): „INNOVÁCIÓ ÉS DIGITALIZÁCIÓ” XXXVIII. ÓVÁRI TUDOMÁNYOS NAP Absztraktkötet. Mosonmagyaróvár, Magyarország: Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar. pp. 99-99. Paper: N3, 1 p.

### **5.5. Poszterek tudományos konferenciákon**

1. Biró, Á. F.; Leader, A.; Hufnagl, A.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2024): A picolinamide fungicide for controlling *Cercospora*-leaf spot (CLS) of sugar beet. The 10<sup>th</sup> International Conference on Agricultural and Biological Sciences (ABS 2024). Győr, Széchenyi István Egyetem
2. Biró, Á. F.; Kukorelli, G.; Molnár, Z. (2021): A florilpikoxamid, hazai szabadföldi vizsgálatai *Cercospora beticola* Sacc. ellen - Field studies of florylpicoxamid against *Cercospora beticola* Sacc. „INNOVÁCIÓ ÉS DIGITALIZÁCIÓ” XXXVIII. ÓVÁRI TUDOMÁNYOS NAP”, Mosonmagyaróvár, Magyarország: Széchenyi István Egyetem Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar.