

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 ₃	N NH ₄	N Urea	P ₂ O ₅	K ₂ 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 ^A	17	8,0	9,0	-	6	18	2	8	1,6	Vegetativni razvoj. Standardna formulacija za poticanje razvoja lista.
Plavi label ^B	19	11,9	7,1	-	6	20	3	3	1,4	
Lila ^A	19	3,4	15,6	-	6	6	1	16	1,7	Vegetativni razvoj. Formulacija za lisnato povrće i rasad u kontejnerima (lončanice).
Lila label ^B	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 ^A	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 ^B	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 ^C	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 ^F	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 ^C	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 ^D	18	18	3	2	0,9	Namijenjen folijarnoj primjeni (sadrži ureu).
Vega	17	9,0	8,0	-	6 ^E	25	-	6	1,3	Vegetativni razvoj. Sadrži 50 % fosfora u kompleksnom obliku.
Gena	12	9,5	2,5	-	12 ^E	36	-	2	1,2	Generativna faza. Sadrži 50% fosfora u kompleksnom obliku.

^A(za alkalna tla); ^B(za neutralna i kisela tla); ^C(sadrže Fe-DTPA); ^D(zbog niskog sadržaja biureta u urei pogodan za folijarnu primjenu); ^E(50 % ili 75 % P₂O₅ kao polifosfat; ne treba ih miješati s Mg); ^F(sadrže 50 % Fe-DTPA i 50 % Fe-EDTA); ^G(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 ⁻³ (g/L) pri temperaturi otopine u °C					
	5	10	20	25	30	40
Kalijev nitrat; KNO ₃ (13:0:46)	133	170	209	316	370	458
Amonijev nitrat; AN; NH ₄ NO ₃ (33,5:0:0)	1183	1510	1920	.	.	.
Amonijev sulfat; (NH ₄) ₂ SO ₄ (21:0:0)	710	730	750	.	.	.
Kalcijev nitrat; Ca(NO ₃) ₂ (17:0:0); Ca(NO ₃) ₂ ·4H ₂ O (11,9:0:0)	1020	1130	1290	.	.	.
Magnezijev nitrat; Mg(NO ₃) ₂ (10,5:0:0)	680	690	710	720	.	.
Monoamonijev fosfat; MAP; NH ₄ H ₂ PO ₄ (12:61:0)	250	295	374	410	464	567
Monokalijski fosfat; MKP; KH ₂ PO ₄ (0:54:32)	110	180	230	250	300	340
Kalijev klorid; KCl (0:0:60)	229	238	255	264	275	.
Kalijev sulfat; K ₂ SO ₄ (0:0:50)	80	90	111	120	.	.
Urea; CO(NH ₂) ₂ (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 % K₂O 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	+	+	N	+										
Kalijev nitrat	+	+	+	+	+									
Kalijev klorid	+	+	+	+	+	+								
Kalijev sulfat	+	+	R	N	+	R	+							
Amonijev fosfat	+	+	+	N	+	+	+	+						
Fe, Zn, Cu i Mn sulfati	+	+	+	N	+	+	R	N	+					
Fe, Zn, Cu i Mn kelati	+	+	+	R	+	+	+	R	+	+				
Magnezijev sulfat	+	+	+	N	+	+	R	N	+	+	+			
Fosforna kiselina	+	+	+	N	+	+	+	+	+	R	+	+		
Sumporna kiselina	+	+	+	N	+	+	R	+	+	+	+	+	+	
Dušična kiselina	+	+	+	+	+	+	+	+	+	N	+	+	+	+

+ = 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; KH_2PO_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>