

## **Роля на напояването в земеделското производство**

**Емил Димитров**

*Селскостопанска Академия, ИПАЗР „Никола Пушкарров“, София, България*  
**E-mail:** engineer.dimitrov@mail.bg

### **Резюме**

Глобалните климатични промени свързани с повишаване на температурите, засушаванията, екстремни горещини или валежии зачестилите други събития, свързани с тежки метеорологични условия оказват сериозен натиск върху екосистемите и стопанското развитие на държавите. Устойчивото обществено развитие налага способност за приемане на смущенията, като запазва същата структура и начини на функциониране, възможност за самоорганизиране, както и адаптация към стрес и промени. Публикацията разглежда процесите свързани с климатичните промени и тяхното екологично и агро-икономическо отражение върху селскостопанското производство, за развитието и управлението на напояването, както и особеностите, и изискванията на културите към почвената влагозапасеност. Капковото напояване е форма на устройство за микронапояване и отговаря изцяло на изискванията за устойчиво земеделие и екологично производство на плодове и зеленчуци, като осигурява високи добиви и намалява нежеланите странични ефекти съпътстващи другите техники за напояване.

**Ключови думи:** изменението на климата, суша, култури, методи и техники за напояване

## **Role of irrigation in agricultural production**

**Emil Dimitrov**

*Agricultural Academy, ISSAPP “Nikola Pushkarov”, Sofia, Bulgaria*  
**Corresponding author:** engineer.dimitrov@mail.bg

**Citation:** Dimitrov, E. (2023). Role of irrigation in agricultural production. *Bulgarian Journal of Soil Science Agrochemistry and Ecology*, 57(1), 21-34.

### **Abstract**

Global climate change associated with rising temperatures, droughts, extreme heat or precipitation events and increased frequency of other severe weather events are putting severe pressure on ecosystems and economic development of countries. Sustainable societal development requires the

ability to accept disturbances while maintaining the same structure and ways of functioning, the ability to self-organise, and adapt to stress and change. The publication discusses the processes associated with climate change and their ecological and agro-economic impact on agricultural production, the development and management of irrigation, as well as the characteristics and requirements of crops to soil moisture. Drip irrigation is a form of micro-irrigation device and fully meets the requirements for sustainable agriculture and ecological production of fruit and vegetables, ensuring high yields and reducing unwanted side effects accompanying other irrigation techniques.

**Key words:** climate change, drought, crops, irrigation methods and techniques

## Въведение

В началото на новото хилядолетие настъпиха революционни промени в напоителната практика. Разви се по-цялостното разбиране на интерактивните връзки между почвата, растенията и климата по отношение на водоизточниците, техниката и използването на водата. Тези научни разработки са свързани с поредица от технически иновации в методологията за контрол на водата, които правят възможно установяването и поддържането на почти оптимални условия за влажност на почвата, през вегетацията на културите.

Публикацията разглежда процесите свързани с климатичните промени и тяхното екологично и агро-икономическо отражение върху селскостопанското производство, за развитие и управлението на напояването, както и особеностите, и изискванията на културите към почвената влагозапасеност.

## Глобални промени на климата и въздействието им върху почвата, водните запаси и земеделието

Земята и водата са фундамента за успешното развитие и просперитет на селското стопанство и икономически растеж за всяка държава. До 2025 1/3 от населението на света ще бъде изправено пред пълен недостиг на вода. Селското стопанство консумира над 18% от използваемите водни запаси в света. Глобалната производителност на селскостопанския сектор и очакваният темп на развитие на БВП изцяло разчитат основно на разумното използване на наличните водни запаси (Ati et al., 2012). Проблемът с напояването става още по-сериозен на фона на покачващите

се температури в световен мащаб. Средната температура на въздуха през януари 2023 в глобален план е била с  $0,25^{\circ}\text{C}$  по-висока спрямо новия климатологичен период (1991 - 2020), а месецът е бил с  $0,44^{\circ}\text{C}$  по-топъл от предишния климатологичен период 1981 - 2010, според обобщената информация от Европейската служба за изменение на климата (C3S) <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-january-2023>. Тази аномалия нарежда тазгодишния януари на 7-мо място в класацията за най-топли месеци януари. За последните 10 години глобалната температура се е повишила с  $0,19^{\circ}\text{C}$ , (NOAA [https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series/globe/land\\_ocean/1/1/1880-2022](https://www.ncei.noaa.gov/access/monitoring/climate-at-a-glance/global/time-series/globe/land_ocean/1/1/1880-2022)). За Европа положителната аномалия спрямо средната за периода 1991 - 2020 възлиза на  $2,20^{\circ}\text{C}$ . Това отрежда 3-то място в класацията за най-топъл януари, където водач е 2020, следвана от 2007. За последните 10 години средните температури в Европа са се повишили с  $0,44^{\circ}\text{C}$  (<https://climate.copernicus.eu/sea-ice-cover-january-2023>; <https://climate.copernicus.eu/surface-air-temperature-january-2023>)

Тенденциите към затопляне на климата изразени в повишаване на температурите на въздуха и намаление на вегетационните валежи се считат за доказани в глобален мащаб (Alexandrov & Simeonov, 2002). На основание на многогодишни наблюдения в Кнежа, Чирпан и София, т.е. в три представителни земеделски района на страната, в Националния институт по метеорология и хидрология (Slavov & Moteva, 2002; Varlev et al., 2004) е установено съществено изменение на основните климатични

фактори. През периода 1960 - 2000 сумата на ефективните температури през вегетацията се е повишила с около 130° С. В синхрон с този факт изпарението от свободна водна повърхност (изпарители с площ 20 m<sup>2</sup>) за 35 години се е увеличило със 100 mm за сезон. За същия период сумата на валежите през вегетацията е намаляла със 74 mm (Slavov & Moteva, 2002).

През януари 2023 в по-голямата част от равнинната и низинната част на България (фиг. 1) месецът е много топъл с аномалия спрямо периода 1991 – 2020 между 3 и 6° С, според данни от някои станции на НИМХ, както и от стандартно разположени автоматични станции ([www.stringmeteo.com](http://www.stringmeteo.com)). Най-малки отклонения от нормата има в планинските райони на Южна България, където аномалията е под 3° С. Най-наднормени температури са измерени по течението на Дунав и в крайните североизточни райони. Може да се заключи, че в Северна България стойността на положителната аномалия е по-голяма от тази в южната част на страната. Това е характерна черта на топлите зимни месеци в нашата страна ([www.stringmeteo.com](http://www.stringmeteo.com) ;<https://www.climateka.bg/>)

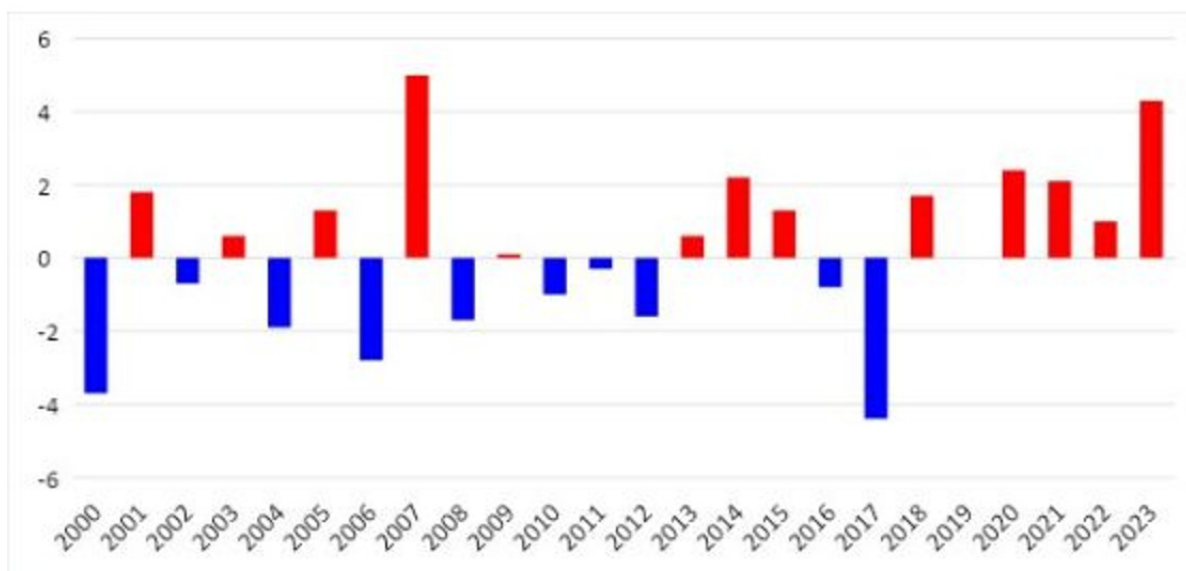
Посочените съществени климатичните изменения в Европа и конкретно в България с определени тенденции към затопляне и засушаване през последните две десетилетия ще окажат въздействие върху земеделското производство (нанесени са значително по-големи щети отколкото през преходния период). Този климатичен „натиск“ ще продължава при още по-голяма интензивност през следващите години, което налага още от сега да се търсят и реализират адекватни решения и средства за промяна на цялостните технологии в земеделието (дати на сеитба, продължителност на вегетация, норми на торене, потребности и режими на напояване, и т.н.), които да бъдат съобразени с новите агроклиматични особености и потребностите на отглежданите земеделски култури в различните региони на света и страната ни в частност.

От една страна въздействието на климатичните промени ще бъде благоприятно върху земеделието,

като повишената температура на въздуха ще обуслови удължаване на потенциалния вегетационен период на земеделските култури и преместване на горната граница на земеделското производство (разширяване на площите на най-важните земеделски култури и усвояване на нови райони с подобрени влажностни и топлинни условия, използване на по-голямо разнообразие от сортове и хибриди с по-висока продуктивност и добри стопански качества, отглеждане на нови земеделски култури и др.), което ще изисква ново райониране на агроклиматичните ресурси и на земеделските култури. От друга страна обаче, повишаването на температурата на въздуха и на почвата ще доведе до нарастване на изпарението, промяна в количеството на валежите и в тяхното разпределение във времето, респективно в промяна на водно-въздушния и топлинен режим на почвата, на водопотреблението, и т.н., които ще предизвикат намаляване на продуктивността на земеделските култури (Varlev, 2002; Petkov, 2003; Petkov et al., 1999, Petkov et al., 2002).

### **Особености на климата и необходимост от напояване на земеделските култури в България**

България се намира в умерено климатичния географски пояс, а географското и местоположение е в преходната зона между климата на Централна Европа, Южноруските степи и средиземноморския климат. При оценката на климатичните особености е необходимо да се обърне внимание на валежите – количество, интензивност и териториално разпределение от една страна, а от друга температурната динамика, относителната влажност на въздуха и др. Безспорно е, че напояването представлява основен фактор и ефективно средство за ограничаване или предотвратяване на стресовото въздействие на засушаването върху земеделските култури и за гарантиране получаването на стабилна растениевъдна продукция през различните в климатично отношение години. Тази негова роля е доказана както от проведените дългогодишни научни изследвания с основните земеделски



**Фиг. 1.** Отклонение на средната температура на въздуха в България за януари 2023 спрямо нормата за 1991 – 2020. Източник: [www.stringmeteo.com](http://www.stringmeteo.com)

**Fig. 1.** Diversion of the average air temperature in Bulgaria for January 2023 compared to the 1991-2020 norm, Source: [www.stringmeteo.com](http://www.stringmeteo.com)

култури, така и от практическото му прилагане в различните региони на страната (Varlev et al., 2004; Petkov, 2003; Petkov et al., 1999, Petkov et al., 2002). В петгодишни изследвания с малини в ОП Челопечане (Kireva & Petkov, 2003; Petkov & Kireva, 2003) при оптимално напояване са получени добиви от 1076 kg/da (капково напояване), докато при неполивни условия добивите са 447 kg/da, т.е. увеличението е над 2 пъти. През екстремно сухата 2000 увеличението на добива при напояване е 3,5 пъти по-висок като голяма част от растенията при неполивни условия са изсъхнали. Аналогични резултати могат да бъдат цитирани при всички полски култури - житни, овощни и технически.

При непрекъснато променящите се климатични условия, търсенето на вода за напояване на култури с висока стопанско-икономическа стойност, като зеленчуци, особено в сухи райони непрекъснато нараства. Развитието на зеленчукопроизводството е невъзможно без наличие на поливна вода. Почвената вода

се счита за един от ограничаващите фактори за зеленчукопроизводството в България (Philipova et al., 2012; Tzenova & Mitova, 2010). Изследвания (Kireva & Petrova, 2016) проведени със зеленчукови култури (пипер, домати и краставици) в района на Софийското поле-ОП-Челопечане, в полиетиленови неотопляеми оранжерии показват, че за получаване на оптимални добиви с добри качествени показатели е целесъобразно да се поддържа предполивна влажност 85-90% от ППВ. Намалването на размера на поливните норми с 20% и при трите култури довежда до по-ниски стопански резултати и може да се препоръча само при условия на временно възникнал воден дефицит. Експериментални резултати (Patamanska et al., 2020) от оранжерийен опит с домати сорт „Big Beef“ показват, че режимът на напояване и количеството на вложените торове влияят върху продуктивността на доматите. Най-подходящ за доброто развитие на растенията и за получаване на висок добив (80.4 t/ha) е

оптималния поливен режим (100% ЕТс), като най-високият добив на домати е получен при варианта, при който е приложена най-високата торова норма. Поливната норма от 100% ЕТс във фази 3-5-то и 6-8-мо съцветие осигурява (Mitova et al., 2021) по-добри растежни показатели на доматените растения. Растенията с оптимална поливна норма през месец юни са формирали средно с 6,5% по-високи растения; с 6,2% по-облистени; с 52,6% повече съцветия и с 4,5% повече плодове от вариантите с 60% ЕТс. През юли тези показатели в полза на оптималната поливна норма са: с 15,9% по-високи растения; със 17,5% по-облистени; с 10,8% повече съцветия и с 34,1% повече плодове в сравнение с редуцираната поливна норма. Опитните резултати от изследвания на открито с кромид лук (Mitova & Petrova, 2017) показват, че най-високи стойности на частичната продуктивност, на частичния хранителен баланс, на ефективността на възвращаемост - 0,47 kg.kg<sup>-1</sup> и на агрономическата ефективност (162 kg.kg<sup>-1</sup>) имат растенията с подпочвено капково напояване със 100% поливна норма и торене с N<sub>5</sub>. Вариантите с редуцирана поливна и торова норми, при които получените добиви са по-ниски от тези в контролния вариант се оказват агрономически неефективни.

Почти през всяка година се появяват значителни засушавания през периода на вегетацията в една или друга част на страната ни. Matev (1965) отбелязва, че за изследвания период от 80 години през който са се вършили метеорологични наблюдения около 24-25 години са били типично сухи. Все по-често стойностите на средно месечните и максималните температури са по-виски от климатичната норма за страната ни, особено през летните месеци, а средноденонощните температури през месец юни, в периода на усилено вегетативно развитие са много над оптималните за повечето зеленчукови видове (Mitova & Dinev, 2010; Mitova et al., 2016) и достигат 25-30° С. Данните за средните максимални температури на въздуха по месеци също показват, че през месеците юни и август се наблюдават екстремно високи температури над 30° С, които понижават и относителната

влажност на въздуха под 59%, което се отразява неблагоприятно върху развитието на растенията (Mitova et al., 2016).

За зеленчуковите култури от земеделско-метеорологична гледна точка от значение са валежите през вегетационния период от март до октомври. Наблюденията показват, че обикновено след третото десетдневие на юни в страната ни настъпва засушаване, което продължава през юли, август, септември и от части и през октомври ([www.stringmeteo.com](http://www.stringmeteo.com)). Като се вземе под внимание и факта, че част от падналите валежи се изпаряват, друга част се просмукват през почвени пукнатини или се оттичат по почвената повърхност и не достигат кореновата система на растенията става понятно, че валежите са недостатъчни за оптимално развитие на културите. Падналите валежи през вегетацията са напълно недостатъчни за да осигурят нормален растеж и развитие на повечето зеленчукови култури (Matev, 1965).

### **Методи за определяне нуждата от поливки при зеленчуковите култури**

Необходимостта на растенията от влага се изменя в процеса на вегетацията. Размерът и сроковете на поливките са в зависимост от количеството и разпределението на валежите през вегетационния период (Petrova et al., 2020). Проучвания на поливни норми, отчитащи воднофизичните характеристики на типа почва и метеорологичните условия в отделните години, дават възможност за установяване такъв размер на поливане, при който биологичните нужди на културите са най-пълно изпълнени без възможност за големи водни загуби (Petrova-Branicheva, 2016). Използването на данни за евапотранспирация (ЕТ) за планиране на напояване в зеленчукови ферми е предизвикателство поради неточни коефициенти на културите, отнемащи време, изчисления и необходимостта от едновременно управление на много полета (Mount et al., 2016). Изпарител с редуцирани размери може да се приложи за определяне на еталонната евапотранспирация със задоволителна за практиката точност (Grancharova et al., 2020). Междувременно

приемането на мониторинг на почвената влага при зеленчуците исторически е било ограничено от точността и цената на сензора, както и от труда, необходим за инсталиране, премахване и събиране на показания. С последните подобрения в сензорната технология, мрежите от обществени метеорологични станции, сателитни и въздушни изображения, безжични комуникации и облачни изчисления, много от трудностите при използването на ЕТ данни и сензори за влажност на почвата за планиране на напояване на зеленчуци вече са елиминирани. Разработени са уеб приложения и приложения за смартфони, които автоматизират много от изчисленията, включени в планирането на напояването, базирано на ЕТ. Данните от сензора за влажност на почвата могат да се събират чрез безжични мрежи и да се осъществява достъп чрез уеб браузър или приложения за смартфон. Методите за енергиен баланс за оценка на ЕТ на културите, като например вихрова ковариация и коефициент на Боуен, предоставят изследователски възможности за по-нататъшно разработване и оценка на насоките за коефициент на културата. Дистанционното наблюдение на култури с помощта на сателити, пилотирани летателни апарати и UAV платформи може също да предостави полезни инструменти за производителите на зеленчуци за оценка на развитието на културите, стреса на растенията, потреблението на вода и ефективността на напоителната система (Mount et al., 2016; Hanak et al., 2015).

Графикът за напояване се усложнява от многобройните методи, които производителите на зеленчуци използват, за да доставят вода на своите култури. В периодите на вегетацията на културата поливките са различни и зависят от количеството и разпределението на валежите, както и фазите от развитието на културата (Kireva et al., 2017) и характеристиките на полето и почвата, производителите могат да изберат да напояват с помощта на горни пръскачки, капково, бразди или комбинация от методи (Koike et al., 2011). Тъй като производството на зеленчуци често се характеризира с кратки вегетационни цикли на културите, интензивни сеитбообороти

и множество малки полета на различни етапи на развитие, зеленчукопроизводителите са изправени пред предизвикателството да планират и координират всички полски дейности, като същевременно отделят време за внимателно планиране на напояването, за да оптимизират използването на водата. Следователно, много от производителите могат да следват предварително определени графици за напояване, за да опростят управлението на водата и да направят малки корекции по време на сезона на реколтата в зависимост от техните наблюдения върху реколтата, почвата и метеорологичните условия (Smith et al., 2016).

През последните няколко десетилетия значителни подобрения и по-ниски разходи за безжични комуникации, изчислителна мощност, сензорна технология и въздушни и сателитни изображения увеличиха потенциала за разработване на точни и интуитивни подходи за планиране на напояването на зеленчуците (Shock et al., 2011). Управлението на напояването при отглеждане на земеделските култури изисква провеждането на собствен мониторинг в съответствие с нормативната база в областта на опазване на околната среда и екологична оценка на състоянието на мелиорираните земеделски земи при експлоатацията на напоителните системи.

Мониторингът на почвената влага отдавна е стандартен начин за определяне времето за напояване. Производителите и мениджърите на ферми обикновено оценяват влажността на почвата чрез сондиране с лопата или шнек или наблюдение със сензори. Сензори за обемно съдържание на влага и водно напрежение в почвата са налични в търговската мрежа от повече от 40 години, но първоначално са били използвани повече в научни изследвания, отколкото за търговско отглеждане на култури. Сензорите за обемна влажност на почвата предоставят показания в единици  $m^3 \cdot m^{-3}$ , а показанията на сензорите, базирани на опън, обикновено са в единици kPa, където по-голямата абсолютна стойност съответства на по-сухи почвени условия (Shock et al., 2011). Много сензори се свързват с регистриратори на

данни и безжични комуникационни системи, за да осигурят отчитане почти в реално време на влажността на почвата от различни дълбочини и места в полето. Данните се качват автоматично чрез комуникации по радио или клетъчен телефон към компютърни сървъри, базирани на облак, и са достъпни чрез приложения на смартфони и планшети. Тези подобрения в комуникацията значително покачват достъпа до данни и могат да бъдат конфигурирани да предоставят навременни предупреждения, когато културите изискват напояване. Много от тези безжични комуникационни системи за сензори за влага в почвата поддържат и метеорологични станции на полетата, цифрови разходомери и контролни клапани, което улеснява наблюдението на операциите на напоителната система. Сензорите за почвена влага, базирани на напрежение, се считат за най-добрия метод за определяне дали дадена култура се нуждае от вода, тъй като при повечето зеленчуци добивите и качеството на продукцията се компрометират, при продължителни периоди на високо водно напрежение в почвата. За много видове зеленчукови култури са определени прагове на напрежение, които оптимизират производството (Shock et al., 2011; Pardossi et al., 2011) броколи (Thompson et al., 2002), зеле (Smittle, 1994), карфиол (Thompson et al., 2000), маруля (Gallardo et al., 1996; Thompson et al., 1995), картофи (Wang et al., 2011), и домати (Mount et al., 2005).

### **Начини на напояване на зеленчуковите култури и влиянието им върху развитието на растенията**

В научната и популярна литература има значителна по обем и качество информация върху предлаганите и прилагани селскостопански техники и технологии за напояване.

#### Повърхностно напояване

Повърхностното напояване е най-древната и все още най-широко разпространената техника за напояване (Kolcheva, 2019; Varlev, 2011). Понастоящем то се прилага на около 90% от поливните площи в света, от които основната част се напояват по бразди. Основното му

предимство са ниските капиталовложения и разход на енергия. Поради това то е популярно и в най-развитите страни, стига почвените и теренните условия да позволяват приложението му. В САЩ например площите напоявани по бразди са около 60%, а в страни с не особено подходящи условия за повърхностно напояване, като Франция и Словакия, те са около 10% (Popova et al., 2005). Водата се разпределя по повърхността на почвата, като напоява целия или част от поливния участък. Повърхностно напояване може да се извършва по следните начини:

*Напояване чрез басейни* (фитарии, оджаци)- Традиционен български способ за поливане на зеленчуковите растения използван в условия на дребно и разпокъсано производство с много недостатъци. Нерационално използване на земеделските площи както и на поливната вода поради това, че се полива със силна струя от 6-8 литра в секунда, водата не може да проникне бързо в почвата, голяма част от нея се губи чрез изпарение; почвата се овлажнява неравномерно, не може да се въведе механизация и автоматизация на поливките (Davidov, 1977).

*Напояване по бразди* - Повърхностното напояване е най-древната и все още най-широко разпространената техника за напояване (Kolcheva, 2019). Методът е въведен в средата на XX век в нашето земеделие. Напояването по метода на дългите бразди има някои предимства пред фитариите и оджациите: позволява използване на механизация; по-голяма производителност на труда, по-високи с 10 до 15% добиви в сравнение с напояването по басейни (Davidov, 1977). Понастоящем то се прилага на около 90% от поливните площи в света, от които основната част се напояват по бразди. Основното му предимство са ниските капиталовложения и разход на енергия. Поради това то е популярно и в най-развитите страни, стига почвените и теренните условия да позволяват приложението му. В САЩ например площите, напоявани по бразди, са около 60%, а в страни с не особено подходящи условия за повърхностно напояване, като Франция и Словакия, те са около 10%

(Popova et al., 2005). У нас условията за напояване по бразди, а именно влагоемки почви и наклони на терена от 0,3 до 3%, са особено благоприятни (Varlev, 2012).

Недостатъците при този вид напояване са: неравномерно разпределение на водата по дължина на поливната бразда, зависимост от наклона на терена и почвената структура (Popova, 1992).

*Напояване по ивици* – този метод за напояване е подходящ за захарно цвекло, праз, лук, магданоз, моркови. Необходимо условие за прилагането му е много добрата подравненост на участъка. Обработката на участъка се извършва с лентова почвообработваща машина. Големината на лехите зависи от подравняването на терена, пропускливостта на почвата, склонността към ерозия, силата на поливната струя (Evans, 2010).

#### Напояване чрез дъждуване

Като практика се е превърнал в предпочитан метод за напояване на овощни насаждения. Увеличението на добивите при тази поливна практика прилагана при бадеми, череши и грозде е 15-25% в сравнение с повърхностното напояване. Предимствата се изразяват в по-лесно регулиране на поливната норма в желаните граници; много по-икономично изразходване на водата в сравнение с поливането по бразди; поливната вода се обогатява с кислород, азот и други елементи, които след това се внасят в почвата; особено подходяща за райони с високи подпочвени води; засилва се процеса на фотосинтеза; подобрява се микроклимата в насаждението и се увеличава производителността на труда; с дъждувалната техника могат да се внасят и торове т.е. да се извършва фертигация (Koumanov et al.; 1997; Koumanov et al., 2018; Tsvetanov et al., 2020).

Недостатък на метода е, че е добре дъждуването да се извършва в следобедни или вечерни часове и при облачно време, за да се избегне опасността от слънчеви пригори и развитие на болести (Popova et al., 2005).

#### Подпочвено напояване

Първото известно споменаване на подпочвено напояване идва от Китай преди повече от 2000

години (Bainbridge, 2001), където глинени съдове пълни с вода са били заровени в почвата. Водата се е движела бавно през почвата, намокряйки корените на растенията (Vaziri & Gibson, 1972). Разликата във влажността на почвата в слоя 0 –30 cm при подземно капково напояване в сравнение с повърхностното капково напояване, напояването е от порядъка на 20-30% (Petrova-Branicheva, 2021). Експериментални изследвания описват предимствата и недостатъците пред други методи за напояване, по-специално капково напояване, които са обширни (Lamm, 2002; Payero, 2005).

#### *Предимства:*

- Ефективността на използването на водата е висока. Изпарението от почвата, повърхностния отток и дълбокото просмукването са значително намалени или елиминирани. В допълнение, рискът от замърсяване на водоносния хоризонт от движението на торове и други химични съединения е намален.

- Използването на отпадни води. Прилагането на подземни отпадъчни води може да намали патогенния дрейф и контакта на хора и животни с такива води.

- Ефективността при прилагане на този вид напояване се подобрява, тъй като напояването може да се комбинира с торене. По този начин допълнително се намалява ненужното количество вода за напояване. Намалява се количеството на плевелната растителност.

- Пести се разход на труд тъй като не е необходимо системата да се премахва при прибиране на реколтата, нито да се инсталира отново преди засаждането на втора култура. От друга страна, страничните части и подводите могат да претърпят по-малко щети и потенциалът за вандализъм също е намален.

- Работното налягане често е по-малко, отколкото при капково напояване. По този начин, намалява разхода за енергия.

#### *Недостатъци:*

- Водните приложения може да са до голяма степен невидими и е по-трудно да се оцени системата и ритъма на работа. Лошото управление на системата може да доведе до по-слабо или прекомерно напояване. Последното



може да доведе до лоша аерация на почвата и проблеми с дълбоката перколяция.

- Ако разрядът на емитер надвишава инфилтрацията на почвата, наоколо се развива почвено свръхналягане изход на емитер, причинявайки нежелани мокри петна в полето.

- Навременната и последователна поддръжка и ремонти са изискване. Течове, причинени от гризачите могат да бъдат по-трудни за локализиране и ремонт, особено за по-дълбоки системи. Капковите линии трябва да се наблюдават за проникване на корени. Корени от някои трайни насаждения могат да защитят капковите линии, елиминирайки или намалявайки потоците. Периодично, капковите линии трябва да се промиват, за да се отстранят натрупванията от тиня и други утайки които могат да се появят в страничните части. Експлоатацията и управлението изискват повече и последователен надзор в сравнение с някои алтернативни напоителни системи. Има опасност за поглъщане на почва при изключване на системата, ако възникне вакуум, така че е необходимо обезвъздушаване. Необходимо е вакуумния прекъсвач да работи правилно (Payero, 2005).

#### Капково напояване

Началото на системите за капково напояване (повърхностно) – също от групата на методите за съсредоточено напояване, се поставя към средата на миналия век с промишленото производство на пластмасови тръби и елементи. За първи път се счита, че капковото напояване е приложено в Англия в оранжерийното производство. През този период е разработена и принципната схема на системата за капковонапояване. В производствени условия за първи път този метод и технология са използвани в Израел през 60-те години на миналия век и то при овощни насаждения. Благодарение на получените много добрите резултати, капковото напояване става обект на изследвания в редица страни. Наред с това се развива и промишленото производство на необходимите елементи, което направи възможно прилагането му в по-големи мащаби в САЩ, Австралия, Канада, Франция, Италия

и други страни. Понастоящем в света по този начин се напояват стотици хиляди хектари с различни култури (Belchev, 1979).

В България първите опити за използване на капковото напояване датират от началото на 70-те години с провеждането на отделни проучвания на елементи за напоителните системи (Petkov et. al. 2009). Първите изследвания и разработки за капково напояване в България започват през 1972 г., когато Пловдивският институт по земеделие създава изследователска група, която разработва първия прототип на система за капково напояване. В края на 70-те години в България стартира проект за насърчаване използването на капково напояване. Спонсориран от Американската агенция за международно развитие (USAID), проектът включва изграждането на няколко демонстрационни обекта. Изградените площи за капково напояване у нас са възлизали на около 4000 декара, от които около 2500 декара са изградени с чуждестранни инсталации (Belchev, 1979).

През следващите години използването на системи за капково напояване в България продължило да нараства, тъй като правителството приложило нови политики за насърчаване на използването им. Правителството също така предоставя финансова подкрепа и субсидии на земеделците, за да им помогне да инсталират системи за капково напояване. В момента България е една от водещите страни в Европа по развитие и прилагане на технологията за капково напояване. През последните години страната инвестира сериозно в модернизиранието на своите напоителни системи, като значителна част от бюджета е отделена за разработване на технологии за капково напояване.

Необходимостта от промяна в цялостните технологии за земеделско производство, съобразно новите условия и потребности на земеделските култури, изискват разработване на оптимизирани модели на технологии за екологосъобразно напояване при използване на подходящи по вид и параметри водоспестяващи и енергоспестяващи техники, съобразени с биологичните потребности на земеделските

култури. Получените досега резултати от използването на капковото напояване в практиката свидетелстват, че този метод като водоспестяващ е подходящ да се използва при площи с интензивни земеделски култури, особено при условия на воден дефицит и ограничени водни ресурси за земеделието (Petrova, 2013). Прилагането на капково напояване зависи от различни природо-климатични, демографски, регионални и други фактори, а не на последно място и правителствени стимули. Чрез използване на този иновативен метод в прецизното земеделие ще се повиши производителността, производствените разходи ще се намалят както и негативното въздействие на земеделието върху околната среда (Sharma & Ashoka, 2015). Капковото напояване е изключително ефективно, при култури, които реагират силно на напояването, и големината и качеството на получения добив от тях зависят много от влажността, създадена чрез поливния режим (Genkova, 2009; Shaban et al., 2014; Hristov, 2011). Интензивните земеделски култури, които се отглеждат в райони с умерено континентален климат включително България, нямат достатъчно естествена влага през летните месеци, така че напояването се явява решаващо агротехническо събитие, без което е невъзможно да се осигурят стабилни добиви с висококачествена продукция от повечето култури. В това отношение особено перспективно е капковото напояване, като всички прилагани в практиката методи и технологии за микронапояване, базирани на различни методи за локално подаване на вода и хранителни вещества в почвата, имат вече доказани възможности за използване в поливното земеделие (Petrova-Branicheva, 2016). Схемата за микро напояване, чрез капкова техника е ефективен метод с все по-широко приложение в земеделското производство (Moteva et al., 2016). Капковото напояване е начин за доставяне на поливна вода директно в почвата, в кореновата зона на растението, като свежда до минимум ерозията на почвата, дълбочинното просмукване и оттичане на водата, които са типични за „класическото“ напояване по бразди.

Капковото напояване същевременно позволява използването на торове, хранителни вещества и други водоразтворими субстанции заедно с водата за напояване, което води до по-високи добиви и подобрени производствени резултати (Chukalla et al., 2015). Системите за капково напояване се разглеждат като решение на някои предизвикателства пред фермерите в райони със засушаванес цел увеличаване на добива от напояваната култура (Ati et al., 2012). Капковото напояване е по-ефективно и евтино, за разлика от повърхностното напояване, ако се прилага в бедни на вода региони с вълнообразен релеф, плитки и пясъчливи почви и икономически ценни култури. То има и това предимство, че свежда до минимум контакта на поливната вода с вегетативната маса на растенията и по този начин пречи на разпространението на редица болести (Çolak et al., 2015). Ето защо е важно за стопаните използващи капково напояване да знаят предимствата и ограниченията на метода в процеса на постигане на по-висока производителност на капковото напояване (Albaji et al., 2015). Капковото напояване е форма на устройство за микронапояване и отговаря изцяло на изисквания за устойчиво земеделие и екологично производство на плодове и зеленчуци, както и осигурява високи добиви и намалява нежеланите странични ефекти (Kireva & Petkov, 2003; Morteve & Petrova-Branicheva, 2016; Petrova-Branicheva, 2016), което може да пести енергия и хранителни вещества, като позволява на водата да постъпва умерено и равномерно към растенията, под или над повърхността на почвата, (Darouich et al., 2014) целта е специално да се инжектира вода в зоната на корените, за да се намали изпарението (Gerçek et al., 2017; Qin et al. 2016). При проектиране на системата за капково напояване е важно всички елементи да са правилно оразмерени, така че тя да доставя вода за напояване с желаното налягане и дебит.

Обикновено системата за капково напояване се състои от следните елементи: команден възел, състоящ се от контролер, захранваща помпа, филтър, регулатор на налягане/водно количество, торосмесител, водомер, манометр/и, главен

тръбопровод, разпределителни тръбопроводи, поливни крила и аксесоари (Patamanska et al., 2018). Системата за капково напояване може да бъде по-мощна от други форми на напоителни системи, като например наземно напояване или спринклерно напояване, въз основа на това колко добре е изградена, инсталирана, управлявана и контролирана (Gerçek et al., 2017; Qin et al., 2016). Много големи структури за капково напояване използват някаква форма на филтри, за да предотвратят запушването с малки частици по тесния път на потока на излъчвателя. Сега се предлагат нови технологии, които намаляват запушването. Практически всички производители на системи за капково напояване препоръчват използването на филтри и обикновено не отговарят на гаранциите, докато това не бъде постигнато (Rowe et al., 2014; Eranki et al., 2017). Поради утаяването на малки частици и непреднамереното инжектиране на частици в междинните слоеве, последната филтрираща линия точно преди крайната преносна тръба е препоръчителна в допълнение към всяко филтриращо устройство.

Стандартните формулировки на тор с отложено освобождаване често са неефективни поради посочения начин, по който водата се движи в капкова система, защото капковите механизми понякога не съумяват да смесят торта с водата за напояване (Garb & Friedlander, 2014). Процесът на едновременното снабдяване на растенията с разтворените торове с поливната вода на капковата система за напояване се нарича фертигация. Химикалите могат да се прилагат непрекъснато, докато устройството напоява на определени интервали. При зеленчуковите култури обикновено се прилага интензивно торене и резултатите от теренни проучвания (Mitova & Dinev, 2012) са показали, че при използване на капково напояване с фертигация и бавно разпределение на водата е регистрирано до 95% икономично изразходване на прилаганите торове, в сравнение с бързото „освобождаване“ на торовете и напояване с микроразпръскваща глава. Възможността за подаване на торовете едновременно с поливната вода позволява да се осигури подходящ хранителен режим на

растенията през различните фази от развитието им, по-добро разпределение на хранителните елементи, намаляване на разходите на труд и намаляване на количеството на торовете (Petkov, 2003). Азотните торове са лесно разтворими и могат да се подават в почвата с помощта на системата за капково напояване посредством инжектор. Те не бива да се внасят наведнъж, за да се избегне повишаването на концентрацията на почвения разтвор. Ако се прилагат завишени поливни норми нитратният азот може да бъде измит надолу под нивото на коренообитаемия почвен слой и това ще намали ефективността на торенето (Petrova, 2013).

Правилно планирано, изградено и контролирано, капковото напояване може да помогне за постигане на водна ефективност чрез минимизиране на изпарението и дълбочинното оттичане на водата в сравнение с други видове напояване (Reyes-Cabrera et al., 2016; Adekoya et al., 2014).

## **Заключение**

Регистрираните през последните десетилетия изменения в климата с тенденция към затопляне, засушаване и увеличаване на водния дефицит и стреса в отглежданите земеделски култури, както и ограничените водни ресурси в България налагат използването на водо и енергоикономични технологии и техники през следващите години, като един от основните елементи на „добрите практики“ за напояване на културите, които земеделските стопани следва да прилагат в своята дейност. През последните десетилетия значителните подобрения и по-ниски разходи за безжични комуникации, изчислителна мощност, сензорна технология и въздушни, и сателитни изображения увеличиха потенциала за разработване на точни и интуитивни подходи за планиране на напояването в интензивното земеделие. Днес българските производители имат достъп до широка гама от съвременни технологии за капково напояване, включително автоматични и полуавтоматични системи, както и разнообразие от материали и продукти за инсталиране и поддръжка им.

В сравнение с другите начини за напояване – повърхностно, дъждуване, капковото напояване е най-икономичния по разход на вода метод от всички останали. Допълнително във водата могат да се добавят торове и препарати. Този вид напояване може да се автоматизира. Това води до точно контролиране на времето за поливане и малък разход на труд и енергия. Ефективността на напояването при този метод е висока – от 80% до 95%. По този начин капковото напояване е метода с най-висока ефективност и най-малко странични ефекти. Затова този метод е за предпочитане при интензивните производства- в овощарството, зеленчукопроизводството, лозарството.

## Литература

**Adekoya, M. A., Liu, Z., & Vered, E.** (2014). Agronomic and ecological evaluation on growing water-saving and drought-resistant rice (*Oryza sativa* L.) through drip irrigation. *J. Agric. Sci.*, 110-119. doi:10.5539/jas.v6n5p110.

**Albaji, M., Golabi, M., Nasab, S. B., & Zadeh, F. N.** (2015). Investigation of surface, sprinkler and drip irrigation methods based on the parametric evaluation approach in Jaizan Plain. *Journal of the Saudi Society of Agricultural Sciences*, 14(1), 1-10. doi:10.1016/j.jssas.2013.11.001.

**Alexandrov, V., & Simeonov, P.** (2002). Climate change and drought in Bulgaria - consequences for agricultural production. *Agricultural Economics*, 18, 53-61.

**Ati, A. S., Iyada, A. D., & Najim, S. M.** (2012). Water use efficiency of potato (*Solanum tuberosum* L.) under different irrigation methods and potassium fertilizer rates. *Annals of Agricultural Sciences*, 57(2), 99-103. doi:10.1016/j.aos.2012.08.002.

**Bainbridge, D. A.** (2001). Buried clay pot irrigation: a little known but very efficient traditional method of irrigation. *Agricultural water management*, 48(2), 79-88.

**Chukalla, A. D., Krol, M. S., & Hoekstra, A. Y.** (2015). Green and blue water footprint reduction in irrigated agriculture: effect of irrigation techniques, irrigation strategies and mulching. *Hydrology and earth system sciences*, 19(12), 4877-4891. doi: 10.5194/hess-19.

**Çolak, Y. B., Yazar, A., Çolak, İ., Akça, H., & Duraktekin, G.** (2015). Evaluation of crop water stress index (CWSI) for eggplant under varying irrigation regimes using surface and subsurface drip systems. *Agriculture and agricultural science procedia*, 4, 372-382. doi:10.1016/j.aaspro.2015.03.042.

**Darouich, H. M., Pedras, C. M., Gonçalves, J. M., & Pereira, L. S.** (2014). Drip vs. surface irrigation: A comparison focussing on water saving and economic returns using multicriteria analysis applied to cotton.

*Biosystems engineering*, 122, 74-90. doi:10.1016/j.biosystemseng.2014.03.010.

**Davidov** (1977). *Handbook of irrigation*.

**Eranki, P. L., El-Shikha, D., Hunsaker, D. J., Bronson, K. F., & Landis, A. E.** (2017). A comparative life cycle assessment of flood and drip irrigation for guayule rubber production using experimental field data. *Industrial crops and products*, 99, 97-108. doi:10.1016/j.indcrop.2017.01.020.

**Evans, R. G., Stevens, W. B., & Iversen, W. M.** (2009). Development of strip tillage on sprinkler irrigated sugarbeet. *Applied Engineering in Agriculture*, 26(1), 59-69.

**Gallardo, M., Jackson, L. E., Schulbach, K., Snyder, R. L., Thompson, R. B., & Wyland, L. J.** (1996). Production and water use in lettuces under variable water supply. *Irrigation Science*, 16, 125-137.

**Garb, Y., & Friedlander, L.** (2014). From transfer to translation: Using systemic understandings of technology to understand drip irrigation uptake. *Agricultural Systems*, 128, 13-24. doi:10.1016/j.agsy.2014.04.003.

**Genkova, I.** (2009). *Intensive vegetable production*.

**Gerçek, S., Demirkaya, M., & Işık, D.** (2017). Water pillow irrigation versus drip irrigation with regard to growth and yield of tomato grown under greenhouse conditions in a semi-arid region. *Agricultural Water Management*, 180, 172-177. doi: 10.1016/j.agwat.2016.11.012.

**Grancharova, E., Patamanska, G., Gigova, A., Morteve, I., & Dimitrova, E.** (2020). Estimation of reference evapotranspiration using reduced evaporation pan. *New knowledge Journal of science*, 9(1), 169-174.

**Hanak, E., Mount, J., Chappelle, C., Lund, J., Medellin-Azuara, J., Moyle, P., & Seavy, N.** (2015). *What if California's drought continues*. Public Policy Institute of California, 28-33. [https://www.ppic.org/wp-content/uploads/content/pubs/report/R\\_815EHR.pdf](https://www.ppic.org/wp-content/uploads/content/pubs/report/R_815EHR.pdf) (last accessed 01.03.2023).

**Hristov, T.** (2011). *Practical gardening*.

**Kireva R., & Petkov, Pl.** (2003). Research on the influence of drip irrigation on yield and economic performance in growing raspberries. *Agricultural Engineerin.* 2, 47- 51.

**Kireva, R., Petrova-Branicheva, V., & Markov, E.** (2017). Drip irrigation of apples at a moderate continental climate. *International Research Journal of Engineering and Technology (IRJET)*, 4(09), 642-645.

**Kireva, R., & Petrova, V.** (2016). Irrigation scheduling and irrigation water productivity of vegetable crops, cultivated under drip irrigation. *Pochvoznanie, agrokhimiya i ekologiya/Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 50(3/4), 30-36.

**Koike, S., Cahn, M.D., Cantwell, M., Fennimore, S., LeStrange, M., Natwick, E., Smith, R., & Takale E.** (2011). *Spinach production in California*. <https://escholarship.org/uc/item/67w2p91c> (last accessed 01.03.2023).

**Kolcheva, K.** (2019). Distribution of water resources and climate change – sense and adaptation, *Water affairs*, 1/2, 2-10.

**Koumanov, K. S., Hopmans, J. W., Schwankl, L. J.,**

- Andreu, L., & Tuli, A.** (1997). Application efficiency of micro-sprinkler irrigation of almond trees. *Agricultural Water Management*, 34(3), 247-263.
- Koumanov, K. S., Staneva, I. N., Kornov, G. D., & Germanova, D. R.** (2018). Intensive sweet cherry production on dwarfing rootstocks revisited. *Scientia Horticulturae*, 229, 193-200.
- Lamm, F. R.** (2002, December). Advantages and disadvantages of subsurface drip irrigation. In *International Meeting on Advances in Drip/Micro Irrigation, Puerto de La Cruz, Tenerife, Canary Islands*. (pp. 1-13).
- Matev, T.** (1965). *Irrigation of vegetable crops*, Ed. Hr. G. Denov.
- Mitova, Iv., & Dinev, N.** (2010). Influence of temperature on some parameters of growth, yield and quality of tomatoes in field production. *Soil science, agrochemistry and ecology, XLIV*, 1, 45-51
- Mitova, I., & Dinev N.** (2012). Morphological evaluation and yield in late Polish production of head cabbage. *Soil Science, Agrochemistry and Ecology. XLVI*(4), 86-90
- Mitova, I., Dinev, N., Vasileva, V., Petrova, V., & Mikova, A.** (2016). Growth performance and yield of onion depending on the after-effect of fertilizing with organic and mineral fertilizers. *Pochvoznanie, agrokimiya i ekologiya/Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 50(3/4), 16-22.
- Mitova, Iv., Patamanska, G., Gigova, A.** (2021). The effect of irrigation and fertilisation rate on growth parameters of early medium tomato grown in unheated greenhouse. *Bulgarian Journal of Crop Science*, 58(4), 59-67.
- Mitova, I., & Petrova, V.** (2017). Effectiveness of fertilization at onion depending on nitrogen rate and irrigation scheduling. *Pochvoznanie, agrokimiya i ekologiya/Bulgarian Journal of Soil Science, Agrochemistry and Ecology*, 51(2), 3-11.
- Moteva, M., Gadajalska, N., Kancheva, V., Tashev, T., Georgieva, V., Koleva, N., Mortevev, Iv., & Petrova-Branicheva, V.** (2016). Irrigation Scheduling and the impact of irrigation on the yield and yield components of sweet corn. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 332-339.
- Mount, J., Chappelle, C., Gray, B., Hanak, E., Howitt, R., Lund, J., Frank, R., Gartrell, G.; Munoz-Carpena, R., Dukes, M.D., Li, Y.C., & Klassen, W.** Field (2005). Comparison of tensiometer and granular matrix sensor automatic drip irrigation on tomato. *Hort Technology*. 15, 584-590.
- Patamanska, G., Grancharova, E., Kostadinov, G., & Gigova, A.** (2018). Effect of drip irrigation on the yield and water use efficiency for tomatoes grown in unheated greenhouse. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 21(1), 306-316.
- Patamanska, G., Mitova, I., Miteva, D., & Gigova, A.** (2020). Yield and fruit quality of greenhouse tomato in response to different level of irrigation and fertilization. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 23(1), 197-208.
- Pardossi, A., & Incrocci, L.** (2011). Traditional and new approaches to irrigation scheduling in vegetable crops. *HortTechnology*, 21(3), 309-313.
- Payero, J.O.** (2005). *Subsurface Drip Irrigation in Nebraska*. University of Nebraska West Central Research and Extension Center. 93-104.
- Petkov, Pl.** (2003). Hydromelioration and irrigated agriculture in Bulgaria - present and future. *Agricultural machinery, HL*(2), 5-16.
- Petkov, Pl., & Ivanov, St.** (1999). Management Restructuring Strategy of irrigation in Bulgaria in the conditions of a market economy. In: *Proceedings of the Jubilee Scientific conference. 50 years of Hydrotechnical Faculty*.
- Petkov, Pl., & Kireva, R.** (2003). Use of Drip Irrigation in Bulgaria – Present State and Future Perspectives. In: *Proceedings of the ICID Workshop. Improved Irrigation Technologies and Methods. Montpellier, France*.
- Petkov, P., Kireva, R., & Karaivanov, K.** (2009). Use of drip irrigation in Bulgaria - status and prospects. *Agricultural machinery (Bg)*.
- Petkov, Pl., Petkova, M., & Dimitrova, N.** (2002). Measures needed to increase irrigation adaptation and irrigated agriculture in Bulgaria to the drought. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*. 8(2), 131-136.
- Petrova-Branicheva, V.** (2021). Different irrigation technologies on irrigation scheduling and production of onion. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 27(3), 582-587.
- Petrova-Branicheva, V.** (2016). Water-efficiency technologies to create optimal conditions for microirrigation raspberries. *Journal of Mountain Agriculture on the Balkans*, 19(4), 124-143.
- Petrova, V.** (2013). *Research of underground drip irrigation of strawberries in a plastic greenhouse*. Dissertation.
- Petrova, V., Yordanova, M., Nikolova, T., & Tsvetkova, E.** (2020). Impact of biocarbon on agrochemical Properties of soil during broccoli vegetation. In: *International Multi-disciplinary Scientific Geo Conference, Sofia*.
- Philipova, N., Nicheva, O., Kazandjiev, V., & Chilikova, M.** (2012). A computer program for drip irrigation system design for small plots. *J of Theoretical and Applied Mechanics*, 42(4), 3-18.
- Popova, Z., Mailhol, J. C., Ruelle, P., Varlev, I., & Gospodinov, I.** (2005). Maintaining environmental and productivity sustainability of a non-homogeneous furrow set in different agro-landscapes. Irrigation and Drainage: *The journal of the International Commission on Irrigation and Drainage*, 54(3), 321-337.
- Popova, Z.** (1992). Modeling in furrow irrigation performance evaluation and interface between simulation and experimental data. In: *Transactions of International Conference of EWRA 4. Advances in Planning, Design and Management of Irrigation Systems as related to Sustainable Land Use. Leuven*.
- Qin, S., Li, S., Kang, S., Du, T., Tong, L., & Ding, R.** (2016). Can the drip irrigation under film mulch reduce

crop evapotranspiration and save water under the sufficient irrigation condition?. *Agricultural Water Management*, 177, 128-137. doi: 10.1016/j.agwat.2016.06.022.

**Reyes-Cabrera, J., Zotarelli, L., Dukes, M. D., Rowland, D. L., & Sargent, S. A.** (2016). Soil moisture distribution under drip irrigation and seepage for potato production. *Agricultural water management*, 169, 183-192. doi: 10.1016/j.agwat.2016.03.001.

**Rowe, D. B., Kolp, M. R., Greer, S. E., & Getter, K. L.** (2014). Comparison of irrigation efficiency and plant health of overhead, drip, and sub-irrigation for extensive green roofs. *Ecological Engineering*, 64, 306-313. doi:10.1016/j.ecoleng.2013.12.052.

*Shaban, N., Bistrichanov, S., Kadum, E., Tityanov, M., Moskova, Ts., Mitova, Iv., & Bumov, P.* (2014). *Vegetable production*.

**Sharma, Y., & Ashoka, P.** (2015). Precision farming and use of sensors in Horticulture. *Progressive Research—An International Journal Society for Scientific Development*, 10, 3244-3248.

**Shock, C. C., & Wang, F. X.** (2011). Soil water tension, a powerful measurement for productivity and stewardship. *HortScience*, 46(2), 178-185.

**Slavo, N., & Moteva, M.** (2002). Influence of climate changes on some characteristics of droughts in Bulgaria. *Ecology and Future*, 1(2-4), 31-33.

**Smith, R., Cahn, M., Hartz, T., Love, P., & Farrara, B.** (2016). Nitrogen dynamics of cole crop production: implications for fertility management and environmental protection. *HortScience*, 51(12), 1586-1591.

**Smittle, D. A., Dickens, W. L., & Stansell, J. R.** (1994). Irrigation regimes affect cabbage water use and yield. *Journal of the American Society for Horticultural Science*, 119(1), 20-23.

**Thompson, T. L., Doerge, T. A., & Godin, R. E.** (2000). Nitrogen and Water Interactions in Subsurface Drip-Irrigated Cauliflower I. Plant Response. *Soil Science Society of America Journal*, 64(1), 406-411.

**Thompson, T. L., Doerge, T. A., & Godin, R. E.** (2002). Subsurface drip irrigation and fertigation of broccoli: I. Yield, quality, and nitrogen uptake. *Soil Science Society of America Journal*, 66(1), 186-192.

**Thompson, T. L., & Doerge, T. A.** (1995). Nitrogen and water rates for subsurface trickle-irrigated romaine lettuce. *HortScience*, 30(6), 1233-1237.

**Tsvetanov, E., Koumanov, K., Matev, A., & Prodanova-Marinova, N.** (2020). Microsprinkling effect on the microclimate in vine nursery. *Bulgarian Journal of Agricultural Science*, 26(3), 540-544.

**Tzenova, V., & Mitova, I.** (2010). Influence of the soil moisture regime on the nitrogen and plastid pigments content in wheat varieties. *Journal of Environmental Protection and Ecology*, 11(2), 540-546.

**Varlev, Iv., Petkov, Pl., & Dyankov, Z.** (2004). Irrigation is a major factor in reducing damage caused by droughts in agriculture. magazine. *Water Delo*. 1-2, 22-28.

**Varlev, Iv.** (2012). *State of irrigation in Bulgaria in 2011 and measures to overcome the crises*. Z. Popova (Ed). Risk Evaluation of Drought in Agriculture and irrigation management through simulation models, 40-50.

**Varlev, Iv.** (2011). *Surge and Traditional furrow irrigation. Practical Guide*.

**Varlev, I.** (2002). What is irrigation and are there soils in our country (?). The fight against drought – a national problem. *Ecology and Future*, 1( 2-4).

**Vassileva, et al.** (1981). Drip irrigation, overview of recent developments. *International Journal of Agricultural Engineering*, 3(1), 25-30.

**Vaziri, C.M. & Gibson, W.** (1972). Subsurface and drip irrigation for Hawaiian sugarcane. In: *31st Report Hawaii Sugar Technology Annual Conference, Honolulu, 1972*.

**Wang, F. X., Wu, X. X., Shock, C. C., Chu, L. Y., Gu, X. X., & Xue, X.** (2011). Effects of drip irrigation regimes on potato tuber yield and quality under plastic mulch in arid Northwestern China. *Field Crops Research*, 122(1), 78-84.