

Проект за реставрација на сливот на река Струмица

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

НАВОДНУВАЊЕ И ФЕРТИРИГАЦИЈА НА ОВОШКИ

Вовед

Имајќи ги во предвид климатските услови кои владеаат во Република Македонија, наводнувањето преставува еден од основните фактори за стабилни и квалитетни приноси на земјоделските култури. И покрај технологијата на одгледување, која кај поголем дел од земјоделските култури се разликува, сепак основните принципи на наводнување, односно потребите за правилно и рационално користење на водата во земјоделството се слични или заеднички.

Од друга страна, треба да се истакне дека неправилното наводнување, кој е многу чест случај во земјоделското производство кај нас, покрај тоа што влијае на добивање на послаби, понеквалитетни и економски понеисплатливи приноси, истовремено преставува и еден од факторите за загадување на животната средина преку промивање на агрохемикалите и нивно пренесување до водните тела.

Кај овошните култури, обезбеденоста со вода е многу важен услов за нормален раст, развој и плодносење, бидејќи водата има директно влијание врз интензитетот на фотосинтезата и дишењето, порастот и плодообразувањето, а со тоа и на приносот кај истите. Јаболчестото овошје има најголеми потреби за вода во споредба со другите видови на овошје, пред се поради поголемата вегетативна маса, како и поголемата родност. Потребите за вода кај јаболката треба да се разгледуваат посебно кај млад, односно стар насад.

1. Потребите на вода кај млад јаболков насад

Потребите за вода кај млад јаболков насад не се толку силно изразени како кај насадите во род, но, сепак треба да се нагласи дека младиот насад е многу осетлив на суша (помала коренова маса), поради што, треба да се применуваат почести залевања со многу мали норми и тоа само во редовите на јаболката. При подигање на млад јаболков насад многу е значајно коренот на младата садница да воспостави добар контакт со почвата, со цел полесно прифаќање и правилен пораст на садницата. Затоа после садењето на секоја садница од јаболко треба да се интервенира со 5 до 10 l вода. Оваа мерка е особено потребна при касното пролетно садење. Доколку периодот од април до средината на јули е сув, тогаш потребни се уште 3 до 4 залевања на младиот насад од јаболка, со цел подобро образување на вегетативна маса (круната на јаболката). Од средината на јули до крајот на вегетацијата залевањето треба да се вршат по потреба, зависно од климатските услови, односно при високи температури и појава на сушен период може да се интервенира со уште 2 залевања. Според Иљовски (1992), во случај на суша во месец септември, треба да се продолжи со наводнувањето, со цел, подобро кондиционирање и припрема на младиот насад од јаболка за зимско мирување. Вкупната потрошувачка (ЕТ) на вода кај млад јаболков насад се движи од 3500 до 4000 m³/ha, додека нормата на наводнување, односно количината на вода што треба да се даде во текот на вегетацијата (М) е околу 2000 m³/ha (Иљовски и Чукалиев, 1994). Кај млад насад од круша, ЕТ може да достигне и до 4000-5000 m³/ha, а М до 2500-3000 m³/ha (Делибалтов и Чехларов, 1977). Сливата е нешто поотпорна на суша, меѓутоа добро реагира на наводнување. Потрошувачката на вода и нормата на наводнување е помала од јаболкото и крушата.

2. Потребите на вода кај насади во род

Потребите за вода кај насади во род на почетокот на вегетациониот период се релативно мали, бидејќи се уште нема интензивен развој на ластарите и лисната маса, а влијанието на метеоролошките услови врз интензитетот на испарувањето преку листот (транспирација) и почвата (евапорација) е многу мало. Најголемите потреби за вода се јавуваат од почетокот на цветањето па се до созревањето на плодовите, кога недостатокот на вода во почвата може многу негативно да се одрази на приносот, особено на количината и квалитетот на плодовите, бидејќи се образуваат повеќе т.н. дефектни цветови, настанува нецелосно оплодување, заметнатите плодови се со неправилна форма, поинтензивно опаѓање на плодовите, што на крај резултира со намалување на крајниот принос. Согласно со ваквите потреби многу автори кај јаболокото ги предлагаат следниве залевања: прво залевање пред цветање на јаболоката, второ после цветање и почетокот на пораст на леторастите, третто кога настанува проредување и опаѓање на плодовите, четвртто кога се формираат цветните папки, петто кога настанува пораст на плодовите, шесто во периодот на интензивен пораст на плодовите. Потрошувачката на вода кај јаболоката се движи од 5000 до 6000 m³/ha, додека нормата на наводнување, односно количината на вода што треба да се даде во текот на целата вегетација (M) се движи од 3000 до 4000 m³/ha. Кај крушата потрошувачката се движи околу 5500-6500 m³/ha, додека M се движи 3500-4500 m³/ha. Како што кажавме, сливата е нешто поотпорна од јаболоката и крушата, односно вкупната потрошувачка се движи околу 5000 m³/ha, а M до 3000 m³/ha. Инаку, овие количества на вода се однесуваат за површинските техники на наводнување, додека кај модерните техники на наводнување (капка по капка и микроспринклери) нормата на наводнување е помала од 30 до 50% како резултат на помалата површина опфатена со залевањето. Нормата на залевање (m) или количината на вода во тек на едно залевање што ние ја предлагаме кај јаболковиот насад зависно од почвениот тип треба да се движи од 200 до 400 m³/ha на лесни почви, односно од 500 до 700 m³/ha кај тешки почви. Ова се однесува за техниката на наводнување со бразди и донекаде со дождење. Со микронаводнување, режимот на залевање е сосема подруг, со норми на залевање и под 100 m³/ha.

2. Значење на водно-физичките својства на почвата (со посебен осврт на горна и долна граница на лесно достапна вода) и утврдување на правилен режим на залевање

2.1. Водни константи

Под водни константи се подразбираат количества вода што почвата ги содржи при определени ретенциски сили.

Најчесто се испитуваат следниве водни константи: максимален воден капацитет (МВК), ретенциски воден капацитет (ПБК), полски воден капацитет (ПВК), лентокапиларна влажност (ЛКВ), технички минимум (ТМ), влажност на венење (ВВ). Тука ќе се изложат само оние константи што се значајни во определувањето на времето и нормата на залевање.

2.1.1. Полски воден капацитет (ПВК) или горна граница на леснодостапна вода

Полски воден капацитет претставува максимално количество вода што почвата може да го задржи во полски услови после максимално заситување со вода и изцедување на гравитациската вода. Притоа треба да се обезбедат следниве услови: да се спречи испарувањето, а нивото на подземната вода да е на таква длабочина така што да нема влијание со капиларно влажнење.

Се определува на поле, на репрезентативна парцела. Кај нас најчесто се испитува на парцелка 2 x 2 m, оградена со мал насип од земја, за да не истекува странично водата, околу парцелката има заштитен појас исто така ограден со мал насип од земја. Димензиите на заштитниот појас изнесуваат 3 x 3 m. Значи во квадрат 3 x 3 m е сместен квадрат 2 x 2 m од каде што се земаат мостри за испитување ПВК.

Принцип на работа: парцелката 2 x 2 m како и заштитниот појас се заситуваат со вода така што вишокот се процедува во подолните слоеви. Заштитниот појас се заситува со вода со цел да се спречи страничната инфилтрација од парцелката за испитување на ПВК. Количеството на водата што се додава за заситување на почвата, зависи од почвениот тип, вкупната порозност, моменталната влажност и длабочината на влажење. За 1 m² се пресметува според образецот:

$$W = 10 h (p-c) \text{ (добиеениот резултат е даден во литри)}$$

p - вкупна порозност,

c - влажност во волуменски %

h - длабочина во метри

Пример:

$$p = 40\%, h = 1,5 \text{ m}, c = 15\% \text{ vol}$$

Со примена на горниот образец се добива:

$$W = 10 \cdot 1,5 \cdot (40-15) = 375 \text{ l/m}^2 \cdot 9 \text{ m}^2 = 3375 \text{ l} = 3,37 \text{ m}^3$$

Доколку пресметката се изведе на класичен начин:

$$V = 9 \text{ m}^2 \cdot 1,5 \text{ m} = 13,5 \text{ m}^3$$

$$\text{при } p = 40\% = 5,4 \text{ m}^3$$

Порозност што треба да се засити = 40-15 = 25% vol.

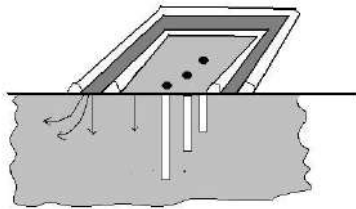
$$\text{Тогаш: } W = (5,4 \cdot 25\% \text{ vol.}): 40 = 3,37 \text{ m}^3$$

Погрешно е да се даде помалку вода, бидејќи нема да се засити почвата до планираната длабочина. Поголемото количество вода од пресметаната, значи дека почвата ќе се засити до поголема длабочина од планираната, што дава сигурност на испитувањата. Откако ќе се впије дадената вода, парцелката се покрива со најлон, а потоа со слој од десетина сантиметри на слама или сено, со цел да се спречи евапорацијата. Порано кај овој метод се ставала слама или сено директно на влажната почва, што создава проблеми при земањето на почвени проби од залепените сламки. Под најлонот почвата е чиста за земање мостри и многу едноставно се открива и покрива.

За одредување на ПВК, после заситувањето, почнува да се земат мостри:

- кај песоковите почви по 1 ден;
- кај илестите почви по 2-3 дена;
- кај глинестите почви по 5-7 дена.

Мостри се земаат секој ден, се додека не се утврди приближно иста влажност во две последователни мерења, што значи дека гравитационската вода се исцедила во подлабоките слоеви и во испитуваната длабочина се задржала капиларната вода (не сите форми и затоа ПВК има нешто помала вредност од ретенциониот воден капацитет кога мострите се влажат одоздола).



Слика 1. - Испитување на ПВК

Значење на ПВК во наводнувањето. ПВК претставува основен параметар за пресметка на нормата на залевање (количество на вода за залевање). Кај песоковите почви има вредност 10-20%, кај илести 20-30%, потешки илести и глинести 30-40% масени. Влажноста во почвата колку што е поблиску до ПВК е достапна за растенијата, односно е потребна помала потрошувачка енергија за усвојување.

2.1.2. Влажност на венење (ВВ)

Под влажност на венење се подразбира она најголемо количество вода при кое растенијата неповратно венеат. Оваа константа ја одвојува достапната од многутешко достапната вода, практично од недостапната (бидејќи во одредени услови растенијата можат да користат влага и под ВВ). Постои и т.н. почетна ВВ, кога растенијата ги покажуваат почетни знаци на венење. Според наше мислење таа влажност многу варира и главно зависи од смукателната моќ, морфологијата на растенијата, фазата на развој на растенијата, стоминиот апарат и друго. Ние под ВВ ја подразбираме влажноста на трајно венење.

Има две теории за вредноста на ВВ:

1. На ист почвен тип сите растенија венат при иста влажност, значи ВВ зависи од својствата на почвата;
2. ВВ зависи од својствата на почвата и од видот на растенијата, бидејќи имаат различна смукателна моќ.

Постојат повеќе начини на одредување на ВВ, но биолошкиот метод е најмеродавен.

2.1.3. Технички минимум (ТМ) или долна граница на лесно достапна вода

Тоа е пресметана водна константа и се добива со зголемување на ВВ за 20-30% (кај нас за 20%). Тоа е долна граница на влажност на почвата, при која растенијата без последици можат да виреат или да настапат времени, краткотрајни знаци на венење.

Ако се залева при оваа влажност, нормата на залевањето е разлика меѓу ПВК-ТМ односно $m = h \cdot \rho_p \cdot (PVK-TM)$. Тоа е максимална норма на залевање (m_{max}).

Констатирано е дека ТМ приближно одговара на ЛКВ (лентокатиларната влажност односно влажност на прекинување на капиларните врски), влажност која се истиснува при 6,25 бара.

Водните константи ПВК, ВВ побрзо и практично се одредуваат при истиснување на влагата при притисок од 0,33 односно 15 бара. Потоа мострите се сушат на 105°C и се пресметува влажноста при ПВК, односно ВВ.

ТМ кај сите почвени типови е под 70% од ПВК. Затоа во практиката со познавање само во ПВК, се залева во дијапазонот ПВК и моменталната предзалевна влажност, ПВК - % ПВК. Се разбира, доколку влажноста е поблиску до ПВК се држи со помали сили и е полесно достапна, односно растенијата трошат помалку енергија за нејзино усвојување. До колку ни овозможува техниката и расположивата опрема, поледелските култури треба да ги залеваме при влажност над 70% од ПВК, а градинарските над 80-85, па и 90% од ПВК.

2.2. Определување на нормата на залевање (m)

Количество вода што треба наеднаш да се даде со една интервенција, се вика норма на залевање. Таа го претставува дефицитот на влагата во почвата во моментот на залевање т.е. ПВК-МВ.

Пресметката и примената на оптималната норма на залевање има многустрано значење. Зависи од својствата на почвата, видот на растенијата, намената на производството, целта на залевањето (задоволување на дефицитот на влага во почвата, зголемување на релативната влажност и др.).

Ако се пресмета или даде помала залевна норма, влажењето е недоволно, односно на помала длабочина од планираната и ако се задоцни со следното залевање (пократко време поради помалата залевна норма), всушност применуваме рестриктивно наводнување, што резултира со послаб ефект во однос на приносот.

При поголема залевна норма, се влажи поголема длабочина од планираната со следните негативни последици: промивање на хранливи материи, непотребни трошоци (вода, работна рака, енергија), при високо ниво на подземни води опасност од засолување, закалување.

Пресметаната залевна норма е во нето износ, односно потребата да се засити (надомести) дефицитот. Во текот на залевањето, во зависност од метеоролошките услови, начинот на наводнување, опремата, времето на залевање во текот на денот и друго, се јавуваат загуби на вода кои треба да се додадат на нето нормата.

Загубите најчесто изнесуваат 10-25%, но можат да бидат и многу поголеми, особено кај гравитациските начини на наводнување. Кај капковото наводнување оваа норма е помала за 20-40%.

Покрај вака определената норма на залевање, која се користи во практиката на наводнувањето, нормата на залевање во проектните фази и во сезонското планирање на наводнувањето се определува како така наречена „теоретска норма на залевање” и тоа како разлика помеѓу полскиот воден капацитет и техничкиот минимум. Таа норма уште се нарекува максимална норма на залевање и се јавува како разлика помеѓу полскиот воден капацитет и процент од полскиот воден капацитет (кој е секогаш над техничкиот минимум). Значи теоретски нормата на залевање секогаш се определува како разлика помеѓу полскиот воден капацитет и некоја однапред дефинирана долна граница на содржина на вода во почвата.

2.3. Норма на наводнување (M)

Норма на наводнување претставува вкупно количество вода што треба да се даде во текот на вегетацијата на еден ha. Се определува како збир на сите норми на залевање дадени во текот на вегетацијата.

$$M = \sum m \text{ или} \\ M = m_1 + m_2 + m_3 + \dots + m_n.$$

3. Определување на времето и количеството на вода на залевање кај насади во род (посебен осврт на современите технологии и техники)

Зошто е неопходно да се изведе залевање во вистинскиот момент и со точна количина на вода?

Имено со многу ретки и ненавремени залевања како и залевања со помало количество на вода во однос на вистинската потреба на овошката, може да се намали содржината на лесно достапна влага во почвата (а со тоа и на достапните количини на растворени хранливи материи), што предизвикува отежнато функционирање на поедини делови од растението, а особено на листовите, на послабиот пораст на леторастите, послабо цветање, поголемо опаѓање на плодовите, послаб квалитет и помали плодови, како и намалување на отпорноста на растенијата поради што истите повеќе се подложни на болести, штетници и мразеви. Од друга страна, честите и безпотребни залевања и залевања со преголеми количества на вода може неповолно да делуваат врз културата, бидејќи почвата условно ќе биде снабдена со голема содржина на вода, која сепак ќе биде недостапна како резултат на помалата содржина на воздух во почвата (гушење на кореновите влакненца), а освен тоа коренот ќе биде подложен и на многу габни заболувања. Преголемите количества на вода дадени со залевањата освен што влијаат на цената на крајниот производ (преку цената на водата, енергијата и трудот вложен со секое залевање) истите негативно се одрзуваат и на животната средина промивајќи многу штетни материи (нитрати, пестициди и др.) во подземните води, кои води понатаму можат да дојдат во контакт со луѓето преку домаќинствата, индустријата или рекреација (проблем што особено треба да се потенцира на фармерите покрај нашите природни езера). Посебен проблем претставува тоа што дел од овие материи кои се промиваат со прекумерното наводнување се неопходни за одгледување на овошката, а треба да се истакне и тоа дека фармерите платиле значителни суми за нивна набавка и апликација.

Определувањето на времето и количината на вода на залевање е едно од најзначајните прашања во праксата на наводнувањето, со цел да се утврди оптималниот и најрационалниот начин на залевање за културата, и истото не треба да се сфати шаблонски, бидејќи е во голема корелација со климатско-почвените услови, агротехниката, биологијата на културата и друго.

Во праксата на наводнувањето се применуваат повеќе методи за определување на времето на залевање, а најбитни особини која треба да ги поседува една метода се: практичност, едноставност, брзо и точно определување на влажноста или потребите за вода. 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**

3.1. Методи на база на следење на влагата во почвата

Постојат различни начини за определување на влагата во почвата, почнувајќи од наједноставни, но помалку точни, кои не бараат никаква апаратура или опрема (метода со рака), па до најсовремени методи, кои бараат поскапи апарати и опрема. Следењето на влагата во почвата треба да се одвива на длабочина до каде што се наоѓа главната коренова маса, за млади насади до 60 см, за родни и густы насади од 80 до 100 см. Залевањето пак, зависи од подлогата, почвените и климатските услови, техниката на наводнување и друго.

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).

3.1.1. 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 (ометри, тензиометри ит.н.). Се смета за бавен метод, бидејќи треба да се земат многу проби: од секоја длабочина, почвен тип, култура.

Со педолошки сврдел се земаат почвени проби од секои 10 или 20 см длабочина, во повеќе повторувања (најчесто 3-5), до длабочина на активната коренова маса (слика 2). 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 2). 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.



Слика 2. Следење на влагата во почвата со земање почвени проби и сушење (Чукалиев и Танасковиќ, 2007)

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:

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

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.

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

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 cm³ и се исуши на 105°C, па потоа се поделат резултатите од масата на сувата почва и волуменот од 100 cm³

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:

$$c = b \cdot \rho_p = 18,91 \times 1,45 = 27,42\%$$

Количеството на вода за истиот слој од 20 cm изнесува:

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

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

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

Користејќи ја оваа метода, (па и другите горе и подолу споменати методи) за да се определи времето и количината 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 како % од ПВК.

Пример 2: Во нашите истражувања за водно-физичките својства во некои делови од Преспа извршени во 2005 година, просечната вредност на ПВК до 60 cm е 2400 m³/ha, додека ВВ е 1200 m³/ha. Со зголемување на ВВ за 20%, се добива ТМ кој во нашите истражувања е 1440 m³/ha. Со пратење на моменталната влага во почвата (земање проби на 2-3 дена, сушење и пресметка по горната метода) можеме да го определиме моментот и точната количина на вода за залевање. Имено, кога моменталната влага (МВ) во почвата ќе се доближи близу ТМ, пример во нашиот случај 1657,4 m³/ha, тогаш можеме да извршиме залевање и тоа со разликата меѓу ПВК и МВ, или 2400 - 1657,4 е 742,6 m³/ha вода која треба да се даде за да се врати влагата во рамки на горната граница на лесно достапна вода (ПВК).

Пример 3: Друг начин за определување на моментот на залевање и количината на вода е доколку е познат само ПВК (во нашиот случај $2400 \text{ m}^3/\text{ha}$). Имено според многу автори како долна граница, односно момент кога треба да се започне со залевање на овошката се смета 70% од ПВК. Кога со пратење на МВ се увиде дека влагата во почвата е близу 70% од ПВК ($70\% \text{ од ПВК} = 0,7 \times 2400 = 1680 \text{ m}^3/\text{ha}$) тогаш може да се изврши залевање со норма добиена како разлика од ПВК - % од ПВК или $2400 - 1680 = 720 \text{ m}^3/\text{ha}$. Доколку површината и насадот е со големина од 0,3 ha, тогаш количината на вода е $0,3 \times 720 = 216 \text{ m}^3$ или 216000 литри вода.

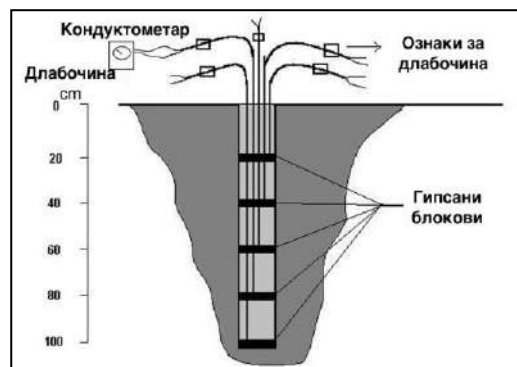
Количина на вода во литри, поделена со збирот од бројот на капалките на 0,3 ha помножен со нивниот проток, ќе го даде времето за залевање со систем капка по капка или $216000 \text{ l} : (2000 \text{ капалки} \times 8 \text{ l/h} = 16000 \text{ l/h}) = 13 \text{ часа и } 30 \text{ минути}$.

3.1.2. Методи за директно читање на влагата во почвата

а) Електрометриски метод

Принципот на работа се состои во мерење на електроспроводливоста на почвата, која се менува зависно од содржината на вода во неа. Електроспроводливоста 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 овошка 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 (Вouyoucos, 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 3. Мерење на влажноста со гипсани блокови (Иљовски и Чукалиев, 2002)

б) Неутронски влагомер

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 влагомер 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 4. Неутронски влагомер (Иљовски и Чукалиев, 2002)

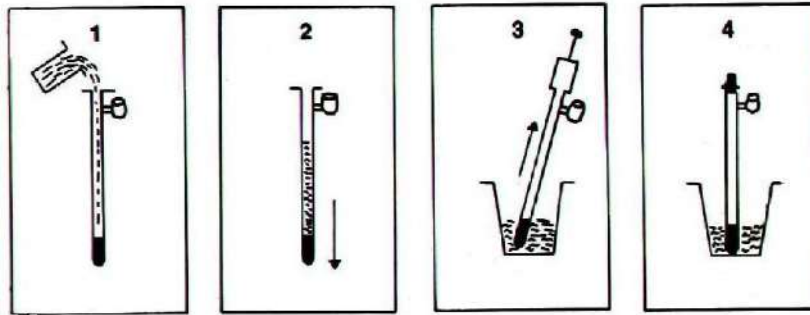
в) Тензиометриски метод

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 (кај 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 сè 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 5). Најпрво, тензиометрите се полнат до половина со обезвоздушена (провриена) дестилирана вода, а потоа се оставаат свртени вертикално надолу, сè 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 5. 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 почва).



Слика 6. Поставување на тензиометар на постојано место (на поле)

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 см. Првиот се поставува на длабочина од 20 см и истиот ќе има улога да покаже кога да се започне со

залевањето, додека вториот тензиометар се поставува на длабочина од 60-100 cm (зависно од кореновиот систем на културата), а неговата функција ќе биде да покаже кога да се прекине со залевањето. За поедноставна примена на овој начин на мерење ја предлагаме следнава Табела 1. Доколку и во двата случаја доколку не се придржуваме кон горенаведеното, ефектот од наводнувањето се намалува бидејќи се врши процедување на водата, а со тоа и на хранливите материи надвор од кореновиот систем.

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	60-90
Крај на залевањето (втор тензиометар, 60 -100 cm)	За сите почви	За крај на залевањето се зема моментот кога ќе дојде до мала промена на вредноста на вториот тензиометар, што значи влагата продрела до предвидената длабочината (активниот коренов систем на културата)

* 1 центибар е еднаков на 10 милибари

3.2.Методи на база на следење на состојбата со растението

3.2.1. Определување на времето на залевање спрема критичните фази на развој на овошката

И покрај фактот дека јаболката има потреба од леснодостапна вода во текот на целата вегетација, сепак нејзиниот недостаток во критичните фази има поголемо влијание на приносот, во споредба со недостатокот на вода во останатиот период. Многу автори ги истакнуваат следните критични фази кај јаболката: цветање, интензивно образување на листови, образување на леторастите, образување на плодови и интензивен пораст на плодовите. Одтука според Горин (цитира Иљовски, 1992), за јаболката се препорачува залевање во следните неколку критични фази: пред цветање на јаболката (април), после цветање и почетокот на пораст на леторастите (мај), кога настанува проредување и опаѓање на плодовите (јуни), кога се формираат цветните папки (јули), кога настанува пораст на плодовите (август), периодот на интензивен пораст на плодовите (септември). Кај крушата се споменуваат 4 критични периоди: по прецветување, по јунско опаѓање на плодовите, во фаза на развој на плодот и образување на цветни папки и 20 дена пред прекинување на вегетацијата (Мартинић,2000). Кај сливата, како критични фази се сметаат од средината на јуни до крај на август. Меѓутоа треба да се има предвид дека не треба шаблонски да се пристапува кон критичните фази кај културата, односно овие периоди треба да се приспособени спрема климатските услови (температура и врнежи, види Табела 2) и почвата (особено ПВК и МВ, види пример 2 и 3). Добра вода за наводнување е онаа со умерена температура од 20°C.

3.2.2. Определување на времето на залевање спрема надворешните (морфолошки) промени

Определувањето на времето на залевање преку овој начин се врши на база на следење на промена на бојата на листовите, развојот на леторастите и тургорот на листовите. Ова е еден од најстарите методи за определување, но, и еден од најнеефикасните. Како што е познато листовите од овошките при недостаток на влага во почвата црпат влага од плодовите и другите делови од растението, така да многу тешко и касно се воочуваат надворешните промени на недостаток на влага во почвата. Одтука, надворешните морфолошки промени кај овошките неможат да бидат основа за примена на правилен и рационален режим на залевање, бидејќи знаците за неправилен воден режим се манифестираат со закаснување. Исто така, при многу високи температури во текот на најтоплиите часови од денот, листовите можат да покажат знаци на венење, но, не како резултат на недостаток на вода во почвата, туку како резултат на биолошката способност на растението да се штити од преголемо испарување (транспирација). Овие недостатоци укажуваат дека овој метод не е ефикасен и не треба да се применува при наводнувањето на јаболковите насади. Сепак, доколку овој метод се користи во пракса, тогаш за што поефикасна примена на истиот, ние предлагаме во меѓуредовото растојание да се постават растенија индикатори (пченка, пиперка, краставица, домати), кои недостатокот на влага веднаш го манифестираат.

3.2.3. Определување на времето на залевање според внатрешни физиолошки показатели

Кај овој метод, растението служи како индикатор за определување на времето на залевање. Имено, со намалување на влажноста во почвата се наголемува силата со која се држи водата во листот, силата на вшмукување на листот и концентрација на клеточниот сок, при што доаѓа до затворање на стоминиот апарат на листовите. Како резултат на ова, во растенијата доаѓа до влошување на водниот режим, зголемување на температурата на листовите, намалена фотосинтеза и намален интензитет на користење на хранливите материи од почвата.

Кај овој метод, растението или дел од растението служи како индикатор за определување на времето на залевање. 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. За да може овој метод, кај истата култура и почва да се користи во иднина, се препорачува паралелно споредување на резултатите со класичниот метод, односно со количеството 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. 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 угнување. 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, гранче со лисја, гранче итн.) може да се следи со инструментот комора под притисок **”pressure chamber”**. Накратко, техниката на мерење со овој инструмент се базира на следново: откинување на дел од растението, лист или дел од гранче заедно со дршката, 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 7. Комора под притисок “pressure chamber”
(извор Чукалиев и Танасковиќ, 2006)

Водниот потенцијал на листот од растенијата многу е проучуван кај овошните култури. Така, кај култура праска е констатирано дека вредноста на водниот потенцијал на листот рано наутро се движи околу $-0,3$ Мра (вредност очитана на вакуумметарот), а во критичните фази на интензивен пораст на плодот, може да дојде до застој во порастот на плодот, доколку водениот потенцијал во листот опадне од $-0,6$ до $-0,8$ Мра.

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.

3.2.4. 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. 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 истражена 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 8. Мерење со рачен инфрацрвен термометар на насад со круша (Танасковиќ и Чукалиев 2013)

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).

3.3. Методи на база на следење на климатските карактеристики

3.3.1. Определување на времето и 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 (k), како и среднодневната 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:

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

додека за период од 5 дена

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

доколку нема врнежи тогаш нормата на залевање (m)

$$m = ETP = 220 \text{ m}^3/\text{ha},$$

доколку во периодот од 5 дена имало врнежи од 15 mm (150 m³/ha) или 7,5 mm ефективни (бидејќи само половина од врнежите се искористуваат од културата), тогаш

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

k - коефициент на потрошувачка на вода (хидрофитотермички коефициент) за секој 1°C средно дневна температура на воздухот во m³ или mm;

ETP - потенцијална евапотранспирација, дневна или за период (во m³/ha или mm/ha);

x_t - среднодневна температура на воздухот (°C).

Σ - сума (збир)

m - норма на залевање

Билансирањето може да се објасни на следниов начин: Најпрво на почетокот 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 за јаболко

	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	Вегетациски
Јаболко	1,6	1,7	1,9	2,3	2,1	1,3	0,5	1,63

3.3.2. Метод на емпириска евапотранспирација

Овој метод се базира врз емпирија-искуство и хидрофитотермичкиот коефициент. Методот е практичен и многу едноставен за примена. За полесно да се претстави овој метод ќе дадеме еден пример со култура јаболка.

Табела 3. Дневна, периодична и вегетациска ET за јаболков насад во период на наводнување

месеци	IV	V	VI	VII	VIII	IX	Вкупно
mm/ден	2	3	4	5	4	3	
денови	15	31	30	31	31	15	
ET (mm)	30	93	120	155	124	45	567

Вкупна ET кај јаболката е 567 mm = 5670 m³/ha

Пример 5: При просечни ефективни врнежи во вегетација 250 mm, коефициент на искористеност 50%, 250 x 0,5 = 125 mm = 1250 m³/ha

M (норма на наводнување) = 5670 - 1250 = 4420 m³/ha

Колку вода да се даде во јули, ако има 20 mm ефективни врнежи?

ET за јули 155 mm = 1550 m³/ha - 200 m³/ha = 1350 m³/ha. Со колку залевања да се даде ова количество? Ако се залева со бразди со 2 залевања 1350:2 = 675 m³/ha со секое залевање, со класично дождење со 3 залевања, 1350:3 = 450 m³/ha, со микроспринклери со 4 залевања, 1350:4 = 337 m³/ha, со капка по капка со 5 залевања, 1350:5 = 270 m³/ha. Се разбира, бројот на залевања може да биде и поголем, а заливните норми помали, во зависност од водопропустливоста на почвата, сортата, подлогата, релјефот, климатските услови и друго.

3.3.3. Определување на времето на залевање спрема турнуси

Турнусот во праксата на наводнувањето претставува временски период помеѓу две залевања, а истиот зависи од културата, почвените и климатски услови ит.н.. За аридни (суви) краеве овој метод е прифатлив, бидејќи врнежите се многу мали или воопшто ги нема, па така не го пореметуваат претходно направениот календар на залевање. За наши климатски услови овој начин за определување на времето на залевање не е многу практичен поради променливите климатски услови, но сепак истиот може да се изведува успешно доколку бидеме малку пофлексибилни во поглед на утврдените термини за залевање. Турнусите најчесто можат да се поместат или да се изостават зависно од климатските услови (врнежите, температурата на воздухот).

Табела 4. Одлагање на залевањето во зависност од врнежите и среднодневната температура (по Федеренко и Чичасов)

Среднодневна температура на воздухот во °C	Количина 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 6: Доколку залевањето требало да се изврши на 1 јули, а ден претходно паднало дожд од 20 mm, при среднодневна температура на воздухот од 20 °C, тогаш залевањето се одлага за 4-5 дена.

За полесна примена на овој метод, даваме табела со дневни потрошувачка на вода кај круша.

Табела 5. Дневна потрошувачка на вода кај круша

Период	ET m ³ /ha/ден
Почетокот на вегетација- крај на цутење	16
Силен пораст на летораст	34
Интезивен пораст на плодови	43
Берба – крај на вегетацијата	26

4. Техники на наводнување кај овошен насад и основна концепција на систем за микронаводнување (капка по капка и микродождење)

Кај јаболкото, крушата и сливата најчести техники на наводнување се: наводнување со бразди, наводнување со прелевање, наводнување со плавење, наводнување со вештачки дожд и микронаводнување.

При правилна експлоатација, сите начини на наводнување во производство можат да бидат профитабилни и ефикасни. За да се изврши правилен избор на рационална техника за наводнување, треба да се имаат во предвид следните услови: подлогата, староста на насадот, густината на насадот, типот на почвата, основни познавања на самата техника на наводнување, односно позитивните и негативните страни на техниката (економска страна, ефект врз приносот, загадување на животна средина и друго).

Подлогата може да има големо влијание при изборот на соодветна техника на наводнување. Така, вегетативните подлоги, особено слабо бујните, имаат поплиток коренов систем, поради што истите имаат поголеми потреби од вода (25-35%) во главната зона на простирање во однос на генеративните подлоги. Затоа кај вегетативните подлоги особено се препорачува примена на микронаводнување (капка по капка и микроспринклери) каде залевањата се чести и контролирани во длабочина.

Кај млад насад не треба да се применува техника на наводнување со плавење, прелевање и со бразди и тоа по целото меѓуредово растојание, бидејќи истите се економски неисплатливи (висока потрошувачка на труд, високи инвестиции, поголема потрошувачка на вода од потребните за културата, промивање на хранливи материи од почвата итн). Економски многу поисплатливо е кај млад насад да се примени техника на наводнување во чинии, кружни бразди или наводнување со по една бразда од двете страни на овошката, со што се заштедува вода дури и до 40% во однос на залевањето по целото меѓуредово растојание. Уште попрактична примена кај млад насад има микронаводнувањето, за што говорат и резултатите на Ристевски, Иљовски, Чукалиев и останати (1995) каде со микронаводнување младиот јаболков насад бележи од 12-51% подобар секундарен прираст во однос на варијантата на млад јаболков насад со бразди.

Густите насади имаат поголема потреба од вода, што значи примена на техника со која порационално се троши водата ќе има повисок ефект, бидејќи не само што ќе се задоволат потребите за вода и ќе се заштеди истата, туку ќе се остави ненавлажнет, чист и доволно голем простор за изведување на другите агротехнички операции. Одтука и не ретко се спомнува фактот дека воведувањето на микронаводнувањето во голем број земји е поврзано со подигањето на густе насади од овошки.

За правилна примена на наводнувањето особено треба да се запазат својствата на почвата. Овошките одгледувани на потешките и глинести почви треба поретко да се залеваат, бидејќи кај вакви почви постои можност од забарување, а подоцна и угушување на кореновиот систем (асфикција). На полесните и поводопропустливи почви се препорачуваат почести залевања со помали залевни норми, со цел да се спречи брзата инфилтрација (впивање) на водата во почвата, а со тоа и промивање хранливите материи кои се наоѓаат во почвата. Најдобар ефект при залевање на овошен насад подигнат на полесни почви може да се постигне со микронаводнувањето, па донекаде и техниката на наводнување со дождење, бидејќи кај овие техники е можно подесување на количина на вода спрема својствата на почвата.

Многу важна, а донекаде и одлучувачка улога при изборот на соодветна техника на наводнување и се придава токму на самата техника на наводнување, односно на основните познавања на техниката. Како што е познато, секоја техника на наводнување има свои позитивни и негативни страни, затоа пред да се направи изборот на некоја техника на наводнување неопходно е добро запознавање со истата, особено со економските и производните ефекти, како и ефектите на зачувување на животната средина, со цел, најправилно и најрационално решение. Еден од најгорливите проблеми со кој се соочуваат нашите земјоделски производители е прифаќањето на новите технологии и техники во земјоделството, а

пред се како резултат на големите почетни инвестиции, што за жал не ја одминува и праксата на наводнувањето. Зошто сакаме да го потенцираме овој проблем, имено, резултатите во праксата на наводнувањето укажуваат дека почетните инвестиции за техниката на микронаводнување се враќаат уште во првата година на инвестирање, и тоа како резултат на многу повисоките и поквалитетните приноси, помалата потрошувачка на работна сила (заштеда на труд), помалата потрошувачка на вода и ѓубрива ит.н. во однос на останатите техники на наводнување. Сепак, ова не мора да биде некое постојано правило за оваа техника на наводнување, бидејќи при неправилно користење и кај оваа техника добрите резултати можат да изостанат.

4.1. Микронаводнување (локализирано наводнување)

Во овоштарското производство на аридните (сувите) и семиаридните (полусувите) региони, микронаводнувањето претставува главна пракса за постигнување на стабилни и квалитетни приноси. Дури и во земјите кои се одликуваат со повисоки просечни годишни врнежи над 1000 mm, односно каде мерката наводнување не е задолжителна (Холандија, Германија, Англија ит.н.), се применува микронаводнувањето заедно со фертиригацијата. Ваквата експанзија на микронаводнувањето се должи на следните позитивни страни кои не се карактеристични особено за класичните техники (бразди, прелевање и плавање):

- не е потребно правење на бразди, леи или чекови;
- наводнување на секаков терен и различни почвени типови;
- влажење на дел од површината во близина на растението со што се штеди вода (30-50%), а останатиот дел од меѓуредието останува суво, со што се овозможува влегување на луѓе и механизација;
- можност за апликација на ѓубрива (фертиригација) и заштитни средства преку системот;
- можност за автоматизирање;
- дневно или ноќно наводнување;
- заштеда на човечки труд
- поголем принос, подобар квалитет и економичност на производството (како резултат на горе наведените предности).

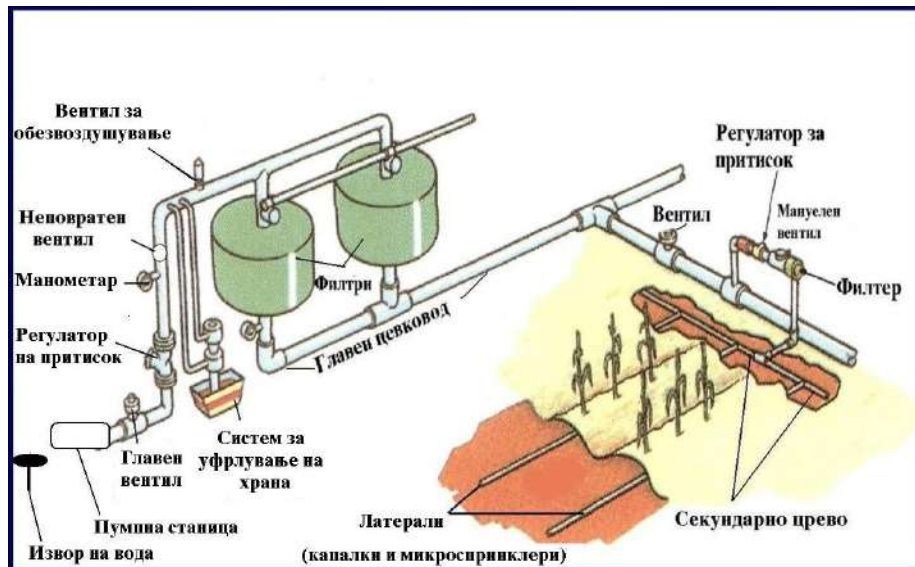
Можни недостатоци на микронаводнувањето:

- високи почетни инвестиции
- бара високи познавања за правилно функционирање на системот
- присуството на суспендирани материи (земја, песок ит.н.), хемиски соединенија и алги во водата за наводнување може да предизвика запушување особено кај капалките
- поставување и прибирање на опремата на почетокот, односно на крајот на сезоната, кај едногодишните култури

За микронаводнувањето и не може да се каже дека има негативни страни, бидејќи со правилна употреба на системот, односно поставување на филтри за прочистување на водата од нечистотии, правилен избор на ѓубривата и заштитните средства (може да се спречи создавање на нерастворливи хемиски соединенија и

запушување), складирање на системот во зима, следење на упатствата за работа (брошури, книги ит.н.), овие негативности можат да се спречат. Многу истражувања денес укажуваат дека вложените инвестиции во оваа техника се оправдуваат уште првата година, како резултат на поголемиот принос и подобриот квалитет на производот.

За правилно функционирање, системот за микронаводнување треба да ги содржи следните елементи (слика 9).



Слика 9. Стандардна поставеност на систем за микронаводнување (Чукалиев и сор., 2006)

Извор на вода - може да послужи било кој извор за вода кој се користи за другите начини на наводнување, со таа разлика што може да биде со помала штедрост и послаб квалитет на водата.

Пумпна станица - се користи при различна висинска разлика на изворот на вода и системот. Со помош на пумпната станица се црпи вода со која се обезбедува системот. Треба да се запази рамномерност меѓу изворот и капацитетот на пумпната станица.

Мерач на притисок (манометар) - се поставува задолжително пред и после филтерот, со цел да се утврди моментот кога истиот треба да се прочисти. Кога двата манометри пред и после филтерот покажат разлика во притисок ($>$ од 0,5 бара), тогаш со сигурност знаеме дека треба да се прочисти филтерот. На манометарот се отчитува и притисокот со кој работи системот, секоја промена може да се регулира 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.

Филтер - задолжителен дел на секој систем за микронаводнување. Количината на вода која треба да се филтрира за определено време треба да се усогласи со големината на филтерот. Најчесто се употребуваат 3 типа на филтри и

тоа: дисков, мрежест и песочен. Без филтер со сигурност ќе се запушат капалките, односно ќе се намали векот на траење на системот капка по капка.

Фертиригатор - има за цел да го уфрли ѓубрето во системот за наводнување со што се овозможува двоен ефект кај растенијата, односно обезбедување со вода и хранливи материи во ист момент. Кај овошните култури резултатите укажуваат на дуплирање и триплирање на приносите со користење на фертиригација.

Вентили - бројот и местото на вентилите зависи од дизајнот на системот и неговото техничко решение.

Цевководи - главниот цевковод ја донесува водата до парцелата која треба да се залева и најчесто е со поголем дијаметар. На главниот цевковод во ширина на парцелата се поставува секундарниот (разводниот) цевковод, за да од разводниот цевковод по должината на редот се постават латерали (најчесто со димензии од 15-25 mm) со капалки или микроспринклери. Главниот и разводниот цевковод во овоштарското производство пожелно е да се инсталираат подземно, со цел да се овозможи подобро движење на механизацијата, односно да се спречи евентуалното нивно оштетување. Латералите најчесто се поставуваат површински, а растојанието помеѓу латералите зависи од густината на насадот и типот на почвата.

На поголеми површини кои се опслужени од еден ист систем, и каде наводнувањето со системот не може да се изврши во еден наврат (заради недоволно количество на вода), површината се дели на помали сектори, каде некои од елементите на системот може да се приповторат, со цел обезбедување на што е можно поправилно залевање (види слика 9).

За правилно функционирање на системот за микронаводнување потребно е постојано следење на исправноста и функционалноста на сите негови делови, при што во случај на неисправност на некој негов дел, замената се врши многу брзо и едноставно. Задолжително е прочистување на системот, особено на латералите со капалки или микрораспрскувачи. 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.

4.2. Наводнување со систем капка по капка

Наводнувањето со систем капка по капка е многу погоден за јаболкови насади, бидејќи растојанието помеѓу редовите е многу големо, па со мала количина на латерални цевководи со капалки може да се покрие целиот насад. Оваа техника е најекономична дури поекономична од наводнувањето со микроспринклери, бидејќи се влажни речиси 30% помала површина, а притоа нема влажнење и на лисната површина, со што освен заштеда на вода се намалува и можноста од појава на габни болести. Во споредба со наводнувањето со микроспринклери капковото наводнување покажува и помала заплевеност, а има можност и за залевање при посилни ветрови.

Преку системот капка по капка кој најчесто работи со притисок над 1 бар водата се доведува во капалката, каде под влијание на мрежата од лавиринтчиња овој притисок се намалува и водата паѓа во вид на капка близу кореновиот систем, при што се формира круг на влажнење. Со спојување на повеќе влажни кругови, се формира влажна лента по должината на редот. Поставувањето на латералите може да биде директно на земја покрај јаболката, или за полесна обработка на почвата истите се врзуваат на првата шпалирна жица, односно на првата гранка.



Слика 10. Поставување на латералите директно на земја или на првата шпалирна жица (Чукалиев и сор., 2006)

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.

При изборот на капалките, освен културата, особено големо значење треба да се даде на типот 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 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)

Табела 6. Максимална должина на латералите (Ø 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

Пример 7: 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.

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

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

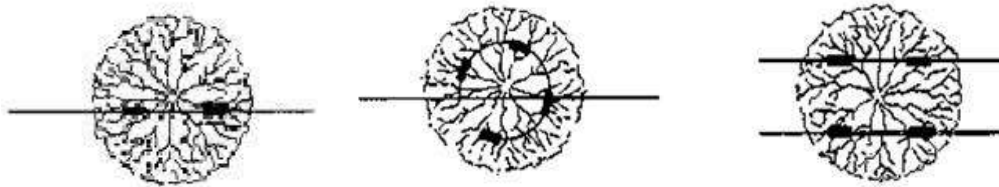
За полесно определување на растојанието на капалките зависно од механичкиот состав на почвата ја предлагаме Табела 7.

Што се однесува до бројот и распоредот на капалките, не се препорачува употреба на една капалка со поголем проток за задоволување на потребите од вода, бидејќи ќе се оформи ограничен коренов систем (мрзлив корен). Сите досегашни истражувања укажуваат подобри резултати со повеќе од една капалка на стебло, без разлика дали се работи за млад, односно насад во род, бидејќи освен подобро

искористување на водата како резултат на подобро развиениот коренов систем, се овозможува и добра стабилност на растението.

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
Прашкести иловици	1,0-1,25
Глинести иловици	1,25-1,5



Слика 11. Правилно залевање на овошен насад со повеќе од една капалка

4.3. Наводнување со микроспринклери (микрораспрскувачи)

Наводнувањето со микрораспрскувачи е погодно за овошен насад одгледуван на полесни почви, каде со капалките не би можело да се постигне добро влажење особено во широчина. Може да се применува и на места каде водата е со послаб квалитет, бидејќи ретко кога може да дојде до запушување на дизните на микрораспрскувачите. Со оваа техника кореновиот систем се развива и функционира многу подобро, се постигнува стабилност на растението, а резултатите укажуваат на подобри и поквалитетни приноси во споредба со капковото наводнување. Помалата примена на оваа техника во споредба со капка по капка се должи на повисоката цена на чинење.

Поставеноста на сите делови од системот (види слика 9) е иста како и кај системот капка по капка, разликата е во тоа што водата наместо преку капалки се дава преку мали распрскувачи (микрораспрскувачи), и тоа во вид на многу ситни капки чиј домет најчесто се движи од 0,5-2 m, или во дијаметар од стеблото се прави круг на влажнење од 1 до 4 m. Најповолен интензитет на микрораспрскувањето е 5-8 mm/h.

При наводнувањето со оваа техника латералите можат да се постават директно на земја (покрај редот), а од нив излегуваат тенки 6-7 mm цевчиња со должина од 50 cm кои се поставуваат на пластичен или метален држач со иста висина. Уште попрактична примена имаат латералите поставени на првата шпалирна жица или на првата гранка, со што се овозможува полесна обработка на почвата. Микрораспрскувачите во овој случај се поставуваат директно на латералот или се спуштаат со помош на тенко црево на висина од 50 cm над земјата. И во двата случаи на поставување на микрораспрскувачите се врши подкрунско наводнување, кое во споредба со надкрунското покажува повисока отпорност од габни болести.

Надкрунското наводнување има помала пракса како наводнување со кој се задоволуваат потребите на растението за вода. Најчесто се користи за постигнување на други цели како заштита од мразеви, освежително и обоително залевање (претходно споменато).



Слика 12. Подкрунско и надкрунско поставување на микроспринклерите
(Чукалиев и сор., 2006)

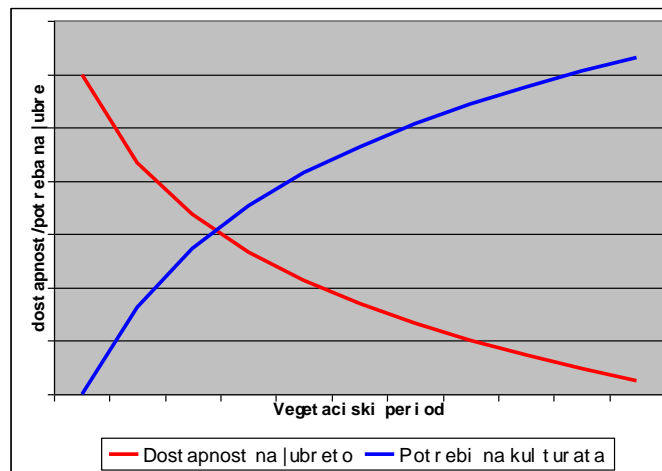
5. Примена на фертиригација во насад од јаболка, круша и слива, основна концепција и избор на опрема за хемигација и фертиригација

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.

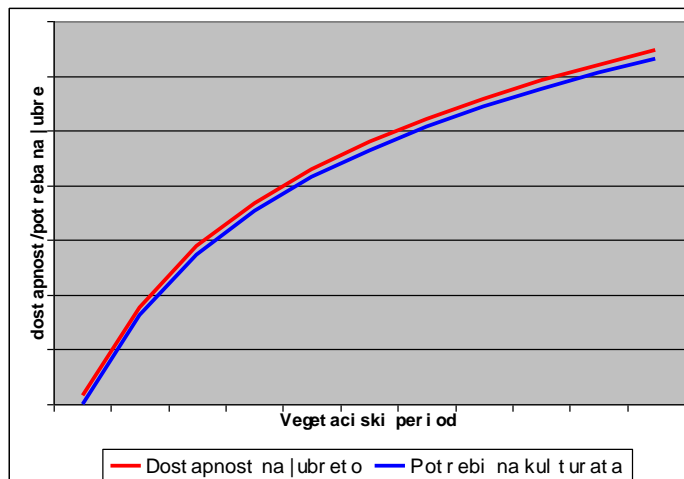
Најголема предност на фертиригацијата е што со нејзина примена се овозможува додавање на ѓубрето според потребите на растението, односно ѓубрето

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 1). 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 хранлива, 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 вегетациониот 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 ѓубриња (особено фосфорните) не се растворливи и ѓубрето не е веднаш достапно за растението.



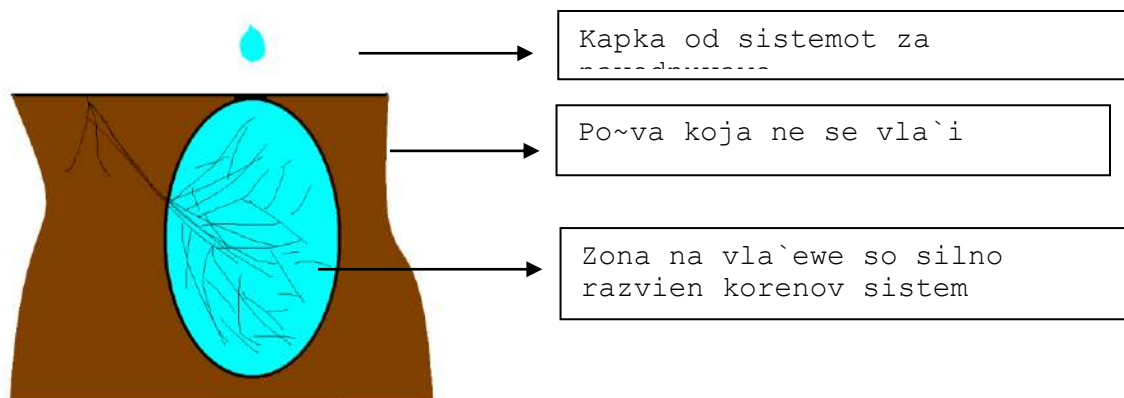
Графикон 1. Потребни на културата за хранливи материи и достапност на хранливите материи при примена на класично ѓубрење (Танасковиќ, Чукалиев, 2014)

Примената на фертиригацијата овозможува исхрана на растенијата според нивните потреби (Графикон 2). 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 2. Потребности на културата за хранливи материи и достапност на хранливите материи при примена на фериригација (Танасковиќ, Чукалиев, 2014)

Примената на микронаводнување без примена на фериригација 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 хранливи материи. Во овој процес нормално доаѓа до исцрпување на културата и намалување на приносите. Поради тоа системот за фериригација треба да биде задолжителен дел од секој систем за микронаводнување и дури тогаш може да се постигнат саканите ефекти.



Слика 13. 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 ињектирање ќе зависи од следното:

- **Видот на агро-хемикалијата.** При изборот на ињекторот, 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 земјоделскиот 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 ињектори кои како извор на енергија ја користат водата за наводнување или пак некои мотори со внатрешно согорување;
- **Мобилност на ињекторот.** Некои од системите за ињектирање 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 ињекторот 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 читува 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 ињектира и раствореното ѓубре. Колку е повисок диференцијалниот притисок низ главниот цевковод, толку е поголема брзината на ињектирање.

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

Дијаметар на цевката	16 mm	25 mm
Големина на диференцијалниот притисок (atm)	Брзина на ињектирање (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

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 постепено затворање на доводниот вентил, со истовремено

надгледување на висината на притисокот на манометарот, се додека не се постигне саканиот притисок.



Слика 14. Резервоар за ѓубриво со диференцијален притисок (Чукалиев и сор., 2003)

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.

Табела 9. Позитивни и негативни карактеристики на резервоарот со диференцијален притисок (Чукалиев и сор., 2007)

Карактеристика	Позитивна страна	Негативна страна
Цена на чинење	Ниска	
Користење на цврсти растворливи агро-хемикалии	Да	
Користење на течни агро-хемикалии	Да	
Извор на енергија	Водата за наводнување	
Точност и прецизност		Ниска
Мобилност на ињекторот		Гломазен и габаритен
Автоматизација		Ниска
Вид на агрохемикалија		Ѓубрива

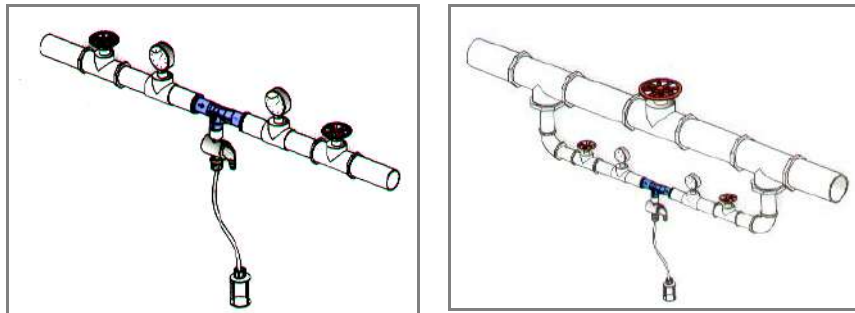
5.1.2. Фертиригација изведена со Вентури ињектори

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 ињекторот, создаваат вакуум кој се должи на зголемената брзина на течење низ стеснувањето.

Табела 10. Позитивни и негативни карактеристики на Вентури ињекторот (Чукалиев и сор., 2007)

Карактеристика	Позитивна страна	Негативна страна
Цена на чинење	Ниска	
Користење на цврсти растворливи агро-хемикалии		Не (мора прво да се растворот)
Користење на течни агро-хемикалии	Да	
Извор на енергија	Водата за наводнување	
Точност и прецизност		Средна
Мобилност на ињекторот	Лесен и транспортабилен	
Автоматизација	Висока	
Вид на агрохемикалија		Најчесто ѓубрива, (пестициди само при константен притисок во системот)

Кај оваа опрема, брзината на ињектирање 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 ињекторот, 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 ињекторот, 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 15. Вентури ињектор 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 ињекторот 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 Вентуриевият апарат и нормално затворен соленоид или хидрауличен вентил веднаш под излезот од Вентури ињекторот.

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 материји, 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 16. 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 издток и лесно да се комбинираат со опремата за автоматизација.

Табела 11. Позитивни и негативни карактеристики на пумпите за ињектирање (Чукалиев и сор., 2007)

Карактеристика	Позитивна страна	Негативна страна
Цена на чинење		Висока
Користење на цврсти растворливи агро-хемикалии		Не (мора прво да се растворот)
Користење на течни агро-хемикалии	Да	
Извор на енергија	Водата за наводнување	Гориво и електрична енергија
Точност и прецизност	Висока	
Автоматизација	Висока	
Вид на агрохемикалија	Сите агро-хемикалии	

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 ињектира 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 насад од јболко, круша и слива

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 ѓубрињата

а) Цврсти растворливи ѓубриња

Како најголема позитивна страна на оваа форма на ѓубриња е високата содржина на хранливи материи, поради што трошоците за транспорт и складирање се помали. Од друга страна, неопходно е растворање на истото пред примената преку системот за микронаводнување. Можат да се сретнат како гранули, кристали или во прав, но мора да бидат целосно растворливи. Се среќават во три форми прости, комбинирани и комплексни. Простите ѓубриња содржат само едно хемиско соединение, на пр. амониум сулфат, калиум нитрат и др.. Комбинираните ѓубриња се состојат од две или повеќе прости ѓубриња. Не можат да се комбинираат сите ѓубриња, што е прикажано во графиконот бр. 3. Комплексните ѓубриња за фертиригација содржат два или повеќе хранливи елементи и можат да бидат целосни (да содржат азот, фосфор и калиум) и нецелосни (да содржат само еден или два елементи од трите претходно споменати). Многу често на пазарот се наоѓаат под името “кристални ѓубриња” и во нив се додаваат и микро елементи.

б) Течни ѓубриња

Течните ѓубриња се раствори на прости, комбинирани и комплексни ѓубриња. Може да ги содржат сите хранливи макро елементи или само некои од нив (NPK, PK, NP и др.), а често на пазарот се среќаваат со додадени микро елементи. Ефектот на микро елементите во процесот на фертиригација е многу поизразен доколку микро елементите се во хелатна форма која кореновиот систем многу лесно ја усвојува.

Кај комплексните течни ѓубриња, доколку се применат без додавање на други ѓубриња или агрохемикалии, не постои ризик од создавање на нерастворливи соединенија кои би го затнале системот за микронаводнување. Поради тоа на пазарот има разни комбинации кои одговараат за различните развојни фази на растенијата.

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 ѓубретото во вода е условено од температурата, вообичаено повисоката температура, условува и поголема растворливост. Во Табела 12 е изнесена растворливоста на неколку ѓубриња и нивната зависност од температурата.

Кај течните ѓубриња за време на зимските месеци можна е појава на кристализација-таложеење, што значи дека растворите стануваат презаситени и

вишокот на соли се таложи. Со порастот на температурата овој талог повторно може да се раствори. Сепак се препорачува употреба на свежи течни ѓубриња.

Табела 12. 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

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.

6.2.3. 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 ѓубриња. Растворот повремено се меша во времетраење од 2 часа. Секоја промена која ќе се забележи (таложее, создавање на силна реакција со шуштење, димее 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 ѓубриња 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 ѓубриња или да се консултира стручно лице, кое ќе препорача натамошна постапка.

6.2.4. Компатибилност на ѓубрињата

Компатибилноста помеѓу ѓубрињата користени во процесот на фертиригација се во тесна врска со многу фактори, пред се со растворливоста, рН-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 ѓубрињата во процесот на фертиригацијата, го предлагаме графиконот за компатибилност на најчесто употребуваните ѓубриња во праксата на фертиригација (Графикон 3), 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.

	Уреа	Амониум ниџрајѝ	Амониум сулфајѝ	Калциум ниџрајѝ	Калиум ниџрајѝ	Калиум хлорид	Калиум сулфајѝ	Амониум фосфајѝ	Fe, Zn, Cu, Mn - сулфајѝ	Fe, Zn, Cu, Mn - хелајѝ	Магнџезиум сулфајѝ	Фосфорна киселина	Сулфурна киселина	Азојѝна киселина
Уреа														
Амониум ниџрајѝ														
Амониум сулфајѝ														
Калциум ниџрајѝ				■										
Калиум ниџрајѝ														
Калиум хлорид							■							
Калиум сулфајѝ							■							
Амониум фосфајѝ														
Fe, Zn, Cu, Mn - сулфајѝ									■					
Fe, Zn, Cu, Mn - хелајѝ									■					
Магнџезиум сулфајѝ														
Фосфорна киселина												■		
Сулфурна киселина														
Азојѝна киселина														■

Графикон 3. Компатибилност на најчесто употребуваните ѓубриња преку процесот фертиригација (Чукалиев и сор., 2007)

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

- Секогаш додавај течни ѓубриња во резервоарот со вода пред додавање на цврсти растворливи ѓубриња. Дополнителна течност ќе овозможи мало загревање во случај цврстите растворливи ѓубриња да имаат карактеристика на ладење;
- Секогаш додавај ги цврстите растворливи ѓубриња пополека и со постојано промешување, со цел да се спречи формирање на нерастворливи или послабо растворливи грутки од ѓубре;
- Никогаш не комбинирај ѓубриња кои содржат сулфур со ѓубриња кои содржат калциум, бидејќи при нивна реакција ќе се создаде нерастворлив гипс.
- Секогаш пред аплицирање на ѓубрињата консултирај го графиконот за компатибилност (Графикон 3) и табелата за растворливост на ѓубрињата (Табела 12).
- Доколку не сте сигурни, аплицирајте ги различните ѓубриња 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 таложее или некоја друга реакција.

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

6.2.6. pH - Реакција на ѓубрињата

Растворите од ѓубриња имаат pH вредност која се движи во границите од 2 до 7. Оние ѓубриња 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 ѓубриња 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 индивидуална препорака за секој фармер посебно и за потребите од одредени ѓубриња 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. Доколу 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 овозможат 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 фертигација, 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 фертигација 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 13). Притоа, треба да се има во предвид дека податоците за извлечените хранливи материи се различни зависно од регионот, културата, начинот на одгледување ит.н..

Табела 13. Потребна на хранливи материи кај јабољко, круша и слива

Култура	Хран. материи потребни за културата (kg/ha)		
	N	P ₂ O ₅	K ₂ O
Јаболко	140	50-60	180-200
Круша	120	40	150
Слива	70-80	30-40	130

Количествата на хранливи материи кои се дадени во Табела 13 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. Во таа смисла, проценката на хранливите материи кои може да ги обезбеди почвата се многу важни. Имено, по направената агрохемиска анализа, се препорачува од препорачаните количества на ѓубрива прикажани во Табела 13 (доколку нема други приходи, од претходно одгледувана култура легуминоза или површината е ѓубрена со органско ѓубре) да се одземат количествата добиени со анализа, а остатокот да се даде со фертиригација. Притоа, треба да се земе во предвид и потенцијалното усвојување на аплицираните хранливи материи зависно од техниката на наводнување, во случајот микронаводнување, и за толку да се зголеми хранливата материја, односно од 15-25% кај азотот, 65-75% кај фосфорот и 10-20% кај калиумот.

Табела 14. Ефикасност на користење на хранливи материи зависно од системот на наводнување (Танасковиќ и Чукалиев, 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 ѓубриња потребни за аплицирање преку системот за фертиригација

Пресметката на потребните количества на ѓубриња преку системот за фертиригација може да се базира на 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 ињектираат 20kg 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 ѓубриња пресметките ќе се вршат по методот А, додека за растворите од ѓубре ќе се користи методот Б.

Метод А. Цврсти растворливи ѓубриња: 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 ѓубриња, 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 12). Оттука, треба да се запази сите цврсти ѓубриња пред да бидат ињектирани во системот за наводнување, истите да бидат претходно целосно растворени.

Пресметките се вршат на следниот начин:

$$\frac{\text{kg на хранлива материја}}{\text{Површина во ha}} \times \frac{100\% \text{ ѓубриња}}{\% \text{ хранливи мат.}} = \text{kg на ѓубриња/за површина во ha}$$

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:

$$\frac{20 \text{ kg на хранлива материја}}{1 \text{ ha}} \times \frac{100\% \text{ ѓубриња}}{46\% \text{ хранливи мат.}} = 43,5 \text{ kg на ѓубриња/за површина од 1 ha}$$

При растворање на цврсти ѓубриња важно е да се земе во предвид табелата за растворливост (Табела 12, 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:

$$\frac{\text{kg на ѓубре}}{\text{Површина во ha}} \times \frac{1 \text{ l вода}}{\text{kg растворено ѓубре}} = \text{Литри (l) вода/за површина во ha}$$

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:

$$\frac{43,5 \text{ kg на } \dot{\text{губре}}}{\text{Површина во ha}} \times \frac{1 \text{ l вода}}{1 \text{ kg растворено } \dot{\text{губре}}} = 43,5 \text{ l вода /за површина од 1 ha}$$

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 ѓубриња се изразува како P₂O₅, K₂O, ит.н., тогаш потребно е да се изврши конверзија на чистата хранлива материја во P₂O₅, K₂O, ит.н. со цел да се даде точното количество на хранливи материи (фактор на конверзија за P во P₂O₅ е 2,29, а за K во K₂O е 1,2).

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

$$\frac{\text{kg на хранлива материја}}{\text{Површина во ha}} \times \frac{100\% \dot{\text{губре}}}{\% \text{ хранливи мат. } \times \text{F.K.}} = \text{kg на } \dot{\text{губре}}/\text{за површина во ha}$$

$$\frac{50 \text{ kg на хранлива материја}}{1 \text{ ha}} \times \frac{100\% \dot{\text{губре}}}{62\% \text{ хр. мат. } \times 1,2} = 67,2 \text{ kg на } \dot{\text{губре}}/\text{за површина од 1 ha}$$

Метод Б. Раствори од ѓубриња: 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 15).

Табела 15. 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:

$$\frac{\text{kg ѓубре}}{\text{Површина во ha}} \times \frac{1 \text{ l ѓубре}}{\text{Сп. густ. на раст. од ѓуб.}} = \text{l раствор од ѓубре/за површина во ha}$$

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:

$$\frac{15 \text{ kg на хранлива материја}}{1 \text{ ha}} \times \frac{100\% (\text{NH}_4\text{NO}_3)}{32\% \text{ хранливи мат.}} = 46,9 \text{ kg } (\text{NH}_4\text{NO}_3) / \text{за површина од 1 ha}$$

Оттука:

$$\frac{46,9 \text{ kg } (\text{NH}_4\text{NO}_3)}{1 \text{ ha}} \times \frac{1 \text{ l ѓубриво}}{1,31} = 35,80 \text{ l раствор од } (\text{NH}_4\text{NO}_3) / \text{за 1 ha}$$

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 микронаводнување 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 ињектира 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 $358 \text{ l} / 8 \text{ часа} = 44,75 \text{ l/час}$.

ЧЕКОР 8: Овој чекор предвидува проверка на системот за ињектирање и на неговата способност за точна испорака на предходно пресметаното количество на ѓубре. Во нашиот пример, тоа значи системот за ињектирање 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 ѓубриња, 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 g/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 $50 t/ha$ јаболка, потребните количества на хранливи материи се: $N-140 kg/ha$, $P_2O_5-60 kg/ha$ и $K_2O - 200 kg/ha$, оттука,

$$N = 140000 g/ha : 4000 m^3/ha = 35 g/m^3$$
$$P_2O_5 = 60000 g/ha : 4000 m^3/ha = 15 g/m^3$$
$$K_2O = 200000 g/ha : 4000 m^3/ha = 50 g/m^3$$

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

Пресметката се врши со следниве равенства:

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

проток на системот

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

проток на фертигаторот

- C - количество на ѓубре потребно за припрема на раствор
F - бараната концентрација на ѓубре во водата за наводнување
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

$$C = \frac{35 \cdot 100 \cdot 1 \cdot 100}{15} = 23\,333 \text{ g/m}^3 \text{ минерално ѓубре NPK 15:15:10}$$

Концентрацијата на основниот раствор во постудени услови под 20°C, треба да биде 100 пати пониска од хранливиот раствор, односно 200 пати пониска при температура над 20°C. 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 не треба да изнесува повеќе од 2,5 dS/m.

6.5. Искуства од примена на фертиригација кај некои овошни култури

Микронаводнувањето на јаболчестото овошје, во најголем дел од производните региони во бивша Југославија преставува рентабилна мерка (Јанјиќ и Olar, 1992). Според Чукалиев и Танасковиќ (2006), во аридните (сувите) и семиаридните (полусувите) региони, микронаводнувањето во овоштарското производство е главна практика за постигнување на квалитетни приноси. Дури и во земјите што се одликуваат со повисоки просечни годишни врнежи над 1000 mm, оваа техника се применува заедно со фертиригацијата, со цел добивање на поквалитетни приноси, како и заштита на животната средина.

Kirp (1988) (цитаат Јанјиќ и Olar, 1992) во своите истражувања утврдил дека вистинската причина за слабата родност кај младите насади од јаболка е недостатокот на азот. Резултатите не се подобриле дури кога азотот бил аплициран површински, бидејќи најголем дел од азотот за многу кратко време бил промиен надвор од кореновата система. Наспроти ова, истиот автор истакнува подобар пораст, цветање и принос кај јаболката со микрофертиригација со 15g азот во споредба со истото количество аплицирано класично. Како најдобра форма се покажале ѓубривата кои содржеле поголема концентрација на амоњачен азот. Во истражувања изведени со фертиригација и класично ѓубрење кај култура јаболка, Иљовски и сор., (2005) добиле 89,8 t/ha принос кај варијантата со фертиригација во споредба со 73,9 t/ha кај варијантата кај која било аплицирано само арско ѓубре и наводнување со систем капка по капка. Истовремено, динамиката на влажење била иста кај двете варијанти, со 22 залевања со просечна норма на залевање од 133 m³/ha, при што само во јули биле извршени дури 7 залевања. Tromp и Bolding (1988) поставиле експериментални истражувања со секојдневно внесување на хранливи материи со водата за наводнување, еднаш неделно и еднаш на четиринаесет дена. Добиените резултати од приносите покажале дека најдобра пракса е внесување на хранливите материи секојдневно.

За планиран принос од 30 t/ha круша, Јанјиќ и Olar (1992) за микрофертиригација го препорачуваат следното количество на хранливи материи: 62,1 kg/ha N, 23,7 kg/ha P₂O₅ и 111,4 kg/ha K₂O.

Во истражувања со вишна спороведени во Скопско и во услови на користење на рестриктивно наводнување (поради условите на теренот и обезбеденоста со вода за наводнување), капка по капка со фертиригација остварила 26% поголем принос во споредба со капка по капка со класично ѓубрење (Иљовски и сор., 2005).

Потребите на кајсијата и сливата за хранливи материи е прилично висока, особено за азот и калиум. Ова е резултат на големите потреби на плодовите за овие елементи во текот на целиот период од вегетацијата. Според разни литературни податоци, доколку во текот на вегетацијата се појави дефицит и видливи симптоми на недостаток на калиум, особено кај сливата, се препорачува континуирано одржување на содржината на калиум во растворот од 150-200 ppm.

За наши услови, од особено значење е примената на оваа мерка во пракса, која покрај горенаведените позитивни страни, за некои еколошки ризични региони во нашата држава ќе претставува и примарна мерка во идниот период. Оттука, подолу ќе дадеме некои готови програми за фериригација со примена на течни ѓубрива.

Табела 16. Програма за фериригација на јаболка

Период на апликација/цел на апликацијата	Начин на примена	Ѓубриво	Количество ѓубриво	Количество вода за фериригација
На 3 до 4 години (подобрување на водно-физички и хемиски својства на почвата)	Основно ѓубрење	Прегорено арско ѓубре	Околу 30-40 t/ha на секои 3-4 години	
Касно зимско или рано пролетно ѓубрење		8:16:24 + 2MgO + Me	150 kg/ha	
Во фаза на бабрење на пупките и за време на цветање	Фолијарна апликација	Агросал N:P:K:B 8:6:8:1 + ME	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 1-2 апликации на 10-15 дена	
Од 20 мај до 20 јуни 4 апликации	Фертиригација	Агросал N:P:K 3 : 20 : 28	1.5 l/1000m ² / на 7 дена	Најмалку 10000 l на 1000 m ²
		Агросал N:P:K 31:0:0+Me	3.5 l/1000m ² / на 7 дена	
	Фолијарна апликација	Агросал N:P:K 12:5:7+Me	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 2 апликации на секои 10-15 дена	
Од 20 јуни до крај на вегетација 12 апликации	Фертиригација	Агросал N:P:K 3:0:25	2.2 l/1000m ² / на 6 дена	Најмалку 17000 l на 1000 m ²
		Агросал Калциум нитрат (40% раствор)	2 l/1000m ² / на 6 дена	
		Агросал Магнезиум нитрат (35% раствор)	1 l/1000m ² / на 6 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 1-2 апликации на секои 15 дена	
По берба, пред влегување на овошката во мирување	Фолијарна апликација	Агросал Бор 3%+ Цинк 2%	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 1 апликација	
По аплицирање на сите планирани хранливи материи, зависно од сортата и условите, со наводнување се продолжува 10-15 дена пред берба				

Забелешка: Програмата се однесува за средно обезбедени почви со хранливи материи. Во случај на врнежи во текот на вегетацијата, потребно е нормата на залевање да се намали зависно од количеството на паднати врнежи.

Табела 17. Програма за фертиригација на круша

Период на апликација/цел на апликацијата	Начин на примена	Ѓубриво	Количество ѓубриво	Количество вода за фертиригација
На 3 до 4 години (подобрување на водно-физички и хемиски својства на почвата)	Основно ѓубрење	Прегорено арско ѓубре	Околу 30-40 t/ha на секои 4 години	
Касно зимско или рано пролетно ѓубрење		8:16:24 + 2MgO + Me	100 kg/ha	
Во фаза на бабрење на пупките и за време на цветање	Фолијарна апликација	Агросал N:P:K:V 8:6:8:1 + ME	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 1-2 апликации на 10-15 дена	
Од 20 мај до 20 јуни 5 апликации	Фертиригација	Агросал N:P:K 3 : 20 : 28	1.2 l/1000m ² / на 6 дена	Најмалку 11000 l на 1000 m ²
		Агросал N:P:K 31:0:0+Me	2.5 l/1000m ² / на 6 дена	
	Фолијарна апликација	Агросал N:P:K 12:5:7+Me	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 2 апликации на секои 10-15 дена	
Од 20 јуни до крај на вегетација 11 апликации	Фертиригација	Агросал N:P:K 3:0:25	2.2 l/1000m ² / на 6 дена	Најмалку 18000 l на 1000 m ²
		Агросал Калциум нитрат (40% раствор)	2.2 l/1000m ² / на 6 дена	
		Агросал Магнезиум нитрат (35% раствор)	1 l/1000m ² / на 6 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 1-2 апликации на секои 15 дена	
По берба, пред влегување на овошката во мирување	Фолијарна апликација	Агросал Бор 3%+ Цинк 2%	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 1 апликација	
По аплицирање на сите планирани хранливи материи, зависно од сортата и условите, со наводнување се продолжува 10-15 дена пред берба				

Забелешка: Програмата се однесува за средно обезбедени почви со хранливи материи
Во случај на врнежи во текот на вегетацијата, потребно е нормата на залевање да се намали
зависно од количеството на паднати врнежи

Табела 18. Програма за фертиригација на слива

Период на апликација/цел на апликацијата	Начин на примена	Ѓубриво	Количество ѓубриво	Количество вода за фертиригација
На 3 до 4 години (подобрување на водно-физички и хемиски својства на почвата)	Основно ѓубрење	Прегорено арско ѓубре	Околу 30-40 t/ha на секои 4 години	
Касно зимско или рано пролетно ѓубрење		8:16:24 + 2MgO + Me	100 kg/ha	
Во фаза на бабрење на пупките и за време на цветање	Фолијарна апликација	Агросал N:P:K:V 8:6:8:1 + ME	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 1-2 апликации на 10-15 дена	
Од 20 мај до 20 јуни 4 апликации	Фертиригација	Агросал N:P:K 3 : 20 : 28	1 l/1000m ² / на 7 дена	Најмалку 9000 l на 1000 m ²
		Агросал N:P:K 31:0:0+Me	2 l/1000m ² / на 7 дена	
	Фолијарна апликација	Агросал N:P:K 12:5:7+Me	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 2 апликации на секои 10-15 дена	
Од 20 јуни до крај на вегетација 11 апликации	Фертиригација	Агросал N:P:K 3:0:25	2.2 l/1000m ² / на 6 дена	Најмалку 16000 l на 1000 m ²
		Агросал Калциум нитрат (40% раствор)	2 l/1000m ² / на 6 дена	
		Агросал Магнезиум нитрат (35% раствор)	1 l/1000m ² / на 6 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 1-2 апликации на секои 15 дена	
По берба, пред влегување на овошката во мирување	Фолијарна апликација	Агросал Бор 3%+ Цинк 2%	0.3% раствор или 300 ml во 100 l вода на 1000 m ² со 1 апликација	
По аплицирање на сите планирани хранливи материи, зависно од сортата и условите, со наводнување се продолжува 10-15 дена пред берба				

Забелешка: Програмата се однесува за средно обезбедени почви со хранливи материи
Во случај на врнежи во текот на вегетацијата, потребно е нормата на залевање да се намали зависно од количеството на паднати врнежи

7. Примена на други мерки и техники за конзервација на вода во земјоделското производство и заштита на животната средина

Наголемувањето на ефикасноста на искористувањето на водата во земјоделството и нејзина конзервација покрај со горенаведените мерки може да се постигне и со:

1. Примена на неконвенционални методи за штедење на вода (користење на третирани отпадни води, рециклирање на користени води, итн.);
2. Промовирање на економски мерки за поефикасно користење на водата (субвенционирање на фармерите за штедење на вода, наплата на водата според потрошениот волумен, итн.). Генерално, овие мерки можат да влијаат кај земјоделските производители за што поголема примена на

- техники за намалување на потрошувачката на вода и воведување на техники кои штедат вода;
3. Во областите кои се сушни, да се одгледуваат култури кои имаат помала потреба од вода, односно да се изберат култури кои еколошки одговараат на сушните подрачја, како што се: сирак, компири, стрни жита наместо пченка, градинарски култури, овоштарници и др.
 4. Примена на мулчирање, мрежа за засенчување и др. техники за намалување на директните загуби на вода од почвата (евапорација) и зголемување на продуктивното користење на водата од страна на растенијата (транспирација);
 5. Подобрување на водно-физичките својства и капацитетот за водозадржливост на почвата преку аплицирање на органска материја во почвата;
 6. Наводнување според потребите на културата и според утврдени анализи (инсталирање на инструменти за следење на влагата во почвата и определување на време и количество на вода за залевање);
 7. Онаму каде се употребуваат напредните системи за наводнување со дождење со примена на линеарни агрегати, центарпивоти, тифони и бумови и сл., потребно е да се намали притисокот на распрскувачите и да се намали висината од која паѓа капката (ЛЕПА-Low Energy Precision Application). Со тоа наместо ситна капка која има долг пад до почвата, ќе се добие покрупна капка која бргу се претвара во почвена влага;
 8. Техниките за наводнување со гравитација (бразди, прелевање, плавење) се многу ниско ефикасни и загубите на вода со истекување од крајот на парцелата и процедување вон зоната на активната ризосфера може да бидат и преку 70% од аплицираната вода. Поради тоа, доколку нема притисок за примена на ЛЕПА или микронаводнување, неопходно е да се применат техники кои го зголемуваат степенот на искористување на водата кај гравитационото наводнување како што се примена на техника со две времиња и два протока, наводнување во бранови и други, кои се испитани и проверени кај нас;
 9. Промовирање на примена на рестриктивно наводнување (во фаза кога недостатокот на вода нема да има големо влијание врз приносот на културата) или техника на делумно влажнење на коренот, со кои техники и научно е докажано дека нема намалување на приносот од културата, а заштедите на вода се големи;
 10. Во многу сушните области да се промовира екстензивното сточарство, наместо одгледувањето на земјоделски култури кои не се профитабилни.

Голем дел од овие мерки се практикуваат во производството од страна на нашите фармери, меѓутоа најчесто се употребуваат делумно, што на крајот не ги дава целосно очекуваните резултати од применетата мерка. Треба да се истакне дека за голем дел од препорачаните мерки постојат резултати и искуства од нивна примена во наши истражувања, што секако ќе помогнат во следниот период при нивно практично имплементирање во земјоделското производство во нашата држава.