

# Kristaloni i njihova primjena

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

*Kristaloni* su zajedničko ime za mineralna (*umjetna* ili *artificijelna*) gnojiva koja su u potpunosti topljiva u vodi, sadrže hranjive tvari (*esencijalne elemente*) u lako dostupnoj formi i ne sadrže *balast* (*punilo*, odnosno inertnu netopljivu tvar) te nakon otapanja u vodi ne zaostaje talog koji bi mogao blokirati otvore na sustavima za navodnjavanje ili dizne na prskalicama. Smatra se da uvjet topljivosti zadovoljavaju gnojiva koja se u 10 minuta otope najmanje 99 %, a otopina je kemijski stabilna barem tjedan dana i ima slabokiselu pH reakciju (5,5 - 6.5). Također, otopina *kristalona* mora imati nisku *elektroprovodljivost* ( $EC = 0,9 - 1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ), bez ili s minimalnim sadržajem natrija i klora kako ne bi dolazilo do zaslanjivanja supstrata ili tla pri učestaloj *fertirigaciji* koja je uobičajena u zaštićenim prostorima (staklenici i plastenicima).

Prvo vodotopljivo gnojivo pod imenom *Kristalon* proizvela je češka kompanija *Lovochemie, a.s.* i stavila ga na tržište 1976. god. Osim Yarinih kristalona koji su uobičajeni u RH, danas ih proizvodi niz tvornica diljem svijeta. [Globalno tržište vodotopljivih gnojiva procijenjeno je na 15 milijardi USD 2023. i predviđa se njegov rast po stopi od 7 % između 2024. i 2033. kada će tržište dosegnuti 29,50 milijardi USD.](#) *Kristaloni* se proizvode od industrijski proizvedenih kemikalija, a ne prirodnih sirovina za proizvodnju mineralnih gnojiva koja često sadrže različite, pa i štetne primjese (npr. teške metale, radionuklide, toksične spojeve i dr.). [Zbog toga su znatno skuplja od vodotopljivih mineralnih gnojiva, ali su superiornija u pogledu sadržaja hranjivih tvari, topljivosti u vodi, brzini apsorpcije i kemijskoj stabilnosti.](#) Zbog toga je kristalone uputno kupovati od provjerenih proizvođača koji u njihovoj proizvodnji ne koriste vodotopljiva mineralna gnojiva (Tab. 1.) već kemikalije visoke čistoće, koje općenito dosežu razinu čistoće industrijskog stupnja (*Tech grade* ili *kemikalije koje se se ubrajaju u razred za navodnjavanje ili staklenički razred*). Naime, kemikalije tehničkog stupnja nisu pročišćene u mjeri prikladnoj za hranu, lijekove ili medicinsku uporabu, ali su i dalje dovoljno kvalitetne za industrijsku uporabu. Također, kristaloni smiju sadržavati  $\leq 0,1 \%$ - $0,2 \%$  netopljivih čestica koje lako mogu blokirati kapaljke na cijevima za navodnjavanje kap po kap.

Tablica 1. Potpuno topljiva mineralna gnojiva i njihova topljivost u vodi

| Gnojivo   | Topljivost gnojiva u $\text{g dm}^{-3}$ (g/L)<br>pri temperaturi otopine u °C |      |      |      |     |     |
|---|---|------|------|------|-----|-----|
|   | 5   | 10   | 20   | 25   | 30  | 40  |
| Kalijev nitrat; $\text{KNO}_3$ (13:0:46)  | 133   | 170  | 209  | 316  | 370 | 458 |
| Amonijev nitrat; AN; $\text{NH}_4\text{NO}_3$ (33,5:0:0)  | 1183  | 1510 | 1920 | .    | .   | .   |
| Amonijev sulfat; $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ (21:0:0)  | 710   | 730  | 750  | .    | .   | .   |
| Kalcijev nitrat; $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2$ (17:0:0); $\text{Ca}(\text{NO}_3)_2 \cdot 4\text{H}_2\text{O}$ (11,9:0:0) | 1020  | 1130 | 1290 | .    | .   | .   |
| Magnezijev nitrat; $\text{Mg}(\text{NO}_3)_2$ (10,5:0:0)  | 680   | 690  | 710  | 720  | .   | .   |
| Monoamonijev fosfat; MAP; $\text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$ (12:61:0)  | 250   | 295  | 374  | 410  | 464 | 567 |
| Monokalijev fosfat; MKP; $\text{KH}_2\text{PO}_4$ (0:54:32)   | 110   | 180  | 230  | 250  | 300 | 340 |
| Kalijev klorid; KCl (0:0:60)  | 229   | 238  | 255  | 264  | 275 | .   |
| Kalijev sulfat; $\text{K}_2\text{SO}_4$ (0:0:50)  | 80  | 90   | 111  | 120  | .   | .   |
| Urea; $\text{CO}(\text{NH}_2)_2$ (46:0:0)   | 780   | 850  | 1060 | 1200 | .   | .   |

Zbog svojih fizikalnih svojstava (potpuna topljivost u vodi bez taloga) *kristaloni* se najčešće koriste u hortikulturi za *fertirigaciju*, u *hidroponima* za pripremu hranjivih otopina ili kao *folijarna gnojiva* ([primjena preko lista](#)), a često sadrže *mikroelemente* i *hormone rasta*. Također, mogu se primijeniti i za gnojidbu usjeva, voća, povrća i cvijeća na otvorenom, ili u kontroliranim uvjetima, uz navodnjavanje kap po kap, orošavanje, prskanje, ili uz neki drugi sustav *fertirigacije*. Primjena kristalona

omogućuje preciznu kontrolu nad koncentracijama hranjivih tvari, jednostavnu i brzu prilagodbu potrebama biljaka i fazama rasta. Jednostavni su za rukovanje, skladištenje i aplikaciju i mogu se primjenjivati na različite načine, uključujući *folijarnu ishranu* i *fertirigaciju* (ili *fertigaciju*) što ih čini prikladnima za male, kao i za velike poljoprivredne proizvođače. Ova su gnojiva kompatibilna s modernim poljoprivrednim praksama kao što su *hidroponika*, *aeroponika*, proizvodnja u staklenicima i [pre-cizna poljoprivreda](#).

Primjena kristalona je zbog njihove relativno visoke cijene vrlo često ograničena na *visoko profitabilnu proizvodnju*, posebice u zaštićenom [hidroponskom uzgoju](#) (sustav uzgoja biljaka u zaštićenom prostoru na *hranjivoj otopini* ili *inertnom supstratu*, kao što su kamena vuna, kokosova vlakna, vermikulit, perlit itd., kroz koji se propušta hranjiva otopina) i [aeroponskoj proizvodnji](#) (postupak potpuno automatiziranog, nadziranog i vertikalnog, skalabilnog ili rotacionog uzgoja bilja u okolišu zraka ili aerosola bez upotrebe tla ili agregatnog medija). Kristaloni se često koriste u voćarstvu i vinogradarstvu, posebice u kritičnim fazama vegetacije. [Zahtijevaju posebnu tehnologiju primjene](#) (sustave za *fertirigaciju* ili *folijarnu primjenu*), a mogu se aplicirati i u kombinaciji s većinom zaštitnih sredstava (*kemigacija*). Kristaloni se ubrajaju u visoko učinkovita brzo djelujuća gnojiva, a formula-cija *kristalona* naglašava se često bojama radi boljeg raspoznavanja.

Proizvođači kristalona kao njihovu prednost najčešće navode mogućnost dobivanja većih koncentracija hraniva u odnosu na tekuća gnojiva, dobru stabilnost ovih proizvoda tijekom skladištenja i lakoću otapanja u vodi i međusobnog miješanja premda svaki proizvođač određuje sastav, formulaciju i koncentraciju svog gnojiva. Mikroelementi su u kristalonima najčešće u formi *kelata* (izuzev bora i molibdena). [Kelati \(helati; šelati\) su organometalni kompleksni spojevi](#), odnosno lakousvo-jiv oblik hraniva koji se mogu primjenjivati u ishrani bilja preko lista ili korijena. Metalni atom (ili ion mikroelementa) kelata koordinacijski je povezan s dva ili više atoma iste molekule (*ligand*). Tvorbu kelatnih formi elemenata ishrane u tlu potpomažu *izlučevine korijenja*, *humusne* i druge *organske kiseline*. *Kelatizirana hraniva* su pogodan oblik biljnih hraniva jer ne sudjeluju u drugim kemijskim reakcijama koje ih mogu prevesti u teže ili nepristupačne oblike, ne ispiru se iz rizosfere, a biljke ih lako usvajaju. [Najčešći kelatizirajući agensi su EDTA \(Etilendiamintetraoctena kiselina\), EDDHA \(Etilendiamin-N,N'-bis\(2-hidroksifenil\)octena kiselina\) i HEEDTA \(N-\(2-hidroksietil\) etilendiamintetraoctena kiselina\)](#).

Sadržaj kelatnog oblika mikroelemenata ne smije biti manji od 80 % iako oksidni oblik mikroelemenata u kristalonima omogućuje njihovu višu koncentraciju, ali s relativno niskom topljivošću. Kelatna forma mikroelemenata najefikasnija je na temperaturi tla 15 - 25° C pa nije prikladna za primjenu u kasnu jesen ili rano proljeće. Također, na kelatizaciju jako utječe vrsta kelatnog sredstva, vrsta metalnog iona, vrijeme, pH, koncentracije soli i teksturu tla, kao i mikrobiološka razgradnja kelatnog agensa što može smanjiti koncentracije liganda i efikasnost kelatizacije. Zbog toga je kod kristalona na bazi soli važno navesti podatke o sadržaju mikroelemenata i njihovoj topljivosti u vodi. [Naime, anorganske soli mikroelemenata \(nitrati, sulfati, kloridi\) dobro se otapaju u vodi, ali ih lišće slabije apsorbira. te u odnosu na kelatnu formu zahtijevaju primjenu većih doza za sličan učinak](#), ali je njihovo djelovanje efikasno i na nižim temperaturama, osobito uz veću koncentraciju mikroelemenata, te se stoga najčešće koriste za uklanjanje manjka hraniva u tlu.

Kristaloni nisu samo vrlo raznolika grupa gnojiva, već su i fleksibilni u metodama primjene. Općenito postoje četiri načina:

- Navodnjavanje kapanjem,
- Navodnjavanje prskalicama (najčešće mikro prskalicama za lokaliziranu primjenu),
- Folijarna primjena i
- Uzgoj biljaka bez tla na različitim inertnim supstratima.

Biljke ne razliku hranjive tvari prema njihovom izvoru, ali je potrebno istaći kako primjena krutih (danas su to uglavnom granulirana ili peletirana gnojiva) u odnosu na otopljena gnojiva u vodi imaju prednosti ovisno o poljoprivrednoj primjeni. Konvencionalna, kruta gnojiva mogu se primjenjivati

vati za povećanje plodnosti, odnosno nadoknadu nedostatka biogenih elemenata ishrane u tlu, kondicioniranje (popravke, meliorativnu gnojidbu, promjenu pH i dr.), fosforna i kalijeva gnojiva, bez obzira jesu li vodotopljiva, vrlo su efikasna u osnovnoj gnojidbi (pod duboku brazdu jer su P i K slabo pokretni u tlu i potrebno ih je izmiješati s tlom), ali i startno kad se primjenjuju zajedno sa sjetvom uz ili pod posijano sjeme ([pazeći na potreban razmak zbog opasnosti od tzv. solnog stresa](#)). Također, troškovi primjene krutih gnojiva znatno su niži u odnosu na primjenu kristalona i tekućih gnojiva. Dušična kruta gnojiva uglavnom su lako topljive soli (izuzev uree koja je organski spoj, [ali se u tlu pod povoljnim uvjetima vlage i temperature vrlo brzo mineralizira do amonijskog, pa zatim do nitrarnog oblika](#)). Zbog vezivanja amonijskog iona ( $\text{NH}_4^+$ ) na adsorptivni kompleks tla (negativno nabijeni koloidi humusnih tvari i gline) [urea se primjenjuje u osnovnoj gnojidbi ozimih usjeva](#), ali i za prihranu mnogih jarih usjeva, uključujući i folijarnu primjenu jer je izrazito vodotopljiva (Tab. 1.), [ali koncentracija otopine uree najbolje je da se nalazi unutar granica od 0,5-2,0 %](#).

[Tekuća gnojiva se mogu primjenjivati u tlo \(injektiranjem\) ili folijarno koristeći prskalice ili sustave za fertirigaciju](#) (raspršivačima ili sustavima kap po kap) i [kemigaciju \(irigacija + gnojidba + zaštita bilja\)](#). Tekuća gnojiva se najčešće primjenjuju u trakama uz sjeme ili presadnice i folijarno za prihranu, odnosno korekciju manjka hraniva tijekom vegetacije jer hraniva usvojena kroz list vrlo brzo djeluju. [Kada je folijarna gnojidba prvi izbor?](#)

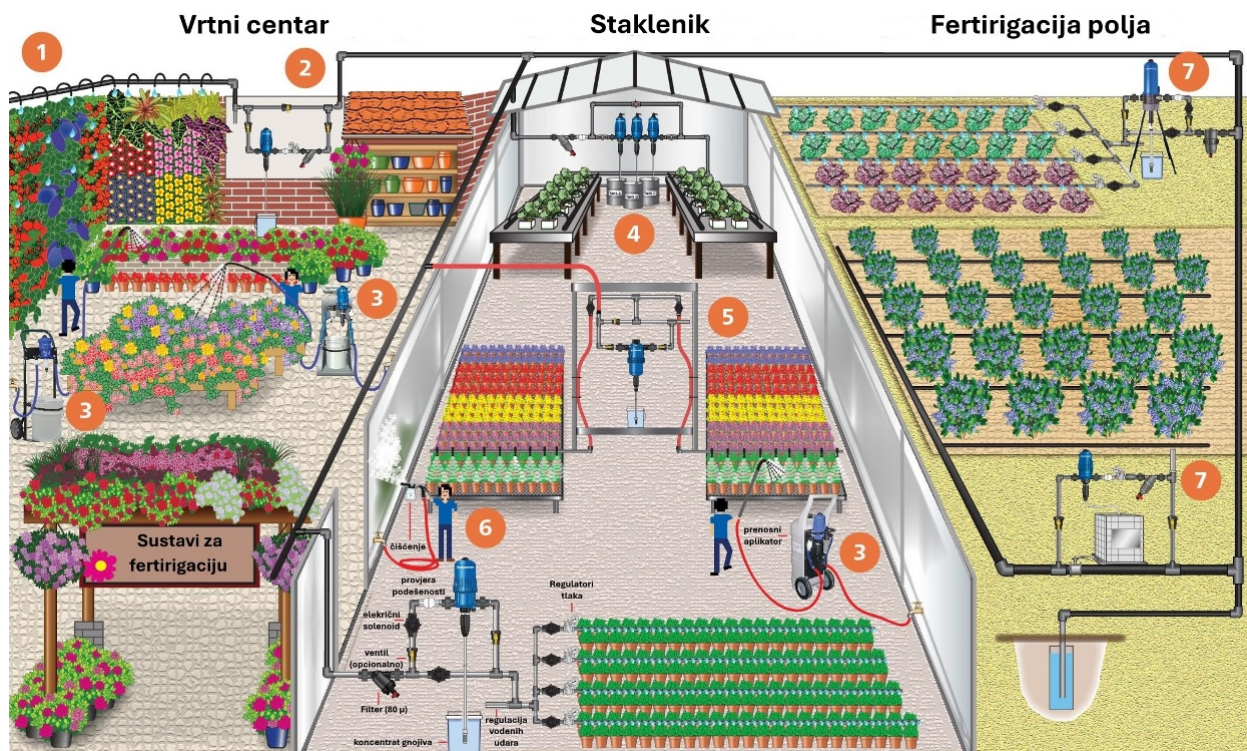
- Kad je akropetalni transport elemenata ishrane (od korijena prema gore) iz korijena limitiran (nizak pH, suša, visoka relativna vlaga u zaštićenim prostorima i sl.), folijarna primjena kalcija rješava problem kvalitete i očuvanja plodova ([slabo pokretljivi elementi: Ca, S, Fe, Cu, Zn, B, Mo](#)),
- Kad je problem usvajanja hraniva iz tla ograničen zbog različitih razloga (npr. suša), folijarna primjena je alternativa za nadoknadu deficita (barem jednog dijela hraniva),
- Kad je korijen oštećen (zbijeno tlo, ležanje vode, bolest, štetnici i dr.), folijarna primjena je način spašavanja žetve,
- Kad je potrebno uz hraniva primijeniti pesticide i/ili hormone rasta ([kemigacija](#)) i
- Usvajanja cinka, posebice sjemenskim kukuruzom, zaslužuje posebnu pažnju jer je u neutralnim i alkalnim tlima često imobilan i stoga slabo raspoloživ za usvajanje (premda analiza tla može pokazivati dovoljnu količinu).

[Folijarna gnojidba, zapravo je prihrana jer ne može općenito zadovoljiti ukupne potrebe biljaka u makroelementima](#), ali u otvorenim (poljskim) sustavima proizvodnje isporučuje neophodna hraniva izravno biljnim tkivima tijekom kritičnih faza rasta. Zbog niske koncentracije otopine kojom se biljke prskaju i moguće štete od opeklina lista, kao i zastoja u rastu, hraniva je potrebno dodavati u više navrata što zahtijeva više rada (troškova) i vrlo veliku količinu vode, koja je nedovoljna da se otkloni njen nedostatak u toplom i/ili sušnom periodu. Također, vodotopljiva hraniva, bilo da su primijenjena u tlo ili folijarno, mogu biti isprana kišom ili navodnjavanjem.

Korištenje tekućeg gnojiva ima i mnoge prednosti, osobito kad se koristi dovoljno velik spremnik za otopljeno gnojivo koji je postavljen na polju na stratešku točku i injektor gnojiva koji se unaprijed programira za oslobađanje gnojiva kroz sustav navodnjavanja ([fertirigacije](#)) te je potrebno minimalno rukovanje gnojivom jer se automatski odvija proces izračuna potrebne doze i podešavanja njene koncentracije tijekom vegetacije. [Premda primjena vodotopljivih gnojiva, uključujući i kristalona, zahtijeva investiciju u sustav fertirigacije, općenito se smatra isplativim, osobito u intenzivnoj proizvodnji i na velikoj površini](#) jer zahtijeva manje gnojiva i manje rada, a daje jednako dobre rezultate, često i bolje u odnosu na višestruku prihranu zbog mogućnosti sinkronizacije s potrebama biljaka za određenim hranivima u pojedinim etapama razvitka.

Koncentracija otopine [kristalona](#) ne smije biti visoka zbog opasnosti od opeklina lišća, posebice pri višim temperaturama. U sustavima (Slika 1.) za [fertirigaciju i kemigaciju \(navodnjavanje + hraniva + pesticidi\)](#) otopina za primjenu u zaštićenim prostorima (staklenici, plastenici) treba primjenjivati koncentraciju otopine kristalona 0,05 - 0,2 % (za mlade i osjetljive biljke ne preko 0,1 % ili 1 kg u 1000 litara vode), a za poljske uvjete 0,1 - 0,2 %, dok se za folijarnu primjenu koriste u dozi

2 - 5 kg kristalona po ha u 200 - 300 litara vode po ha za sve usjeve, odnosno 1000 litara po ha za povrće. Zbog primjene niske koncentracije otopine, neovisno o načinu primjene, kristaloni se primjenjuju u više navrata te je njihova primjena isplativa uglavnom kod visoko profitabilnih kultura (npr. sjemenska proizvodnja, voće, povrće, cvijeće i dr.).



Slika 1. [Shema fertirigacije staklenika i polja](#) (1. živa ograda; 2. fertirigacija; 3. mobilne prskalice; 4. trodijelni spremnik otopine gnojiva; 5. prskalice; 6. čišćenje; 7. sustav visokog protoka vode)

Uobičajeni način pripreme otopine kristalona je da se prvo napravi 10 % koncentracija otopine (1 kg kristalona/gnojiva otopljenog u 10 litara vode) kako bi se osiguralo njegovo potpuno otapanje koja se zatim razrjeđuje do željene koncentracije pomoću pumpe za doziranje. Naravno moguće je u potrebnu količinu vode za fertirigaciju dodati potrebnu količinu kristalona (npr., ako spremnik ima zapreminu 1000 litara, onda se doda 1 kg kristalona, odnosno 1 gram po litri).

Kristaloni ne sadrže talog nakon otapanja, dok mnoga mineralna gnojiva, premda se mnoga lako do potpuno otapaju u vodi, često sadrže manje ili više taloga zbog različitih dodataka (*balasta* i *kondicionera* u obliku praha, ulja i dr.) protiv sljepljivanja granula, sprječavanja upijanja vlage, bolje kemijske stabilnosti, sprječavanja eksplozivnosti (posebice nitratnih soli) i dr. Stoga je prije njihove uporabe potrebno provjeriti sadrže li talog (*balast*) u obliku i količini koja može ometati rad *uređaja za fertirigaciju* ili začepiti dizne prskalice pri folijarnoj primjeni. Kad mineralno gnojivo sadrži talog, moguće ga je ukloniti različitim načinima, npr. filtracijom, dekantiranjem bistre otopine iznad taloga, centrifugiranjem i sl.

Premda se većina topljivih hranjivih tvari može lako apsorbirati kroz lišće, ali i drugim biljnim organima. [Dokazano je da nema veće razlike između usvajanja lišćem i korijenom zbog drugačije anatomske građe ta dva organa.](#) List je prekriven *kutikulom*, na njemu je velik broj *puči*, a stanice *palisadnog* i *spužvastog parenhima* sadrže *klorofil* i obavljaju *fotosintezu*. Međutim, neki od biogenih elemenata sporo se ili nikako ne premještaju *descendentno* (od lista prema korijenu, npr. kalcij i bor). Voda se može usvajati lišćem, ali i drugim organima. Osim toga, [anatomija i fiziologija biljaka prilagođena je usvajanju biogenih elemenata korijenom](#) pa brzina i usvajanje veće količine hranjivih tvari kroz lišće nije dovoljna za uzgoj usjeva. [Pogrešno je mišljenje da se voda i u njoj otopljene tvari usvajaju kroz puči](#) jer njihova prosječna površina iznosi ~2 % od površine lista. Također, to su vrlo mali otvori (oko 30 x 7 µm) te zbog površinskog napona voda teško ulazi kroz tako male otvore, a i samo vlaženje stanica zapornica još više smanjuje ulazni otvor puči ili ih potpuno zatvara. Zbog toga se

voda, zajedno s otopljenim mineralnim tvarima preko lista usvajaju kroz kutikulu i epidermalne stanice, zapornice puči i dlačice na listu.

Folijarna gnojidba može biti značajan poticaj rastu i razvitku bilja, osobito ako korijenski sustav ne funkcionira dobro zbog suše, visoke temperature, oštećenja ili nekog drugog stresnog faktora. Također, mikroelemente biljke zahtijevaju u vrlo malim količinama te se često cijela potrebna količina može usvojiti preko lišća.

Topljivost se definira kao maksimalna količina mineralnog gnojiva koje može biti u potpunosti otopljena u nekoj količini vode i to pri određenoj temperaturi (Tab. 1.). U slučaju prekoračenja topljivosti nastat će talog (*precipitat*) koji može blokirati sustav za *fertirigaciju*. Kada se miješaju gnojiva koja sadrže isti biogeni element (na primjer *kalijev nitrat* i *kalijev sulfat*) opada topljivost gnojiva pa je kod miješanja gnojiva često niža. Isto se događa kad je voda za otapanje tvrda (bogata Ca, Mg, sulfatima i dr.) jer dolazi do neželjenih kemijskih reakcija pa proračun topljivosti postaje složeniji. Za otapanje kristalona u tvrdoj vodi neki proizvođači nude kisela, potpuno topljiva mineralna gnojiva (npr. *Solufeed Superior gnojiva*).

Pojedina gnojiva ne treba uopće miješati u istom spremniku jer vrlo brzo mogu nastati netopljive soli zbog nekompatibilnosti ili [antagonizma gnojiva](#). Da bi se takvi problemi izbjegli najbolje je testirati topljivost mineralnih gnojiva, ili njihovih smjesa, u identičnom omjeru predviđenom za primjenu u prozirnoj staklenoj tegli, pri čemu ne smije doći do pojave taloga ili zamućenja otopine. [Umjesto kristalona često se koriste lako topljiva mineralna gnojiva](#) koja su znatno jeftinija, npr.:

- [Kalijev nitrat](#) je vrlo dobro dvojno kompleksno gnojivo (NK), malo higroskopno te neutralne do alkalne fiziološke reakcije. Sadrži 46,5 %  $K_2O$  i svega 14 % N. Pogodan je za gnojidbu biljnih vrsta koje zahtijevaju dosta kalija (šećerna repa, krumpir, kukuruz itd.) i za slučajeve gdje je dovoljno fosfora u tlu ili supstratu.
- [Amonijev nitrat \(AN\)](#) je najtopljivije dušično gnojivo, higroskopno je i lako se sljepljuje zbog čega mu se u postupku proizvodnje dodaju Ca- i Mg-nitrati (*kondicioniranje*), a granule se zaprašuju materijalima koji odbijaju vodu pa sadrži malo taloga nakon otapanja. Sadrži 33,5 % N (čist spoj sadrži 35 % N) i 1 % MgO te spada u učinkovitija dušična gnojiva. Amonijev nitrat je eksplozivna i zapaljiva tvar i tek se u posljednje vrijeme može koristiti čist kao gnojivo uz potrebne mjere opreza. Najčešće se koristi kao startno ili gnojivo za prihranu jer je 50 % dušika u nitratnom obliku djeluje odmah nakon primjene. Zbog visoke topljivosti u vodi amonijev nitrat, kao gnojivo bez punila, često se koristi i za folijarnu ishranu u obliku otopine.
- [Kalcijev nitrat \(norveška salitra\)](#) je fiziološki alkalno gnojivo koje sadrži 13 - 16 % N, vrlo higroskopno pa se isključivo pakira u nepromočive vreće. Smatra se vrlo dobrim dušičnim gnojivom, jer sadrži kalcij koji povoljno utječe na strukturu kiselih tali i pristupačnost drugih hraniva. Gnojivo se dobro otapa u vodi pa se može rabiti za *folijarnu ishranu, fertirigaciju i kemigaciju*.
- [Magnezijev nitrat](#) sadrži 10,5 % dušika i 9,4 % magnezija i kao svi drugi nitrati vrlo dobro se otapa u vodi. U smjesi s amonijačnim, kalcijevim i kalijevim nitratom često se koristi u staklenicima i hidroponima.
- [Monoamonijev fosfat \(MAP\)](#) proizvodi se u znatnim količinama zbog jednostavnog postupka dobivanja i visoke koncentracije aktivne tvari. Potpuno vodotopljiv MAP proizvodi se u formulaciji 12:61:0 za razliku od granuliranog kojem je najčešće formulacija 11:52:0. DAP (*diamonijev fosfat*; 18:46:0;  $(NH_4)_2HPO_4$ ) se nešto bolje otapa u vodi od MAP-a i daje neutralnu do slabo alkalnu hranjivu otopinu (pH 7 - 8) za razliku od MAP čija je otopina kisela (pH 4 - 5). Ne smije se koristiti u smjesi s kalcijevim i magnezijevim solima.
- [Monokalijev fosfat \(MKP;  \$KH\_2PO\_4\$ \)](#) je lako topljiva sol visoke koncentracije fosfora i kalija (0:52:34). Zbog visoke puferne sposobnosti (održavanje stabilne pH vrijednosti) često se primjenjuje u hranjivim otopinama za *fertirigaciju* i u *hidroponskoj proizvodnji*. Kada se koristi u smjesi s ureom i amonijačnim fosfatima smanjuje se gubitak amonijaka i održava kisela pH vrijednost otopine.

- Kalijev klorid i kalijev sulfat dobivaju se prekrizacijom iz više prirodnih minerala i oba su potpuno topljiva u vodi.

Osijek, 26. svibnja 2024. god.

Napomena:

Prema Google Search Console vrlo veliki broj upita na mojoj web stranici <https://tlo-i-biljka.eu> odnosi se na kristalone te je tekst iz 2016. god.: Kristaloni i njihova primjena proširen i ažuriran.