

АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ

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

Факс +359/32/633 157; www.au-plovdiv.bg



Факултет по агрономство

Утвърждавам:

Декан: доц. д-р Атанас Сегов

(.....подпис и печат.....)



ИНДИВИДУАЛЕН УЧЕБЕН ПЛАН

на

Джозеф Ракобели Сеноко, Заповед № РД-27-16/ 31.10.2022 г.

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

Област на висшето образование	6. Аграрни науки и ветеринарна медицина
Професионално направление	6.1. Растениевъдство
Научна специалност	Физиология на растенията
Форма на обучение	Задочно
Продължителност на обучение	4 години (03.01.2023 – 03.01.2027)
Тема на дисертационния труд	Проучване влиянието на протеинови хидролизати върху някои морфологични, физиологични и качествени показатели на маруля (<i>Lactuca sativa</i> L. var. <i>romana</i>)
Научен ръководители	проф. д-р Андон Василев проф. д-р Николай Панайстов
Обсъден и приет на КС	Протокол № 11/15.02.2023
Утвърден на заседание на ФС	Протокол №...../.....г.

ОБЩ УЧЕБЕН ПЛАН

I. Учебна и преподавателска работа на докторанта Джозеф Ракобели Сеноко

ПЪРВА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Участие в обучителни курсове		
Научна комуникация	III – VI.2023	5
Методи в растителната физиология	III – VI.2023	5
Технологични решения за устойчиво зеленчукопроизводство	III – VI.2023	5
Сума за I година		15
ВТОРА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Абиотичен стрес при растенията	2024	5
Статистическа обработка на данни	2024	5
Сума за II година		10
ТРЕТА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Изпит по специалността Физиология на растенията	2025	20
Сума за III година		20
ЧЕТВЪРТА ГОДИНА		
Преподавателска дейност	2026	10
Сума за IV година		10
Общо за учебна и преподавателска работа		55

I. Научноизследователска работа на докторанта Джозеф Ракобели Сеноко

1. Времеви план на дейностите		
ПЪРВА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Литературна справка по темата		5
Извеждане на полски опит		10
Годишен отчет		10
Сума за I година		25
ВТОРА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Извеждане на полски и съдови опити		10
Участие в научна конференция		5
Публикуване на научни резултати (1 статия)		30
Годишен отчет		10
Сума за II година		55
ТРЕТА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Извеждане на полски и съдови опити		10
Участие в научна конференция		5
Публикуване на научни резултати (1 статия)		30
Годишен отчет		10
Сума за III година		55

ЧЕТВЪРТА ГОДИНА		
Дейност	Период	Кредити
Подготовка и предварително обсъждане на дисертационния труд (вътрешна защита)		50
Сума за IV година		50
Общо за научноизследователска работа		185
Общо за курса		240

МЕТОДИЧЕН ПЛАН

Тема: Проучване влиянието на протеинови хидролизати върху някои морфологични, физиологични и качествени показатели на маруля (*Lactuca sativa L. var. romana*)

1. Актуалност на научния проблем

1.1. Биостимулатори в земеделието

Съвременното земеделие е изправено пред различни предизвикателства, сред които са и нарастващите климатични промени, замърсяването на околната среда с пестициди, загубата на биоразнообразие и др. Това мотивира търсенето на решения за устойчиво използване на природните ресурси чрез нови системи на земеделие, технологии и продукти, които осигуряват, от една страна, стабилни добиви и високо качество на растениевъдната продукция, а от друга – запазване здравето на околната среда. В този аспект, интерес за учените и фермерите представлява новата група продукти в земеделието с общо наименование „биостимулатори“.

Биостимулаторите съгласно Регламент на ЕС 2019 / 1009 са агрохимични продукти, съдържащи смеси от естествени вещества и/или микроорганизми, които приложени върху семена, в почвата (ризосферата) или върху вегетиращи растения, могат да предизвикат един или няколко положителни ефекта, а именно: (1) да повишат ефективността на минералното хранене на растенията, (2) да подобрят толерантността им към абиотичен стрес; (3) да повишат качеството на растениевъдната продукция и (4) да подобрят достъпността на минералните елементи в почвата за растенията.

Освен по функционален признак биостимулаторите се класифицират и по произход на суровината, от която са получени. Основните групи биостимулатори са протеинови хидролизати, водораслови екстракти, хуминови и фулвокиселини, микробиални продукти и др. В зависимост от тяхната форма и съдържание те се прилагат по различен начин – чрез обработка на семената, листни и почвени третирания или при фертигация (подаване на хранителните вещества чрез капково поливане).

Асортиментът на предлаганите у нас биостимулатори постоянно се разширява, а научната информация за положителните им ефекти върху различни земеделски култури нараства. Към настоящия етап по-голямата част от изследванията имат емпиричен характер, сравнително малко са

проучванията върху физиологичните ефекти и механизмите на действие на биостимулаторите в растенията. Очевидно е, че за устойчивото въвеждане на тези продукти в земеделската практика е необходимо да се изяснят редица теоретични и приложни въпроси, част от които ще бъдат обект на проучване в предлаганото изследване.

1.2. Използване на биостимулатори при отглеждане на маруля (*Lactuca sativa* L. var. *romana*)

Марулята е ценна зеленчукова култура, поради високото си съдържание на витамини, белтъчни вещества и минерални соли. Тя е широко използвана за свежа консумация в много страни в света, в това число и в България. Значителното разнообразие от форми и различните начини за отглеждане прави салатата удобен обект за широк кръг от изследвания. Проведената кратка справка за проучванията с биостимулатори при маруля през последните няколко години показва, че те са групирани в 3 основни аспекта - влияние върху (1) толерантността на растенията към абиотични стресови фактори, (2) продуктивността и качествените характеристики и (3) ефективността на минералното хранене.

В по-голяма степен са проучени ефектите на различни биостимулатори върху толерантността на марулеви и салатни растения към абиотичен стрес – засушаване, засоляване, екстремни температури, минерален дефицит и др. (du Jardin, 2015; Rouphael and Colla, 2020; Malécange et al., 2022). Например, Chaski and Petropoulos (2022a) установяват, че различни по състав биостимулатори, съдържащи комбинации от хуминови киселини, аминокиселини, макроелементи, силиций и др., оказват положителни ефекти върху растежа на салатата сорт Doris (Romana type) в условия на засушаване, но влиянието на отделните продукти върху конкретни растежни параметри варира. В друго изследване същите автори (Chaski and Petropoulos, 2022b) посочват, че ефектите на приложените биостимулатори зависят не само от техния състав, но и от чувствителността на сортовете към абиотичен стрес. Те, например, свързват по-силният положителен ефект на приложените биостимулатори върху растенията от сорт Doris в сравнение със сорт Manchester (Batavia type) с по-високата толерантност на този сорт към почвено засушаване.

Стресовите въздействия, които съпътстват растежа и развитието на културите в полски условия, отсъстват при отглеждането им в контролирани оранжерийни условия. Според Gomez and Gomez (2022) при хидропонно отглеждане на марулеви и салатни растения в условия на подходящ светлинен, топлинен и хранителен режим биостимулаторите не оказват съществени положителни ефекти върху техния растеж и качество. Това становище, обаче, не кореспондира с изследванията на други автори. Wang et al. (2022) установяват, че включването на фулвокиселини и водораслови екстракти към хранителните разтвори оказва положителни ефекти върху продуктивността и качеството на салатата, отглеждана при нестресови условия. Тези резултати се подкрепят от изследванията на Carillo et al. (2022), които показват, че листното третиране с протеинови хидролизати подобрява фотосинтетичната активност, растежа и качеството на хидропонно отглеждани марулеви растения.

Преобладаващият брой изследвания с биостимулатори завършват със заключения, че те оказват положителни ефекти върху физиологичните процеси, продуктивността и качествените характеристики на марулеви и салатни растения, независимо от условията на отглеждане (Savarese et al., 2022; Wang et al., 2022; Chaski and Petropoulos, 2022).

Изследванията върху влиянието на биостимулаторите върху ефективността на минералното хранене на растенията, са проучени ограничено. В този аспект най-актуален е въпросът за влиянието на биостимулаторите върху ефективността на използване на азота от растенията (NUE). Представителен показател за NUE е стойността на отношението количество биомаса, създадена от единица достъпен азот. В изследванията на Navarro-León et al. (2022) е доказано, че протеиновият хидролизат Terramin Pro повишава NUE в салатни растения, независимо от нивото на азотното хранене. Ефектът е съпроводен от увеличена фотосинтетична активност, повишено съдържание на нитрати и на общ азот в листата, както и увеличена биомаса на растенията.

Посочените изследвания са малка извадка от значителния брой публикации, представящи данни за положително влияние на приложените биостимулатори върху марулеви и салатни растения. Необходимо е да се отбележи, обаче, че ефектите на тези продукти варират значително и са силно зависими от редица фактори като състав на продукта, начин и срокове на внасяне, дози, климатични условия и други, както и от биологичните свойства на конкретните сортове и хибриди.

1.3. Актуални въпроси, свързани с използването на протеинови хидролизати като биостимулатори на растенията

Протеиновите хидролизати съдържат основно аминокиселини (АК) и пептиди, като количеството на свободните АК се изменя значително в зависимост от метода на хидролиза. Те се прилагат предимно чрез листно третиране за да се избегне конкуренцията между корените и микроорганизмите за аминокиселини в почвата. В тази връзка част от дискуссионните въпроси са свързани с механизмите на поглъщане на АК в листата, зависимостта на процеса от факторите на средата, възможността за транслокация на асимилираните вещества в растенията и др.

Независимо, че проникването на органични вещества, в това число свободни АК, през листата е ясно установен факт (Stiegler et al., 2013), не е напълно изяснено в каква форма те постъпват в листните клетки и как се интегрират в метаболизма на растенията. Нова информация по този въпрос предоставиха McCooy et al. (2020) в изследване с единично (^{15}N) и двойно белязана (^{15}N и ^{13}C) глутаминова киселина, приложена листно върху растения от издънкова полевица (*Agrostis stolonifera*). Те установяват, че глутаминовата киселина се поглъща бързо в интактна форма и се метаболизира до други АК – пролин и непротеиногенната гама-аминомаслена киселина (GABA). Известно е, че пролинът е осмопротектант, а GABA - ендегенна сигнална молекула, повишаваща толерантността на растенията към абиотичен и биотичен стрес (Colla et al., 2017). В други изследвания се предполага, че ендифитните

микроорганизми оказват влияние върху поглъщането на АК и пептиди при листно приложение на протеинови хидролизати (Wang et al., 2019).

Други дискуссионни въпроси в изследванията с протеинови хидролизати са механизмите им на действие в растенията. Преобладава мнението, че освен GABA и други АК играят роля на „сигнални молекули“, а така също и на „предшественици“ на важни метаболити в растителните клетки (du Jardin, 2015; Teixeira et al., 2017; Carillo et al., 2022).

Счита се, че протеиновите хидролизати могат да стимулират въглеродния и азотния метаболизъм в растенията. В няколко изследвания е показано, че прилагането им води до повишаване на генната експресия и активността на ключови ензими от азотната асимилация и цикъла на Кребс (Nardi et al., 2016). Доказано е, че протеиновите хидролизати увеличават съдържанието на различни антиоксиданти (каротеноиди, полифеноли, флавоноиди и др.), в резултат на което се повишава антирадикаловата и антиоксидантна активността на листата и плодовете на растенията (Carillo et al. (2022).

Съществуват доказателства, че наред с пролина, други АК като глицин-бетаин и техните производни действат като осмопротектанти или осмолити, стабилизиращи и предпазващи протеини, ензими и мембрани от денатуриращите ефекти на високи солеви концентрации, ниски и високи температури (Botta, A., 2013; Teixeira et al., 2017. Cholakova-Bimbalova et al., 2020; Harizanova et al., 2022). Други АК (аспартат) и пептиди (глутатион) участват в процесите на хербицидна детоксификация. Пептидът глутатион участва в детоксификацията на хербицида имазамокс чрез конюгиране в реакции, катализирани от глутатион-S-трансферази (Balabanova et al., 2016).

Приведените изследвания не изчерпват информацията за ефектите на протеиновите хидролизати върху растенията, но същевременно показват наличието на недостатъчно изяснени въпроси, предимно в биологичен аспект. Тези въпроси, както и посочените актуални въпроси в технологичен аспект при марулеви растения ни мотивираха да проведем изследване със следната цел и задачи.

2. Цел и задачи на изследването

2.1. Основната цел на изследването е да се получи научна информация за физиологичното действие и агрономическите ефекти на листно приложени протеинови хидролизати върху маруля (*Lactuca sativa L. var. romana*).

2.2. Основни задачи

1. Да се проследят промените във фотосинтетичната активност (пигменти, листен газов обмен, параметри на хлорофилната флуоресценция) на марулеви растения след листно третиране с протеинови хидролизати
2. Да се проучи влиянието на протеиновите хидролизати върху азотното хранене на марулевите растения чрез определяне активността на

ензими, свързани с азотния метаболизъм (нитрат редуктаза, глутамин синтетаза) и съдържанието на азот в техните органи.

3. Да се установи влиянието на протеиновите хидролизати върху структурни елементи на продуктивността, химични и биохимични показатели на качеството на марулевите растения.
4. Да се проучи влиянието на протеиновите хидролизати върху физиолого-биохимични показатели, свързани с толерантността на марулевите растения към почвено засушаване.
5. Да се проучи влиянието на протеиновите хидролизати върху физиолого-биохимични показатели, свързани с толерантността на марулевите растения към засоляване на хранителния разтвор.

3. Методика на изследването

3.1. Обекти на изследването. В изследването ще се включат 2 сорта маруля при пролетно отглеждане.

Литал е сорт маруля, селекция на Nazera. Характеризира се с изправени листа, плътна розетка с леко изразено оребряване. Формира глава с тегло 0.8 до 1 кг. Подходящ е за отглеждане на открито и в култивационни съоразения. Препоръчителен период зима – пролет.

Бацио е сорт типична маруля, селекция на Enza Zaden. Изключително жизнен сорт, който расте добре и при ниски температури и изисква високо торене. Салатите са с много гладки, тъмнозелени и лъскави листа, с много добър вкус. Устойчив е на мана по салати (BI) и салатен мозаечен вирус (LMV).

3.2. Протеинови хидролизати. Ще се изпита действието на 2 продукта - Натурамин WSP и Натурамин плюс. Двата продукта са протеинови хидролизати с еднаква процедура на хидролиза и аминокрама, но с разлики в общото съдържание на свободни аминокиселини (АК) (80% и 40%, съответно), съдържанието на микроелементи и формулацията. Натурамин WSP е в прахообразна форма и не съдържа минерален компонент, а Натурамин плюс е течност, съдържаща освен АК и необходими за растенията микроелементи.

3.3. Видове опити. Изследванията ще бъдат проведени чрез полски и съдови опити. Полският опит ще се проведе в базата на катедрата по Зеленчукопроизводство, а съдовите опити - в оранжерия на катедра Физиология на растенията, биохимия и генетика.

3.4. Експериментални постановки

Постановка 1 – полски двуфакторен опит, включващ 6 варианта в 3 повторения, с големина на опитната парцела 2 m²

- I^{-ви} фактор – сортове (2 сорта маруля)
- II^{-ри} фактор – листна обработка с протеинови хидролизати (3 варианта)
 - Контрола (без приложение на протеинови хидролизати)
 - Натурамин WSP (45 g / da)
 - Натурамин плюс (100 ml / da)

Протеиновите хидролизати ще се прилагат 3-кратно, през 10 дни, чрез листно изпръскване с пулверизатор. Избраните концентрации са съгласно препоръките на фирмата-производител. Начало на прилагане – 10 дни след засаждане, край на опита – 10 дни след последната обработка с биостимулатори.

Технология на отглеждане. Растенията ще се отглеждат чрез разсад, получен в стиропорови табли. Подготовката на площта включва внасяне на 17 kg P₂O₅ / da и 12 kg K₂O / da през есента и извършване на дълбока оран и грубо профилиране на висока равна леха. През пролетта високата равна леха се профилира фино и се внасят 6-8 kg азот / da. Засаждането е в периода 5-10 апри по схемата 70-30+30+30 x 25 cm. Извършват се две или три окопавания и подхранване с азот 15-20 дни след засаждане със същата торова норма. Осигурява се поливен режим в рамките на 70-80% ППВ.

Постановка 2 – съдов двуфакторен опит в оранжерия, включващ 6 варианта в 4 повторения (съдове с обем от 5 литра). Работен обект – 1 сорт маруля

- I^{-ви} фактор – почвена влажност - оптимална (80% от максималното количество задържана влага в почвата) и засушаване за 15 дни (поддържане на 40% от максималното количество влага), последвано от възстановяване на оптималния воден режим. Контролирането на водния режим на почвата ще се осъществява тегловно (поддържане чрез поливане до съдовете до зададено тегло).
- II^{-ри} фактор – листна обработка с протеинови хидролизати (3 варианта, контрола – без третиране; Натурамин WSP (45 g / da), Натурамин плюс (100 ml / da), приложени 3-кратно през 10 дни.

Начало на прилагане на биостимулатори – 10 дни след засаждане, край на опита – 10 дни след последната обработка с биостимулатори)

Постановка 3 – съдов двуфакторен опит във фитостатна камера, включващ 6 варианта в 4 повторения. Работен обект – 1 сорт маруля

- I^{-ви} фактор – засоляване с натриев хлорид, предизвикващ умерен хроничен стрес, оценен чрез задържане на растежа на хидропонно отглежданите растения. Подходящата концентрация на NaCl ще се установи чрез предварителни опити.

- II^{ри} фактор – листна обработка с протеинови хидролизати (3 варианта, контрола – без третиране; Натурамин WSP (45 g / da), Натурамин плюс (100 ml / da), приложени 3-кратно през 7 дни. Начало на прилагане на биостимулатори – 10 дни след прехвърлянето на растенията върху хранителен разтвор.

3.5. Показатели, методи и научна апаратура

- Листен газов обмен (фотосинтеза, транспирация, устична проводимост и междуклетъчна концентрация на CO₂) – с портативна фотосинтетична система LCpro+.
- Съдържание на хлорофил – неструктивно с портативен хлорофилметър CCM-300.
- Хлорофилна флуоресценция (основни параметри в тъмнинно и светлинно адаптирани листа, бързи светлинни криви) с PAM флуорометър MINI-PAM.
- Ензимни активности (спектрофотометрично с Pharo 300):
 - (1) Ензими, свързани с азотния метаболизъм - нитрат редуктаза (по Hageman and Reed 1980) и глутамин синтетаза (по Pateman 1969);
 - (2) Антиокислителни ензими - гваякол пероксидаза (по Bergmeyer, 1974).
 - (3) Показатели, свързани с окислителен стрес - антирадикалова активност (по Gramza-Michałowska and Człapka-Matyasik, 2011) и липидна пероксидация (по Heath and Packer, 1968).
- Растежни и морфологични анализи
 - (1) листна площ с електронен глощометр NEO-2
 - (2) свежа и суха маса на растенията
 - (3) Биометрични показатели – дължина и обем на кореновата система, височина и диаметър на външен и вътрешен кочан, височина и диаметър на главата, брой листа, маса.

3.6. Списък на използваната литература

1. Balabanova, D.A., Paunov, M., Goltsev, V., Cuypers, A., Vangronsveld, J., Vassilev, A., 2016. Photosynthetic performance of the imidazolinone resistant sunflower exposed to single and combined treatment by the herbicide Imazamox and an amino acid extract. *Frontiers in Plant Science*, 7, <https://doi.org/10.3389/fpls.2016.01559>
2. Bergmeyer, H., Gawehn, K., & Grassl, M., 1974. Enzymes as biochemical reagents. In H.-U. Bergmeier (Ed.), *Methods in enzymatic analysis* (2nd ed., Vol. 2, pp. 685–690).
3. Botta, A., 2013. Enhancing plant tolerance to temperature stress with amino acids: An approach to their mode of action. *Acta Horticulturae*, 1009, 29–35. <https://doi.org/10.17660/ActaHortic.2013.1009.1>
4. Carillo, P.; De Micco, V.; Ciriello, M.; Formisano, L.; El-Nakheil, C.; Giordano, M.; Colla, G.; Rouphael, Y. 2022. Morpho-Anatomical, Physiological, and Mineral Composition Responses Induced by a Vegetal-Based Biostimulant at Three Rates of Foliar Application in Greenhouse Lettuce. *Plants*, 11, 2030. <https://doi.org/10.3390/plants11152030>
5. Chaski, C.; Petropoulos, S.A., 2022. The Alleviation Effects of Biostimulants Application on Lettuce Plants Grown under Deficit Irrigation. *Horticulturae*, 8, 1089

6. Chaski, C.; Petropoulos, S.A., 2022. The Effects of Biostimulant Application on Growth Parameters of Lettuce Plants Grown under Deficit Irrigation Conditions. *Biol. Life Sci. Forum*, 16, 4. <https://doi.org/10.3390/IECHo2022-12499>
7. Cholakova-Bimbalova, R., Petrov, V., & Vassilev, A., 2019. Photosynthetic performance of young maize (*Zea mays* L.) plants exposed to chilling stress can be improved by the application of protein hydrolysates. *Acta Agrobotanica*, 72(2), Article 1769. <https://doi.org/10.5586/aa.1769>
8. Colla, G., Hoagland, L., Ruzzi, M., Cardarelli, M., Bonini, P., Canaguier, R., & Rouphael, Y., 2017. Biostimulant action of protein hydrolysates: Unraveling their effects on plant physiology and microbiome. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 2202. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.02202>
9. du Jardin, P. 2015. Plant biostimulants: Definition, concept, main categories and regulation. *Scientia Hort.* 196:3–14, <https://doi.org/10.1016/j.scienta.2015.09.021>
10. Gomez, S., C. Gomez, 2022. Evaluating the Use of Biostimulants for Indoor Hydroponic Lettuce Production. *HortTechnology*, <https://doi.org/10.21273/HORTTECH05045-22>
11. Gramza-Michałowska, A., M. Czapka-Matysik, 2011. Evaluation of the antiradical potential of fruit and vegetable snacks. *Acta Sci Pol Technol Aliment.* 10(1):63-72.
12. Hageman, R.H., A.J. Reed, 1980. Nitrate reductase from higher plants. *Methods in Enzymology*, 69, 270-280
13. Harizanova, A., L. Koleva-Valkova, A. Vassilev, 2022. Effects of the Protein Hydrolysate Pretreatment on Cucumber Plants Exposed to Chilling Stress. *Acta Agrobotanica*, 75, 756, DOI: 10.5586/aa.756
14. Heath, R., & Packer, L., 1968. Photoperoxidation in isolated chloroplasts. I. Kinetics and stoichiometry of fatty acid peroxidation. *Archives of Biochemistry and Biophysics*, 125, 189–198. [https://doi.org/10.1016/0003-9861\(68\)90654-1](https://doi.org/10.1016/0003-9861(68)90654-1)
15. McCoy, R. M., G.W. Meyer, D. Rhodes, G. C. Murray, T. G. Sors, J. R. Widhalm, 2020. Exploratory Study on the Foliar Incorporation and Stability of Isotopically Labeled Amino Acids Applied to Turfgrass. *Agronomy*, 10, 358; doi:10.3390/agronomy10030358
16. Nardi, S., Pizzeghello, D., Schiavon, M., & Ertani, A., 2016. Plant biostimulants: Physiological responses induced by protein hydrolyzed-based products and humic substances in plant metabolism. *Scientia Agricola*, 73(1), 18–23. <https://doi.org/10.1590/0103-9016-2015-0006>
17. Navarro-León, E., F. López-Moreno, E. Borda, C. Marín, N. Sierras, B. Blasco, and J. Ruiz, 2022. Effect of L-amino acid-based biostimulants on nitrogen use efficiency (NUE) in lettuce plants. *Journal of The Science of Food and Agriculture* <https://doi.org/10.1002/jsfa.12071>
18. Pateman, J. A., 1969. Regulation of synthesis of glutamate dehydrogenase and glutamine synthetase in micro-organisms. *Biochem J.*, 115(4): 769–775. doi: 10.1042/bj1150769
19. Rouphael, Y., G. Colla, 2020. Biostimulants in agriculture. *Front. Plant Sci.* 11:40, <https://doi.org/10.3389/fpls.2020.00040>
20. Stiegler, J.C., Richardson, M.D., Karcher, D.E., Roberts, T.L., Norman, R.J. 2013. Foliar Absorption of Various Inorganic and Organic Nitrogen Sources by Creeping Bentgrass. *Crop Sci.* 53, 1148.
21. Teixeira, W. F., Fagan, E. B., Soares, L. H., Umburanas, R. C., Reichardt, K., & Neto, D. D., 2017. Foliar and seed application of amino acids affects the antioxidant metabolism of the soybean crop. *Frontiers in Plant Science*, 8, Article 327. <https://doi.org/10.3389/fpls.2017.00327>
22. Wang D, Deng X, Wang B, Zhang N, Zhu C, Jiao Z, 2019. Effects of foliar application of amino acid liquid fertilizers, with or without *Bacillus amyloliquefaciens* SQR9, on

cowpea yield and leaf microbiota. PLoS ONE 14(9): e0222048. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222048>

23. Malécange, M.; Pérez-García, M.-D.; Citerne, S.; Sergheraert, R.; Lalande, J.; Teulat, B.; Mounier, E.; Sakr, S.; Lothier, J. Leafamine®, a Free Amino Acid-Rich Biostimulant Promotes Growth Performance of Deficit-Irrigated Lettuce. Int. J. Mol. Sci., 23, 7338. <https://doi.org/10.3390/ijms23137338>
24. Savarese, C., V. Cozzolino, M. Verrillo, G. Vinci, A. De Martino, A. Scopa, A. Piccolo, 2022. Combination of humic biostimulants with a microbial inoculum improves lettuce productivity, nutrient uptake, and primary and secondary metabolism. Plant Soil, <https://doi.org/10.1007/s11104-022-05634-8>
25. Wang, Z.; Yang, R.; Liang, Y.; Zhang, S.; Zhang, Z.; Sun, C.; Li, J.; Qi, Z.; Yang, Q., 2022. Comparing Efficacy of Different Biostimulants for Hydroponically Grown Lettuce (Lactuca sativa L.). Agronomy, 12, 786. <https://doi.org/10.3390/agronomy12040786>

Научни ръководители:

(проф. д-р Антон Василев)

(проф. д-р Николай Панайотов)

Докторант:

(Джозеф Ракобели Сеноко)