

## Kristaloni ili potpuno vodotopiva mineralna gnojiva

Prof. dr. sc. Vladimir Vukadinović

*Kristaloni* su zajedničko ime za mineralna („umjetna“ ili „artificijelna“) gnojiva koja su u potpunosti topiva u vodi, sadrže hranjive tvari (*esencijalne elemente*) u lako dostupnoj formi i ne sadrže *balast* (*punilo*, odnosno inertnu netopivu tvar), a nakon otapanja u otopini ne zaostaje talog koji bi mogao začepiti otvore na sustavima za navodnjavanje ili dizne na prskalicama. Smatra se da uvjet topivosti 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* ( $EC = 0,9 - 1,2 \text{ dS m}^{-1}$ ) kako ne bi dolazilo do zaslanjivanja supstrata ili tla pri učestaloj *fertigaciji* koja je uobičajena u zaštićenim prostorima (staklenici i plastenici), bez ili s minimalnim sadržajem natrija i klora. Zbog svojih fizikalnih svojstava (potpuna topivost u vodi bez taloga) *kristaloni* najčešće se koriste u hortikulturi za *fertigaciju*, 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 *fertigacije*.

Primjena kristalona najčešće je, zbog njihove relativno visoke cijene, ograničena na *hortikulturu*, posebice u zaštićenoj *hidroponičnoj/aeroponičnoj* proizvodnji (voće, povrće, cvijeće), ali se primjenjuju i u voćarstvu i vinogradarstvu, posebice u kritičnim fazama vegetacije. Zahtijevaju posebnu tehnologiju primjene (sustave za *fertigaciju*, 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 formulacija *kristalona* naglašava se često bojama radi boljeg raspoznavanja (Tablica 1.).

Tablica 1. Yara kristaloni

Kristalon	N ukupni	N NO <sub>3</sub>	N NH <sub>4</sub>	N Urea	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	MgO	S	EC 1 g/L	Primjena
	koncentracija (% težine)									
Žuti	13	4,4	8,6	-	40	13	-	-	10	Startna primjena. Namjena za dobro ukorjenjivanje i poticanje cvatnje.
Plavi <sup>A</sup>	17	8,0	9,0	-	6	18	2	8	1,6	Vegetativni razvoj. Standardna formulacija za poticanje razvoja lista.
Plavi label <sup>B</sup>	19	11,9	7,1	-	6	20	3	3	1,4	
Lila <sup>A</sup>	19	3,4	15,6	-	6	6	1	16	1,7	Vegetativni razvoj. Formulacija za lisnato povrće i rasad u kontejnerima (lončanice).
Lila label <sup>B</sup>	20	6,8	13,2	-	8	8	2	10	1,6	
Azurni	20	7,9	12,1	-	5	10	2	10	1,5	Vegetativni razvoj. Formulacija prilagođena ornamentalnim biljkama sporog rasta na kiselim tlima (npr. azaleje).
Azurni specijal	16	9,1	6,9	-	11	16	4	5	1,4	
Bijeli <sup>A</sup>	13	7,0	6,0	-	5	26	3	9	1,5	Reproduktivna faza. Formulacija prilagođena za stimulaciju cvjetanja i plodonošenja (pogodna za sve usjeve).
Bijeli <sup>B</sup>	15	11,3	3,7	-	5	30	3	2	1,3	
Crveni	12	10,1	1,9	-	12	36	1	1	1,2	Reproduktivna faza prilagođena za voće
Narančasti <sup>C</sup>	6	4,5	1,5	-	12	36	3	8	1,3	Usjevi, lukovičasto svijeće i tla s jakom fiksacijom kalija. Također u kombinaciji s kalcijevim nitratom.
Skarlet <sup>F</sup>	7,5	7,5	-	-	12	36	4,5	4	1,2	Prilagođena formulacija specijalno za hidroponski uzgoj (omjer N:K prilagođen kombinaciji s kalcijevim nitratom).
Smeđi <sup>C</sup>	3	3,0	-	-	11	38	4	11	1,3	Prilagođena formulacija specijalno za hidroponski uzgoj (omjer N:K prilagođen kombinaciji s kalcijevim nitratom).
Zeleni label	18	9,8	8,2	-	18	18	-	-	1,2	Opća namjena s naglašenim mikroelementima (pogodna formula za sve usjeve).
Specijal	18	4,9	3,3	9,8 <sup>D</sup>	18	18	3	2	0,9	Namijenjen folijarnoj primjeni (sadrži ureu).
Vega	17	9,0	8,0	-	6 <sup>E</sup>	25	-	6	1,3	Vegetativni razvoj. Sadrži 50 % fosfora u kompleksnom obliku.
Gena	12	9,5	2,5	-	12 <sup>E</sup>	36	-	2	1,2	Generativna faza. Sadrži 50% fosfora u kompleksnom obliku.

<sup>A</sup>(za alkalna tla); <sup>B</sup>(za neutralna i kisela tla); <sup>C</sup>(sadrže Fe-DTPA); <sup>D</sup>(zbog niskog sadržaja biureta u urei pogodan za folijarnu primjenu); <sup>E</sup>(50 % ili 75 % P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> kao polifosfat; ne treba ih miješati s Mg); <sup>F</sup>(sadrže 50 % Fe-DTPA i 50 % Fe-EDTA); <sup>G</sup>(za gnojidbu uz dodatak kalcita iz drugog spremnika).

Osim Yarinih kristalona koji su uobičajenih u RH proizvodi ih niz tvornica, npr. Compo Expert GmbH (*Hakaphos* i *Basaplant*), Uralchem (*Solar*), Bures (*Soluplant*), Green (*Greenplant Line*), Anorel (*Kalafos*, *Potanit*), Triferto (*Solferto*), Solufeed Ltd., Novarc Organics Ltd. itd.

Koncentracija otopine *kristalona* ne smije biti visoka zbog opasnosti od opekotina lišća, posebice pri višim temperaturama. U sustavima za [fertigaciju 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.).

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

*Kristaloni* (kristalna, negranulirana potpuno topiva gnojiva visoke čistoće) ne sadrže talog nakon otapanja, dok mnoga mineralna gnojiva, premda se 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 fertigaciju* ili začepiti dizne prskalice pri folijarnoj primjeni. Kad mineralno gnojivo sadrže talog, moguće ga je ukloniti različitim načinima, npr. filtracijom, dekantiranjem bistre otopine iznad taloga, centrifugiranjem i sl.

Premda se većina topljivih hranjivih tvari mogu apsorbirati kroz lišće, neki od biogenih elemenata sporo se ili nikako ne premještaju [descendentno](#) (od lista prema korijenu, npr. Ca i B). 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. Međutim, 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.

Tablica 2. Potpuno topiva mineralna gnojiva i njihova topivost u vodi

Gnojivo i NPK formulacija	Topivost gnojiva u g dm <sup>-3</sup> (g/L) pri temperaturi otopine u °C					
	5	10	20	25	30	40
Kalijev nitrat; KNO <sub>3</sub> (13:0:46)	133	170	209	316	370	458
Amonijev nitrat; AN; NH <sub>4</sub> NO <sub>3</sub> (33,5:0:0)	1183	1510	1920	.	.	.
Amonijev sulfat; (NH <sub>4</sub> ) <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (21:0:0)	710	730	750	.	.	.
Kalcijev nitrat; Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (17:0:0); Ca(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> ·4H <sub>2</sub> O (11,9:0:0)	1020	1130	1290	.	.	.
Magnezijev nitrat; Mg(NO <sub>3</sub> ) <sub>2</sub> (10,5:0:0)	680	690	710	720	.	.
Monoamonijev fosfat; MAP; NH <sub>4</sub> H <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (12:61:0)	250	295	374	410	464	567
Monokalijski fosfat; MKP; KH <sub>2</sub> PO <sub>4</sub> (0:54:32)	110	180	230	250	300	340
Kalijev klorid; KCl (0:0:60)	229	238	255	264	275	.
Kalijev sulfat; K <sub>2</sub> SO <sub>4</sub> (0:0:50)	80	90	111	120	.	.
Urea; CO(NH <sub>2</sub> ) <sub>2</sub> (46:0:0)	780	850	1060	1200	.	.

Topivost je definirana kao maksimalna količina mineralnog gnojiva koje može biti u potpunosti otopljena u nekoj količini vode i to pri određenoj temperaturi (Tablica 2.). U slučaju prekoračenja topivosti nastat će talog (*precipitat*) koji može začepiti *sustav za fertigaciju*. Kada se miješaju gnojiva koja sadrže isti biogeni element (na primjer *kalijev nitrat* i *kalijev sulfat*) opada topivost gnojiva pa je kod miješanog gnojiva često niža negoli je navedeno u Tablici 2. Isto se događa kad je voda za otapanje tvrda (bogata Ca, Mg, sulfatima i dr.) jer dolazi do neželjenih kemijskih reakcija pa proračun topivosti postaje složeniji. Za otapanje kristalona u tvrdoj vodi neki proizvođači nude kisela, potpuno topiva mineralna gnojiva (npr. *Solufeed Superior gnojiva*).

Neka gnojiva ne treba uopće miješati u istom spremniku jer vrlo brzo mogu nastati netopljive soli (Tablica 3.) zbog nekompatibilnosti ili [antagonizma gnojiva](#). Da bi se takvi problemi izbjegli najbolje je testirati topivost 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.

### Vodotopiva mineralna gnojiva

**Kalijev nitrat** je vrlo dobro dvojno kompleksno gnojivo, bijele, sivkaste ili žućkaste boje, malo higroskopno te neutralne do alkalne fiziološke reakcije. Sadrži 46,5 % K<sub>2</sub>O i svega 14 % N. Pogodan je za gnojidbu biljnih vrsta koje zahtijevaju dosta kalija (šećerna repa, krumpir, kukuruz itd.) i za slučajeve gdje je previše fosfora u tlu. Zbog niske koncentracije dušik je potrebno i posebno primjenjivati.

Tablica 3. Kompatibilnost mineralnih gnojiva ([antagonizam gnojiva](#))

Mineralno gnojivo	Urea	Amonijev nitrat	Amonijev sulfat	Kalcijev nitrat	Kalijev nitrat	Kalijev klorid	Kalijev sulfat	Amonijev fosfat	Fe, Zn, Cu i Mn	Fe, Zn, Cu i Mn	Magnezijev sulfat	Fosforna kiselina	Sumporna kiselina	Dušična kiselina
Urea	+													
Amonijev nitrat	+	+												
Amonijev sulfat	+	+	+											
Kalcijev nitrat	+	+	<b>N</b>	+										
Kalijev nitrat	+	+	+	+	+									
Kalijev klorid	+	+	+	+	+	+								
Kalijev sulfat	+	+	<b>R</b>	<b>N</b>	+	<b>R</b>	+							
Amonijev fosfat	+	+	+	<b>N</b>	+	+	+	+						
Fe, Zn, Cu i Mn sulfati	+	+	+	<b>N</b>	+	+	<b>R</b>	<b>N</b>	+					
Fe, Zn, Cu i Mn kelati	+	+	+	<b>R</b>	+	+	+	<b>R</b>	+	+				
Magnezijev sulfat	+	+	+	<b>N</b>	+	+	<b>R</b>	<b>N</b>	+	+	+			
Fosforna kiselina	+	+	+	<b>N</b>	+	+	+	+	+	<b>R</b>	+	+		
Sumporna kiselina	+	+	+	<b>N</b>	+	+	<b>R</b>	+	+	+	+	+	+	
Dušična kiselina	+	+	+	+	+	+	+	+	+	<b>N</b>	+	+	+	+

+ = kompatibilno, R = smanjena topivost, N = nekompatibilno

**Amonijev nitrat (AN)** je najtopivije 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. Higroskopnost amonijevog nitrata raste s temperaturom pa jače upijaju vlagu ljeti. Sadrži 33,5 % N (čist spoj sadrži 35 % N) i 1 % MgO te spada u učinkovitija dušična gnojiva. Nitratni oblik dušika djeluje odmah nakon primjene, a amonijski ima izvjesno produžno djelovanje. Amonijev nitrat je eksplozivna i zapaljiva tvar i tek se u posljednje vrijeme može koristiti čist kao gnojivo uz potrebne mjere opreza. Najčešće se rabi kao startno ili gnojivo za prihranu jer je 50 % dušika u nitratnom obliku djeluje

odmah nakon primjene. Zbog visoke topivosti u vodi amonijev nitrat, kao gnojivo bez punila, koristi se često i za folijarnu ishranu u obliku otopine.

**Amonijev sulfat** je gnojivo koje ima mali značaj zbog niske koncentracije dušika i *izrazite fiziološke kiselosti*, premda ga proizvodi i Petrokemija Kutina. Gnojivo je u obliku kristala ili granulirano, a čisti amonijev sulfat sadrži 21,2 % N i 27,5 % S, slabo je higroskopan i fiziološki jako kiseo te se preporuča primjena samo na alkalnim i karbonatnim tlima. Amonijev sulfat je potpuno topiv u vodi pa se najčešće koristi samo za prihranu. Na karbonatnim tlima, zbog jakog lokalnog zakišeljavanja, pospješuje usvajanje fosfora i većine mikroelemenata pa daje vrlo dobre rezultate na černoze i njemu sličnim tlima.

**Kalcijev nitrat** (*norveška salitra*) je fiziološki alkalno gnojivo koje sadrži 13 - 16 % N, vrlo higroskopno pa se isključivo pakira u nepromoćive vreće. Kalcijev nitrat se cijeni kao vrlo dobro dušično gnojivo, bez obzira na probleme s higroskopnošću, jer sadrži kalcij koji povoljno utječe na strukturu kiselih tala i pristupačnost drugih hraniva. Gnojivo se dobro otapa u vodi pa se može rabiti za *folijarnu ishranu, fertigaciju i kemigaciju*.

**Magnezijev nitrat** koristi se i kao gnojivo jer sadrži 10,5 % dušika i 9,4 % magnezija i kao svi drugi nitrati vrlo dobro se otapa u vodi. U smjesi s amonijevim, 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. Služi i kao sirovina za proizvodnju trojnih kompleksnih gnojiva iz grupe *amofoski*. Potpuno topiv MAP proizvodi se u formulaciji 12:61:0 za razliku od granuliranog kojem je najčešće formulacija 11:52:0. Od amoniziranih soli fosforne kiseline često se kao kruto gnojivo koristi i DAP (*diamonijev fosfat*; 18:46:0;  $(\text{NH}_4)_2\text{HPO}_4$ ) koji se nešto bolje otapa u vodi 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;  $\text{KH}_2\text{PO}_4$ ) je lako topiva sol visoke koncentracije fosfora i kalija (0:52:34). Zbog visoke puferne sposobnosti (održavanje stabilne pH vrijednosti) često se rabi u hranjivim otopinama za *fertigaciju i hidropone*. Kada se koristi u smjesi s ureom i amonijevim 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 topiva u vodi.

Osijek, svibnja 2018.

**Tekst je nadopunjena verzija teksta iz 2016. god.: „[Kristaloni i njihova primjena](#)“**

## **Literatura:**

[Ishrana bilja](#)

[Osnovno o gnojivima i gnojidbi](#)

[Kristaloni i njihova primjena](#)

[Konvencionalna nasuprot folijarne gnojidbe](#)

<https://www.researchgate.net/publication/306092504>

<http://www.yara.co.uk/crop-nutrition/knowledge/literature/kristalon-fertigation-brochure>