

Doktori (PhD) értekezés tézisei

Szügyi Sándor István
Gödöllő
2017



SZENT ISTVÁN EGYETEM

**REZISZTENCIANEMESÍTÉSBŐL KIEMELT MEGGY GENOTÍPUSOK
ÉRTÉKELÉSE POMOLÓGIAI TULAJDONSÁGOK ÉS ENDOGÉN VEGYÜLETEK
TESZTELÉSÉVEL**

SZÜGYI SÁNDOR ISTVÁN

GÖDÖLLŐ

2017

A doktori iskola

- Megnevezés:** Kertészettudományi Doktori Iskola
- Tudományága:** Növénytermesztési és Kertészeti Tudományok
- Vezetője:** Zámboriné Dr. Németh Éva, az MTA doktora
egyetemi tanár, tanszékvezető
SZIE Kertészettudományi Kar
Gyógy- és Aromanövények Tanszék
- Témavezető:** Dr. Sárdi Éva, az MTA doktora
c. egyetemi tanár
SZIE Kertészettudományi Kar
Genetika és Növénynevelés Tanszék

.....
Az iskolavezető jóváhagyása

.....
A témavezető jóváhagyása

1. A MUNKA ELŐZMÉNYEI, A KITŰZÖTT CÉLOK

A gyümölcsstermesztés (ezen belül a meggytermesztés) stratégiai ágazatát képezi a magyar mezőgazdasági termelésnek, jelentősége az almatermesztéshez mérhető. A meggy termőhelyi igényei lehetővé teszik széleskörű termesztetőségét, országszerte szinte minden természeti, földrajzi tájegységben találunk alkalmas termőhelyet. A hazánkban szelektált, valamint keresztezéses nemesítéssel előállított fajták világfajtáknak számítanak, mert azokat az utóbbi évtizedektől kezdődően a világ számos országában (USA, Lengyelország, Németország) eredményesen bevonták a termesztésbe, némelyiket a nemesítéshez is felhasználják. A hazai nemesítésű meggyfajták jelentős exportpiaci pozíciót képviselnek. A versenyképesség további növelése érdekében hangsúlyosak lehetnek a kettős hasznosításra alkalmas (frissfogyasztás, ipari céltermelés) fajták. E differenciált fajtahasználatot a biológiai alapok növelésével, fajtakeresztezéssel, tájfajta-szelekcióval érhetjük el.

A csonthéjas, ezen belül a meggy ültetvények leggyakrabban előforduló kórokozói a *Monilinia* fajok. Az általuk okozott virág- és hajtásfertőzés általánosan elterjedt növényegészségügyi probléma, mely az elmúlt 15-20 évben többször járványos méreteket öltött hazánkban. Eddigi ismereteink szerint a termesztett meggy fajták széles változékonyságot mutatnak a *Monilinia* kórokozókkal szembeni ellenállóképesség tekintetében.

A meggytermesztés költséges tevékenység, ezért a termésbiztonság fokozásának, valamint a kockázatcsökkentésnek nagy a gazdasági jelentősége. A kockázatcsökkentés egyik módja a betegségekkel szemben ellenálló fajták telepítése, mellyel a termelési költségek közvetlenül is csökkenthetők (kevesebb növényvédőszer használat). A jó termőképességű, nagy termésbiztonságú fajták használatával pedig az egységnyi gyümölcsmennyiségre eső előállítási költség csökkenthető. E célok elérését megvalósítandó 1991-től kezdődően az USA Mezőgazdasági Minisztériuma támogatásával Amy Iezzoni professzorasszonnyal együttműködésben közös nemesítési programot kezdtünk el, "Betegségellenálló meggyfajták nemesítése" céljából (APOSTOL et al. 1995). A programban az 'Érdi bőtermő' anyafajtaként a 'Csengődít' pedig rezisztencia donorként használtuk és használjuk ma is. A folyamatos keresztezéses rezisztencia nemesítési programunk eredményeképp mára 120 db-ból álló, folyamatosan bővülő 'Érdi bőtermő' x 'Csengődi' F₁ hibridnemzedék áll rendelkezésünkre, melyek *Monilinia laxa* kórokozóval szembeni szelekcióját Apostol János és Rozsnyay Zsuzsanna irányításával 2008-óta folytatjuk.

A fajtanemesítés, szűkebb értelemben a betegség ellenálló fajták előállítása hosszú távú, legalább 15-20 évet igénybevevő folyamat, melynek felgyorsítása alapvető fontosságú a nagyfokú alkalmazkodó képességgel rendelkező kórokozókkal szembeni küzdelemben. Ennek

megvalósítása érdekében célirányos kutatásokat indítottunk el olyan endogén vegyületek, vegyületcsoportok (szénhidráttartalom, endogén formaldehid tartalom, metil-donor vegyületek) vizsgálatára irányítottan, melyek irodalmi adatok alapján fontos szerepet játszanak a növények különböző abiotikus és biotikus tényezőkkel szembeni ellenálló-képességében, illetve védekezési válaszaiban. A különböző gazda-patogén kapcsolatok szénhidrátok vizsgálatával történő tanulmányozásával foglalkozó tudományos cikkek száma az abiotikus stresszhatások vizsgálatához-viszonyítva ugyan még kevesebb, de mégis több növényfaj esetében bizonyították már, hogy a gazdanövény különböző részeiben mérhető szénhidrátok – köztük elsősorban a monoszacharidok – indikátor szereppel is rendelkeznek a kórokozókval szembeni védekezési reakciókban.

Az endogén metilezési és demetilezési folyamatoknak, és az azokban átmeneti termékként keletkező formaldehidnek a stressz hatások elleni védekezésben betöltött szerepének vizsgálata napjainkban is korszerű kutatási terület. Az endogén formaldehid (HCHO), és a formaldehid természetes potenciális generátorainak (pl.: betain, kolin, trigonellin, L-karnitin, N^e-trimetil-L-lizin) fertőzés hatására bekövetkező mennyiségi változásán keresztül nyomon követés még ma is új megközelítést jelent a különböző rezisztencia szinteket képviselő fajták stresszválaszainak összehasonlításában.

Vizsgálatainkban a *M. laxa* fertőzéssel szemben rezisztens 'Csengődi', és a fogékony 'Érdi bőtermő' fajtákat, valamint a mesterséges fertőzések alapján négy ellenállóságot, és négy fogékonyságot mutató hibridjeiket hasonlítottuk össze a hánacs szöveikben és leveleikben mérhető szénhidrátok, endogén HCHO és metil-donor vegyületeinek vizsgálata alapján. Az endogén vegyületek mennyiségi és minőségi meghatározásához OPLC-s (Overpressured Layer Chromatographic separation) technikát, és denzitometriás kiértékelés alkalmaztunk.

Célkitűzések

A dolgozat célkitűzései:

- olyan új, ígéretes, várhatólag a hazai fajtaszortimentbe illeszthető hibridek kiválasztása a több, mint 20 éve folyó nemesítési program hibridmagonc populációjából, melyek az 'Érdi bőtermő' fajtához hasonlóan kiváló gyümölcsminőségűek, öntermékenyek, de korábbi érési idejűek, és rendelkeznek a 'Csengődi' fajta ellenálló képességével.
- szelekció, a szülőfajták és hibridjeik *M. laxa* kórokozó gombával szembeni tolerancia vizsgálata szabadföldi spontán, szabadföldi és laboratóriumi mesterséges fertőzések alapján
- a szelektált genotípusok hánacs- és levél-szöveiteinek szénhidrát összetétele és a *M. laxa* fertőzéssel szembeni ellenállóságuk közötti összefüggés vizsgálata

- a hánccszövetek szénhidrát tartalmának fertőzés hatására bekövetkező időfüggő mennyiség-változásainak nyomon követése különböző rezisztencia szinteket képviselő hibrideken és szülőfajtáikon
- a betegség ellenállóság alapján szelektált meggy genotípusok hánccs- és levélszöveiteinek összehasonlítása metil-donor vegyületek és endogén formaldehid mérésével.
- *M. laxa* fertőzéssel kiváltott védekezési válasz vizsgálata metil-donor vegyületek és az endogén formaldehid időfüggő mennyiség változásainak nyomon követésével, különböző rezisztencia szinteket képviselő hibrideken és szülőfajtáikon.
- Összefüggések keresése a meggyfák *M. laxa* gombával szembeni ellenállósága/fogékonysága és a vizsgált endogén vegyületek mennyisége, fertőzéssel provokált mennyiségváltozása között.

2. ANYAG ÉS MÓDSZER

2.1. A vizsgálatok helyszíne

A rezisztencianemesítéshez szükséges keresztezéseket a Nemzeti Agrárkutatási és Innovációs Központ Gyümölcstermesztési Kutatóintézet Érd Elvira majori kísérleti telepén végeztük és végezzük jelenleg is. A kísérleti munka 1991-ben kezdődött a Michigani Állami Egyetem és a Kutató intézet közötti együttműködési program keretében.

2.2. A vizsgálatok anyaga

A kísérleti ültetvényt 1996-ban létesítették a keresztezéses nemesítés eredményeként létrejött hibrid magoncok vizsgálatának céljából. A kísérleti táblában a cseresznye keresztezéses nemesítési programból származó hibrid magoncok vannak túlsúlyban, de itt találhatóak a meggy hibrid magoncok is. Dolgozatomban a már termőre fordult 'Érdi bőtermő' x 'Csengődi' hibridmagonc populációjának, legígéretesebb egyedeinek (9/5-6, 9/21, 9/24, 9/79-80, 9/91, 7/47, 7/67-68, 7/141) értékelési és vizsgálati adatait dolgoztam fel.

2.3. A vizsgálati módszerek

2.3.1. Öntermékenység vizsgálat

Az öntermékenyülés vizsgálat elvégzéséhez a kiválasztott hibridek ágrészeit a virágzás „fűjt bimbós” stádiumában izolálni kell. Az izoláláshoz vízálló ragasztású vajpergamen zacskókat használtunk. Mielőtt a zacskó felhelyezésre kerül, megszámoljuk a bimbókat. A zacskókat a

szíromhullást követően távolítjuk el úgy, hogy a rögzítés helye fölött 5-10 centiméterrel határozott mozdulattal letépjük a zacskót, meghagyva egy papírgallért a kijelölt hajtáson, így a későbbiekben könnyedén megtalálható a vizsgált gallyrész. Ebben az időszakban a gyümölcskötődés már megtörtént. Ezután az érési időben megszámloljuk a kijelölt gallyrészen a kötődött gyümölcsöket és a virágszámmal összevetve, százalékosan kifejezzük az öntermékenyülés mértékét.

2.3.2. Gyümölcstömeg vizsgálatok

A gyümölcstömeg vizsgálatok során a gyümölcsöket teljes érésben szedtük, genotípusonként 1 kg-ot, melyekben megszámloltuk a gyümölcs darabszámot, és egyenként minden gyümölcsöt digitális mérleg segítségével lemértük. A méréseket 2010 és 2014 között minden évben megismételtük.

2.3.3 Rezisztencia vizsgálatok

A fajták és a szabadföldi spontán fertőzések alapján kiválasztott hibridek mesterséges fertőzéséhez különböző gazdanövényekről származó *M. laxa* gomba törzsek álltak rendelkezésünkre. Az izolátumok teszteléshez a fogékony 'Érdi bőtermő' szülőfaját használtuk.

A *M. laxa* kórokozóval szembeni ellenállóság értékelése céljából párhuzamosan laboratóriumi és szabadföldi provokatív fertőzéseket is végeztünk (2010-2012), valamint értékeltük a spontán fertőzöttséget is (2011-2014).

2.3.4. Analitikai vizsgálatok

Fajtaösszehasonlítás

Az analitikai vizsgálatokat a SZIE Genetika és Növénynevelés Tanszékén végeztük, ahol több, mint 20 éve folyik az abiotikus és biotikus stresszválaszok tanulmányozása. Az összehasonlító vizsgálatokhoz különböző évszakokban (tavasz, nyár, tél), több ismétlésben gyűjtöttünk mintákat. Tavasszal (május) és nyáron (július) a szülőpár mellett 4 ellenálló, és 4 fogékony hibridet vizsgáltunk, télen (december) a 'Csengődi' és az 'Érdi bőtermő' fajtákról, valamint hibridjeik közül a legellenállóbb 7/67-68 és legfogékonyabb 9/79-80 jelű hibridekről gyűjtött hánicsmintákat használtuk.

A *M. laxa* fertőzés hatásának nyomkövetése

A szénhidrát, endogén formaldehid, valamint a metil-donor vegyületek mennyiségében fertőzés hatására bekövetkezett időfüggő változásokat, a szabadföldi, valamint a laboratóriumi mesterséges vesszőfertőzések elvégzését követően vizsgáltuk. A két fogékony ('Érdi bőtermő', 9/79-80), valamint a két ellenálló ('Csengődi', 7/67-68) fajta, illetve hibrid a betegségellenállósági szint szélső értékeit képviselik, ezért a fertőzés hatását ezen a négy genotípuson vizsgáltuk. A fertőzést követően a mintákat 1, 2, 3, 6, 12, 24, 48, 72 óra, valamint 11, 15 és 19 nap múlva gyűjtöttük. A vizsgálati időpontok alapján korai válaszként értelmeztük az 1., 2., 3., 6., 12. és 24. órás, normalizációs fázisként az 1., 2., 3., 11., 15. és 19 napon gyűjtött mintákban mérhető endogén vegyületek mennyiségét. A fertőzött vesszők hancs szöveteinek körkörös eltávolítása után, a tünetet még nem mutató szövetmintákat, a fertőzött és egészséges szövetek határán lévő 5 mm-es zónából gyűjtöttük, feltételezve, hogy ezen a területen alakul ki a legintenzívebb kölcsönhatás a kórokozó és a növény között.

2.3.4.2. Endogén vegyületek analitikai vizsgálata

Az endogén vegyületek (szénhidrátok, metil donor vegyületek, endogén formaldehid) analitikai vizsgálatához túlnyomásos rétegekromatográfiás technikát (Over Pressured Layer Chromatography vagy Optimum Performance Layer Chromatography - OPLC) alkalmaztunk (TYIHÁK 1987). A szénhidrátok mennyiségi és minőségi meghatározását SÁRDI et al. (1996) módszerével végeztük. A kvaterner ammónium vegyületek (kolin, betain, karnitin, trigonellin, N^e-trimetil-lizin) és az endogén formaldehid analitikai vizsgálatát GERSBECK et al. (1989), SÁRDI (1994), SÁRDI és TYIHÁK (1998) módszere alapján végeztük.

3. EREDMÉNYEK

3.1. Öntermékenység vizsgálatok

Megállapítottuk, hogy az 'Érdi bőtermő' öntermékenyülése 19,8 %, a 'Csengődi' fajtáé 15,5%. A kiválasztott hibridek közül a 7/67-68-as, 7/47-es, 9/5-6-os és a 9/79-80-as kombinációk mutattak öntermékenyülést. A termesztéstechnológiai szempontból elvárt minimum 10%-os öntermékenyülést két hibrid a 7/67-68-as (11,6 %) és a 9/79-80-as (17,5 %) érte el. A 9/91-es, 9/24-es, 7/141-es és 9/21-es kombinációk nem mutattak öntermékenyülést.

3.2. Gyümölcstömeg vizsgálatok

Vizsgálataink alapján az 'Érdi bőtermő' meggyfajta átlagos gyümölcstömege 6 gramm volt, mely megegyezik az irodalmi adatokkal. A 'Csengődi' meggyfajta kisebb gyümölcsű, mint

az 'Érdi bőtermő', amit saját méréseink is igazoltak, mivel a 'Csengődi' fajta átlagos gyümölcstömege 5 gramm volt (APOSTOL 1998). A vizsgált hibridek közül a 9/91-es és a 7/67-68-as gyümölcstömege (a 7/67-68-as hibrid esetében 8 grammot elérő) haladta meg szignifikánsan a nagyobb gyümölcsű szülőfajtaét.

3.3. Érésí idő meghatározása

A vizsgált hibridek kivétel nélkül, mind az 'Érdi bőtermő' előtt érnek. A 9/21-es hibrid érési ideje a két szülőfajta közé esik. A 9/79-80-as, a 7/67-68-as, a 9/91-es, 9/5-6-os, 9/24-es és a 7/141-es hibridek érési ideje genotípustól és évjáráttól függően átlagosan 7-16 nappal korábbi, mint a termesztési szempontból jelentős 'Érdi bőtermő' anyai szülőfajtaét.

3.4. *Monilina laxa* izolátumok patogenitásának vizsgálata

A rendelkezésünkre álló öt monília izolátummal (M22, M16, M10, M4, M14) laboratóriumi tesztfertőzéseket végeztünk az 'Érdi bőtermő' meggyfajtaán, abból a célból, hogy megállapítsuk patogenitásukat. A vizsgált 5 törzs közül a meggyről származó M4-es és a kajsziparackról származó M14-es izolátumok patogenitása volt a legnagyobb, de közöttük szignifikáns különbséget nem tudtunk kimutatni. További vizsgálatainkhoz az M4-es izolátumot használjuk.

3.5. Szabadföldi spontán fertőzések

A szabadföldi spontán fertőzések alapján megállapítható, hogy a szülőpár kórokozóval szembeni viselkedése a termesztési tapasztalatoknak megfelelő, az 'Érdi bőtermő' fajtaán 54,8%-os, a 'Csengődi' fajtaán mindösszesen 1,6%-os vesszőfertőződés volt tapasztalható. A kiválasztott hibridek közül hat egyed érzékenysége a két szülőfajta közé esett. A 7/67-68-as hibriden spontán fertőzésből adódó vesszőpusztulást nem tapasztaltunk, tehát a 'Csengődi' rezisztens szülőnél nagyobb ellenállóképességet mutatott.

3.6. Szabadföldi mesterséges fertőzések

A szabadföldi mesterséges fertőzések hatására legnagyobb mértékű vesszőpusztulást a 9/79-80-as hibridnél tapasztaltunk, megfertőződött vesszőin átlagosan 50 mm-t meghaladó háncspusztulást mértünk. Az 'Érdi bőtermő' fajta esetében átlagosan 44 mm volt a háncspusztulás mértéke. A 9/24-es hibrid háncspusztulásának mértéke 30,9 mm-es volt, a 9/5-6-os és a 9/91-es hibridek háncspusztulásának mértéke pedig átlagban 20 mm körül mozgott. A 9/21-es hibrid esetében még 10 mm fölötti volt az elhalás mértéke, azonban a 7/47-es, 7/141-es, 7/67-68-as hibridek és a 'Csengődi' fajta esetében 10 mm alatti vesszőpusztulást mértünk. Tolerancia szempontjából kiemelkednek a 7/67-68-as és a 7/141-es hibridek, melyek az ellenálló apai szülőfajtaával (1,5 mm-es vesszőpusztulás) közel megegyező értékeket mutattak.

3.7. Laboratóriumi fertőzések

A laboratóriumi provokatív fertőzések hatására erőteljes vesszőfertőzés volt a hibrideken és a szülőfajtákon egyaránt, de ennek ellenére a kísérletekből jól látszott a szülőfajták és hibridjeik közötti eltérő fogékonyság. Az 'Érdi bőtermő' fajta ismét a legérzékenyebb csoportba került, 27,3 mm-es átlagos hánccspusztulással, nála csak 9/79-80-as hibrid bizonyult fogékonyabbnak 30,3 mm-es hánccspusztulással. Fogékonyság szempontjából az 'Érdi bőtermő' és a 'Csengődi' fajta közé sorolhatóak a 7/141-es, 7/67-68-as, 9/5-6-os, 9/91-es és 9/24-es hibridek, melyek közül a 9/24-es és a 9/91-es hibridek az 'Érdi bőtermő' fajtánál már szignifikánsan kisebb fogékonyságúak voltak, hánccspusztulásuk mértéke 20 mm alatti, tehát a 'Csengődi' fajtával közel azonos volt. A hibridek közül két kombináció (9/21, 7/47) fertőzöttségének mértéke kisebb volt, mint a 'Csengődi' fajtáé. Közülük szignifikánsan a 7/47-es hibrid bizonyult a legellenállóbbnak.

3.8. Endogén vegyületek vizsgálata

Az endogén vegyületek vizsgálatai céljaikat tekintve két csoportba oszthatók.

- Homeosztázisban végzett fajta- és hibrid-összehasonlító vizsgálatok a *M. laxa* fertőzéssel szembeni betegségellenállóság és a választott endogén vegyületek mennyisége közötti összefüggés tanulmányozása céljából
- A *M.* fertőzés hatásának nyomkövetése az időfüggő válaszreakciók vizsgálata céljából, endogén vegyületek mennyiségváltozásának mérésével

Homeosztázisban végzett fajta- és hibrid-összehasonlítás

A vizsgálatainkat a fertőzési kísérletekbe vont fajtákon (2 db) és hibridjeiken (8 db) végeztük. Egy hibrid (9/79-80) kivételével mindegyik hibrid ellenállóbbnak bizonyult a betegséggel szemben az 'Érdi bőtermő' fajtához viszonyítva, azonban közöttük jelentős ellenállósági szint eltéréseket tapasztaltunk. A továbbiakban ezért azokat a hibrideket, melyek a szabadföldi mesterséges fertőzések alapján az Érdi bőtermőhöz viszonyítva 40%-ot meghaladó fertőződést mutattak (9/5-6, 9/91, 9/24, 9/79-80) fogékonyak, 40% alatti fertőződés esetén ellenállóknak (7/47, 7/141, 7/67-68, 9/21) tekintettük.

3.8.1. Szénhidrátok vizsgálata homeosztázisban

Tavasszal (május) levél és háncc mintákat, nyáron (július) levél mintákat, télen (december) pedig háncc mintákat hasonlítottunk össze.

A vizsgált növényi mintákban glükózt, fruktózt, szacharózt tudtunk reprodukálhatóan detektálni. A tavasszal gyűjtött mintákban ezen kívül xilózt, míg a télen gyűjtöttekben raffinózt is mértünk.

Tavasszal a levelekben, mindkét fajtára és hibridre vonatkozathatóan nagyobb a glükóz és 2 hibrid kivételével (9/21 és 7/47, ahol közel megegyező) a fruktóz mennyisége, mint a háncs-szövetekben. A levelekben elsősorban a glükóz koncentrációja mutatott összefüggést a betegség-ellenállósággal: a fogékony fajtában és hibridekben mennyisége szignifikánsan magasabb volt, mint az ellenállóknál. A hánccszövetekben is csökkenést mutatott a glükóz mennyisége az ellenállóság növekedésével, de szignifikáns mennyiségi különbségek és összefüggés a fruktóz koncentrációval volt látható: a fogékony fajtában és hibridekben mennyisége közel duplája volt az ellenállóknál mért értékeknek.

A glükóz és fruktóz mellett szacharózt és xilózt tudunk még mennyiségileg és minőségileg detektálni a vizsgált tavaszi mintákban.

A levelekben mért glükóz és fruktóz együttes mennyisége szintén jól mutatja azt az összefüggést, hogy a fogékony fajta és hibridek nagyobb mennyiségben tartalmazzák ezeket a szénhidrátokat, mint az ellenálló. A hánccs esetében is látható ez az összefüggés. Összehasonlítva a két monoszacharid és a szacharóz mennyiségi arányát az látható, hogy ez az arányszám a fogékony fajta és hibridek leveleiben szignifikánsan nagyobb, mint az ellenállókéban. Ez az összefüggés a hánccs vizsgálatoknál is megmutatkozik.

A nyáron gyűjtött minták vizsgálata alapján azt tapasztaltuk, hogy a fogékony fajta és hibridek leveleiben mérhető glükóz és fruktóz mennyisége jelentősen, szignifikáns mértékben csökkent a tavaszi értékekhez viszonyítva. Az ellenálló fajták leveleinek glükóz és fruktóz tartalma is csökkent, de kisebb arányban. További megfigyelés, hogy az érzékeny és ellenálló fajták egymáshoz viszonyított glükóz és fruktóz mennyisége ellentétes tendenciát mutat a tavaszi állapothoz viszonyítva.

A vizsgált időszakban (július) az 'Érdi bőtermő' fajta kivételével a glükóz, valamint fruktóz koncentrációkhoz hasonlóan csökkent szacharóz mennyiséget mértünk a tavaszi értékekhez viszonyítva.

A téli homeosztázisban a tavaszi vizsgálatok eredményeivel megegyezően, a fogékony genotípusok esetében szignifikánsan magasabb glükóz és fruktóz tartalmat mértünk, mint az ellenállóknál.

3.8.2. A szénhidrátok időfüggő mennyiségváltozása *Monilinia laxa* fertőzés hatására

Korai válaszreakciók

Publikált eredmények alapján (SÁRDI 1994, SÁRDI et al. 2006, BAKER és ORLANDI 1995, SZARKA 2008) korai válaszreakciónak a fertőzést követő 24 órán belüli változásokat tekintettük.

Az eredmények alapján megállapítható, hogy a betegségellenállósággal összefüggő válaszreakciók a glükóz szint változás alapján követhetők. A fogékony genotípusoknál a fertőzést követő 1. órában a glükóz koncentrációja csökkenést mutatott, azt követően ciklikusan változott. A 24. órában az 'Érdi bőtermő' koncentrációja alacsonyabb, a fogékony hibridnél hasonló, mint a kontroll érték. A rezisztens genotípusok vizsgálata során a fertőzést követően az 1. órában a glükóz szintje nem változott szignifikánsan a 'Csengődi' esetében, a rezisztens hibridnél azonban a fogékonynál tapasztaltnal ellentétben növekedést mutatott, ezt követően mindkét esetben csökkenést detektáltunk. A 24. óras mintákban a glükóz mennyisége jelentősen kisebb volt, (kevesebb, mint a fele) mint a kontroll érték.

A fruktóz és szacharóz koncentrációk időfüggő változása nem mutatott a fogékony és rezisztens csoportok válaszainak jellemzésére alkalmas eredményeket.

A normalizációs fázis vizsgálata

Az eddigi vizsgálatok a növények korai, biotikus stresszel szembeni válaszreakcióira, az alarm fázisban bekövetkezett szénhidrát összetétel változásának mérésére irányultak. A kórfolyamat későbbi alakulását nagyban meghatározza, hogy a fertőzött növény milyen gyorsan képes reagálni a behatoló kórokozóra. Ennek felderítése érdekében kiterjesztettük az időfüggő vizsgálatainkat 2, 3, 11, 15, valamint a hibridek esetén 19 napra.

A legfogékonyabb genotípus esetében látható háncsszövet elhalás már a 3. napon megjelent, azonban a rezisztens genotípusok esetében még a 19. napon sem tapasztaltunk nekrozist.

A glükóz mennyiségváltozásában megmutatkozó válasz későbbi szakaszában, a fogékony fajtánál a harmadik napon, a fogékony hibridnél egy mintavételi időponttal később mértünk glükóz minimumot. A két mintavétel közötti időintervallum olyan nagy, hogy ezek a megfigyelések következtetések levonására nem alkalmasak. A fertőzést követő 15. napon gyűjtött mindkét fogékony mintában szignifikánsan alacsonyabb glükóz szintet detektáltunk, mint a kontroll érték.

A rezisztens fajtánál és hibridnél a fertőzést követő 1. nap után minimumot mutat a glükóz mennyisége, ezt követően folyamatos emelkedést detektáltunk. A 15. napon a glükóz szintje megközelíti a kontroll értéket.

A fruktóz és szacharóz koncentrációk időfüggő változása ebben az esetben sem mutatott a fogékony és rezisztens genotípusok-eltérőitől összefüggésbe hozható eredményeket, ezért ezeknek a szénhidrátoknak további vizsgálata szükséges esetleges következtetések levonásához.

3.8.3. Téli időszakban végzett mesterséges fertőzés hatása

A télen gyűjtött mintákban a glükóz, fruktóz és szacharóz mellett raffinózt is tudtunk detektálni.

A laboratóriumi körülmények között, fertőzésmentes állapotban végzett szénhidrát meghatározás alapján, a télen gyűjtött hánicsmintákban is a glükóz és a fruktóz tartalom mutatott szignifikáns eltérést (fogékonyakban magasabb, ellenállókban alacsonyabb) a vizsgált genotípusok között. A glükóz és a fruktóz mennyiségének időfüggő változásait követve a kezdeti, első órában bekövetkezett változás jelentősen különbözik a két fogékonyági csoport között. A rezisztens genotípusok esetében az első órában nem detektáltunk szignifikáns változást, majd ezt követően folyamatos csökkenési tendencia tapasztalható. A fogékony genotípusok esetében egy hirtelen szignifikáns monoszacharid csökkenést mértünk a fertőzést követő első órában. Az 'Érdi bőtermő' fajtában a 6. órában mérhető volt egy szignifikáns glükóztartalom emelkedés, azonban ezt követően mind a rezisztens, mind pedig a fogékony fajtákban csökkenő - stagnáló állapot következett, mely a 11. napra szignifikáns csökkenésben nyilvánult meg.

3.8.4. Összehasonlító vizsgálatok homeosztázisban, metil-donor vegyületek mérésével

A vizsgált genotípusok hánics szövet analíziséhez standardként használt metil-donor vegyületek (N^e-trimetil-lizin, kolin, karnitin, trigonellin, betain) közül az alkalmazott mérési paraméterek mellett kolint tudtunk jól detektálhatóan kimutatni.

A tavaszi (május) összehasonlítás eredménye alapján a kolin koncentrációja az ellenálló genotípusok hánics szövetében jelentősen meghaladta – ebben a vizsgálatban az Érdi bőtermő kivételével, amit feltételezhetően mintavételi, vagy vizsgálati hiba okozhatott - a fogékonyakban mérhető mennyiséget.

A nyári (július) mintavétel alapján a rezisztens fajta és hibrid hánicszöveteiben szintén jelentősen magasabb kolin koncentrációk voltak detektálhatók, mint a fogékonyakban. A 'Csengődi' fajtában mért érték 47%-al volt magasabb, mint az 'Érdi bőtermő' fajtában, és 57%-al volt magasabb, mint a fogékony hibridben. A rezisztens hibrid esetében 53%-al volt magasabb a kolin mennyisége, mint az Érdi bőtermőben és 64%-al nagyobb, mint a fogékony hibridben.

3.8.5. A fertőzés hatásának nyomonkövetése

M. laxa gombával történt fertőzés hatására mindkét fajtánál már a 1. órában jól detektálható kolin szint csökkenés látható, de a mennyiségi változások mértéke különböző: a fogékonynál 63,2 %, az ellenállónál 57,8 % a csökkenés mértéke. Ezt követően további csökkenést detektáltunk a fertőzést követő 2. óras mintavételnél (a kontrollhoz viszonyítva a rezisztensnél: 71,8%, a fogékonynál: 83,2 %). A 'Csengődi' rezisztens fajtánál - az alkalmazott mintavételi időpontok

mellett - a 6. órás mintavételnél mértünk kolin szint maximumot, míg az Érdi bőtermőnél szignifikáns változás nem detektálható. Ezután a kolin mennyisége folyamatosan csökkent a rezisztens fajtában, a fogékony fajta esetében szignifikáns változás nem mutatkozott. A 48. órás mintavételnél a Csengődi fajtában a kontrollhoz viszonyítottan 10,4 %-os, az Érdi bőtermőben 13,3 %-os kolin koncentrációt mértünk.

A hibrideknél tapasztalt változások a fajtáknál mutató eredményekkel megegyezők, csak mennyiségi különbségeket detektáltunk a rezisztens fajta és hibrid, valamint a fogékony fajta és hibrid közötti azonos tendenciájú változások között.

Az endogén formaldehid és a betegség-ellenállóság összefüggései

Publikált eredmények alapján a növényi szövetekben mérhető, kiemelhetően stressz hatásokra, a metil-donor vegyületekről oxidatív demetilizációs folyamatokban leszakadó, könnyen mobilizálható metil-csoportok, illetve a belőlük átmeneti terméként keletkező formaldehid is szerepet játszik különböző abiotikus és biotikus tényezőkkel szembeni ellenálló képességükben, illetve védekezési válaszaikban.

3.8.6. Összehasonlító vizsgálatok az endogén HCHO mérésével

Az endogén HCHO mérésén alapuló összehasonlítást a metilezett vegyületek vizsgálatánál alkalmazott mintákkal és időpontokban végeztük.

Az 'Érdi bőtermő' fajta, valamint a 9/5-6 és a 9/91 hibridek mintáiban mintatárolási hiba miatt ennél a vizsgálatnál nem tudtuk a HCHO addukt vegyületét mennyiségileg értékelhetően detektálni, de a 9/79-80, - a vizsgáltak közül *M. laxa* gombával szemben legfogékonyabb - hibridhez viszonyítva látható, hogy az ellenálló fajtában és hibridekben, a dimedonnal, mint addukt-képző vegyülettel megköthető HCHO mennyisége szignifikánsan kisebb volt.

A fertőzés hatásának nyomonkövetése

A szülőfajta összehasonlítása során a fertőzés hatására mindkét esetben már a 1. órában jól detektálható HCHO szint-emelkedés látható, de a mennyiségi változások mértékében jelentős különbségek vannak: az 'Érdi bőtermő' fajtánál 81,8 %, a 'Csengődi' fajtánál 25,9 % a növekedés mértéke. Ezt követően a 'Csengődi' fajtánál további növekedést detektáltunk a fertőzést követő 2. órás mintavételnél (a homeosztázishoz viszonyítva 88,2 % növekedés). A 'Csengődi' fajtánál a 3. órás mintavételnél mértünk minimumot. Ezután a HCHO mennyisége nő, a 6. órában a kontroll értékére emelkedik, majd ezt követően folyamatosan csökken, és a 48. órában a kontrollhoz viszonyítva 88 %-al kisebb a HCHO mennyisége. Az 'Érdi bőtermő' fajtánál újabb maximum a

fertőzést követő 24. órában mutatkozik, majd csökkenés detektálható. A 48. óras mintavételnél a 'Csengődi' fajtában 0,44 µg/g, az Érdi bőtermőben 11,9 µg/g HCHO koncentrációt mértünk. A fogékony hibrid hánacs-szövetében mért időfüggő HCHO koncentráció-változás a maximumokhoz tartozó időpontok tekintetében is teljesen megegyező tendenciát mutat, mint az 'Érdi bőtermő' fogékony fajtánál megfigyelt változások. A rezisztens genotípusok válaszreakcióit összehasonlítva szintén a hibridben nagyobb a HCHO növekedése az 1. óras minták alapján. Mindkét esetben a 3. óras mintákban mértük a növekedést követő minimumot. Különbésként emelhető ki, hogy a 48. óras minták összehasonlítása alapján a 'Csengődi' fajtában a HCHO-szint nagyon jelentősen lecsökken a kontrollhoz viszonyítva, míg a hibridben a kontroll értéket megközelítő HCHO koncentráció figyelhető meg.

3.9. Új tudományos eredmények

- A stressz-mentes állapotban végzett hánacs- és levélvizsgálatok eredményei alapján a vizsgált szénhidrátok közül elsősorban a glükóz mennyisége hozható összefüggésbe a meggy fajták és a hibridek *M. laxa* fertőzéssel szembeni ellenállóságával. A fogékony genotípusok levél- és hánacs-szöveiteiben szignifikánsan magasabb glükóz tartalom mérhető, mint a rezisztensekében.
- A monoszacharidok, elsősorban a glükóz időfüggő mennyiség-változásának nyomon követése alkalmasnak mutatkozik a fogékony és ellenálló meggygenotípusok *M. laxa* fertőzéssel kiváltott stressz-válaszai közötti különbségek „megjelenítésére”.
- A metil-donor vegyületek homeosztázisban történő összehasonlító vizsgálatával, a meggyfák hánacs-szöveiteinek kolin koncentrációja alapján, szignifikáns különbségeket mutattunk ki a fogékony (alacsonyabb kolin szint) és ellenálló (magasabb kolin szint) genotípusok között.
- A hánacs-szöveitekben homeosztázisban mérhető endogén formaldehid szint ellentétes összefüggést mutat (fogékonyakban magasabb, ellenállóknál alacsonyabb) a mért kolin értékekhez viszonyítva, és szintén alkalmasnak mutatkozik a genotípusok betegségellenállóság alapján történő elkülönítésére.
- A fertőzéssel kiváltott válaszreakciók metilezési-demetilezési folyamataiban átmeneti termékként keletkező formaldehidnek, és a meggyfák növényi szöveiteiben detektálható kolinnak, mint metil-donor vegyületnek a vizsgálata, mennyiségi változásaik nyomonkövetése alkalmas a fogékony és ellenálló genotípusok reakciói közötti különbségek „megjelenítésére”.

4. KÖVETKEZTETÉSEK ÉS JAVASLATOK

4.1. *Monilina laxa* kórokozóval szembeni ellenállóság, és fajtatulajdonság vizsgálatok

A szabadföldi spontán és szabadföldi mesterséges fertőzések hasonló ellenállósági sorrendet mutattak. Ennek alapján megállapítható, hogy egy kivétellel mindegyik hibrid szignifikánsan ellenállóbb, mint a fogékony 'Érdi bőtermő' fajta, azonban a genotípusok ellenállósági szintje között jól elkülöníthető különbségek vannak. A fertőzési módok összehasonlítása alapján a szabadföldi mesterséges inokulálás alkalmasabbnak bizonyult a *M. laxa* fertőzéssel szembeni ellenállóság vizsgálatára, mint a laboratóriumi, mert az utóbbi eljárás túl provokatív, az izolált körülmények túl kedvezőek a kórokozó számára, ezért a megmutatkozó ellenállósági különbségek ellenére is megnehezítik az objektív értékelést.

A hibrideken elvégzett öntermékenység vizsgálatok alapján a termesztéstechnológiai szempontból kívánatos 10%-os öntermékenység (APOSTOL 1994) mértékét mindkét szülőfajta ('Csengődi': 15%, 'Érdi bőtermő': 20%) elérte. A 7/47-es és 9/5-6-os hibridek öntermékenyülésének mértéke 10% alatt maradt, a 7/67-68-as hibrid, illetve a 9/79-80-as hibrid azonban meghaladta a kívánatos 10%-os öntermékenyülési mértéket.

A gyümölcsök átlagtömege alapján három hibrid (7/141, 9/5-6, 9/21) esetében mértünk az 'Érdi bőtermő' fajtához hasonló, 6 g körüli átlagos gyümölcstömeget. A 9/91-es és a 7/67-68-as hibrid esetében 7 gramm fölötti, sőt a 7/67-68-as hibrid esetében 8 grammos átlagos gyümölcstömeget mértünk. A jelen vizsgálat képet ad a vizsgált genotípusok által elérhető gyümölcsméretekről, azonban tényleges termőképesség megállapítására még nem alkalmas. A tényleges termőképesség megállapítása céljából a hibrid magoncokat üzemi körülmények között is tesztelni kell, ezért a legígéretesebb hibrid magoncokat az Intézet Érd Elvira-majori faiskolájában sajmeggy alanyra leszaporítottuk és jelenleg 4 fás parcellakísérletbe állítva üzemi körülmények között, valamint kihelyezett kísérletek formájában is vizsgáljuk.

Érés idő tekintetében elmondható, hogy a kiválasztott hibridek kivétel nélkül az 'Érdi bőtermő' fajtánál korábban érnek. Hét kombináció (7/141, 9/5-6, 9/24, 7/47, 9/91, 7/67-68, 9/79-80) a középkorai érésű 'Csengődi' fajtánál is korábbi érésű, melyek az 'Érdi bőtermő' fajtához viszonyítva, genotípustól és évjáratától függően átlagosan 7-12 nappal korábban érnek.

4.2. Szénhidrátok vizsgálata stresszmentes állapotban

A stresszmentes állapotban történő összehasonlítást három időpontban, tavasszal (május), nyáron (július) és télen (december) végeztük.

A tavaszi és téli stressz-mentes állapotban végzett hancs- és levélvizsgálati eredményeink alapján azonos következtetések vonhatók le: a detektált szénhidrátok közül a glükóz mennyisége hozható leginkább összefüggésbe a meggyfajták és hibridjeik *M. laxa* fertőzéssel szembeni ellenállóságával, továbbá összefüggés mutatkozik a szénhidrátok egymáshoz viszonyított mennyiségi arányai alapján is. A kísérleteink alapján talált összefüggések megegyeznek SÁRDI et al. (1996, 1999) *Pseudomonas*-al szemben ellenálló és fogékony babfajták összehasonlításával kapott megfigyeléseivel, valamint paprika-*Xanthomonas* (SZARKA et al. 2002, SÁRDI et al. 2006), szőlő-*Botrytis* (KOVÁCS-NAGY et al. 2008, NÉMETH et al. 2009), alma-*Erwinia* (MILCEVICOVA et al. 2010) gazda-patogén kapcsolatok hasonló megközelítésű vizsgálatával kapott eredményekkel.

A cukor frakciók elemzésével megállapítottuk továbbá, hogy glükóz, fruktóz és szacharóz mennyisége a levelekben magasabb, mint a hancs szövetekben. Ezt a megfigyelésünket HONTY (2010) körtén végzett megfigyelései is alátámasztják, aki a glükóz és szacharóz mennyiségét hasonlította össze fogékony és rezisztens körtefajtákban és mindkét cukorfrakció esetében a levelekben mért magasabb mennyiséget a hajtásokhoz viszonyítva.

A nyári vizsgálati időszakban (tartós szárazság, erős UV sugárzás), a fogékony és rezisztens genotípusok egymáshoz viszonyított glükóz és fruktóz összetétele, nem mutatta a tavaszi minták vizsgálatával kapott összefüggéseket, feltételezhetően a mintagyűjtés alatt is fennálló jelentős környezeti stresszhatások miatt.

4.3. A szénhidrátok időfüggő mennyiségváltozása *Monilinia laxa* fertőzés hatására

A monoszacharidok mennyisége, és fertőzés hatására bekövetkező mennyiségi változásaik, a detektált változások tendenciája összefüggést mutatnak a meggyfajták és hibridek betegség-ellenállóságával. A glükóz időfüggő mennyiségváltozása jól elkülöníthető eltéréseket mutat a különböző fogékonysági csoportok között. A korai válaszreakciók során, a kontroll értékeket összehasonlítva, a fogékony csoportba tartozó genotípusok esetében magasabb, az ellenállóknál alacsonyabb glükóz szintet mértünk. A fogékony genotípusoknál kezdeti szignifikáns csökkenés volt mérhető, majd a 3. órától ciklikus glükózsint változást mértünk. Ennek egyik oka, hogy a kórokozóval való kölcsönhatás eredményeként a fertőzést követő alarm fázisban a fogékony genotípusok belső egyensúlyi állapotának megbomlásának következtében csökken a vitalitás, a lebontó folyamatok kerülnek előtérbe a felépítő jellegűekkel szemben. Az ellenálló genotípusok esetén a fogékonyaknál tapasztalt kezdeti szignifikáns csökkenéssel ellentétben, a fertőzés első órájában glükózsint emelkedést mértünk. A fertőzést követően megnövekedett szénhidrát koncentráció a védekezés megindításához, mint szignál vegyület jöhet számításba (BERGER et al. 2007).

A normalizációs fázis során, az alkalmazott mintavételi időpontok mellett a glükóz minimumot az ellenálló genotípusok már az első nap elérték, ezt követően lassú emelkedés, stabilizálódási fázis következett, és a vizsgálati időszak végére a glükóz szint az ellenálló fajtánál, és a hibridnél is elérte a kiindulási értéket. A fogékony genotípusok esetében a glükóz szint minimuma később, a harmadik napon, vagy még később volt mérhető, és a vizsgálat végén a glükóz szint szignifikánsan alacsonyabb volt a kezdeti állapothoz viszonyítva. SÁRDI et al. (2006), valamint SZARKA (2008) hasonló eredményhez jutottak paprika-*Xanthomonas vesicatoria* gazda-patogén kapcsolat, fogékony, rezisztens, és általános védekezési rendszerrel (*gds*) bíró vonalak összehasonlító vizsgálatával. HONTY (2010) körte fajták baktériummal szembeni rezisztencia vizsgálatai is megerősítették ez irányú megfigyeléseinket. Feltételezéseik szerint a készletek kimerülését a kórokozó fertőzése nyomán felgyorsult növényi anyagcsere, illetve maga a glükózt felhasználó kórokozó idézi elő

A téli időszakban, *in vitro* körülmények között, a kontrol mintákban mérhető glükóz tartalom, továbbá annak fertőzés hatására bekövetkező változása alapján szintén jól elkülöníthető eltérések mutatkoztak a fogékony és az ellenálló genotípusok válaszai között, melyek összhangban vannak az *in vivo* fertőzésnél kapott eredményekkel, tehát megerősítik azokat.

A többféle megközelítésben elvégzett vizsgálati eredményekből látható, hogy a szénhidrátok fertőzést követő időfüggő mennyiségi változásainak nyomon követése alkalmas a fogékony és ellenálló fajták, hibridek védekezési válaszreakciói közötti különbségek megmutatására. Ez megegyezik SÁRDI et al. (2006), SZARKA (2008) paprika-*Xanthomonas* gazda-patogén kapcsolat vizsgálatával kapott eredményeivel, illetve DANIELE et al. (2003) publikált eredményeivel, mely a burgonya növényeken elvégzett mesterséges *Phytophthora infestans* fertőzés hatására bekövetkező időfüggő szénhidrát változások, valamint a rezisztencia kapcsolatát vizsgálták. Szintén alátámasztja eredményeinket MANDAL et al. (2012) kutatása, mely során dohány mozaik vírussal (*Tobacco mosaic virus*) fertőzött dohány növényeket vizsgáltak, hogy a vírusfertőzés hatása az anyagcsere már a fertőzés utáni első órában megmutatkozik a növényben lévő szénhidrátok mennyiség-változásában. A válaszreakciók detektálható gyorsaságát SÁRDI (1994), BAKER és ORLANDI (1995), SZARKA et al. (2002), SÁRDI et al. (2006) is bizonyították.

A megfigyelt változások biokémiai hátterének pontos magyarázatához a vizsgálatok folytatása szükséges, azonban eredményeink alátámasztják, hogy a glükóz alapvető szerepet játszik a kórokozó-gazdanövény kapcsolatokban kialakuló kölcsönös válaszreakciókban.

4.4. Metil donor vegyületek és az ellenállóság összefüggései

4.4.1. Összehasonlító vizsgálatok homeosztázisban

Kísérleteink elméleti alapja más gazda-patogén kapcsolatok vizsgálatával kapott eredmények voltak (SÁRDI 1994, SÁRDI és TYIHÁK 1998, SÁRDI 2006, SZARKA 2008). Különböző metil-donor vegyületek stressz hatására történő demetileződése következtében könnyen mobilizálható metil-csoportok szakadnak le, melyekből átmeneti termékként HCHO keletkezik. Ennek eredményeként a metilezett vegyületek mérhető mennyisége csökken, amellyel párhuzamosan nő az endogén formaldehid koncentrációja. A hivatkozott kísérleteket görögdinnye- és paprika növényeken végezték, fás szárú növényekkel kapcsolatos, a fertőzésre adott válasz-reakciók ilyen megközelítésű kutatását leíró eredményeket nem találtunk.

Vizsgálataink alapján a kolin koncentrációja az ellenálló meggy genotípusok hánccszövetében jelentősen meghaladja a fogékonyakban mérhető mennyiséget. Eredményeink megegyeznek ROZSNYAY et al. (1988) őszi- és kajszibarackfákon elvégzett összehasonlító vizsgálatának megfigyeléseivel. Kajszibarack- és őszi- és kajszibarackfajták vizsgálatával kapott adatok összehasonlításával megállapították, hogy a termesztési tapasztalatok alapján rezisztensnek mutató fajták többségében magasabb kolin, trigonellin és TML mennyiségek mérhetők, mint a fogékony fajtákban. TYIHÁK et al. (1989), hasonló vizsgálattal ugyanezt az eredményt kapták: a teljes N-metilezett vegyületek szintje a rezisztens "vad" fajták és a termesztésben ellenálló fajták leveleiben magasabb értéket mutatott, mint a fogékony fajták leveleiben. A metil-donor vegyületek mennyisége és a termesztési tapasztalatok alapján jellemzett betegségellenállóság közötti kapcsolatot az őszi- és kajszibarackfák esetében termőhelyről gyűjtött levélvizsgálatok alapján figyelték meg, melyet szabályozott körülmények között nevelt, lágyszárú növények mesterséges fertőzésével SÁRDI (1994), SÁRDI és TYIHÁK (1998), SZARKA et al. (2006) is bizonyított.

4.4.2. Összehasonlító vizsgálatok az endogén HCHO mennyiség alapján

Az endogén HCHO mérésén alapuló homeosztázisban végzett összehasonlítást a metilezett vegyületek vizsgálatánál használt mintákkal végeztük. A kolin vizsgálatával kapott eredmények és a mért HCHO koncentrációk összehasonlítása alapján, a könnyen mobilizálható CH₃-csoportok mennyisége és a betegségellenállóság között fordított tendenciájú összefüggést tapasztaltunk, mint a kolin (metil-donor vegyület) mennyiségével kapcsolatosan. A formaldehid és természetes generátorai csertölgly esetében is a környezeti hatások jellemzésére alkalmas jelző molekuláknak bizonyultak (NÉMETH 2002).

4.4.3. A fertőzés hatásának nyomonkövetése

A transzmetilezés, vagyis a metilcsoportok eltávolítása illetve beépítése, kis energiaigényű, gyors és megfordítható szabályozást tesz lehetővé. A kolin tartalom és a vele összefüggésben az endogén formaldehid mennyiségi változásának dinamizmusában észlelt eltérés alapján a fogékony és rezisztens genotípusok egymástól jól elkülöníthetők (SÁRDI 1994, 2006, SZARKA et al. 2006, NÉMETH 2002).

A mennyiségi összefüggéseket vizsgálva a kolin mennyisége mind a négy vizsgált genotípusnál szignifikánsan csökkenő tendenciát mutatott az első órában, mely a formaldehid ellentétes irányú gyors változásával párosult. A rezisztens genotípusokban a kolin szint további alakulása azonban eltér a fogékony genotípusokétól. A 'Csengödi' fajta és a '7/67-68'-as hibrid esetében a 6. órás mintavételnél kolin szint maximumot mértünk, míg a fogékony genotípusoknál szignifikáns változás nem mutatkozott a hátralévő vizsgálati időszakban. Ezzel párhuzamosan, a kolin mennyiségváltozásával összhangban, az endogén formaldehid mennyiségének alakulása is jól megkülönböztethető változásokat mutatott a két fogékonysági csoport között. Hasonló összefüggéseket publikált SÁRDI (1994, 2006), aki fuzáriumos (*Fusarium oxysporum*) fertőzésre érzékeny és ellenálló görögdinnye fajták gyökereiben vizsgálta a védekezési válaszokat. Fertőzés hatására hasonló tendenciájú, de időben és a mennyiségi változások mértéke tekintetében különböző változásokat tapasztalt, továbbá azt, hogy a kolin és TML szint egymáshoz viszonyítva hasonló, míg a HCHO-hoz képest fordított tendenciájú változást mutatott. A görögdinnye-*Fusarium* gazda-patogén kapcsolat vizsgálatával kapott eredményeket és összefüggéseket később bab-*Pseudomonas* és paprika-*Xanthomonas* kapcsolatok vizsgálatával is megerősítették (SÁRDI 2006, SZARKA 2008). Fás szárú növényekkel kapcsolatos, hasonló megközelítésű publikációkat nem találtunk.

Eredményeinket összegezve, a vizsgált endogén vegyületek mindegyike alkalmasnak mutatkozott a különböző rezisztencia szinteket képviselő meggygenotípusok *M. laxa* ferőzéssel szembeni ellenállóságának egymáshoz viszonyított „jellemzésére”. A vizsgált szénhidrátok közül elsősorban a glükóz, a metil-donor vegyületek közül a kolin, volt alkalmas a különbségek kimutatására. Továbbá az endogén formaldehid fertőzés hatására bekövetkező mennyiségváltozásainak mérésével, a fogékony és ellenálló genotípusok válaszreakció közötti különbségek már rövid idővel a fertőzést követően (a tünetek kialakulásánál lényegesen hamarabb) „jeleníthetők meg”. Távlati célunk, az ismertett analitikai megközelítések fejlesztésével, és növénypatológiai eljárások segítségével olyan gyakorlatban hasznosítható tesztelési módszer kidolgozása, mely lerövidítheti az időigényes rezisztencia nemesítés folyamatát.

5. AZ ÉRTEKEZÉS TÉMAKÖRÉHEZ KAPCSOLÓDÓ PUBLIKÁCIÓK

Impakt faktoros folyóiratcikkek:

1. SZÜGYI, S., SÁRDI, É. (2017): Health-affecting compounds in sour cherry (*Prunus cerasus* L.) at the beginning of fruit burgeoning stage. *Acta Alimentaria*. (in press). IF:0,357

Lektorált folyóiratban (MTA listás) megjelent közlemények:

2. SZÜGYI, S., ROZSNYAY, ZS., SÁRDI, É. (2017): A meggy gazdanövény és a *Monilinia laxa* kórokozó kapcsolatának tanulmányozása szénhidrátok mérésével. *Kertgazdaság* 49 (1) 35-43. p.

3. SZÜGYI S., ROZSNYAY ZS., SÁRDI É. (2017): Meggyfák betegségellenállósága és a metilezési körfolyamat egyes komponensei közötti kapcsolat. *Kertgazdaság* 49 (3) 23-31. p.

Egyéb tudományos cikkek:

4. SZÜGYI, S., ROZSNYAY, ZS., APOSTOL, J. (2012): Betegségellenálló meggy hibridek jellemzése. *Agrofórum Extra* 43, 28-31. p.

Konferencia közlemények („full paper” = min 4 oldal):

5. SZÜGYI, S., ROZSNYAY, ZS., APOSTOL, J. (2014): Monília ellenálló meggyfajták nemesítése. XX. Növénynevelési Tudományos Napok, Budapest, Március 18. 439-443. p.

6. APOSTOL, J., SZÜGYI, S., BÉKEFI, ZS. (2014): Nemesítési alapanyagként használható meggy genotípusok vizsgálata. XX. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Március 18. 45-49. p.

7. SZÜGYI, S., APOSTOL, J., ROZSNYAY, ZS., BUJDOSÓ, G., SÁRDI, É. (2015): Examination of disease resistant sour cherry genotypes bred in Hungary. Proceedings of the III Balkan Symposium on Fruit Growing Volume 1. *Acta Horticulturae*, 1139. 13-18. p.

8. SZÜGYI, S., ROZSNYAY, ZS., APOSTOL, J., BÉKEFI, ZS. (2015): Breeding of *Monilinia laxa* resistant sour cherry varieties in Hungary. *Acta Horticulturae*. (in press)

Konferencia összefoglalók („abstract”):

9. SZÜGYI, S., APOSTOL, J., ROZSNYAY, ZS. (2009): Az 'Érdi bőtermő' és a 'Csengődi' meggyfajták utódnemzedékeinek jellemzése. Lippay János – Ormos Imre – Vas Károly Tudományos ülésszak. Budapest, Október 28-30, 242-243. p.

10. SZÜGYI, S., APOSTOL, J., ROZSNYAY, ZS. (2010): 'Érdi bőtermő' és 'Csengődi' meggyfajták utódnemzedékeinek vizsgálata betegségellenállóság és termesztési érték szempontjából. XVI. Növénynevelési Tudományos Napok. Budapest, Március 11, 133. p.

11. APOSTOL, J., SZÜGYI, S. (2014): Sour cherry breeding in Hungary. COST meeting on sour cherry breeding, Novi Sad, Serbia September 15-17. 2-4. p.
12. SZÜGYI, S., APOSTOL, J., ROZSNYAY, ZS., LANTOS, E., SÁRDI, É. (2015): *Monilinia laxa* gombával szemben ellenálló meggyfajták nemesítése. XXI. Növénynemesítési Tudományos Napok, Martonvásár Március 11-12, 38. p.
13. SZÜGYI, S., APOSTOL, J., ROZSNYAY, ZS., LANTOS, E., SÁRDI, É. (2015): Sour cherry breeding at Research Station Érd of NARIC Fruitculture Research Institute. COST meeting on sour cherry breeding, Dresden-Pillnitz, Germany, July 13-16, 1. p.
14. SZÜGYI, S., ROZSNYAY, ZS., SÁRDI, É. (2017): Meggyfák betegségellenállósága és a körfolyamat egyes komponensei közötti kapcsolat. 63. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest 2017.02.21-22, 98. p.
15. KOVÁCS, K., SZÜGYI, S., TURÓCZI, GY. (2017): Meggyfajták és fajtajelöltek moníliaival szembeni ellenállóképessége. 63. Növényvédelmi Tudományos Napok. Budapest 2017.02.21-22, 65. p.
16. SZÜGYI, S., ROZSNYAY, ZS., SÁRDI, É. (2017): Transzmetilezési folyamatok nyomon követése meggyfák háncsszöveteiben *Monilinia laxa* fertőzés hatására. XXIII. Növénynemesítési Tudományos Napok. Budapest 2017.03.07, 34. p.

FELHASZNÁLT IRODALOM

1. APOSTOL J. (1994): A meggy nemesítés eredményei Budatétényben. Kandidátusi értekezés. MTA. Budapest.
2. APOSTOL, J., VÉGHÉLYI, K., IEZZONI, A., JONES, A. L. (1995): Magyar- amerikai együttműködés a betegségellenálló meggyfajták nemesítése érdekében. *Új Kertgazdaság*, 1 (1-2) 1-3. p.
3. APOSTOL, J. (1998): Meggy. In: Soltész M. (Szerk): *Gyümölcsfajta-ismeret és -használat*. Budapest. Mezőgazda kiadó, 288-307. p.
4. BAKER, C. J., ORLANDI, E. W. (1995): Active oxygen in plant pathogenesis. *Annual review of phytopathology*, 33 (1) 299-321.p.
5. BERGER, S., SINHA, A. K., ROITSCH, T. (2007): Plant physiology meets phytopathology: plant primary metabolism and plant–pathogen interactions. *Journal of Experimental Botany*, 58 (15-16) 4019-4026. p.
6. DANIELE, E., DOMMES J., HAUSMANN, J. F. (2003): Carbohydrates and resistance to *Phytophthora infestans* in potato plants. *Acta Physiologiae Plantarum*, 25 (2) 171-178. p.
7. GERSBECK, N., SCHÖNBECK, F., TYIHÁK, E. (1989): Measurement of formaldehyde and its main generators in *Erysiphe graminis* infected barley plants by planar chromatographic techniques. *Journal of Planar Chromatography* (2) 86-89. p.

8. HONTY, K. (2010): A körtefajták tűzelhalással szembeni ellenállósága és a betegség folyamatának jellemzése néhány biokémiai paraméter vizsgálatával. BCE Gyümölcsstermő Növények Tanszék, *Doktori értekezés*, 106-107 p.
9. KOVÁCS-NAGY, E., BILEK, A., LACZ, E., BODOR, P., SÁRDI, É. (2008): Grape variety comparison of different stress tolerance based on the quantitative measurement of carbohydrates. *International Journal of Horticultural Science*, 14 (4) 7–10. p.
10. MANDAL, R., KATHIRIA, P., PSYCHOGIOS, N., BOUATRA S., KRISHNAMURTHY, R., WISHART, D., KOVALCHUK, I. (2012): Progeny of *tobacco mosaic virus*-infected *Nicotiana tabacum* plants exhibit trans-generational changes in metabolic profiles. *Biocatalysis and Agricultural Biotechnology*, 1 (2) 115–123. p.
11. MILCEVICOVA, R., GOSCH, C., HALBWIRTH, H., STICH, K., HANKE, M-V., PEIL, A., FLACHOWSKY, H., ROZHON, W., JONAK, C., OUFIR, M., HAUSMAN, J. F., MATUSIKOVA, I., FLUCH, S. (2010): *Erwinia amylovora*-induced defense mechanisms of two apple species that differ in susceptibility to fire blight. *Plant Science*, 179 (1-2) 60-67. p.
12. NÉMETH ZS, I., (2002): A formaldehid és természetes generátorai, mint a környezeti hatások jelző molekulái a csertölgly ontogenezisének korai szakaszaiban. PhD értekezés, Sopron. Nyugat-magyarországi Egyetem
13. NÉMETH, ZS. I, SÁRDI, É., STEFANOVITS-BÁNYAI, É. (2009): State dependent correlations of biochemical variables in plants. *Journal of Chemometrics*, 23 (3-4) 197-210. p.
14. ROZSNYAY, ZS., TYIHÁK, E., CMOREK, É., KERÉK, M., NYUJTÓ, F., PEDRYC, A. (1988): A tejes N-metilezett vegyületek, mint potenciális rezisztencia faktorok vizsgálata kajszai és őszibarack fajták növényi részeiben. III. Magyar Növényélettani Kongresszus 1988. július 5-7. Szeged.
15. SÁRDI, É. (1994): A formaldehid és egyes generátorainak tanulmányozása *Fusarium oxiosporum f. sp. niveum*-mal fertőzött görögdinnye növényeken. MTA Kandidátusi értekezés. 127. p.
16. SÁRDI, É., VELICH, I., HEVESI, M., KLEMENT, Z. (1996): The role of endogenous carbohydrates in the Phaseolus-Pseudomonas host-pathogene interaction. 1, Bean ontogenesis and endogenous carbohydrate components. *Horticultural Science*, (28) 65-69. p.
17. SÁRDI, É., TYIHÁK, E. (1998): Change of biotransformation steps of formaldehyde cycle in water-melon plants after infection with *Fusarium oxiosporum*. *Acta Biologica*, 49 (2-4) 353-362. p.

18. SÁRDI, É., VELICH I., HEVESI M., KLEMENT, Z. (1999): Ontogenesis- and biotic stress dependent variability of carbohydrate content in snap bean (*Phaseolus vulgaris L.*). *Zeitschrift für Naturforschung*, (54) 782-787. p.
19. SÁRDI, É. (2006): A növények betegségellenállósága és az endogén transzmetilezési folyamatok kapcsolata. MTA doktori értekezés
20. SÁRDI, É., SZARKA, E., CSILLÉRY, G., SZARKA, J. (2006): Biochemical examination of the General Defense System of plants by OPLC. *Journal of Planar Chromatography*, 19 (109) 233-237. p.
21. SZARKA, E. (2008): Növények általános védekezési rendszerének biokémiai és genetikai vizsgálata. BCE Genetika és növénynevelés Tanszék, *Doktori értekezés* 116-123. p.
22. SZARKA, J., SÁRDI, É., SZARKA, E., CSILLÉRY, G. (2002): General defense system in the plant kingdom III. *International Journal of Horticultural Science*, 8 (3-4) 45-54. p.
23. SZARKA, J., TOLDI, O., SZARKA, E., REMENYIK, J., CSILLÉRY, G. (2006): General defense reaction in the plant kingdom. *Acta Agronomica Hungarica*, 54 221-232. p.
24. TYIHÁK, E. (1987): Overpressured layer chromatography methods in the study of the formaldehyde cycle in biological systems. *Trends in Analytical Chemistry*, (6) 90-94. p.
25. TYIHÁK, E., ROZSNYAY, ZS., TIMON, B. (1989): A formaldehid természetes főgenerátorainak vizsgálata kajszi- és őszibarack leveleiben. Növényvédelmi Tudományos Napok, 1989. febr. 21-22, Budapest.