

Tormafajták levélszöveti szerkezete és az *Albugo candida* gombafertőzöttség közötti összefüggések feltárása

IRINYINÉ OLÁH KATALIN, TÓTH CSILLA

Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet,
Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék

E-mail: olah.katalin@nye.hu

Összefoglalás

A *Brassicaceae* családba tartozó növények egyik jelentős kórokozója az *Albugo candida* gomba, mely a torma levelét és gyökerét egyaránt megbetegíti. A növényvédelmi kezelések száma és gyakorisága csökkenthető, ha a termesztett tormafajta ellenálló a fehérsömörrel szemben. Korábbi kutatási eredményeink szerint összefüggés mutatható ki a tormafajták, illetve változatok levéltulajdonságai és az *Albugo candida* gomba levélfertőzésének mértéke között. Jelen vizsgálattal azt szeretnénk megállapítani, hogy a levél mikroanatómiai jellemzői (levéllemezzel, epidermisz, kutikula mérete, sztómaszám) befolyásolják-e a kórokozó fertőzésének mértékét. A vizsgálatokhoz négy, makroanatómiai megjelenésében (tapintható szöveti struktúra, levélfelső, levélszín) is különböző tormafajtát választottunk ki. Eredményeink szerint a vizsgált mikroanatómiai tulajdonságok közül a sztómák száma és az *Albugo candida* fertőzés mértéke között összefüggés mutatható ki. Az általunk vizsgált tormafajták közül a Pózna fajta érzékeny leginkább a gomba jelenlétére. A termelők számára javasolható, megfelelő betegség ellenálló képességgel rendelkező fajták kiválasztásában az általunk vizsgált szövettani tulajdonságok is eredményesen felhasználhatóak.

Kulcsszavak: torma, *Armoracia rusticana* P.Gaertn., B.Mey. & Scherb., fehérsömör, *Albugo candida*, levél mikroanatómia

Bevezetés és irodalmi áttekintés

A torma (*Armoracia rusticana* P.Gaertn., B.Mey. & Scherb.) nem tartozik a legjelentősebb zöldségnövények közé, de a kizárólag hazánkban alkalmazott speciális termesztéstechnológiának és a hajdúsági tájegységre jellemző klimatikus viszonyoknak köszönhetően a hajdúsági tormát

hungarikumként tartják számon, mely keresett exportcikk a német és lengyel piacon. E növény-nyel kapcsolatos kutatásaink alapja egy nemzetközi szinten is egyedülálló, közel 100 torma fajtát és változatot tartalmazó géngyűjtemény, melyben megtalálhatóak a magyar állami elismerésben részesült fajták, hazai és külföldi tájfajták, tormáskertekből gyűjtött változatok. E torma génanyag nagy változatosságot mutat mind terméshozam és termésminőség, mind betegség ellenálló képesség tekintetében, ezért kiváló kutatási és nemesítési alapanyagként tekinthető.

Az *Albugo candida* (Pers.) Kuntze a torma egyik legjelentősebb kórokozója, mely alapvetően meghatározza a növényvédelmi beavatkozásokat, negatív hatást gyakorolva a termesztés jövedelmezőségére és a környezetre. A hazai és a nemzetközi irodalom egyaránt foglalkozik a kórokozó jelentőségével. Az *Albugo candida* a peronoszporafélék családjába tartozó oospórák gomba (Glits 1993), mely kizárólag élő növényi szöveteket támad meg (Babadoost 1990). A fertőzés érett sporangiosporával sztómákon át történik (Géczi 2013). A köznyelvben fehérsömörként ismert betegség a keresztesvirágúak családjába tartozó növényeket betegíti meg, köztük a tormát is (Glits 1993; Dienes és Jobbágy 1997; Heffer et al. 2002). A kórokozó gazdanövényeit bármely fejlődési szakaszban képes megfertőzni, de a fiatal növényi szövetekbe sokkal könnyebben behatol, mint az öregekbe (Babadoost 1990). A betegség tüneteként a levélen kerekded, enyhén szögletes, kisebb-nagyobb kiterjedésű fehér, felhólyagosodó foltok jelennek meg, mely telepek a bőrszövet felszakadása után kráterszerűvé válnak (Pintér 1993). A fertőzés következtében a levelek kanalасodnak, torzulnak, elszáradnak (Hájas 1976; Glits 1993; Dienes és Jobbágy 1997), ugyanígy a maghozó szár és a virágzat is deformálódhat (Glits 1993). A gyökér is betegedhet, feji részén dudorok jelennek meg, belső szövetei barnulnak, parásodnak (Dienes és Jobbágy 1997; Géczi 1998). Erős levélfertőzés esetén a főgyökér a korhadásos betegségekre érzékenyebbé válik, húsa kemény és fásodó lesz, sok oldalgöykeret fejleszt (Kadow és Anderson 1940).

Korábbi kutatási eredményeink szerint összefüggés mutatható ki a tormafajták, illetve változatok levéltulajdonságai és az *Albugo candida* gomba levélfertőzésének mértéke között. Az elliptikus levéllemezű, tapintásra finom levélszövetű, nem hólyagos és nem fényes (matt), világos-középzöld színű fajták (spreewaldi fajtakör) a fehérsömörre érzékenyek. A durvább tapintású és fényes levéllemezű rendezelődő tormák (magyar, dán, brassói fajtakör) jobban ellenállnak a kórokozóval szemben (Irinyné 2012; Irinyné et al. 2015).

Maga a tormalevél mikroanatómiai szerkezete több jellegzetességet mutat. Mind az adaxiális (színi-), mind az abaxiális (fonáki-) levélepidermisz egyrétegű, az abaxiális epidermisz vastagsága az adaxiális epidermisz vastagsága alatt marad. Mindkét epidermiszt szabálytalan alakú sejtek építik fel, közéjük sztómák illeszkednek. A kerti torma levele amfisztomatikus. A torma sztómái tipikus ún. anizocitikus sztómák, három melléksejt veszi körül a zárósejteket, egy nagyobb a másik kettőnél. Ez a fajta sztóma a *Brassicaceae* család valamennyi tagjára jellemző sztóma-típus (Metcalfé és Chalk 1950; Inamdar et al. 1986) a sztómák ilyenforma megjelenési típusát ún. "cruciferous" sztómaként tipizálta). A két epidermiszréteg közötti mezofillum nem mutatja a tipikus kétszikűek zömére jellemző dorziventrális levél szöveti felépítését. Míg ugyanis a legtöbb kétszikű mezofillum esetében az adaxiális oldalon hosszúkás, oszlopszerű, kloroplasztisban gazdag sejtekből álló paliszád vagy oszlopos parenchima, az abaxiális oldalon szivacsos parenchima található, addig a torma levélközepét a csak szivacsos parenchimából felépülő mezofillum jellemzi. Korábbi irodalmi utalások szintén a *Brassicaceae* családot jellemző nem differenciált mezofillum meglétét írják le (Metcalfé és Chalk 1950). Az epidermiszek által határolt mezofillumban az izodiametrikus sejtei lazán illeszkednek egymáshoz, jelentős az intercelluláris terek kiterjedése. A levélereket kiterjedt kollenchima állomány veszi körül.

Jelen vizsgálattal azt szeretnénk megállapítani, hogy a levél mikroanatómiai jellemzői befolyásolják-e a kórokozó fertőzésének mértékét. A gyakorlat számára javasolható, megfelelő betegség-ellenálló képességgel rendelkező fajták/változatok kiválasztásában az általunk vizsgált szövettani tulajdonságok is eredményesen felhasználhatóak.

Vizsgálataink során célkitűzéseink a következők voltak: négy levélmorfológiai tulajdonságaiban eltérő torma fajta levelének mikroanatómiai jellemzése és összehasonlítása a levéllemez, valamint a színi- és fonáki epidermisz és kutikula vastagsága, a színi- és fonáki epidermiszen található sztómaszám alapján; összefüggés meglétének igazolása a levél szövettani jellemzői és az *Albugo candida* gomba fertőzése között.

Anyag és módszer

A vizsgálatokhoz négy, makroanatómiai megjelenésben (szöveti struktúra, levélfelsőszín, levélszín) is különböző tormafajtát választottunk ki. Kiválasztásra került így a Bagaméri 93/1-es fajta (magyar fajtakör), a Danvit (dán fajtakör), a Pózna (spreewaldi fajtakör) fajták, valamint a Brassói-1 (brassói fajtakör). Itt kell megjegyezni, hogy a Bagaméri 93/1, a Danvit és a Pózna államilag elismert tormafajták (Internet 1.), a Brassói-1 pedig egy torma változat. Az egyszerűség kedvéért a fent felsorolt tormákra a továbbiakban egységesen fajtaként tekintünk és említjük, hiszen az eredmények szempontjából nem bír jelentőséggel ez a szintű rendszertani eltérés.

A fajták fajtakörökbe sorolását Irinyiné (2012) korábbi munkái alapján végeztük el. A fajtakörök részletes jellemzése ugyanebben a munkában fellelhető. Mind a négy fajtát azonos ökológiai körülmények között, azonos talajadottság, illetve azonos agrotechnikai módszerek alkalmazása mellett termesztettük. A levelek mintavételére két alkalommal került sor. 2017. októberében kifejlett tölevélrózsás állapotban, minden fajta esetében 4-4 növényről négy elsőrendű, és négy másodrendű levelet távolítottunk el a vizsgálathoz, így összesen 32 minta került begyűjtésre, illetve 2018. június 25-én fajtánként 5-5 kifejlett levelet gyűjtöttünk. A 2017-es mintavételből mértük a levéllemez és epidermisz vastagságát, a 2018-ban szedett leveleken a sztómákat számoltuk (1. táblázat).

Levélanatómiai vizsgálatok

A levélanatómiai vizsgálatok során mértük a kísérletben szereplő tormafajták levéllemez-vastagságát, a színi és fonáki epidermisz, illetve a kutikula vastagságát. A levélmintákból epidermiszlenyomatokat és -keresztmetszetet készítettünk. Az epidermiszlenyomatokat Hilu és Randall (1984), illetve Gardner et al. (1995) módszerét követve készítettük, és Elagöz et al. (2006) nyomán vizsgáltuk.

A levéllemezek színi- és fonáki oldaláról szintelen körömlakkal készítettünk lenyomatot, a lakkréteg száradása után a lenyomatokról mikroszkóp alatt azonnal felvételeket készítettünk. Mértük a sztómák négyzetmilliméterenkénti számát és méretét (a sztómahosszúság és -szélesség alatt a sztómát alkotó zárósejtek jellemző paramétereit értjük, melléksejtek nélkül). A sztómák számlálása Olympus (BX51 típus) fénymikroszkóppal történt, 10x20-as nagyításban. A levélkeresztmetszetek készítését zsilettpengével végeztük, a metszetek vizsgálata szintén Olympus fénymikroszkóppal történt. A keresztmetszetek és epidermiszlenyomatok 10x20-as, illetve 10x40-es nagyításban kerültek lefényképezésre. A képeket Olympus kamerával digitálisan archiváltuk. Valamennyi általunk vizsgált kvantitatív jellemzőt 5 ismétlésben mértük, kezelésként (fajtánként) 4 vagy 5 levelet vizsgálva.

1. táblázat. A vizsgálatba vont tormafajták és mintaszámok (Nyíregyháza, 2017-2018)

Fajta csoport (1)	fajta neve (2)	vizsgált egyedszám (db/fajta) (3)	vizsgált levélszám (db/fajta) (4)	vizsgált paraméter (5)
mintavétel ideje (6): 2017. október				
magyar (7)	Bagaméri 93/1	4	4 elsőrendű levél, 4 másodrendű levél (11)	levéllemez és epidermisz vastagsága (12)
dán (8)	Danvit	4	4 elsőrendű levél, 4 másodrendű levél (11)	levéllemez és epidermisz vastagsága (12)
spreewaldi (9)	Pózna	4	4 elsőrendű levél, 4 másodrendű levél (11)	levéllemez és epidermisz vastagsága (12)
brassói (10)	Brassói-1	4	4 elsőrendű levél, 4 másodrendű levél (11)	levéllemez és epidermisz vastagsága (12)
mintavétel ideje (6): 2018. június				
magyar (7)	Bagaméri 93/1	5	5	sztómaszám (13)
dán (8)	Danvit	5	5	sztómaszám (13)
spreewaldi (9)	Pózna	5	5	sztómaszám (13)
brassói (10)	Brassói-1	5	5	sztómaszám (13)

Table 1. The examined horse-radish types and sample numbers (Nyíregyháza, 2017-2018)

(1) morphological complexes, (2) variety, (3) number of plant examined (pcs/variety), (4) number of leaves examined (pcs/variety), (5) measured parameters, (6) date of sampling, (7) magyar type, (8) dán type, (9) spreewaldi type, (10) brassói type, (11) primary leaves, secondary leaves, (12) thickness of lamina and epidermis, (13) number of stomatas

Albugo candida levélfertőzés felmérése

A vizsgálatba vont tormafajták leveleit 2018. június 25-én tanulmányoztuk a fertőzöttséget figyelve. A fertőzést szabadföldi körülmények között mértük fel fajtánként 20 véletlenszerűen kiválasztott levélen, a levél közepére helyezett 10x10 cm-es ablak segítségével. Ezzel a módszerrel 100 cm² levélfelületre vetítve kaptuk meg a telepszámot. Az infekció felmérésén túl lejegyeztük a telepegyüttesek méretét is az alábbi kategóriákat használva: tűszúrásnyi, 5 mm, 10 mm, 15 mm, 20 mm átmérőjű foltok (Irinyné et al. 2015).

Statisztikai elemzés

A tormafajták és -változatok különböző szempontok (levéllemez, kutikula, epidermisz, sztómaszám, albúgos fertőzés) szerinti összehasonlítását varianciaanalízissel és Tukey-féle B próbával végeztük. A statisztikai elemzések elvégzéséhez IBM SPSS Statistics version 24 szoftvert használtunk. A 2. táblázatban, illetve diagramokban a különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek egymástól.

2. táblázat. Tormafajták levélanatómiai paramétereit és *Albugo candida* levélfertőzése (Nyíregyháza, 2017-2018)

Mért paraméterek	tormafajták							
	Bagaméri 93/1		Danvit		Pózna		Brassói	
	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás	átlag	szórás
<i>levéllemez vastagsága (µm)</i>								
1. rendű levél	251,364 c	17,189	213,54 b	18,230	272,708 c	45,445	183,96 ab	15,24
2. rendű levél	203,182 b	25,814	213,12 b	28,824	193,333 b	13,582	160,42 a	16,65
<i>színi epidermisz vastagsága kutikulával (µm)</i>								
1. rendű levél	17,045 c	2,454	17,083 c	2,344	16,25 bc	1,685	15,42 bc	1,443
2. rendű levél	14,545 ab	1,508	16,667 bc	1,628	14,583 ab	2,087	12,917 a	0,973
<i>fonáki epidermisz vastagsága kutikulával (µm)</i>								
1. rendű levél	16,819 b	3,180	13,541 a	1,982	13,75 a	1,685	13,75 a	1,305
2. rendű levél	14,091 a	1,685	13,333 a	1,946	13,333 a	1,231	12,917 a	0,973
<i>színi epidermisz kutikula vastagsága (µm)</i>								
1. rendű levél	4,545 c	1,011	4,792 c	1,287	4,167 bc	1,231	4,583 c	0,973
2. rendű levél	2,955 ab	1,011	3,542 abc	1,287	3,75 abc	1,305	2,5 a	0
<i>fonáki epidermisz kutikula vastagsága (µm)</i>								
1. rendű levél	2,954 a	1,011	2,917 a	0,973	2,5 a	0	2,5 a	0
2. rendű levél	2,5 a	0	2,708 a	0,722	2,5 a	0	2,5 a	0
<i>sztómaszám (db/látómező)</i>								
színi epidermisz	15,910 ab	3,195	14,226 ab	2,680	16,903 b	3,553	13,643 a	3,499
fonáki epidermisz	15,420 a	3,510	15,194 a	3,798	17 a	2,994	15,231 a	4,121
<i>Albugo candida</i> levélfertőzés (cm ² /100 cm ²)	0,353 a	0,924	0,461 a	1,261	1,334 a	3,336	0,353 a	0,924

A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek egymástól.

Table 2. The leaf anatomy parameters of different horse-radish types and *Albugo candida* infection (Nyíregyháza, 2017-2018)

Eredmények

A torma levél szövettani szerkezete

A kerti torma fajtáknál végzett szövettani vizsgálatok eredményeképpen megállapítható, hogy az egy sejtsornyi vastagságú adaxiális (színi-), illetve abaxiális (fonáki-) epidermiszek által határolt mezofillumban a sejtek 8-10 rétegben helyezkednek el, alakjukat tekintve izodiametrikusak (1. ábra). A sejtek lazán illeszkednek egymáshoz, közöttük különböző méretű intercelluláris terek találhatóak. A sztómák alatt kiterjedt légudvarok tagolják a mezofillumot. A levélerek feletti régióban a színi epidermisz alatt nagyméretű, másodlagos sejtfaletagodon átesett sejtfaletagok által alkotott, kloroplasztiszt nem tartalmazó kollenchima helyezkedik el (2. ábra).

Az adaxiális (színi) és az abaxiális (fonáki) epidermisz kevésbé különbözik egymástól. Az epidermisz sejtek alakja mindkét epidermisz esetében szabálytalan, kissé hajlított formát mutat, hullámos falú. A színi epidermiszsejtek nagyságukat tekintve meghaladják a fonáki epidermisz sejtjeinek méretét. Az ún. anizocitikus sztómák mindkét oldali epidermiszen megtalálhatóak, a levél amfisztomatikus (3. ábra). A sztómakomplexek száma a fonáki epidermiszen kis mértékben meghaladja a színi epidermiszen mért értékeket (színi epidermisz: átlag 117 db/mm²; fonáki epidermisz: átlag 140 db/mm²). Különbség mutatkozik a két epidermisz között a sztómák zárósejtjeinek hosszúsága és szélessége tekintetében is. A színi epidermisz esetében a sztómák zárósejtjeinek átlaghosszúsága 23,1 µm, átlagszélessége 13,6 µm; fonáki epidermisznél átlag 23,02 µm sztóma zárósejt hosszúságot és 15,3 µm sztóma szélességet mértünk.

1. ábra. *Armoracia rusticana* levél-keresztmetszete, a mezofillum kizárólag szivacsos parenchimából áll, kloroplasztiszban és intercelluláris járatokban gazdag (Tóth Cs. felvétele)

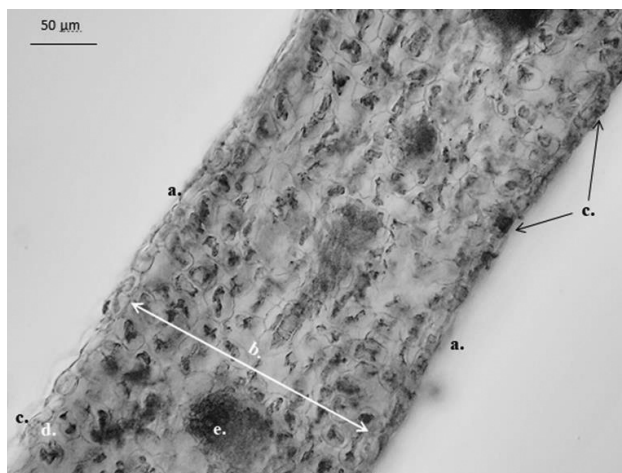


Figure 1. Leaf cross-section of *Armoracia lapathifolia* with intercellular spaces and undifferentiated chlorophyllose parenchyma (mesophyll). a. epidermis, b. mesophyll, c. stoma, d. air space, e. vascular bundle (photos of Cs. Tóth)

2. ábra. *Armoracia rusticana* levél-keresztmetszete szállítónyalábbal (levélér), az edénnyaláb kloroplasztisz mentes kollenchima állománnyal határolva (Tóth Cs. felvétele) a. színi epidermisz, b. fonáki epidermisz, c. kollenchima állomány, d. főér/kollaterális nyaláb, e. farész, f. háncsrész

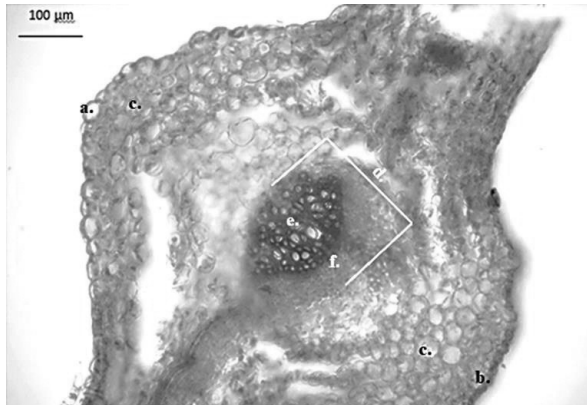
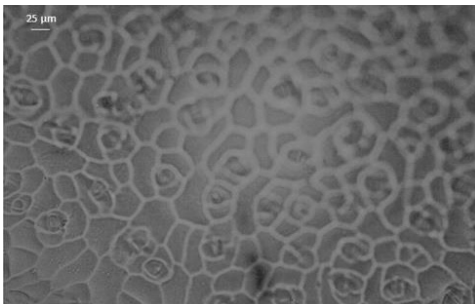
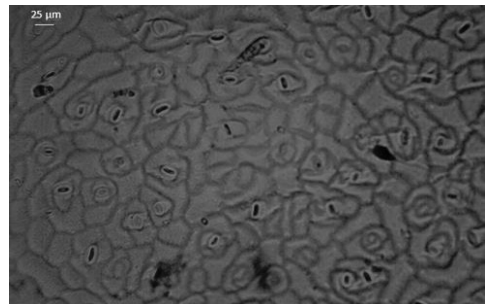


Figure 2. Leaf cross-section of *Armoracia lapathifolia* with a vascular bundle of the leaf midrib. a. upper epidermis, b. lower epidermis, c. collenchyma, d. main vein/collateral vascular bundle, e. xylem, f. phloem (photos of Cs. Tóth)

3. ábra. Anizocitikus sztómák az *Armoracia rusticana* levél színi (adaxiális)- és fonáki (abaxiális) levélepidermiszében (Tóth Cs. felvétele)



a. Színi (adaxális) epidermisz



b. Fonáki (abaxális) epidermisz

Figure 3. Anisocytic stomata of the upper (adaxial side) and lower (abaxial side) surface of the leaf of *Armoracia lapathifolia*. a. upper (adaxial) epidermis, b. lower (abaxial) epidermis (photos of Cs. Tóth)

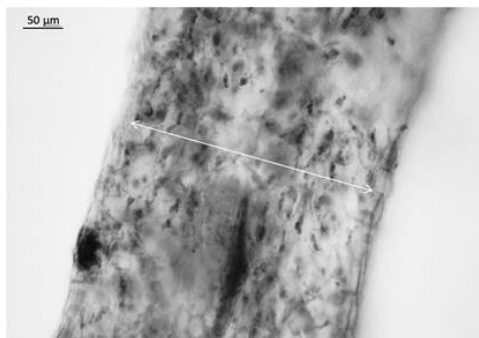
Levélanatómiai vizsgálatok eredményei

A kísérletbe vont tormafajták levélanatómiai paramétereit részletesen a 2. táblázatban szemléltetjük. Eredményeink szerint a torma levéllemez-vastagsága az elsőrendű leveleknél 184-273 μm között változik, a másodrendű levelek 160-213 μm vastagságúak. A Bagaméri 93/1-es és a Pózna különböző

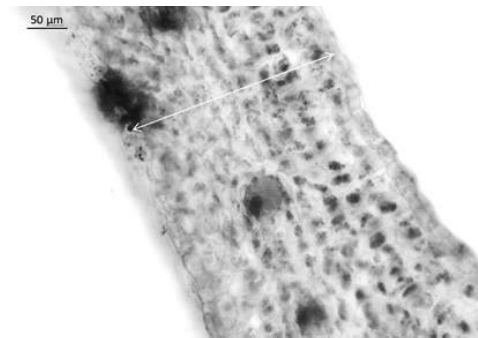
korú leveleinek lemeze szignifikánsan eltérő vastagságú. A Danvit és a Brassói-1 tormánál az eltérő korú levelek levéllemez-vastagsága között nincs statisztikai különbség. Legvastagabb a levéllemez a Bagaméri 93/1 és a Pózna fajtának, ettől vékonyabb a Danvit és a Brassói-1 levele (4-5. ábra).

4. ábra. Az egyes vizsgált tormafajták levélmezofillum-vastagságának alakulása az elsőrendű-, illetve a másodrendű levelek esetében (Tóth Cs. felvétele)

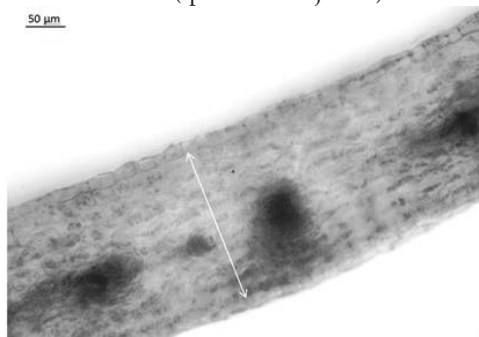
Elsőrendű levelek



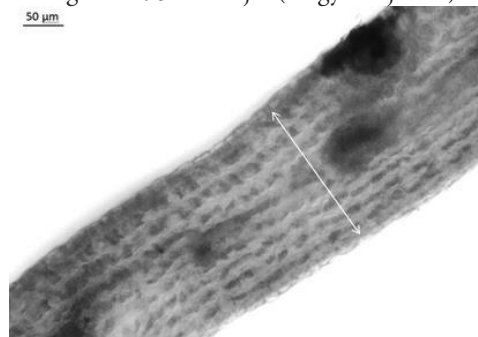
Pózna (spreewaldi fajtakör)



Bagaméri 93/1-es fajta (magyar fajtakör)

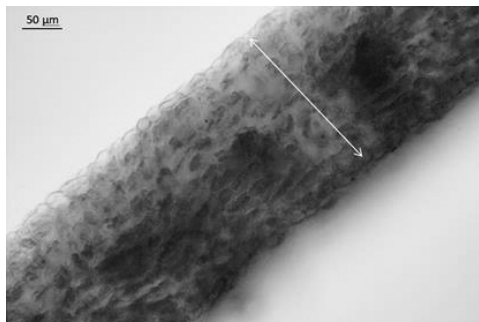


Danvit (dán fajtakör)

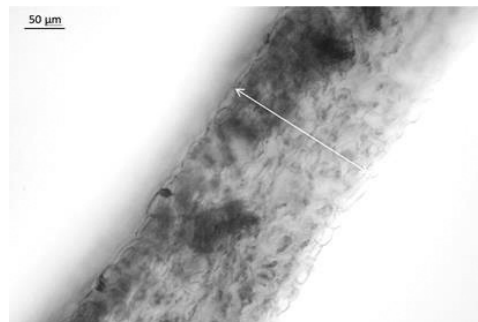


Brassói-1 (brassói fajtakör)

Másodrendű levelek



Danvit (dán fajtakör)



Bagaméri 93/1-es fajta (magyar fajtakör)

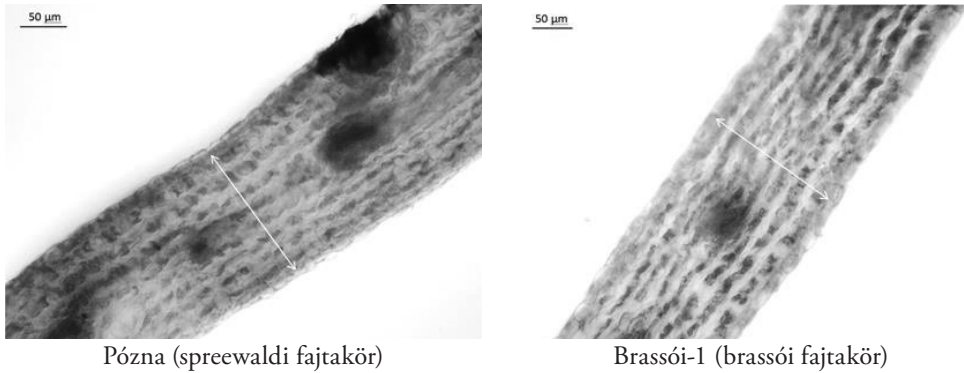


Figure 4. The changing of the mesophyllum of the examined horse-radish varieties in the case of primary and secondary leaves (photos of Cs. Tóth)

5. ábra. Tormafajták levéllemez vastagsága (µm) (Nyíregyháza, 2017)

A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek egymástól.

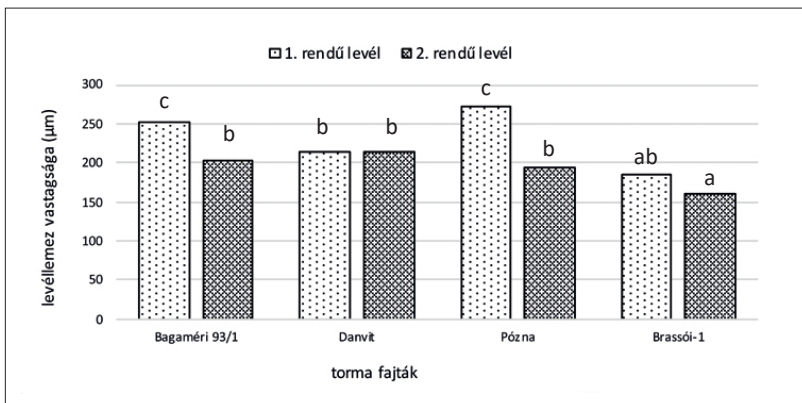


Figure 5. The thickness of leaf lamina of different horse-radish cultivars (µm) (Nyíregyháza, 2017)

A vizsgált elsőrendű tormalevelek kutikulával együtt mért színepidermisz-vastagsága 15,5-17 µm között változott. A megfigyelés anyagát adó tormafajták levele ebben a tekintetben nem különbözött egymástól. A másodrendű leveleknél a felső bórszövet 13-16,5 µm vastag volt. A Bagaméri 93/1, a Pózna és Brassói-1 torma másodrendű levelének színepidermisz-vastagsága között nincs statisztikai különbség, de a Danvit színi epidermisze vastagabb, mint a Brassói-1-é. A 6. ábra alapján megállapítható, hogy a Danvit torma első- és másodrendű levelén mért felső bórszövet mérete között nincs különbség, ugyanez igaz a Pózna fajtára is. A levéllemez alsó bórszövetének vastagsága a vizsgált torma fajtáknál nem mutat különbséget, 13 µm körüli, kivételt képez a Bagaméri 93/1 elsőrendű levele, ahol 16,8 µm-t mértünk.

6. ábra. Tormafajták levéllemez színi, illetve fonáki epidermiszének kutikulával mért vastagsága (μm) (Nyíregyháza, 2017)

A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek egymástól.

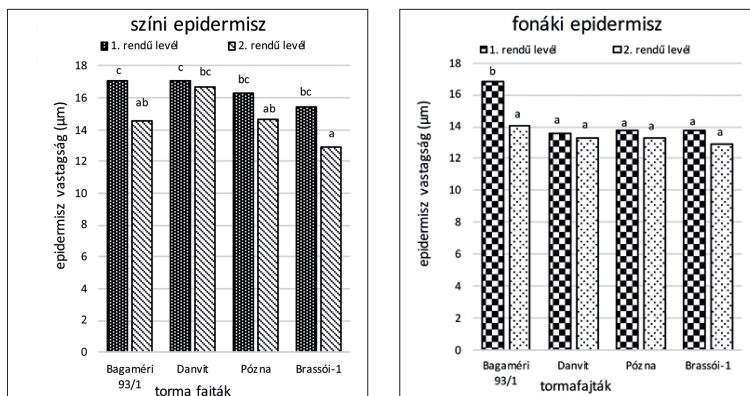


Figure 6. The thickness of the lower and upper epidermis of leaf lamina of different horse-radish types measured with cuticle (μm) (Nyíregyháza, 2017)

Az elsőrendű levelek színi epidermiszén mért kutikula vastagsága 4,1-4,8 μm , a másodrendű leveleknél 2,5-3,75 μm , statisztikai különbség nincs a fajták között. A Danvít és a Pózna tormaéknál - a színi epidermisz adataihoz hasonlóan - az 1. és a másodrendű levélen mért kutikula mérete között statisztikailag igazolható különbség nincs, a Bagaméri 93/1-es fajtánál és a Brassói-1-nél viszont van. A fonáki epidermisz kutikula mérete 2,5-3 μm . A vizsgált fajták között nincs szignifikáns eltérés (7. ábra).

7. ábra. A levél felső, illetve alsó bőrszövet kutikula vastagsága a vizsgált tormafajtáknál (μm) (Nyíregyháza, 2017)

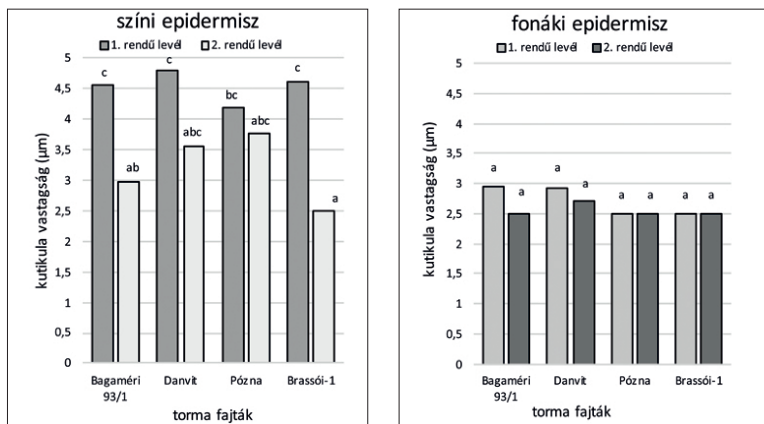


Figure 7. The thickness of the cuticle of the upper and lower epidermis of the examined horse-radish cultivars (μm) (Nyíregyháza, 2017)

A tormalevelek színi és fonáki epidermiszén található sztómák átlagszámának alakulását a 8. ábra mutatja be. A diagramokat összehasonlítva megállapítható, hogy a fonáki epidermiszen a Bagaméri 93/1 kivételével tendenciaszerűen nagyobb az átlagos sztómaszám, mint a levél színi oldalán. A dán és a brassói fajtakörök képviselőinél a felső bőrszöveti sztómák száma 109-105 db/mm², a magyar fajtakört képviselő Bagaméri 93/1-nél 122 db/mm²; a spreewaldi fajtakör Póznájánál átlag 130 db/mm². Szignifikáns különbség a Pózna és a Brassói-1 között van. A Danvit, a Brassói-1, valamint a Bagaméri 93/1 esetében a fonáki epidermisznél 135 db/mm² az átlag sztómaszám, addig a Póznánál 151 db/mm² az egységnyi területre eső sztóma komplexek száma. Fonáki epidermisz esetében a mért értékek között szignifikáns eltérés nincs.

8. ábra. Tormafajták és -változatok színi, illetve fonáki epidermiszén mért sztómák száma (db/mm²) (Nyíregyháza, 2018)

A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek egymástól.

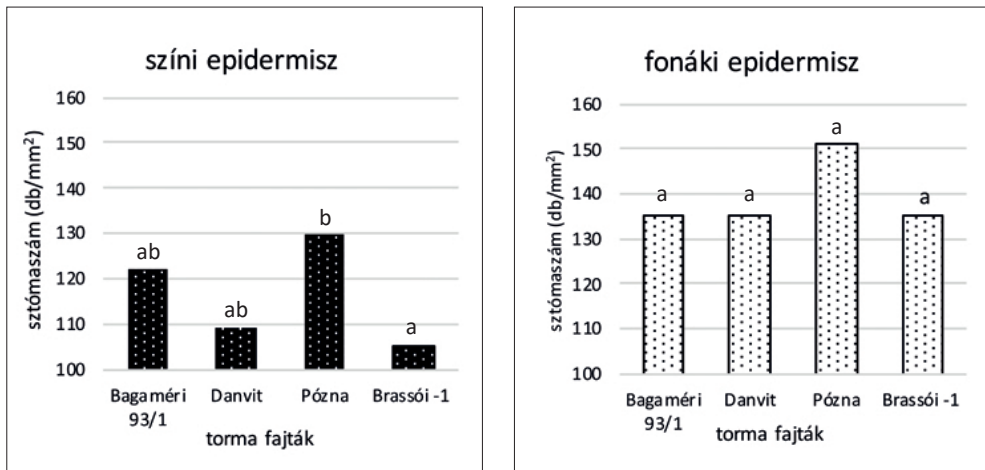


Figure 8. The number of stomatas measured on the upper and lower epidermis of horse-radish cultivars (piece) (Nyíregyháza, 2018)

Albugo candida levélfertőzés eredményei

Fehérsömör fertőzés alapján a tormatípusokat úgy hasonlítottuk össze, hogy az albugós telepek számából és méretéből kiszámoltuk a fertőzött területet, melyet 100 cm² levélfelületre vetítettük. Ez alapján a magyar, dán és brassói fajtaköröket képviselő tormafajták 100 cm² levélfelületén 0,35-0,46 cm² területű albugós folt tapasztalható. A felmérés eredménye szerint a spreewaldi fajtakör kísérletben szereplő fajtája, a Pózna levelén 1,34 cm²/100 cm² a fertőzött terület (9. ábra). A mért eredmények között statisztikailag is igazolható különbség nincs.

Az *Albugo candida* levélfertőzésének felméréséhez általunk alkalmazott adatfelvételi módszer jónak bizonyult abból a szempontból, hogy – a korábitól eltérően – nemcsak az infekciót rögzíti, hanem a fertőzés mértéke is számszerűsíthető.

9. ábra. *Albugo candida* levélfertőzés torma levélén ($\text{cm}^2/100 \text{ cm}^2$) (Nyíregyháza, 2018)
A különböző betűindexet kapott értékek szignifikánsan ($p < 0,05$) különböznek egymástól.

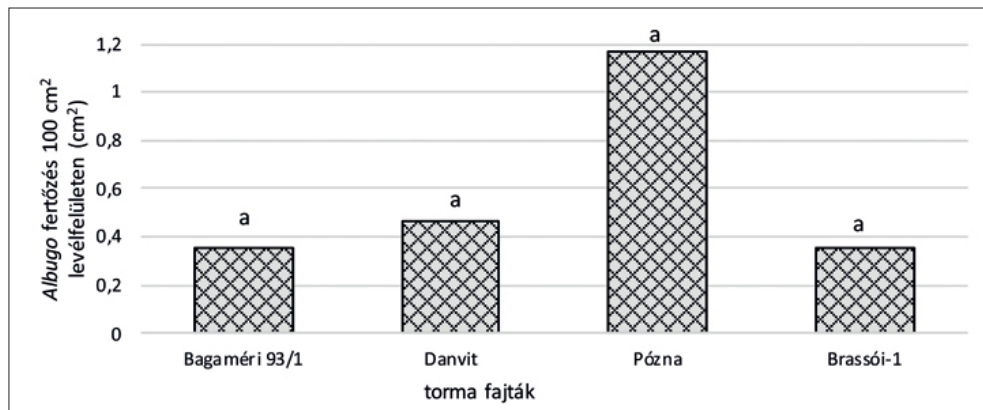


Figure 9. *Albugo candida* infection on horse-radish leaf ($\text{cm}^2/100 \text{ cm}^2$) (Nyíregyháza, 2018)

Következtetések

Az elsőrendű levelek levéllemeze a különböző fajtáknál eltérő mértékben ugyan, de vastagabb, mint a másodrendű leveleké. A vizsgált torma fajták közül a Pózna fajtának legvastagabb a levéllemeze, a legvékonyabb pedig a Brassói-1-é. A felső bőrszövet vastagsága változatos mérési adatokat mutat, a legvastagabb felső bőrszövetet a Danvit tormánál mértük. Legvékonyabb felső bőrszöveze és kutikulája a Brassói-1-nek van. A fonáki epidermisz jellemzőiben nincs különbség a fajták között. Ezen eredmények alapján megállapítható, hogy nincs összefüggés a levéllemezzel, a bőrszövet, valamint a kutikula vastagsága és a vizsgált torma fajták *Albugo candida* levélfertőzése között. Az is megállapítható, hogy a színi- és a fonáki bőrszöveten elhelyezkedő sztómák száma és a fehérsömör fertőzés gyenge kapcsolatot mutat. Pearson-féle korreláció vizsgálat szerint (a fajtákat együttesen vizsgálva) az *Albugo* fertőzés és a sztómaszám közötti korrelációs együttható értéke 0,120 ($p < 0,1$). Nagyobb mennyiségben előforduló gázcsere nyílások esetén a fertőzés mértéke is jelentősebb. Verma et al. (1975), valamint Kaur (2010; 2013) hasonló megállapításra jutva szintén hangsúlyozzák a sztómák szerepét az *Albugo candida* fertőzés kialakulásában és levélszövetet érintő volumenében.

Irodalomjegyzék

1. Babadoost, M. 1990. White Rusts of Vegetables, Report on Plant Disease, Department of Crop Sciences, University of Illinois, Urbana. http://web.aces.uiuc.edu/vista/pdf_pubs/960.pdf
2. Dienes Gy. és Jobbágy J. 1997. A torma növényvédelme. Növényvédelem, 33(9): 473-485.
3. Elagöz, V., Han, S.S. and Manning, W.J. 2006. Acquired changes in stomatal characteristics in response to ozone during plant growth and leaf development of bush beans (*Phaseolus vulgaris* L.) indicate phenotypic plasticity. Environmental Pollution, 140: 395-405.
4. Gardner, S.D.L., Taylor, G. and Bosac, C. 1995. Leaf growth of hybrid poplar following exposure to elevated CO_2 . New Phytologist, 131: 81-90.

5. Géczy L. 1998. A torma termesztése. Mezőgazdasági Szaktudás Kiadó, Budapest. 49-51.
6. Géczy L. 2013. A torma termesztése. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 24-28.
7. Glits M. 1993. Zöltségfélék betegségei. Torma. [In: Glits M. és Folk Gy. (szerk.) Kertészeti növénykórtan]. Mezőgazda Kiadó, Budapest. 416-418.
8. Hájás M. 1976. Gyökérezöltségek termesztése. Mezőgazdasági Kiadó, Budapest. 225-226.
9. Heffer, V., Powelson, M.L. and Johnson, K.B. 2002. Oomycetes. The Plant Health Instructor DOI: 10. 1094/PHI-I-2002-0225-01
10. Hilu, K.W. and Randall, J.L. 1984. Convenient method for studying grass leaf epidermis. Taxon, 33: 413-415.
11. Inamdar, J.A., Mohan, J.S.S. and Subramanian, R.B. 1986. Stomata classification - a review. Feddes Repert. 97: 147-160.
12. Irinyiné Oláh K. 2012. Különböző tormafajták és vonalak fajtakörönkénti jellemzése. Doktori értekezés. Budapesti Corvinus Egyetem Kertészettudományi Doktori Iskola, Budapest. 63-66.
13. Irinyiné Oláh K., Lenti I. és Uri Zs. 2015. Környezeti tényezők hatása a torma (*Armoracia lapathifolia* GILIB) gyökérbetegségeinek előfordulására: Effect of Environmental Factors on Horseradish (*Armoracia Lapathifolia* GILIB) Root Diseases In: Csicsek Gábor, Kiss Ibolya (szerk.) XI. Kárpát-medencei Környezettudományi Konferencia tanulmánykötete. 200 p. Konferencia helye, ideje: Pécs, Magyarország, 2015.05.06-2015.05.09. Pécs: Szentágothai János Szakkollégium, 2015. pp. 57-65.
14. Kadow, K.J. and Anderson, H.W. 1940. A study of horseradish diseases and their control. University Illinois, Bull. No. 469.536-542.
15. Kaur, P. 2010. Pathogenic behaviour of *Albugo candida* on *Brassica juncea* and mechanisms of host resistance. PhD Thesis, The University of Western Australia, WA.
16. Kaur, P. 2013. Agronomic challenges from novel pathotypes of *Albugo candida* to the emerging *Brassica juncea* industry in Western Australia. *Phytopathologia Mediterranea*, 52(3): 418-433.
17. Metcalfe, C.R. and Chalk, L. 1950. Anatomy of Dicotyledons. Clarendon Press, Oxford.
18. Pintér Cs. 1993. A torma fehér hólyagos levélfoltossága. *Kertészet és Szőlészet*, 42(42): 17.
19. Verma, P.R., Harding, H., Petrie, G.A. and Williams P.H. 1975. Infection and temporal development of mycelium of *Albugo candida* in cotyledons of four *Brassica spp.* *Canadian Journal of Botany*, 53: 1016-1020.
Internet1. <http://portal.nebih.gov.hu/-/nemzeti-fajtajegyzek>

Correlation between the histological structure of horse-radish and the *Albugo candida* infection on the leaves

IRINYINÉ OLÁH K., TÓTH CS.

Department of Agricultural Sciences and Environmental Management,
Institute of Engineering and Agricultural Sciences, University of Nyíregyháza

E-mail: olah.katalin@nye.hu

Summary

The *Albugo candida* fungus is one of the most significant pathogens of the *Brassicaceae* family, which infects both the leaves and the roots of horse-radish. The number and the frequency of the plant protection treatments can be decreased if the cultivated horse-radish variety is resistant to white rust. According to our previous researches, there is a significant correlation between the leaf quality of horse-radish cultivars and varieties and the extent of the *Albugo candida* fungus leaf-infection. With this research, we wanted to examine if the microanatomical qualities (leaf plate, epidermis, cuticle size, stomata number) influence the extent of the infection. For the purpose of the study we chose four types of horse-radishes with different macronatomical appearance (tactile hard tissue structure, coarse leaf surface, darker green leaf color). According to our results, there is a correlation between the number of stomatas and the extent of the *Albugo candida* infection. From the examined varieties, Pózna is the most sensitive to the presence of the fungus. The examined histological qualities can be used effectively in practice for choosing the cultivars/varieties with the best resistance.

Keywords: horseradish, *A Armoracia rusticana* P.Gaertn., B.Mey. & Scherb., white rust, *Albugo candida*, leaf microanatomy

Szerzők

Irinyiné Oláh Katalin – (kapcsolattartó szerző) PhD, főiskolai adjunktus, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Kótaji út 9-11.

Tóth Csilla – PhD, főiskolai docens, Nyíregyházi Egyetem Műszaki és Agrártudományi Intézet, Agrártudományi és Környezetgazdálkodási Intézeti Tanszék, 4400 Nyíregyháza, Kótaji út 9-11.