



**A CUKORRÉPA (*BETA VULGARIS* L.) CERKOSPÓRÁS LEVÉLRAGYÁJA
(*CERCOSPORA BETICOLA* SACC.), AZ ELLENE VALÓ VÉDEKEZÉS
LEHETŐSÉGEI ÉS A FUNGICIDEKKEL SZEMBENI REZISZTENCIÁJA**

BIRÓ ÁKOS FERENC – KUKORELLI GÁBOR – MOLNÁR ZOLTÁN

Széchenyi István Egyetem, Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Növénytudományi Tanszék, Mosonmagyaróvár

ÖSSZEFOGLALÓ

Magyarországon, de Európa és a világ szinte összes cukorrépa-termesztő területein jelenlevő domináns kórokozó a cukorrépa levélragyáját okozó *Cercospora beticola* Sacc. Ennek az egy kórokozónak az epidemikus felszaporodása akár 50%-os termésveszteséget is okozhat.

A *Cercospora beticolának* különböző hatóanyagcsoportokba sorolt fungicidekkel szembeni rezisztenciáját a Világ számos országában, így Magyarországon is leírták már. Napjainkban is folynak a fungicidrezisztenciával kapcsolatos rendszeres monitorvizsgálatok a világban.

Kulcsszavak: cukorrépa, cercospóra, *Cercospora beticola*, cercospóra-rezisztencia

BEVEZETÉS

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

A RÉPA CERKOSPÓRÁS LEVÉLRAGYÁJA

JELENTŐSÉGE

A betegséget először Saccardo 1876-ban Olaszországban írta le mángoldon (*Beta vulgaris subsp. cicla*), de mára világszerte mindenhol azonosították, ahol cukorrépat termesztnek (Ruppel, 1986).

A cukorrépa cercospórási levélragyája leginkább a meleg, párás termőhelyeken okoz súlyos károkat (Lartey et al., 2010). Fő kártétele, a cukorrépa lombvesztésén és ezáltal előidézett levélváltásán keresztül, az igen jelentős cukorkihozatali veszteség, amely közepes vagy nagy fertőzési nyomás esetén a 40-50% -ot is megközelítheti (Shane-Teng, 1992; Holtschulte, 2000).

A szennyezőanyagok arányának megnövelésével, a cukorkinyerés folyamatait is megnehezíti, ezáltal magasabb feldolgozási költségeket és kevesebb kivonható cukormennyiséget okozva (Shane-Teng, 1992). Továbbá a fertőzött növények gyökértermése is hajlamosabb a prizmákban a rothadásra a téli tárolás során (Smith-Ruppel, 1973). Például az 1980-as évek végén és az 1990-es évek elején a súlyos cercospórási levélragyajárványok okoztak jelentős gazdasági károkat a dél-németországi cukorrépa-termesztő gazdáknak (Wolf-Verreet, 2005).

Magyarországon leggyakrabban ez a gombás betegség okozza cukorrépa-állományokban a legsúlyosabb termésveszteségeket termesztési körzettől függetlenül (Kimmel, 1999).

Hazánkban a cukor- és takarmányrépán a nyár derekán, június-július hónapokban várható a megjelenése évről évre. Korai fertőzése esetén 2–3-szori levélváltást is előidézhet, ilyenkor 15–25%-os termés-, 0,5–1,5%-os cukortartalom-, illetve 25–35%-os cukorvesztést okozhat. Magtermesztésnél 10–20%-os termésvesztés és 5–10%-os csíráképesség-romlás következhet be. A különböző rasszok okozta kártétel – azok fertőzőképességétől és a különböző cukorrépa-fajták fogékonyságától függően – 2–40% közötti cukortartalom-vesztés is lehet. Európa északi országaiban kártétele nem jelentős (Fischl, 1992).

KÓROKOZÓ

Taxonómia

A cercosporoid gombák fogalmát sokszor megváltoztatták. Az első faj leírása óta, a *Cercospora* nemzetségbe sorolt fajok száma folyamatosan bővült (Pollack, 1987). Későbbi szerzők kisebb rendszertani egységekre osztották az addig a *Cercospora* nemzetségbe sorolt legtöbb cercosporoid gomafajt (Chupp, 1954). A legutóbbi felülvizsgálatot követően az ide sorolt fajok számát drasztikusan, több mint 3000 fajról 659-re, majd további 281 fajjal csökkentették, melyeket morfológiailag nem különböztethetünk meg a *Cercospora apii sensu lato*-tól. A *Cercospora beticola* a *Cercospora apii*-komplexhez tartozik és a fő kórokozója a cukorrépa cercospórásvettség levélfoltosodásának (Groenwald 2005, 2006, 2008). A legtöbb *Cercospora*-fajnak, így beleértve a *Cercospora beticolát* is, ivaros alakja jelenleg nem ismert. A *Cercospora* nemzetség a *Mycosphaerella* ivaros gombák már bizonyított ivartalan alakja (Crous-Braun, 2003), továbbá a *Cercospora*-fajok poligenetikai vizsgálatainak elemzése alapján jól meghatározott kládként a *Mycosphaerellaceae* családon belül helyezik el őket (Crous et al., 2001, 2006a, 2006b; Goodwin et al., 2001). Ezért a taxonómusok úgy veszik, hogy ha van ivaros alakja a *Cercospora beticolának*, az csakis egy *Mycosphaerella*-gomba lehet. Ezért az alább megjelölt rendszertani beorolás a jelenleg hatályos, hivatalos a *Cercospora beticola* esetében.

A *Cercospora beticola* Sacc. (Saccardo, 1876) a gombák (Fungi) Ascomycota törzsébe, a Dothideomycetes osztályába, a Capnodiales rendjébe, és azon belül a Mycosphaerellaceae családjába tartozó konídiumtartós, nekrotrof, növényi kórokozó gomba (*Index Fungorum*, 2020; *Mycobank*, 2020).

Morfológiai bélyegek

A *Cercospora beticola* gombának csak az anamorf (ivartalan) alakja ismert (Crous et al., 2001; Groenewald et al., 2013).

A hifák áttetszőek (hialin) vagy halvány olajbarnák, sejtközöttiek, harántfallal tagoltak, 2-4 µm átmérőjűek, pszeudostromatákat képeznek a gazdanövény légzőnyílás alatti üregeiben, amelyekből konídiumtartó kötegek nőnek ki. A légzőnyílásokon át törnek elő a konídiumtartók, 10-100 (legtöbb 46-60) x 3-3,5 µm nagyságúak, elágazás nélküliek, egyenesek vagy hajlékonyak, enyhén térszerűen hajlítottak, alig harántoltak, alapjukhoz közel halványbarna színűek, míg a csúcsuk közelében majdnem áttetszőek (hialin), kis feltűnő konidiális hegekkel a térdhajlatoknál és a csúcsnál (Pool-McKay, 1916).

A transzmissziós elektronmikroszkópos vizsgálatok azt mutatták, hogy 10–20 konidiumtartó nyaláb (18–25 µm átmérőjű) gyakran képződik mind a levél színén, mind a fonákján, és szubepidermális vagy szubszomatális pszeudosztrómákból származnak (Pons *et al.*, 1985). A pszeudosztrómák három-hat sejt mélységűek és legfeljebb 8-10 sejt szélesek. A konidiumtartók egy vagy két sejtből állnak, és 10–25 µm hosszúak, az alapon 3-5 µm szélesek. A konídiumok tú alakúak (2–3 × 36–107 µm), színtelenek (hialin), több keresztfallal (Weiland-Koch, 2004).

Több kutató is beszámolt a *Cercospora beticola* fiziológiailag megkülönböztetett rasszairól, elsősorban az *in vitro* kultúrákra és élettani különbségekre alapozva (Schlösser-Koch, 1957; Noll, 1960; Hetzer-Kiss, 1964; Solel-Wahl, 1971; Whitney-Lewellen, 1976; Mukhopadhyay-Pal, 1981). A rasszok fontossága megkérdőjelezhető, mivel nem mutattak ki izolátum-fajta kölcsönhatást (Ruppel, 1972). Emellett a különböző fajták, a kórokozóval szembeni eltérő ellenálló képességük ellenére, hasonlóan reagáltak a különféle biotípusok izolátumaira, amikor Görögországban, Olaszországban, Spanyolországban és az Egyesült Államokban értékelték őket (Smith, 1985).

Elterjedés

A cercospórák levélrageja az egyik legelterjedtebb és legsúlyosabb károkat okozó levélbetegsége a cukorrépanak. Az ellene való védekezés a növény védelmének gerincét alkotja a világ legtöbb cukorrépa-termesztő országában, mind Európa, mind az Egyesült Államok, Japán és Oroszország nagy részén (Holtshulte, 2000).

Jellemzően mediterrán betegség, de minden répatermő területen megjelenik, majd felszaporodik, ahol a nyári csapadék 200 mm körül van, és az átlaghőmérséklet meghaladja a 19–20°C-ot. A különböző földrajzi zónákban számos rassza alakult ki, amelyek a vetőmaggal gyorsan átkerültek egyik földrésről a másikra (Fischl, 1992).

Gazdanövény

Ezen kórokozó tápnövényei a cukorrépa (*Beta vulgaris* subsp. *Vulgaris*) mellett a *Beta* nemzetség legtöbb faja. Ezekon kívül is széles gazdanövénykörrel rendelkezik, melyeken patogénnek számít. Ezek az Amaranthaceae (pl. spenót), a Chenopodiaceae (pl. fehér libatop), az Apiaceae (pl. zeller), az Asteraceae (pl. krizantém, saláta, sáfrány) és a Brassicaceae (pl. vad mustár) családba tartoznak. Továbbá több más, mint a Malvaceae (pl. selyemmályva), a Plumbaginaceae (pl. egynyári sóvirág) és a Polygonaceae (pl.

kesperűfüvek, pohánka) növénycsaládba tartozó növényeken írták már le mint jelenlevő kórokozót (*Fransden*, 1955).

Járványtan és tünetek

A cercospórák levélagya kórokozója, a *Cercospora beticola* Sacc., számára kedvező körülmények között képes arra, hogy több ivartalan fejlődési ciklusa végbemenjen egyetlen szezon alatt (*McKay-Pool*, 1918; *Nagel*, 1945; *Vereijssen et al.*, 2007). A vegetációs időszakokon kívül, illetve azok között, a gomba elsősorban micélium formájában marad fenn a fertőzött növénymaradványokon a levél szubtomatális üregében. Ezeket a speciális áttelelésképleteket pseudosztrómának, vagy álsztrómának (konídiumtermelő hifák, micélium) nevezzük, mivel ezek mind gombaszövetekből, mind pedig a gazdanövény szövetmaradványaiból állnak (*Eriksson*, 1981). A pszeudosztróma 2 évig maradhat fent a növényi törmeléken, és ez jelenti a legfontosabb elsődleges (primer) fertőzési forrást (*Pool-McKay*, 1916; *Canova*, 1959; *Khan et al.*, 2008). A további lehetséges primer fertőzési források közé tartozik még a kórokozóval fertőzött növényi maradványok szétszórása munkagépek segítségével (*Knight et al.*, 2018, 2019), a fertőzött vetőmag, a szél által szállított konídiumok vagy más gazdanövényekből származó sztrómák (*Khan et al.*, 2008; *Franc*, 2010; *Skaracis et al.*, 2010; *Tedford et al.*, 2018; *Knight et al.*, 2020).

A konídiumok fejlődéséhez szükséges minimális környezeti feltétel a legalább 15 °C-os hőmérséklet és 60%-os vagy magasabb relatív páratartalom (*Pool-McKay*, 1916; *Solel-Minz*, 1971). A szél, eső, öntözés, vízfelverődés vagy rovarok által a spórák továbbterjednek, rákerülnek a cukorrépa levelek fonákjára vagy a levélgyekek lefelé néző felületére, ezáltal megindítva a további fertőzést (*Lawrence-Meredith*, 1970; *Khan et al.*, 2007). Bár egyes tanulmányok szerint a gyökerek elsődleges fertőzési forrásként is szolgálhatnak (*Vereijssen et al.*, 2005), a gyökérfertőzés specifikus feltételei továbbra is tisztázatlanok (*Khan et al.*, 2008). A konídiumok csírázásához szükséges optimális körülmények a magas relatív páratartalom mellett (közel 100%) a körülbelül 25 °C-os hőmérséklet (*Ruppel*, 1986; *Khan et al.*, 2009). Csírázás után a konídium appresszóriomot fejleszt, lehetővé téve a hifák számára, hogy a sztrómákon keresztül behatoljanak a levélszövetbe, és a sejtek között terjedjenek, látható levéltünetek nélkül (*Rathai*, 1977; *Steinkamp et al.*, 1979). Ahogy a gomba nekrotróf stádiumba vált át, a fitotoxinok

termelése és a lebomlóenzim-aktivitás a fertőzött sejtek nekrotizálásához vezet (Steinkamp *et al.*, 1979).

A tünetek 3–5 mm nagyságú, szürkésbarna színű, kör alakú foltokként jelennek meg, amelyeket sötétbarna vagy vöröseslilás szegély vesz körül (Windels *et al.*, 1998). A tünetek az idősebb leveleken akár 5 nappal a fertőzés után már kialakulhatnak, kedvező környezeti feltételek mellett, mint a magas páratartalom (> 90%) és a meleg (nappal 27–32 °C, éjszaka 16 °C fölött) legalább 15-18 órán keresztül naponta (Pool-McKay, 1916; Solel-Minz, 1971). Szabadföldön ezeket a jellegzetes tüneteket jellemzően a lombzáródás után lehet megfigyelni általában (Khan *et al.*, 2008). Magas relatív páratartalom (98-100%) és 20 °C hőoptimum mellett, a sporuláció végbe tud menni 10-35 °C között (Bleiholder-Weltzien, 1972). Súlyos járványok várhatóak, amikor a hőmérséklet 20 °C, a relatív páratartalom 96% felett marad 10-12 órán keresztül, 3-5 napig (Mischke, 1960).

A léziókban kialakult pszeudosztrómák kedvező körülmények között a fertőzés után már 7 nappal az új konídiumok termelődésének helyeivé válnak (Jacobsen-Franc, 2009). A konídiumokat ismét a szél, vízfelferődés vagy rovarok terjesztik, újabb fertőzési ciklust beindítva ezzel. A korai tanulmányok azt írják, hogy a vízfelferődés (eső- és öntözővíz) a spórák további terjedésének fő tényezője (Carlson, 1967), míg mások szerint a szél a fő terjedési tényezője a *Cercospora beticola* inokulumának, mivel a kitett növényeknél a betegség súlyosabb volt, mint az izolált növényeknél (Khan *et al.*, 2008). Nem számoltak be arról a távolságról, amelyet a konídiumok meg tudnak tenni életképességük megőrzése mellett, de genetikai vizsgálatok bizonyítékot szolgáltattak arra, hogy a spórák képesek nagyobb távolságon belül is szétszóródni (Groenewald *et al.*, 2008; Vaghefi *et al.*, 2017; Knight *et al.*, 2018).

VÉDEKEZÉS

Általános védekezési gyakorlat és stratégia

A cercospórák levélrageja elleni integrált védekezés magába foglalja a helyes talajművelési gyakorlatot, a cukorrépa mérsékelt rezisztenciáját a kórokozóra és a gombaölő szerek kezeléseket időben történő elvégzését (Ruppel, 1986). A helyes agronómiai gyakorlat (GAP = Good Agricultural Practices) kialakításának célja a kezdeti fertőzőanyag mennyiségének csökkentése a következő szezonban a vetésciklus betartásával, a talajműveléssel (fertőzött növénymaradványok leszántása) és közvetlenül

a korábbi cukorrépa-területek melletti vetés elkerülésével. A 2-3 éves vetésforgó betartása a lehetséges gazdanövények kizárásával, illetve a levágott beteg répafejek eltávolítása a területről csökkenti a fertőzési forrásokat a következő évek cukorrépa-területeinek megvédése érdekében (*Pool-McKay*, 1916; *Pundhir-Mukhopahyay*, 1987). A mélyszántás meggyorsítja a fertőzött fejek lebomlását a talajban, ami a gomba pusztulásához vezet (*Canova*, 1959).

A betegség megjelenésének, majd súlyosságának előrejelzésére és fejlődésének nyomon követésére járványtani modelleket dolgoztak ki a gombaölő szerek kezelésekre megfelelő időzítése érdekében (*Rossi-Battilani*, 1991; *Windels et al.*, 1998; *Pitblado-Nichols*, 2005; *Racca-Jörg*, 2007). Például, a magas relatív páratartalom és a kritikus átlaghőmérsékletű órák számán alapuló előrejelzési modellt sikerrel alkalmazták az Egyesült Államokban a gombaölő szerek permetezési ütemtervének meghatározásához (*Shane-Teng*, 1984).

A gombaölő szerek kezeléseket korán, megelőző jelleggel (preventíven) kell kijuttatni, a primer fertőzéseket célozva, hogy elkerüljük a konidiális populációk kialakulását, amelyek megfertőzhetik az új, védtelen leveleket. A kontakt és szisztemikus gombaölő szerek egymást felváltva vagy tankkeverékekben történő alkalmazása késleltetheti a rezisztens kórokozótörzsek kialakulását (*Ruppel*, 1986; *Kimmel*, 1999).

Bár számos tanulmány foglalkozott a különféle baktériumok és gombák biopeszticidként való cercospórák levélrágja elleni alkalmazhatóságával, beleértve a *Trichoderma* spp. és a *Bacillus subtilis* (*Collins-Jacobsen*, 2003; *Galletti et al.*, 2008) fajokkal végzett vizsgálatok eredményeit is, jelenleg nem tudunk sikeres kutatási eredményekről.

Mindemellett alternatív megoldásként több mikrobiális csoport jelenléte korrelál a cukorrépa-területek betegség-előfordulási gyakoriságával, így ezek a mikrobák biológiai markerként hasznosak lehetnek a betegség kitörésének előrejelzésében (*Kusstatscher et al.*, 2019).

A cercospóra elleni védekezésben használt gombaölő-szer-hatóanyagok

A gombaölő szerek használata a cercospórási levélrags (*Cercospora beticola*, Sacc.) elleni védekezés szerves részét képezte és képi a mai napig, elsősorban a nemkémiai alternatívák hatékonyságának hiánya miatt. A betegség kezelésében két fő vegyszertípus áll rendelkezésre: széles spektrumú aktivitással rendelkező protektív gombaölő hatóanyagok és szisztemikus gombaölő szerek, amelyek a gombát egy meghatározott helyen célozzák meg. Az előbbiek közül a leggyakrabban alkalmazott az etilén-biszditiokarbamát (EBDC, Fungicide Resistance Action Committee = FRAC Group M03) gombaölő, rézalapú gombaölő (FRAC M01 csoport). A szisztemikus gombaölő-szer-hatóanyagok globálisan alkalmazott három fő csoportja a benzimidazolok (MBC = Methyl Benzimidazole Carbamates; FRAC 1. csoport), a triazolok (DMI = DeMethylation Inhibitors; FRAC 3. csoport) és a strobilurinok (QoIs = Quinone outside Inhibitors; FRAC 11. csoport) (Kimmel, 1999; FRAC, 2020).

Az elmúlt évtizedekben, ezen hatóanyagcsoportok hatékonyságát folyamatosan rontotta a rezisztens törzsek megjelenése a *Cercospora beticola* populációiban. A *Cercospora beticola*-rezisztenciát kimutatták ugyanazon fungicidosztályok széles körű és ismételt alkalmazása után (Giannopolitis, 1978; Secor et al., 2010; Rosenzweig et al., 2020). További tényezők a kórokozó „policiklikus jellege”, a magas spóráképzési arány és a nagy területeken alkalmazott, gyakran használt permetezési programok, amelyek még jelentősen hozzájárulnak a gombaölő szerekkel szembeni rezisztencia kialakulásához (Dekker, 1986). Különböző csoportba tartozó hatóanyagok felváltva történő kipermetetését alkalmazzák a rezisztens törzsek szelektációjának elnyomására. További lehetőségként, a szisztemikus gombaölő szereket (például a triazolokat), tankkeverékben szokták alkalmazni kontakt szerrel a magasabb hatékonyság elérése, a költségcsökkentés és a rezisztencia megelőzésének érdekében (Ioannidis, 1994).

Benzimidazol- (MBC) típusú gombaölő szerek (FRAC 1)

A benzimidazol (MBC = Methyl Benzimidazole Carbamates) gombaölő szerek csoportjába tartozó benomil hatóanyagot 1970-ben vezették be (Klittich, 2008). A benzimidazolok gátolják a mikrotubulus összeépülését a mitózis során azáltal, hogy kötődnek a β -tubulin alegységekhez (Davidse, 1986).

Triazol- (DMI) típusú gombaölő szerek (FRAC 3)

A *Cercospora beticola* elleni védekezésre használt gombaölőszer-hatóanyagok másik nagy csoportját alkotják a triazolok (DMI = DeMethylation Inhibitors). A kórokozóval szemben mind védő (protektív), mind gyógyító (kuratív) hatásúak. Emellett biztonságosak a cukorrépa számára, vagyis alacsony a fitotoxicitási szintjük is (*Brown et al.*, 1986; *Dahmen-Staub*, 1992).

Strobilurin- (QoI) típusú gombaölő szerek (FRAC 11)

A strobilurinokat 1996-ban vezették be, elsőként az azoxistrobin hatóanyagot (*Klittich*, 2008). Hatásmódjukat tekintve, a gombák légzését gátolják (QoI = Quinone outside Inhibitors). A strobilurinok úgy hatnak, hogy megkötik a citokróm bc1 komplex kinol oxidációs helyét a mitokondriumokban, ami megzavarja az ATP-termelést (*Wood-Holloman*, 2003; *Fernández Ortuño et al.*, 2008). A membránfehérje citokróm b képezi a komplex magját, és a citokróm b (cytb) gén kódolja.

Széles hatáskörük és egyben alacsony fitotoxicitásuk miatt gyorsan vezető szerepre tettek szert az új gombaölőszer-fejlesztések területén (*Anke*, 1995).

A strobilurin-tartalmú gombaölő szereknek, a betegségek elleni hatékonyságuk mellett, jelentős a zöldítő, vitalizáló, öregedésgátló hatása is (*Habermeyer et al.*, 1998; *Horváth-Prigge*, 1998).

Cukorrépában először 2002-ben alkalmaztak strobilurinokat mint rendkívül hatékony fungicideket a *Cercospora beticola* ellen (azoxistrobin, krezoxim-metil, piraklostrobin, trifloxistrobin) (*Karadimos et al.*, 2005; *Secor et al.*, 2010).

A gombaölőszer-hatóanyagokat összefoglalva az 1. táblázatban mutatjuk be.

1.táblázat: Cukorrépában engedélyezett, *Cercospora beticola* ellen használható gombaölőszerek és hatóanyagok listája Magyarországon – 2021. Forrás: URL1
1. Table 1: List of fungicides and active substances authorised in beet against *Cercospora beticola* in Hungary

SSz:	Hatóanyag neve	Hatóanyag csoport	FRAC besorolás	Készítmény	
				Neve	Engedély érvényessége
1.	ciprokonazol	DMI fungicidok	FRAC 3	Sfera 535 SC*, Trezor 535SC*	2024.05.31
2.	difenokonazol			Spyrale 475 EC*	2023.09.30
3.	propikonazol			Bolt XL	2021.12.31
4.	tetragonazol			Eminent 125 SL, Emerald, Galileo, Bagani	2024.05.31
5.	azoxistrobin	QoI fungicidok	FRAC 11	Amistar, Conclude, Mirador, Mister, Zaftra	2023.07.31
6.	trifloxistrobin			Sfera 535 SC*, Trezor 535SC*	2024.05.31
7.	fenpropidin	gyűrűs-aminok	FRAC 5	Spyrale 475 EC*	2023.09.30

*= gyári kombináció

A *CERCOSPORA BETICOLA* KÓROKOZÓVAL SZEMBENI REZISZTENCIAHELYZET

A *Cercospora beticola* elleni rezisztencia kialakulása

Benzimidazolok (MBC): Először Görögországban, már 1973-ban, írták le a *Cercospora beticola*- populációkban megfigyelt benzimidazol-rezisztenciát (Georgopoulos- Dovas, 1973), majd világszerte több más termőhelyen, például az Egyesült Államokban (Ruppel-Scott, 1974; Bugbee, 1982), Kínában (Dafang-Shuzhi, 1982) és Indiában (Pal-Mukhopadhyay, 1983). Ezt követően, a rezisztens populációk kezelésére vezették be a DMI-típusú (triazolok) gombaölő szereket. Magyarországon jóval később mutatták ki a benomil hatóanyaggal szemben kialakult, stabil 100%-os rezisztenciát (Kimmel, 2003). Davidson et al. (2006) és Trkulja (2013) leírták, a megcélzott β -tubulin gén szekvenciájának glutaminsav és alanin aminosav változását azonosították a 198 kodonban (E198A néven), amely magas benzimidazol-rezisztenciával társult a *Cercospora beticola* több populációjában is.

Triazolok (DMI): Bár kezdetben úgy gondolták, hogy a triazolok közepes rezisztenciakockázattal rendelkeznek (Brown et al., 1986), a *Cercospora beticola*-

rezisztenciát mára kimutatták Európában (*Karaoglanidis et al.*, 2001a), Marokkóban (*El Housni et al.*, 2018), Kanadában (*Trueman et al.*, 2017) és az Egyesült Államokban (*Secor et al.*, 2010; *Bolton et al.*, 2012a; *Rosenzweig et al.*, 2020). A triazolokkal szembeni rezisztancia közel folytonossággal megfigyelhető, egyaránt a magas és az alacsony EC50-értékek között (*Karaoglanidis-Ioannidis*, 2010). Az 1 ppm-nél magasabb EC50-értékű *Cercospora beticola*-izolátumok jelentősen súlyosabb megbetegedést okoztak a cukorrépában egy triazol-kezelés alkalmazása után, mint azok az izolátumok, amelyek EC50-értéke 1 ppm alatt volt. Ezek alapján az 1 ppm-et feltételezték a DMI-rezisztencia ésszerű küszöbértékeként (*Bolton et al.*, 2012b, 2016). Egy 2017-es felmérésben a tesztelt *Cercospora beticola*- izolátumok 25,9% -a volt rezisztens (EC50 > 1 ppm) a tetrakonazzal szemben, míg ugyanezen izolátumok 47,1% -a volt rezisztens egy másik triazolra, a difenokonazolra, ami arra utal, hogy nincs teljes keresztrezisztencia a triazolokkal szemben (*Secor et al.*, 2017; *Karaoglanidis-Thanasoulouopoulos*, 2003). A triazolokkal szembeni rezisztencia kialakulásának mechanizmusa általában összetettebb, mint a benzimidazolokkal, vagy a strobilurinokkal szemben kialakuló. A triazolok a gombák lanoszterin 14 α -demetiláz CYP51-jét célozzák meg, amely egy citokróm P450 enzim. Ez a gomba ergoszterolbioszintézisének kulcsfontosságú lépését katalizálja. A sejtmembrán szterin-ergoszterol szintézise nélkül a gomba sejteinek növekedése gátolható. Az ellenállás nemcsak a CYP51 célhelyének módosítása, hanem a CYP51 túlzott expressziója, a triazolok megnövekedett aktív kiáramlása és a cél CYP51 gén többszörös másolata révén is kialakulhat (*Leroux et al.*, 2007; *Ziogas-Malandrakis*, 2015). A közelmúltban olyan nem szinonim polimorfizmusokat is felfedeztek a CbCYP51-ben, amelyek a triazol-rezisztenciához kapcsolódnak (*Trkulja et al.*, 2017; *Shrestha et al.*, 2020).

Strobilurinok (QoI): A többi gombához hasonlóan (*Fernández-Ortuño et al.*, 2008), a *Cercospora beticola* eddig kimutatott strobilurin-rezisztens izolátumai a glicint alaninnal helyettesítették a 143-as kodonban (jelölése G143A) (*Birla et al.*, 2012; *Bolton et al.*, 2013; *Trkulja et al.*, 2017; *Piszczek et al.*, 2018). Rezisztancia-monitorozási vizsgálatok Európában (*Birla et al.*, 2012; *Piszczek et al.*, 2018), Marokkóban (*El Housni et al.*, 2018), Japánban (*Kayamori et al.*, 2020), Kanadában (*Trueman et al.*, 2013) és az Egyesült Államokban (*Secor et al.*, 2010; *Kirk et al.*, 2012) jelezték a strobilurinokkal (QoI) szembeni rezisztencia gyors és stabil kialakulását. Az ebbe a csoportba tartozó összes hatóanyag között keresztrezisztencia áll fönt (FRAC, 2020). Az Egyesült

Államokban, 2017-es jelentésben kimutatták, hogy a *Cercospora beticola*-izolátumok 89,1%-a rezisztens volt a piraklostrobinnal szemben, ezért használata már nem ajánlott a cercospórák levélrága elleni védekezésre (Secor et al., 2017).

A különböző fungicidhatóanyag-csoportokkal szembeni rezisztencia mögött álló mutációk azonosítása lehetővé teszi a rezisztencia gyors detektálását PCR-módszerekkel. Valós idejű PCR-módszereket már alkalmaznak a strobilurin-rezisztencia detektálására a *Cercospora beticola*-izolátumok évenkénti monitorozásához (Malandrakis et al., 2011; Bolton et al., 2013). Ezen kívül, módszereket fejlesztettek ki a benzimidazol- és triazol-rezisztens izolátumok kimutatására is (Nikou et al., 2009; Trkulja et al., 2013; Rosenzweig et al., 2015; Shrestha et al., 2020). Kidolgozták a DNS izotermikus körülmények közötti amplifikálásának módszerét, amelyet hurok-mediált izotermikus amplifikációnak (LAMP) neveznek. Ez az eszköz végül lehetővé teszi a *Cercospora beticola* szabadföldi populációi fungicidrezisztenciájának feltérképezését, ezáltal a gombaölőszer-hatóanyagoknak a permetezés előtti körültekintő megválasztását a megfelelő kémiai védekezéshez (Notomi et al., 2015).

A rezisztencia megelőzése és kezelése

Benzimidazolok (MBC): Széles körben elterjedt használata miatt számos kórokozó-populáció esetében a lehető leghamarabb jó rezisztencia-kezelési gyakorlatot kell kialakítani, mely késlelteti, vagy megtudja akadályozni a célzott kórokozók érzékenységének további csökkenését. A benzimidazolokra vonatkozóan nincsenek specifikus ajánlások. A keverékek és az alternatív módszerek egyaránt alkalmasak a rezisztencia-kialakulás kockázatának minimalizálására. Tankkeverékek esetében a benzimidazol a megadott dózisban kell alkalmazni egy más hatásmechanizmusú gombaölő szer megfelelő dóziséval együtt. A benzimidazol-alapú termékeket be kell építeni egy olyan permetezési programba, amely más hatóanyagcsoportba tartozó fungicideket tartalmaz, és hatásos a célkórokozóra. A szelekciós nyomás csökkentése érdekében a benzimidazol-kezelések száma szezononként nem haladhatja meg a termék címkéjén feltüntetett kijuttatások számát. Kerülni kell a benzimidazol-típusú gombaölő szerek kizárólagos, önmagukban történő használatát. A fertőzés megtörténte utáni, gyógyító (kuratív) kezeléseket olyan speciális helyzetekre kell fenntartani, ahol nincs

alternatíva. A fenti ajánlásokat be kell építeni egy átfogó integrált növényvédelmi programba, amely ötvözi a művelési, biológiai és kémiai növényvédelem módszereit. A fenti stratégiák végrehajtása során figyelembe kell venni annak a növénynek, a kórokozónak és a földrajzi területnek a sajátosságait, amelyen a benzimidazol-terméket alkalmazni akarják (FRAC, 2020).

Triazolok (DMI): Ezek az egyik leghatékonyabb fungicidkategoriót képviselik, amely a mezőgazdaság számára számos gazdaságilag fontos kórokozó elleni védekezésben elérhető. A gombaölő szerek ajánlásában és használatában részt vevők érdeke, hogy felhasználásuk hatékonyságuk megmaradásával történjen. Ezeket a gombaölőszerhatóanyagokat egy szezonban nem szabad ismételt alkalommal alkalmazni magas rezisztenciakockázatú kórokozóval szemben, ahol nagy a fertőzési nyomás. A szezon folyamán többszöri alkalmazás során, az eltérő hatóanyagcsoportba tartozó szerek váltott kijuttatása (blokkpermetezés vagy egymás után) vagy hatékony, nem keresztrezisztens gombaölő szerrel való tankkeverék kijuttatása ajánlott. Amennyiben a szerrotáció vagy tankkeverékek alkalmazása, megfelelő partner hiányában nem valósítható meg (nem hatékony vagy nem keverhető), akkor a triazolok használatát a szezon kritikus időszakára kell fenntartani. Új hatóanyag-csoportok bevezetése lehetőséget nyújt a rezisztencia hatékonyabb kezelésére. A leghatékonyabb rezisztenciakezelési stratégiákhoz maximálisan ki kell használni a különböző hatásmódok alkalmazását. A felhasználóknak be kell tartaniuk a gyártók ajánlásait. A rezisztenciáról szóló jelentések sok esetben az ajánlott dózis csökkentéséről vagy a védekezés rossz időzítéséről tanúskodnak. A fungicidhasználat csak a védekezés egyik aspektusa, nem pótolja a rezisztens növényfajták meglétét, a helyes agronómiai gyakorlatot, a növényhigiénét. Az egyetlen cyp51 mutáció exkluzív frekvenciamérése nem elegendő a triazolokkal szembeni rezisztenciahelyzet leírására, de segíthet jobban megérteni a kórokozók triazol-érzékenységében bekövetkező változások hátterét (FRAC, 2020).

Strobilurinok (QoI): A gyártó által meghatározott és az engedélyező hatóság által kibocsájtott engedélyben szereplő célkárosítók ellen, a vonatkozó ajánlásoknak megfelelően, a cukorrépa megadott fejlődési stádiumaiban kell őket kijuttatni. A hatékony kezelés az egyik legkritikusabb pont a rezisztens kórokozó-populációk megjelenésének késleltetésében. Csak más hatóanyagcsoportból származó partnerrel keverve szabad alkalmazni őket, hozzájárulva ezzel is a fungicidhatékonyság maximalizálásához az adott betegségek esetében. Megelőző jelleggel kell alkalmazni

ezeket a gombaölő szereket. Erős fertőzési nyomás mellett a permetezési intervallumot nem szabad elnyújtani. A strobilurin-tartalmú termékekkel végzett permetezések ne haladják meg az összes permetezések számának 50%-át. Ugyanakkor alacsony fertőzési nyomás esetében, ahol a betegség elleni védekezéshez csak egy gombaölő szeres kezelésre van szükség, strobilurin-tartalmú kombinációt lehet használni (a fentiek szerint). Amennyiben strobilurintokat alkalmaznak más cukorrépa-betegségek (például rozsdá, lisztharmat, *Rhizoctonia*, *Ramularia* és *Stemphylium*) elleni kezelésre, akkor is figyelembe kell venni ezek lehetséges hatását a *Cercospora beticola* rezisztenciájának alakulására (FRAC, 2020).

CERCOSPORE LEAF SPOT (*CERCOSPORA BETICOLA* SACC.) DISEASE OF SUGAR BEET (*BETA VULGARIS* L.), POSSIBILITIES OF DEFENSE AGAINST IT AND CONDITIONS OF RESISTANCE – A REVIEW

ÁKOS FERENC BIRÓ – GÁBOR KUKORELLI – ZOLTÁN MOLNÁR

Department of Plant Sciences, Faculty of Agricultural and Food Sciences, Széchenyi István University, Mosonmagyaróvár

SUMMARY

Growing sugar beet is a very expensive and risky, but also very profitable business compared to other field crops grown in Hungary.

In terms of plant protection, the success of sugar beet cultivation, in addition to insect and weed control, is significantly influenced by the solution of special pathological problems. Within this, the dominant pathogen present in Hungary, but in almost all sugar beet growing areas in Europe and the world, is *Cercospora beticola* Sacc. The epidemic proliferation of only this disease can cause up to 50% crop loss.

The resistance of *Cercospora beticola* to fungicides belonging to different groups of active substances has been described in many countries of the world, including Hungary. There are still regular monitoring studies of fungicide resistance in the world today.

Keywords: sugar beet, cercospora, *Cercospora beticola*, cercospora resistance, review

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció elkészítését az EFOP-3.6.3-VEKOP-16-2017-00008 számú „Innovatív tudományos műhelyek a hazai agrár felsőoktatásban” című projekt támogatta. A projekt az Európai Unió támogatásával, az Európai Szociális Alap társfinanszírozásával valósult meg.

FELHASZNÁLT IRODALOM

Anke, T. (1995): The antifungal strobilurins and their possible ecological role. *Canadian Journal of Botany*. 73. 940-945. p.

Birla, K., Rivera-Varas, V., Secor, G. A., Khan, M. F., Bolton, M. D. (2012): Characterization of cytochrome b from European field isolates of *Cercospora beticola* with quinone outside inhibitor resistance. *European Journal of Plant Pathology*. 34.475–488. p.

Bleiholder, H., Weltzien, H. C. (1972): Beiträge zur Epidemiologie von *Cercospora beticola* Sacc. and Zuckerrübe. II: Die Konidienbildung in Abhängigkeit von den Umweltbedingungen Temperatur, relative Luftfeuchtigkeit und Licht. *Phytopathologische Zeitschrift*. 73. 46-68. p.

Bolton, M. D., Birla, K., Rivera-Varas, V., Rudolph, K. D., Secor, G. A. (2012a): Characterization of CbCyp51 from field isolates of *Cercospora beticola*. *Phytopathology*, 102. 298–305. p.

Bolton, M.D., Rivera-Varas, V., del Río Mendoza, L.E., Khan, M.F., Secor, G.A. (2012b): Efficacy of variable tetraconazole rates against *Cercospora beticola* isolates with differing in vitro sensitivities to DMI fungicides. *Plant Disease*, 96. 1749–1756. p.

Bolton, M.D., Rivera, V., Secor, G. (2013): Identification of the G143A mutation associated with QoI resistance in *Cercospora beticola* field isolates from Michigan, United States. *Pest Management Science*, 69. 35–39. p.

Bolton, M. D., Ebert, M. K., Faino, L., Rivera-Varas, V., de Jonge, R., Van de Peer, Y. et al (2016): RNA-sequencing of *Cercospora beticola* DMI-sensitive and -resistant isolates after treatment with tetraconazole identifies common and contrasting pathway induction. *Fungal Genetics and Biology*. 92. 1–13. p.

- Brown, M., Waller, C., Charlet, C., Palmieri, R. (1986)*: The use of flutriafol based fungicides for the control of sugar beet diseases in Europe. Presented at the 1986 British Crop Protection Conference Pests and Diseases, 3. 1055–1061. p.
- Bugbee, W. (1982)*: Storage rot of sugar beet. *Plant Disease*, 66. 871–873. p.
- Canova, A. (1959)*: Ricerche su la biologia e l'epidemiologia della *Cercospora beticola* Sacc., Parte IV. *Annali Della Sperimentazione Agraria*, N. S. 13. 685-776.p.
- Carlson, L. (1967)*: Relation of weather factors to dispersal of conidia of *Cercospora beticola* (Sacc). *Journal of the American Society of Sugar Beet Technologists*.14.319. p.
- Chupp, C. A. (1954)*: Monograph of the Fungus Genus *Cercospora*. Ithaca. New York, USA.667. p.
- Collins, D.P., Jacobsen, B.J. (2003)*: Optimizing a *Bacillus subtilis* isolate for biological control of sugar beet *Cercospora* leaf spot. *Biological Control*, 26, 153–161. p.
- Crous, P. W., Kang, J. C., Braun, U. (2001)*: A phylogenetic redefinition of anamorph genera in *Mycosphaerella* based on ITS rDNA sequence and morphology. *Mycologia*, 93. 1081–1101. p.
- Crous, P. W., Braun, U. (2003)*: *Mycosphaerella* and its anamorphs: 1. Names published in *Cercospora* and *Passalora*. *CBS Biodivers. Series 1*. 1-571. p.
- Crous, P. W., Groenwald, J. Z., Groenwald, M., Caldwell, P., Braun, U., Harrington, T. C. (2006a)*: Species of *Cercospora* associated with grey leaf spot of maize. *Stud. Mycol.* 55. 189-197. p.
- Crous, P. W., Wingfield, M. J., Mansilla, J. P., Alfenas, A. C., Groenwald, J. Z. (2006b)*: Polygenetic reassessment of *Mycosphaerella* spp. And their anamorphs occurring on *Eucalyptus*. II. *Stud. Mycol.* 55. 99-131. p.
- Dafang, H., Shuzhi, W. X. Z. (1982)*: Studies on resistance of *Cercospora beticola* to benzimidazole fungicides. *Journal of Plant Protection*, 2. 11. p.
- Dahmen, H., Staub, T. (1992)*: Protective, curative, and eradicator activity of difenoconazole against *Venturia inaequalis*, *Cercospora arachidicola*, and *Alternaria solani*. *Plant Disease*, 76. 774–777. p.
- Davidse, L. C. (1986)*: Benzimidazole fungicides: mechanism of action and biological impact. *Annual Review of Phytopathology*, 24. 43–65. p.
- Davidson, R., Hanson, L., Franc, G. and Panella, L. (2006)*: Analysis of β -tubulin gene fragments from benzimidazole-sensitive and -tolerant *Cercospora beticola*. *Journal of Phytopathology*. 154, 321–328. p.

- Dekker, J. (1986):* Preventing and Managing Fungicide Resistance. US National Research Council Committee on Strategies for the Management of Pesticide-Resistant Pest Populations, Pesticide resistance: Strategies and Tactics for Management. Washington, DC: National Academy Press. 347–354. p.
- El Housni, Z., Ezrari, S., Tahiri, A., Ouïja, A., Lahlali, R. (2018):* First report of benzimidazole, DMI and QoI-insensitive *Cercospora beticola* in sugar beet in Morocco. New Disease Reports. 38. 17. p.
- Eriksson, O.(1981):* The families of bitunicate ascomycetes. Nordic Journal of Botany.1.800. p.
- Fernández-Ortuño, D., Torés, J. A., De Vicente, A., Pérez-García, A. (2008):* Mechanisms of resistance to QoI fungicides in phytopathogenic fungi. International Microbiology, 11. 1-9. p.
- Fischl, G. (1992):* A cukorrépa betegségek. PATE, Keszthely 1992. 154. p.
- FRAC (2020): www.FRAC.info
- Franc, G. (2010):* Ecology and epidemiology of *Cercospora beticola*. In: Lartey R., Weiland J., Panella L. W., Crous P. W., Windels C. E. (Eds.) *Cercospora* Leaf Spot of Sugar Beet and Related Species. St. Paul, MN: American Phytopathological Society. 7–19. p.
- Fransden, N. O. (1955):* Über den Wirtskreis und die systematische Verwandtschaft von *Cercospora beticola*. Archiv für Mikrobiologie. 22. 145-174. p.
- Galletti, S., Burzi, P.L., Cerato, C., Marinello, S., Sala, E. (2008): Trichoderma as a potential biocontrol agent for *Cercospora* leaf spot of sugarbeet. Bio Control.53.917-930. p.
- Georgopoulos, S., Dovas, C. (1973):* A serious outbreak of strains of *Cercospora beticola* resistant to benzimidazole fungicides in Northern Greece. Plant Disease Report, 5. 321–324. p.
- Giannopolitis, C. (1978):* Occurrence of strains of *Cercospora beticola* resistant to triphenyltin fungicides in Greece. Plant Disease Report, 62. 205–208. p.
- Goodwin, S. B., Dunkle, D. L., Zismann, V. L. (2001):* Phylogenetic analysis of *Cercospora* and *Mycosphaerella* based on the internal transcribed spacer region of ribosomal DNA. Phytopathology. 91. 648-658. p.
- Groenwald, M., Groenwald, J. Z., Crous, P. W. (2005):* Distinct species exist within the *Cercospora apii* morphotype. Phytopathology. 95. 951-959. p.

Groenwald, M., Groenwald, J. Z., Braun, U., Crous, P. W. (2006): Host range of *Cercospora apii* and *C. beticola*, and description of *C. apiicola*, a novel species from celery. *Mycologia* 98. 275-285. p.

Groenewald, M., Linde, C., Groenewald, J. Z., Crous, P.W. (2008): Indirect evidence for sexual reproduction in *Cercospora beticola* populations from sugar beet. *Plant Pathology*.57. 25–32. p.

Groenewald, J., Nakashima, C., Nishikawa, J., Shin, H. D., Park, J. H., Jama, A. et al (2013): Species concepts in *Cercospora*: spotting the weeds among the roses. *Studies in Mycology*, 75. 115–170. p.

Habermeyer, J., Gerhard, M., Zinkernagel, V. (1998): The impact of strobilurins on the plant physiology of wheat. 7th International Congress of Plant Pathology, Edinburgh. <https://www.bspp.org.uk/icpp98/5.6/3.html>

Hetzer, T., Kiss, E. (1964): *Cercospora beticola* (Sacc.) rászukutásainak eddigi eredményei. Növénynemesítési és Növénytermesztési Kutató Intézet Közleményei. 3 (1). 91-100. p.

Holtshulte, B. (2000): *Cercospora beticola* — worldwide distribution and incidence. In: Asher M., Holtshulte B., Molard M., Rosso F., Steinrucken G., Beckers R. (Eds.) (2000): IIRB Advances in Sugar Beet Research, *Cercospora beticola* Sacc. Biology, Agronomic Influences and Control Measures in Sugar Beet. 2, Brussels: International Institute for Beet Research, 5–16. p.

Horváth, A., Prigge, G. (1998): JUWEL®, a BASF új fungicidje. 44. Növényvédelmi Tudományos Napok, Budapest. 97. p.

Index Fungorum (2020): www.indexfungorum.org

Ioannidis, P. (1994): Fungicides chemicals and techniques for controlling *Cercospora beticola* Sacc. in Greece. Presented at the Proceedings of Mediterranean Committee Meeting of IIRB, Thessaloniki, Greece, 139–151. p.

Jacobsen, B., Franc, G. (2009): *Cercospora* leaf spot In: Harveson R., Hanson L. and Hein G. (Eds.) *Compendium of Beet Diseases and Pests*. 2, St. Paul, MN: American Phytopathological Society, pp. 7–10. p.

Karadimos, D., Karaoglanidis, G., Tzavella-Klonari, K. (2005): Biological activity and physical modes of action of the Qo inhibitor fungicides trifloxystrobin and pyraclostrobin against *Cercospora beticola*. *Crop Protection*, 24. 23–29. p.

- Karaoglanidis, G., Ioannidis, P., Thanassoulopoulos, C. (2001)*: Influence of fungicide spray schedules on the sensitivity of *Cercospora beticola* to the sterol demethylation-inhibiting fungicide flutriafol. *Crop Protection*, 20. 941–947. p.
- Karaoglanidis, G., Thanassoulopoulos, C. (2003)*: Cross-resistance patterns among sterol biosynthesis inhibiting fungicides (SBIs) in *Cercospora beticola*. *European Journal of Plant Pathology*, 109. 929–934. p.
- Karaoglanidis, G., Ioannidis, P. (2010)*: Fungicide resistance of *Cercospora beticola* in Europe. In: Lartey R., Weiland J., Panella L., Crous P., Windels C. (Eds.) (2010): *Cercospora Leaf Spot of Sugar Beet and Related Species*. St. Paul, MN, USA: American Phytopathological Society. 189–211. p.
- Kayamori, M., Shimizu, M., Yamana, T., Komatsu, T., Minako, S., Shinmura, A. et al (2020)*: First report of QoI resistance in *Cercospora beticola* in sugar beet in Japan. *Journal of General Plant Pathology*. 86. 149–153. p.
- Khan, J., Del Río, L., Nelson, R., Khan, M. (2007)*: Improving the *Cercospora* leaf spot management model for sugar beet in Minnesota and North Dakota. *Plant Disease*, 91.1105–1108. p.
- Khan, J., Qi, A., Khan, M. (2009)*: Fluctuations in number of *Cercospora beticola* conidia in relationship to environment and disease severity in sugar beet. *Phytopathology*, 99. 796–801. p.
- Khan, J., Rio, L. D., Nelson, R., Rivera-Varas, V., Secor, G., Khan, M. (2008)*: Survival, dispersal, and primary infection site for *Cercospora beticola* in sugar beet. *Plant Disease*, 92. 741–745. p.
- Kimmel, J. (1999)*: A cukorrépa lombvédelme az elmúlt évtizedben. *Cukoripar*. 52. 2. 71-74. p.
- Kimmel, J. (2003)*: A *Cercospora beticola* fungicid rezisztenciája. *Cukoripar*. 56. 2. 67-70. p.
- Kirk, W., Hanson, L., Franc, G., Stump, W., Gachango, E., Clark, G. et al (2012)*: First report of strobilurin resistance in *Cercospora beticola* in sugar beet (*Beta vulgaris*) in Michigan and Nebraska, USA. *New Disease Reports*, 26. 3. p.
- Klittich, C. J. (2008)*: Milestones in Fungicide Discovery: Chemistry that Changed Agriculture. *Plant Management Network*.:
www.plantmanagementnetwork.org/pub/php/review/2008/milestones

- Knight, N. L., Vaghefi, N., Hansen, Z. R., Kikkert, J. R., Pethybridge, S. J. (2018):* Temporal genetic differentiation of *Cercospora beticola* populations in New York table beet fields. *Plant Disease*, 102. 2074–2082. p.
- Knight, N. L., Vaghefi, N., Kikkert, J. R., Bolton, M. D., Secor, G. A., Rivera, V. V. et al (2019):* Genetic diversity and structure in regional *Cercospora beticola* populations from *Beta vulgaris* subsp. *vulgaris* suggest two clusters of separate origin. *Phytopathology*. 109. 1280–1292. p.
- Knight, N., Koenick, L., Sharma, S., Pethybridge, S.J. (2020):* Detection of *Cercospora beticola* and *Phoma betae* on table beet seed using quantitative PCR. *Phytopathology*, 110. 943–951. p.
- Kusstatscher, P., Cernava, T., Harms, K., Maier, J., Eigner, H., Berg, G. et al (2019):* Disease incidence in sugar beet fields is correlated with microbial diversity and distinct biological markers. *Phytobiomes Journal*. 3. 22–30. p.
- Lartey, R.T., Weiland, J., Panella, L., Crous, P., Windels, C. (2010): Cercospora Leaf Spot of Sugar Beet and Related Species.* St. Paul, MN, USA: American Phytopathological Society. 296. p.
- Lawrence, J., Meredith, D. (1970):* Wind dispersal of conidia of *Cercospora beticola*. *Phytopathology*, 60. 1076–1078. p.
- Leroux, P., Albertini, C., Gautier, A., Gredt, M., Walker, A.S. (2007):* Mutations in the CYP51 gene correlated with changes in sensitivity to sterol 14 α -demethylation inhibitors in field isolates of *Mycosphaerella graminicola*. *Pest Management Science*. 63. 688–698. p.
- Malandrakis, A. A., Markoglou, A. N., Nikou, D. C., Vontas, J.G., Ziogas, B. N. (2011):* Molecular diagnostic for detecting the cytochrome b G143S–QoI resistance mutation in *Cercospora beticola*. *Pesticide Biochemistry and Physiology*, 100. 87–92. p.
- McKay, M.B., Pool, V. W. (1918):* Field studies of *Cercospora beticola*. *Phytopathology*, 8, 119–136. p.
- Mischke, W. (1960):* Untersuchungen über den Einfluss des Bestandsklimas auf die Entwicklung der Ruben-Blattfleckenkrankheit (*Cercospora beticola* Sacc.) im Hinblick auf die Einrichtung eines Warndienstes, *Bayer Landwirtschaft Jahrbuch*. 37. 197–227. p.
- Mukhopadhyay, A. N., Pal, V. (1981):* Variation among the sugar beet isolates of *Cercospora beticola* from India. *Proceedings of the 3rd International Symposium on Plant Pathology*. New Delhi, India. 132–136. p.

- Mycobank* (2020): Taxonomy classification of *Cercospora beticola* Sacc.; *Ramularia beticola*; *Erysiphe betae*. <https://www.mycobank.org>
- Nagel, C.M. (1945): Epiphytology and control of sugar beet leaf spot caused by *Cercospora beticola* Sacc. Iowa Agriculture and Home Economics Experiment Station Research Bulletin, 27, 1. p.
- Nikou, D., Malandrakis, A., Konstantakaki, M., Vontas, J., Markoglou, A., Ziogas, B. (2009): Molecular characterization and detection of overexpressed C-14 alpha-demethylase-based DMI resistance in *Cercospora beticola* field isolates. Pesticide Biochemistry and Physiology. 95.18–27. p.
- Noll, A. (1960): Untersuchungen über die Variabilität von *Cercospora beticola* auf künstlichem Nährboden. Nachrichtenblatt Deutsche Pflanzenschutzdienst. 11 (12). 181-185. p.
- Notomi, T., Mori, Y., Tomita, N., Kanda, H. (2015): Loop-mediated isothermal amplification (LAMP): principle, features, and future prospects. Journal of Microbiology, 53. 1–5. p.
- Pal, V., Mukhopadhyay, A. (1983): Occurrence of strains of *Cercospora beticola* resistance to carbendazim (MBC) in India. Indian Journal of Mycology and Plant Pathology, 13. 333–334. p.
- Piszczek, J., Pieczul, K., Kiniec, A. (2018): First report of G143A strobilurin resistance in *Cercospora beticola* in sugar beet (*Beta vulgaris*) in Poland. Journal of Plant Diseases and Protection, 125. 99–101. p.
- Pitblado, R., Nichols, I. (2005): The implementation of BEETCAST-a weather-timed fungicide spray program for the control of *Cercospora* leaf spot, in Ontario and Michigan. Journal of Sugarbeet Research, 42, 53–54. p.
- Pollack, F. G. (1987): An annotated compilation of *Cercospora* names. Mycol. Mem. 12. 1-212. p.
- Pons, N., Sutton, B. and Gay, J. (1985): Ultrastructure of conidiogenesis in *Cercospora beticola*. Transactions of the British Mycological Society. 85. 405–416. p.
- Pool, V. W., McKay, M. (1916): Climatic conditions as related to *Cercospora beticola*. Journal of Agricultural Research, 6. 21–60. p.
- Pundhir, V. S., Mukhopahyay, A. N. (1987): Recurrence of *Cercospora* leaf-spot of sugarbeet. Indian Journal of Agricultural Sciences. 57. 186-189. p.

- Racca, P., Jörg, E. (2007): CERCBET 3 – a forecaster for epidemic development of *Cercospora beticola*. EPPO Bulletin, 37, 344–349. p.
- Rathaiah, Y. (1977): Stomatal tropism of *Cercospora beticola* in sugar beet. Phytopathology, 67. 358–362. p.
- Rosenzweig, N., Hanson, L. E., Mambetova, S., Jiang, Q., Guza, C., Stewart, J. et al (2020): Temporal population monitoring of fungicide sensitivity in *Cercospora beticola* from sugarbeet (*Beta vulgaris*) in the Upper Great Lakes. Canadian Journal of Plant Pathology. 10. p.
- Rosenzweig, N., Hanson, L., Clark, G., Franc, G., Stump, W., Jiang, Q. et al (2015): Use of PCR-RFLP analysis to monitor fungicide resistance in *Cercospora beticola* populations from sugarbeet (*Beta vulgaris*) in Michigan, United States. Plant Disease, 99. 355–362. p.
- Rossi, V., Battilani, P. (1991): CERCOPRI: a forecasting model for primary infections of *Cercospora* leaf spot of sugarbeet 1. EPPO Bulletin, 21, 527–531. p.
- Ruppel, E. G. (1972): Variation among isolates of *Cercospora beticola* from sugar beet. Phytopathology. 62. 134-136. p.
- Ruppel, E.G. (1986): Foliar diseases caused by fungi. In Compendium of Beet Diseases and Insects (eds. Whitney, E. D., Duffus, J. E.), APS Press, St Paul, Minnesota, 8-9. p.
- Ruppel, E., Scott, P. (1974): Strains of *Cercospora beticola* resistant to benomyl in the USA. Plant Disease Report, 58, 434–436. p.
- Saccardo, P. (1876): Funghi Veneti novi vel critici. Series V. Nuovo Giornale Botanico Italiano. 8. 161–211. p.
- Schlösser, L. A., Koch, F. (1957): Rassenbildung bei *Cercospora beticola*. Zucker. 10. 489-492. p.
- Secor, G., Rivera, V., Bolton, M. (2017): Sensitivity of *Cercospora beticola* to Foliar Fungicides in 2017. The Sugarbeet Research and Education Board of Minnesota and North Dakota. 161–168. p.
- Secor, G.A., Rivera, V.V., Khan, M., Gudmestad, N.C. (2010): Monitoring fungicide sensitivity of *Cercospora beticola* of sugarbeet for disease management decisions. PlantDisease. 94. 1272–1282. p.
- Shane, W., Teng, P. (1984): *Cercospora beticola* infection prediction model presented. Sugar Producer. 10(3). 14-19. p.

- Shane, W., Teng, P. (1992): Impact of *Cercospora* leaf spot on root weight, sugar yield, and purity of *Beta vulgaris*. *Plant Disease*, 76. 812–820. p.
- Shrestha, S., Neubauer, J., Spanner, R., Natwick, M., Rios, J., Metz, N. (2020): Rapid detection of *Cercospora beticola* in sugar beet and mutations associated with fungicide resistance using LAMP or probe-based qPCR. *Plant Disease*. 104. 1654–1661. p.
- Skaracis, G. N., Pavli, O. I., Biancardi, E. (2010): *Cercospora* leaf spot disease of sugar beet. *Sugar Tech*, 12. 220–228. p.
- Smith, G. A. (1985): Response of sugarbeet in Europe and the US to *Cercospora beticola* infection. *Agronomy Journal*. 77. 126–129. p.
- Smith, G. and Ruppel, E. (1973): Association of *Cercospora* leaf spot, gross sucrose, percentage sucrose, and root weight in sugar beet. *Canadian Journal of Plant Science*, 53, 695–696. p.
- Solel, Z., Minz, G. (1971): Infection process of *Cercospora beticola* in sugarbeet in relation to susceptibility. *Phytopathology*, 61. 463–466. p.
- Solel, Z., Wahl, I. (1971): Pathogenic specialization of *Cercospora beticola*. *Phytopathology*. 61. 1081–1183. p.
- Steinkamp, M., Martin, S., Hoefert, L., Ruppel, E. (1979): Ultrastructure of lesions produced by *Cercospora beticola* in leaves of *Beta vulgaris*. *Physiological Plant Pathology*, 15. 13–26. p.
- Tedford, S. L., Burlakoti, R. R., Schaafsma, A. W., Trueman, C. L. (2018): Relationships among airborne *Cercospora beticola* conidia concentration, weather variables, *Cercospora* leaf spot severity in sugar beet (*Beta vulgaris* L.). *Canadian Journal of Plant Pathology*. 40. 1–10. p.
- Trkulja, N.R., Milosavljević, A.G., Mitrović, M.S., Jović, J.B., Toševski, I.T., Khan, M.F. et al (2017): Molecular and experimental evidence of multi-resistance of *Cercospora beticola* field populations to MBC, DMI and QoI fungicides. *European Journal of Plant Pathology*, 149. 895–910. p.
- Trkulja, N., Ivanović, Ž., Pfaf-Dolovac, E., Dolovac, N., Mitrović, M., Toševski, I. et al (2013): Characterisation of benzimidazole resistance of *Cercospora beticola* in Serbia using PCR-based detection of resistance-associated mutations of the β -tubulin gene. *European Journal of Plant Pathology*. 135. 889–902. p.

Trueman, C., Hanson, L., Rosenzweig, N., Jiang, Q., Kirk, W. (2013): First report of QoI insensitive *Cercospora beticola* on sugarbeet in Ontario, Canada. Plant Disease. 97.1255. p.

Trueman, C., Hanson, L., Somohano, P., Rosenzweig, N. (2017): First report of DMI-insensitive *Cercospora beticola* on sugar beet in Ontario, Canada. New Disease Reports, 36. 20. p.

Vaghefi, N., Kikkert, J. R., Bolton, M. D., Hanson, L. E., Secor, G. A., Nelson, S. C. et al (2017): Global genotype flow in *Cercospora beticola* populations confirmed through genotyping-by-sequencing. PLoS ONE, 12 (10)

Vereijssen, J., Schneider, J. H., Termorshuizen, A. J. (2005): Root infection of sugar beet by *Cercospora beticola* in a climate chamber and in the field. European Journal of Plant Pathology, 112. 201–210. p.

Vereijssen, J., Schneider, J., Jeger, M. (2007): Epidemiology of *Cercospora* leaf spot on sugarbeet: modeling disease dynamics within and between individual plants. Phytopathology, 97,1550-1557. p.

Weiland, J., Koch, G. (2004): Sugar beet leaf spot disease (*Cercospora beticola* Sacc.). Molecular Plant Pathology, 5, 157–166. p.

Whitney, E. D., Lewellen, R. T. (1976): Identification and distribution of races C1 and C2 of *Cercospora beticola* from sugarbeet. Phytopathology. 66. 1158-1160. p.

Windels, C.E., Lamey, H.A., Hilde, D., Widner, J., Knudsen, T. (1998): A *Cercospora* leaf spot model for sugar beet: In practice by an industry. Plant Disease. 82. 716–726. p.

Wolf, P. F., Verreet, J. A. (2005): Factors affecting the onset of *Cercospora* leaf spot epidemics in sugar beet and establishment of disease-monitoring thresholds. Phytopathology. 95. 269–274. p.

Wood, P. M., Hollomon, D. W. (2003): Critical evaluation of the role of alternative oxidase in the performance of strobilurin and related fungicides acting at the Q(o) site of Complex III. Pest Management Science. 59. 499-511. p.

Ziogas, B. N., Malandrakis, A. A. (2015): Sterol biosynthesis inhibitors: C14 demethylation (DMIs). In: Ishii, H. and Hollomon, D. (Eds.) (2015): Fungicide Resistance in Plant Pathogens. Tokyo, Japan: Springer. 199–216. p.

URL1: <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/>

URL1: <https://novenyvedoszer.nebih.gov.hu/>

A szerzők levélcíme – Address of the authors:

Biró Ákos Ferenc
Széchenyi István Egyetem,
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Növénytudományi Tanszék,
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Kukorelli Gábor
Széchenyi István Egyetem,
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Növénytudományi Tanszék,
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.

Molnár Zoltán
Széchenyi István Egyetem,
Mezőgazdaság- és Élelmiszertudományi Kar,
Növénytudományi Tanszék,
9200 Mosonmagyaróvár, Vár tér 2.