Проект за реставрација на сливот на река Струмица

Проф. Д-р. Вјекослав ТАНАСКОВИЌ , Проф. Д-р. Ордан ЧУКАЛИЕВ

НАВОДНУВАЊЕ И ФЕРТИРИГАЦИЈА КАЈ ПИПЕРКА И ДОМАТ

Јули 2016

1. Градинарските култури и потребите од вода за наводнување

За растенијата, водата преставува една од главните движечки компоненти, односно истата учествува во ладење на растението преку транспирација, ги пренесува хранливите материи од почвата во растението и служи како растварач на истите, го одржува тургорот, учествува во многу биохемиски реакции во растението, а особено треба да се истакне влијанието на водата во фотосинтезата, односно создавањето на органска материја. Оттука, обезбедувањето на вода за растенијата значи обезбедување со еден од основните фактори за живот.

Кога станува збор за водата во земјоделското производство, генерално се мисли на мерката наводнување, пред се, поради фактот дека најголем дел од водата во овој сектор се користи за наводнување на земјоделските култури. Оттука, за едно успешно растително производство, од особена важност е да се познаваат факторите кои влијаат на наводнувањето, и тоа при производство на било која култура, а тоа се: метеоролошките фактори (температура, врнежи, влажност на воздухот, ветер, сончева радијација итн.) и појавата на суша, почвените услови и применетата агротехника, вид на културата и намена на одгледувањето, како и економските фактори.

Климатските услови во Република Македонија овозможуваат високи и квалитетни приноси од грдинарските култури, меѓутоа, еден од основните лимитирачки фактори за стабилно производство е водата. Според климатските индекси, повеќе подрачја во Република Македонија се карактеризираат како аридни и семиаридни. Во летниот период овие индекси имаат вредност на аридна, а понекогаш и на пустинска клима. Во такви услови, се јавува огромен дефицит на вода, а приносот зависи исклучиво од наводнувањето.

Денес, од современото градинарско производство се очекува стабилни и квалитетни приноси. За жал, во нашава земја, често резултатите се послаби од реално можните. Една од повеќето причини што влијае за ваквите резултати, а со тоа и на неконкурентната цена на пазарот е неправилното наводнување, а особено треба да се истакне определувањето на времето и потребното количество на вода за залевање дури и при примена на најсовремените техники за наводнување (капка по капка и микродождење).

Градинарските култури се познати како големи потрошувачи на вода, односно, во споредба со поголем дел од поледелските култури и виновата лоза, а во одредени случаи и со овошните култури имаат многу повисоки потреби за вода. Ваквите потреби се должат пред се поради специфичната градба на надземниот дел на градинарските култури (многу крупни и дебели лисја чија површина е слабо заштитена од испарување-транспирација), како и слабо развиениот коренов систем кој се одликува со слаба смукателна моќ, што значи дека растенијата можат нормално да се снабдат со вода само доколку почвата е обезбедена со доволно количество на лесно достапна вода. Од градинарските култури најголеми потреби за вода и почести залевања бараат: пиперката, патлиџанот, доматот, зелката, целерот и краставицата, додека со нешто поскромна побарувачка се: кромидот, салатата, ротквата, тиквата, компирот, спанаќок, лубеницата и дињата. Генерално, кај повеќето градинарски култури, како критични моменти за залевање се земаат

времето на производство на расад, потоа по расадувањето на културата на стално место, цветање, технолошка и физиолошка зрелост на плодовите.

Кога зборувама за пиперката и доматот, потребите на вода се изразени речиси во целата вегетација. Така, при производството на расад од домат и пиперка, на почетокот, веднаш после сеидбата се применуваат чести залевања со многу мали норми, а потоа кога расадот ќе се оформи до висина од 10-15 cm, се одржува умерена влажност во почвата, со цел за да се добие расад со кратки задебелени стебла, кој лесно се прифаќа при расадување на постојаното место, а и почетниот развој е побрз. Најчесто се препорачува залевање со количина од 5 до 20 l/m^2 (на 2 до 7 дена), но притоа треба да се земе во предвид староста на расадот, големината и густината на расадот, надворешните услови ит.н.. Треба да се истакне дека после расадувањето до појава на темнозелена боја на растенијата не се врши залевање, со цел подобро вкоренување на истите. Во фаза на цветање и плодоносење, влагата во почвата не треба да изнесува помалку од 80-85% од ПВК (полски воден капацитет или горна граница на лесно достапна вода). Во останатиот период од вегетацијата влагата во почвата не треба да е помала од 75% од ПВК. Вупната потрошувачка на вода кај пиперката за наши услови, за приноси од 30 до 40 t/ha со сукцесивна берба и 20-25 t/ha во зрела состојба, изнесува 7000-8000 m^3/ha вода. Количеството на вода што треба да се аплицира во тек вегетација (норма на наводнување) се движи околу 4500-6000 m^3/ha. Кај доматот потрошувачката се движи од 5000-7000 m^3/ha, а нормата на наводнување се движи од 3000 до 3500 m^3/ha кај раното, при среднорано производство изнесува 4000 до 5000 m^3/ha, а кај доцното производство нормата се движи помеѓу раното и среднораното производство. Меѓутоа, треба да се истакне дека овие количества на вода кај пиперкта и доматот се однесуваат за класични техники на наводнување (бразди) или кај наводнување со вештачки дожд, додека кај капковото наводнување, овие количества се помали за половина, па дури и повеќе. Нормата на залевање (количество на вода во тек на една интервенција) зависи од техниката на наводнување и се движи од 250 до 300 m^3/ha кај наводнување со бразди, односно од 50 до 150 m^3/ha кај капково наводнување. Во заштитени простори поради интензивниот пораст на растенијата, подолгата вегетација (период на одгледување), двојно или тројно поголемите приноси во однос на отворено и др., потрошувачката на вода (ЕТ) кај иста култура може да биде поголема за 50 па дури и за 100%.

2. Методи за правилно определување на времето и количество на вода за залевање кај земјоделските култури

Определувањето на времето на залевање е една од првите и основни задачи во праксата на наводнувањето на пиперката и доматот. Се смета дека ефектот на наводнувањето првенствено зависи од правилното определување на времето и количеството на вода за залевање. Правилно и успешно залевање е она залевање каде што точното количество вода се аплицира во правилен момент за културата. Секое отстапување, може негативно да се одрази врз приносот и квалитетот, на цената на производот, а исто така може негативно да влијае и на животната средина. Така, со примена на многу ретки и ненавремени залевања, како и залевања

со помало количество вода во однос на вистинските потреби на културата, може да се намали содржината на лесно достапната влага во почвата (а со тоа и на достапните количества на растворени хранливи материи), што директно влијае врз растот на растението, намалувањето на квалитетот и приносот на производот. Конкретно, кај градинарските култури, доаѓа до создавање на дрвенести влакна и се намалува нутритивната (хранливата) вредност, опаѓање на цветовите, намалување на отпорноста на растенијата. Исто така и честите и безпотребни залевања и залевања со преголеми количества вода може неповолно да делуваат, и тоа особено на развојот на растенијата, бидејќи почвата условно ќе биде снабдена со вода, која како резултат од недостатокот на воздух за растенијата (гушење на коренот поради вишок вода) не може да биде искористена од страна на растенијата. Од друга страна вишокот на вода во почвата може да создаде поволни услови за некои габни заболувања. Многу често, како резултат од високата влажност се формираат и плодови со мала содржина на шеќер, витамини и минерални материи (послаба хранлива вредност). Покрај другото, не треба да се дозволи периодична промена на ниска со висока влажност во почвата, бидејќи притоа може да дојде до брзи промени и во содржината на хранливите материи во самите растенија, што може да предизвика пукање на корисниот дел на растението. Оваа појава е честа кај коренестиот зеленчук и некои плодови видови (особено доматот).

Без сомневање, залевањата со помало и со поголемо количество на вода се подеднакво штетни за земјоделските култури. Од друга страна, преголемите и безпотребни количества вода дадени со залевањата, освен што влијаат на цената на крајниот производ, истите негативно се одразуваат и на животната средина промивајќи многу штетни материи (нитрати, пестициди и др.) во подземните води, кои што понатаму можат да дојдат во контакт со луѓето преку домаќинствата, индустријата, рекреација ит.н.. Посебен проблем претставува тоа што дел од овие материи кои се промиваат со прекумерното наводнување се неопходни за правилно функционирање на културата, а треба да се истакне и тоа дека фармерите платиле значителни суми за нивна набавка и апликација. Исто така, треба да се истакне дека вишокот на вода, кој е потрошен неправилно и нерационално, е предмет за сериозна дискусија, особено кога растат потребите за вода за сите намени, односно кога се очекува поголемо идно влијание на климатските промени врз водните ресурси.

Денес, во праксата на наводнување постојат голем број на методи за одредување на времето и количеството на вода за залевање, почнувајќи од многу едноставни, кои доста често не бараат никаков прибор и опрема, па се до методи кај кои се применува посовремена опрема, па дури и компјутерско автоматизирање на залевањето. Најбитни особини кои треба да ги поседува еден метод за определување на времето и за потребното количество вода за залевање се: практичност, едноставност, брзо и точно определување. Во секој случај, треба да се истакне дека определувањето на времето и потребното количество вода на залевање на земјоделските култури не треба да се сфати шаблонски, бидејќи е во голема корелација со климатско-почвените услови, агротехниката, биологијата на културата и друго. Оттука, зависно од параметрите кои се користат како основа за утврдување на определувањето на времето и количеството на вода за залевање, сите методи можат да се групираат во три основни групи:

- **Методи на база на следење на влагата во почвата**
- **Методи на база на следење на состојбата со растението**
- **Методи на база на следење на климатските карактеристики**

2.1. Методи на база на следење на влагата во почвата

Голем број автори од оваа проблематика, ја истакнуваат важноста од познавање на влагата во почвата како една од можностите за практично и точно определување на времето и количеството на вода за залевање на земјоделските култури. Имено, овој метод се базира на практично лабораториско или теренско оценување на влагата во почвата, која претставува основен медиум на која се одгледува самата култура, односно од каде ја црпи водата според своите потреби. Во праксата постојат различни начини за определување на влагата во почвата, почнувајќи од наједноставни, но помалку точни, кои не бараат никаква апаратура или опрема (метод со допир со рака), па до најсовремени методи, кои бараат скапи апарати и опрема. При користењето на оваа метода, треба да се има во предвид дека следењето на влагата во почвата треба да се одвива на длабочина до каде што се наоѓа главната коренова маса, односно за градинарските култури до 60 cm.

Во практиката на наводнувањето, методите за определување на времето на залевање со следење на влагата во почвата се делат во две групи:

- Методи кои се базираат на земање почвени проби (метод со допир со рака, метод на сушење на пробите од почва во сушница на 105°C, сушење со инфрацрвени зраци, со парафин и друго);
- Методи за директно мерење и очитување на влажноста во почвата (електрометриски, неутронски, тензиометриски метод).

2.1.1. Методи кои се базираат на земање почвени проби

Методи кои се базираат на земање почвени проби и сушење на пробите во електрична сушница на 105°C

Овој метод е многу точен, поради што служи за калибрирање на многу апарати (омометри, тензиометри ит.н.). Се смета за бавен метод, бидејќи треба да се земат многу проби: од секоја длабочина, почвен тип, култура.

Постапката се одвива преку земање на почвени проби од секои 10 или 20 cm длабочина, во повеќе повторувања (најчесто 3-5), до длабочина на активната коренова маса (Слика 1). Почвата се вади се прочистува од покрупните камчиња и органските примеси (коренчина итн). Алуминиумските кутивчиња се полнат со примерок од почвата, веднаш се затвораат со капачињата, се херметизираат со гумени прстенчиња и се носат на мерење. Мерењето се изведува на техничка вага, се вадат капачињата (се ставаат одоздола) за да може почвата да се суши, а кутивчињата се ставаат во сушница (Слика 1). Сушењето се изведува во сушница на температура од 105°C. Почвените проби се сушат најмалку 4-5 часа кај полесни (песокливи почви) и 6-8 часа кај потешки (глинести почви), но, најчесто се практикува времетраење од моментот на нивното ставање на сушење, до наредното утро. После сушењето пробите се ладат (околу 30 минути), а откако ќе се оладат, се

пристапува кон второто мерење на техничката вага. Масата на кутивчето (сад) најчесто е однапред позната (се мери празно). На крајот се пристапува кон пресметка на содржината на влага во почвата во грамови, а потоа во проценти.

Процентот на влага во почвата, за секоја длабочина одделно, изразена во **масени проценти**, се пресметува според следнава формула:

$$b = \frac{\text{испарена влага (g)}}{\text{апсолутно сува почва (g)}} \times 100$$

b - влажност на почвата изразена во масени проценти

Испарената влага и апсолутно сувата почва се определуваат како:

Испарена влага = (сад+влажна почва) - (сад+сува почва)

Апсолутно сува почва = (сад+сува почва) - сад

При тоа сад+влажна почва го претставува првото мерење на почвената проба пред сушењето и уште се нарекува влажна мостра, а сад + сува почва го претставува второто мерење на пробата и се нарекува сува мостра.

Слика 1. Следење на влагата во почвата со земање почвени проби и сушење
(Чукалиев и Танасковиќ, 2007)

Пример 1: Со примена на овој метод се добиени следните резултати за моменталната влага (МВ) во почвата на длабочина од 60 cm:

Длабоч. (cm)	Маса на сад (g)	Маса на вл.п.+сад (g)	Маса на сува п.+сад (g)	Испарена влага (g)	Апсолут. сува почва (g)	Влага (%) мас.	ρ_p (g/cm^3)	Влага (%) вол.	W m^3/ha
0-20	109,3	284,7	256,8	27,9	147,5	18,91	1,45	27,42	548,4
20-40	109,6	286,0	261,6	24,4	152,0	16,05	1,50	24,08	481,6
40-60	109,5	290,3	258,5	31,8	149,0	21,34	1,47	31,37	627,4

ρ_p – се добива кога примерок почва за истата длабочина за која се врши испитувањето се земе со сад со претходно познат волумен од 100 cm^3 и се исуши на 105°C, па потоа се поделат резултатите од масата на сувата почва и волуменот од 100 cm^3

Значи пресметките се одвиваат вака (за првиот слој од 0 до 20 cm):

$$b = \frac{27,90}{147,50} \cdot 100 = 18,91\%$$

Потоа овие масени проценти се множат со привидна густина на почвата ρ_p (која се определува само на почетокот на вегетацијата и тоа за иста длабочина за која се врши испитувањето) за да се добие влажноста на почвата во волуменски проценти:

$$c = b \cdot \rho_p = 18,91 \text{ x } 1,45 = 27,42 \ \%$$

Количеството на вода за истиот слој од 20 cm изнесува:

$W = c \text{ x } h = 27,42 \text{ x } 20 = 548,4 \ m^3/ha$

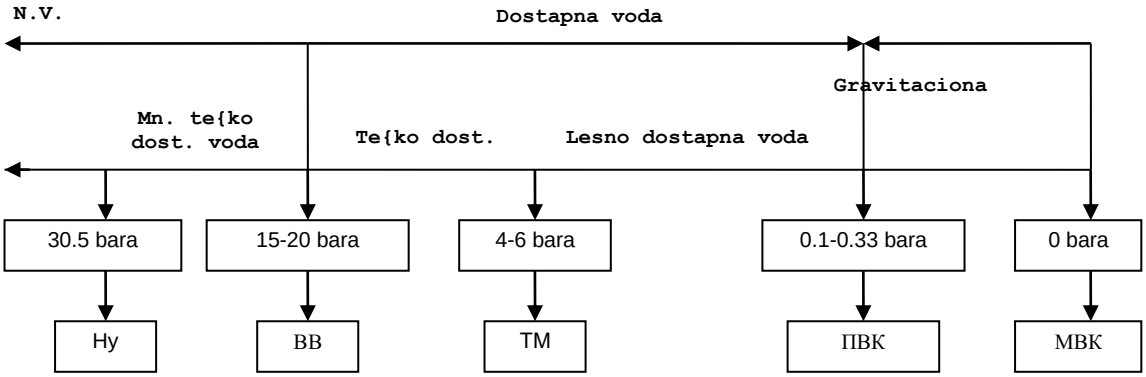
Вкупната количина на вода до предвидената длабочина од 60 cm е:

$W = W_{0\text{-}20\ cm} + W_{20\text{-}40\ cm} + W_{40\text{-}60\ cm} = 548,4+481,6+627,4 = 1657,4 \ m^3/ha$

Користејќи ја оваа метода, (па и другите подолу споменати методи) за да се определи времето и количеството на вода со која треба да се залева треба да се има познавање и за водните константи (ПВК, ВВ, ТМ) кои се испитуваат само на почетокот на вегетацијата и тоа на почвата на која се наоѓа културата. Водата е нееднакво достапна од ПВК (полски воден капацитет или горна граница на леснодостапна вода) до ВВ (влажност на трајно венење или граница под која се наоѓа тешко достапна вода), поради што во праксата на наводнувањето се применува долна граница на лесно достапна вода, до која граница може да се дозволи да се спушти влагата во почвата, а при тоа да не се влијае негативно на растот и развитокот на културата. Некаде во праксата како долна граница се применува технички минимум (ТМ), а некаде се зема % од ПВК. Во секој случај, доколку на површините на фармерите се утврдат овие гранични вредности, тогаш во текот на вегетацијата, фармерите со земање на почвени проби и нивно анализирање во соодветни лаборатории (кои можат да функционираат на ниво на советодавни служби или здруженија на фармери), можат многу едноставно да ја утврдат моменталната влага на почвата и да применат соодветно количество вода за растенијата.

Пример 2: Доколку ПВК до 60 cm е 2400 m^3/ha, а ВВ е 1400 m^3/ha. Со зголемување на ВВ за 20%, се добива ТМ или 1680 m^3/ha. Со следење на моменталната влага во почвата (земање проби, сушење и пресметка според горниот метод) можеме да го определиме моментот и точното количество вода за залевање. Имено, кога моменталната влага (МВ) во почвата ќе се доближи блиску до ТМ, пример 1800 m^3/ha, тогаш можеме да извршиме залевање и тоа со разликата помеѓу ПВК и МВ, односно 2400 - 1800 е 600 m^3/ha вода, која треба да се даде за да се врати влагата во рамките на горната граница на леснодостапна вода (ПВК). Не е правило МВ да биде блиску ТМ за да се изврши залевање, доволно е МВ да биде под ПВК и да се изврши интервенција со вода со разликата помеѓу ПВК и МВ. Ова особено важи за наводнувањето со капка по капка, каде што не се препорачува интервенциите со вода да се извршат кога влагата во почвата ќе се спушти до ТМ, бидејќи растенијата трпат големи стресови и шокови, што на крајот влијае со

намалување на приносот, а вака добиениот дефицит на влага во почвата многу тешко се надоместува со примена на капково наводнување.



Графикон 1. Водни константи (количества на вода кои се држат со одредени сили во почвата) и нивна примена за утврдување на режим на залевање
(Чукалиев и Танасковиќ, 2010)

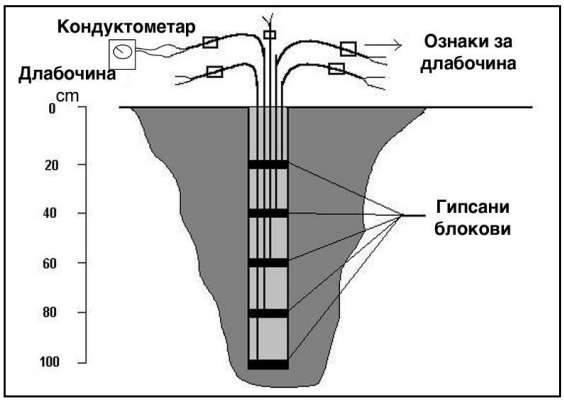
Пример 3: Друг начин за определување на моментот на залевање и количеството на вода е доколку е познат само ПВК (пример, до 60 cm е 2400 m^3/ha). Според многу автори, кај градинарските култури до фаза на цветање, долната граница до која може да се дозволи да се спушти влагата во почвата е 70 % од ПВК, додека по фазата на цветање влагата во почвата кај градинарските и овошните култури треба да е над 80% од ПВК. Имено, кога пред фазата на цветање, пример кај градинарските култури со следење на МВ се увиде дека влагата во почвата е блиску 70% од ПВК (70% од ПВК=70x2400/100=1680 m^3/ha) тогаш може да се изврши залевање со норма, добиена како разлика од ПВК - % од ПВК или 2400-1680=720 m^3/ha. Доколку површината на која се одгледуваат пиперката или домтот е со големина од 0.3 ha, тогаш количеството на вода е 0.3x720=216 m^3 или 216000 литри вода (1m^3=1000 литри вода). Количина на вода во литри, поделена со збирот од бројот на капалките на 0.3 ha, помножен со нивниот проток, ќе го даде времето за залевање со систем капка по капка или 216000 l : (13 000капалки x 4 l/h = 52 000 l/h) = 4 часа и 9 минути.

2.1.2. Методи за директно читање на влагата во почвата

Електрометриски метод

Принципот на работа се состои во мерење на електроспроводливоста на почвата, која се менува зависно од содржината на вода во неа. Електросповодливоста се мери со помош на мали гипсани блокови во кои се вградени 2 електроди поврзани преку кабел со мерниот инструмент. Особено важен момент што треба да се запази при поставувањето на гипсаните блокови е длабочината до која ќе се врши мерењето (за јаболко до 100 cm), како и воспоставувањето на добар контакт со почвата (најчесто со кал од почва од истата длабочина на која се врши мерењето).

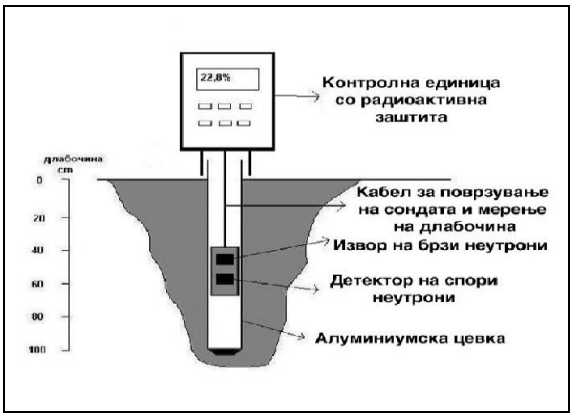
Очитувањата се вршат на мерниот инструмент (Bouyoucos, Ac Ohmeter, ит.н.) каде секое намалување на влагата во почвата означува зголемување на електричниот отпор и обратно. За полесна работа со оваа метода се прави табела со вредности добиени со паралелно очитување и бележење на мерниот инструмент и на класичниот метод со сушење, односно на толку оми или килооми одговараат толку % влага. Со секое следно мерење многу едноставно се прати моменталната влага во почвата, а многу лесно може да се определи времето и количината на вода за залевање (види пример 2).



Слика 2. Мерење на влажноста со гипсани блокови (Иљовски и Чукалиев, 2002)

Неутронски метод

Се смета за многу прецизен инструмент. Негативна страна е радиоактивното зрачење (при неправилна употреба) и високата цена на чинење, поради што кај нас го користиме само во истражувачки цели, но, во развиените земји како Австралија се користи и во фармерското производство (повеќе фармери имаат еден мерен инструмент). Најчесто мерењето на влагата во почвата на една длабочина трае околу 1 минута. Со еден неутронски влагомер може да се следи влажноста на огромен број пунктови. Кај некои неутронски влагомери вредностите се изразени директно во количество вода, кај други потребно е да се изведе калибрација. Кај некои од инструментите, зависно од производителот и начинот на мерење, постои потреба од калибрација, на сличен принцип како и кај електрометрискиот метод. За таа цел се прави табела со вредности добиени со паралелно читање на неутронскиот валагомер и со класичниот метод со сушење. Со добиените вредности понатаму може многу едноставно да се следи моменталната влага во почвата со секое следно мерење, а со тоа да се определи и времето и количеството на вода за залевање. За сево ова доволно е да се има податок за ПВК, а пресметките може да се извршат како во пример 2 и 3.

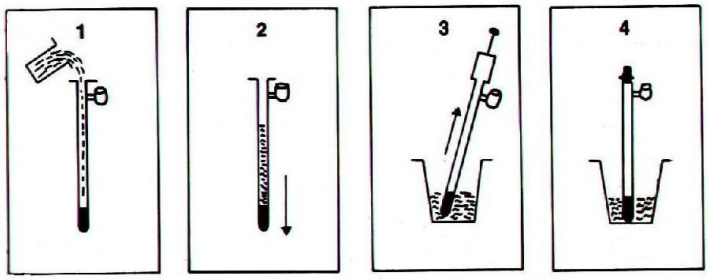


Слика 3. Неутронски влагомер (Иљовски и Чукалиев, 2002)

Тензиометриски метод

Тензиометрискиот метод се смета како едно од најпрактичните решенија за определување на времето и количеството на вода за залевање кај земјоделските култури. Мерењата се вршат многу брзо, а можно е и автоматизирање на процесот на залевање. Како негативна страна се зема тоа што мерат многу мал опсег на влага во почвата (до 1 бар), па затоа се користат само во практиката на микронаводнувањето (капка по капка и микродождење).Инаку, тензиометрите работат на принципот на силата на држење на водата во почвата. Тоа е сила која може да се измери и да служи како показател за степенот на влажност на почвата. Силата на држење пред сѐ зависи од количеството на вода, односно колку е поголемо количеството на вода во почвата, толку е помала силата со која се држи истата, и обратно. Тензиометарот се состои од цевка (во последно време од прозирна пластика) со различна должина, од 15-150 cm (за мерење на разни длабочини). На едниот крај има порозен керамички врв, на другиот крај е отворен, а веднаш до крајот е вграден вакуумметар.

Пред да се постават тензиометрите на постојано место, потребно е да се внимава на следниве постапки (Слика 4). Најпрво, тензиометрите се полнат до половина со обезвоздушена (провриена) дестилирана вода, а потоа се оставаат свртени вертикално надолу, сѐ додека од керамичкиот врв не почне да прокапнува вода. Оваа постапка е неопходна, со цел да се истисне воздухот од керамичкиот врв на тензиометрите. Потоа тензиометрите се дополнуваат со дестилирана вода до дозволената црта означена на пластиката од тензиометрите. Така припремените тензиометри се поставуваат со керамичкиот врв во сад со дестилирана вода. Со вакуумпумпа се повлекува од дестилираната вода во тензиометарот за да се отстрани преостанатиот воздух во порозната керамика. Потоа тензиометрите херметички се затвораат со затворач. До поставувањето, тензиометрите се чуваат со врвот потопен во дестилирана вода, за да не навлезе воздух во порозната керамика.



Слика 4. Припрема на тензиометри пред поставување
(извор, Чукалиев и Танасковиќ, 2007)

Инаку, поставувањето на тензиометрите во почвата треба да биде блиску коренот на културата и до кругот на влажнење од капалката или микроспринклерот. За поефикасно поставување на тензиометрите треба да се направи добар контакт на керамичкиот врв со почвата (со каллива смеса од истата почва).

Слика 5. Поставување на тензиометар на постојано место (на поле)
(извор, Чукалиев и Танасковиќ, 2007)

Наједноставно и најпрактично определување на времето и количеството на вода за залевање кај земјоделските култури може да се изврши со два тензиометра, поставени еден до друг на оддалеченост од 30 до 50 cm. Првиот се поставува на длабочина од 20 cm и истиот ќе има улога да покаже кога да се започне со залевањето, додека вториот тензиометар се поставува на длабочина од 60 cm, а неговата функција ќе биде да покаже кога да се прекине со залевањето. За поедноставна примена на овој начин на мерење ја предлагаме Табела 1. За крај на залевањето за сите почви се зема моментот кога ќе дојде до мала промена на вредноста на вториот тензиометар, што значи влагата продрела до предвидената длабочината.

Табела 1. Определување на почеток и крај на залевање на различни типови почва со помош на тензиометри (извор, Чукалиев и Танасковиќ, 2007)

Режим на залевање	Тип на почва	Тензија во почвата (cb)
Почеток на залевањето (прв тензиометар, 20 cm)	Лесни (песокливи) почви	20-40
	Средни (илести) почви	40-60
	Тешки (глинести) почви	60-80

2.2. Методи на база на следење на состојбата со растението

2.2.1. Определување на времето на залевање според критичните фази на развој на културата

Овој метод се базира на познавање на фазите на раст и развој на поедини растенија и потребата за вода во тие фази. Имено, секоја култура и покрај тоа што има потреба од леснодостапна вода во текот на целата вегетација, сепак во критичните фази за раст и развиток на културата, евентуалниот недостаток на леснодостапна вода може многу силно да се одрази на приносот од културата. Така, кај пиперката и доматот како најкритични се издвојуваат почетните фази на раст (период на расад), при што се препорачува редовно залевање, не често (за да не се издолжи расадот), подобро поретко, но со доволно количество вода. Што се однесува до градинарските култури после нивното расадување, како критични периоди се издвојуваат периодот веднаш после расадувањето, со долна граница од 70% од ПВК. Следните критични фази се: фаза на почетно цветање, масовно цветање, почетно зреење и масовно зреење. Во овие фази потребите на вода се над 80% од ПВК. Меѓутоа треба да се има предвид дека не треба шаблонски да се пристапува кон критичните фази на културата, односно овие периоди треба да се приспособени спрема климатските услови (температура и врнежи, види Табела 5) и почвата (особено ПВК и МВ, види пример 2 и 3).

2.2.2. Определување на времето на залевање според надворешните (морфолошки) промени

Недостатокот на вода во почвата предизвикува внатрешни физиолошки промени, кои се манифестираат и на надворешните морфолошки промени на растенијата. Токму овие промени можат да послужат во праксата на наводнување, со цел определување на времето на залевање. Имено, определувањето на времето на залевање преку овој начин се врши на база на следење на развојот и изгледот на растенијата, промената на бојата на листовите и тургорот на листовите, промена на аголот на листовите спрема стеблото итн.. Така кај грав и пиперка, интензивно зелена боја означува недостаток на леснодостапна вода. Доматот, краставицата и морковот добиваат темно зелена боја, додека при оптимална влажност имаат бледозелена боја. Кај кромидот и лукот, при недостаток на влага во почвата, листот добива сивкастобела превлака, додека врвовите на листот се увиткуваат.

2.2.3. Определување на времето на залевање според внатрешни физиолошки показатели

Кај овој метод, растението или дел од растението служи како индикатор за определување на времето на залевање. Имено, се зема дел од растението, најчесто листот и се врши анализа на концентрацијата на клеточниот сок (% на вода и на сува материја) или се следи смукателната сила на листовите. Некои автори го сметаат за еден од подобрите методи, бидејќи на некој начин го прашуваме и растението колку му се потребите за вода. При примената на овој метод, сепак

треба да се имаат предвид и други фактори: климата, почвата, итн., со цел залевањето да биде правилно извршено.

Концентрацијата на клеточниот сок се одредува со помош на рефрактометар, и тоа најчесто рачен. Мерењето се врши наутро (9-10 часот) директно на поле и колку што е можно почесто (на секои 5-6 дена). За добивање на поточни резултати, се предлага мерење на листови од различните инсерции. Кај градинарските култури, најинтензивен пораст се забележува кога содржината на клеточниот сок во листовите изнесува 90-95% вода и 5-10% суви материи. Со намалување на содржината на водата, само за 2%, порастот значајно се намалува, што на крајот влијае и на приносот. За да може овој метод, кај истата култура и почва да се користи поедноставно во иднина, се препорачува паралелно споредување на резултатите со класичниот метод, односно при одредена содржина на вода и суви материи во клеточниот сок на листот истовремено да се измери и количествата на влагата во почвата.

Водениот потенцијал на растението или воден стрес на растението и способноста за следење на истиот, стана многу актуелна тема во последниве неколку години. На база на овој параметар може да се оценат потребите за вода во растението. Водениот стрес на растенијата ја комбинира тензијата на влагата во почвата, способноста на водата за движење во растението и потребите за транспирирање предизвикани од страна на температурата, релативната влага, ветерот итн.. Оттука мерењето на водениот стрес во растенијата укажува на водениот статус на растението. Високиот воден стрес предизвикува многу физиолошки процеси, како забавување или стопирање на процесот фотосинтеза, намалување на порастот на растенијата, а може евентуално да резултира со нивно угинување. Токму оценката на водниот потенцијал во растението може да се користи за оценка на потребите за вода и времето кога треба да се изврши истото.

Смукателната сила на листот (водниот потенцијал на листот) и на други делови од растението кои имаат спроводни садови (лист, гранчиња со лисја, гранче итн.) може да се следи со инстументот комора под притисок **”pressure chamber”.** Накратко, техниката на мерење со овој инструмент се базира на следново: откинување на дел од растението, лист со дршка или дел од гранче, вметнување на делот од растението во комората со дршката нанадвор, аплицирање на гас (најчесто азот), следење на појавување на првата капка на од делот од растението поставен нанадвор и истовремено очитување на вредноста на дисплејот (вакуумметарот). На база на податоци за силата со која се држи водата во делот од растението се оценува дали растението е под воден стрес, односно дали треба да се залева или не.

Слика 6. Комора под притисок (Чукалиев и Танасковиќ, 2006)

Инаку, негативна страна кај двата начина на мерење е тоа што резултатите што ќе се добијат не можат да се користат кај друга култура, сорта, почва ит.н.. Сепак, како позитивна страна се зема фактот дека, еднаш определените вредности за иста култура и на иста почва може да послужат за повеќе години.

2.2.4. Определување на времето на залевање со помош на термометри со инфрацрвени зраци

Во аридните и семи-аридните региони, определувањето на времето на залевање кај земјоделски култури може да се изврши со инфрацрвени термометри, кои всушност вршат мерење на температурата на надземната маса на растението. Овој метод базира на фактот дека температурата на надземниот дел на растенијата се зголемува со затворање на стоминиот апарат, што е резултат на стресот кој се јавува кај растенијата како резултат на недостатокот на вода во почвата, поради што ладењето на растенијата, кое е поврзано со транспирацијата, се намалува, а температурата во растението се зголемува.

Интересно е да се истакне дека инфрацрвените термометри ја мерат надземната температура на растенијата без притоа да има физички контакт со растението. Мерењата се вршат од растојание, а за поточни резултати од мерењата се препорачуваат неколку мерења на самото растение и на целата површина опфатена со културата.

Овој метод всушност укажува само на моментот кога треба да се изврши залевање, а за полесна примена се користат готови табели. За утврдување на потребното количество на вода што треба да се аплицира со овој метод, неопходно е да се искористи некоја од горенаведените почвени методи (класичната или пак некоја од директните доколку истата е искалибрирана со класичната). Многу автори, сметаат дека при користење на оваа техника, дополнителни информации за климатските карактеристики на подрачјето за време на мерењето, можат да ја зголемат прецизноста на оваа метода.

Слика 7. Мерење со рачен инфрацрвен термометар кај домат одгледуван без мрежа (лево) и со црвена фотоселективна мрежа (десно) (Димов, 2015)

Денес, широка практична примена има рачниот термометар, меѓутоа на големи површини мерења се вршат и од воздух со монтирање на инфрацрвени термометри на авиони, платформи, па дури и на сателити (далечинско следење-RS).

2.3. Методи на база на следење на климатските карактеристики

2.3.1. Определување на времето и потребното количество на вода според секојдневната потрошувачка на вода (биоклиматски метод)

Биоклиматскиот метод е еден од поедноставните индиректни методи употребувани во практиката, а се базира врз односот на потрошувачката на вода (ETP) за даден период и сумата на среднодневната температура за истиот тој период, при што се добива хидрофитотермичкиот коефициент.

Доколку го знаеме хидрофитотермичкиот коефициент *(к)*, како и среднодневата температура, тогаш може многу лесно да се пресмета потрошувачката на вода, а доколку нема врнежи и нормата на залевање (m):

Пример 4: При просечна дневна температура од 20°C и залевање со капка по капка, каде што k = 2,20, дневната потрошувачка ќе изнесува:

$$ETP = k\bar{x}t = 2{,}20 \times 20 = 44\ m^3/ha \text{ (за еден ден)},$$

додека за период од 5 дена

$$ETP = k\sum \bar{x}t = 2{,}20 \times 5 \times 20 = 220\ m^3/ha,$$

доколку нема врнежи тогаш нормата на залевање (m)

$$m = ETP = 220\ m^3/ha,$$

доколку во периодот од 5 дена имало врнежи од 15 mm (150 m^3/ha) или 7,5 mm ефективни (бидејќи само половина од врнежите се искористуваат од културата), тогаш

$$m = (k\sum \bar{x}t) - p \qquad m = 220\text{-}75 = 145\ m^3/ha$$

k - коефициент на потрошувачка на вода (хидрофитотермички коефициент) за секој 1°C средно дневна температура на воздухот во m^3 или mm;
ETP - потенцијална евапотранспирација, дневна или за период (во m^3/ha или mm/ha);
xt - среднодневна температура на воздухот (°C).
Σ - сума (збир)
m - норма на залевање

Билансирањето може да се објасни на следниов начин: Најпрво на почетоткот на вегетацијата почвата се обезбедува со лесно достапна вода до ниво на ПВК (горна граница на леснодостапна вода). Со секојдневно следење на температурата и со хидрофитотермичкиот коефициент, ја следиме потрошувачката на леснодостапната вода во почвата. Кога и да се залева нормата на залевање е еднаква на збирот од дневната потрошувачка на вода (m= Σ ETP дневна). Врнежите (соодветно на количеството) го одложуваат времето на залевање.

Табела 2. Биоклиматски коефициент кај пиперка и домат со капково наводнување (Танасковиќ, 2005 и 2009)

	Мај	Јуни	Јули	Август	Септември	Вегетациски
Пиперка	0,78	1,41	1,85	1,81	1,23	1,42
Домат	1,14	1,66	2,41	2,12	1,38	1,68

2.3.2. Определување на времето на залевање според турнуси

Турнусот во практиката на наводнувањето претставува временски период помеѓу две залевања, а истиот зависи од културата, почвените и климатски услови ит.н.. Овој метод е особено прифатлив во заштитени простори (стакленици, пластеници) како и на отворено во аридни (суви) краеви, бидејќи врнежите се многу мали или воопшто ги нема, при што истите не влијаат на претходно направената шема на залевање. Во Табела 3 се дадени податоци за бројот на залевањата и залевната норма кај доматот и краставицата одгледувани во заштитени простори, по методот на турнуси. Во табела 4 е прикажана дневната потрошувачка на вода кај пиперка за рано, средно и доцно производство, според која многу лесно може да се практикува методот по турнуси.

Табела 3. Број на залевања и норма на залевање кај краставица и домат во оранжерии (Lazić **и соработниците, 2001)**

Месец	Број на залевања		Норма на залевање (l/m^2)	
	Краставица	Домат	Краставица	Домат
I	8-10	/	2-3	/
II	10-12	4-6	4-5	6-8
III	14-16	8-10	4-5	8-10
IV	18-22	10-12	5-6	8-10
V	24-28	10-12	5-6	10-12
VI	26-30	13-15	5-6	10-12
VII	26-30	13-15	5-6	10-12

Табела 4. Дневна потрошувачка на вода кај пиперката

Фаза на развој	Рана сорта	Среднорана	Доцна (индустриска пиперка)
До фаза на пораст на првите плодови	5,0 mm/ден	4,2 mm/ден	3,0 mm/ден
Плодоносење	6,5 mm/ден	4,3 mm/ден	5,7 mm/ден
На крај од вегетација	3,8 mm/ден	3,3 mm/ден	4,2 mm/ден

На отворено, во подрачја со променливи климатски услови во кои влегува и нашава земја, овој начин за определување на времето на залевање не е многу практичен, но сепак истиот може да се изведе успешно доколку бидеме малку пофлексибилни во поглед на утврдените термини за залевање. Имено, за вакви подрачја овој режим се предлага во модифицирана форма и е најпрактичен за примена доколку културите се одгледуваат во летниот период кога врнежите се многу мали. Турнусите најчесто може да се поместат или да се изостават, зависно од климатските услови (врнежите, температурата на воздухот). Врнежи во текот на еден ден кои се помали од 5 mm, при услови на висока евапотранспирација, или помали од 3 mm при услови на ниска евапотранспирација не го нарушуваат турнусот, што значи залевањето се спроведува исто како да не имало врнежи. Доколку врнежите се поголеми за секои 5 односно 3 mm, наредното залевање се одлага за еден ден. Во случај доколку паднат врнежи од дожд повеќе од половина од нормата на залевање, следното залевање се одложува за еден турнус, сметајќи ги

тие врнежи, како дека тогаш е извршено залевање. Како добра солуција за користење на овој метод се предлага и Табела 5.

Табела 5. Одлагање на залевањето во зависност од врнежите и температурата (по Федеренко и Чичасов, цитираат Чукалиев и сор., 2006)

Среднодневна температура на воздухот во ^{o}C	Количество на врнежи во mm				
	10	15	20	25	30
	Одлагање на залевањето во денови				
10-15	3	3	7	9	11
15-20	2	2	4-5	6	7-8
20-30	1	2	3	4	5

Пример 5: Доколку залевањето требало да се изврши на 1 јули, а ден претходно паднало дожд од 20 mm, при среднодневна температура на воздухот од 20 ^{o}C , тогаш залевањето се одлага за 4-5 дена.

3. Техники на наводнување кои можат да се применат кај култура пиперка и домат

Пиперката и доматот можат да се наводнуваат скоро со сите начини на наводнување, но воглавно во последно време се применува системот капка по капка заедно со фертиригација.

Наводнувањето со бразди кај нас сеуште претставува поедноставен и поефтин начин на наводнување. Ваквата карактеристика на овој начин на наводнување се должи на долгата традиција на примена на истиот, односно поради фактот дека техниката не е составена од скапи уреди и инсталации за распределба на водата, со минимални почетни инвестиции. Сепак, оваа техника на наводнување бара добра примена на почвата, односно површината треба да биде добро обработена и израмнета, со мал нагиб во еден правец на парцелата, со цел подобар пад на водата. При наводнување со бразди, со цел да се постигне порамномерно влажнење по целата длабочина и должина се препорачува залевање во два наврата или пак залевање во бранови. Денес, резултатите од многу истражувања укажуваат на многу слабите страни од примената на наводнувањето со бразди кај градинарските култури, пред се поради големата потрошувачка на вода и многу послабите приноси во споредба со капковото наводнување. На овие предности на системот капка по капка укажале многу автори и тоа уште пред системот да го достигне својот вистински ефект.

Техниката на наводнување со вештачки дожд е начин на наводнување кој најмногу се доближува до природните врнежи, оттука и го добила името. Со оваа техника, водата под влијание на притисок се исфрла преку распрскувач во воздухот и паѓа на земјата во вид на дождовна капка. Оваа техника почнала масовно да се применува, откако се воочиле позитивни страни во споредба со класичните техники на наводнување (бразди, плавење, прелевање) и тоа: примена на сите почвени типови, на нерамен терен, точна и контролирана норма на залевање, поголема заштеда на вода, подобар принос, нема опасност од ерозија при правилна примена итн.. Наводнувањето со вештачки дожд може да се примени кај градинарски култури со погуст склоп и на полесни почви со поголема

инфилтрација. При наводнувањето на градинарските култури со вештачки дожд потребно е создавање на дожд со послаб интензитет до 6 mm/h, а капките да бидат со големина од 1 до 2 mm. Затоа, во последно време наместо подесување на големите дизни од распрскувачите кај наводнувањето со вештачки дожд, се препорачува користење на микродождењето, каде прскалките се одликуваат со многу мал интензитет на дождење, односно капките кои се дистрибуираат од микрораспркувачите се многу мали, со голема допирна површина односно со подобар ефект во однос на класичното дождење. Меѓутоа, кај поедини видови кои се осетливи на одредени габни болести, наводнувањето со дождење и микродождење не се препорачува, бидејќи со влажење на надземните делови од растението се создаваат услови за интензивна појава на одредени болести. Поради тоа, кај овие култури оваа техника на наводнување во последно време се избегнува, а како соодветна замена се препорачува наводнувањето со систем капка по капка.

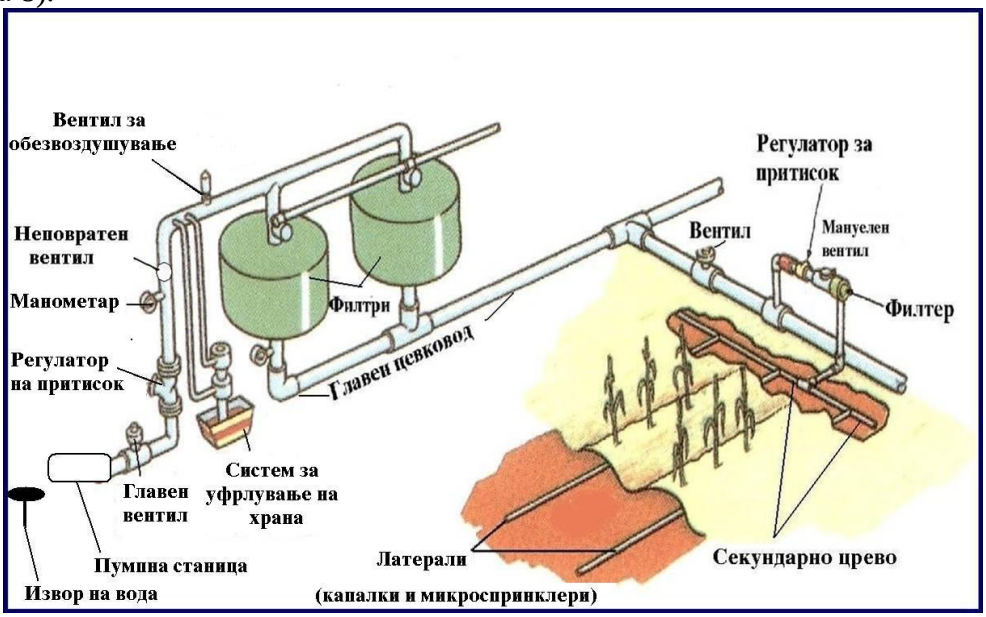
Денес, интересот за примена на наводнување со систем капка се повеќе и повеќе се зголемува, пред се поради големиот број на позитивни страни во споредба со другите техники на наводнување. Наводнувањето со систем капка по капка најдобра пракса наоѓа кај култури чии потреби за вода се високи, а се одгледуваат во аридни или семиаридни подрачја. Воедно не се исклучува можноста за апликација на овој систем и во услови кога водата не е проблем, поради редица позитивни страни: намалена потрошувачка на вода, перманентна обезбеденост со вода во зоната на кореновиот систем, едноставен за ракување, можност за автоматизирање, истовремено аплицирање на хранливите материи-фертиригација, повисоки и поквалитетни приноси, заштеда на вода и ѓубрива, заштита на животната средина итн..

4. Примена на капково наводнување кај пиперка и домат

Во споредба со другите техники на наводнување капковото наводнување нема некои поголеми ограничувања, освен почетните инвестиции кои се нешто повисоки. Инаку, што се однесува до системот капка по капка, тој стандардно е конструиран за култури кои бараат повисока влажност на почвата, а пониска влажност во воздухот, но истиот може се комбинира со микродождењето и тоа во услови кога освен за задоволување на потребите на културата со вода, треба да се изврши и освежителното залевање (краставица, зелкови култури ит.н.), со што ефектот е уште поголем. Може да се применува на секаков терен и тип на почва, што не беше случај со претходно наведените начини на наводнување (бразди, вештачки дожд).

Основниот принцип на работа на системот капка по капка се состои во тоа што преку системот кој најчесто работи со притисок над 1 бар (во латералните цевководи), водата се доведува во капалката чија основна задача е да го пригуши притисокот на водата што поминува низ неа, од каде водата излегува без притисок и во вид на капка паѓа близу кореновиот систем, при што се формира круг на влажнење. Со спојување на повеќе влажни кругови, се формира влажна лента по должината на редот.

Системот за наводнување со капка по капка се разликува од другите системи за наводнување пред се по елементите кои се користат за залевање, а и по карактеристиките на заливната мрежа. За правилно и поефикасно функционирање на системот, истиот во најопшт случај треба да ги содржи следните основни елементи: пумпа (пумпна станица), мерач на притисок (манометар), регулатор за притисок, неповратен вентил, филтер, фертиригатор, вентили, цевководи и водомер (Слика 8).



Слика 8. Основна концепција на систем капка по капка (Чукалиев и сор., 2006)

Системот капка по капка може да се снабдува со вода од цевководи со вода под притисок или од отворени извори. Доколку системот се снабдува со вода од отворен извор во тој случај се предвидува **пумпна станица.** Пумпна станица се користи и во случај кога постои висинска разлика на изворот на вода и системот за наводнување.

Мерач на притисок (манометар) се поставува задолжително пред и после филтерот. Кога помеѓу двата манометри (пред и после филтерот) се појави разлика во притисок најчесто поголема од 0,5 бара, тогаш со сигурност знаеме дека треба да се прочисти филтерот. Манометар треба да се постави и после регулаторот на притисок, со цел да врши контрола на работниот притисок во системот на наводнување. Секоја промена на оптималниот притисок за работа на системот за микронаводнување може се регулира токму со **регулаторот за притисок**.

Неповратен вентил се користи при уфрлувањето на некоја агро-хемикалија преку системот за наводнување, со цел да се спречи нејзиното евентуално враќање, особено кога како извор на вода се користи водовод или бунар чија вода се користи во домаќинствата.

Филтерот е задолжителен дел на секој систем капка по капка. Количината на вода која треба да се филтрира за определено време треба да се усогласи со големината на филтерот. Најчесто во праксата на земјоделското производство се препорачуваат следните 3 типа на филтри: песочен, мрежест и дисков филтер. Без

филтер со сигурност ќе се запушат капалките, односно ќе се намали ефектот и векот на траење на системот.

Фертиригатор (дозатор) е потребен за истовремено уфрлување на хранливи материи преку системот за навдонување. Со помош на фертиригаторот, минералните ѓубрива, растворени со водата за наводнување, ефикасно се внесуваат во почвата односно во зоната на кореновиот систем, со што се овозможува двоен ефект кај растенијата, односно обезбедување со вода и хранливи материи истовремено. **Цевководите** кај помалите системи се изведуваат најчесто од полиетиленски, полипропиленски и поливинилхлоридни цевки. Тврди и нефлексибилни цевководи (направени од нефлексибилен материјал) се користат воглавно за вкопување во почвата. Инаку, зависно од дизајнот на системот се среќаваат примарни (доводни), секундарни (разводни) и терцијални (латерали) цевководи. Доводните и разводните цевководи имаат функција да ја доведат водата до парцелата. Доводниот и разводниот цевковод во градинарското производство најчесто се поставуваат површински, но пожелно е истите да се постават подземно, со цел да се овозможи подобро движење на механизацијата, односно да се спречи евентуалното нивно оштетување.

Кај пиперката и доматот, латералите најчесто се поставени на површината на почвата, но често се среќаваат и такви решенија каде латералите може да се постават и подпочвено (особено во оранжерии и пластеници). Во последниот случај, латералите всушност се поставени на површината на почвата и се покриваат со 20-30 cm слој од некој супстрат. Што се однесува до должината на латералите, при дизајнирањето на системите за микронаводнување, многу производители на системите ја олеснуваат работата со определување на максимална должина на латералите преку табеларен преглед, таков еден пример е даден во Табела 6, каде се земени латерали со дијаметар од 20 мм, со различно растојание на интегрирани капалки, на рамни терени и терени со пад и нагиб, со цел да се оствари висока униформност на залевањето според светските стандарди, односно варирање во протокот од 7,5, 10 и 12,5%. За правилно и ефикасно изведување на фертиригацијата се препорачуваат компензирачки капалки, кои се одликуваат со константен проток при различен работен притисок на системот и различна должина на латералите. Доколку фармерите немаат големо искуство со монтирање на латерали со некомпезирачки капалки (со променлив проток), пожелно е истите да се применат само на рамен терен и на редови со помала должина.

Инаку, за правилен избор на растојанието помеѓу латералите и помеѓу капалките во редот, треба да се земе во предвид и типот на почвата. На лесни почви растојанието треба да е помало во однос на потешките почви. Што се однесува до интензитетот на капалките, покрај културата, исто така треба да се запазат и својствата на почвата. Растојанието на капалките на латералите се одредуваат така што при залевањето треба да се оствари влажнење на почвата од 30-50%. Дијаметарот на влажење на почвата воглавно зависи од механичкиот состав на почвата, брзината на инфилтрацијата (водопропустливост на почвата) и протокот на капалките, односно од вкупното количество на вода која капалката треба да го дистрибуира. Оттука, дијаметарот на влажење (кругот на влажнење на капалката) може да превземе од Табела 7 или да се пресмета со следново равенство:

$$Kv = 1.13 \cdot \sqrt{\frac{qk}{I}}$$

Kv - круг на влажнење (m)
qk - проток на капалката (l/h)
I - интензитет на инфилтрацијата (mm/h, cm/h, m/h)

Пример 6: Доколку интензитетот на инфилтрација изнесува 15 mm/h, протокот на капалките 4 l/h, тогаш кругот на влажнење изнесува 0,58 m. Меѓутоа доколку залевањето треба да трае 4 часа, за да се дистрибуира вода од една капалка од околу 16 литри, тогаш кругот на влажнење ќе изнесува 1,17 m. Оттука, растојанието на капалките во латералата пожелно е да биде на секој 1 m.

$$Kv = 1.13 \cdot \sqrt{\tfrac{4}{15}} = 0.58m$$

$$Kv = 1.13 \cdot \sqrt{\tfrac{16}{15}} = 1.17m$$

Во праксата, не се препорачува растението да се наоѓа веднаш до капалката, со цел да не биде директно изложено на водата од капалката, што може да биде предуслов за појава на габни заболувања.

Табела 6. Максимална должина на латералите (∅ 20 mm) во m зависно од падот на теренот, растојанието на капалките и варирање на протокот

Пад на теренот (-) Нагиб на теренот (+) %	Варирање на протокот %	Притисок (1 бар) Проток (1,1 l/h) Растојание помеѓу капалките (cm)					Притисок (2 бара) Проток (1,5 l/h) Растојание помеѓу капалките (cm)				
		30	50	75	100	125	30	50	75	100	125
-4	7.5	48	45	45	45	45	193	107	94	91	90
	10.0	72	64	62	62	63	209	180	139	130	126
	12.5	108	85	81	80	80	224	344	219	177	169
-3	7.5	75	62	60	60	60	180	280	141	127	124
	10.0	216	91	85	83	83	197	304	240	197	280
	12.5	231	131	113	109	108	211	323	451	560	659
-2	7.5	118	114	95	92	90	166	256	359	260	221
	10.0	196	310	143	131	128	182	279	390	493	600
	12.5	209	328	214	181	170	197	299	416	526	631
-1	7.5	155	242	345	435	238	150	227	314	397	475
	10.0	171	263	372	472	565	167	250	344	433	515
	12.5	185	285	397	508	606	181	271	371	465	555
0	7.5	123	181	243	298	349	131	190	253	309	361
	10.0	139	203	272	334	391	147	213	284	347	405
	12.5	153	224	299	367	429	162	234	311	380	444
+1	7.5	87	110	124	132	140	109	146	179	202	219
	10.0	103	132	153	166	175	126	170	211	241	264
	12.5	117	152	179	197	209	141	192	239	274	303
+2	7.5	62	70	72	74	76	90	112	125	133	139
	10.0	76	88	93	96	98	107	135	155	137	174
	12.5	89	105	113	117	119	122	155	181	197	208
+3	7.5	46	50	50	52	51	75	86	92	95	96
	10.0	58	63	65	66	65	91	108	117	122	125
	12.5	70	77	80	81	80	105	127	140	147	151
+4	7.5	37	37	38	38	39	63	70	72	73	75
	10.0	46	49	50	50	50	77	88	92	95	96
	12.5	56	60	61	62	63	91	105	112	115	116

Табела 7. Растојание на капалките во зависност од механичкиот состав на почвата

Механички состав на почвата	Растојание на капалките (m)
Песокливи почви	0,25-0,5
Песокливи иловици	0,5-0,75
Иловици	0,75-1,0
Прашкасти иловици	1,0-1,25
Глинести иловици	1,25-1,5

Во заштитени простори често се среќаваат и решенија каде од една капалка (со поголем проток) се разгрануваат повеќе капалки, од која секоја една капалка покрива една саксија со по едно растение.

Слика 9. Капково наводнување со интегрирани капалки кај пиперка (Танасковиќ, 2009) и шпагета систем кај домат одгледуван во хидропонски услови

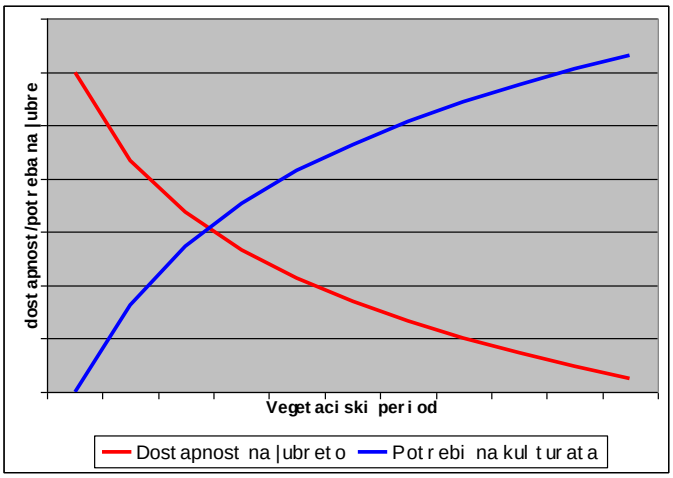
Според Чукалиев, Иљовски и Танасковиќ (2006), за правилно функционирање на системот капка по капка потребно е постојано следење на исправноста и функционалноста на сите негови делови, а во случај на неисправност на некој негов дел, замената се врши многу брзо и едноставно. Задолжително е прочистување на системот, а прочистувањето најпрактично се изведува на почеток и на крај од вегетацијата со силен млаз вода и отворени црева. Во случај на биолошко запушување на капалките (бактерии и алги) се врши хлорирање на системот во времетраење од 30-60 минути, додека против хемиски соединенија се реагира со фосфорна, сулфурна и други киселини. Реагирањето со вакви средства треба да се изведе правилно и според упатствата за работа, со цел да се спречат евентуални повреди и изгореници кај луѓето кои го вршат прочистувањето, да се спречи оштетување на културата, на металните делови од системот, а особено да се запази животната средина.

5. Фертиригација, основна концепција и избор на опрема за фертиригација

Фертиригацијата се дефинира како процес на примена на ѓубре, преку водата за наводнување. Самиот термин е сложен, составен од два збора фертилизација (ѓубрење) и иригација (наводнување). Процесот на фертиригацијата претставува комбинација на две агротехнички мерки наводнување и ѓубрење во една што доведува до многукратна корист во земјоделското производство. Покрај намалувањето на обемот на работа преку здружување на два процеса во еден, се постигнува ефект на порамномерна распределба на ѓубрето кое се става, онаму каде што треба да биде (во самиот коренов систем, на потребна длабочина и во потребно количество).

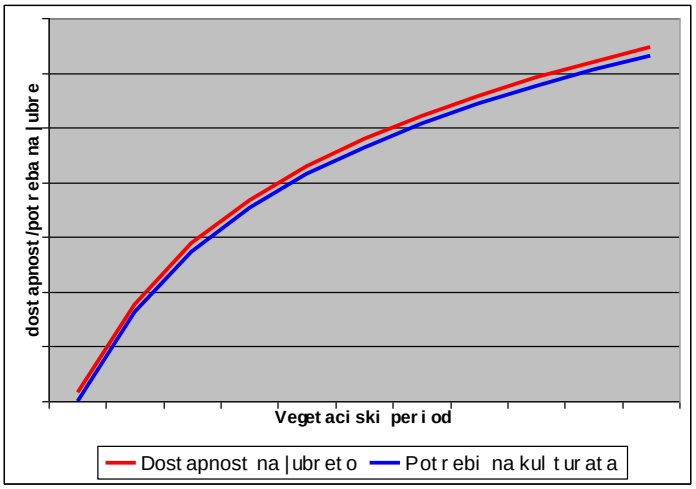
Фертиригацијата е позната многу одамна, како во литературата така и во праксата. Ставањето на арско ѓубре на почетокот на браздите, познато под називот "шербетење" не е ништо друго туку аплицирање на ѓубрето со водата за наводнување, односно фертиригација. Иако може да се примени со сите техники на наводнување, фертиригацијата својот вистински потенцијал го искажува со примена во системите за микро наводнување (капка по капка, микро распрскувачи). Причината за оваа состојба е во ефикасноста на користење на водата. При примена на гравитациските техники на наводнување има големи загуби на вода (истекување, процедување вон зоната на кореновиот систем и др.) и ефикасно се користи околу 50% од водата. Доколку се примени фертиригација не се губи само 50% од водата, туку се губи и 50% од ѓубрето, кое што е скапо и не смее да се дозволат толкави загуби. При примената на вештачки дожд ефикасно се користи 70-80 % од водата, а со капка по капка ефикасно се користи дури 95% од водата, што значи дека дури со примена на микрнаводнувањето загубите на вода и ѓубре се сведени на ниво кое е рентабилно и еколошки прифатливо.

Најголема предност на фертиригацијата е што со нејзина примена се овозможува додавање на ѓубрето според потребите на растението, односно ѓубрето се дава тогаш кога му треба на растението и во количество кое што му е потребно. При примена на класично ѓубрење, ѓубрето се дава од есен или во рана пролет. Значи најголемо количество на ѓубре има кога на културата најмалку и треба (Графикон 2). Со низа на процеси содржината на ѓубре во почвата се намалува со тек на времето, односно како културата расте и се развива, наместо да има на располагање поголеми количества на хранива, овие количества се намалуваат и не можат да ги задоволат потребите, што негативно се одразува на приносот и квалитетот. Во ваков случај поголемиот дел од вегетацискиот период, кога има многу поголеми потреби, растението нема на располагање доволни количества ѓубре. Доколку се примени прихранување одеднаш ќе се додадат поголеми количества на ѓубре, што ќе предизвика стрес на културата и набивање на површината со механизација. Покрај тоа многу тешко може да се аплицира ѓубрето во зоната на кореновиот систем (потребно е негово заорување). Исто така треба да се каже дека гранулираните класични ѓубрења (особено фосфорните) не се растворливи и ѓубрето не е веднаш достапно за растението.



Графикон 2. Потреби на културата за хранливи материи и достапност на хранливите материи при примена на класично ѓубрење (Танасковиќ, Чукалиев, 2014)

Примената на фертиригацијата овозможува исхрана на растенијата според нивните потреби (Графикон 3). Како што се гледа на графиконот, со фертиригацијата може да се следат потребите на растението за хранливи материи по време и по количество, односно на растението постојано му се обезбедуваат оние елементи кои што му се потребни и во количество колку што му е потребна. Уште позначајно е што при фертиригацијата се употребуваат растворливи форми на ѓубре кои што се лесно достапни за растението и многу често немаат никакви остатоци кои би влијаеле негативно на почвата или животната средина.

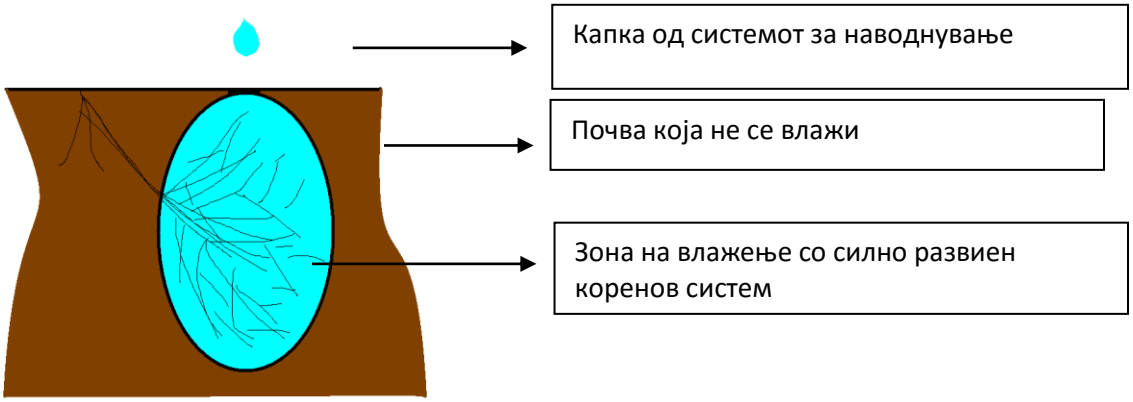


Графикон 3. Потреби на културата за хранливи материи и достапност на хранливите материи при примена на фериригација (Танасковиќ, Чукалиев, 2014)

Токму ваквиот пристап во исхраната на растенијата, кој е овозможен со примена на фертиригацијата со микро наводнување е клучниот фактор поради кој се постигнуваат повисоки приноиси, а се трошат помали количества на ѓубре. Покрај тоа нема вишок на ѓубре кое би предизвикало загадување на животната средина, што е особено важно за современото земјоделско производство.

Треба да се има предвид дека квалитетот на извршената фертиригација во голема мерка зависи од квалитетот на наводнувањето. Поради тоа системот за наводнување мора да овозможи рамномерна распределба на ѓубрето до сите растенија, односно да има висока униформност на наводнувањето. Доколку системот нерамномерно ја распределува водата (дозволени се максимални варирања од 10% помеѓу протокот на капалките во системот) доаѓа и до нерамномерно ѓубрење и нема да се постигне саканиот ефект од фертиригацијата.

Примената на микронаводнување без примена на фертиригација исто така нема да ги постигне своите максимални ефекти, поради тоа што со примена на капково наводнување се влажи само еден мал дел од почвата (Слика 1). Во овој мал волумен на навлажена почва доаѓа до силна концентрација на коренови влакненца, кои треба од тука да ја обезбедат целокупната вода за растението. Поради тоа доаѓа до брзо трошење на достапните хранливи материи во наводнуваниот дел на почвата. Доколку во овој навлажен волумен на почва не се додаде и ѓубре, растението многу тешко ќе успее да ги усвои хранливите материи од делот на почвата кој не се влажи и нема доволни количества на вода да ги растворат хранливите материи. Во таков случај кореновиот систем непотребно се форсира да создава коренови влакна во потрага по достапни форми на хранливие материи. Во овој поцес нормално доаѓа до исцрпување на културата и намалување на приносите. Поради тоа системот за фертиригација треба да биде задолжителен дел од секој систем за микронаводнување и дури тогаш може да се постигнат саканите ефекти.



Слика 10. Зона на влажење при капково наводнување (Чукалиев и сор., 2009)

Чукалиев и соработниците (2003) ги издвојуваат следните предности, односно можни недостатоци на фертиригацијата:

Предности на фертиригацијата:

- хранливите материи се даваат според потребите на растението;
- се дава точна и лесно достапна форма на хранливи материи која полесно се извлекува од коренот на растението;
- се подобрува (дуплира) приносот и квалитетот на производот;
- се подобрува искористувањето на ѓубривата од страна на растението, значи се заштедува ѓубрива;
- заштеда на време, работна сила, механизација и гориво;

- можност за целосна автоматизација на процесот;
- поголема контрола на хранливите материи во однос на длабочината на апликација на истите во почвата, како и на времето кога треба да се изврши апликацијата, со што се спречува промивање на истите во подземните води и евентуално загадување на животната средина.

Можни недостатоци:

- висока почетна инвестиција;
- доколку системот за микронаводнување не функционира правилно, може да се јави нерамномерна распределба на ѓубривата;
- можно е да се даде повеќе ѓубриво од стварно потребните количини, доколку определувањето на времето и количината на вода не е во согласност со културата.

Основната концепција и потребната опрема за изведување на оваа постапка е постојната опрема за микронаводнување, а изборот на опремата за фертиригација може да се направи дополнително зависно од бараните карактеристики.

5.1. Избор на опрема за фертиригација

Постојат повеќе начини за внесување на хранливите материи и другите агро-хемикалии во системот за наводнување. Изборот на начинот и опремата за инјектирање ќе зависи од следното:

- ***Видот на агро-хемикалијата***. При изборот на инјекторот, особено треба да се запази каква агрохемикалија ќе биде аплицирана во системот за микронаводнување. Имено, при апликација на ѓубре преку системот за наводнување, обезбедувањето на точната концентрација не е толку многу критична за растението во споредба со апликацијата на пестициди, каде секоја концентрација над дозволените граници може кобно да се одрази врз културата, а со помала концентрација не се постигнува целта;
- ***Апликација на растворени или цврсти агро-хемикалии***. Агро-хемикалиите во вид на раствори немаат потреба од претходно растворање и мешање во споредба со цврстите и кристалните ѓубрива;
- ***Потенцијалната опасност на агро-хемикалијата по здравјето на работникот или земјоделскиот производител***. Апликацијата на најголем дел од ѓубривата нема сериозно влијание врз безбедноста на работникот или земјоделкиот производител, меѓутоа апликацијата на киселините и средствата за заштита на растенијата (пестицидите) бара висока претпазливост и точност;
- ***Достапноста со извор на енергија***. Во случај кога електричната енергија е недостапна, тогаш можат да се користат инјектори кои како извор на енергија ја користат водата за наводнување или пак некои мотори со внатрешно согорување;
- ***Мобилност на инјекторот***. Некои од системите за инјектирање на агро-хемикалии во водата за наводнување се гломазни и габаритни за мобилна употреба;
- ***Цена на чинење***. Еден од параметрите кој најчесто е одлучувачки при изборот на инјекторот претставува и цената на чинење;
- ***Пропорционална или волуменска апликација на агро-хемикалијата***;
- ***Можност за автоматизација***.

5.1.1. Резервоар со диференцијален притисок

Резервоарот со диференцијален притисок работи на принципот на пренасочување на дел од главниот тек на водата низ резервоарот преку два обични вентили поставени на главниот цевковод. Резервоарот е поврзан со главниот цевковод со паралелен одвод. Пренасочувањето на текот од главниот цевковод се постигнува со варијација на притисокот од 0.1 до 0.2 атмосфери, што се очитува на двата манометри поставени близу вентилите за создавање на диференцијален притисок. Водата за наводнување влегува во резервоарот преку цевки, со дијаметар од 16 до 25 mm. Во резервоарот може да се додадат растворливи или цврсти ѓубрива, а дури потоа истиот херметички се затвора. Втората цевка излегува од резервоарот враќајќи се во главниот цевковод, од каде истовремено со водата за наводнување се инјектира и растворено ѓубре. Колку е повисок диференцијалниот притисок низ главниот цевковод, толку е поголема брзината на инјектирање.

Треба да се истакне дека резервоарот мора целосно да биде исполнет за да правилно се изведе процесот фертиригација, инаку постои ризик дел од ѓубрето да остане во резервоарот и да не се раствори и аплицира. Стартувањето на системот за наводнување мора да се одвива кога вентилите кои се поврзани со резервоарот се сеуште затворени, а доводниот вентил е целосно отворен. Вентилите за поврзување се отвараат заедно со постепеното затворање на доводниот вентил, со истовремено надгледување на висината на притисокот на манометарот, се додека не се постигне саканиот притисок.

Табела 8. Брзина на инјектирање зависно од големината на диференцијалниот притисок (Чукалиев и соработниците, 2003)

Дијаметар на цевката	**16 mm**	**25 mm**
Големина на диференцијалниот притисок (atm)	**Брзина на инјектирање (l/h)**	
0.1	660	320
0.2	990	500
0.3	1200	650
0.4	1350	760
0.5	1500	850
0.6	1650	940
0.7	1800	1030

Времетраењето на фертиригацијата зависи од волуменот на резервоарот и неговото празнење може да се пресмета со следното равенство (Чукалиев и соработниците, 2003):

$$t = 4 \cdot \frac{Tv}{q}$$

t - времетраење на ѓубрење (час);**Tv**- волумен на резервоарот (l); **q**- празнење на резервоарот (l/час)

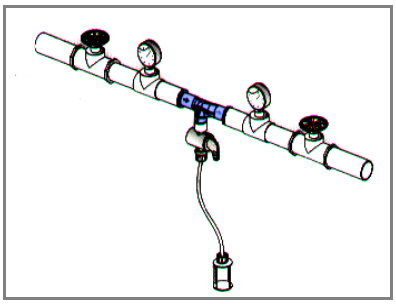
Равенството укажува дека четири пати поголем волумен на вода од волуменот на резервоарот мора да помине низ резервоарот за да може да се раствори и уфрли предвидената количина на ѓубриво во системот за наводнување.

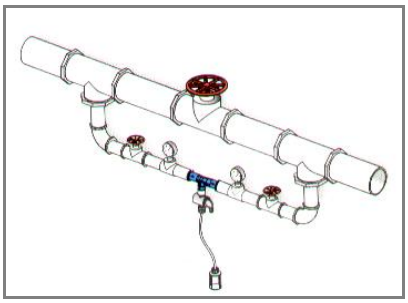
Слика 11. Резервоар за ѓубриво со диференцијален притисок
(Чукалиев и сор., 2003)

5.1.2. Фертиригација изведена со Вентури инјектори

Фертиригацијата изведена со оваа опрема е попрецизна во споредба со резервоарот со диференцијален притисок. Работи на принципот на Вентури, каде стеснувањето и специфичната конструкција на влезот и излезот на инјекторот, создаваат вакуум кој се должи на зголемената брзина на течење низ стеснувањето.

Кај оваа опрема, брзината на инјектирање е во директно влијание со притисокот на работа на системот, поради што секое варирање на притисокот во системот може да влијае на количината на ѓубрето што се аплицира. За прецизно и точно аплицирање на ѓубривата преку Вентури инјекторот, системот за наводнување мора да има доволно притисок и истиот да биде константен во текот на аплицирањето на ѓубрето. Затоа, при користење на основниот модел на Вентури инјекторот, се препорачува негово монтирање во линија со главниот цевковод, контрола на протокот и поставување на прецизни вентили за регулирање на протокот кон и од резервоарот во кој е растворено ѓубрето.





Слика 12. Вентури инјектор врзан во линија и во by-pass (Чукалиев и сор., 2007)

За обезбедување на константен притисок во системот за фертиригација, доста често во праксата, Вентури инјекторот се поставува во **By-pass** инсталација (премостување). Кај оваа инсталација како алтернатива се јавува линиско поставување на двата вентила на линијата за снабдување на резервоарот со ѓубриво. Контролниот вентил е инсталиран на by-pass линијата веднаш над влезниот отвор на Вентуриевиот апарат и нормално затворен соленоид или хидрауличен вентил веднаш под излезот од Вентури инјекторот.

5.1.3. Фертиригација со помош на пумпи

Пумпите за ињектирање работат на принципот на вшмукување на растворот со хранливи материи од резервоарот и нивно уфрлување во системот за наводнување, како резултат на создадениот повисок притисок во споредба со постоечкиот притисок во самиот систем за наводнување. Инаку, пумпите се направени од материјал резистентен на корозија со цврста конструкција. Во споредба со претходно споменатите системи за ињектирање на ѓубрето, разните видови на пумпи немаат проблеми со обезбедување на постојана и точна концентрација при уфрлањето на хранливите материи, поради што се сметаат за најдобра варијанта за ињектирање и на други агро-хемикалии преку системот за микронаводнување. Постојат повеќе различни модели, во различни големини и изработени од разновиден материјал. Пумпите за ѓубрење се класифицираат согласно два критериума: изворот на енергија (електрична енергија, мотори со внатрешно согорување, карданската оска на тракторот, водата за наводнување) и типот на пумпа (клипни, мембрански, валчести и центрифугални пумпи) .

Слика 13. Клипна пумпа и пумпа со дијафрагма-мембранска
(Чукалиев и сор., 2007)

Електричните пумпи се практикуваат само доколку условите на поле овозможуваат присуство на електрична енергија, а поради начинот на работа, истите се многу точни, прецизни и сигурни при апликацијата на ѓубрето. Тие би можеле да работат со помал издаток и лесно да се комбинираат со опремата за автоматизација. Пумпите кои работат на мотор со внатрешно согорување најчесто треба да се избегнуваат при изборот. Тие се релативно скапи (заради дополнителна опрема, особено при автоматизирање), а изведените работни операции се со нешто повисока цена. Пумпите за ињектирање кои работат со помош на карданската оска од тракторот може да применуваат само кога ѓубривото треба да се инјектира за што е можно покус период. Исто како и пумпите со внатрешно согорување се релативно скапи. Досегашните искуства, укажуваат дека пумпите кои како погон за работа ја користат водата за наводнување се најдобра пракса. Имено, со овие пумпи истовремено се запазуваат можеби најважните критериуми при апликација на ѓубрето и другите агро-хемикалии преку системот за наводнување, а тоа се прецизност, сигурност и економичност при работата.

6. Припрема на програма за фертиригација и правилна примена кај пиперка и домат

6.1. Постапки кои треба да се запазат за да се изврши правилна фертиригација

6.1.1. Определување на количеството на ѓубре потребно за аплицирање

Пред да се изврши калибрирање на фертиригаторот, неопходно е да се определи дозата на ѓубре што треба да се внесе преку системот за микронаводнување. За полесно изведување на фертиригацијата ги предлагаме следните постапки:

1. Определување на површината за фертиригација или пресмета за 1 хектар;
2. Определување на количеството на ѓубре што треба да се аплицира во литри на 1 хектар;
3. Определување на вкупното количество на ѓубре во литри за предвидената површина (чекор 1 помножено со чекор 2);
4. Определување на времетраењето за фертиригација (во часови);
5. Пресметка на предвиденото количество на ѓубре во литри на час (чекор 3 поделено со чекор 4).

6.1.2. Калибрирање на опремата за ињектирање

Во земјоделско производство, фертиригацијата не треба да се изведува без претходна калибрација на опремата за ињектирање. Целта на калибрирањето е да се подеси фертиригаторот спрема предвидената доза за ињектирање. Дозата предвидена за аплицирање може да се определи преку количеството на растворот уфрлен преку системот за ињектирање (уфрлено количество на ѓубре) за определено време (најчесто од 60 до 120 секунди). Наједноставно калибрирање се врши доколку се земе еден градуиран сад во кој се наоѓа претходно позната количина на раствор, а која треба да се уфрли преку системот за ињектирање. Претходно опремата за ињектирање треба да се провери дали е празна за да не дојдеме до погрешни резултати. Откако ќе се заврши со проверката, се вклучува системот за фертиригација и се мери времето за кое ќе се испразни петходно познатото количество на раствор. Пример, доколку во градуираниот сад се наоѓа раствор од 0,5 литри и истиот се испразни за време од 1 минута (60 секунди), тогаш со множење на минутите во 1 час (60 минути) со потрошеното количество на раствор за време од 1 минута 0,5 литри, ќе се добие количество од 30 литри раствор ињектиран за 1 час.

6.2. Други критериуми кои треба да се запазат при фертиригација

За правилно функционирање на системот за фертиригација, покрај неговото правилно дизајнирање и монтирање, потребно е да се запазат и уште некои други критериуми кои ќе ги прикажеме подолу.

6.2.1. Избор на ѓубриња за фертиригација

Ѓубрињата кои се користат во процесот на фертиригација можат да бидат цврсти растворливи и течни ѓубрива.

6.2.2. Растворливост на ѓубрињата

Ѓубрињата кои се користат во процесот на фертиригација потребно е да бидат целосно растворливи за да може да се изведе правилен процес на фертиригација. Ѓубрињата со низок степен на растворливост не би требало да се употребуваат. Инаку, растворливоста на ѓубрето во вода е условено од температурата, вообичаено повисоката температура, условува и поголема растворливост. Во Табела 9 е изнесена растворливоста на неколку ѓубриња и нивната зависност од температурата.

Кај течните ѓубриња за време на зимските месеци можна е појава на кристализација-таложење, што значи дека растворите стануваат презаситени и вишокот на соли се таложи. Со порастот на температурата овој талог повторно може да се раствори. Затоа е потребно правилно складирање на ѓубрињата.

Инаку, при постудени услови концентрацијата на растворот со ѓубре треба да биде 100 пати повисока од крајната концентрација предвидена за фертиригација, додека во потопли климатски услови (над 20°C) оваа концентрација може да биде и 200 пати повисока.

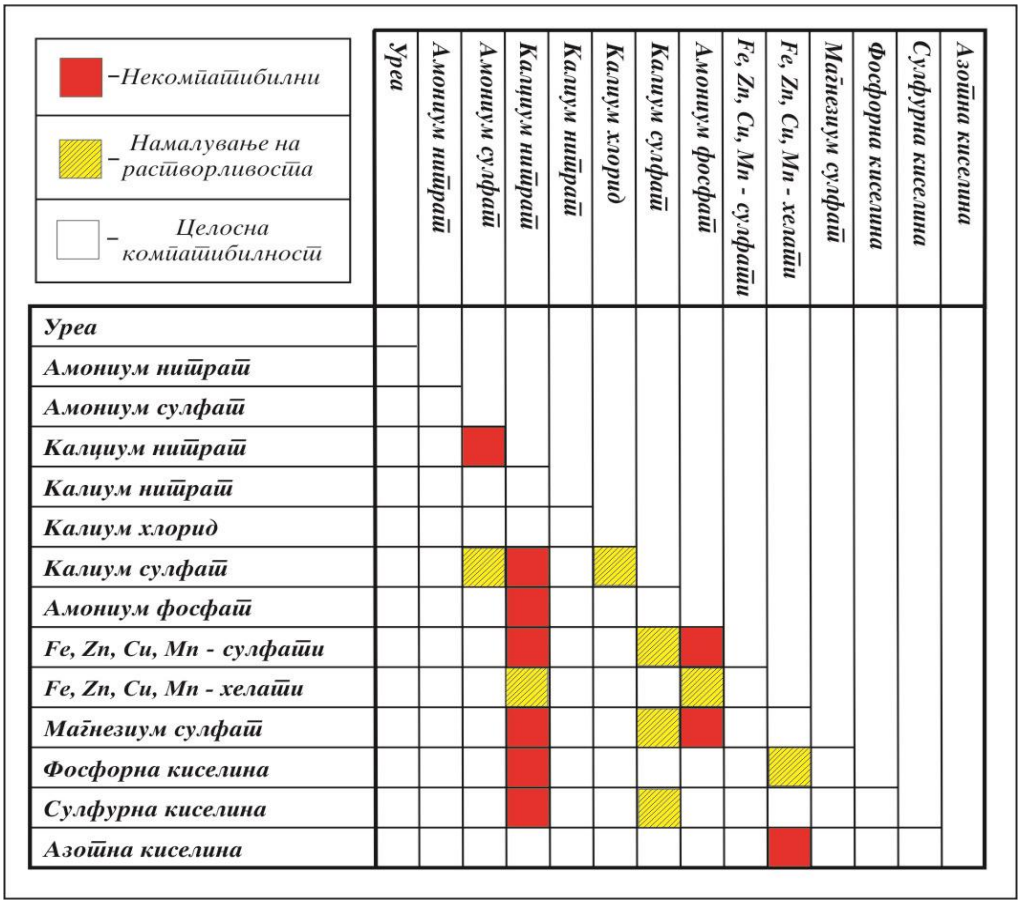
Табела 9. Растворливост на некои ѓубриња зависно од температурата (Чукалиев и сор., 2003)

Температура	**0°C**	**5°C**	**10°C**	**20°C**	**25°C**	**30°C**
Ѓубриња	**Растворливост во грамови на литар дестилирана вода**					
Амониум сулфат	700	715	730	750	770	780
Уреа	680	780	850	1060	1200	1330
Калиум хлорид	280	300	310	340	355	370
Калиум сулфат	70	80	90	110	120	130

6.2.3. Компатибилност на ѓубрињата

Компатибилноста помеѓу ѓубрињата користени во процесот на фертиригација се во тесна врска со многу фактори, пред се со растворливоста, pH-реакцијата, температурата, концентрацијата на ѓубрињата, водата итн., и затоа понекогаш е многу тешко да се даде генерален пристап за правилно мешање на истите. Меѓутоа, за полесна практична примена при мешање на ѓубривата во процесот на фертиригацијата, го предлагаме графиконот за компатибилност на најчесто употребуваните ѓубриња во праксата на фертиригација (Графикон 4), кој

претставува еден вид на водич со кој може лесно да се добие ориентација за тоа кое од ѓубрињата може да се меша во предвидениот раствор за фертиригација.



Графикон 4. Компатибилност на најчесто употребуваните ѓубрења преку процесот фертиригација (Танасковиќ и Чукалиев, 2014)

6.2.4. Постапки кои треба да се запазат при мешање на ѓубрињата

- Секогаш додавај течни ѓубрења во резервоарот со вода пред додавање на цврсти растворливи ѓубрења. Дополнителна течност ќе овозможи мало загревање во случај цврстите растворливи ѓубрења да имаат карактеристика на ладење;
- Секогаш додавај ги цврстите растворливи ѓубрења пополека и со постојано промешување, со цел да се спречи формирање на нерастворливи или послабо растворливи грутки од ѓубре;
- Никогаш не комбинирај ѓубрења кои содржат сулфур со ѓубрења кои содржат калциум, бидејќи при нивна реакција ќе се создаде нерастворлив гипс.
- Секогаш пред аплицирање на ѓубрињата консултирај го графиконот за компатибилност (Графикон 4) и табелата за растворливост на ѓубрињата (Табела 9).
- Доколку не сте сигурни, аплицирајте ги различните ѓубрења посебно (не во ист момент) или во помали концентрации. Во случај на истовремена

апликација, направете брз тест со комбинирање на ѓубрињата што треба да се применат и видете дали ќе се случи таложење или некоја друга реакција.

- Никогаш не комбинирај фосфорни ѓубрења со ѓубрења кои содржат калциум и магнезиум пред да направиш тест, со цел да се утврди дали ќе се истложат нерастворливи материи.

6.2.5. Интеракција на ѓубрињата со водата за наводнување

При примена на фертиригацијата, како еден од најчестите проблеми се смета интеракцијата помеѓу ѓубрињата и водата за наводнување.

Ѓубрињата, па и другите агро-хемикалии што треба да се аплицираат преку водата за наводнување треба добро да се познаваат, а во случај на помали познавања на истите пожелно е претходно тестирање. Тестирање обично се изведува во помал сад наполнет со вода со која се планира да се наводнува. Во садот се додаваат планираните ѓубрења. Растворот повремено се меша во времетраење од 2 часа. Секоја промена која ќе се забележи (таложење, создавање на силна реакција со шуштење, димење над садот и слично) е резултат на некоја хемиска реакција помеѓу водата и ѓубрињата или помеѓу ѓубрињата. Ова е знак дека примената на испитуваната комбинација на вода и ѓубрења може да предизвика непожелни ефекти во системот за наводнување и не може да се препорача за примена. Поради тоа што не е возможно да се промени водата за наводнување потребно е се направи ново тестирање, со примена на други ѓубрења или да се консултира стручно лице, кое ќе препорача натамошна постапка. Ваква постапка може да се направи и со мешање на различни ѓубрења доколку за истите нема доволно податоци за нивното дејство и влијание при мешање.

6.2.6. pH - Реакција на ѓубрињата

Растворите од ѓубрења имаат pH вредност која се движи во границите од 2 до 7. Оние ѓубрења кои имаат pH вредност меѓу 6,5 и 7, се сметаат за неутрални, оние чија pH варира од 3,5 до 6,5 се сметаат за слабо кисели, додека оние со pH вредност под 3,5 се сметаат за силно кисели. pH вредноста на цврстите ѓубрења се мери во раствор подготвен со растворање на еден грам цврсто ѓубре во еден литар дестилирана вода.

6.3. Утврдување на потребните количества на хранливи материи

Фертигацијата во практика може да биде изведена по произволен пат или со помош на научни методи. Произволното ѓубрење се базира на претходното искуство на фармерите како и на некои општи препораки. Овој метод на ѓубрење е пропратен со силни ограничувања кои се однесуваат на слаба искорисеност на ѓубрињата, нивна акумулација и испирање во подземните води и водите за пиење. Научниот пристап ги зема во предвид сите главни фактори кои влијаат на исхраната на растенијата и почвената плодност и даваат индувидуална препорака за секој фармер посебно и за потребите од одредени ѓубрења на неговите површини.

Инаку, пресметката на потребните количества на хранливи материи за растенијата се базираат на потребите на растението, способноста на почвата да обезбеди дел од потребните количества на хранливи материи, ефикасноста за искористување на ѓубрињата при различни методи на наводнување и очекуваниот принос. Доколку овие фактори се земат во предвид, програмите за ѓубрење ќе се разликуваат за иста култура, но и на различни локалитети на кои таа се одгледува.

Доколку почвата не може да ги обезбеди потребните количества на хранливи материи за нормален развој на растенијата, неопходно е потребните количества да се надополнат со ѓубрење. Поради тоа, потребно е да се развијат методи кои ќе овозможи определување на недостигот од одредени елементи, како и да се определат количествата на ѓубре кои треба да се внесат за да се надмине нивниот дефицит.

Во земјоделската пракса постојат различни методи преку кои може да се утврди колку хранливи материи треба да се внесат во почвата за да може да се добијат оптимални приноси. Генерално, за да се изведе правилна фертиригација, во предвид треба да се земе следното:

- Количеството на хранливи материи во почвата и водата за наводнување;
- Потребните количества на хранливи материи кои се извлекуваат од страна на растението;
- Кога и во кои фази растенијата имаат потреби од хранливи материи;
- Содржина на хранливи матери во растението.

Една од наједноставните методи со која може утврди практичен режим на фертиригација е преку содржината на вкупно извлечените хранливи материи од страна на културата. Значи при користење на оваа метода, доволно е да се имаат податоци за богатството на почвата со одредените хранливи материи, како и податоци за вкупните хранливи материи кои можат да се извлечат од страна на културата изразени во kg/ha (Табела 10). Притоа, треба да се има во предвид дека податоците за извлечените хранливи материи се различни зависно од регионот, културата, начинот на одгледување ит.н..

Количествата на хранливи материи кои се дадени во Табела 10 се всушност оние кои се потребни да ги има во почвата или да бидат достапни за растението. Секако, тоа не значи дека сите овие количества треба да се обезбедат со ѓубрење, дел од нив може да бидат обезбедени и од самата почва.

Табела 10. Содржина на хранливи материи извлечени со одреден принос кај пиперка и домат

Култура	Принос t/ha	Хран. материи извлечени од културата (kg/ha)		
		N	P_2O_5	K_2O
Пиперка	50	250	100	350
Домат	80	280	100	330

Во таа смисла, проценката на хранливите материи кои може да ги обезбеди почвата се многу важни. Имено, по направената агрохемиска анлиза, се препорачува од препорачаните количества на ѓубива прикажани во Табела 10 (доколку не се очекуваат други приходи, од остатоци од претходно одгледувана култура, легуминози или површината е ѓубрена со органско ѓубре) да се одземат

количествата добиени со анализа, а остатокот да се даде со фертиригација. Во одредени случаи, програмата за фертиригација може да се направи и на база на планираниот принос на културата и очекуваните хранливи материи кои се извлекуваат за создавање на тој принос. Во секој случај, зависно од техниката на наводнување, потребно е да се земе во предвид и потенцијалното усвојување на аплицираните хранливи материи. Така, кај микронаводнување, потребно е да се зголеми за 15-25% азотот, 65-75% фосфорот и 10-20% калиумот. Кај останатите техники овие количества се уште поголеми (Табела 11).

Табела 11. Ефикасност на користење на хранливи материи зависно од системот на наводнување (Танасковиќ, 2014)

Систем на наводнување	Азот	Фосфор	Калиум
Со бразди	40-60	10-20	60-75
Вештачки дожд	60-70	15-25	70-80
Микронаводнување (капково)	75-85	25-35	80-90

6.4. Пресметка на количествата на ѓубрења потребни за аплицирање преку системот за фертиригација

Пресметката на потребните количества на ѓубрења преку системот за фертиригација може да се базира на потребните хранливи материи направени на база на агрохемиската анализа, потоа вкупните хранливи материи потребни во текот на целата вегетација за формирање на одредено количество на принос или да се базираат на оценка на максималното количество што може да се извлече од страна на културата во одредена фаза на раст и развиток.

За едноставна пресметка на точното количество на ѓубре што треба да се аплицира преку системот за наводнување ги предлагаме следните чекори:

Чекор 1: Да се определи количеството на ѓубре (пример азотно) кое треба да се аплицира преку системот за микронаводнување. На пример, да земеме дека треба да се инјектираат 20 kg азот (N) на површина од 1 ha, за една интервенција (залевање).

Чекор 2: Избор на ѓубре кое ќе биде користено за задоволување на бараните потреби. Овој избор треба да се направи врз основа на многу параметри: Цена на чинење за килограм ѓубре, својствата на почвата, културата, водата за наводнување, програмата за ѓубрење ит.н.. На пример, сме одбрале за аплицирање амониум нитрат (32-0-0) како раствор за ѓубрење и уреа (46-0-0) како цврсто ѓубриво.

Чекор 3: Определување на количествата на ѓубре што треба да се аплицираат во текот на една интервенција на површина од 1 ha. За цврстите растворливи ѓубрења пресметките ќе се вршат по методот А, додека за растворите од ѓубре ќе се користи методот Б.

Метод А. Цврсти растворливи ѓубрења: Определувањето на количеството на цврсто ѓубре (kg) што треба да биде растворено со водата и определувањето на вкупното количество на добиено растворено ѓубре изразено во литри (l). Треба да се истакне дека цврстите растворливи сложени ѓубрења, можат да бидат

неуниформно растворени особено на почетокот од постапката на нивно растворање. Тоа е резултат на тоа што секоја компонента има различен степен на растворање (Табела 9). Оттука, треба да се запази сите цврсти ѓубрења пред да бидат ињектирани во системот за наводнување, истите да бидат претходно целосно растворени.

Пресметките се вршат на следниот начин:

kg на хранлива материја 100% ѓубрења
---------- *x* ---------- = kg на ѓубрења/за површина во ha
Површина во ha % хранливи мат.

Оттука, користејќи го примерот со уреата (46-0-0), за обезбедување на 20 kg чист азот треба да се додаде 43,5 kg на уреа:

20 kg на хранлива материја 100% ѓубрења
---------- *x* ---------- = 43,5 kg на ѓубрења/за површина од 1 ha
1 ha 46 % хранливи мат.

При растворање на цврсти ѓубрења важно е да се земе во предвид табелата за растворливост (Табела 9, најпрактично при температура од 20°C), се со цел да се добие приближното количество на вода што треба да се употреби за да се раствори предвиденото количество на ѓубре.
Според табелата може да се види дека околу 1 литар вода може да раствори 1000 грами (1 kg) уреа.

Пресметките за потребното количество на вода за целосно растворање на ѓубрето можат да се изведат на следниот начин:

kg на ѓубре 1 l вода
---------- *x* ---------- = Литри (l) вода/за површина во ha
Површина во ha kg растворено ѓубре

Користејќи го горенаведениот пример со уреа, каде 1 kg уреа се раствора во 1 l вода, тогаш за 43,5 kg уреа е потребно околу 43,5 l вода:

43,5 kg на ѓубре 1 l вода
---------- *x* ---------- = 43,5 l вода /за површина од 1 ha
Површина во ha 1 kg растворено ѓубре

Треба да се истакне дека најдобар ефект при растворање на ѓубрињата, во овој случај на уреата, ќе се постигне доколку волуменот на резервоарот во кој се врши растворање е барем за двапати поголем од пресметаното количество на потребна вода за растворање. Најпрвин се додава предвиденото количество на вода за растворање (43,5 литри во нашиот пример), а потоа постепено и полека со мешање се додава уреата (43,5 kg уреа) се додека истата не се раствори целосно.

Напомена: Бидејќи концентрацијата на фосфорот (P) и калиумот (K), па и на други хранливи елементи во комерцијалните ѓубрења се изразува како P_2O_5, K_2O, ит.н., тогаш потребно е да се изврши конверзија на чистата хранлива материја во P_2O_5,

K_2O, ит.н. со цел да се даде точното количество на хранливи материи (фактор на конверзија за P во P_2O_5 е 2,29, а за K во K_2O е 1,2).

Пример: Колку kg на калиум хлорид (0-0-62) се потребни за апликација на 50 kg на калиум (K).

kg на хранлива материја 100% ѓубре
---------- *x* ---------- = kg на ѓубре/за површина во ha
Површина во ha % хранливи мат. *x* F.K.

50 kg на хранлива материја 100% ѓубре
---------- *x* ---------- =67,2 kg на ѓубре/за површина од 1 ha
1 ha 62 % хр. мат. *x* 1,2

Метод Б. Раствори од ѓубрења: Определување на количеството на растворот од ѓубре што треба да се аплицира преку системот за наводнување може да се направи според горните пресметки, но, притоа треба да се запази конверзијата на ѓубрето од волумен во маса, со помош на специфичната густина на растворите од ѓубре (Табела 12).

Табела 12. Специфична густина на раствори од ѓубре

Ѓубре	Специфична маса
Воден амоњак 20 - 0 - 0	0.9
Амониум нитрат 21 - 0 - 0	1.27
Раствор од уреа 21 - 0 - 0	1.12
Амониум фосфат 8 - 24 - 0	1.30
Амониум полифосфат 11 - 37 -0	1.40
Фосфорна киселина 85%	1.68
Амониум нитрат 32 - 0 - 0	1.31

На овој начин може многу едноставно да се определи количеството на растворот од ѓубре (l) што треба да се внесе во системот за наводнување:

kg ѓубре 1 l ѓубре
---------- *x* ---------- = l раствор од ѓубре/за површина во ha
Површина во ha Сп. густ. на раст. од ѓуб.

На пример, ако за ѓубрење користиме амониум нитрат (32-0-0) со специфична густина од 1.31, тогаш за аплицирање на 15 kg чиста азотна материја на површина од 1 ha потребно е да се даде следното количество на амониум нитрат:

15 kg на хранлива материја 100% (NH_4NO_3)
---------- *x* ---------- = 46,9 kg (NH_4NO_3)/за површина од 1 ha
1 ha 32 % хранливи мат.

Оттука:

46,9 kg (NH_4NO_3) 1 l ѓубриво
---------- *x* ---------- = 35,80 l раствор од (NH_4NO_3)/за 1 ha

1 ha 1,31

Чекор 4: Да се пресмета вкупната површина (ha) на која треба да се изврши фертиригација со предвиденото ѓубре. Во нашиот случај ќе го земеме за пример амониум нитратот (32-0-0), а површината на која треба да се изведе фертиригација преку системот за микронавдонување изнесува 10 ha.
Чекор 5: Со множење на количината на растворот од ѓубре (l) потребно за површина од 1 ha со вкупната површина во хектари, може да се добие вкупното количество потребно за фертиригација. Така, ако за 1 ha беше потребно 35,80 l од амониум нитрат, тогаш за 10 ha се потребни 358 литри (l).
Чекор 6: При определувањето на вкупното време на фертиригација најчесто треба да се запази дали апликацијата на ѓубрињата ќе биде еднаква со времетраењето на залевањето или ѓубривата може да се аплицираат како дел од вкупното залевање.
На пример, да земеме дека залевањето треба да трае 8 часа, а истовремено со залевањето треба да се изврши и фертиригација со амониум нитрат.
Чекор 7: Најпрвин треба да се пресмета количеството на ѓубре кое ќе се инјектира во системот за наводнување во литри за 1 час. Пресметката се одвива кога вкупното количество на ѓубре ќе се подели со вкупното време за фертиригација, односно во нашиот случај 358 l / 8 часа = 44,75 l/час.
Чекор 8: Овој чекор предвидува проверка на системот за инјектирање и на неговата способност за точна испорака на предходно пресметаното количество на ѓубре. Во нашиот пример, тоа значи системот за инјектирање мора да биде способен за аплицирање на приближно 50 литри на час од предвиденото ѓубре (проверката се врши преку примерот во точка 6.1.2.).

6.5. Припрема и подготовка на основен и хранлив раствор за аплицирање преку систем за фертиригација

Зависно од вкупните потреби на вода во вегетацијата и потребите од ѓубрења, пресметките за ѓубрињата кои треба да се аплицираат преку систем за фертиригација можат да се одвиваат и по следнива постапка:

Чекор 1: Пресмета на количеството на минерално ѓубре во gr/m^3 .

Потребно е да се знае:
1. Вкупното количество на водата за наводнување (пр. 4000 m^3/ha);
2. Вкупното количество на хранливи материи.

Од предходните пресметки погоре утврдивме дека за принос од 50 t/ha пиперка, потребните количества на хранливи материи се: N-250 kg/ha, P_2O_5-100 kg/ha и K_2O -350 kg/ha, оттука,

N = 250000 g/ha : 4000 m^3/ha = 62,5 g/m^3
P_2O_5 = 100000 g/ha : 4000 m^3/ha = 25 g/m^3
K_2O = 350000 g/ha : 4000 m^3/ha = 87,5 g/m^3

Чекор 2: Определување на количеството на ѓубре потребно да спреми концентрираниот раствор.

Пресметката се врши со следниве равенства:

$$C = \frac{F \cdot DF \cdot n \cdot 100}{a}$$

$$DF = \frac{\textit{проток на системот}}{\textit{проток на фертигаторот}}$$

C - количество на ѓубре потребно за припрема на раствор
F - бараната концентрација на ѓубре во водата за наводнвување
n - волуменот на резервоарот
a - количество на чист елемент во ѓубрето
DF - фактор на растворање

Чекор 3: Дефинирање на карактеристиките на системот за наводнување.

Карактеристики на системот се следните:
Вкупен проток на системот = 10000 l/час
Вкупен проток на фертигаторот = 100 l/час
Капацитетот на резервоарот е 1 m^3

Оттука

DF = 10000 l/час : 100 l/час = 100

Односно

$$C = \frac{62.5 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 100}{15} = 41\ 666\ g/m^3$$ минерално ѓубре NPK 15:15:10

Концентрацијата на основниот раствор во постудени услови под 20ºC, треба да биде 100 пати пониска од хранливиот раствор, односно 200 пати пониска при температура над 20ºC. Контролата на основниот и хранливиот раствор и неговата концентрација може многу едноставно да се направи со ЕС метар. Дозволената горна граница на ЕС на почвениот раствор заедно со хранливиот раствор кај најголем дел од земјоделските култури нетреба да изнесува повеќе од 2,5 dS/m.

6.6. Искуства од примената на фертиригацијата кај пиперката и доматот во Република Македонија и примена на програми за фертиригација

Кога станува збор за споредба на класичното наводнување и ѓубрење и наводнувањето капка по капка и фертиригација врз приносот од домат во наши услови, интересно е да се истакнат истражувањата на некои автори спроведени во различни региони во државата. Така, Иљовски и соработниците (2001), за

тригодишен период на истражување во Гевгелиско, забележале зголемување на приносите од 27 до 95% кај варијантите наводнувани со систем капка по капка во споредба со наводнувањето со бразди. Повисок принос кај варијантите со фертиригација во однос на варијантата со класична апликација на водата и ѓубрињата (контрола), забележала и Петревска (1999) во опити спроведени во оранжериски услови во Кочанско. Највисокиот принос изнесувал 205,98 t/ha или бил за 63,2 % повисок во однос на контролата, која воедно го претставувала и најнискиот постигнат принос. Танасковиќ (2005), во истражувања со култура домат на отворено спроведни во услови на Скопско, при споредба на варијанти со фертиригација на 2, 4 и 6 дена, варијанта со капково наводнување на 4 дена и класично ѓубрење (трипати во вегетација) и варијанта со класично наводнување на 7 дена и класично ѓубрење (трипати во вегетација), најдобри резултати за ефикасно користење на водата и хранливите материи, ранозрелост и поголем принос забележал кај варијантите со фертиригација и режим на залевање на 2 и 4 дена. Така, приносот на домат кај варијантата на 2 дена бил за речиси 37% повисок во споредба со бразди и класично ѓубрење, додека ефикасноста на користење на азотот е за 560% повисок.

Интересно е да се истакнат и резултатите од истражувања кај пиперка со фертиригација во услови на Скопско спроведени од наши автори. Така, Чукалиев и сор., (2003) кај варијанта со фертиригација преку системот капка по капка забележале 151,2 t/ha или 21,3% поголем принос од пиперка во споредба со варијантата со капка по капка и класична апликација на ѓубривото, односно 124,7 t/ha. Исто така, специфичната потрошувачка на водата покажала подобри резултати кај варијантата со фертиригација во однос на варијантата со капка по капка и класично аплицирање на ѓубривата, односно 54,56 l во споредба со 66,16 l потрошена вода за kg пиперка. Танасковиќ (2009), во истражувања со различни режими на фертиригација, највисоки просечни приноси од пазарна пиперка утврдил кај варијанта со фертиригација на 2 и 4 дена (71,11 t/ha и 68,40 t/ha), потоа следувала варијантата каде залевањето и фертиригацијата се одвивала со тензиометри (62,61 t/ha), додека најмал принос (54,74 t/ha) е забележан кај варијанта залевана со бразди и класично ѓубрење (трипати во вегетација). Редоследно варијантите со фертиригација покажале и најефикасно користење на водата и хранливите материи и многу други позитивни карактеристики.

Генерално, од изложените резултати, може да се заклучи дека современото производство на пиперка и домат во нашата држава неможе да се замисли без фертиригација, пред се поради нејзиното позитивно влијание на приносот, ефикасното користење на водата и хранливите материи, раностасноста итн., а со тоа и на поекономично производство и заштитата на животната средина. Оттука, за полесна примена и уште поголемо прифаќање на оваа технологија во градинарското производство, поточно во производството на пиперка и домат, предлагаме готови програми за фериригација со примена на течни ѓубрива.

Табела 13. Програма за фертиригација на домат

Период на апликација/цел на апликацијата	Начин на примена	Ѓубриво	Количество ѓубриво	Количество вода за фертиригација
За зголемување на цврстина на стеблото и отпорноста на расадот (при производство на расад)	Фолијарна апликација	Агросал NPK 4 : 4 : 5 + Me или Агросал NPK 4 : 8 : 4 + Me	0.20% раствор или 200 ml во 100 l вода со 1-2 апликации	
Од расадување до 25 -от ден по расадувањето	Фертиригација	Агросал NPK 0:36:0	2 l/1000m^2/ на 4-5 дена	Најмалку 3000 l вода на 1000 m^2
		Агросал NPK 31:0:0+ME	1 l/1000m^2/ на 4-5 дена	
	Фолијарна апликација 20 дена по расадување	Агросал NPKB 10:6:8:0.5 + ME	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 1 апликација	
Од 26-от ден по расадувањето до 50 -от ден по расадувањето	Фертиригација	Агросал NPK 3-20-28 + 3% EDTA	2 l/1000m^2/ на 4 дена	Најмалку 5000 l вода на 1000 m^2
		Агросал Амониум нитрат 50% раствор	3-4 l/1000m^2/ на 4 дена	
		Агросал Калциум нитрат 40% раствор	1 l/1000m^2/ на 4 дена	
	Фолијарна апликација 15-20 дена по првата апликација	Агросал NPKB 10:6:8:0.5 + ME	0.2% раствор или 200 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 1апликација	
		Агросал 2% Железо со 0,5% Магнезиум	0.2% раствор или 200 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 1 апликација	
Од 50-от ден по расадување до 10 дена пред крајот на вегетација	Фертиригација	Агросал NPK 3:0:25	2 l /1000 m^2/ на 3 дена	Најмалку 6000 l вода на 1000 m^2
		Агросал NPK 12:5:7 + Me	0,25 l/1000 m^2/ на 3 дена	
		Агросал Калциум нитрат 40% раствор	1-1,5 l/1000m^2/ на 3 дена	
	Фолијарна апликација	Агросал 9:0:6 + 10%CaO+2%MgO	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 2 апликации на секои 15 дена	

Забелешка: Програмата се однесува на слабо до средно-обезбедени почви со хранливи материи. Кај богато обезбедени почви овие количества можат да се намалат за 30-40%. Се препорачува на секоја 4-та година апликација на прегорено арско ѓубре.

Табела 14. Програма за фертиригација на пиперка

Период на апликација/цел на апликацијата	Начин на примена	Ѓубриво	Количество ѓубриво	Количество вода за фертиригација
За зголемување на цврстина на стеблото и отпорноста на расадот (при производство на расад)	Фолијарна апликација	Агросал NPK 4 : 4 : 5 + Me или Агросал NPK 4 : 8 : 4 + Me	0.20% раствор или 200 ml во 100 l вода со 1-2 апликации	
Од расадување до 28-от ден по расадувањето	Фертиригација	Агросал NPK 0:36:0	1,5 l/1000m^2/ на 4 дена	Најмалку 3500 l вода на 1000 m^2
		Агросал NPK 31:0:0+ME	1 l/1000m^2/ на 4 дена	
	Фолијарна апликација 20 дена по расадување	Агросал NPK 10:6:8:0.5 + ME	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 1 апликација	
Од 29 -от ден по расадувањето до 55 -от ден по расадувањето	Фертиригација	Агросал NPK 3-20-28 + 3% EDTA	2 l/1000m^2/ на 3-4 дена	Најмалку 5000 l вода на 1000 m^2
		Агросал Амониум нитрат 50% раствор	3 l/1000m^2/ на 3-4 дена	
		Агросал Калциум нитрат 40% раствор	1,5 l/1000m^2/ на 3-4 дена	
	Фолијарна апликација 15-20 дена по првата апликација	Агросал NPKB 10:6:8:0.5 + ME	0.2% раствор или 200 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 1апликација	
		Агросал 2% Железо со 0,5% Магнезиум	0.2% раствор или 200 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 1 апликација	
Од 56 -от ден по расадување до 10 дена пред крајот на вегетација	Фертиригација	Агросал NPK 3:0:25	1,5-2 l /1000 m^2/ на 3 дена	Најмалку 6000 l вода на 1000 m^2
		Агросал NPK 12:5:7 + Me	0,20 l/1000 m^2/ на 3 дена	
		Агросал Калциум нитрат 40% раствор	1,5 l/1000m^2/ на 3 дена	
		Агросал Магнезиум нитрат 36% раствор	0,5 l/1000m^2/ на 3 дена	
	Фолијарна апликација	Агросал 9:0:6 + 10%CaO+2%MgO	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m^2 со 2 апликации на секои 15 дена	

Забелешка: Програмата се однесува на слабо до средно-обезбедени почви со хранливи материи. Кај богато обезбедени почви овие количества можат да се намалат за 30-40%. Се препорачува на секоја 4-та година апликација на прегорено арско ѓубре.