

# АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ

Пловдив 4000; бул. «Менделеев» № 12; тел. +359/32/654 300

Факс +359/32/633 157; [www.au-plovdiv.bg](http://www.au-plovdiv.bg)



## АГРОНОМИЧЕСКИ ФАКУЛТЕТ

Утвърждавам:

Декан:



(.....подпис и печат.....)

## ИНДИВИДУАЛЕН УЧЕБЕН ПЛАН

на

ТОДОР АНГЕЛОВ АНГЕЛОВ- №РД 26-39/16.05.2025 г.

(име, презиме, фамилия и номер на заповедта за зачисляване)

|                                     |                                                                                                 |
|-------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Област на висшето образование       | Аграрни науки и ветеринарна медицина                                                            |
| Професионално направление           | 6.1 Растениевъдство                                                                             |
| Научна специалност                  | ПОЧВОЗНАНИЕ                                                                                     |
| Форма на обучение                   | редовна                                                                                         |
| Продължителност на обучение         | 3 години                                                                                        |
| Тема на дисертационния труд         | „Динамика на водата в ненаситената зона на почвения профил при различни режими на водоподаване“ |
| Научен ръководител/и или консултант | Доц. д-р Виолета Вълчева                                                                        |
| Обсъден и приет на КС               | Протокол № 8.12.06.25 г.                                                                        |
| Утвърден на заседание на ФС         | Протокол № 7.12.06.2025 г.                                                                      |

# ОБЩ УЧЕБЕН ПЛАН

| Учебна и преподавателска работа на докторанта   |        |         |
|-------------------------------------------------|--------|---------|
| ПЪРВА ГОДИНА                                    |        |         |
| Дейност                                         | Период | Кредити |
| Научна етика и работа с информационни източници | 2025   | 5       |
| Методика на обучението                          | 2025   | 5       |
| Сума за I година                                |        | 10      |
| ВТОРА ГОДИНА                                    |        |         |
| Дейност                                         | Период | Кредити |
| Статистическа обработка на данни                | 2026   | 5       |
| Чужд език (Английски език)                      | 2026   | 5       |
| Докторантски минимум                            | 2026   | 20      |
| Сума за II година                               |        | 30      |
| ТРЕТА ГОДИНА                                    |        |         |
| Дейност                                         | Период | Кредити |
| Извеждане на упражнения                         | 2027   | 7       |
| Сума за III година                              |        | 7       |

## Научноизследователска работа на докторанта

### 1. Анотация

Настоящото изследване е насочено към изучаване на движението и задържането на вода в ненаситени почви при наличие на вертикална и латерална хетерогенност на почвения профил и редуващи се цикли на намокряне и засушаване. Основната цел е разработването на научно обоснован режим за поддържане на оптимална почвена влажност, базиран на динамичния критерий на водния потенциал. Анализира се влиянието на основни физични свойства на почвата – механичен състав, плътност, капилярна и обща порьозност, водозадържаща способност и хидравлични градиенти – върху движението и разпределението на влагата по почвения профил. Изследванията се провеждат в контролирани условия на съдов макроопит с характерни за Южна България почвени типове. Разработката цели да надгради съществуващите подходи чрез въвеждане на динамичен критерий, отразяващ реалното състояние на водния потенциал в ненаситената зона, съобразен с неговата динамика и структурната променливост на почвения профил с цел повишаване на ефективността при управлението на влагата в хетерогенни почвени условия.

### 2. Актуалност на темата

Физичните свойства на почвата имат ключово значение за разбирането и управлението на процесите, които протичат в почвено-мелиоративните и хидромелиоративните системи. Те са основата, върху която се изграждат решения, свързани с опазването и ефективното използване на почвените ресурси, поддържането на водно-солевия баланс и контрола върху движението на минерални вещества в почвено-химичната среда. Освен това, те са решаващи за регулиране на влагата, аерацията и температурния режим на почвата в условията на земеделско ползване.

Особено важно място заемат процесите на взаимодействие между почвата и водата. Те са част от по-широката екологична система, в която почвената покривка играе активна роля. Това взаимодействие трябва да се разглежда не само от хидрологична и техническа гледна точка, но и в контекста на устойчивото управление на земята и околната среда. Разбирането на тези процеси е предпоставка за разработване на научно обосновани стратегии за подобряване на почвеното плодородие, повишаване ефективността на напояването и ограничаване на деградационните процеси.

В българската почвена и почвено-мелиоративна наука има акумулирани значителни обеми от данни, интерпретиращи тези взаимодействия. На тяхна основа са изградени използваните в различни области на приложното мелиоративно почвознание модели за управление на водата в почвата, които се използват и до днес. В основната си част тези модели имат статичен характер. Това съответства както на равнището на измервателната техника по времето, когато са създавани, така и на възприетата тогава концепция за предварителна дискретизация на всички данни, характеризиращи системата почва–вода–разтворени вещества–ризосфера. Дискретизираните данни впоследствие се включват в различни хидродинамични модели, които описват движението на водата в почвата, характеристиката на водните потоци в различните почвени зони, оптималното водно съдържание в различните слоеве на почвения профил, както и съвместната интерпретация на хетерогенността на почвените условия и съдържанието на вода. Предварителната дискретизация на данните за изграждане на балансирани модели има недостатъка, че може да въведе отклонение (Schulam & Saria, 2018) и до загуба на информация, която може да повлияе на точността на модела (Sun et al., 2022).

Поради тази причина някои основни характеристики на динамичната система почва – вода са останали извън обсега на изследванията върху водно физичните свойства на българските почви. Така например у нас много бегло, при това основно в хидрогеоложката, а не в почвоведската литература е разгледан въпроса за матричния потенциал на водата в почвата, липсват изследвания и данни за характеристикните (SWCC)<sup>1</sup> криви за изменение на смукателната сила на почвата като функция от нейната влажност и не са изследвани условията на ненаситения воден поток във вадозните зони на почвения профил. Тези показатели са особено важни в съвременните условия на приложение на почвените хидромелиоративни (напоителни и отводнителни) системи, тъй като осигуряват физичната основа за тяхното управление в реално време. Разбирането на ненаситения поток е от съществено значение за оптимизиране на честотата и скоростта на напояване, намаляване на водния стрес и предотвратяване на преразхода на вода (Comegna et al., 2012). Тъй като почвено-мелиоративните практики все повече се изместват към напояване в условията на дефицит на вода и устойчиво използване на подземните води, компютърните модели с наблюдение на състоянието на водата в почвата в реално време стават все по-важни за решенията за разпределение на водата. Тези модели обаче често нямат оперативната база на конкретните воднофизични свойства на почвата, в техния динамичен аспект на разглеждане (Bastiaanssen et al.). Хидравличните свойства на ненаситените почви, както и анализът на ненаситената зона в почвения профил, имат решаващо значение за редица агрофизични приложения. Те влияят върху основни процеси като: инфилтрацията – включително вертикална, странична и предизвикана от парциален воден дефицит в ризосферната зона; преразпределението на влагата в почвения профил, наличието и достъпността на вода в кореновата зона, разглеждани като функция на времето. Тези свойства са ключови компоненти в математическите модели, използвани за проектиране и прилагане на практики за управление на почвата, водата и културите, както и за опазване на околната среда (Pachepsky & Van Genuchten, 2011). С особена сила това се отнася за системите за микронапояване, които са и главната съвременна технологична основа за икономия на наличния воден ресурс и на енергия при използването му. Като концепция те са заложили в самата същност на локализираното микронапояване, но развитието на съвременните автоматизирани напоителни системи непрекъснато разширява възможностите в това отношение. Налице е силно изпреварващо развитие на техническата автоматика и възможностите за интелигентно управление на водата в напоителните системи спрямо теоретичното развитие на концепцията за нейното локално взаимодействие със системата почва–растение, в условията на хетерогенна

---

<sup>1</sup> Soil-water characteristic curve

среда, каквато представлява както цялата напоителна система, така и всяко от нейните площни подразделения.

Освободена от детайли, целта на прецизното автоматизирано напояване е в точно определено, спрямо изискванията на растенията време да се предостави точно определено количество вода, а в системите за локализирано напояване трябва да добавим и в точното място.

Този основен въпрос е в общи линии решен в различните системи за автоматизирано напояване. В хода на самото водоподаване обаче остава да съществува несъответствие между интензивността на поливането и интензивността на постъпването и движението на водата в почвата.

Несъответствието е принципно, доколкото в поливните системи<sup>2</sup> водните количества като правило се подават с постоянна интензивност, а постъпването на водата в ненаситената почвена среда се подчинява на сложна зависимост, но винаги със затихваща във времето скорост (Rolston, 2007). По този начин интензивността на подаването на водата от поливната система в началото на процеса е по-малка от способността на почвата да я задържи, докато в неговия край става обратното, като и в двата случая се наблюдава разлика между действителния обем на полятата зона, в сравнение с оптималния. В резултат, в зависимост от свойствата на почвата се установява филтрация, неконтролирана анизотропност в подпочвеното разпределение на водата, преовлажняване на част от почвения обем в зоната на кореновата система и неефективен повърхностен отток на част от водните количества (Khalil et al., 2006). При това почвените и топографските условия в повечето случаи са хетерогенни в границите на напоителната система или на отделно поливно поле и това води до допълнителни деформации на локалните намокряеми почвени обеми, недополиване и същевременно до загуби на вода.

Решаването на това несъответствие изисква да бъдат решени две принципни теоретични задачи:

1). Достоверно да се опише и параметрира движението на водата *in situ* в ненаситени почвени обеми, в които водата трябва да постъпи и да се разпредели

2). Да се отчете влиянието на почвените фактори – плътност, слоистост, диференциална порьозност, механичен състав, почвено – хидрологични константи, потенциален воден запас, вертикална и странична анизотропия на почвения обем и др. върху обема и свойствата на намокрените почвени периметри, спрямо намокрения обем на еднороден почвен слой с водоравна повърхност, който се приема за еталон.

Движението на водата в ненаситен почвен слой е много стар проблем на почвената хидравлика и по-общо на хидравликата на порьозни среди. Началото на неговото изучаване започва с работите на (Heber Green & Ampt, 1911; Richards, 1931), а по-късно и на (Philip, 1954). Тези трудове може да се разглеждат като продължение и изясняване на принципния характер на зоната на нестабилна филтрация през порьозни среди, описана още в работата на Darsey от 1856 година (Zerner, 2011). Нестабилността се изразява в променливата скорост на постъпване и придвижване на водата в ненаситен почвен слой. Най-общо тази променливост се приближава до парабола, но това описание е недостатъчно за да опише характера на действителните функции. За обяснение на нелинейния, но и непараболичен характер на движението на водата в ненаситена пореста среда, (Richards, 1931) включва в модела нейните капилярни свойства и свързва матричния потенциал на водата с нейното съдържание в почвата – една концепция, която по-късно в литературата намира устойчивата абревиатура SWCC (Soil water characteristic curve). На по-късен етап това се разглежда само като начало на серия от много подробни и задълбочени теоретични разработки (Fredlund & Xing, 1994; Mualem, 1976; Seki & Miyazaki, 2001; Tan et al., 2018). На тази база се изграждат детайлни и представителни модели за неговото аналитично описание. Самият проблем е в

<sup>2</sup> Тук изключение правят поливните системи, в които се прилага импулсно напояване. Те, обаче се прилагат само при напояване чрез дъждуване и почти не намират приложение в локалното микронапояване.

основата на цялостната интерпретация в системата почва-вода-растение. Обяснението, математическото интерпретиране, непрекъснато разширяващата се база на факторния анализ и точното изчисляване на характера на движението на водата в ненаситени почви е в основата на всички съвременни концепции за водния баланс и режима на водата в почвата в условията на контролиран воден дефицит.

В конкретния случай ние си поставяме задачата да установим метод за относително бързо и представително за конкретно почвено различие определяне на показателите, които характеризират движението на водата в ненаситени среди. Веднъж установено, то ще се съгласува с режима на водоподаване, в условията на моделно микронапояване така, че той да следва естествения модел на изменение на енергетичното състояние (изразено чрез компонентите на потенциала) на почвената вода като функция от нейното количество. Чрез моделирането на скоростта и обема на водоподаването във времето ще се направи опит за моделиране и на намокрения почвен контур и обем, като целта е той да се адаптира към естествения обем на кореновата система и да се намали площта на повърхностния намокрен слой, т.е. на непродуктивната евапорация като част от общия водоразход.

Изследванията ще се осъществят в контролираните условия на моделен съдов макроопит, при който обемът на почвената маса е един метричен тон, а масата на почвата във всяко повторение на опита – от 1300 до 1500 kg, доколкото в лабораторни условия процесът на движение на водата в ненаситени порьозни среди е пространно анализиран, широко интерпретиран в литературата и в значителна част принципно изяснен. На основата на това са изградени различни модели и част от тях, ние ще изпитаме относително представителността им за някои характерни почви на Южнобългарската почвена зона.

Закономерността на изменението на почвените условия ще бъде описано на основата на почвени характеристики, които имат пряко отношение към хидравличните свойства на почвата – гранулометрия, плътност, порьозност, почвено-хидрологични константи, в т.ч. интерпретирани през интегралния потенциал на водата в почвата. Особено важно в тези изследвания е да се установи евентуалния бимодален характер на диференциалната почвена порьозност. Това означава да се потърси отговор на въпроса доколко математически достоверно можем да разделим порите в почвата по отношение на характера на тяхното взаимодействие с водата. Съгласно литературните източници и предварителните хипотези, се предполага, че проявената до известна степен бимодалност в разпределението на порестото пространство в повърхностния почвен хоризонт намалява с дълбочината. Особено важно е да се установи дали тази бимодалност се променя след прилагане на напояване и многократно редуване на намокряне и изсъхване на мелиорирания почвен обем, доколко това води до уеднаквяване на хидравличните условия във вече поливаните зони и как тези промени влияят върху въздушния режим в тях.

Всичко това подчертава нуждата от задълбочено изследване на движението на водата в ненаситени почви с акцент върху динамиката на влагата в различни почвени хоризонти и нейното взаимодействие с почвения сорбент. Особено важно е проследяването на промените във влагата във връзка с ключови физични параметри на почвата – плътност, гранулометричен състав, капилярна и обща порьозност, водозадържаща способност и хидрофизични градиенти – които определят скоростта, дълбочината и разпределението на влаговите потоци. Анализът на тези свойства в условията на вертикално и латерално изменяща се почвена среда позволява изграждането на по-точни и приложими модели, които отчитат реалната вариабилност на почвените условия и тяхното влияние върху водния режим и достъпността на вода за растенията.

Настоящата разработка се стреми да отговори на тези потребности чрез формулиране на конкретни цели и задачи, насочени към по-добро разбиране и количествено описание на движението и задържането на вода в ненаситени почви – в условията на хетерогенна структура и редуващи се етапи на намокряне и изсъхване.

### 3. Цел и задачи

Целта на настоящото изследване е формулирането на нов режим за поддържане на оптимална влажност в обработваеми почви, основан на динамичния критерий на водния потенциал в ненаситената зона на почвения профил. За реализиране на поставената цел са формулирани следните основни задачи:

- Да се установи влиянието на гранулометричния състав, физичните и водните свойства на почвата върху хидродинамиката на ненаситения воден поток;
- Да се изследва динамиката на водния потенциал и изменението на характеристикните криви на смукателната сила на почвата като функция от нейната влажност (SWCC) в коренообитаемата зона на някои характерни за Южна България почвени различия, в условията на съдов макроопит;
- Да се проучи възможността за използване на хистерезисния ефект с цел намаляване на смукателната сила на почвата и улесняване на постъпването на вода в растенията;
- Да се разработи режим за управление на почвената влажност, при който основен критерий за покриване на водните нужди на растенията е динамиката на водния потенциал, а не статичните почвено-хидрологични константи;
- Да се изследва влиянието на плътността на ненаситения поток върху границите на вадозната зона при различна честота и интензивност на водоподаване;
- Да се оцени въздействието от поддържане на водния режим в зоната на високо насищане върху фенологичните и репродуктивните прояви на контролната култура (царевица) в условията на съдов макроопит.

### 4. Описание на опитната постановка

Опитната постановка представлява моделен съдов макроопит, разположен на открито в района на с. Крумово, при който всеки от вариантите и повторенията е представен в съдове с обем един метричен тон. Почвата във всеки съд е с маса между 1,3 и 1,5 t в зависимост от обемната плътност на включените в изследването почвени различия. Изследването се провежда върху нарушени почвени профили с унифицирана дълбочина от 1 m и контактна повърхност 1 m<sup>2</sup>. Всеки съд е дрениран, като е осигурен свободен хидравличен излаз на водата в дъното му, с цел предотвратяване на преовлажняване. При наличие на дренажна вода, обемът, времето и интензивността на оттока се регистрират и отчитат. Почвата е внесена в съдовете послойно – в два слоя (0–40 cm и 40–80 cm), още през 2022 г., като е използвана почва от представителни образци. Послойното внасяне е съобразено с естествената структура на почвения профил, а уплътняването е постигнато чрез насищане с вода до стабилизиране на постоянна обемна плътност.

Изследването включва четири почвени различия, представителни за основните почвени типове на Южнoбългaрската почвена зона по отношение на тяхното разпространение и стопанско използване: **Излужена Смолница** – представителна за почви с набъбващи глини и вертикално почвообразуване (Vertisols, WRBSR, 2014), взета от землището на гр. Садово; **Излужена Канелена горска почва** – с интензивно изветряне и илувиално-метаморфно глинообразуване (Rhodic-Chromic Cambisols, WRBSR, 2014), взета от землището на с. Крепост; **Алувиална почва** – с пластов строеж, формирана под влияние на речно-поройни и повърхностни води (Fluvisols, WRBSR, 2014), взета от землището на гр. Садово; **Псевдоподзолисти почви** – със сезонно-повърхностно преовлажняване и акумулация на глина и сесквиоксиди в

подповърхностните хоризонти (Planosols, WRBSR, 2014) (Teoharov et al., 2019)- взета от землището на с. Златосел. За всяко почвено различие ще бъдат определени основните воднофизични характеристики. Данните от анализа в условията на нарушен профил ще се съпоставят с аналогични измервания на същите почви *in situ*.

В опитната постановка, като култура е включена царевица за зърно – хибрид Pioneer P9944 (ФАО 450), отглеждана като контролна култура в продължение на два вегетационни периода. Хибрида се характеризира с добра адаптивност към различни почвено-климатични условия, висока толерантност към засушаване и добре развита коренова система. С дълъг вегетационен период (130–135 дни), той е подходящ за наблюдение на водния режим през целия активен сезон. Съгласно Наредба № 2 от 03.02.2004 г., средната дневна нужда от вода при царевица е приблизително 6 l/m<sup>2</sup> (или 6 m<sup>3</sup>/dka) независимо от метода на напояване.

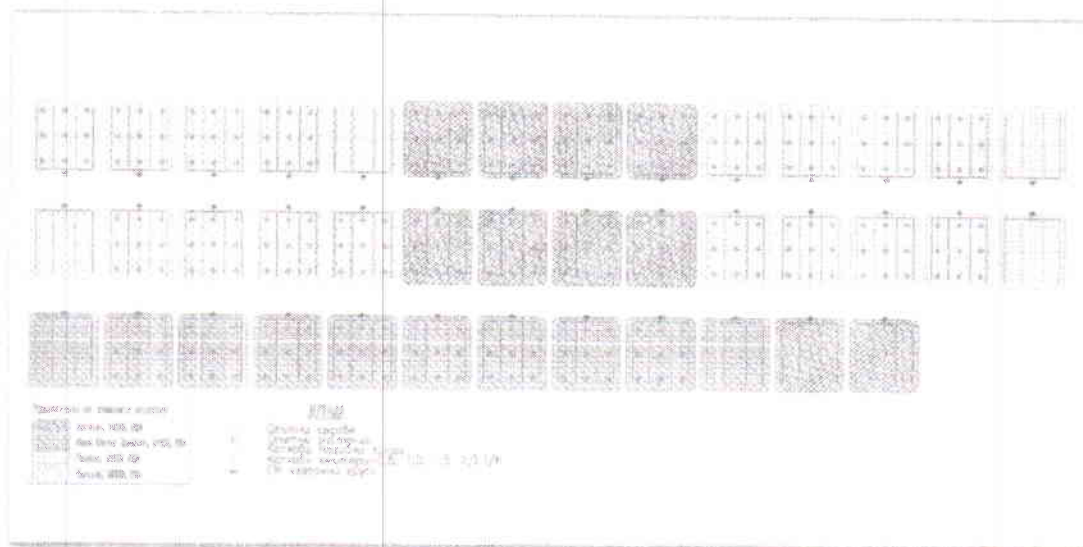
Целта на включването на растителен компонент в част от съдовете не е получаване на продукция, а оценка на ефекта на евапотранспирацията като съпътстващ фактор, влияещ върху динамиката на влагата в почвата. Това позволява количествено разграничаване на ефекта от кореновото извличане, сравнен с контролни съдове без растения.

За всяко почвено различие са заложили четири варианта на интензивност на водоподаване, регулирани чрез капацитета на капковите емитери – съответно 0.6; 1.0; 1.5 и 2.0 dm<sup>3</sup>/h, с по четири повторения и четири контролни съда без растения, или общо 40 съда. Всеки вариант включва 16 капкови емитера, разположени равномерно, и 9 растения, засадени в разстояние 30×30 cm. Схема на опитната постановка е представена на Фигура 1. През периода на вегетацията, в съдовете ще се подава вода чрез автоматична система за капково напояване, специално проектирана за експеримента. Интензитетът на водоподаване се регулира чрез: промяна на работното налягане;

- електронни регулатори на налягането за всеки вариант;
- електронна система за управление на честотата и времето на подаване;

Обемът на подадената вода ще се отчита индивидуално за всеки вариант. Влажността и водният потенциал ще се измерват в реално време чрез капацитивни сензори, синхронизирани с данни от автоматична метеорологична станция.

Основната цел на опитната постановка е да се проследи интензитетът и динамиката на ненаситения воден поток в различни почвени типове и режими на водоподаване, със специален фокус върху взаимодействието между хидравличните свойства на почвата и динамичния воден потенциал, включително матричния потенциал, на две дълбочини в нарушените профили.



Фигура 1 Схема на опитната постановка

## 5. Методи за анализ

В хода на експерименталната работа се предвижда провеждането на анализи в две основни направления:

- Почвени анализи
- Анализи на растителен материал

### 5.1 Почвени анализи

Преди залагане на опита, за установяване на изходното състояние на почвата, за всяко от включените почвени различия ще се определят: механичният състав, съдържанието на общ азот, фосфор и калий, реакцията на почвения разтвор (pH) и общото съдържание на водоразтворими соли.

След залагане на опита, почвени проби ще се взимат ежегодно, по два пъти в рамките на вегетационния период, за всеки вариант и всяко повторение. Пробонабирането ще се извършва с почвена сонда на две дълбочини: 10–30 cm и 50–70 cm, по четири проби от всеки съд. Част от пробите ще се анализират в ненарушено състояние, а останалите – в нарушено състояние. След провеждане на стандартна пробоподготовка, почвите ще бъдат изследвани по следните показатели:

Физични и воднофизични свойства:

1. Гранулометричен състав – определяне на нормално и кумулативно разпределение на почвените частици (Cooper, 2016; Mingot Soriano, 2024);
2. Специфична плътност – по методика ASTM (2010);
3. Обемна плътност – по ASTM (2017) и Shoemaker et al. (2022);
4. Обща и капилярна порьозност – чрез:
  - Метод с имерсионни пръстени (Vafai, 2005);
  - Парафинов метод (Ruben et al., 2024);
5. Диференциална порьозност – по Andreola et al. (2000);
6. Гравиметрично определяне на влагата в почвата;
7. Статични хидрологични константи – по Leong & Wijaya (2023);

8. Водопропускливост на наситени почви – по Leong & Wijaya (2023);
9. Потенциал на почвата (воден потенциал) – чрез тензиометрично и индиректно определяне (Leong & Wijaya, 2023);
10. Определяне на характеристични криви на водоудържане (SWCC) – по експериментален и аналитичен метод (Fattah et al., 2014; Fredlund et al., 1998).

#### 5.2 Анализи на растителен материал

Царевицата (*Zea mays* L., хибрид Pioneer P9944, ФАО 450) не представлява основен обект на настоящото изследване, а служи като растителен индикатор, включен с цел количествена и физиологична оценка на водния режим при различни почвени типове и режими на водоподаване. Поради това анализите на растителния материал се ограничават само до онези показатели, които имат пряка връзка с евапотранспирацията, влагозадържането в растенията и водната ефективност на използвания режим. Не се провежда пълна агроекологична или физиологична характеристика на хибрида, а само функционални измервания, целящи да отразят връзката между динамиката на почвения воден потенциал и отговора на растенията в условия на контролирано водоподаване.

Изследванията ще включват:

1. Фенологични наблюдения Седмично проследяване на развитието по BBCH-скала (Zadoks et al., 1974).

Основни етапи:

- BBCH 10 – поникване;
- BBCH 31 – удължаване на стъблото;
- BBCH 65 – цъфтеж;
- BBCH 89 – физиологична зрялост;

2. Водно съдържание и тургор

- Съдържание на вода в тъканите - чрез сушене до постоянна маса (АОАС 930.15);
- Относителна водна наситеност (RWC, %) –(Weatherley, 1950).

3. Листна площ и надземна биомаса

- Листна площ -уравнението на Montgomery (1911);
- Биомаса – свежа и суха маса (при 70°C) на надземната част – АОАС 2005.

4. Добивни показатели

- Добив от зърно (g/растение) – коригиран до 14% влажност;
- Тегло на 1000 зърна – по ISO 520:2010;
- Добив на суха маса – сушене при 70°C до постоянна маса;
- Добив на растителна вода (изчисляема величина): чрез разлика между постъпилата вода и остатъчната почвена влага след жътва.

5. Коренова система

- Дълбочина и маса на корените – чрез внимателно измиване, сушене при 70°C и измерване;

- Методика по Böhm (1979) за оценка на обем, разклоненост и плътност на кореновата система.

6. Химичен състав

- Сухо вещество – АОАС 925.10;
- Общо съдържание на протеини – по метода на Kjeldahl (АОАС 984.13);
- Разтворими захари – с фенолов метод на Dubois (АОАС 969.37).

Анализите ще се извършват по стандартите на АОАС (2019) и национални методики, като данните ще се използват за съпоставка между вариантите с различна честота и

интензитет на водоподаване, както и за оценка на влиянието на почвено-хидравличните условия върху евапотранспирационния отговор на растенията.

## **6. Очаквани резултати**

Настоящото изследване е насочено към проследяване на взаимодействието между почвените воднофизични свойства и динамиката на водния потенциал в условия на контролирано водоподаване. На тази основа се очаква:

1. Да бъде формулиран научно обоснован динамичен критерий за управление на почвената влажност, основан на измерения в реално време воден потенциал, който ще замести използването на конвенционални статични почвено-хидрологични константи (ППВ, ПВ, ВС).
2. Да се определи прагът на водния потенциал, при който водният режим е оптимален за минимизиране на смукателната сила и максимизиране на достъпността на вода за растенията в различни почвени условия.
3. Да се установят влиянието на честотата и интензитета на водоподаване върху хистерезиса на почвената влагозадържаща способност (SWCC), като се очертаят различни модели на поведение за отделните почвени типове.
4. Да се характеризира реакцията на царевицата като растителен индикатор, по отношение на:
  - физиологичния отговор при различни стойности на почвен воден потенциал;
  - евапотранспирационната активност;
  - добивната реализация при поддържане на високо насищане.
5. Да се установят връзките между порьозност, обемна плътност и хидравлична проводимост в условия на ненаситен поток за всеки почвен тип, като се очаква значително диференциране между хетерогенните почви – особено при планосолите и вертисолите.
6. Да се разработи препоръчителен воден режим за напояване, съобразен с границите на вадозната зона и динамиката на влагата при различна почвена структура и плътност, приложим към микронапояване в реални условия.
7. Да се валидира използването на съдов макроопит с нарушени почвени профили като надежден модел за анализ на вертикално и латерално разпределение на влагата, при контролирани условия на водоподаване.

## **7. Литература**

1. Andreola, F., Leonelli, C., Romagnoli, M., & Miselli, P. (2000). Techniques Used to Determine Porosity. *American Ceramic Society Bulletin*, 79, 49-52.
2. AOAC International. (2005). *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 18th Edition. Gaithersburg, MD, USA: AOAC International. ( Method 930.15 – Loss on Drying (Moisture) in Plants, Method 925.10 – Solids (Total) and Moisture in Fruits and Vegetables, Method 984.13 – Crude Protein in Animal Feed (Kjeldahl Method), Method 969.37 – Sugars in Plant Materials (Phenol-Sulfuric Acid Method by Dubois), ISBN: 978-0-935584-87-5
3. AOAC International. (2019) *Official Methods of Analysis of AOAC International*, 21st Edition. Rockville, MD, USA: AOAC International.
4. Arezoo, R. (2015). *Parameters affecting estimation of unsaturated permeability of soils*

5. ASTM. (2010). Standard Test Methods for Specific Gravity of Soil Solids by Water Pycnometer. In *ASTM D854-06e1*.
6. ASTM. (2017). Standard Test Method for Density of Soil in Place by the Drive-Cylinder Method. In *ASTM D2937-10*.
7. Bastiaanssen, W. G. M., Allen, R., Droogers, P., D'Urso, G., & Steduto, P. Inserting man's irrigation and drainage wisdom into soil water flow models and bringing it back out: how far have we progressed?
8. Beven, K., & Germann, P. (1982). Macropores and Water Flow in Soils. *Water Resources Research* - WATER RESOUR RES, 18, 1311-1325. <https://doi.org/10.1029/WR018i005p01311>
9. Böhm, W. (1979). *Methods of studying root systems*. Invited lecture at the International Symposium on Root Systems, 20–25 July, Zurich, Switzerland. [Methods of Studying Root Systems | SpringerLink](#)
10. Comegna, V., Coppola, A., Basile, A., & Comegna, A. (2012). A Review of Approaches for Measuring Soil Hydraulic Properties and Assessing the Impacts of Spatial Dependence on the Results. In. <https://doi.org/10.5772/17421>
11. Cooper, J. D. (2016). *Soil Water Measurement: A Practical Handbook*. <https://doi.org/https://doi.org/10.1002/9781119106043.fmatter>
12. Dubois, M., Gilles, K. A., Hamilton, J. K., Rebers, P. A., & Smith, F. (1956). *Colorimetric Method for Determination of Sugars and Related Substances*. *Analytical, Chemistry*, 28(3), 350–356, ISSN: 0003-2700, DOI: 10.1021/ac60111a017
13. Fattah, M., Ahmed, M., & Ali, N. (2014). Prediction of Coefficient of Permeability of Unsaturated Soil. *Journal of Engineering - University of Baghdad*, 20, 33-48. <https://doi.org/10.31026/j.eng.2014.02.03>
14. Fredlund, D. G., & Xing, A. (1994). Equations for the soil-water characteristic curve. *Canadian Geotechnical Journal*, 31(4), 521-532. <https://doi.org/10.1139/t94-061>
15. Fredlund, M. D., Fredlund, D., & Wilson, G. W. (1998). Prediction of the Soil-Water Characteristic Curve from Grain-Size Distribution and Volume-Mass Properties.
16. Heber Green, W., & Ampt, G. A. (1911). Studies on Soil Physics. *The Journal of Agricultural Science*, 4(1), 1-24. <https://doi.org/10.1017/S0021859600001441>
17. ISO 520:2010, *Cereals and pulses -- Determination of the mass of 1000 grains*. Geneva:ISO.ISSN: 0253-7268
18. Khalil, M., Seki, K., Miyazaki, T., Mizoguchi, M., & Sakai, M. (2006). Analysis of Zero Flux Plane Behavior under Periodical Water Supply. *Transactions of Japanese Society of Irrigation, Drainage and Reclamation Engineering*, 246, 33-40. <https://doi.org/10.11408/jsidre1965.2006.841>
19. Leong, E.-C., and, & Wijaya, M. (2023). *Laboratory tests for unsaturated soils* (Vol. 1). CRC Press4 Park Square, Milton Park, Abingdon, Oxon, OX14 4RN. <https://doi.org/https://doi.org/10.1201/b22304>
20. López-Acosta, N. (2016). Study of unsaturated soils by coupled numerical analyses of water flow – slope stability. <http://www.intechopen.com/articles/show/title/study-of-unsaturated-soils-by-coupled-numerical-analyses-of-water-flow-slope-stability>. In (pp. 163-191). <https://doi.org/10.5772/63903>
21. Mingot Soriano, A. M. M., Ingmar; Barron, Jennie. (2024). *Soil Physical Laboratory Methods – Procedures used at the Soil Physics Laboratory 2000-2020*. <https://doi.org/DOI:https://doi.org/10.54612/a.4evc6eokqn> eISBN: 978-91-8046-635-6

22. Montgomery, E.G. (1911). *Correlation between leaf area and yield in corn*. Nebraska Agricultural Experiment Station. 108-159
23. Mualem, Y. (1976). A new model for predicting the hydraulic conductivity of unsaturated porous media. *Water Resources Research*, 12(3), 513-522.  
<https://doi.org/https://doi.org/10.1029/WR012i003p00513>
24. Pachepsky, Y., & Van Genuchten, M. (2011). Pedotransfer Functions. In (pp. 556-561).  
[https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1\\_109](https://doi.org/10.1007/978-90-481-3585-1_109)
25. Philip, J. R. (1954). AN INFILTRATION EQUATION WITH PHYSICAL SIGNIFICANCE. *Soil Science*, 77(2).  
[https://journals.lww.com/soilsci/fulltext/1954/02000/an\\_infiltration\\_equation\\_with\\_physical.9.aspx](https://journals.lww.com/soilsci/fulltext/1954/02000/an_infiltration_equation_with_physical.9.aspx)
26. Rajput, A. (2025). *Laboratory Manual on Soil Science*.
27. Richards, L. A. (1931). CAPILLARY CONDUCTION OF LIQUIDS THROUGH POROUS MEDIUMS. *Physics*, 1(5), 318-333. <https://doi.org/10.1063/1.1745010>
28. Rolston, D. E. (2007). Historical development of soil-water physics and solute transport in porous media. *Water Supply*, 7(1), 59-66. <https://doi.org/10.2166/ws.2007.007>
29. Ruben, P., Fariña, V., Roani, R., Mazero, H., Prado, L., Nadolny, G., Barbosa, J., Santos, D., & Auler, A. (2024). Accuracy assessment of bulk density measurement methods across different soil management practices: sample volume- and paraffin temperature-related errors. *Acta Scientiarum Agronomy*, 47, e69343.  
<https://doi.org/10.4025/actasciagron.v47i1.69343>
30. Schulam, P., & Saria, S. (2018). *Discretizing Logged Interaction Data Biases Learning for Decision-Making*. <https://doi.org/10.48550/arXiv.1810.03025>
31. Seki, K., & Miyazaki, T. (2001). A mathematical model for biological clogging of uniform porous media. *Water Resources Research*, 37, 2995-3000.  
<https://doi.org/10.1029/2001WR000395>
32. Shoemaker Travis, A., McGuire Michael, P., & Penzone, S. (2022). Soil Density Evaluation Using Solid-State Lidar. In *Geo-Congress 2022* (pp. 82-91).  
<https://doi.org/doi:10.1061/9780784484067.009> 10.1061/9780784484067.009
33. Sun, Y., Fung, B., & Haghighat, F. (2022). The generalizability of pre-processing techniques on the accuracy and fairness of data-driven building models: A case study. *Energy and Buildings*, 268, 112204. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2022.112204>
34. Tan, J., Song, H., Zhang, H., Zhu, Q., Xing, Y., & Zhang, J. (2018). Numerical Investigation on Infiltration and Runoff in Unsaturated Soils with Unsteady Rainfall Intensity. *Water*, 10(7).
35. Teoharov, M., Hristov, B., Malinova, L., Petrova, R., Tsoleva, V., Banov, M., Zheleva, E., Atanasova, I., Ilieva, R., Kaverjiev, Y., Popandova, S., Popova, R., Kolchakov, V., Kirilov, I., Lyubenova, I., Harizanova, M., Andreeva, N., Stoykova, P., Rousseva, S., & Ilieva, R. (2019). ГЕНЕТИЧНА И ПРИЛОЖНИ КЛАСИФИКАЦИИ НА ПОЧВИТЕ И ЗЕМИТЕ В БЪЛГАРИЯ. *Classification BG.pdf*
36. Vafai, K. (2005). *Handbook of porous media, second edition*.
37. Zadoks et al. (1974) – Growth stages of mono-and dicotyledonous plants [BBCH English](#)
38. Zemer, M. (2011). Aux origines de la loi de Darcy (1856)The origins of Darcy's law (1856). *Documents pour l'histoire des techniques*, 29-40. <https://doi.org/10.4000/dht.1625>

| Методичен план                     |        |         |
|------------------------------------|--------|---------|
| ПЪРВА ГОДИНА                       |        |         |
| Дейност                            | Период | Кредити |
| Научноизследователска работа       | 2025   | 15      |
| Годишен отчет                      | 2025   | 10      |
| Сума за I година                   |        | 25      |
| ВТОРА ГОДИНА                       |        |         |
| Дейност                            | Период | Кредити |
| Научноизследователска работа       | 2026   | 10      |
| Участие в международна конференция | 2026   | 5       |
| Научна публикация-1 бр             | 2026   | 15      |
| Годишен отчет                      | 2026   | 10      |
| Сума за II година                  |        | 40      |
| ТРЕТА ГОДИНА                       |        |         |
| Дейност                            | Период | Кредити |
| Научноизследователска работа       | 2027   | 15      |
| Участие в международна конференция | 2027   | 5       |
| Научна публикация-2 бр             | 2027   | 30      |
| Годишен отчет                      | 2027   | 10      |
| Вътрешна защита                    | 2027   | 50      |
| Сума за III година                 |        | 100     |
| Общо за курса                      |        | 212     |

Научен ръководител: \_\_\_\_\_

(.....)

Докторант: \_\_\_\_\_

(.....)