

ИНОВАТИВНО ПОДПОВРШИНСКО КАПИЛАРНО НАВОДЊАВАЊЕ - ПРЕДНОСТИ И ПЕРСПЕКТИВЕ РАЗВОЈА¹

Наташа Кљајић², Владо Ковачевић³

Сажетак

Подповршинско наводњавање (подземно наводњавање, субиригација) је начин наводњавања који подразумева довођење воде и хранљивих материја директно у зону кореновог система путем канала/перфорираних цеви постављених на одређеној дубини у земљишту. Код овог начина наводњавања нема губитака воде на евапотранспирацију, а ни хранљивих материја. Биљкама се вода додаје у фазама, када им је потребна. Наводњавање се врши малим нормама, под малим радним притисцима због чега не долази до кварења структуре земљишта. С обзиром да се врше честа заливања са мањим нормама, постиже се и уштеда у енергији и води.

У раду је, поред описа и приказа основних карактеристика подземног наводњавања, са његовим предностима и недостацима код примене у пракси, дат опис једног новог, иновативног начина подповршинског наводњавања под називом „*иновативно подповршинско капиларно наводњавање*“. Иновативни систем је постављен и примењен на експерименталном пољу у Грабовцу, у пластенику површине 5 ари, који припада Средњој пољопривредно-хемијској школи у Обреновцу. Систем је повезан са ветротурбином са допунским фотонапонским панелима (хибридни систем на сунце и ветар) и дигиталном метеоролошком станицом.

Кључне речи: наводњавање, иновација, иновативно подповршинско капиларно наводњавање.

1 Резултати приказани у поглављу су и део годишњих активности ИЕП везаних за МПНТР РС, бр. Уговора 451-03-9/2021-14.

2 Др Наташа Кљајић, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, 11000 Београд, Србија, e-mail: natasa_k@iep.bg.ac.rs

3 Др Владо Ковачевић, виши научни сарадник, Институт за економику пољопривреде, Волгина 15, 11000 Београд, Србија, e-mail: vlado_k@iep.bg.ac.rs

Увод

Вода је неопходна за раст и развој биљака. У пољопривредној производњи се веома често дешавају штете условљене неповољним климатским (временским) приликама. Штете се јављају углавном због суша и високих температура, условљених недостатком воде или због поплава. Управо се наводњавањем може у знатној мери смањити утицај екстремних климатских појава и остварити високи приноси при гајењу пољопривредних култура уз његову примену.

Богатство Републике Србије у водним ресурсима је неоспорно у садашњим условима. Наша држава је богата у водним ресурсима који су довољни за задовољавање потреба водоснабдевања и наводњавања. Проблем је у чињеници да од свих расположивих вода мање од 8% воде води порекло са наше државне територије. Преосталих 92% су транзитне воде, па је сарадња са земљама у сливу Дунава изузетно значајна (Џвијановић Д., ет ал., 2015.).

По питању климе, подручје Србије је обухваћено умерено-континенталном климом, са променљивим вредностима метеоролошких параметара током године. Највећа количина воде доспева из атмосфере на земљиште путем падавина које су непоуздане и не могу се контролисати. Падавине су варијабилне и по количини и по распореду, и често су у дефициту, нарочито у периоду вегетације, у критичним фазама развића биљака. Сходно томе, суша се у нашим климатским условима јавља сваке године, са већим или мањим последицама на висину и квалитет приноса гајених пољопривредних култура (Кљајић ет ал., 2011).

Земљишта предвиђена за пољопривредну производњу, али без довољне количине воде током вегетационог периода у целисти или у одређеном њеном периоду, морају се обезбедити водом на вештачки начин, путем наводњавања. Повећањем пољопривредних површина под културама чији вегетациони период траје у току летњих месеци, када су најмање количине падавина и највише температуре, повећавају се потребе за водом. Оправдано се сматра да ће главни ограничавајући фактор за одрживи развој, како у аридним и семиаридним областима, тако и у умереном климатском појасу у будућности бити несташица воде (Rey et al., 2016). Стога, развој пољопривреде без наводњавања, нарочито у данашњим климатским условима, практично је неодржив.

Процент наводњаваних површина у нашој земљи је незнатан ако се посматра у односу на укупне површине земљишта које су погодне за наводњавање (Кљајић Н. ет ал., 2013б). Наводњаване површине у нашој земљи за период 2011-2019. година приказане су у *Табели 1*.

Табела 1. Наводњаване површине под усевима/засадима у Републици Србији за период 2011-2019. година

| Године | Наводњаване површине (укупно, ха) | Оранице и баште (ха) | Воћњаци (ха) | Остало (ха) |
|---------------|-----------------------------------|----------------------|--------------|-------------|
| 2011 | 34.175 | 32.652 | 1.318 | 205 |
| 2012 | 52.986 | 50.361 | 2.444 | 181 |
| 2013 | 53.086 | 49.988 | 2.358 | 741 |
| 2014 | 44.882 | 42.882 | 1.785 | 216 |
| 2015 | 54.696 | 52.367 | 2.111 | 217 |
| 2016 | 43.486 | 41.405 | 1.820 | 261 |
| 2017 | 46.823 | 46.622 | 2.013 | 201 |
| 2018 | 46.937 | 44.603 | 2.029 | 191 |
| 2019 | 46.863 | 44.486 | 2.104 | 271 |
| <i>Просек</i> | <i>47.104</i> | <i>45.041</i> | <i>1.998</i> | <i>276</i> |

Извор: РЗС, Екобилтен (2011-2019) <https://www.stat.gov.rs/sr-Latn/oblasti/zivotna-sredina>

Површине под системима за наводњавање у овом периоду у просеку износе 47.104 ха, при чему су оранице и баште заступљене на површинама од 45.041 ха просечно, воћњаци на 1.998 ха, док остале површине под системима за наводњавање обухватају у просеку 276 ха.

У Србији се тренутно интензивно наводњавања око 2,0% обрадивих површина. Према статистичким подацима, од укупно коришћене пољопривредне површине која износи 3.437.423 ха (Попис пољопривреде 2012), удео наводњаваних површина у 2019. години је износио 46.863 ха, што чини свега 1,4%.

Током 2019. године у Републици Србији наводњавано је 46.863 ха пољопривредних површина. Највећи удео (94,9%) имају оранице и баште у укупно наводњаваним површинама. У мањем проценту (4,5%) су наводњавани воћњаци. Остале пољопривредне површине у укупно наводњаваним површинама су имале најмањи удео, од свега 0,6%, што се може видети у *Табели 1*. Најзаступљенији тип наводњавања било је наводњавање орошавањем или вештачком кишом (92,3% површине), системима кап по кап 7,6% површине, а површински се наводњавало свега 0,1% површине (*Табела 2*).

Табела 2. Наводњаване површине према типу наводњавања у 2019. год.

| Начин наводњавања | Република Србија | СРБИЈА СЕВЕР | Београдски регион | Регион Војводине | СРБИЈА ЈУГ | Регион Шумадије и Западне Србије | Регион Јужне и Источне Србије |
|-------------------|-------------------|--------------|-------------------|------------------|------------|----------------------------------|-------------------------------|
| Укупно | 46.863 (100%) | 40.407 | 1.595 | 38.813 | 6.455 | 142 | 6.313 |
| Површински | 59 (0,1%) | 34 | 8 | 26 | 25 | 6 | 19 |
| Кишење | 43.253 (94,9%) | 38.167 | 1.585 | 36.583 | 5.086 | 38 | 5.048 |
| Капањем | 3.550 (7,6%) | 2.206 | 2 | 2.204 | 1.344 | 98 | 1.246 |

Извор: РЗС, <https://data.stat.gov.rs/Home/Result/25010204?languageCode=sr-Cyrl>
Датум ажурирања: 15.06.2020.

Постоји велики број система за наводњавање методом „кап по кап“ и вештачком кишом у пластеницима и стакленицима за које у статистици не постоје евидентирани подаци. Ови подаци о наводњавању би свакако повећали просек наводњаваних површину у некој малој мери (Кљајић ет ал., 2016).

Утицај наводњавања на интензивирање производње и повећање приноса је изузетно велики. Успешни резултати у производњи уз његову примену, указују на велику перспективу наводњавања у нашим условима кроз ревитализацију постојећих и изградњу нових малих и великих система. Ипак, рационално наводњавање, поред обезбеђења биљака потребним количинама воде у периоду вегетације, подразумева и правилан избор начина наводњавања (Кљајић ет ал., 2009; Кљајић ет ал., 2013а).

Појам одрживог наводњавања подразумева што мање инвестиције у трошкове одржавања система и што мањи утицај на спољашњу околину. Потребни су такође континуитет и сигурност рада система. Код одрживог наводњавања битна је у што већој мери употреба обновљивих извора енергије (најчешће енергија сунца и енергија ветра), који би се користили за производњу електричне енергије која би се затим употребила за погон црпних станица за наводњавање.

У овим оквирима, основна улога система за наводњавање је повећање производње хране уз што мањи утрошак воде, дакле ефикасније коришћење система за наводњавање, уз примену нових технологија,

иновација, унапређење знања и праксе везаних за земљиште и воду за наводњавање, минералних материја, хемијских средстава која се користе у процесу производње, као и усклађивање сетвене структуре климатским променама (Поњичан О. ет ал., 2017).

Подземно наводњавање

Током времена су се развијали и мењали начини примене наводњавања. У основи постоји пет начина наводњавања:

1. површинско наводњавање,
2. подземно наводњавање (подповршинско, субиригација, енгл. „Subsoil irrigation“),
3. наводњавање вештачком кишом или кишењем,
4. импулсно кишење, и
5. локално наводњавање.

За постизање максималних ефеката у примени наводњавања, битан је избор одговарајуће технологије која ће се примењивати и избор врсте система, а све са циљем рационалног и економичног обезбеђења гајених биљака потребном количином воде.

Сваки метод наводњавања има своје специфичности у техничком и агрономском смислу, са својим предностима и недостацима по којима се разликује од сваког другог метода наводњавања. У одговарајућим условима и при правилном коришћењу, уз сваки систем за наводњавање могу се остварити максимални производни резултати (Субић Ј. ет ал., 2017). Зато је приликом планирања наводњавања и избора опреме за наводњавање, потребно детаљно сагледати које би биле економске предности и недостаци, као и еколошке последице.

Подземно наводњавање представља релативно новије техничко решење. Идеја о оваквом наводњавању се појавила у САД 60-тих година прошлог века, док се интензивније почело примењивати од 1980. године. У Републици Србији углавном се примењује на подручју АП Војводине (око 80%). Укупна површина земљишта под овим системима износи 1.500-2.000 ha. Примењује се углавном на земљиштима површине од 1 до 130 ha (Поњичан О. ет ал., 2019).

Подземно наводњавање је наводњавање капањем испод површине земљишта. Принцип рада код овог система се своди на спровођење воде до наводњаване површине путем канала, односно цеви, а затим развођење испод површине земљишта у зону ризосфере преко система латерала са емитерима воде. Гледано са техничког аспекта, овај метод наводњавања је прилично захтеван из више разлога: земљиште би требало бити без нагиба, мора бити савршеног рељефа, уједначеног механичког састава, велике дубине и водопропусности, по могућству са високим нивоом подземне воде. Вода за наводњавање, као уосталом код примене било код система за наводњавање, мора бити одговарајућег квалитета. На земљиштима тежег механичког састава за подземно наводњавање се може користити крвична дренажа где се дренажни пуне водом најчешће из отворених канала. Постављају се на растојању од 50 до 150 cm и на дубини од 30 до 50 cm.

Примена подземног наводњавања је карактеристична најчешће за хумидне рејоне где се комбинује са одводњавањем земљишта. У сушним, ародним областима, нарочито са великим дефицитом воде, последњих година се интензивно шири, чиме се постиже значајна уштеда у води.

У пракси се најчешће користе два начина подземног наводњавања: *подземно наводњавање отвореним каналима (систем са слободним нивоом)*, које представља заправо регулацију подземне воде путем отворених канала, и *наводњавање подземним цевима (системи под притиском)* (Субић ет ал., 2017; Кљајић Н. ет ал., 2016). Дакле, код овог начина наводњавања, вода се може доводити отвореним каналима и/или подземним цевима, након чега се кроз земљиште креће подизањем под дејством капиларних асцедентних сила осигуравајући биљке потребном количином воде у зони ризосфере (Цецић ет ал., 2008).

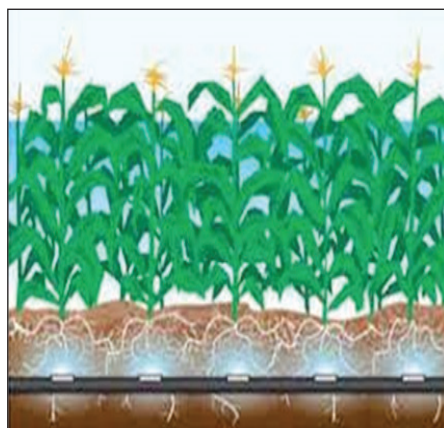
Принцип подземног наводњавања отвореним каналима подразумева правилно управљање водама на наводњаваној површини заустављањем или контролисаним испуштањем воде из отворених канала. Канали обично служе за одводњавање сувишне воде у влажном и хладном периоду године, док у летњем периоду служе за контролисано одржавање нивоа подземне воде и њено бочно ширење чиме се врши наводњавање гајених култура (*Слика 1.*). Регулисање и одржавање нивоа воде у каналима се врши бранама или уставама. Корисници хидромелиорационих система приликом коришћења воде за наводњавање су дужни да контролишу ниво воде у системима канала.

Слика 1. Подземно наводњавање отвореним каналима



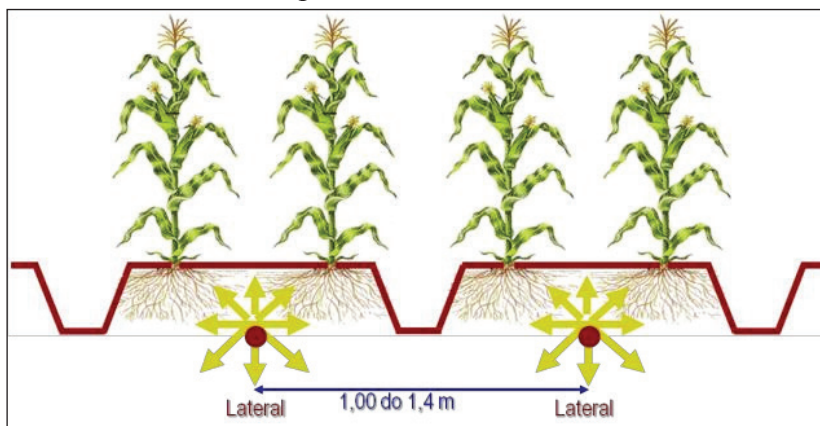
Наводњавање подземним цевима подразумева довођење воде у земљиште подземним цевима. Код субиригације на одређеној дубини и на одређеном растојању у земљиште се постављају цеви са капалкама на дубини од 50 до 80 cm и на паралелном растојању од 50 до 60 cm а све у зависности од типа земљишта кроз које се вода креће под малим притиском и постепено, лагано инфилтрира у слој ризосфере (Слика 2. и 3.). Дужина цеви код подземног наводњавања може бити од 100-150 m, и више.

Слика 2. и 3. Подземно наводњавање цевима (субиригација)



Приликом прецизног додавања воде у зону ризосфере површина земљишта се незнатно влажи и остварују се минимални губици воде на евапорацију. Садржај влаге у зони ризосфере одржава се на нивоу оптималне вредности за биљке јер се вода подземним путем доводи непосредно и искључиво у зону кореновог система биљака, али не и по површини (Слика 4.).

Слика 4. Постављање латерала



Делови система за подземно наводњавање су:

- цеви које се постављају на одређеној дубини, испод површине земљишта,
- извор воде за наводњавање,
- главни цевовод,
- филтери за воду,
- уређај за дозирање хранива,
- и централна аутоматска управљачка јединица.

Наводњавање подземним цевима је у основи слично цевној дренажи. Због тога често цеви за подземно наводњавање имају двонаменску улогу на пољопривредним парцелама и то одвођење сувишне воде у периодима обилних падавина, и наводњавање у сушним периодима године, без падавина (Слика 4.).

Подземно (подповршинско наводњавање) има значајне техничке предности у односу на остале методе наводњавања које се огледају у следећем:

- Храњиве материје се доводе директно у зону кореновог система биљака;
- Вода се кроз земљиште креће капиларним силама (капиларно ширење воде), при чему обезбеђује оптимално влажење зоне ризосфере;
- Могућа су честа заливања мањим нормама;
- Одсуство испаравања воде са површине земљишта;
- Неутрализован је утицај ветра на воду која се додаје наводњавањем;
- Могућа је уштеда воде и енергије;
- Не долази до кварења структуре земљишта;
- Смањена је појава болести биљака;
- Могуће је додавати растворљива ђубрива (фертигација);
- Ономогућено је стварање покорице на површини земљишта;
- Рад пољопривредне механизације је неометан;
- Смањена је могућност механичких оштећења и крађе опреме;
- Постоји могућност и аутоматизације и даљинског управљања;
- Могуће је двонаменско коришћење система за наводњавање, у сврху наводњавања и одводњавања чиме се двострано регулише влажност у земљишту.

Најзначајнији недостаци субиригације се огледају у следећем:

- Сложени технички и велики инвестициони захвати у земљишту;
- Овај систем захтева изузетно чисту воду да не би дошло до зачепљења цеви или капалки што се често дешава у пракси (улазак честица земљишта - нечистоћа у емитере након завршетка наводњавања, улазак кореновог система у емитере воде);
- Неравномерно влажење земљишта по дужини цевовода;
- Забаривање и заслањивање земљишта у случају немогућности контролисања норми наводњавања;
- Оштећења под утицајем мрза;
- Садржај глине у земљишту не сме бити већи од 60% да би систем функционисао.

Код подземног наводњавања ефикасност коришћења воде је и до 45% у односу на нпр. наводњавање плављењем и кишењем (површинско наводњавање), а све из разлога што не долази до отицања воде по површини парцеле и због мањег коефицијента евапорације. Редукован је и раст корова јер при овом наводњавању површина земљишта остаје сува а у зони ризосфере се постиже оптимална влажност земљишта.

Постављање система је условљено типом земљишта, односно његовим механичким саставом. Код земљишта средњег и тежег механичког састава, пре постављања система врши се подривање земљишта на дубини најмање 10 cm испод дубине на којој је предвиђено постављање система латерала са емитерима воде. После овог поступка изводе се основна и допунска обрада земљишта како би површина земљишта на парцели која ће се обрађивати била глатка, без грудви. Латерали се постављају најчешће на дубини од 40 cm. Разводни цевоводи и колекторске цеви се постављају на дубини већој за 10 cm од дубине на којој су постављени латерали, на самим крајевима парцеле на којој ће се примењивати наводњавање. Постављање система се завршава испирањем.

Латерали са емитерима воде се могу постављати на различитој дубини па сходно томе се може, према овом критеријуму, разликовати неколико врста подземног наводњавања:

- *плитко укопавање*, код кога се латерали постављају на дубину 5–10 cm испод површине земљишта,
- *регуларна дубина*, износи 25 cm,
- *дубоко укопавање* код кога се латерали постављају на дубину 30–40 cm (чак 50 cm).

Уколико се врши редовно испирање цевовода и латерала хербицидима и киселинама које спречавају урастање корена, дужина експлоатације овог система може износити 20 година (Поњичан О. ет ал., 2019).

Иновативно подповршинско капиларно наводњавање

Иновације у наводњавању подразумевају низ технолошких решења који оптимизирају потрошњу воде и доприносе лакшем планирању наводњавања. Један од таквих система је **иновативни начин подповршинског капиларног наводњавања**.

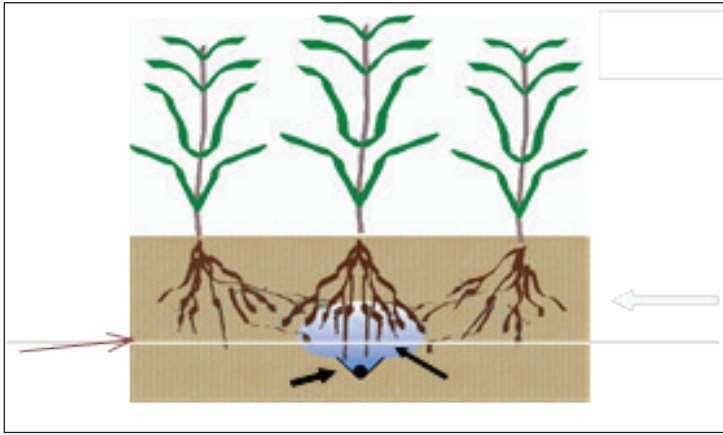
Овај иновативни систем је резултат дугогодишњих истраживања и експерименталног рада на праћењу водно-физичких особина земљишта на огледним пољима под различитим пољопривредним културама. Његовом применом се могу превазићи скоро сви потенцијални проблеми са којима се среће подповршинско наводњавање у својој примени у пракси.

Иновативни начин подповршинског капиларног наводњавања је радикална иновација у наводњавању у погледу конструктивног решења и потенцијала развоја, јер се ради о систему који дугорочно гледано може решити проблеме узроковане глобалним климатским променама које изазивају све чешће екстремне суше. Може се примењивати за успешно наводњавање различитих култура: кукуруза (семенског и меркантилног), соје, луцерке, шећерне репе, поврћа, воћњака и винограда. Према техничким конструкцијама, овај метод наводњавања припада прецизним и паметним технологијама. Његова прецизност је у строго контролисаној оптималној потрошњи воде, док паметним технологијама припада због поседовања механизма саморегулације приликом давања воде биљкама.

Иновација овог система за наводњавање је у оригиналном конструктивном решењу које представља мрежу подземних канала малих димензија, формираних од неразградиве пластичне фолије, у облику латиничног слова в („V“ или у неким случајевима латиничног слова у „U“), у оквиру које се налазе трансмитери воде са уграђеним елементима за упуштање воде у систем. Биљци је оптимална количина воде, у виду капиларне влаге у сваком тренутку на располагању. Вода у облику капиларне влаге се креће радијално асцедентно и бочно, без губитака, целом дужином система за наводњавање и током читавог вегетационог периода. Влажни фронт око кореновог система има облик елипсе а центар му је у трансмитеру за влагу. Опсег влажног фронта око трансмитера је у корелацији је са текстуром и структуром земљишта које се наводњава, са садржајем хумуса у њему као и са водно-ваздушним особинама земљишта (Слика 5.).

Пластична фолија спречава вертикално отицање воде у дубље слојеве земљишта, а дозвољава подизање капиларне влаге бочно и на горе према кореновом систему усева, чиме се спречава њен губитак. Код овог наводњавања нема вишка воде, па самим тим нема ни испирања растворених минералних ђубрива у водотокове.

Слика 5. Начин функционисања концепта иновативног подповршинског капиларног наводњавања



Систем се уграђује испод дубине обраде земљишта, на одређеним паралелним растојањима, у зависности од усева који се гаји. За разлику од класичног подповршинског наводњавања цевима, које је до сада нашло ширу примену у пракси, код овог система вода се разводи путем трансмитера за воду конструисаних на специфичан начин, под екстремно ниским притисцима, од 0,2 бара. Кључна разлика у односу на све друге постојеће системе подземних/потповршинских начина наводњавања, је у томе што у овом систему нема капалки (емитера воде), чије зачепљење може довести до проблема услед зачепљења код функционисања система (Злох З. 2013; Злох З. ет ал., 2013).

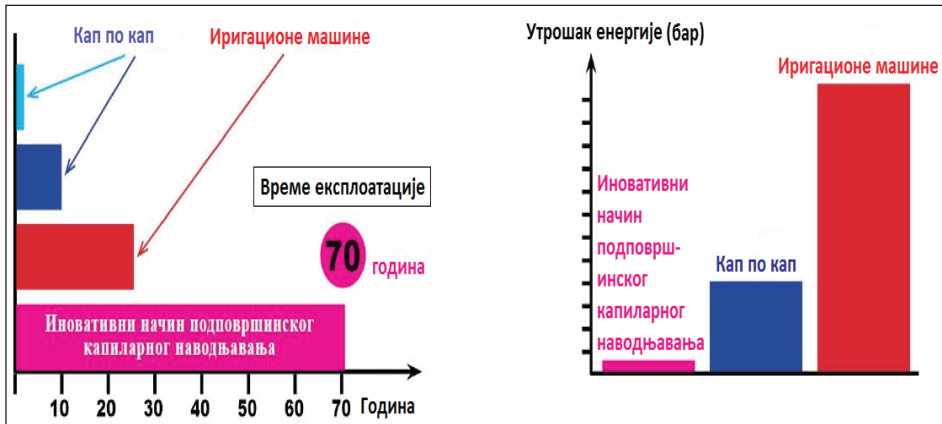
Три најбитније карактеристике овог иновативног система које га издвајају и разликују од свих осталих система за наводњавање су:

1. Дуг век експлоатације - Систем се једном инсталира испод дубине обраде земљишта. Капиларна влага се природним капиларним силама подиже на горе и бочно, а коренов систем биљака је све време вегетационе сезоне обезбеђен оптималном лако-приступачном водом. Могући век експлоатације је до 70 година, што значи да би три генерације у газдинству могле да користе земљиште и овај систем за наводњавање (Графикон 1. и 2.).

2. Висока енергетска ефикасност и коришћење „зелене енергије“ – За разлику од система „кап по кап“, код кога је потребан улазни притисак од најмање 1,0 бар, за коришћење иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања, довољан је притисак од 0,2 бара. Ова разлика

показује да са истом опремом која производи „зелену енергију“, може да се залива пет пута већа површина, што условавава знатно умањење трошкова производње у условима са применом овог начина наводњавања.

Графикон 1. и 2. Приказ века експлоатације система за наводњавање кап по кап (лево) и потрошње енергије (десно)



3. Саморегулација давању воде биљкама. Ову опцију не поседује ни један други постојећи систем за наводњавање. Гравитационо отицање је сведено на минимум, тј. не постоји.

Вишегодишња истраживања на огледним пољима су показала тачност наведених чињеница. На упоредним огледима у заштићеном простору (2010 и 2011. године), на неколико сорти паприке утврђено је повећање приноса од 25% до 35%, под овим системом (Злох З., 2013).

Са друге стране, добра функционалност овог система се огледа кроз поједностављење начина руковања и одржавања, затим кроз ниске или минималне трошкове одржавања, поправки и ремонта и кроз несметано функционисање механизације ради обављања агротехничких мера. Систем је примењив на отвореном пољу и у заштићеном простору.

Кроз почетна истраживања овог система и његовог усавршавања доказан је нарочито велики ефекат примене на отвореном пољу у екстремно сушним условима. Смањеним испаравањем и великом уштедом воде, а добијањем изузетно високих приноса, далеко превазилази ефекте других конвенционалних начина наводњавања.

Упоредним огледима у заштићеном простору, такође су добијени значајни резултати, не само у погледу повећања приноса, већ и у погледу обезбеђења

услова за еколошку и здравствено безбедну производњу хране. Овим начином наводњавања, земљиште се не девастира, већ се дугорочно чува као производни ресурс, за разлику од наводњавања „кап по кап“, који доводи до нарушавања структуре земљишта.

Сем наведених предности овог система, битно је нагласити и следеће:

- успешно се може примењивати код органске и еколошке производње хране;

У пластеницима у којима је инсталиран иновативни систем подповршинског капиларног наводњавања испаравање је минимално а релативна влажност ваздуха је веома ниска. Насупрот тим условима, код примене површинског система за наводњавање „кап по кап“ присутно је испаравање а релативна влажност ваздуха је веома висока што за последицу има развој болести на биљкама и неопходну примену средстава за заштиту биља. Такође, влажна површина земљишта код система „кап по кап“ изазива развој гљивица, док је код иновативног подповршинског капиларног наводњавања површина земљишта сува и одржава биљке у здравом стању. Код овог система се спречава неконтролисано испирање у дубље слојеве и подземне водотокове, вишка амонијачних једињења и других штетних једињења која одлазе у водотокове и пијаћу воду. Због наведене чињенице, очекује се да ће овај систем за наводњавање бити проглашен за еколошки прихватљив систем у зонама водосливова.

- пољопривредне површине на којима се применује могу бити чак и неправилног облика а да то не умањује ефекте примене овог система. То важи и за величину пољопривредне парцела на којој се поставља, у смислу да површина не умањује његове ефекте, од малих парцела до великих земљишни комплекса;
- овај систем има могућност коришћења органских или микробиолошких ђубрива (Злох З., 2013; Злох З. ет ал., 2013).

По питању еколошког аспекта ове иновације битно је споменути да је врло прихватљив са здравственог аспекта биљака.

За разлику од наводњавања „кап по кап“, где је током лета приземни део стабла изложен веома високим температурама па самим тим и ризицима од болести, код иновативног подповршинског капиларног наводњавања приземни део биљке није изложен превлаживању, тако да су ризици од оболевања сведени на минимум.

Са друге стране, код примене наводњавања кишењем биљке се излажу температурном стресу, који се веома негативно одражава на њих али је стрес често неизбежан уколико је вода за наводњавање знатно ниже температуре у односу на температуру ваздуха. Проблем температурног стреса биљака применом иновативног подповршинског капиларног наводњавања, знатно је ублажен и када би се упоредо наводњавало водом из истог изворишта са истом температуром воде (Слика 6.).

Слика 6. Еколошко-здравствени аспект (култура шећерна репа) наводњавање кишењем (лево), иновативно подповршинско капиларно наводњавање (десно)



Услови рада у пластенику зависе од температуре и релативне влажности ваздуха при тој температури којој су изложене биљке. Стога је и задржавање у пластенику при високој температури и високој релативној влази немогуће за дужи период, док је у условима високе температуре и ниске релативне влажности ваздуха, могућ не само дужи боравак већ и угодан рад.

У циљу интензивније промоције наводњавања, већег коришћења иновативних технологија у области наводњавања, па самим тим и у функцији одрживог развоја Србије, Институт за економику пољопривреде, Београд (ИЕП), у сарадњи са партнерским организацијама, реализовао је пројекат у оквиру теме: „Унапређење агротехничке мере наводњавања: Примена иновативних технологија у функцији одрживог руралног развоја Србије“.

Сходно томе, иновативни систем подповршинског капиларног наводњавања је постављен на огледном пољу, у пластенику Средње пољопривредно-хемијске школе, површине 5 ари где се гаје паприка (сорта *каптур*), црни лук (сорта *сребренац*) и ротквица (сорта *тинто*). Терен је са падом од 1%. Пре постављања система су урађене анализе земљишта из пластеника, са две дубине (30 cm и 60 cm). Од целокупне количине

узорка направљен је репрезентивни узорак за аналитичка одређивања, за оба узорка земљишта појединачно. Код дубине од 60 см, због мале количине достављеног узорка, није рађено одређивање садржаја глине. Такође је урађена и анализа воде за наводњавање.

Резултати анализа земљишта су дати у *Табелама 3. и 4.*, док су резултати анализе узорка воде за наводњавање дати у *Табели 5.* Резултати испитивања су дати у односу на масу сувог узорка.

Табела 3. Резултати физичко-хемијских испитивања узорка земљишта до дубине 0,3 m

| Параметар | Метода | Мерна јединица | Резултати испитивања |
|-------------------------------|--------------------|----------------|----------------------|
| Влага | СРПС ЕН 12880:2007 | % | 15.21 |
| Садржај органске материје | ВМ 106 | % | 5.34 |
| Садржај глине | ВМ 104 | % | 9.99 |
| Садржај хумуса | ВМ 105 | % | 3.95 |
| рН (у води) | ЕПА М 9045 Д: 2004 | | 7.54 |
| рН (у 1М раствору КСl) | Интерна метода* | | 6.79 |
| Лакоприступачни калијум (К) | ВМ 092 | mg K/100 gr | 87.76 |
| Лакоприступачни азот (N) | Интерна метода* | % | 0.003 |
| Лакоприступачни фосфор (P) | Интерна метода* | mg P/100 gr | 2.36 |
| Хром (Cr) | ВМ 092 | mg/kg | 33.17 |
| Никл (Ni) | ВМ 092 | mg/kg | 24.17 |
| Олово (Pb) | ВМ 092 | mg/kg | 19.52 |
| Бакар (Cu) | ВМ 092 | mg/kg | 21.37 |
| Цинк (Zn) | ВМ 092 | mg/kg | 57.59 |
| Кадмијум (Kd) | ВМ 092 | mg/kg | < 0,15 |
| Жива (Hg) | ВМ 092 | mg/kg | < 0,15 |
| Арсен (As) | ВМ 092 | mg/kg | 9.12 |
| Органохлорни пестициди | | | |
| Алдрин | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Диелдрин | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Ендрин | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Ендосулфан сулфат | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Хептахлор | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Хептахлорепоксид | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4-метоксихлор | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| ХЦХ-алфа | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |

| Параметар | Метода | Мерна јединица | Резултати испитивања |
|-------------------|--------|----------------|----------------------|
| ХЦХ-бета | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| ХЦХ-делта | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Линдан (ХЦХ-гама) | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4<-ДДД | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4<-ДДЕ | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4<-ДДТ | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |

*Лабораторијска метода усвојена од стране МОЛ-Лабораторије за испитивање која није у обиму акредитације
ВМ-валидована метода

Влажност земљишта је до дубине 30 cm 15,21% и са дужином се повећава, на дубини до 60% износи 17.37%.

Реакција (pH). Оптимална вредност pH за паприку је од 6,0 до 7,0, што значи да јој одговарају неутрална до благо кисела земљишта. Теже успева на врло киселим земљиштима, са pH вредношћу мањом од 4, и на алкалним земљиштима, са pH вредношћу већом од 8. Разменљива киселост (реакција pH у nKCl), земљишта експерименталног поља Грабовац, се са дужином смањује. До дубине 0,30 м, има вредност pH=6,79, а на дубини има вредност pH=6,52. На обе дубине остаје у опсегу нормалне pH вредности што одговара паприци. Исто важи и за црни лук и за роткице. Он најбоље успева на земљиштима неутралне pH вредности, а не подноси киселу реакцију (Манојловић ет ал, 2020).

Кисела земљишта, са pH вредношћу мањом од 4,5 се поправљају уношењем креча (процес калцификације), док се алкална, односно базна земљишта, поправљају сулфатом гвожђа (процес ацидификације).

Органска материја. По садржају органске материје (хумуса), земљиште експерименталног поља је умерено хумусно. Садржај хумуса до дубине 30 cm је 3,95%, а до дубине 60 cm 3,29%.

Лакоприступачни азот. Према заступљености лакоприступачног азота (0,003%), земљиште експерименталног поља припада категорији сиромашних земљишта.

Лакоприступачни фосфор и калијум. „Лакоприступачни“ фосфор (P) и калијум (K), се односе на лако растворљива једињења, из којих биљка може лако да се снабдева фосфором и калијумом. По томе, земљиште експерименталног поља припада групи слабо обезбеђених земљишта у фосфору и групи веома обезбеђених земљишта у калијуму (Шестић et al., 1969).

Табела 4. Резултати физичко-хемијских испитивања узорка земљишта до дубине 0,6 m

| Параметар | Метода | Мерна јединица | Резултата испитивања |
|-------------------------------|--------------------|----------------|----------------------|
| Влага | СРПС ЕН 12880:2007 | % | 17.37 |
| Садржај органске материје | ВМ 106 | % | 4.33 |
| Садржај глине | ВМ 104 | % | ** |
| Садржај хумуса | ВМ 105 | % | 3.29 |
| pH (у води) | ЕПА М 9045 Д: 2004 | | 7.49 |
| pH (у 1М раствору KCl) | Интерна метода* | | 6.52 |
| Лакоприступачни калијум (K) | ВМ 092 | mg K/100 gr | 128.97 |
| Лакоприступачни азот (N) | Интерна метода* | % | 0.006 |
| Лакоприступачни фосфор (P) | Интерна метода* | mg P/100 gr | 1.41 |
| Хром (Cr) | ВМ 092 | mg/kg | 32.45 |
| Никл (Ni) | ВМ 092 | mg/kg | 22.96 |
| Олово (Pb) | ВМ 092 | mg/kg | 18.66 |
| Бакар (Cu) | ВМ 092 | mg/kg | 20.04 |
| Цинк (Zn) | ВМ 092 | mg/kg | 53.24 |
| Кадмијум (Kd) | ВМ 092 | mg/kg | < 0.15 |
| Жива (Hg) | ВМ 092 | mg/kg | < 0.15 |
| Арсен (As) | ВМ 092 | mg/kg | 8.54 |
| Органохлорни пестициди | | | |
| Алдрин | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Диелдрин | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Ендрин | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Ендосулфан сулфат | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Хептахлор | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Хептахлорепоксид | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4-метоксихлор | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| ХЦХ-алфа | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| ХЦХ-бета | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |

| | | | |
|-------------------|--------|-------|--------|
| ХЦХ-делта | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| Линдан (ХЦХ-гама) | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4<-ДДД | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4<-ДДЕ | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |
| 4,4<-ДДТ | ВМ 053 | mg/kg | < 0.01 |

**Лабораторијска метода усвојена од стране МОЛ-Лабораторије за испитивање која није у обиму акредитације*

***Није рађена анализа садржаја глине
ВМ-валидована метода*

Садржај хрома, никла, олова, бакра, цинка, кадмијума, живе и арсена је у границама дозвољеног.

Садржај органохлорних пестицида није у штетним границама. Њихове вредности су мање од 0,001 mg/.

Како би се избегле нежељене последице које могу да настану због наводњавања водом неодговарајућег квалитета, односно неповољног хемијског састава, вода која се користи за наводњавање мора да испуњава одређене установљене норме.

Табела 5. Резултати физичко-хемијских испитивања узорка воде

| Параметар | Метода | Мерна јединица | Резултата испитивања |
|-------------------------------|---------------------|----------------|----------------------|
| pH | ВМ 065 | | 7.30 |
| Натријум (Na) | ВМ 090 | mg/l | 3.94 |
| Калцијум (Ca) | ВМ 090 | mg/l | 155.02 |
| Магнезијум (Mg) | ВМ 090 | mg/l | 38.6 |
| САР (sodium adsorption ratio) | Рачунски* | | 0.07 |
| Хром (Cr) | ВМ 090 | mg/l | < 0.007 |
| Никл (Ni) | ВМ 090 | mg/l | < 0.008 |
| Олово (Pb) | ВМ 090 | mg/l | < 0.005 |
| Бакар (Cu) | ВМ 090 | mg/l | < 0.006 |
| Цинк (Zn) | ВМ 090 | mg/l | < 0.006 |
| Кадмијум (Cd) | ВМ 090 | mg/l | < 0.003 |
| Жива (Hg) | ЕПА М 245.1:1994 | mg/l | < 0.0007 |
| Арсен (As) | ВМ 090 | mg/l | < 0.003 |
| Органохлорни пестициди | | | |
| Алдрин | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| Диелдрин | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| Ендрин | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |

| Параметар | Метода | Мерна јединица | Резултата испитивања |
|-------------------|---------|----------------|----------------------|
| Ендосулфан сулфат | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| Хептахлор | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| Хептахлорепоксид | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| 4,4-метоксихлор | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| ХЦХ-алфа | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| ХЦХ-бета | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| ХЦХ-делта | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| Линдан (ХЦХ-гама) | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| 4,4-ДДД | ВМ 011* | µg/l | < 0.01 |
| 4,4-ДДЕ | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |
| 4,4-ДДТ | ВМ 011 | µg/l | < 0.01 |

*Лабораторијска метода усвојена од стране МОЛ-Лабораторије за испитивање која није у обиму акредитације
ВМ-валидована метода

Резултати анализе показују да у води која се користи за наводњавање нема штетних пестицида ни тешких метала. Према САР вредности (7,49 mg/l), вода за наводњавање припада првој категорији по квалитету, односно са малом је опасношћу за секундарно заслањивење земљиште (Лазих М., 1990.). рН вредност износи 7.3, садржај натријума је 3.94 mg/l, калцијума 155.02 mg/l, и магнезијума 38.6 mg/l (Табела 5.).

Сондирањем земљишта у пластенику, органолептичким методом је утврђено да се ради о земљишту које је у орничном хоризонту од 0 до 25 cm дубине структурно, што је постигнуто, континураним уносом стајског ђубрива и редовном обрадом.

У дубљим хоризонтима од 30 до 60 cm, земљиште је веома збијено без јасно изражене структуре, при тренутној влази у тренутку испитивања. Такође се ради о слабо-водопрпусном хоризонту који дугорочно гледано утиче на процес заслањивања земљишта, што је честа негативна последица процеса наводњавања. Из тог разлога је пре постављања система за наводњавање извршена мера дренажа земљишта, на три попречна пресека пластеника, уградњом дренажа на 5-ом, 20-ом и 35-ом метру. Циљ ове мере је могућност испирања орничног хоризонта од повећане концентрације непотребних соли, које могу дугорочно да утичу на деградацију и опадање производне способности земљишта.

На почетку пластеника постављен је компензациони суд запремине 2.000 l, заправо два повезана суда, сваки запремине 1.000 l. Одатле се вода разводи у 9 трансмитера за воду а упуштање воде се врши под изузетно малим притиском (у просеку 0,1 bar). У само дно подземних канала је уграђена фолија чија је функција спречавање отицања гравитационе воде у дубље слојеве земљишта.

За покретање и рад иновативног начина подповршинског капиларног наводњавања користе се обновљиви извори енергије, ветротурбина **додатно појачана допунским фотонапонским панелима како би се обезбедила довољна количина енергије без обзира на тренутне метеоролошке услове, тзв. хибридни систем.** Овај систем на сунце-ветар показао се у много случајева веома ефикасним с обзиром да се надопуњава а користи исти хардвер јер ради на истом напону 24 V.

У пластенику је, пре пуштања у рад иновативног подповршинског капиларног наводњавања, постављен систем за наводњавање микрораспскивачима који је причвршћен за носећу конструкцију на 2,5 m висине од површине земљишта. Овај систем има улогу влажења земљишта по површини у припремној фази како би се постигла оптимална влажност за садњу изабраних пољопривредних култура на експерименталном пољу.

Закључак

Досадашња примена иновативног подповршинског капиларног наводњавања је дала изузетне резултате у економском и еколошком смислу. Са применом овог начина наводњавања, због бројних предности које има у односу на конвенционалне системе за наводњавања, нарочито на наводњавање „кап по кап“, постигнути су знатно већи приноси одличног квалитета. У фази инвестирања, иновативно подповршинско капиларно наводњавање је скупље у односу на неке друге начине наводњавања, али се касније кроз остварени резултат у производњи, посматрано на дужи временски период, свакако исплати.

Главне предности иновативног подповршинског капиларног наводњавања су: – рад под екстремно ниским притиском (од 0,2 бара) па је мала потрошња енергије; – дуг је век трајања (70 година); – саморегулација у давању воде биљкама; – примењивост и на малим и на великим пољопривредним површинама; – једноставност у управљању и

коришћењу система; – кроз наводњавање могуће је и ђубрење различитим лакорасворљивим ђубривима; – смањен је ризик од болести биљака.

Иновативни начин наводњавања је нашао до сада примену, пре свега у повртарској производњи на отвореном пољу и у заштићеном простору. Реално је очекивати да се даљим развојем овог иновативног система његова примена у будућности интензивира у воћарској и ратарској производњи.

Литература

1. Цвијановић Драго, Михаиловић Бранко, Параушић Весна (2015): „Наводњавање у функцији пољопривредне производње у Србији“. XXIX саветовање агронома, ветеринара, технолога и агроекономиста, Вол. 21, бр. 1-2. стр. 193-199.
2. Cević Nataša, Srdić Sretenka, Vuković Predrag (2008): „Description of Subirrigation and Horizontal Pipe Drainage in Serbia“, Conferința internațională: „Dezvoltarea economică performantă și complexă a spațiului rural și regional“, București, 19-20 septembrie, Academia de studii economice din București, Facultatea de economie agroalimentară și a mediului, Institutul de economie agrară al academiei Române, Institutul de economie agrară Belgrad-Serbia, Facultatea de agricultură din Belgrad-Serbia, Institutul de cercetare pentru economia agriculturii și dezvoltare rurală, București pp. 1-11.
3. Кљајић Наташа, Субић Јонел, Вуковић Предраг (2009): „Производња поврћа у пластеницима уз примену наводњавања“. Зборник научних радова са XXIII саветовања агронома, ветеринара и технолога, Вол 15, број 1-2, Институт ПКБ Агроекономик, Београд, стр. 135-146.
4. Kljajić Nataša, Vuković Predrag, Arsić Slavica (2011): „Irrigation in Serbia-development conditions and perspectives“, pp. 100-106, Scientific papers series „Management, Economic engineering in Agriculture and Rural Development“, volume 11, issue 1/ 2011.
5. Kljajić Nataša, Vuković Predrag, Arsić Slavica (2013a): „Current Situation in Irrigation in the Republic of Serbia“, pp. 123-139. Charperter 7, Sustainable Technologies, Policies, and Constraints in the Green Economy Andrei Jean-Vasile, Adrian Turek, Jonel Subic, Dorel Dusmanescu, ISBN 978-1-4666-4098-6 (hardcover) -- ISBN 978-1-4666-4099-3 (ebook) -- ISBN 978-1-4666-4100-6 (print & perpetual access) 1. Sustainable development.

2. Environmental policy. 3. Green technology. I. Jean-Vasile, Andrei, 1982-editor of compilation. HC79.E5S86887 2013 338.9'27--dc23 A volume in the Advances in Environmental Engineering and Green Technologies (AEEGT) Book Series, Published in the United States of America by Information Science Reference (an imprint of IGI Global) 701 E. Chocolate Avenue, Hershey PA 17033
6. Кљајић Наташа, Средојевић Зорица, Кљајић Жељко (2013б): „Евалуација примене наводњавања у Србији“, Зборник радова-Мелиорације 13, Пољопривредни факултет, Нови Сад, стр. 51-57.
7. Kljajić Nataša, Paraušić Vesna, Rodić Aleksandar (2016): “Techno-economic feasibility use of portable solar irrigation system”. 152nd EAAE SEMINAR: “Emerging technologies and the development of agriculture” Thematic Proceedings. August 30th-September 1st Novi Sad, Serbia. pp. 36-57.
8. Лазић Милојко (1990): Специјална хидрогеологија. Идео–Мелиоративна хидрогеологија. Универзитет у Београду. Рударско-геолошки факултет.
9. Манојловић Маја, Чабловски Ранко (2020): „Практикум из агрохемије“. Универзитет у Новом Саду. Пољопривредни факултет.
10. Поњичин Ондреј, Бугарин Р., Седлар Александра, Туран Јан, Вишацки Владимир, Станић Н. (2017): „Стање и правци развоја наводњавања у свету и код нас“. Савремена пољопривредна техника, Вол. 43, бр. 4, стр. 141-184.
11. Поњичан Ондреј, Милеташки Бојан, Бировљев Слободан, Седлар Александар, Туран Јан, Вишацки Владимир (2019): „Технички и експлоатациони аспекти наводњавања субиригацијом“. Савремена пољопривредна техника, вол. 45, бр. 4, стр. 135-184.
12. Rey, D., Holman, I.P., Daccache, A., Morris, J., Weatherhead, E.K. and Кнох, J.W.: Modelling and mapping the economic value of supplemental irrigation in a humid climate, Agricultural Water Management 173, 13-22, 2016.
13. Субић Јонел, Кљајић Наташа, Јелочник Марко (2017): „Обновљиви извори енергије и наводњавање у функцији одрживог развоја пољопривреде-економски аспекти“. Монографија. Издавач: Институт за економику пољопривреде Београд. Број страна 296/300.

14. Zloh Zdenko (2013): „Agro Kapilaris“ –A Revolution In Irrigation“. Proceedings The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science. Belgrade, september 23-26th. p.p. 493-506.
15. Zloh Zdenko, Miladinović Miroslav, Ugrinović Milan, Rudić Dragan, Savić Nebojša, Koković Nikola (2013): „Successful Application Of Agrokapilaris“ –A Revolution In Irrigation“. Proceedings The 1st International Congress on Soil Science XIII National Congress in Soil Science. Belgrade, september 23-26th. p.p. 506-511.
16. Šestić, S , Glinčić, M , Manojlović, S. (1969) Interpretation of the results of soil analysis. In Handbook for Systematic Control of Soil Fertility and Fertilizers Use. Center for the Improvement of Agricultural Production in Serbia - Professional Board for Control of Soil Fertility and the Use of Mineral Fertilizers, Belgrade, Serbia, 67–80.

Интернет извори:

<https://www.stat.gov.rs/sr-Latn/oblasti/zivotna-sredina>

<https://data.stat.gov.rs/Home/Result/25010204?languageCode=sr-Cyrl>