

Управление на минералното хранене на овощни култури в условия на микронапоиване и фертигация, методи за анализ

Автореферат

на трудовете, представени във връзка с конкурса за заемане на академичната длъжност „Доцент” по научна специалност “Агрохимия”, професионално направление 6.1. Растениевъдство, обявен в ДВ брой 35 от 24 април 2018 г.

Направления на изследователската работа:

А. Управление на минералното хранене на овощни култури при фертигация:

- *анализи на почвени проби*
- *анализи на почвен разтвор*
- *анализи на поливната вода*
- *анализи на растителни проби*
- *качество на плодове*

Б. Оптимизиране на методи за химичен анализ на растителни проби

В. Експерименти в други направления

А. Управление на минералното хранене на овощни култури при фертигация

Съвременното земеделие широко използва агрохимикали, което създава риск от замърсяване на околната среда и в частност на почвата и природните води. Решенията на този проблем се търсят в различни подходи за екологично производство, неотменима част от които са системите за прецизно напояване, чрез които се осъществява и фертигацията. В условията на микронапоиване и фертигация е необходима фина настройка на водния режим и режима на минерално хранене на дърветата съобразно екологичните условия, фазите от развитието им и съчетанието между сорт и подложка.

Торовете се внасят с поливната вода (фертигация) и постъпват директно в навлажнения почвен обем, където благоприятната почвена влажност и гъстата мрежа от смучещи коренчета способстват за лесното им усвояване. Торовата норма се внася на части, прецизно дозирани в съответствие с усвояването на хранителните вещества през вегетационния период, което обезпечава необходимата гъвкавост за коригиране на евентуален хранителен недостиг. Фертигацията прави излишно предпосадъчното торене и периодичното внасяне на фосфор и калий при овощните насаждения.

В този аспект изследователската ми работа е имала за цел да се проучи усвояването на торовете от овощните насаждения при внасянето им с поливната вода (фертигация), да се оптимизира размерът и сроковете за внасяне на торовете дози/норми, и да се установи пространственото и времево разпределение на торовете в зоната на корените

като данните се свържат с динамиката на почвената влажност и влиянието върху околната среда. Проучванията са изведени с малина и череша през периоди между две торови дози, както и за различни периоди от вегетацията. При малината изследванията са за минералното хранене на растенията при различни варианти на капково напояване с регулиран воден дефицит (100%, 75% и 50%) и през различни фенофази. При черешата вариантността е по отношение на сортоподложкови комбинации с различна сила на растеж и начини на напояване – капково и микродъждване. И при двете култури съдържанието на минерални хранителни вещества е определяно в листни проби, почвени проби – послойно от 10 до 100см дълбочина, и в почвен разтвор, извлечан чрез екстрактори от дълбочина 10см, 30см, 50см, 70см и 90 см. В периодите между две торови дози проби са вземани и анализирани ежедневно. В резултат са разработени основните елементи от технология за фертигация при отглеждането на овощните култури – торови норми, дози, продължителност на периода между две торови дози и т.н. Доказано е, че разработеният режим на фертигация поддържа постоянни и достатъчни концентрации на минералните елементи в активния почвен обем и осигурява оптимално минерално хранене на културните растения. Установено е, че при разработените режими на микронапояване и фертигация торовете остават в зоната на кореновата система без опасност

от измиване в дълбочина, което предотвратява загуби и евентуално замърсяване на почвата и подпочвените води. (4, 9, 10, 12, 21, 25, 26)

Обекти на изследване:

1) Влияние на режима на фертигация върху пространственото и времево разпределение на торовете в **активния почвен обем**, между две торови дози и в течение на вегетацията. **Определяни са** концентрациите на нитратния азот, фосфора и калия, както и стойностите на електропроводимостта (ЕС) и реакцията (рН) в почвата от различни дълбочини в периода между две торови дози при капково напояване и микродъждване. (4, 25, 26)

2) Режимът на торене чрез фертигация е оценен въз основа на данни за концентрацията на торовете в **почвения разтвор** и придвижването им в почвения профил при малина и череша. Концентрацията на нитратен азот ($N-NO_3^-$) и фосфор (P_2O_5) в почвения разтвор е измервана с RQflex Reflectometer на MERK, а съдържанието на калий (K_2O) е определяно с пламъков фотометър. (4, 16, 25)

3) Влияние на режима на фертигация върху усвояването на минерални хранителни вещества от черешовите дървета при различни сортоподложкови комбинации, включително **минерален състав на листата** (между две торови дози и в течение на вегетацията). (9, 21)

4) Усвояване на минерални хранителни вещества от различните сортоподложкови комбинации при череша в условия на фертигация. Съдържанието на основните хранителни елементи в листата на череша при различни сортоподложкови комбинации е определяно в динамика през 30 дни по време на цялата вегетация от юни до октомври,

като започва от фенологична фаза J (образуване на завръзи) по Baggiolini. От всяка сортоподложкова комбинация са вземани три проби от по 40-50 листа, събрани на случаен принцип от средната част на едногодишните летораста. Резултатите показват разлики в степента на извличане на хранителните елементи в зависимост от вида на подложката. Ясно се очертава тенденция към по-голямо извличане на калий при подложката Дива череша в сравнение с Махалебката и Гизела 5. (9, 21)

5) Влияние на фертигацията върху минералното хранене на малиновите растения при различни варианти на капково напояване с регулиран воден дефицит(100%, 75% и 50%) и през различни фенофази. Установено е, че фертигацията поддържа постоянни и достатъчни концентрации на N, P и K в почвата, осигурявайки оптимално минерално хранене за растенията от малини. Правилното управление на напояването и фертигацията може успешно да задържа торовете в кореновата зона, като по този начин предотвратява загубите и евентуалното замърсяване на почвата и подпочвените води.(4)

6) Качество на плодовете при фертигация. Проучен е ефектът от фертигацията върху качеството на плодовете както при непрекъснато, така и при прекъсване внасянето на торове през месеца преди прибиране на плодовете. За тази цел е извършен експеримент със сотоподложковите комбинации Бигаро Бюрла/Дива череша и Лапинс/ Гизела5 (12-та и 13-та вегетация) в условията на фертигация, съответно чрез микронапояване и капково напояване. Фертигацията е прекратена един месец преди беритбата. Резултатите бяха сравнени с тези от капково напоявана контрола, при която непрекъснато се извършва фертигация (включително с азот). Качеството на плодовете бе определено въз основа на измервания на тяхната маса, широчина, височина, дебелина и твърдост. Анализ на съдържанието на N, P, K, Ca, Mg, Fe в плода, както и биохимичен анализ на захари, киселини, витамин C и рН на плодовия сок. Според получените резултати няма значителни разлики между вариантите със и без прекъсване на доставката на азот преди прибиране на плодовете. Следователно фертигацията може да се прилага без прекъсване, като по този начин се осигурява непрекъснато снабдяване с хранителни вещества на малките дървета, характерни за интензивното черешово производство, без това да се отрази негативно върху качество на черешовите плодове.(7)

7) Равномерност на разпределението на внасяните с поливната вода агрохимикали чрез системата за микронапояване. За целта в 30 точки, равномерно разпределени върху територията на поливната система, са определени дебитите на изтичане, концентрациите и количествата на инжектираните торове нитратен ($N-NO_3^-$) и амониев ($N-NH_4^+$) азот, фосфор(PO_4^{3-}) и калий (K^+), както и рН на поливната вода. Още една проба е взета от сондажната вода преди преминаването ѝ през торосмесителя. Равномерността на разпределение е определена чрез коефициента на Кристиансен (UC). Във втори експеримент е изследвано времето за придвижване на разтворените в поливната вода субстанции от мястото на постъпването им в капковата система до най -

отдалечените точки на полето, както и изменението на концентрацията им в тези точки при стартиране и прекратяване на фертигацията. В този случай проби за анализ са вземани в началото и в двете симетрични крайни точки на системата през всеки пет минути в течение на 30 минути след старта на химигацията и 30 минути след прекратяването ѝ. Резултатите показват много добра равномерност на разпределение ($UC = 80 \div 90\%$), съответстваща на изискванията на химигацията. Като правило всички изследвани субстанции са достигнали крайните точки на поливната батерия с 15-минутно закъснение по отношение на входа в поливната батерия. Придвижването и измененията в концентрациите на изследваните субстанции в рамките на системата за микронапояване се проявява с известна специфика, обусловена от тяхната разтворимост в поливната вода. (16)

8) Усвояване на минерални хранителни вещества при малина в условия на фертигация. Съдържанието на хранителните елементи е определяно през различните години на експеримента. Пробите са вземани в зависимост от вариантите на напояване на малиновото насаждение. Установено е, че капковото напояване и фертигацията са предпоставка и гаранция за успешно производство на малинови плодове, особено в равнината при условията на относително високи температури и ниска въздушна влажност. Напояването с регулиран воден дефицит не влияе, по принцип и в частност отрицателно, върху съдържанието на минерални елементи в листата на ремонтантния сорт „Люлин“. При правилно приложение фертигацията поддържа постоянни и достатъчни концентрации на N, P, K, Ca, Mg и Fe в листата, т.е. осигурява оптимално минерално хранене на малиновите растения. (4, 14)

9) Темп на нарастване на плодове и летораста при седем сортоподложкови комбинации при череша. Изпитани са три сорта ('Bigareau Burlat', 'Regina' и 'Lapins') върху три подложки (*Prunus avium*, 'Camil' и 'Gisela 5'). При по-късно зреещите черешови сортове като Regina и Lapins се наблюдава характерният за костилковите овощни видове период на нисък темп на нарастване на плодовете между стойности на сумата на активните температури от 500 до 700 °C. През същия период вегетативният растеж е най-силен. Този факт дава възможност за ограничаване на растежа чрез напояване с регулиран воден дефицит, без да се повлияе едрината на плодовете. Подобна стратегия обаче би могла да се прилага само при силнорастящите сортоподложкови комбинации. При дърветата на слаборастящи подложки е недопустимо каквото и да е нарушаване на оптималния поливен режим. При традиционно отглеждане, върху слабо-растящите подложки се наблюдава затихване на растежа на леторастите и издребняване на плодовете с напредване възрастта на дърветата. С осигуряването на благоприятен воден и хранителен режим, чрез микронапояване, фертигация и подходяща зимна резитба може да се поддържа среден прираст от 43 cm и среден диаметър на плодовете над 28 mm, независимо от възрастта на дърветата. (15)

10) Конкуренция за минерални хранителни вещества между плевели и културно растение в питомник. През вегетацията е проследено съдържанието на основни

хранителни елементи както в плевелните видове, представени в плевелната асоциация в питомника, така и в листата на подложките при всички варианти (третиран с хербициди и не трететираната контрола). Установено е, че различните видове плевели извличат различни количества от съответните хранителни елементи. Процентното съдържание на калий, калций и магнезий при някои видове плевели е по-високо от съдържанието им в културното растение. В получените резултати се откроява видът тученица, който акумулира най-високо съдържание на калий и магнезий, приблизително два пъти по-високо в сравнение с останалите плевелни видове.(18)

11) Ефект от третиране с бор върху сортовете шам фъстък "Bianca" и "Gloria". Приложението на бор води до увеличение на количеството и качеството на плода (както свежо, така и сухо тегло). Ефектът е ясно изразен при сорта Bianca като средно производството е нараснало с 37% спрямо не трететираната контрола. NMR спектроскопия е приложена при двата сорта шамфъстък "Bianca" и "Gloria". Методът е доказал ефективността си при анализа на метаболитните промени, настъпили в плодовете през периода на узряване. Метаболитните профили на хидроалкохолни екстракти от двата различни сорта "Bianca" и "Gloria" от шамфъстък (*Pistacia vera*) са проследени през месеците от май до септември, с NMR спектроскопия. В резултат е установено развитието (узряването) на двата сорта шамфъстък. Специфични времеви тенденции на аминокиселини, захари, органични киселини и други метаболити са наблюдавани и анализирани чрез многовариантен анализ на частичните най-малки квадрати (PLS). Приложеният многофакторен анализ показва ясна разлика в процесите на узряване. Установени са статистически доказани разлики между двата сорта в зависимост от времето на зреене. (1, 5, 6)

12) Усвояване на минерални хранителни вещества при ябълки. Изследвани са три сорта с различен срок на зреене: Ърли Женева (Виста бела) - началото на юли, Мелроуз – втората половина на септември и Джърси ред – втората половина на октомври. От началото на юни до началото на октомври през десетдневен период са вземани проби от по 100 листа. Установена е динамиката на хранителните елементи през целия вегетационен период при трите сорта ябълки. Изведени са корелационни зависимости между времето и количеството на азот, калий, фосфор, калций и магнезий в листата, чрез които съдържанието на хранителните елементи може да се прогнозира с висока степен на достоверност.(19, 28,29)

Определяне на минерални елементи и методи на анализ. Обект на изследване са минералните елементи азот, фосфор, калий, калций, магнезий и желязо. Методите за анализ на всички растителни проби са идентични. Минерализирането на растителния материал е извършвано чрез окислителна смес от концентрирана сярна киселина ($d=1,84$) и 30 % водороден диоксид H_2O_2 (Campbell and Plank, 1998). Съдържанието на отделните елементи в листата е определяно както следва: **азот** - чрез дестилация с водна пара и ацидометрично определяне в дестилата; **фосфор** – спектрометрично, след превръщането му във фосфоромолибдатен комплекс и редукция на последния с

хидразин сулфат (Stoilov, 1968); **калий** – с пламъков фотометър; **калций и магнезий** – комплексометрично (Карагеоргиев, 1977); и **желязо** – спектрофотометрично, след реакция със сулфосалицилова киселина.

Б. Оптимизиране на методи за химичен анализ на растителни проби

1. Извършени са лабораторни изследвания, свързани с микродифузионното определяне на азот в растителен материал с цел въвеждане на последния като алтернативен метод за количествен анализ. Показани са параметрите на разпределение на представителна аналитична извадка, целящи да докажат пригодността на метода за масови определения в растителни образци. При $N=10$: Стандартно отклонение $\pm 0.045\%$, Коефициент на вариране 3.08% . Извършени са сравнителни анализи за съдържанието на азот по двата метода: дестилационен и микродифузионен.

Разработена е модификация за микродифузионно определяне на азот в растителен материал, подходящ за контролни и масови анализи в агрохимическата практика. Той се отличава с лек аналитичен ход, надеждност и икономичност.(19)

2. Извършена е сравнителна характеристика на аналитичните подходи за определянето на азот, фосфор, калий, калций, магнезий, желязо и манган в представителни проби. Акцентирано е върху усъвършенстван метод за минерализиране на растителния материал чрез “мокро изгаряне”. Установени са параметрите на разпределение при сравнителното изпитване на методите. Доказана е пригодността на подхода за масови анализи. Минерализирането на растителен материал чрез окислителна смес от сярна киселина и водороден диоксид се отличава с висока производителност, простота на изпълнението и отлична възпроизводимост на резултатите. (19, 28)

3. Листната диагностика показва, е един изключително полезен подход за управление на минералното хранене на овощните култури в частност ябълката. Както и при всеки друг диагностичен метод, и при листната диагностика съществуват определени ограничения, които до известна степен ограничават по-достъпното му приложение. Има се предвид фактът, че строгото изискване за спазване на срока за събиране на листните проби, само през месец август, изключва възможността листният анализ да се прилага през целия вегетационен период. Очевидно е, че при възникването на определен проблем, свързан със смущения във физиологичното състояние и развитие на ябълковите растения, както и наличието на визуални симптоми за определен недостиг от някои елементи, листната диагностика на практика става неприложима в рамките на същия вегетационен период. Цел на изследването беше да се разкрият зависимости отразяващи съдържанието а минералните хранителни вещества в листата на ябълката през целия вегетационен период. Да се покажат възможности за теоретична интерпретация на съществуващи аналитични данни, с чиято помощ да бъде разширен периодът за вземане на листата и подлагането им на химически анализ. Получените резултати дадоха възможност да бъдат изведени модели на линейна регресия за тенденциите на развитие на пет хранителни елемента (азот,

фосфор, калий, калций и магнезий). Установено е, че когато не е приложено минерално и органично торене в експерименталната насаждения, се наблюдават леки изменения в съдържанието на азот, калций и магнезий и различни промени в съдържанието на фосфор и калий, но това се случва едва в края на двата вегетационни периода. Възприемането на такъв подход ще бъде особено удачен при отглеждането на ябълки при условията на биологично и интегрирано производство на плодове.(19)

В. Експерименти в други направления

1. Проучени са възможностите за отглеждане на зеленчуков разсад в зеолитен субстрат, получен на основата на Йордански зеолитичен туф JZT и оптимизация на химичните свойства на субстрата чрез смесването му с друг зеолитен минерал и органична материя. Резултатите са сравнени със зеолитния субстрат, базиран на български зеолит(BGZ). Получените резултати показваха, че зеолитът от Йордания JZT със своите сорбционни свойства и съдържанието си на хранителните елементи (K, Ca, Mg, P), важни за растенията, може да се използва за производство на субстрати за отглеждане на разсад от зеленчукови растения. При сравнение на силата на растежа на краставици и домати отглеждани върху JZT зеолит бе установено по-ниско качество на разсада, отколкото върху BGZ зеолит . Това може да се обясни с липсата на добър баланс между заменяеми катиони при JZT зеолита. Добавяне към субстрата от 0,1% от Комбинацията TERAWEET подобрява растежа на растенията. TERAWEET намали риска от засушаване и риска може да се елиминира изцяло, ако се използва система за капково напояване. Растителните анализи показват, че субстратите базирани на JZT и BGZ гарантират благоприятно хранене условия за размножаване на разсад. Съдържанието на основните хранителните елементи в растенията бяха в оптималния за тяхното развитие диапазон.(2)

2. Определяне на основни биохимични компоненти – захари, киселини и съотношението между тях при оценка на качествените характеристики на плодова продукция по показатели, формиращи сензорния профил на плодовете. Изследвани са основни химични компоненти и зависещите пряко от тях вкусови качества на плодовете от 9 черешови сорта, в т.ч. и новите сортове Косара, Розита и Розалина и 8 елити, всички създадени в резултат от селекционната програма на Института по овощарство – Пловдив. Установено е, че съдържанието на сухо вещество, общи захари и органични киселини е в оптимални граници. Количеството на инвертна захар е приблизително равностойно на съдържанието на общи захари, а захарозата е в малки количества. Най-добър е сензорният профил на плодовете от сортовете Косара и Розалина, както и тези на елитите 17-90, 17-92 и 3-99.(23)

3. Влияние на напояването върху някои биологични прояви на череши присадени на подложки с различна сила на растеж. Установено е, че дърветата присадени на подложката Gisela 5 реагират най-отчетливо на изпитваните поливни режими. Приложението на регулиран воден дефицит води до редуциране на напречното сечение на стъблата и обема на короните на дърветата в сравнение с поливния режим,

възстановяващ пълния водоразход на културата. При останалите три подложки не се наблюдават определени тенденции, свързани с влиянието на изследваните поливни режими върху силата на растежните процеси.(22)

Влияние на напояването с регулиран воден дефицит върху добива и растежа на ремонтантния малинов сорт Люлин. Получените високи добиви и много добро качество на плодовете доказват, че капковото напояване и фертигацията са предпоставка и гаранция за успешно производство на малинови плодове, особено в равнината при условията на относително високи температури и ниска въздушна влажност. При сорта „Люлин” поливните норми могат да бъдат намалени до 75% без неблагоприятно плодовете, а през фазата на интензивен растеж дори до 50%. В условията на остър воден недостиг напояването може да се извършва с половината от изчислителните поливни норми през цялата вегетация, но след съответната икономическа обосновка. (11, 12, 25, 26)

4. Напояването с регулиран воден дефицит не е повлияло по принцип, и в частност отрицателно, върху химичния състав на малиновите плодове както и върху съдържанието на минерални елементи в листата на ремонтантния сорт „Люлин”. Малиновите растения снабдяват с предимство репродуктивните си органи с вода и хранителни вещества дори и под въздействието на неблагоприятни абиотични и биотични фактори, включително възрастта на насаждението и разпространението на вирусни инфекции. Резултатите дават основание да се заключи, че капковото напояване и фертигацията са предпоставка и гаранция за успешно производство на малинови плодове, особено в равнината при условията на относително високи температури и ниска въздушна влажност. При правилно приложение фертигацията поддържа постоянни и достатъчни концентрации на N, P, K, Ca, Mg и Fe в листата, т.е. осигурява оптимално минерално хранене на малиновите растения. (13, 14)

5. Установено е съдържанието на общи феноли, антирадикалова активност и антоциани на черешовия сорт Бигаро Бюрла присаден на четири вегетативни подложки(GM9, GM61/1, GM79 и Gisela 5), при различни режими на напояване (1,0ET и 0,5 ET). Антоцианите и общите феноли са определени количествено чрез спектрофотометрия HPLC-UV 9200. Приложените режими на напояване и различните подложки влияят чувствително върху съдържанието на феноли, антоциани и антирадикаловата активност. Дърветата присадени на G5 и GM79 реагират най-силно на засушаването като се повишават стойностите на анализираните показатели. Плодовете от другите варианти показаха значително по-ниско съдържание на общи феноли, антоциани и антирадикалова активност. Прилагането на оптимален воден режим води до редуциране на количеството на феноли и антоциани при всички изпитвани подложки в сравнението с регулирания воден дефицит.(30)