



Tudnivalók a réztartalmú gombaölő szerek okszerű használatáról, figyelemmel a talajszennyezésre

Dr. Szabó Árpád

SZIE Kertészettudományi Kar, Rovartani Tanszék, Budapest

Amit eddig is tudtunk

A réz már több mint 150 éve használt hatóanyaga a növényvédelmi permetezéseknek. Ez a hatóanyag több helyen támadja a gomba szervezetét, először is a mitokondriális elektrontranszporton keresztül. A réz ellen rezisztencia nincsen. A kontakt gombaölő szer viszont csak megelőző jelleggel hatékony, azaz a gomba támadásakor már a növény felületén kell lennie.

A réz a növénytáplálás szempontjából is nélkülözhetetlen, olyan mikroelem, amelyre kis mennyiségben a növényeknek, sőt a gombáknak is szüksége van, azonban nagyobb mennyiségben minden biológiai szerkezetet veszélyeztet, tehát toxikus nehézfém. Itt nagyon igaz Paracelsus mondása, hogy a mennyiség teszi a mérget („*Dosis sola facit venenum*”).

Újdonság a hatásmódban

A gombaölő szerként felhasznált kristályos rézformák nem mindegyike képes oldódni vízben. A réz-szulfát oldódik, a többi nem. A réz-hidroxid vizes közegben csak parányi mennyiségű szabad rezet enged a vízbe, a réz-oxidból és réz-oxikloridból a szabad rézion kiszabadulása gyakorlatilag nulla. Tehát annak ellenére, hogy a különféle rézkristályokból a szabad rézion – amelyet korábban az egyedüli hatóanyagként tartottunk – egészen eltérő mértékben jelenik meg a levél felületén vizes közegben, mégis mindegyik rézformának van gombaölő hatékonysága. Hogyan lehetséges ez?

A jelenség hátterében egy nem régóta ismert folyamat áll. Napjaink szakirodalma szerint (Montag et al., 2006) a patogén gomba a növény felületére érve, fertőzés közben olyan anyagokat (aminosavak, malát) juttat a környezetébe, amik segítik a növénybe

való behatolást, de egyúttal a rézkristályokból is felszabadítják a rézionokat, amelyek önmagukban, vagy más komplexképződés (rézmalát) eredményeként végső soron a gomba pusztulását okozzák. Azaz a gomba, aktív tevékenysége során az oldhatatlan rézformákat is gombaölő szerré teszi. A réz jó gombaölő tulajdonságához tehát egy dolog kell – legyen rézkristály térben és időben ott, amikor megérkezik és csíratömlőt hajt a gomba spórája.

Rézkészítmények fontos tulajdonságai

Ennek fényében tekintsük most át mindazokat a tulajdonságokat, amelyeket a forgalomban lévő réztartalmú gombaölő készítményekről tudunk. Az *apró szemcseméret* mindenképpen befolyásolja a készítmény hatékonyságát. Minél nagyobb a rézkristályok szemcsemérete, annál kisebb az esélye annak, hogy a gomba találkozzék a hatóanyaggal. Ha az adott rézforma nem adja le a rézionokat, mert nem oldódó kristályforma, esetleg száraz a növény felszíne, akkor még kisebb lesz a biológiai hatás. Az apró méretű, akár tized mikrométeres szemcsék sokkal sűrűbben helyezkednek el a felületen, így nem csak a gombák, de az annál jóval kisebb baktériumok is nagyobb eséllyel találkozhatnak a rézkristályokkal. A szemcsék őrlésével ugyanakkor exponenciálisan növekszik a szemcsék összes felülete, ami miatt eső esetén viszonylag hamar kioldódhat a réz, ezután pedig elmúlik a gombaölő hatás. *Létezik tehát egy optimum a szemcseméret aprításában is, amit leginkább a biológiai hatékonyságvizsgálatok mutatnak meg.* A rézionok gyors kioldódási sebessége ugyanakkor nem cél a preventív védekezésben, amennyiben

figyelembe vesszük az előbb megismert tudományos újdonságot.

Ha nem csupán a szabad rézion a gombaölő hatóanyag, hanem a rézkristály a pusztta jelenlétével is gombaölő jelleget biztosít a növényen, akkor az egyik legfontosabb tulajdonsága a réztartalmú készítményeknek az apró szemcseméreten túl a *tapadás* lesz! Így megnövekszik azoknak a tapadásfokozó készítményeknek, adjuvánsoknak a szerepe, amelyek a permetezést követően a hatóanyagot a növény felületére ragasztják. Vigyázni kell azonban, mert nem minden adjuváns képes hosszabb távon tapadást biztosítani. A legtöbb hatásfokozó sokszor csak a felületi feszültségét csökkenti a permetlének, hogy az jobban elterüljön a növény viaszos felületén. Egy eső, vagy harmat általi újranedvesedés következtében a felületen beszáradt hatásfokozó újranedvesedik, és megint oldatba viszi a hatóanyagot, ami így lemosódhat. A *jó adjuváns*, akár gyárilag adagolva a kontakt gombaölő szerek esetén tehát az, amelyik *a növényre kerülve elveszíti az újranedvesedési képességét, így óvja a lemosódástól a hatóanyagot is.* Erre a jelenleg forgalomban lévők közül csak egyes terpénszármazékok képesek, és némely típusú növényi olaj, a polimerizálódó képessége miatt.

Maximalizált a rézterhelés

Napjainkban a környezetvédelmi törekvések érthető módon korlátozták a területegységre kijuttatható, réztartalmú anyagok mennyiségét. Ennek főként talaj- és vízvédelmi vonatkozása vannak. A mezőgazdasági tevékenységek között a növényvédelem kívül a szennyvíz, szennyvíziszap és a szennyvíziszap-komposzt kijuttatásával is lehet még rézterhelést okozni talajainkban.

Az Európai Unióban a növényvédő szerek általi nehézfém-terhelés az ökológiai növénytermesztés rendszerében maximalizált, hiszen egy hektáron egy évben összesen 6 kg fémrézben kifejezett réztartalmú növényvédő szert lehet kijuttatni a 889/2008/EK rendelet, és annak módosítása (EU Bizottság 2016/673) szerint. Élő növények esetén a tagállamok ettől eltérve rendelkezhetnek úgy, hogy a 6 kg réz határérték meghaladható egy adott évben, feltéve, hogy a szóban forgó évből és a négy megelőző évből álló ötéves időszakban az átlagos tényleges mennyiség nem haladja meg a 6 kg-ot.

A szennyvízzel, szennyvíziszappal és szennyvíziszap-kompozittal mezőgazdasági területre évente kijuttatható réz mennyisége 10 kg/ha/év, persze csak ha a mérgező elemek és káros anyagok koncentrációja nem haladja meg a határértéket, ami talajainkban réz esetében 75 mg/kg (50/2001. Korm. rendelet).

A Magyarországon alapengedéllyel rendelkező, egy hatóanyagos réztartalmú gombaölő szerek számosak, de nincs köztük sok, amelynek kicsi lenne a hektáronkénti rézterhelése (1. táblázat). Ezek az ökológiai termesztesbe könnyebben beilleszthetők a gyakoribb felhasználhatóság miatt.

Talajok rézszennyezése

A Földön mindenütt található a talajokban természetes úton, tehát geológiai okok miatt előforduló réz. Az ilyen háttértartalom Magyarországon a művelt talajok szántott rétegében kicsiny (5,4 mg/kg) (Kádár 1998), de általában elegendő a növények rézszükségletének kielégítéséhez. A hagyományosan szőlőtermő vidékeken könnyű ennél sokkal nagyobb réztartalmat mérni a talajokban. Európában akár százak nagyságrendű, ám egyes francia ültetvényekben akár ezernél is nagyobb értékek (mg/kg összérttartalom) mérhetők a szőlőültetvényekben.

Ha a művelt területen nincs mély talajművelés, akkor a réz a legfelsőbb talajrétegben halmozódik fel. Tulajdonképpen a szennyezésből származó réz kétharmada általában a felső 20 cm-en található. Az is kimutatható szőlőültetvények esetében, hogy a sorlójában, tehát más néven a növények csurgójában, a felhalmozódott rézennyisége

némileg nagyobb, mint a sorközök talajában. Ez is arra utal, hogy a legtöbb réz a csapadék lemosó hatásaként éri el a talajszintet. A réz megkötésében több ismert tényező tehető felelőssé, így a szerves anyag, és az agyagfrakció, továbbá a vas- és mangán-oxidok, amennyiben jelen vannak (Kratz et al. 2009).

A talaj teljes réztartalmának meghatározásakor a meleg királyvizes kivonást alkalmazzák. Ez a megoldás azonban vajmi keveset árul el a talajoldatban lévő, a biológiai fázis számára hozzáférhető rézről. A bioaktív réztartalom mennyiségének megvizsgálásához inkább a kelátképzőkkel (DTPA, EDTA) történő kivonás a helyes, de ebben a szakirodalom nem egységes. A szabvány szerinti hazai talajvizsgálatok a kelátképzővel (EDTA) kioldható réztartalmat mérik.

A hazai szőlőültetvények talajában is megfigyelhető a megnövekedett réztartalom, de az nem éri el a nyugat-európai szintet. Ez feltehetőleg összefüggésben van a hazai szárazabb éghajlattal és az emiatt kevesebb peronoszpóra elleni védekezéssel. Általában a felső 30 cm-ben nagyobb a terhelés, mintegy 1/3-dal. Saját országos gyűjtésem eredményeként, ed-

dig 208 szőlőültetvény adata alapján a felső 30 cm-ben átlagosan 15 mg/kg a terhelés (max. <75), tehát legfeljebb 1 nagyságrenddel több, mint a természetes háttértartalom. Az értékek a maximumot figyelembe véve is határérték alattiak.

Termesztett növények és a rézszennyezettség kapcsolata

A talaj megnövekedett réztartalma a növényekben is mérhető. Az erős rézszennyezettség akár fitotoxicitást is okozhat, főleg a savanyú és a kis kationcserélő kapacitású talajokon. A toxikus szint 6-nál kisebb kémhatású, homokos talajon 25 mg/kg, agyagos talajon 100 mg/kg. Karbonátos talajon általában nincs fitotoxikusság, hiszen ott a réz kicsapódik hidroxid és karbonát formában.

A növények nem szállítják minden esetben a felszín feletti növényi részekbe a rézet, sokszor csak a gyökerekben, még hozzá a *hajszálgyökerekben* *akkumulálódik* a felvett réz. A gyökér sejtjeit vizsgálva megállapítható, hogy a réz a sejtfalban megkötve található (Brun et al. 2001).

A fűfélék (*Poaceae*) anyagforgalma az esszenciális fémek tekintetében vi-

dózis-szőlőben		fémréz (kg/ha)		terméknév	hatóanyag	formuláció
min	max	min	max			
2	2	0,75	0,75	Champ DP	réz-hidroxid	por
2	2	0,48	0,48	Champion 2 FL	réz-hidroxid	folyadék
2	3	1,00	1,50	Champion WG	réz-hidroxid	granulátum
2	2,4	0,50	0,60	Copernico Hi Bio	réz-hidroxid	granulátum
2	3	1,00	1,50	Funguran-OH 50 WP	réz-hidroxid	por
2	3	1,00	1,50	Joker 77 WP	réz-hidroxid	por
2	3	0,70	1,05	Kocide 2000	réz-hidroxid	granulátum
2	3	1,00	1,50	Pomuran RÉZ	réz-hidroxid	por
2	3	0,38	0,57	Vegesol R	réz-hidroxid	folyadék
2	3	1,00	1,50	Vitra Rézhidroxid	réz-hidroxid	por
1,2	2	0,90	1,50	Nordox 75 WG	réz-oxid	granulátum
2	3	1,00	1,50	Astra Rézoxiklorid	réz-oxiklorid	por
2	3	1,00	1,50	Cuprosan 50 WP	réz-oxiklorid	por
2,5	3	0,88	1,05	Cuprozin 35 WP	réz-oxiklorid	por
1,75	2,5	0,67	0,95	Montaflow	réz-oxiklorid	folyadék
1,75	2,5	0,66	0,94	Neoram 37,5 WG	réz-oxiklorid	granulátum
2	3	1,00	1,50	Rézoiklorid 50 WP	réz-oxiklorid	por
1%		1,00	2,00	Bordói por	tribázikus réz-szulfát	por
3	4	0,57	0,76	Bordóil Neo SC	tribázikus réz-szulfát	folyadék
4	5	0,80	1,00	Bordómix DG	tribázikus réz-szulfát	granulátum
3,5	4,5	0,67	0,86	Cuproxat FW (SC)	tribázikus réz-szulfát	folyadék

1. táblázat Alapengedéllyel rendelkező réztartalmú gombaölő szerek szőlőben javasolt dózisaának fémréz-terhelése, hatóanyaga, formulációja





szont jelentősen eltér a többi egy- és kétszikű növénytől. *A füvek, így a búza is ún. fitosziderofór (PS) molekulákat juttatnak a környezetükbe, amik kelát módjára megkötik a fémionokat, és komplexként könnyen visszajutnak a növénybe. A komplexként felvett fémionok viszont nem kötődnek meg a sejtfalban, hanem mobilizálódnak a sejt számára. Ez a jelenség főleg vashiányos talajon folyik intenzíven. Emiatt azonban a PS molekulák nem csak a szükséges vasat, hanem rézszennyezettség esetén a rézet is mobilizálják a növény számára, sőt a sejtfalban megkötött fémekeket is kioldják, és aktívvá teszik. Vashiányos területen tehát a fűfélék esetében könnyen mérhetünk megnövekedett réztartalmat a hajtásokban is, ha a talaj rézzel szennyezett volt.* Ennek a jelenségnek akkor van nagy jelentősége, amikor rézzel szennyezett területen fűféléket (kalászosok) próbálunk termesztetni, akár egy felszámolt szőlőültetvény helyén. *A vashiányos búza tehát akár 5-ször annyi rézet vesz fel, mint a nem vashiányos, és ez a fémtartalom nem marad csupán a gyökérzetben (Chaignon et al. 2002).*

Talajélet változása rézszennyezés esetén

A rézszennyezés nemcsak a növényvilágot érinti, hanem az állatokat

és mikroorganizmusokat is. A rézzel szennyezett gyepek talajában a földgiliszta testsúlya csökken, mortalitása megnő. A giliszták laborkísérletben igazolt módon, választási lehetőség esetén a szennyezett talajban kevesebb időt töltenek. A mikroorganizmusokra gyakorolt hatás már nem ilyen egyértelmű. Egyes megfigyelések szerint a mikroorganizmusok aktivitása csökken a talaj növekvő réztartalma következtében, mások szerint nincsen szoros összefüggés a réztartalom és a mikroorganizmusok hosszútávú aktivitása között.

Humán-egészségügyi vonatkozások

A rézszennyezés az emberre is hatással van, hiszen az ivóvízzel elfogyasztva csecsemők májkárosodását válthatja ki (Kratz et al. 2009). A magyar szabályozás szerint a rézre vonatkozó szennyezettségi határérték felszín alatti vízben 200 µg/l (6/2009 (IV. 14.) KvVM-EüM-FVM együttes rendelet). A réz persze nem csak az ivóvízben, de annál inkább a borban is megjelenik. Itt a magyar határérték 1000 µg/l. A megvizsgált tételekben igen nagy szórás tapasztalható, 20-640 µg/l közötti értékek találhatók rézből (Ajtony et al. 2008).

Irodalomjegyzék

- 📖 **Ajtony Zs, Szoboszlai N, Suskó EK, Mezei P, György K, Bencs L (2008):** Direct sample introduction of wines in graphite furnace atomic absorption spectrometry for the simultaneous determination of arsenic, cadmium, copper and lead content. *Talanta* 76, 627-634
- 📖 **Brun LA, Maillet J, Hinsinger P, Pépin M (2001):** Evaluation of copper availability to plants in copper-contaminated vineyard soils. *Environmental Pollution* 111, 293-302
- 📖 **Chaignon V, Di Malta D, Hinsinger P (2002):** Fe-deficiency increases Cu acquisition by wheat cropped in a Cu-contaminated vineyard soil. *New Phytologist* 154, 121-130
- 📖 **Kádár I (1998)** Kármentesítési Kézikönyv. XII. Talajszennyezettség minősítése a hazai szabályozásban. Környezetvédelmi Minisztérium, Budapest. p. on-line
- 📖 **Kratz S, Haneklaus S, Schnug E (2009):** Kupfergehalte in Acker- und Grünlandböden und das Verhältnis dieser Gehalte zu den durch Pflanzenschutz ausgebrachten Kupfermengen. *Journal für Kulturpflanzen* 61, 112-116
- 📖 **Montag J, Schreiber L, Schönherr J (2006):** An In Vitro Study of the Nature of Protective Activities of Copper Sulphate, Copper Hydroxide and Copper Oxide Against Conidia of *Venturia inaequalis*. *J. Phytopathology* 154, 474-481

TALLÓZÁS...

Az árvíz nem csak rombol

Az árvizekre többnyire káros és romboló jelenségként tekintünk, ám pozitív hatásai is vannak. Afrika szub-szaharai részén, körülbelül 25 millió hektár nagyságú területet öntöznek az áradások alkalmával. Becslések szerint 50 millió ember használja ezt a módszert az átlagosan 0,5 hektár nagyságú termőföldjén.

Az áradáson alapuló öntözés Ázsiában is gyakran alkalmazott eljárás, e földrészen még több ember megélhetését biztosítja, mint a fekete kontinensen. Az eltérés a jobb

gazdálkodási módszerekből és az árvizek szélesebb körű felhasználásából ered.

Az árvízi gazdálkodásnak négy fontosabb módszere különíthető el: az első az ártéri gazdálkodás; a második esetben a vízutánpótlás úgy történik, hogy a vízgyűjtő magasabban fekvő területeiről érkező víztöbblet feltölti az egyébként száraz medreket, amelyek távolabbi térségekbe is elvezetik a vizet javítva a legelőket és feltöltve az ivóvíz-tározókat, valamint a talajvíz-készleteket. Harmadikként a közvetlenül

a folyók mellett vagy az árterületen található csatornák árvízi feltöltése említhető, a negyedik pedig az, amikor az emelkedő talajvízszint a mélyebben fekvő területeken sekély vízállásokat alakít ki. Ezek a száraz évszakban elegendő vízmennyiséget biztosítanak a legelő állatoknak, illetve megteremtik az öntözés nélküli növénytermesztés lehetőségét – olvasható a világhálón: <https://wle.cgiar.org/resources/news>.

Összeállította:
Polgárné Balogh Eszter

...TALLÓZÁS