



Kmetijski inštitut Slovenije

Agricultural Institute of Slovenia



V4-2420

Ukrepi za zmanjšanje vsebnosti kadmija
v pridelkih zelenjadic in krompirja



Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije

KMETIJSKO GOZDARSKI ZAVOD
MURSKA SOBOTA



Kmetijsko gozdarska zbornica Slovenije

KMETIJSKO GOZDARSKI ZAVOD
NOVO MESTO

v partnerstvu s:

VIRI Cd ZA RASTLINE IN MOŽNOSTI ZA ZMANJŠANJE SPREJEMA V RASTLINE

Natalija Pelko – KGZS Zavod NM

VSEBINA

- **Kadmij v tleh in dostopnost za rastline**
- **Dejavniki, ki vplivajo na prisotnost kadmija v rastlinskem tkivu**
- **Možnosti za zmanjšanje sprejema kadmija v rastline**

Oblike kadmija v tleh

Ionski Cd^{2+} v talni raztopini

- Kadmij najlažje dostopen rastlinam in najbolj pogosta oblika za privzem.

Kadmij vezan na minerale glin, železove in manganove okside

- Del vezanega kadmija je rastlinam lahko dostopen
- Predvsem je sproščanje Cd odvisno od pH in drugih pogojev kemijskih in fizikalnih lastnosti tal.

Kadmij v obliki kloridov, sulfatov in organskih ligandov

- Dostopnost je zelo raznolika in je odvisna od sestave talne raztopine
- Dostopnost je odvisna tudi od vrste organske snovi; huminska kislina, fulvinske kisline, aminokisline,

Cd^{2+} v netopnih mineralih

- Praviloma zelo slabo topni in slabo dostopen kadmij

Za privzem kadmija v rastlino je najpomembnejši podatek prosti kadmij v talni raztopini, Cd^{2+} vezan na minerale glin in organsko snov v tleh.

Kemijske, fizikalne in biološke lastnosti tal določajo mobilnost in privzem kadmija v rastlino.

Zato je zelo pomembna kakovost dodanih gnojil

KADMIJ V TLEH JE BOLJ ALI MANJ DOSTOPEN

Za privzem kadmija v rastline je
pomembno vedeti:

Količino skupnega kadmija v tleh je:

- dostopen vezan kadmij

1. na okside

2. vezan kadmij na minerale glin (pH, koncentracija Ca^{2+} , Zn^{2+})



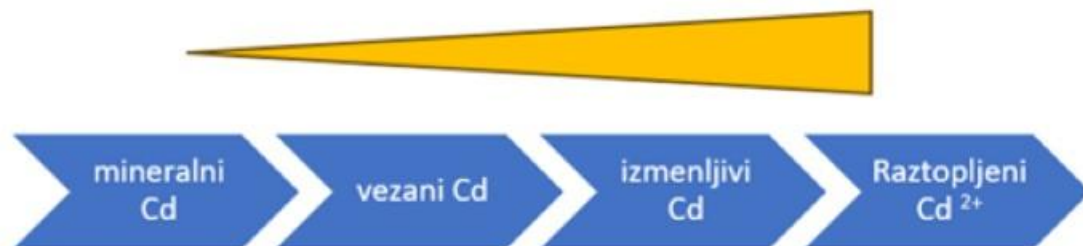
3. vezan kadmij na organsko snov

- kadmij v talni raztopini Cd^{2+}

- netopen kadmij

Dostopnost kadmija v tleh
nedostopen

dostopen



Del
topega
kadmija

V določenem času
razpoložljiv kadmij v
vodni raztopini

KADMIJ V NETOPNIH MINERALIH

KADMIJEV SULFIT, CdS – zelo slabo topen, oksidacija lahko sproži sprostitvev

KADMIJEV KARBONAT CdCO_3 – slabo topen, a se pri kislem pH zelo poveča njegova topnost – kamenina oktavit – zelo nizke topnosti v vodi

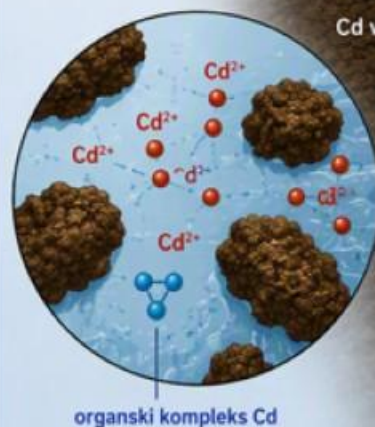
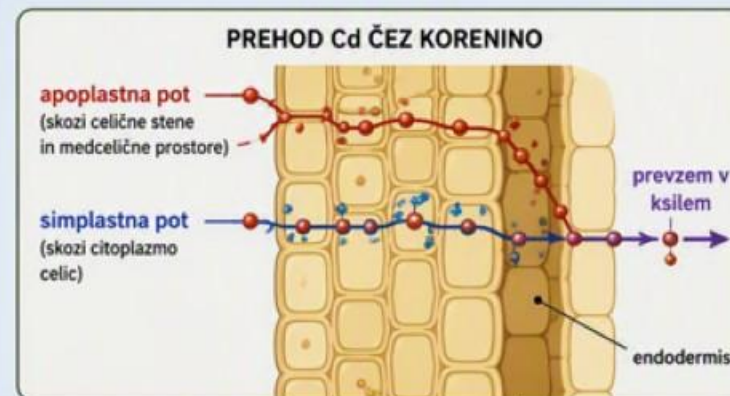
KADMIJEV FOSFAT $\text{Cd}_3(\text{PO}_4)_2$ – zelo slabo topen, fosfat lahko zato zmanjša mobilnost kadmija !!! Ni mogoče reči, da več fosforja pomeni več ali manj kadmija.

KADMIJEV OKSID CdO – slabo topen v vodi, vendar se v kislem okolju raztaplja

Pri $\text{pH} > \text{od } 6,5$ se kadmij pogosto obori v netopno spojino in se tako biodostopnost kadmija zmanjša.

POTEK PRIVZEMA KADMIJA IZ TALNE RAZTOPINE V RASTLINE

PRIVZEM KADMIJA (Cd) IZ TALNE RAZTOPINE



Cd v talni raztopini

koreninski laski
(površina za prevzem)

TRANSPORT IN AKUMULACIJA

Cd, vnesen v ksilem, se s tokom vode premika v nadzemne dele rastline, kjer se lahko kopiči v listih, steblih ali plodovih (gomoljih).

akumulacija Cd v gomoljih

LEGENDA

- Cd²⁺ kadmijev ion
- kompleks Cd
- tok Cd v ksilemu

Talna raztopina:

- prosti ion Cd²⁺,
- Cd v obliki topnih kompleksov v talni raztopini
- vezan na mineralne in organske delce tal

DEJAVNIKI, KI VPLIVAJO NA PRISOTNOST KADMIJA V RASTLINSKEM TKIVU

Količina kadmija, ki ga rastline privzemajo in pride kot hrana na naš krožnik ni naključna. Odvisna je od kombinacije dejavnikov, ki so odvisne od:

- **Od količine kadmija v tleh,**
- **lastnosti tal,** ki vplivajo na dostopnost Cd v talni raztopini,
- **okoljskih dejavnikov,** ki povečujejo tveganje za povečano vsebnost Cd v pridelkih,
- **vrsta zelenjave,** ki jo pridelujemo,
- **fizioloških mehanizmov,** ki vplivajo na privzemanje kadmija v rastline
- in izvajane **kmetijske prakse.**

Dejavnik št. 1: KADMIJ V TLEH

- **Je naravna prisotnost kadmija v tleh ali je izvor preteklih dejavnosti in onesnaženja tal.**
- **Na kmetijskih tleh se lahko vnaša z gnojili:** mineralna gnojila, organska gnojila, digestati (kmetije), komposti, vnašanje pepela (samooskrbni vrtovi), sredstev za apnenje,....
- **Vir je lahko namakanje z onesnaženo vodo ali uporaba odpadnih vod.**
- **Ali atmosferski depozit,** emisije iz metalurgije, termoelektren, sežigalnic, ...prašni delci, ki jih prinese in se usedajo na rastline.

Dejavnik št. 2: LASTNOSTI TAL, KI VPLIVAJO NA LAŽJO DOSTOPNOST KADMIJA RASTLINAM

- **kislost tal**, $\text{pH} < 5,5$ – kislata tla omogočajo večjo mobilnost kovin, lažje sproščanje v talno raztopino in povečanje dostopnosti za rastline, zmanjša se tudi adsorbcija na minerale glin in organsko snov.
- tekstura tal oz. **vsebnost gline**. **Gline imajo negativno nabito površino in** povečana vsebnost gline praviloma zmanjšuje biološko dostopnost kadmija, ima velik vpliv na kationsko izmenjevalno kapaciteto (v peščenih tleh je Cd bolj mobilan). V poskusu se preizkuša tudi dodajanje zeolita.
- **vsebnost organske** snovi zmanjšuje dostopnost Cd, (glina in OS poveča negativen naboj tal, kar omogoča vezavo kadmija)
- **vsebnost fosforja v tleh**, pripomore k vezavi nekaterih oblik TK v tleh.

Dejavnik št. 3: OKOLJSKI DEJAVNIKI, KI POVEČUJEJO/ZMANJŠAJO TVEGANJE ZA POVEČANO VSEBNOST Cd V PRIDELKIH

- Padavine in namakanje:
 - veliko padavin ali intenzivno namakanje lahko izpodriva Ca^{2+} , Mg^{2+} , Zn^{2+} in Cd^{2+} lahko postane bolj mobilen,
 - anaerobni pogoji (nasičenost z vodo) povzročijo vezavo Cd z žveplom, nastane netopni kadmijev –sulfit, kar zmanjša dostopnost kadmija
 - ob suši koncentracija Cd ionov naraste, a ga rastline težje privzemajo zaradi omejenega toka vode, vendar se ob prvem naliwu Cd hitro sprošča...
 - Kisel dež, slanost Na^+ in Cl^- vplivata na večjo mobilnost Cd^{2+}
- Mikrobiološka aktivnost: je večja pri višji temperaturi, mineralizacija je večja, več je lahko tudi sprostitve kadmija v vodni raztopini (če je v organskem delu prisoten Cd).

Dejavnik št. 4: VRSTE IN SORTE ZELENJAVE

- Vrste rastlin niso enako sposobne za odvzem TK iz tal.**

TK se različno razporejajo po rastlinskih delih, **več v koreninah, v gomoljih, čebulah in listih, manj v plodovih ali semenih.**

- Značilne razlike so tudi med sortami.**

Garpek – v vseh vzorcih presežena mejna vrednost

Messidor – najnižje vsebnosti

Skupine vrtnin glede na sprejem TK iz tal

	1. skupina Zelo majhen sprejem	2. skupina Manjši sprejem	3. skupina Srednji sprejem	4. skupina Velik sprejem
Vrtnine	- grah, fižol, leča, čičerika - kumare - paradižnik, jajčevci, paprika, feferoni - kumare, bučke, buče, melone, lubenice - sadno drevje: jablana, hruška, nešplja, kutina, naši - oreh, lešnik, kostanj, vinska trta	- zelje, brstični ohrovt, kitajsko zelje, brokoli, cvetača, koleraba, kolerabica, redkev, zelena - jagode - jagodičje (ribez, robide, maline, borovnice, aronija, kosmulja)	- redkvice - čebula, česen, por, drobnjak, šalotka - ohrovt - korenček, pastinak, peteršilj, zelena, redkvice, sladki koromač - pesa, - krompir	- solata - radič - endivija, cikorija - motovilec - blitva - špinača - kreša - korenje - repa - artičoka - regrat

Različne rastline imajo različne načine delovanja:

- rastline, ki Cd večina zadržijo v koreninah,
- rastline, ki Cd prenesejo v nadzemne dele po ksilemu
- rastline, ki kopičijo Cd v užitnem podzemnem organu (odebeljeni koreninski vrat, odebeljeno steblo, listi)

Predstavitev in delavnica CRP V4-2420
Novo mesto, 09.09.2026

Dejavnik št. 5: FIZIOLOŠKI MEHANIZMI, KI VPLIVAJO NA PRIVZEMANJE KADMIJA

- Kadmij je po kemijskih lastnostih zelo podoben hranilom, ki jih rastline nujno potrebujejo = Zn^{2+} , Fe^{2+} , Ca^{2+} in Mn^{2+} .
- Cd^{2+} se po velikosti in naboju pretvarja za Fe^{2+} ali Zn^{2+} . Na kislih tleh pogosto primanjkuje železa in cinka, kar povzroči, da rastlina namesto potrebnih mikrohranil sprejema kadmij.
- Kadmij lahko v korenino vstopa tudi preko kalcijevih kanalov.
- Celična stena in listne ploskve imajo veliko negativno nabitih mest v celičnih stenah, kar omogoča prehod kadmija do ksilema. Hitra rast listnih vrtnin in visok pretok vode prinese več kadmija v nadzemne dele. Kadmij se rad veže na organske kisline in se z vodo premika v liste.....

Dejavni št. 6: GLAVNI DEJANIKI TVEGANJA iz kmetijske prakse

1. Kisla tla povečujejo topnost kadmija.
2. Nizka založenost tal z organsko snovjo poveča dostopnost kadmija.
3. Peščena tla povečajo dostopnost kadmija.
4. Pomemben dejavnik je prehrana rastlin. Nizka založenost tal z cinkom in železom povzroči povečanje privzemanja kadmija.
5. Vrsta gnojil, ki jih uporabimo – pomembna nizka vsebnost kadmija. (tudi apnenje)
6. Listna zelenjava je občutljiva zaradi toka vode po ksilemu. Nekaterе vrste zelenjave je manj zadrževanja kadmija v koreninah in se Cd lažje prenese naprej.
7. Podzemni deli rastlin (česen, čebula, korenje, krompir). Pri njih se Cd veže v celično steno, pektin in druge organske molekule.

CRP – ALI LAHKO ZMANJŠAMO TVEGANJE?

1. Pridelava na neonesnaženih tleh, stran od cest in industrijskih obratov.
2. Znižanje dostopnosti kadmija v tleh za rastline. Kako? S katerimi snovmi?
3. Vzdrževanje pH nad 6,5.
4. Uporaba gnojil z nizko vsebnostjo kadmija.
5. Povečevanja glin in organske snovi v tleh poveča vezavo kadmija, kar zmanjša njegovo mobilnost.
6. Ustrezno namakanje?
7. Vzdrževanje ustrezne količine cinka, mangana in železa v tleh?
8. Izbira kultur, ki ne akumulirajo težkih kovin, kjer se pojavljajo presežne vrednosti?
9. Izbor vrst zelenjave in izbor sort, ko zaznamo neustrezne pogoje v pridelovalnih tleh?
10. Selekcija rastlinskih sort in genska manipulacija, ki omogoča boljšo sposobnost blokiranja Cd v koreninah?
11. Foliarno nanašanje salicilatov, silicija in melatonina za znižanje količino Cd v listih?
12. Redno testiranje tal in pridelkov?

SPOROČILO PRIDELOVALCEM

1. Največja tveganje so pri listni zelenjavi, česnu, korenju, krompirju in tudi žitih.
2. Nujno je izvajanje analize tal.
3. Priporočamo se gnojenje na podlagi analize. Povečevanje organske snovi v tleh nad 4 % in apnenje tal, da je pH tal nad 6,5.
4. Preverjanje kakovosti gnojil in vsebnosti kadmija v gnojilih. (deklaracije proizvajalca vsebujejo podatek o kadmiju v gnojilih)
5. Na **rizičnih tleh** se naj pridelovalec raje pogovori o možnostih za pridelavo: vrtnine in sorte, ki so manj rizične.

Hvala za pozornost!