

## REZIDUA FOSFONÁTŮ V OVOCI

## PHOSPHONATE RESIDUES IN FRUIT

Pavína Knapová<sup>1</sup>, Dáša Jiroušová<sup>1</sup>, Aneta Bílková<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o., Holovousy  
129, 508 01 Holovousy

<sup>2</sup> UNIVERZITA KARLOVA, Farmaceutická fakulta v Hradci Králové, Katedra analytické chemie,  
Akademika Heyrovského 1203, 500 05 Hradec Králové

email: pavlina.knapova@vsuo.cz, ORCID ID: 0000-0001-5785-7492

**ABSTRAKT**

Fosfonáty patří mezi systémové fungicidy, které fungují tak, že blokují enzymy nezbytné pro růst a množení cílových patogenů. V rámci legislativy EU byly fosfonáty v letech 2013 a 2014 zařazeny mezi fungicidní látky, a proto nejsou v ekologickém zemědělství povoleny. Pěstitelé se často setkávají s nálezy reziduí fosfonátů ve vzorcích ovoce, biopotravin a vzorcích určených pro dětskou a kojeneckou výživu, ačkoliv tyto látky nebyly v daném roce použity. Otázkou je tedy původ těchto zájmových látek, který je předmětem několika studií. Některé studie se zaměřují na abiotické a biotické zdroje, další pak na zdroje antropogenní, i přesto je problematické rozlišit mezi záměrně aplikovanými fosfonáty a fosfonáty z přírodních zdrojů. Důležitým faktorem pro výskyt reziduí fosfonátů je i historická zátěž a vliv životního prostředí. Problematika fosfonátů je horké téma nejen pro pěstitele ovoce, ale i zpracovatele potravin např. pro dětskou výživu. Cílem této práce bylo uvést poznatky týkající se fosfonátů v ovoci s ohledem na jejich chování v rostlinách a degradaci.

**Klíčová slova:** fosfonáty, kyselina fosfonová, ekologické zemědělství, rezidua pesticidů v ovoci

**ABSTRACT**

Phosphonates are systemic fungicides that work by blocking enzymes that are essential for the growth and reproduction of targeted pathogens. Under EU legislation, phosphonates were classified as fungicides in 2013 and 2014 are therefore not allowed in organic farming. Growers often encounter findings of phosphonate residues in samples of fruit, organic food and samples intended for baby and infant nutrition, although these substances were not used in a given year. The question is therefore the origin of these substances of interest, which is the subject of several studies. Some studies focus on abiotic and biotic sources, others on anthropogenic sources, even so it is problematic to distinguish between deliberately applied phosphonates and phosphonates from natural sources. An important factor for the occurrence of phosphonate is also the historical load and the influence of the living environment. The issue of phosphonate is a hot topic not only

for fruit growers, but also for food processors, e.g. for baby food. The aim of this work was to introduce the findings regarding phosphonates in fruit with regard to their behavior in plants and degradation.

**Keywords:** phosphonates, phosphonic acid, organic farming, pesticide residues in fruit

## ÚVOD

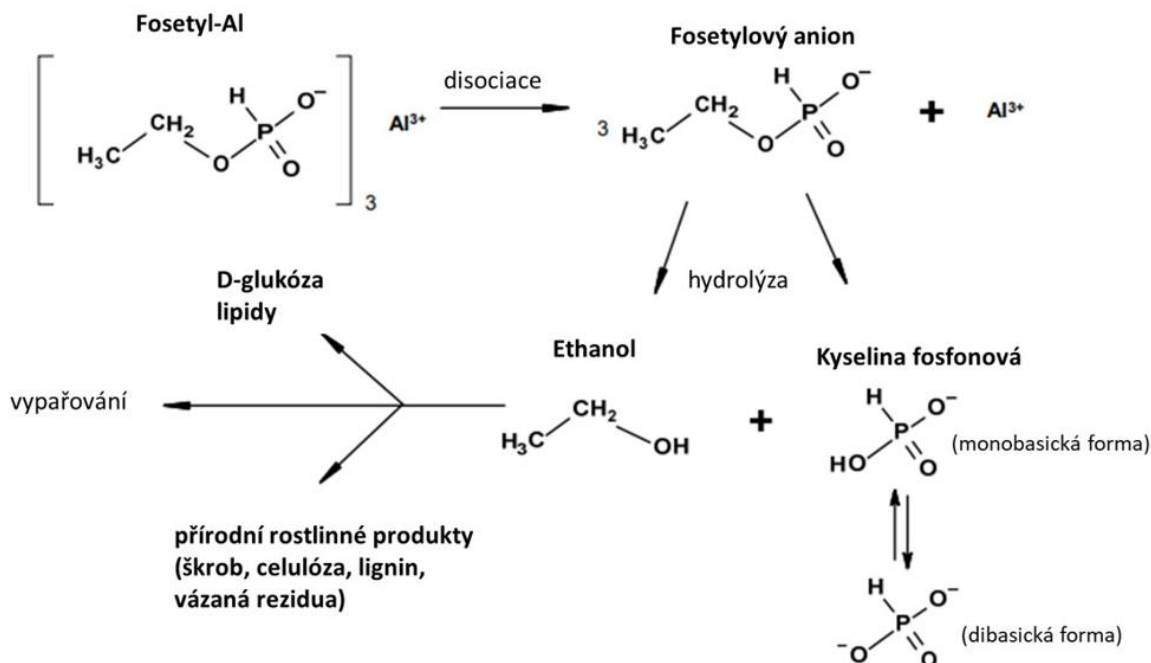
Fosfonáty jsou chemické sloučeniny, které se používají jako pesticidy pro ochranu zemědělských plodin před plísněmi a hnilobou. Fosfonáty jsou vysoce účinné systémové fungicidy, které vykazují nejen fungistatické účinky, ale také stimulují přirozené obranné systémy rostlin proti patogenům. Jejich mechanismus účinku spočívá v inhibici klíčení spor a v blokování vývoje mycelia (Sehonová 2020, FAO 2023). V Evropské unii jsou fosfonáty regulovány na úrovni Evropského úřadu pro bezpečnost potravin a evropské legislativy. Maximální limit reziduí (MLR) fosfonátů je stanoven v rámci Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EC) číslo 396/2005. Rezidua jsou uváděna jako fosetyl-Al (suma fosetylu, kyseliny fosfonové a jejich solí, vyjádřeno jako fosetyl). MLR se pohybuje v rozmezí od 0,01 mg/kg až do stovek mg/kg v závislosti na druhu plodiny. V roce 2013 a 2014 byly fosfonáty registrovány jako přípravky na ochranu rostlin (POR) a byl pro ně stanoven i MLR, proto tyto látky již nejsou v ekologickém zemědělství povoleny (EFSA 2012, EFSA 2014, EFSA 2018). Tento krok ovlivnil ochranu ovoce nejen v zemích EU, ale i dovozce potravin. Výsledkem je, že i malé obsahy fosfonátů (nad 0,01 mg/kg) ve vzorcích biopotravin jsou interpretovány jako indikace ošetření nepovolenými fungicidy. Kolem této problematiky probíhá mnoho diskusí. Zatímco někteří odborníci argumentují, že fosfonáty jsou bezpečné a nutné pro ochranu plodin, jiní před jejich potenciálním nebezpečím prosazují použití alternativních metod ochrany ovoce. Dle EFSA je toxicita kyseliny fosfonové nízká bez akutní referenční dávky a s přijatelným denním příjmem 2,25 mg/kg tělesné hmotnosti za den (EFSA 2018). Fosfonáty se po aplikaci na rostliny rychle metabolizují na kyselinu fosfonovou a ethanol (viz obrázek 1, FAO 2023). Kyselina fosfonová je považována za toxikologicky významnou a její koncentrace je obecně vyšší než koncentrace mateřského fosetylu, proto je zahrnuta i do definice rezidua (EFSA 2012).

Fosfonáty jsou v konvenčním zemědělství hojně využívány, což vede nejen ke kontaminaci plodů v daném roce, ale i k jejich ukládání v rostlinách. Tyto fosfonáty uložené v rostlinách přechází i do plodů v následujících letech, a proto je možné nalézt rezidua fosfonátů v plodech i v letech, ve kterých tyto látky nebyly aplikovány. Pěstitelé se také často setkávají s detekcí reziduí kyseliny fosfonové v mnoha bioproduktech a potravinách určených pro dětskou výživu, ačkoliv fosfonáty nebyly během produkce použity. Mezi hlavní příčiny častého výskytu nálezů fosfonátů v potravinách ekologického zemědělství patří pravděpodobně externí vstupy z nepovolené aplikace přípravků na ochranu rostlin v ekologickém zemědělství, nevědomá kontaminace hnojiv a přípravků na ochranu rostlin povolených pro ekologické zemědělství fosylem a fosfonátem a zadržováním fosfonátů v pletivech stromů z předchozích aplikací (Trincherá *et al.* 2020). Je známo, že rezidua fosfonátů mohou být akumulovány v ovocných dřevinách až po dobu několika let. To může komplikovat přechod z konvenčního na ekologické zemědělství, kdy nemusí být přechodné tříleté období dostačující (Ministerstvo zemědělství

2023). Ze dřeva jsou tyto látky transportovány dále do listů a plodů (Malusà a Tosi 2005, Nader 2023). Velkou roli zde tedy hraje i historická zátěž používání těchto látek. Vzhledem k nízkým limitům MLR, které jsou obecně nastaveny pro dětskou výživu a ekologickou produkci (0,01 mg/kg), představuje perzistence fosfonátů v ovocných dřevinách velké riziko, že dojde k překročení tohoto limitu.

**Obrázek 1.** Metabolická dráha fosetylu-Al

**Figure 1.** Metabolic pathway of fosetyl-Al



(autor obrázku: Pavlína Knapová úprava dle FAO 2023)

Existují důkazy, že fosfonáty jsou také přírodní sloučeniny, které se vyskytují ve významném množství v životním prostředí a jsou produkovány a spotřebovány mikroorganismy v rámci biogeochemického cyklu fosforu (Pasek *et al.* 2014, Nader *et al.* 2023). Dalšími potenciálními zdroji této látky v životním prostředí jsou kromě aplikací zemědělských fungicidů organofosfonáty, protože fosfonáty se vyskytují jako vedlejší produkt při jejich průmyslové výrobě nebo při jejich mikrobiální degradaci v odpadních vodách z průmyslu a domácností (Rott *et al.* 2018). Naproti tomu studie Whiley *et al.* (1995) podporuje hypotézu, že fosfonáty mohou být produkovány z organofosfonátů půdní mikroflórou. Autoři zkoumali translokaci fosfonátu v avokádových stromech po injektování kyseliny fosfonové. Pozorovali, že před injekcí do kmene byly ve všech částech stromu detekovány nízké hladiny 3 mg/kg (čerstvé hmotnosti) fosfonátu, i když v sadě nebyly v minulosti používány fosfonátové fungicidy. Plevel zde byl pravidelně huben pomocí glyfosátu, což je organofosfonát s hlavním intermediárním metabolitem aminomethylfosfonovou kyselinou. Autoři navrhli, že fosfonát je metabolit z degradace této sloučeniny. V důsledku toho je třeba vzít v úvahu i jiné možné příčiny výskytu fosfonátů v potravinářských produktech než je

aplikace fungicidů, neboť pěstitelé a ovocnáři se setkávají se skutečností výskytu fosfonátů v ovoci, přestože v minulosti nebyly aplikovány přípravky ani hnojiva s deklarovaným obsahem těchto látek. V současné době nejsou dostupné odborné informace o rozlišení původu těchto látek v plodech ovoce. Analýza poměru stabilních izotopů kyslíku  $^{18}\text{O}$  a  $^{16}\text{O}$  byla zatím úspěšně použita pouze pro detekci aplikací minerálních sirných hnojiv v ekologickém zemědělství (Novak *et al.* 2019). Podobně by to mohl být také slibný nástroj pro rozlišení mezi fosfonáty vyráběnými průmyslově a pocházejících z přírodních zdrojů (Nader *et al.* 2023).

### Studie JABLKA

Kloutvorová a Hejzlar (2019) zjistili, že kyselina fosfonová se v rostlinných pletivech nevyskytuje přirozeně. Po aplikaci přípravku Aliette 80 WG do jabloňového sadu byla rezidua mateřské látky fosetyl-Al pozorována pouze následující den po aplikaci, nicméně dále byla nalezena rezidua kyseliny fosfonové, která významně překračovala limit 0,01 mg/kg.

V letech 2020–2022 byl ve VŠÚO Holovousy s.r.o. realizován výzkum soustředěný na zjišťování chování fosfonátů v rostlinných částech ovocných dřevin, konkrétně v jabloních (Bílková *et al.* 2022). V experimentální výsadbě odrůdy 'Idared' (obrázek 2) byly aplikovány přípravky obsahující fosfonáty draselné (Delan Pro) a fosetyl-Al (Luna Care) a v časových intervalech byly odebírány vzorky zeminy, dřeva, listů a plodů. Aplikace přípravků byly zahájeny přibližně půl roku před sklizní plodů v měsíčních intervalech na pokusných výsadbách ve více variantách s ohledem na klimatické podmínky a očekávaný termín dozrávání. V rámci studie byl proveden důkladný monitoring obsahů zájmové kyseliny fosfonové a fosetylu ve vzorcích plodů jablek, dřeva, listů, zeminy a zpracovatelských produktů (křížalách) validovanou metodou kapalinové chromatografie ve spojení s hmotnostní spektrometrií. Výsledky studie ukázaly, že obsah fosfonátů ve dřevě byl nižší oproti obsahům v listech. U víceletého dřeva byly koncentrace ještě nižší z důvodu transportu těchto látek do ostatních částí rostlin. Byla též prokázána velmi silná korelace mezi obsahem fosetylu v čerstvých plodech a zpracovatelských produktech (křížalách). Odstraněním vody během sušení docházelo k zakonzentrování zájmových látek. Lze tedy říci, že historická zátěž a vliv prostředí má zásadní vliv na koncentraci reziduí fosfonátů v plodech dané lokality pěstování, což potvrzuje i studie Trinchera *et al.* (2020), ve které se říká, že stromové plodiny ukládají fosfonáty ve svých dřevnatých částech a uvolňují je časem svými listy a plody. Obdobně tomu bylo i ve studii Malusà a Tosi (2005), kteří prokázali, že pokles koncentrace reziduí fosfonátů v plodech do doby sklizně je připisován nárůstu ovocné hmoty během doby zrání. V souladu s tím se fosfonáty hromadí a mohou přetrvávat ve vysokých koncentracích ve víceletých rostlinách po dlouhou dobu. Je nutno uvést, že MLR pro jablka je stanoven na 150 mg/kg. Taková koncentrace však nebyla v plodech během pokusů dosažena ani po opakovaném postřiku.

Používání fosfonátových přípravků zvyšuje riziko výskytu těchto látek v rostlině a s tím i související nalezenou hodnotu reziduí v plodech. Obecně platí, že čím delší je odstup aplikace přípravku před sklizní, tím se významněji snižuje i rozsah výskytu reziduí. Pokud však v minulosti byly postřiky na bázi fosfonátů na daném území používány, pak je ovlivněna též pozadřová úroveň zejména kyseliny fosfonové, se kterou rostlina během vegetačního období „hospodáří“. Je-li pro ekologickou produkci ovoce a dětskou výživu vyžadována obecně přijímaná hranice reziduí

pesticidů 0,01 mg/kg, pak z provedených analýz vyplývá, že vlivem historické zátěže není pravděpodobné, že tento limit může být snadno dosažen.

**Obrázek 2.** Experimentální výsadba odrůdy 'Idared' VŠÚO Holovousy

**Figure 2.** Experimental planting of the variety 'Idared' VŠÚO Holovousy



(autor fotografie: Pavlína Knapová)

### Studie HRUŠKY

V Itálii byla zjištěna kontaminace kyselinou fosfonovou vyšší než 0,01 mg/kg v hrušňových sadech pěstovaných v režimu ekologického zemědělství. Ve studii Trinchera *et al.* (2020) zaměřené na pochopení původu fosfonové kyseliny v ovoci byla zjištěna kontaminace nejen plodů, ale i listů, jakož i jednoletého a tříletého dřeva. Tato kontaminace nebyla závislá na lokalitě sadu ani na odrůdě. V ekologicky hospodařících sadech byla používána pouze povolená hnojiva a POR pro ekologickou produkci. Analytickými metodami však bylo zjištěno, že tři hnojiva a dva POR obsahovaly kyselinu fosfonovou, která byla v dalších letech v době vegetačního období transportována do listů i plodů. Bylo sledováno čtyřleté období, které však na pokles pod 0,01 mg/kg nestačilo a je pravděpodobné, že dekontaminace sadů si vyžádá více než 5 let. V každém případě je důležité provést předběžný monitoring na začátku konverze sadů do ekologického režimu pěstování s použitím mladých větví jako testovacího materiálu pro včasné vyhodnocení úrovně reziduí fosfonátů. Zároveň je důležitá a nezbytná kontrola používaných hnojiv, POR a dalších vstupů.

### Studie TŘEŠŇĚ

Turecko patří mezi přední světové producenty třešní. Více než 25 % celkové světové produkce třešní pochází právě z této země. Výsledky studie Gormeze *et al.* (2023) zaměřené na monitoring výskytu polárních pesticidů v třešních dokládají, že třešně obsahovaly pouze rezidua kyseliny

71

fosfonové. Bylo testováno 16 022 vzorků. Rezidua byla kvantifikována u 28,4 % vzorků třešní a u 14,4 % vzorků došlo k překročení MLR. Aktuální MLR pro fosetyl-Al ve většině peckovin je stanoven na 2 mg/kg, což je nízký limit v porovnání např. s jádrovinami a většinou drobného ovoce, kde se MLR pohybují ve stovkách mg/kg, avšak stále je to ještě vysoký limit oproti bio potravinám a potravinám pro dětskou výživu. Na základě žádosti řecké firmy LAINCO S.A a předložených testů navrhla EFSA v roce 2022 zvýšení MLR pro třešně, švestky a meruňky ze 2 mg/kg na 10 mg/kg, avšak tato úprava nebyla dosud implementována do legislativy (Bellisai *et al.* 2022).

### Studie JAHODY

Při studiu výskytu fosfonátů ve frigo sadbě jahod bylo prokázáno, že se rezidua fosfonátů vyskytují v plodech v prvním roce sklizně. V následujícím roce již nebyly fosfonáty v plodech detekovány (Speiser a Schärer 2018). Ze studie vyplývá, že došlo k transportu kyseliny fosfonové obsažené v kořenech frigo sadby do plodů jahodníků. Naměřené hodnoty nepřesahovaly MLR (100 mg/kg) pro jahody pěstované v konvenčním zemědělství. Avšak v případě použití této sadby v ekologickém zemědělství např. při nedostatku frigo sadby v bio kvalitě by mohlo dojít k překročení MLR v prvním roce sklizně.

### ZÁVĚR

V České republice jsou registrovány přípravky na bázi fosfonátů draselných nebo účinné látky fosetyl-Al pro použití v ovoci například k ochraně révy vinné před plísní, k ochraně rybízu a angreštu před antraknózou rybízu a rzí vejmutovkou, u jahod před červenou hnilobou jahodníku a fytoftorovou hnilobou jahodníku a u jádrovin před strupovitostí (ÚKZÚZ 2023). V ekologickém zemědělství jejich použití není povoleno. V konvenčním zemědělství, ve kterém nejsou pěstitelé v používání fosfonátů při dodržení podmínek registrace nijak omezeni, jsou však často používány, což má za následek kontaminaci produktů v daném roce a ukládání těchto látek v rostlinách. Takto uložené fosfonáty se pak mohou přenést i do plodů v následujících letech, což znamená, že rezidua fosfonátů lze najít v plodech i v letech, ve kterých nebyly tyto látky aplikovány. Pěstitelé také často nacházejí rezidua kyseliny fosfonové v mnoha bioproduktech a potravinách určených pro dětskou výživu, i když nebyly žádné fosfonáty použity při jejich produkci. Otázkou tedy je, zda tříleté období pro přechod z konvenční na ekologickou produkci je dostatečné, neboť z výše uvedených studií vyplývá, že ani pětileté období nemusí být dostačující. Lze tedy konstatovat, že historická zátěž a prostředí mají významný vliv na obsah fosfonátů v ovoci. Dalším důležitým parametrem, který může hrát roli v případě výskytu fosfonátů jsou používaná hnojiva a POR. Proto opatření či doporučení, jak se vyhnout problémům s výskytem těchto cílových látek je kontrola složení používaných hnojiv, POR a dalších vstupů před jejich použitím. Vývoj zatím chybějící analytické metody pro rozlišení mezi přirozeně se vyskytujícími fosfonáty, např. z organického hnojiva nebo ze závlahové vody a fosfonáty z průmyslové výroby by pomohl tento problém vyřešit. Poměr stabilních izotopů kyslíku individuálních fosfonátů se jeví jako slibný nástroj.

## PODĚKOVÁNÍ

Článek vznikl za podpory projektu RO1523.

## LITERATURA

- BELLISAI, G., G. BERNASCONI, A. BRANCATO *et al.* *Modification of the existing maximum residue levels for fosetyl/phosphonic acid in apricots, cherries and plums resulting from the use of potassium phosphonates.* Online. EFSA Journal. 2022, 20(1): 7106.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2022.7106>. [citováno 2023-09-20].
- BÍLKOVÁ, A. *et al.* *Metodika detekce fosfonátů v rostlinných částech jaderovin s ohledem na jejich chování – certifikovaná metodika.* Holovousy: VÝZKUMNÝ A ŠLECHTITELSKÝ ÚSTAV OVOCNÁŘSKÝ HOLOVOUSY s.r.o., 2022, 92 s. ISBN 978-80-87030-86-8.
- EFSA (European Food Safety Authority). *Conclusion on the peer review of the pesticide risk assessment of the active substance potassium phosphonates.* Online. EFSA Journal. 2012, 10(12): 2963.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2012.2963>. [citováno 2023-09-08].
- EFSA (European Food Safety Authority). *Statement on the dietary risk assessment for proposed temporary maximum residue levels (t-MRLs) for fosetyl-AI in certain crops.* Online. EFSA Journal. 2014, 12(5): 3695, 22 pp. Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2014.3695>. [citováno 2023-09-08].
- EFSA (European Food Safety Authority). *Modification of the existing maximum residue levels for fosetyl-AI in tree nuts, pome fruit, peach and potato.* Online. EFSA Journal. 2018, 16(2): e05161.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.2903/j.efsa.2018.5161>. [citováno 2023-09-08].
- FAO. *Fosetyl-aluminium, phosphonic acid.* Online. In: Food and Agriculture Organization of the United Nations. Dostupné z: [https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests\\_Pesticides/JMPR/Evaluation2017/FOSETYL-ALUMINIUM\\_\\_302\\_\\_PHOSPHONIC\\_ACID\\_\\_301\\_.pdf](https://www.fao.org/fileadmin/templates/agphome/documents/Pests_Pesticides/JMPR/Evaluation2017/FOSETYL-ALUMINIUM__302__PHOSPHONIC_ACID__301_.pdf). [citováno 2023-08-04].
- GORMEZ, E., O. GOLGE, M.A GONZÁLEZ-CURBELO a B. KABAK. *Monitoring and Exposure Assessment of Fosetyl Aluminium and Other Highly Polar Pesticide Residues in Sweet Cherry.* Online. Molecules. 2023, 28(1): 252. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/molecules28010252>. [citováno 2023-09-04].
- KLOUTVOROVÁ, J. a P. HEJZLAR. *Rozruch kolem fosfonátů v ovoci.* Vinař-sadař. 2019, 4: 50–53. ISSN 1804-3054.
- MALUSÀ, E. a L. TOSI. *Phosphorous acid residues in apples after foliar fertilization: Results of field trials.* Online. Food Additives and Contaminants. 2005, 22(6): 541–548.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.1080/02652030500135284>. [citováno 2023-09-08].
- MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *Registrace osoby podnikající v ekologickém zemědělství. Chci se stát ekologickým zemědělcem/výrobcem biopotravin/obchodníkem s bioprodukty apod.* Online. In: Ministerstvo zemědělství. Dostupné z: <https://eagri.cz/public/portal/mze/zemedelstvi/zivotni-situace/registrace-osoby-podnikajici-v#:~:text=P%C5%99echodem%20na%20ekologick%C3%A9%20zem%C4%9Bd%C4%9Blstv%C3%AD%20se,ji%C5%BE%20dodr%C5%BEov%C3%A1na%20pravidla%20ekologick%C3%A9%20produkce.&text=D%C3%A9lka%20PO%20na%20pozemc%C3%ADch%20je,vinic%2C%20chmelnic%20a%20ovocnC3%BDch%20sad%C5%AF>. [citováno 2023-10-24].
- NADER, W., A. ZAHM a J. JASCHIK. *Phosphonic acid in plant-based food and feed products – Where does it come from?* Online. Food Control. 2023, 150: 109701.  
Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodcont.2023.109701>. [citováno 2023-08-24].
- EVROPSKÝ PARLAMENT a EVROPSKÁ RADA. Nařízení Evropského Parlamentu a Rady (ES) č. 396/2005 ze dne 23. února 2005, o maximálních limitech reziduí pesticidů v potravinách a krmivech

- rostlinného a živočišného původu a jejich povrchu a o změně směrnice Rady 91/414/EHS. In: *Úřední věstník Evropské unie L 70*, 16. 3. 2005, s.1.
- NOVAK, V., J. ADLER, S. HUSTED, A. FROMBERG. a K.H. LAURSEN. *Authenticity testing of organically grown vegetables by stable isotope ratio analysis of oxygen in plant-derived sulphate*. Online. *Food Chemistry*. 2019, 291: 59–67. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.foodchem.2019.03.125>. [citováno 2023-08-24].
- PASEK, M. A., J.M. SAMPSON a Z. ATLAS. *Redox chemistry in the phosphorus biogeochemical cycle*. Online. *Proceedings of the National Academy of Sciences*. 2014, 111(43): 15468–15473. Dostupné z: <https://doi.org/10.1073/pnas.1408134111>. [citováno 2023-08-14].
- ROTT, E., H. STEINMETZ a J.W. METZGER. *Organophosphonates: A review on environmental relevance, biodegradability and removal in wastewater treatment plants*. Online. *Science of The Total Environment*. 2018, 615: 1176–1191. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.scitotenv.2017.09.223>. [citováno 2023-08-14].
- SEHONOVÁ, P. *Rezidua fosfonátů v potravinách rostlinného původu*. In: Sborník XLVI. konference o jakosti potravin a potravinových surovin, Book of the 46<sup>th</sup> food quality and safety conference. Brno: Mendelova univerzita v Brně, Agronomická fakulta. 2020, s. 362–365. ISBN 978-80-7509-714-9.
- SPEISER, B. a H.J. SCHÄRER. *Translocation of phosphonate from frugoplants to fruits in strawberries*. Online. In: Research Institute of Organic Agriculture FiBL. 2018. Dostupné z: [https://orprints.org/34877/1/Poster\\_Speiser\\_Bernhard\\_2018-phosphonate\\_strawberries.pdf](https://orprints.org/34877/1/Poster_Speiser_Bernhard_2018-phosphonate_strawberries.pdf). [citováno 2023-08-21].
- TRINCHERA, A., B. PARISI, V. BARATELLA, G. ROCCUZZO, I. SOAVE, C. BAZZOCCHI, D. FICHERA, M. FINOTTI, F. RIVA, G. MOCCIARO, M. BRIGLIADORI a L. LAZZERI. *Assessing the Origin of Phosphonic Acid Residues in Organic Vegetable and Fruit Crops: The Biofosf Project Multi-Actor Approach*. Online. *Agronomy*. 2020, 10(3): 421. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/agronomy10030421>. [citováno 2023-08-23].
- ÚKZÚZ. *Registr přípravků na ochranu rostlin*. Online. Dostupné z: <http://eagri.cz/public/app/eagriapp/POR/Vyhledavani.aspx?type=0&vyhledat=A&stamp=1581251441931>. [citováno 2023-07-31].
- WHILEY, A.W., P.A. HARGEAVES, K.G. PEGG, V.J. DOOGAN, L.J. RUDDLE, J.B. SARANAH a P.W. LANGDON. *Changing sink strengths influence translocation of phosphonate in avocado (Persea americana Mill.) trees*. Online. *Australian Journal of Agricultural Research*. 1995, 46(5):1079–1090. Dostupné z: <https://doi.org/10.1071/AR9951079>. [citováno 2023-07-31].