

STRATEGIJA KONTROLISANOG OTPUŠTANJA AGROHEMIKALIJA PRIMENOM POLIMERNIH MATERIJALA

Ljiljana Tanasić^{1*}, Vesna Teofilović², Vojislav Tomić¹, Nemanja Stošić¹, Jelena Tanasić²

¹Akademija strukovnih studija Šabac, Srbija, Odsek za poljoprivredno-poslovne studije i turizam

²Univerzitet Novi Sad, Tehnološki Fakultet Novi Sad, Srbija

Izvod: Nepravilno i nekontrolisano korišćenje agrohemikalija u poljoprivredi je jedan od osnovnih činilaca koji negativno utiču na stanje kvaliteta životne sredine. Kako bi se izbeglo nepotrebno zagađenje zemljišta i poljoprivrednih kultura tokom poljoprivredne proizvodnje, a da se pri tome primeni zaštita bilja od bolesti i štetočina, kao i snabdevanje biljaka nutrijentima potrebnim za rast i razvoj, neophodna je kontrolisana primena agrohemikalija. Jedan od načina kontrolisanog otpuštanja agrohemikalija je primena specifičnih polimernih materijala koji se koriste kao nosači aktivne supstance. Biološka i hemijska svojstva agrohemikalija i njihove fizičko-hemijske interakcije utiču na izbor pogodnog sistema za sporo ili kontrolisano otpuštanje. Polimeri koji se najčešće koriste za kapsuliranje agrohemikalija su gelovi na bazi akrilamida. Ostali korišćeni polimeri su polietilen, prirodna guma, polisaharidi i materijali na bazi celuloze, kopolimeri estera VC-akrilne kiseline i kopolimeri ciklopentadiena sa gliceril estrima nezasićene masne kiseline. Dug period razgradnje sintetskih polimera, uticao je na to da se istraživači okrenu ka razvoju biorazgradivih polimernih kompozita za kontrolisano oslobađanje agrohemikalija.

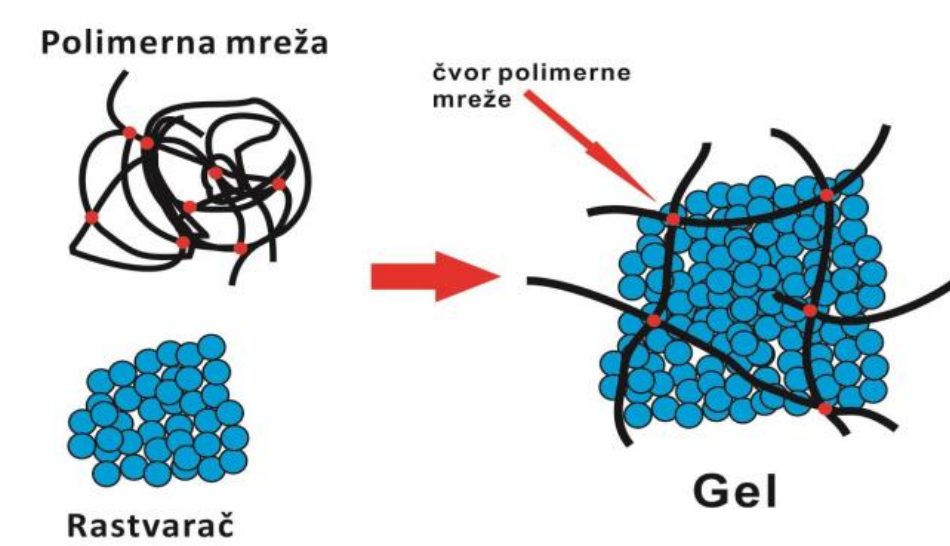
KONCEPT ODRŽIVE AGROEKOLOGIJE

Poljoprivreda ima značajan doprinos zdravlju, ishrani i ekonomskom razvoju. Povećani prinos rezultat je poboljšanog kvaliteta semena, primene đubriva i pesticida i naprednih poljoprivrednih mašina. Međutim, prekomerna upotreba pesticida i drugih agrohemikalija rezultira erozijom tla, zaslanjivanjem i plavljenjem jako navodnjavanog tla, vodonosnih slojeva, iscrpljivanjem, krčenjem šuma i zagađenjem životne sredine [1]. Razvoj tehnologije i nauke o materijalima doprineo je poboljšanju uslova tla, hranljivih sastojaka i upravljanja vodama. Održiva poljoprivreda ili agroekologija je stil proizvodnje koji se fokusira na upotrebu prirode za proizvodnju hrane bez oštećenja. Važan fokus u poljoprivredi je snabdevanje biljnim hranljivim potrebama, koje se kreću od makronutrijenata (N, P, K, Ca, Mg, S) do mikroelemenata (B, Cl, Co, Cu, Fe, Mn, Mo, Ni i Zn). Ove hranjive materije često nisu dostupne u životnoj sredini na dovoljnom nivou, pa je neophodno pomoći poljoprivrednim biljkama uz pomoć agrohemikalija poput đubriva i pesticida. S druge strane, kako se znanje o životnom ciklusu agrohemikalija povećavalo, zabrinutost zbog toga kako su neki neželjeni uticaji na životnu sredinu, uključujući procese bioakumulacije u hrani i potencijalnu kontaminaciju susednih ekosistema, postali sve relevantniji. Upotreba hidrogelova povećava količinu raspoložive vlage u zoni korena, što podrazumeva duže intervale između navodnjavanja. Mora se naglasiti da polimeri ne smanjuju količinu vode koju biljke koriste. Kapacitet zadržavanja vode zavisi od teksture tla, vrste hidrogela i veličine čestica (prah ili granule), slanosti rastvora tla i prisustva jona. Drugačiji pristup rešavanju problema zagađenja zemljišta agrohemikalijama je razvoj polimernih nosača agrohemikalija, koji kontrolišu oslobađanje samo potrebnih količina željenih hranljivih sastojaka, tako da nema nepotrebnog zagađenja tla prevelikim količinama agrohemikalija. Tokom punjenja polimera agrohemikalijama, treba uzeti u obzir fizičke i hemijske procese, poput kontrole brzine oslobađanja (fizičkog) i kako se hemikalija ponaša u polimernoj matrici (hemijski mehanizam). Na osnovu toga se vrši izbor odgovarajućeg nosača za odabranu aktivnu supstancu [2].

UPOTREBA POLIMERNIH MATERIJALA

Hidrogelovi, odnosno polimerne mreže, su trodimenzionalno umreženi makromolekulski lanci. Bitna karakteristika polimernih mreža je da se ne mogu rastvarati, već isključivo bubre u prisustvu rastvarača. Ako je rastvarač voda, onda je reč o hidrogelovima, ako je rastvarač neka nepolarna organska supstanca, radi se o liogelovima [6].

Proces bubrenja polimernih mreža u najvećoj meri zavisi od gustine umreženja i hemijske prirode polimera, odnosno od prisustva hidrofilnih funkcionalnih grupa (kao što su hidroksidna, karboksilna, amidna, sulfo) u polimernom lancu. Na bubrenje, takođe, utiče i ravnoteža između privlačnih i odbojnih sila između naelektrisanih delova polimernog lanca kao i priroda rastvarača.



Slika 1. Šematski prikaz bubrenja polimernih mreža u rastvaračima

POLIMERNI SUPER APSORBENTI

Čestice SAP mogu se smatrati kao "minijturni rezervoari vode" u tlu. Voda će se iz tih rezervoara uklanjati prema potrebama korena biljaka na osnovu osmotske razlike u pritisku. Hidrogelovi deluju i kao sistemi kontrolisano oslobađanja supstanci tako što favorizuju unos nekih hranljivih sastojaka, zadržavaju ih i odlažu njihovo rastvaranje.

SAP se takođe mogu koristiti i kao zadržavajući materijali u obliku semenskih aditiva, kao prevlake semena i za imobilizaciju regulatora rasta biljaka ili kontrolisano oslobađanje zaštitnih sredstava.

SAP se mogu koristiti i za sporo oslobađanje đubriva u tlu. Prilikom sinteze vrši se kombinacija grupa polivinil alkohola sa fosfornom kiselinom (H_3PO_4) putem esterifikacije. U ovom slučaju, materijal ima svojstvo ne samo da upija i zadržava vodu, već i da oslobađa fosfatno đubrivo (79% materijala za 28 dana). Mehanizam oslobađanja može se objasniti nabubrenošću hidrogelskog materijala kada je uronjen u vodu, kao što je hidroliza visećih fosfatnih grupa polimerne mreže. Sledstveno tome, rastvorene fosfatne grupe su difundirale iz hidrogela zbog razliku gradijenta koncentracije unutar i izvan materijala.

Herbicidi se takođe koriste kao grupe zakačene na polimer. Biološka i hemijska svojstva agrohemikalija i njihove fizičko-hemijske interakcije, kao osobine polimera, određuju izbor pogodnog sistema za sporo ili kontrolisano otpuštanje.

Tabela 1. Kombinacije agrohemikalija i polimera koji se koriste za kontrolisano otpuštanje [2]

Agrochemical	Polymer
Urea	Chitosan
	Polyhydroxybutyrate (phb), ethyl cellulose
	Polyethylene, polyvinyl acetate, polyurethane, polyacrylic, polylactic acid
KH_2PO_4	Chitosan, gellan gum
NPK	Chitosan
	Cellulose, natural gum, rosin, waxes
	Paraffins, ester copolymers, urethane composites, epoxy, alkide resins, polyolefines,
$CaH_4P_2O_8$	Chitosan
KNO_3	Chitosan
	Chitosan-clay (montmorillonite)
	Xanthan
Paraquat ($[(C_6H_7N)_2Cl_2]$)	Alginate, chitosan
Hexazinone ($C_{12}H_{20}N_4O_2$)	Chitosan - clay
Clopyralid ($C_6H_3Cl_2NO_2$)	(montmorillonite)
2, 4-d ($C_8H_6Cl_2O_3$)	Polysaccharides
2-chloro-,4-chloro-	Cellulose, agarose, dextran, alginates, carrageenans, starch, chitosan, gelatin,
2,4,5-Trichloro- phenoxyacetates	Albumin
Validamycin ($C_{20}H_{35}NO_{13}$)	Polystyrene, polyacrylamide, polymethylacrylate, polyamides, polyesters,
Bifenthrin ($C_{23}H_{22}ClF_3O_2$)	Polyanhydrides, polyurethanes, amino resins, polycyanoacrylates

Kada suv hidrogel stupa u kontakt sa vodom, molekuli vode prvo hidratiraju najpolarnije hidrofilne grupe, kao i jonske grupe sa kojima mogu da formiraju vodoničnu vezu. Na vreme geliranja, odnosno prodiranja rastvarača u masu polimera može da utiče i kristalnost polimera, odnosno njegovo uređenje.

Zbog krte i krute strukture kristalnih zona i male elastičnosti, hidrogelovi mogu sporo da bubre i da bi dostigli ravnotežni stepen bubrenja potrebno je vreme koje se izražava satima ili danima. Iako je ovakav, sporiji način bubrenja koristan u mnogim oblastima njihove primene, postoje situacije kada je potrebno znatno kraće vreme dostizanja maksimalnog bubrenja hidrogela. Tako je počeo razvoj nove generacije hidrogelova, koji se nazivaju *superapsorbujući* hidrogelovi i oni do ravnotežnog stepena bubrenja mogu da stignu za svega nekoliko minuta [8], [9].

Ovi polimeri mogu uneti i zadržati veliku količinu vode i u vodi rastvorenih supstanci bez rastvaranja i gubitka strukturnih karakteristika. Zbog ovih svojstava, oni imaju široku primenu u različitim oblastima (u biotehnici, biomedicini, poljoprivredi, kod prečišćavanja voda, procesu separacije). Prirodna zamena za efekat botoksa je hidrogel maska sa biopeptidima.

ZAKLJUČAK

Održiva poljoprivreda ili agroekologija je stil proizvodnje koji se fokusira na upotrebu prirode za proizvodnju hrane bez oštećenja. Razvoj nove tehnologije i materijala doprineo je poboljšanju uslova tla, hranljivih sastojaka i upravljanja vodama. Polimeri su klasa materijala sa brojnim i svestranim mehaničkim i hemijskim svojstvima koja se mogu prilagoditi specifičnim zahtevima. Različite vrste polimera mogu se koristiti kao nosači agrohemikalija kako bi se aktivne komponente otpuštale direktno u biljku sa kontrolisanim brzinom, bez zagađenja tla. Polimeri se uglavnom koriste kao nosači đubriva i pesticida, kao i super upijači za zadržavanje vode u zemljištu. U bliskoj budućnosti neophodno je dalje razvijati biorazgradive polimere koji se mogu koristiti kao inteligentna đubriva, kao i super upijači i biosorbenti, kako bi se u potpunosti razvili ekološki prihvatljivi, tehnički, socijalno i ekonomski održivi poljoprivredni procesi sa visokim prinosom.

REFERENCES

- [1] Roy, A., Singh, S. K., Bajpai1, J., Bajpai1, A. K., (2014) Controlled pesticide release from biodegradable polymers, Cent. Eur. J. Chem. 12(4), 453-469.
- [2] Milani, P., França, D., Balieiro, A. G., Faez, R. (2017) Polymers and its applications in agriculture, Polímeros vol.27 no.3 São Carlos, 256-266.
- [3] Dugonjić, M., Radmanović, S., Đorđević, A., Tomić, Z., Nikolić, N., Tanasić Lj. (2015) Impact of Land Use on Water Characteristics of Planosols (South Mačva and Pocerina, Serbia), Ratarstvo i Povrtarstvo, 52(2), 52-60.
- [4] Stepić, R., Dugonjić M., Milošević, V., Stošić, N., Tanasić, Lj. Weed vegetation of corn in the region of semberija, (2015) Zbornik IV Međunarodni simpozijum i XX Naučno-stručno savjetovanje agronoma Republike Srpske, Bijeljina, Bosnia and Herzegovina, 125-138.
- [5] Ekebafe, L.O., Ogbeifun, D.E., Okieime, F.E. (2011) Polymer Applications in Agriculture, BIOKEMISTRI Vol. 23, No. 2, 81 - 89.
- [6] Clark, A. H., & Ross-Murphy, S. B. (2009). Biopolymer Network Assembly: Measurement and Theory. Modern Biopolymer Science, 1-27.
- [7] Mohamed, M. (2019) Hydrogel Preparation Technologies: Relevance Kinetics, Thermodynamics and Scaling up Aspects, Journal of Polymers and the Environment 27(4), 871-891.
- [8] Mark, H. F. (2003) Encyclopedia of Polymer Science and Technology, vol.8, John Wiley & Sons, Hoboken, NJ, USA, 3rd edition.
- [9] Klinpituksa, P. and Kosaiyakanon, P. (2017) Superabsorbent Polymer Based on Sodium Carboxymethyl Cellulose Grafted Polyacrylic Acid by Inverse Suspension Polymerization, International Journal of Polymer Science, Volume 2017, Article ID 3476921, 6 pages