

A titán-aszkorbát hatása *in vitro* nevelt *Spathiphyllum* 'Cupido Compacto' akklimatizálása során

MOSONYI ISTVÁN DÁNIEL, TILLYNÉ MÁNDY ANDREA, HONFI PÉTER

Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti,
Településtervezési és Díszkertészeti Intézet

E-mail: mosonyi.istvan.daniel@uni-mate.hu

Összefoglaló

A titán-aszkorbát (Ti-Asc) hatását vizsgáltuk 1, 10 és 100 ppm koncentrációban levélpermetezés formájában *in vitro* nevelt *Spathiphyllum* 'Cupido Compacto' hajtástenyészetéből származó fiatal növények akklimatizálása során. A kezelések hatására a növények külalakja nem változott, de 100 ppm titán-aszkorbát mellett jelentősen megnőtt a prolin és klorofilltartalmuk, valamint megemelkedett peroxidázaktivitást is lehetett mérni a kontrollhoz képest mindegyik kezelés esetében. A szer hatására a növények levélszöveti szerkezetében változást nem figyeltünk meg, de a gázcsere nyílások mérete és nyitottsága kisebb lett, a sűrűségük és a növények transpirációja viszont nem változott.

Kulcsszavak: titán, titán-aszkorbát, Titavit, *Spathiphyllum*, akklimatizálás

Bevezetés

A titán a földkéreg kilencedik leggyakrabban előforduló eleme (Buettner és Valentine 2012), a világ talajaiban átlagosan 0,33%-ban található meg (Kabata-Pendias és Mukherjee 2007), a trópusi talajokban viszont gyakran fordul elő nagyobb mennyiségben (Sherman 1952; Hutton és Stephens 1956). Ásványai a rutil, anatáz, brookit főként TiO_2 formában tartalmazzák, amely nem vízoldható, így hagyományosan inert anyagként tekintettek rá környezeti szempontból (Zhang és tsai 2011). Azonban a titánt, mint mikroelemet a növények egyaránt fel tudják venni gyökéren és levélen keresztül is, de levélen keresztül nagyobb mértékű az abszorpciója, mint talajon keresztül (Wojcik és Wojcik 2001). A növényi szervezeten belül kevésbé mobilis, ha a talajból veszi fel a növény, ezért elsősorban a gyökerekben halmozódik fel, de kis mennyiségben átkerül a hajtásokba is. Ugyanakkor a lombra permetezéssel kijuttatott titán-aszkorbát egyenlő arányban jelenik meg a levelekben és gyökerekben is, tehát egy egyirányú transzlokációja figyelhető meg a növényen belül (Kelemen és tsai 1993). Kolenčík és tsai (2020) vizsgálata szerint a napraforgó esetében a levélre

permetezett TiO_2 nanorészecskék a magban és a maghájban nem okoztak a kontrollhoz képest kimutathatóan nagyobb titánkoncentrációt. A növények titántartalma meglehetősen tág határok között mozog, vannak kifejezetten titánt akkumuláló fajok is (Lyu és tsai 2017). A titán nem esszenciális mikroelem, mert hiánytüneteket eddig még nem tapasztaltak vele kapcsolatban, de kis mennyiségben pozitív hatással van a növények anyagcseréjére, nagyobb mennyiségben viszont már fitotoxikus hatású lehet (Wallace és tsai 1977). A titán ionok növényen belüli hatásmechanizmusa nem pontosan ismert, de valószínűsíthető, hogy más elemekkel, elsősorban a vassal képes szinergista vagy antagonist interakcióba kerülni a koncentráció függvényében: a növényben fellépő vashiány esetén a titán elősegíti a vasanyagcserében szerepet játszó gének expresszióját, így elősegítve a vas könnyebb felvételét és hasznosulását a növényben. Nagy koncentráció esetén a toxikus hatása pedig azzal magyarázható, hogy képes ugyanazokhoz a proteinekhez kötődni, mint a vas, így kompetíció alakulhat ki a két ion között a ligandumokért (Lyu és tsai 2017).

A növényekre gyakorolt hatásainak vizsgálata során a titánt titán(IV)-klorid, de főként inkább titán-aszkorbát formában alkalmazzák. A titán-aszkorbátot Pais és tsai (1977) állították elő titán(IV)-klorid és aszkorbinsav kelatizációjával sósavgáz jelenlétében. A titán-aszkorbát vízdoldékony, stabil és nem mérgező, Titavit néven került forgalomba. A vele kapcsolatos Magyarországon elvégzett növénykísérletek eredményeit összegezve Pais (1983) megállapította, hogy a vizsgálatok 90%-ában 10-20%-os termésmenyeskedést sikerült elérni vele különböző haszonnövényekben. Közel 30 tanulmányt áttekintve pozitív hatásait Lyu és tsai (2017) szerint az alábbiakban lehet összefoglalni: segítheti más tápanyagok felvételét a talajból, elősegítheti a magvak csírázását, megnövelheti a stressztoleranciát, biomassza/termésmennyiség növelő hatású lehet, javíthatja a termés minőségét, több enzim működését serkentheti, megnövelheti a klorofilltartalmat és a fotoszintézist. Dísznövényeken is végeztek vizsgálatokat a titán hatását illetően: Mohácsiné Szabó (2008) 2 ppm titán-aszkorbát permetezéssel jelentősen javítani tudta 4 kaktuszfaj télállóságát, míg Ördögh (2011) *in vitro* táptalajban vizsgálta a titán-aszkorbát hatását *Sorbus* taxonoknál a felszaporítási és gyökeresítési fázisban. Eredményei szerint az *in vitro* levelek szövettani felépítése a kezelések hatására jobban hasonlított az *in vivo* levelek felépítésére; erre utalt a nagyobb kloroplasztisztartalom, jobban elkülönülő szövettagok és funkcióképes sztómák jelenléte. Ördögh és tsai (2010) egy másik vizsgálat során úgy találták, hogy a titán-aszkorbát a *Hosta* 'Gold Drop' fajta *in vitro* gyökeresítését elősegíti, a gyökeresedési arány 100%-os volt, valamint hosszabb és több gyökér fejlődését biztosította, mint a kontrollkezelés (kontroll esetében a növények 15%-án átlagosan 1,7 db gyökér fejlődött, 10,7 mm-es átlagos hosszal, míg 0,5 mg/l titán-aszkorbát felhasználása esetén a növények mindegyike átlagosan 5,7 db gyökeret fejlesztett 28,4 mm-es hosszal).

Jelen munkánk során a titán-aszkorbát hatását vizsgáltuk egy népszerű cseres virágos dísznövény, *Spathiphyllum* 'Cupido Compacto' fajta *in vitro* szaporítóanyagának akklimatizálása közben morfológiai, szövettani és élettani szempontból.

Anyag és módszer

Spathiphyllum 'Cupido Compacto' rügyklasztertenyészetéből származó *in vitro* nevelt és gyökeresített hajtásokat az akklimatizálásuk második hetétől kezdve hetente kezeltük 0, 1, 10, 100 ppm titán-aszkorbát oldattal, kezelésként 24 növényt, levélpermetezés formájában 14 héten át.

A lombikokból kiszedve lemostuk a gyökereikről a táptalajt, 0,15%-os Proplant (propamokarb) gombaölőszeres oldatban áztattuk őket 15 percig és felláptözeg, fermentált kéreg, agyag keverékéből álló pH=5-6,5 kémhatású, kereskedelmi forgalomban kapható földkeverékbe (ASB Greenworld muskátli) ültettük őket, 6-os cserépekben. A növényeket SANYO MLR-351H növénynevelő kamrában akklimatizáltuk 4 héten át, majd további 12 hetet töltöttek még ott a kezelés ideje alatt. Az akklimatizálás 4 hete során a relatív páratartalmat 90%-ról 60%-ra csökkentettük, hetente 10%-kal. A fényintenzitás az első két hétben $35 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$, később $50 \mu\text{mol}/\text{m}^2\text{s}$ volt napi 16 órán keresztül 24°C -on. A sötét periódusban 22°C volt a hőmérséklet. A titán-aszkorbátból vezetékes víz felhasználásával készítettünk oldatokat, melyekhez nedvesítőszerként Tween 20-at adtunk. A növények lombfelületének permetezése teljes nedvesítésig történt. A kísérlet végén egyrészt morfológiai jellemzőket mértünk a növényeken: sarjmagasságot, levélszámot, a levelek szélességét és hosszát, újonnan fejlődött sarjak számát és magasságát, emellett megmértük a szárazanyagtartalmukat tömegállandóságig történő szárítással 80°C -on, a klorofill- és karotinoidtartalmukat Arnon (1949) módszere alapján, peroxidázaktivitásukat Shannon és tsai (1966) módszerével, prolintartalmukat Ábrahám és tsai (2010) leírása alapján. Infravörös gázanalizátor segítségével mértük az élő növények transpirációját, sztómakonduktivitását és a nettó fotoszintetikus rátáját. A szövettani vizsgálatokhoz mintákat az akklimatizálás előtt közvetlenül és 16 hét után vettünk, a növényi részeket Clarke-fixálóval (75 v/v% abszolút etanol, 25 v/v% cc ecetsav) fixáltuk, majd Diapath Ottix Shaper, Ottix Plus oldatokkal és ParaMat Extra Gurr (olvadási hőmérséklet: 58°C) paraffinnal víztelenítettük és infiltráltuk az Ottix oldatokhoz kiadott protokoll alapján. A paraffin blokkba öntött mintákból Thermo Scientific Microm HM355 rotációs mikrotómmal készítettünk $10 \mu\text{m}$ vastag szeleteket, és azokat a Jackson-féle eljárással (kristályibolya és eritrozin B) festettük (Ruzin 1999), a metszeteket Euromex iScope IS.1153-PLi fénymikroszkóppal vizsgáltuk. A sztómaanatómiai vizsgálatokhoz negatív levélfelső felületi replikákat készítettünk szintelen, nitrocellulóz alapú kozmetikai lakk (Miss Sporty) segítségével, melyet 2 percnyi száradási idő után csipesszel lehúztunk a felületről és tárgylemezre helyeztünk glicerin-víz 1:1 arányú elegyének cseppjére, majd lefedtük fedőlemezzel. A replikákat festés nélkül, fáziskontraszt eljárással vizsgáltuk. A keresztmetszetekről és a felszíni replikákról digitális felvételeket készítettünk, és az ImageFocus Alpha szoftver segítségével elemeztük. A statisztikai értékelés során egytényezős teljes véletlen elrendezésű varianciaanalízist alkalmaztunk és Tukey-Kramer páronkénti összehasonlító tesztet 95%-os szignifikancia szint mellett.

Eredmények és megvitatásuk

Az akklimatizálás sikeresen lezajlott 4 hét után, 16 hét elteltével pedig a növények 100%-a, azaz mind a 96 db életben volt. A morfológiai mérések nem mutattak különbséget a kezeléscsoportok között, sem a kontrollcsoporthoz képest, sem a különböző titán-aszkorbát koncentrációk között nem különbözött szignifikánsan a növények magassága, levélszáma és levélméretei (1. táblázat).

A levélkeresztmetszeti felvételeket mutatja az 1. ábra. Az akklimatizálás előtti növények leveleinél a 2 epidermisz között 3-4 sejtsoros mezofillum helyezkedik el, a fajra jellemző kalcium-oxalát tűkristályokat tartalmazó idioblaszt is megfigyelhető már. Az akklimatizálás után kontroll illetve 10 és 100 ppm titán-aszkorbátos kezeléseknél a növényeiről származó minták levelei vastagabbak: a

mezofillum egyaránt 5-6 sejtsorból áll, az egyes sejtek könnyebben kivehetők ugyanis a vastagabb sejtfa­lak több festékanyagot kötnek meg. A titán-aszkorbát kezelések eltérő koncentrációi között azonban jelentős különbség nem figyelhető meg.

1. ábra. Levélkeresztmetszeti felvételek (vastagság 10 μm), bal felső: akklimatizálás előtt; jobb felső: akklimatizálás után, kontroll kezelés; bal alsó: akklimatizálás után, 10 ppm Ti-Asc kezelés; jobb alsó: akklimatizálás után, 100 ppm Ti-Asc kezelés

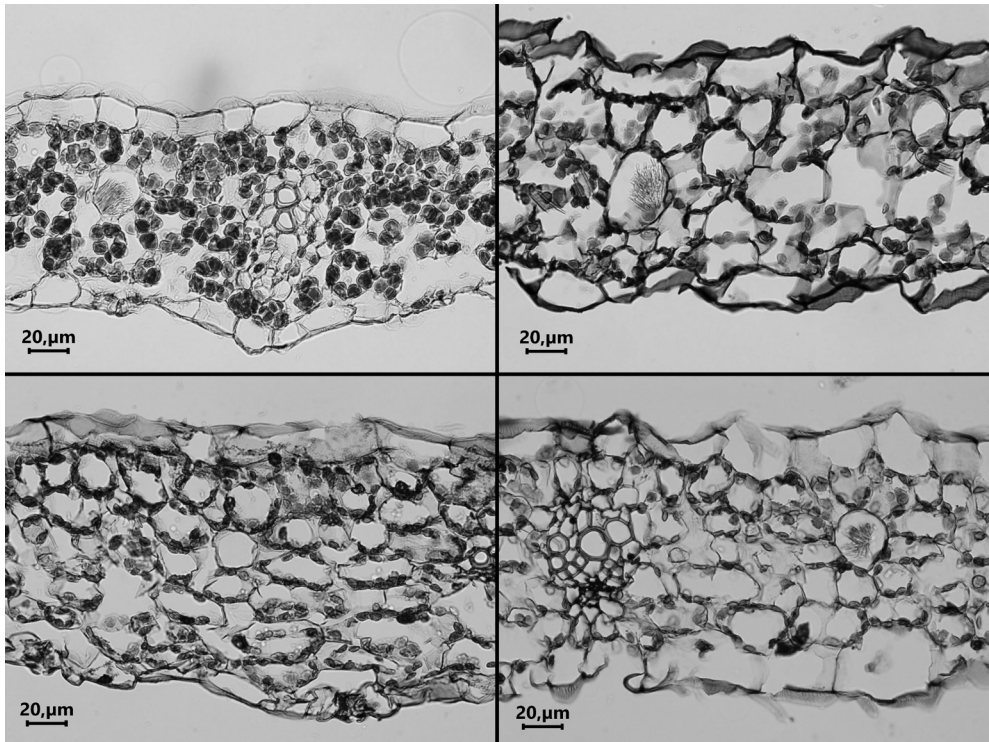


Figure 1. Leaf cross-sectional images (thickness 10 μm), top left: before acclimation; top right: after acclimation, control treatment; bottom left: after acclimation, 10 ppm Ti-Asc treatment; bottom right: after acclimation, 100 ppm Ti-Asc treatment

A növények asszimilációját tekintve a szén-dioxid beépülésben vagyis az asszimilációs rátában nincs különbség a kezelések között. A szárazanyagtartalom sem tér el a csoportok között, a legnagyobb titán-aszkorbát koncentráció (100 ppm) viszont jelentősen megnövelte a növények klorofilltartalmát. A kontrollhoz képest a kezelt növények peroxidázaktivitása szignifikánsan nagyobb, a titán-aszkorbát koncentrációk között azonban nincs eltérés. A prolintartalom is megnőtt a kezelések hatására: a titán-aszkorbát koncentráció növekedésével a növényekben több prolin halmozódott fel, a 100 ppm hatására a különbség szignifikáns a kontrollhoz képest.

1. táblázat. A Ti-Asc kezelések hatása *Spathiphyllum* 'Cupido Compacto' fiatal növényekre

	kontroll	1 ppm	10 ppm	100 ppm
magasság (cm)	16,43 ± 0,93 a	16,53 ± 1,35 a	16,37 ± 1,34 a	15,65 ± 1,16 a
levélszám (db)	9,1 ± 0,53 a	8,6 ± 0,68 a	8,4 ± 0,63 a	8,7 ± 0,4 a
levélhossz (cm)	10,19 ± 0,49 a	10,22 ± 0,97 a	10,42 ± 0,82 a	9,6 ± 0,78 a
levélszélesség (cm)	3,32 ± 0,14 a	3,31 ± 0,25 a	3,39 ± 0,19 a	3,2 ± 0,21 a
sztóma szélessége (µm)	64,1 ± 2,8 a	63,8 ± 2,7 a	57,5 ± 2,6 b	56,2 ± 2,7 c
gázcserenyílás hossza (µm)	44,6 ± 1,5 a	45,1 ± 1,5 a	42,1 ± 1,5 b	40,3 ± 1,4 c
gázcserenyílás szélessége (µm)	19,2 ± 1,4 a	18,7 ± 1,1 b	16,1 ± 0,9 c	15,9 ± 1,1 c
sztómasűrűség (db mm ⁻²)	39,8 ± 2,7 a	29,6 ± 1 b	43,2 ± 2,8 a	40 ± 3 a
transpiráció (mmol m ⁻² s ⁻¹)	0,61 ± 0,06 ab	0,53 ± 0,08 a	0,69 ± 0,16 b	0,71 ± 0,15 b
sztómakonduktancia (mmol m ⁻² s ⁻¹)	23 ± 3 ab	17 ± 5 a	23 ± 7 ab	24 ± 6 b
asszimilációs ráta (µmol m ⁻² s ⁻¹)	2,71 ± 0,42 a	2,19 ± 0,42 a	2,79 ± 0,57 a	2,78 ± 0,58 a
klorofilltartalom (µg g ⁻¹ frisstömeg)	2526 ± 18 ab	2429 ± 91 a	2623 ± 30 b	2714 ± 31 c
szárazanyagtartalom (%)	14,7 ± 0,8 a	12,8 ± 0,6 a	13,2 ± 1,4 a	11,6 ± 0,5 a
prolintartalom (µg g ⁻¹ frisstömeg)	60 ± 8,8 a	53 ± 12,9 a	136 ± 33,2 ab	194 ± 18,8 b
peroxidáz aktivitás (unit g ⁻¹)	8,21 ± 0,21 a	10,14 ± 0,19 b	10,48 ± 0,72 b	9,89 ± 0,11 b

Az eltérő betűjelek szignifikáns különbségeket jelentenek a soron belüli értékeknél, Tukey-Kramer teszt, p≤0,05.

Table 1. Effect of titanium ascorbate treatment on young *Spathiphyllum* 'Cupido Compacto' plants

A gázcsere jellemző paraméterek közül a növények transpirációja a titán-aszorbát kezelések hatására nem változott a kontrollhoz képest, bár az eltérő titán-aszorbát koncentrációk között felfedezhető különbség. Ugyanez mondható el a szén-dioxidot és vízgőzt egyszerre számításba vevő sztómakonduktancia értékekről is (1. táblázat). A kezelések hatására azonban kimutathatóan csökken a sztóma mérete és a nyitottsága is, a sztómasűrűség viszont nem változik (1. táblázat és 2. ábra), vagyis a gázcserefelület összességében kisebb, de az ezen mérhető ugyanakkora transzspiráció és sztómakonduktancia értékek azt jelzik, hogy hatékonyabbá vált az ehhez kapcsolódó anyagcsereje a növénynek.

2. ábra. Sztómák a levélfelszínről készült replikákon. Bal felső kontroll, jobb felső – 1 ppm Ti-Asc, bal alsó – 10 ppm Ti-Asc, jobb alsó – 100 ppm Ti-Asc

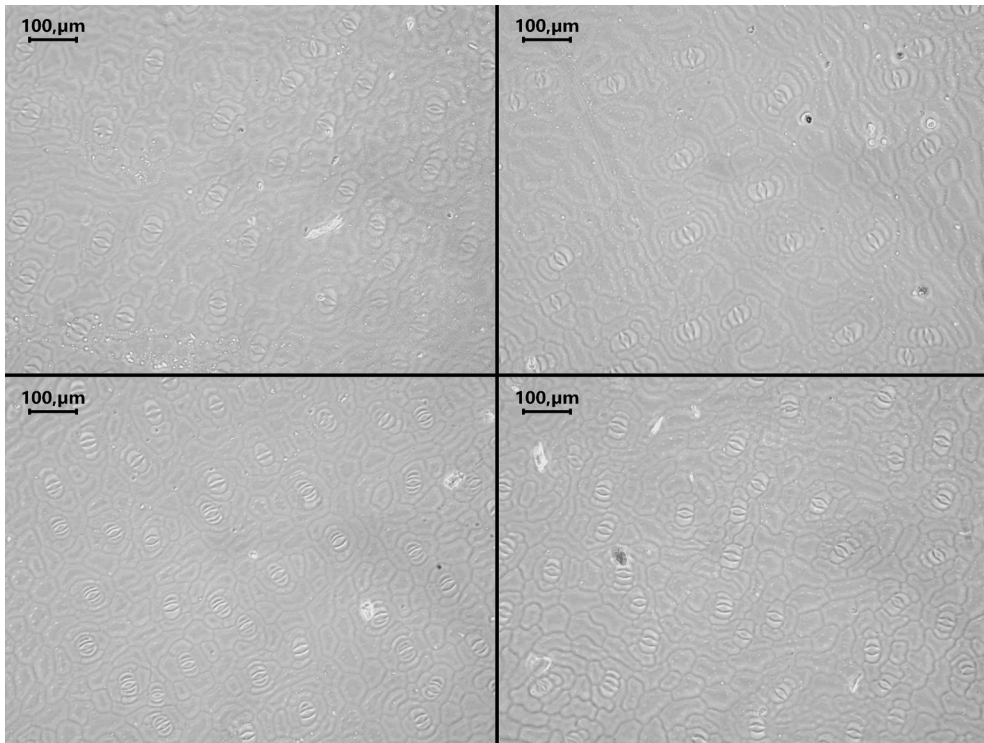


Figure 2. Stomata on leaf surface replicas. Top left control, top right - 1 ppm Ti-Asc, bottom left - 10 ppm Ti-Asc, bottom right - 100 ppm Ti-Asc

A titán-aszkorbáttal kezelt akklimatizált növények a kontrollnövényekkel egyszerre, az üvegházi elhelyezés után 6 hónappal kezdtek virágozni, a titán kezelések a virágzás idejét nem befolyásolták.

A titán-aszkorbát kezelés hatására megemelkedő peroxidáz szinttel korrelál a megemelkedett prolintartalom is, ugyanakkor a klorofilltartalom is nő, ami általános indikátora a növények stresszállapotának, a titán hatására bekövetkező klorofilltartalom növekedést több szerző is leírta már: Hrubý és tsai (2002) *Avena sativa* esetén, Wojcik és Wojcik (2001) *Malus pumila* esetében, Ram és tsai (1983) *Phaseolus vulgaris* esetén. A 100 ppm titán-aszkorbát kezelés tehát eustresszt okoz a növényekben, vagyis megemeli a növények stressztoleranciáját. Az emelkedett peroxidáz és prolinszint következtében ezek a kondicionált növények könnyebben fel tudják venni a küzdelmet a reaktív oxigénformákkal szemben, melyek abiotikus stresszorok hatására felszaporodhatnak a növényben, így só-, szárazság- és hőmérsékleti stressz hatására is (Hayat és tsai 2012). *In vitro* szaporítóanyag előállítás esetén ennek a pozitív hatásnak egyrészt az akklimatizálás folyamata közben, másrészt a már akklimatizált fiatal szaporítóanyag kereskedelmi szállítása közben lehet főként hasznát venni.

Köszönetnyilvánítás

Jelen munkát a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatal – NKFIH a PD-116269 számú támogatási szerződés keretében támogatta.

Irodalomjegyzék

1. Ábrahám, E., Hourton-Cabassa, C., Erdei, L. and Szabados, L. 2010. Methods for Determination of Proline in Plants. In R. Sunkar (Ed.), Plant Stress Tolerance, Humana Press. 639: 317–331.
2. Arnon, D.I. 1949. Copper Enzymes in Isolated Chloroplasts. Polyphenoloxidase in Beta Vulgaris. Plant Physiology, 24(1): 1–15.
3. Buettner, K.M. and Valentine, A.M. 2012. Bioinorganic chemistry of titanium. Chemical Reviews, 112(3): 1863–1881.
4. Hayat, S., Hayat, Q., Alyemeni, M.N., Wani, A.S., Pichtel, J. and Ahmad, A. 2012. Role of proline under changing environments: A review. Plant Signaling & Behavior, 7(11): 1456–1466.
5. Hrubý, M., Cígler, P. and Kuzel, S. 2002. Contribution to understanding the mechanism of titanium action in plant. Journal of Plant Nutrition, 25(3): 577–598.
6. Hutton, J.T. and Stephens, C.G. 1956. The paleopedology of norfolk island. Journal of Soil Science, 7(2): 255–267.
7. Kabata-Pendias, A. and Mukherjee, A.B. 2007. Trace Elements from Soil to Human. Springer Berlin Heidelberg.
8. Kelemen, G., Keresztes, A., Bacsy, E., Feher, M., Fodor, P. and Pais, I. 1993. Distribution and intracellular localization of titanium in plants after titanium treatment. Food Structure, 12(1).
9. Kolenčík, M., Ernst, D., Urík, M., Ďurišová, L., Bujdoš, M., Šebesta, M., Dobročka, E., Kšiňan, S., Illa, R., Qian, Y., Feng, H., Černý, I., Holišová, V. and Kratošová, G. 2020. Foliar application of low concentrations of titanium dioxide and zinc oxide nanoparticles to the common sunflower under field conditions. Nanomaterials, 10: 1619.
10. Lyu, S., Wei, X., Chen, J., Wang, C., Wang, X. and Pan, D. 2017. Titanium as a beneficial element for crop production. Frontiers in Plant Science, 8: 597.
11. Mohácsiné Szabó K. 2008. Kaktuszok télállósága Magyarországon. Phd disszertáció, Budapesti Corvinus Egyetem. <http://phd.lib.uni-corvinus.hu/278/>
12. Ördögh M. 2011. Táptalaj kiegészítők morfológiai, anatómiai és fiziológiai hatása *Sorbus* taxonok mikroszaporítása során. Phd disszertáció, Budapesti Corvinus Egyetem. <http://phd.lib.uni-corvinus.hu/580/>
13. Ördögh M., Jámborné B.E., Tillyné M.A. 2010. A Humus FW és a Titavit sarj- és gyökérvédekezésre gyakorolt hatása *Hosta* 'Gold Drop' *in vitro* tenyészteteiben. Kertgazdaság, 42(2): 66–71.
14. Pais, I., Fehér, M., Farkas, E., Szabó, Z. and Cornides, I. 1977. Titanium as a new trace element. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 8(5): 407–410.
15. Pais, I. 1983. The biological importance of titanium. Journal of Plant Nutrition, 6(1): 3–131.
16. Ram, N., Verloo, M. and Cottenie, A. 1983. Response of bean to foliar spray of titanium. Plant and Soil, 73(2): 285–290.
17. Ruzin, S.E. 1999. Plant microtechnique and microscopy. Oxford University Press.
18. Shannon, L.M., Kay, E. and Lew, J.Y. 1966. Peroxidase isozymes from horseradish roots. I. Isolation and physical properties. The Journal of Biological Chemistry, 241(9): 2166–2172.
19. Sherman, G.D. 1952. The titanium content of hawaiian soils and its significance. Soil Science Society of America Journal, 16(1): 15.
20. Wallace, A., Alexander, G.V. and Chaudhry, F.M. 1977. Phytotoxicity of cobalt, vanadium, titanium, silver, and chromium. Communications in Soil Science and Plant Analysis, 8(9): 751–756.

21. Wojcik, P. and Wojcik, M. 2001. Growth and nutrition of M.26 Emla apple rootstock as influenced by titanium fertilization. *Journal of Plant Nutrition*, 24(10): 1575–1588.
22. Zhang, W., Zhu, Z. and Cheng, C.Y. 2011. A literature review of titanium metallurgical processes. *Hydrometallurgy*, 108(3–4): 177–188.

The effect of titanium ascorbate during the acclimation of *in vitro* grown *Spathiphyllum* ‘Cupido Compacto’ young plants

MOSONYI, I.D., TILLY-MÁNDY, A., HONFI, P.

Institute of Landscape Architecture, Urban Planning and Ornamental Horticulture,
Hungarian University of Agriculture and Life Sciences

E-mail: mosonyi.istvan.daniel@@uni-mate.hu

Summary

The effect of titanium ascorbate (Ti-Asc) at concentrations of 1, 10 and 100 ppm was studied. Ti-Asc was applied by leaf spraying during the acclimation of young plants from the rooted shoot culture of *Spathiphyllum* ‘Cupido Compacto’ grown *in vitro*. The appearance of the plants did not change as a result of the treatments, but after the application of 100 ppm Ti-Asc their proline and chlorophyll contents significantly increased, and increased peroxidase activity could be measured compared to the control for each treatment. No change in the leaf tissue structure of the plants was observed, but the size and openness of the stomata decreased, however their surface density and the transpiration of the plants did not change.

Keywords: titanium, titanium ascorbate, Titavit, *Spathiphyllum*, acclimation

Szerzők:

Mosonyi István Dániel (kapcsolattartó szerző) – PhD, adjunktus, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.
Tillyné Mándy Andrea – CSc, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.
Honfi Péter – PhD, egyetemi docens, Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem, Tájépítészeti, Településtervezési és Díszkertészeti Intézet, 1118 Budapest, Villányi út 29-43.