



СТАНОВИЩЕ

върху дисертационен труд за получаване на образователната и научна степен “доктор” по: област на висше образование 6.1. Аграрни науки и ветеринарна медицина, професионално направление Растениевъдство, научна специалност “Фуражно производство, Ливадарство”

Автор на дисертационния труд: Ивелин Димитров Марков – редовен докторант към катедра „Растениевъдство” при Аграрен университет, гр. Пловдив

Тема на дисертационния труд: “Проучване влиянието на различни практики за устойчиво управление на тревната система върху секвенирането на С в почвата при интензивно поддържане на пътинг грийнове на пясъчна основа и върху годишния въглероден бюджет”

Рецензент: проф. д-р Вилиана Маринова Василева, Институт по царевицата – Кнежа, Селскостопанска академия, област на висше образование 6.1. Аграрни науки и ветеринарна медицина, професионално направление Растениевъдство, научна специалност “Растениевъдство”, определена за член на научното жури със заповед № РД-16-209/02.02.2026 год. от Ректора на АУ.

1. Актуалност на проблема.

Дисертационната тема е изключително актуална. Предвид интензивността на тревните системи, в частност пътинг грийнове на пясъчна основа, практиките за устойчивото им управление и възможност за натрупване на въглерод в почвата са от особено значение. Изискванията към голф игрищата (в нашата страна около 10 с 18 дупки, golfbreaks.com), предвид тяхната специфика, са високи. За поддържането им е необходимо често косене на много ниска височина, прецизно торене, планирано напояване. Тези операции могат да бъдат ресурсоемки, увеличавайки потреблението на вода, енергия и хранителни вещества, като едновременно повишават риска от нежелани последствия, когато нормите не са съобразени с потребностите на растенията и капацитета на почвата. В същото време околната среда трябва да бъде опазена. Като интензивни системи увеличават въглеродния отпечатък. Основно предизвикателство пред управлението им е неутрален или положителен въглероден баланс, без да се компрометира игровата повърхност.

Съвремие то относно ресурсообезпеченост, климатични промени и други, налага прилагането на прецизни техники, които да улеснят вземането на правилни решения. Макар да са широко разпространени в земеделието, тяхното внедряване в тревните системи все още е ограничено. Интегрирането на сензори в реално време за почва и метеорологични условия, вегетативни индекси (VIs) от UAV или сателитни изображения и AI-базирани аналитични подходи, са възможност за повишаване на ефективността на прилаганите дейности за поддържане на тревния чим в сравнение с обикновени визуални наблюдения.

Понастоящем голф грийновете се изграждат по спецификации на USGA (Асоциацията на голфърите в Съединените щати), използвайки пясъчни коренообитаеми профили (съдържание на пясък не по-малко от 90%) с добавки за подобряване задържането на вода и хранителни вещества. Ниското съдържание на органично вещество улеснява загубата на въглерод. Грийновете се косят ежедневно, а при турнирни събития два пъти дневно, при малка височина (1,8 до 3 mm). Ниското косене намалява листната площ, ограничава фотосинтезата и може да ограничи развитието на кореновата система.

Азотното торене е ключов фактор за качеството и функционалността на тревния чим, но може да е неефективно, когато не е съобразено с физиологичните потребности на

отглеждания вид. Прекомерното натрупване на органична материя може да компрометираща игровите характеристики и функцията на коренообитаемия слой, дори да увеличава въглеродното съхранение. Управлението на напояването е също толкова критично. Поддържането на подходящо почвено обемно водно съдържание (VWC) изисква избягване на воден стрес (дефицит/преовлажняване).

Намиране на баланс управление-желан резултат е труден процес. Ето защо научна и практическа цел е да се дефинират поддържащи режими, които запазват елитно качество на тревния чим, като едновременно подобряват нетния почвен въглероден баланс и намаляват ненужното използване на ресурси.

Горното оправдава извършване на мащабното проучване, залегнало в дисертационния труд. Управленските практики – един от аспектите на проучване в дисертацията имат важно значение за натрупването/загубата на почвен въглерод и екологично управление на спортните тревни площи.

2. Цел, задачи, хипотези и методи на изследване.

Докторантът формулира една основна и пет спомагателни цели. Основната цел включва изследване влиянието на различни устойчиви практики за управление на тревните площи върху секвестрацията на въглерод в почвата на интензивно поддържани пясъчни пътинг-грийнове и как тези практики се отразяват върху годишния въглероден баланс.

Спомагателните цели са: i) Оптимизиране на азотното торене при управление на тревни площи. Да се определят количествено екологичните фактори, определящи потребността от азот при пътинг-грийнове с *Agrostis Stolonifera*, и се разработят предиктивни модели, интегриращи GP, вегетационни индекси (VIs) и коригирани спрямо стреса екологични показатели за оптимизиране прилагането на азот в рамките на SMART DSS; ii) Оптимизиране на напояването, ефективността на водоползването и стреса, свързан с влагата при пясъчни пътинг-грийнове. Как различните стратегии на напояване (фиксиран график срещу корекции на база ETc и почвена влажност) влияят върху водния режим на почвата, ефективността на използване на водата (WUE) и влаговия стрес при интензивно поддържани пясъчни пътинг-грийнове, и как тези зависимости могат да подпомогнат AI-базирана система за вземане на решения; iii) Проследяване развитието на кореновата система при дефицитно напояване. Как дефицитното спрямо ежедневното напояване и свързаните екологични фактори влияят върху дължината на корените на *Agrostis Stolonifera* и как тези зависимости могат да бъдат включени в предиктивни модели за мониторинг чрез DSS; iv) Дистанционни изследвания и вегетационни индекси като инструменти за управление на тревни площи. Да се оцени как сателитни, UAV и наземни вегетационни индекси отразяват реакцията на тревостоя към екологични фактори и управленски практики, да се определи тяхната чувствителност към стрес и използване на ресурси, и да се установи как тези сигнали подпомагат предиктивното моделиране и интеграцията в AI-базиран DSS; v) AI-базирана Байесова система за подпомагане на вземането на решения (BN-DSS). Да се изгради, калибрира и оцени DSS, базирана на Байесова мрежа, която интегрира експериментални резултати от научната литература, локални мониторингови данни и резултати от машинно обучение в единна, интерпретируема рамка за устойчиво управление на ресурсите при интензивно поддържани пясъчни пътинг-грийнове.

Методологичната част е сполучливо онагледена в синтезирана фигура. Дисертационният труд е организиран в пет взаимосвързани части, които в съвкупност разглеждат устойчивото управление на интензивно поддържани пясъчно-базиран пътинг грийнове и предоставят входни данни за интегрирана SMART система за подпомагане на вземането на решения (DSS). Частите са както следва: Част 1. Оптимизиране на азотното торене; Част 2.

Оптимизиране на напояването; Част 3. Развитие на кореновата система; Част 4. Вегетационни индекси и дистанционни изследвания. Всички от 1 до 4 с детайлно описани дейности като източник на входни данни за Част 5. AI-базирана байесова система за подпомагане на вземането на решения (BN-DSS).

Изследването прилага наблюдателен (нерепликиран) дизайн, вместо контролируем, репликиран полски експеримент. Проучването е извършено върху две хетерогенни локации - Golf Course A (GCA) и Golf Course B (GCB). Golf Course A (GCA) се намира при 43.41°N, 28.22°E, на около 1 km от Черно море, на 175 m надморска височина, с умерено-континентален климат, повлиян от близостта до морето (средногодишна T ~12°C; летни максимуми ~32°C; зимни минимума ~-2°C; годишни валежи ~550 mm, концентрирани през пролетта/есента, с чести летни засушавания). Вегетационните сезони 2023–2024 (1.03–30.10) са сухи (335 mm и 480 mm валежи), с по-топли условия през юли–август и повишен сезонен ET (910 mm и 955 mm). Грийновете са изградени по спецификации на USGA (приблизително 95% пясък и 5% зеолит). След приблизително 12 години субоптимална поддръжка, съдържанието на органично вещество в горните 5 cm е 6–8%. Повърхностите са 16 годишни. Височината на косене през вегетацията е 3.0–3.2 mm; валира се рядко, при събития.

Golf Course B (GCB) се намира при 39.16°N, 116.99°E, на около 10 m надморска височина и приблизително 70 km навътре от Бохайско море, с влажен континентален климат и силно мусонно влияние (горещи влажни лета до 35°C; годишни валежи ~590 mm; сумарни валежи за юли–август ~600 mm през 2023 и 2024; студени сухи зими до -12°C. Грийновете също са по USGA-базиран стандарт, с коренообитаем слой със състав 94% пясък, 4% нанос, 2% глина; pH 6.3–6.8; OM се поддържа около ~2.0%, косене на 3 mm и валиране през ден. Използваната култура и на двете локации е *Agrostis Stolonifera* (издънкова полевица).

Събирани са метеорологични и ET данни от двете локации. Почвени и коренови измервания са извършвани. За определяне агрохимичния състав на почвата са взети проби от три дълбочини (0–25 mm, 25–50 mm и 50–75 mm). Ръчни TDR сензори са използвани за измерване на VWC ежеседмично. Извършвани са измервания на тревния чим и корените.

Дейностите относно петте части са детайлно описани, вкл. четирите стъпки на част 5. Разработване на AI-базирана SMART/DS рамка, интегриращи знание, извлечено от литературата, със специфични за обекта данни

3. Онагледеност и представяне на получените резултати.

Дисертационният труд е структуриран както следва: Увод, Литературен преглед, Цели и задачи, Материал и методи, Резултати, Обсъждане, Изводи, Приноси, Бъдещи насоки, Литература. Уводът се състои от 4 подраздела, литературният преглед от 7 подраздела. Целите и задачите, както по-горе отбелязахме са добре формулирани. Материал и методи включва 5 части, а разделите Резултати и Обсъждане следват хронологично 5-те части, описани в предходния раздел.

Дисертацията е с обем 243 страници. Най-голям дял от структурата заемат раздели Резултати и обсъждане - повече от 1/3 от общия обем. Резултатите са онагледени в таблици (43 на брой) и 94 фигури с различен дизайн.

4. Обсъждане на резултатите и използвана литература.

Дисертационният труд интегрира четири управленски лоста, азотно привнасяне, стратегия за напояване, развитие на кореновата система и състояние на тревната повърхност, в общо разбиране за почвеното отлагане на въглерод при интензивно управлявани пясъчно-базиран пътнинг грийнове. Всеки един от лостовете е съпътстван от задълбочена дискусия. Получените експериментални резултати са обсъдени логично, с подчертано умение за анализ, за

който в много голяма степен е допринесло образованието на докторанта и многото повишаващи квалификацията курсове. Направено е задълбочено обсъждане, анализиране и съответни заключения на стил, много над такъв, изискуем за докторант. Всички раздели са написани на висок научен стил. Цитираната литература включва 456 източника на латиница, от тях 195, или 45,8% от последните 10 години. Реферирани над 400 литературни източника е повече от доказателство за перфектна осведоменост. Трябва да се подчертае и умелото съпоставяне на получените от проучването резултати с тези от литературните източници.

5. Приноси на дисертационния труд.

Формулирани са 6 научни, 6 научно-приложни и 1 практически приложим научен принос.

Научни приноси

1. Въглеродно-осъзната рамка за „тесен оперативен диапазон“ при пясъчно-базирани пътинг грийнове. Дисертационният труд въвежда въглеродно-осъзната рамка за „тесен оперативен диапазон“ при интензивно поддържани пясъчно-базирани пътинг грийнове. Рамката свързва четири контролируеми лоста (азотно торене, напояване, състояние на корените и тревната повърхност) с два въглеродни пътя: въглеродни входове, определяни от продукцията на окосен обем и оборота на корените, и въглеродни загуби, определяни от влагово-обусловена минерализация, разграждане на thatch и др.
- 2.Обяснима времева динамика на напояване с приложими прагове за VWC и ETc.
- 3.Пространствена хетерогенност на напояването като диагностичен слой в рамките на грийна.
- 4.Развитие на кореновата система като механистичен медиатор между управлението и подземното разпределение.
- 5.Защитим работен поток за дистанционни изследвания с turf-only AOIs и интерпретируема компресия на VI.
- 6.Вероятностна интеграция и валидация на Bayesian Network DSS.

Научно-приложни приноси

1. Въглеродно-осъзната оперативна логика за вземане на решения при пясъчни грийнове. Рамката за „оперативен диапазон“ е трансформирана в практическа логика за решения и диагностичен чеклист за управление в дневен до седмичен мащаб: избягване на хронична влажност и хронично свръхподаване на азот, които ускоряват разлагането и загубите; избягване на хроничен дефицит, който води до срив на растежа и оборота на корените; проактивно управление на кратки стресови вълни; и защита на дълбочината на вкореняване като гаранция за устойчивост и въглеродно разпределение. Тази приложна рамка подпомага полската диагностика дали въглеродният риск се доминира от влажност, свръхподаване, дефицит или повтарящ се стрес, вместо да се приема, че представянето на тревния чим е достатъчен прокси показател за устойчивост.
 - 2.Правила за напоително планиране на база прагови състояния на VWC и ETc.
 - 3.Работен поток за пространствена ремедиация при неравномерна влага.
 - 4.Прогнозиране на риск от загуба на коренова маса за прецизиране на праговете на напояване и „азотните“ граници на безопасност.
 - 5.VI доказателствени възли за рутинен мониторинг и интеграция в DSS.
 - 6.BN-ориентирана подкрепа за решения с неопределеност и контрафактична оценка.
- Практически приложен научен принос - оперативно внедряване на SMART табло. Разработено е функционално, модулно табло. Като практичен инструмент за подпомагане на вземането на решения, таблото позволява историческа диагностика, специфична за дадения обект, краткосрочно планиране и проучване на сценарии, като същевременно поддържа проверими записи на действията и резултатите.

Реалистичният и критичен поглед на докторанта към проблема са отразени в разделите Ограничения и бъдещи насоки.

В заключение, дисертационният труд е ценен принос към управление на тревни системи в контекст на устойчивост и положителен въглероден баланс.

6. Критични бележки и въпроси. Нямам.

7. Публикувани статии и цитирания.

Докторантът е публикувал 3 научни статии, 1 в съавторство с научния ръководител в научно издание, реферирано и индексирано в световноизвестни бази данни с научна информация (Scopus) и две, на които е самостоятелен автор.

Представеният автореферат отразява обективно структурата и съдържанието на дисертационния труд.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ:

Въз основа на научените и приложените, от докторанта, различни методи на изследване, правилно изведените експерименти, направените обобщения и изводи считам, че представеният дисертационен труд отговаря на изискванията на ЗРАСРБ и Правилника на Аграрния университет за неговото приложение, което ми дава основание да го оценя **ПОЛОЖИТЕЛНО**.

Позволявам си да предложа на почитаемото Научно жури също да гласува положително и да присъди на Ивелин Димитров Марков – редовен докторант към катедра „Растениевъдство” при Аграрен университет, гр. Пловдив, образователната и научна степен “*доктор*” по научната специалност “Фуражно производство, Ливадарство”.

Дата: 01.03.2026 г.
гр. Пловдив

**ИЗГОТ
СТАНС**

Подписите в този документ са заличени

във връзка с чл.4, т.1 от Регламент (ЕС) 2016/679

(Общ Регламент относно защитата на данни).