

**ФАКУЛТЕТ ПО АГРОНОМСТВО
КАТЕДРА „РАСТЕНИЕВЪДСТВО“
ГЕОРГИ СТОЯНОВ СТОЯНОВ**

**Проучване възможностите за използване на математически
модели за управление добива на царевица (*Zea mays L.*),
отглеждана в различни направления**

**АВТОРЕФЕРАТ
на дисертационен труд
за придобиване на образователна и научна степен „доктор“**

**Професионално направление: 6.1. Растениевъдство
Научна специалност: Фуражно производство, Ливадарство**

**Научни ръководители:
доц. д-р Атанас Севов
доц. д-р Велика Кунева**

Пловдив, 2025 г.

Дисертацията съдържа 174 страници, включително 2 схеми, 39 фигури и 36 таблици, оформени в 12 глави, общи изводи и списък с използвана литература от 276 заглавия, от които 144 на кирилица и 132 на латиница.

Защитата на дисертационната работа ще се проведе на
..... от ч.
.....на открито
заседание на Научно Жури, Заповед РД 2025 г. на
Ректора на АУ Пловдив.

Научно жури:

1. проф. д-р Христофор Кирчев Кирчев
2. проф. д-р Христина Георгиева Янчева
3. проф. д-р Боряна Георгиева Чуркова
4. проф. д-р Татяна Иванова Божанска
5. доц. д-р Катя Спасова Узунджалиева

Вътрешен резервен член: проф. д-р Ваня Атанасова Делибалтова
Външен резервен член: доц. д-р Станислав Костов Стаматов

Материалите по защитата (дисертационната работа и рецензиите) са на
разположение на интересуващите се на сайта на АУ-Пловдив

Съдържание

Съдържание	4
1. УВОД.....	6
2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО	7
3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ.....	8
3.1. Методика на изследването.....	8
3.2. Агротехника на опита.....	9
3.3. Характеристика на изпитваните хибриди царевица	10
3.4. Изследвани показатели	11
3.4.1. Метеорологични показатели	11
3.4.2. Биологични показатели.....	11
3.5.1. Математико-статистически подходи	12
4. Резултати и обсъждане	14
4.1. Фенологично развитие	14
4.2. Биометрични показатели на растенията	14
4.2.1. Височина на царевичните растения.....	14
4.2.2. Брой листа на едно растение	14
4.3. Структурни елементи на добив зърно.....	14
4.3.1. Дължина на кочана	15
4.3.2. Брой редове в кочан	15
4.3.3. Брой зърна в един ред	15
4.3.4. Маса на 1000 зърна.....	16
4.4. Продуктивни показатели	17

4.4.1. Добив зелена маса (направление производство на силаж)	17
4.4.2. Добив на зърно, kg/ha	17
4.5.Химични анализи	17
4.5.1.Качествен анализ на зелената маса	17
4.5.2.Качествен анализ на зърното	18
4.5.3.Хранителна стойност на зелената маса и зърно при хибриди царевица.	19
5.1. Корелационен анализ	21
5.2. Регресионни модели за влиянието на листните торове върху продуктивността на хибридите царевица	24
5.3. Клъстер анализ	28
5.4. Метод CART за обработка и анализ на реални емпирични данни в растениевъдството	30
6. Изводи	31
7. Научно-теоретични приноси	35
8. Научно-приложни приноси	35
7. ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД	36
8. РЕЗЮМЕ	37

1. УВОД

Климатичните промени през последните години са сериозен и често непредвидим фактор, влияещ съществено върху все по-честите и продължителни засушавания. Изправени пред предизвикателството да произвеждаме все повече храна от все по-намаляващи земеделски площи, а едновременно с това запазвайки и дори повишавайки качеството на произвежданата продукция, се налага да структурираме устойчиво, ефективно и адаптивно земеделие, като въведем и научнообосновани подходи, които могат да компенсират неблагоприятното въздействие на факторите на околната среда.

Царевицата, като най-важната зърнена фуражна култура в света с над половината от площите от фуражни култури и почти три четвърти от общото количество зърно се явява добра алтернатива за разработването на подобни модели. Изборът на подходящ хибрид е от съществено значение за икономическата ефективност при отглеждането ѝ. Постигането на високи и устойчиви добиви от царевица обаче би било невъзможно без балансирано хранене на растенията. Използването на химически торове съществено увеличава добивите, но носи и редица екологични рискове: замърсяване на почвите, киселяване, засоляване и др. Затова все по-голямо внимание се обръща на балансираното и прецизно торене, съобразено със спецификата на всяка култура, нейните сортови и хибридни характеристики, фенофазите на развитие и използваната агротехника. В този контекст листното подхранване придобива все по-голямо значение като ефективно допълнение към почвеното торене. То предоставя възможност за бързо и целенасочено снабдяване на растенията с хранителни вещества, особено в периоди на стрес, при екстремни температури или при недостиг на влага. Листните торове са високоспециализирани продукти, които не само компенсират дефицити, но и активират биологичния потенциал на растенията, спомагайки за по-доброто им развитие и устойчивост.

Сред най-перспективните подходи в подкрепа на земеделците се откроява математическото моделиране, което позволява прогнозиране на развитието на културите, управление на ресурсите и оценка на добивите. Все повече се признава и необходимостта от включване на адаптационни стратегии още в етапа на моделиране, така че те да бъдат

не просто реакция на промените, а част от цялостната оценка на уязвимостта на земеделските системи. Интегрирани по този начин в модели, адаптационните мерки могат значително да намалееят негативните ефекти от климатичните промени върху добивите, а оттам и върху доходите на земеделските производители. Освен агротехническите подходи, все по-голямо значение придобиват и модерните аналитични методи, които подпомагат процеса на вземане на решения в земеделието. Сред тях са CARD моделите – съвременен инструментариум, които позволяват анализ на динамични процеси в земеделското производство, както и оценка на въздействието на различни управленски стратегии върху добивите и ефективността.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Целта на настоящата дисертация е да се разработят математически (аналитични) модели с 5 хибрида царевица с различно ФАО и с различен произход (различна генерация) в две направления – за силаж и за зърно.

1. Да се проучат продуктивните възможности на културата в двете и основни направления – производство на силаж и зърно.

2. Да се построят и изследват модели за влиянието на листните продукти върху добива.

3. Да се моделира добива в зависимост от структурните елементи.

4. На базата на моделите описващи влиянието на метеорологичните условия и прилаганите листни продукти, да се направи оценки за оптималните интервали на изменението им и възможните понижения на показателите на качеството.

5. Да се проведе сравнение на резултатите от приложените методи и получените модели и качествата им за прогнозиране на стойностите на зависимата променлива спрямо реалните данни.

6. Статистически анализ с приложение на метода CART за избор на адекватни модели.

7. Диагностика на грешките, анализ и оценка на построените модели.

3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ

3.1. Методика на изследването

Полският експеримент е изведен през периода 2022-2024 г. в Академичния технологичен комплекс (АТК) на Тракийски университет, гр. Стара Загора на почвен тип типично ливадно-канелена почва в торов опит при поливни условия.

Опитът е проведен по метода на дробните парцели (Шанин, 1977), в 4 повторения с големина на опитната площ от 15 m².

Фактори на изследването са:

Фактор А: хибриди царевица

- A₁ - DKC 4416
- A₂ - LG 31.390
- A₃ - PREMEO
- A₄ - PIONEER P9889
- A₅ - КНЕЖА-461

Фактор В: продукти за листно подхранване

- B₁ - Контрола
- B₂ - Подхранване с Aminosol +Lebozol B + Lebozol Zn, Nutriplant 36;
- B₃ - Подхранване с Kinsidro Grow, N-Lock.

Фактор С: метеорологични условия на реколтна година

- C₁ - 2022 г.
- C₂ - 2023 г.
- C₃ - 2024 г.

Схема на полския опит: 5 хибрида царевица x 3 варианта на листно торене – 15 варианта.

Полският опит, с петте хибрида царевица, е изведен при поливни условия. Напояването е проведено със система за капково напояване с вградени капкователи на 0,15 m, с поливна норма 30 ml при достигане на почвената влажност под 75-80 % ППВ за слоя 0-50 cm. Динамиката на почвената влажност е измервана периодично със сонда за почвена влага.

Листното торене с органичните и неорганичните листни торове е извършено с препоръчаните дози за всеки един от тях. По първата тех-

нология (вар. 2) торенето е извършено в доза Aminosol (2,0 l/ha), Lebozol B (2,0 l/ha), Lebozol Zn (1,0 l/ha) и Nutriplant 36 (10,0 l/ha). По втората технология (вар. 3) приложените дози съответно са Kinsidro Grow (150 g/ha), във вид на гранули и N-Lock (2,50 l/ha).

Сеитбата на царевицата е извършена в оптимални за района агротехнически срокове. Сеитбата е осъществена с механична едноредова сеялка за точна сеитба на дълбочина 5-6 cm и посевна норма 8000 растения на декар, с междуредие от 70 cm.

3.2. Агротехника на опита

Полският опит и през трите години е заложен след предшественик пшеница. След прибиране на предшественика е извършена дълбока оран на дълбочина от 25 cm. През есента площта е поддържана чиста от плевелна растителност. При поява на слабо заплевеляване е дискувана на дълбочина 10 cm. Предсеитбената обработка е извършвана в зависимост от метеорологичните фактори и се е състояла от 2 или 3 култивирания.

С първите две култивирания се отстранява появата на почвена кора и появата на плевели. Последната обработка на почвата преди сеитбата е проведена с цел да се формира твърдо легло за царевичните семена. През първата година едновременно със сеитбата се извърши и торенето с азотен тор. Почвеното торене е осъществено с N₁₄ под формата на амониева селитра. През следващите две години на полския опит торенето се извършва непосредствено преди последното култивиране.

Сеитбата на царевицата е извършена в оптимални за района агротехнически срокове, след трайно задържане на температурата на почвата за слоя 0-10 cm над 8-10 °C. Сеитбата е осъществена с механична едноредова сеялка за точна сеитба на дълбочина 5-6 cm и посевна норма 8000 растения на декар, с междуредие от 70 cm.

Грижите през вегетацията включват борба с вредителите и механизирани окопавания на пътеките между вариантите. Борбата с вредителите е водена при необходимост с регистрирани продукти за растителна защита.

3.3. Характеристика на изпитваните хибриди царевица

„DKC4416“ е хибрид на фирма Байер. От FieldShield хибридите притежават висока устойчивост на абиотичен стрес. Може да се отглежда при интензивни условия. Хибриден е средноранен с ФАО 330. Вегетационен период 100-105 дни. Типът на зърното е конски зъб. Цъфтежът на този хибрид е ранен. Броят на редовете в кочана е 16-18. Хибриден се характеризира с бързо първоначално развитие, адаптивност към условията на средата, влагоотдаване на зърното, толерантен към полягане и толерантен към болестите по кочана.

„LG 31.390“ е хибрид на фирма Лимагрейн. Представител е на технология Hydraneo. Нова генерация хибриди за управление на риска от засушаване. Хибриден е ранен, с ФАО 390. Вегетационен период 105-110 дни. Кочанът се характеризира като по-дебел, с 18 редове в кочана. При този хибрид има добър и стабилен завръз, като между зърната няма празни места. Цялото пространство на кочана е запълнено. Хибриден е устойчив на полягане и с добра сухо устойчивост.

„PREMEO“ е хибрид от фирма Синджента. Представител е на технология Artesian. Хибриден е средноранен с ФАО 400. Вегетационен период 120-125 дни. Хибриден се характеризира с много висок добивен потенциал. Размерът на кочана е фиксиран, независимо от гъстотата дори и да е по-голяма. Кочанът на този хибрид се озърнява до върха. Отличава се с толерантност към болести. Отдаването на влагата е максимално бързо

„PIONEER P9889“ е хибрид на Pioneer. От продуктова линия Optimum® AQUAmax®, селекция хибриди, адаптирани към засушаване хибриден е средноранен с ФАО 360. Вегетационен период 105-110 дни. Хибриден се характеризира с изключително висок добивен потенциал. Зърното е тип „dent“, с високо хектолитрово тегло. Стъблото на царевицата е здраво и стабилно с тъмно зелен цвят. Кочана е от 16-18 реда, добре озърнени. Зърна в ред около 35-40 броя. Озърняване на кочана е до върха. Устойчив хибрид на полягане.

„Кнежа-461“ е представител на българската селекция хибриди. Хибриден е средноранен с ФАО от 400 до 500. Вегетационен период 115-125 дни. Растенията са високи 260-280 cm. Характеризира се с устойчивост на полягане, кочаните са с цилиндрична форма, с дължина 20-22 cm. Броят на редовете варира от 16 до 18. Зърното е тип

„конски зъб“. Хибридът е толерантен към болести и оценен като високопродуктивен.

3.4. Изследвани показатели

3.4.1. Метеорологични показатели

- Средноденонощни температури на въздуха за вегетационния период на царевицата, °C;
- Валежи за вегетационния период на царевицата, mm.

3.4.2. Биологични показатели

1. Фенологично развитие на царевицните хибриди

Регистрирано е началото на основните фенологични фази от развитието на царевицата: сеитба, поникване, 3-ти лист, вретене, изметляване, изсвиляване, млечна зрялост, восъчна зрялост, пълна зрялост. За настъпване на всяка фенофаза се счита времето, през което са настъпили морфологични промени при 70 % от растения в една парцела.

- Продължителност на междуфазните периоди, дни;
- Продължителност на вегетационния период, дни;

2. Биометрични показатели на растенията царевица

Отчитат се след измерване при 10 растения и при 10 кочана от всеки хибрид, след прибиране.

- височина на растенията, cm;
- брой листа на 1 растение

3. Структурни елементи на добив зърно:

- дължина на кочана – cm,
- брой редове в кочан,
- брой зърна в ред,
- маса на 1000 зърна, g

3. Продуктивни показатели

- Добив на зърна, kg/ha, (направление добив на зърно);
- Добив зелена маса, kg/ha, (направление производство на силаж)

3.5. Статистическа обработка на получените резултати

3.5.1. Математико-статистически подходи

➤ Двухфакторен дисперсионен анализ

Дисперсионният анализ (или **ANOVA** от англ. *ANalysisOfVAriance*) е метод използван в статистиката за проверка на хипотези за равенство между повече от две средни. Чрез тази проверка на хипотези може да се прецени доколко влиянието на даден фактор-причина или на група фактори-причини е статистически значимо или не. По този начин дисперсионният анализ се отнася към методите за изследване на връзки и зависимости. Чрез дисперсионния анализ може само да се установи дали между изследваните явления (признаци) съществува зависимост, но не може да се измери теснотата или силата на зависимостта, както и нейната посока.

Използваните фактори да бъдат независими един от друг, тъй като сумата от факторното и случайното влияние ще бъдат повече от единица.

Определят се дисперсиите: обща, факторна, случайна, на фактор А, на фактор В, на взаимодействието на факторите АхВ; степените на свобода, варианса, остоверността и силата на влиянието на факторите.

Двухфакторен дисперсионен анализ

Дисперсионния анализ при метода на дробните (сложните, разделените) парцели

Коефициенти на корелация

• В зависимост от измерителната скала, в която са изразени променливите се използват различни коефициенти на корелация

- Алтернативна - **коефициент на Фишър**
- Номинална и ординална - **коефициент на контингенция**
- Рангова – **коефициент на Спирмън**
- Интервална и пропорционална – **коефициент на Пирсън**

Коефициент на обикновена линейна корелация на Пирсън (r)

➤ **Регресионен анализ**

В много научни области – биология, аграрни науки, икономика, физика, при социологическите проучвания и маркетинговите изследвания често се поставя следната задача – на базата на извършени наблюдения и измервания да се установи съществува ли зависимост на една величина (y) от друга величина (x) и ако съществува, да се намери емпирична формула, изразяваща тази зависимост.

Един от методите за получаване на такива формули е методът на най-малките квадрати (МНК). Ето накратко същността на този метод.

Нека търсим зависимост на величината y от величината x – например зависимостта на себестойността на единица продукция (y) от обема на произведената продукция (x).

За целта нека са извършени n на брой наблюдения и измервания, като резултатите са разположени в таблица.

Методът, при който аналитичният вид на функцията се намира, използвайки горния критерий, се нарича метод на най-малките квадрати, или метод на Гаус. Получената функция се нарича регресионен модел, или регресионно уравнение. То е модел на изучаваната от нас зависимост.

Намирането на регресионния модел преминава през три етапа:

1. Избор на подходяща функция.
2. Определяне на параметрите (коефициентите) на избраната функция чрез МНК.
3. Оценка на адекватността на модела, т.е. доколко точно предложената функция приближава опитните данни.

➤ **Факторен анализ**

Алгоритъм за провеждане на основните процедури на ФА

- ✓ Изчисляване на корелационната матрица
- ✓ Прилагане на Метод на главните елементи (PCA - Principal Component Analysis) (PCA) и (или) друга техника за изчисляване на натрупаните вариации и обща вариация на данните по фактори
- ✓ Избор на броя фактори
- ✓ Извличане на факторите
- ✓ Въртене на факторите и получаване на факторните тегла

✓ Изчисляване и съхраняване на факторните променливи за следващи анализи

4. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

4.1. Фенологично развитие

Основните фенологични фази от развитието на царевицата са: поникване, 3-ти лист, вретене, изметляване, изсвиляване, потъмняване на свилата, млечна, восъчна и пълна зрелост.

4.2. Биометрични показатели на растенията

4.2.1. Височина на царевичните растения

Средно за периода на проучване е установена тенденция към увеличаване на височината на растенията след приложено извънкореново торене. Увеличението варира от 8,3 % (Кнежа-461) до 119,7% (Premeo) след приложението на листните торове Aminosol +Lebozol B + Lebozol Zn, Nutriplant 36. Третирането с органичните торове Kinsidro Grow, N-Lock допринася за нарастване на показателя с 1,8 %, при LG 31.390 спрямо неторената контрола.

От направеният дисперсионен анализ се доказва влиянието на Фактор А и Фактор В върху показателя „височината на растенията“

4.2.2. Брой листа на едно растение

Средно за периода на проучване най-отзивчиви на торенето с Aminosol +Lebozol B + Lebozol Zn, Nutriplant 36 са хибридите Pioneer P9889 (13,7 броя листа) и LG 31.390 (13,8 броя листа). Те увеличават стойностите на показателя със съответно 13,7 % и 12,2 % спрямо нетретираните варианти. По-слабо е влиянието, отчетено при ДКС 4416 – 7,5 %, при Кнежа-461 8,2 % и при Premeo – 9,8 %. Нарастването на броя листа при вар. 3 е с 4,4 % (ДКС 4416), с 5,2 % (Кнежа-461), с 6,4 % (Premeo) с 9,8 % (LG 31.390), с 12,0 % (Pioneer P9889).

Резултатите от дисперсионния анализ за влиянието на факторите и тяхното взаимодействие върху показателя „брой листа в едно растение“ показват, че са отчетени ясни достоверни варианти, а взаимодействието между двата фактора е статистически недоказано.

4.3. Структурни елементи на добив зърно

Елементите, които определят продуктивните възможности на отделните хибриди царевица са броят и параметрите на кочана на едно растение - дължина на кочана, брой редове в един кочан, брой зърна в един ред и маса на зърното от един кочан (Нанков и др., 2018; Pavlovski et al., 2018; Goranovska et al., 2022). Структурните елементи са генетично заложени, но се влияят от нивото на приложената агротехника счита Glogova et al. (2023). Параметрите на кочана са важни от гледна точка на добива на биомаса от кочани в допълнение към добива на зърно.

4.3.1. Дължина на кочана

Биометричните параметри на елементите на кочана са от съществено значение при постигане на по-висока продуктивност. Използването на листни торове влияе разнопосочно върху дължината на кочана при заложените хибриди царевица (Фиг. 9). Най-ниски стойности на показателя са установени при контролните варианти на DKC 4416 – 14,50 cm и 15,60 cm при Premeo. С най-голяма дължина на кочана през трите години изпъкват Кнежа-461, с 20,73 cm и Pioneer P9889 – 20,01 cm. Gigel et al. (2017) също оценяват с висока степен на значимост влиянието на храненето на растенията върху биометричните показатели на кочана. Средно по години и варианти първата година се характеризира с най-голяма дължина на кочана – 18,97 cm, а последната с най-малки стойности – 16,88 cm.

4.3.2. Брой редове в кочан

Броят на редовете в един кочан е един от биометричните показатели, от които зависи продуктивността на царевицата. И през трите години на проучването се наблюдава закономерност към повишение на показателя след листното торене. През втората година са отчетени най-голям брой редове в кочана – 15,73, средно по хибриди и варианти (Фиг. 10). Метеорологичните условия през експерименталния период и по-конкретно количеството и разпределението на валежите, както и реализирането на допълнително подадени поливки, с цел оптимизиране на влагата в почвата, оптимизират условията през критичния период изметляване – узряване. През 2022 г. броят на редовете варира от 13, 20 до 15,60 броя в един кочан. През втората година показателят е в границите на 14,80 до 17,20, а през 2024 г. съответно от 13,20 до 15,60 броя

4.3.3. Брой зърна в един ред

Средно за тригодишния период проучванията показват, че използването на листните торове влияе положително върху показателя брой зърна в ред при всички хибриди. Ефектът от торенето, включващо продуктите Aminosol +Lebosol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36, е най-висок при DKC 4416 (33,1 %), LG 31.390 (16,1 %) и Кнежа-461 (11,1 %). Най-отзивчиви на листното торене, с продуктите Kinsidro Grow, N-Lock, са хибридите Pioneer P9889 (8,9 %) и Premeo (15,2 %).

Направеният двуфакторен дисперсионен анализ на показателя „брой зърна в ред“ за трите години на изследване показва, че получените разлики, както за Фактор А, така и за Фактор В са достоверни (Табл. 12). Двата фактора оказват доказаното действие върху стойностите на този показател поради по-ниското $F_{crit.}$, спрямо F , което не превишава нивото P през 2023 и 2024 година. През годините на експеримента взаимодействието на двата фактора е недоказано.

4.3.4. Маса на 1000 зърна

Биометричният показател маса на 1000 зърна е важен параметър, определящ добивите при царевицата за зърно. Според Wang et al. (2023) метеорологичните елементи могат косвено да повлияят на теглото на 1000 семена чрез връзката си с хранителното качество на зърното, като натрупаната температура преди цъфтежа, средната температура след цъфтежа и натрупаната температура след цъфтежа имат най-голям косвен ефект върху теглото на 1000 зърна.

Средно за периода, в условия без употреба на листни торове, масата на 1000 зърна варира от 210,33 g (DKC 4416) до 246,41 g (LG 31.390). Третирането с листни торове допринася за увеличаване на масата на зърната, в различна степен. Ефектът е най-силно изразен при DKC 4416 (28,53 %), следван от Premeo (24,69 %). Резултатите са получени след третиране с продуктите Aminosol +Lebosol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36. Увеличението при Pioneer P9889 (9,92 %), LG 31.390 (11,32 %) и Кнежа-461 (14,62 %) е регистрирано отново след прилагане на същите продукти за листно торене. При последно изброените хибриди са установени малки разлики с резултатите, получени след прилагане на Kinsidro Grow и N-Lock.

Проведеният дисперсионен анализ за влиянието на факторите хибрид, продукти за листно третиране и тяхното взаимодействие върху структурния показател „маса на 1000 зърна“ са представени в таблица

14. На таблицата са отразени резултатите от анализа на данните за експерименталните години.

4.4. Продуктивни показатели

4.4.1. Добив зелена маса (направление производство на силаж)

5. Оптимизирането на хранителния режим е предпоставка за получаване на високи и качествени добиви. Прилагането на торове върху листата е ефективен метод за увеличаване на съдържанието на микроелементи в културите, добива и подобряване на почвената среда Niu et al. (2021).

6. Опитните резултати за добив зелена маса показват нарастване на стойностите след прилагане на листно торене. При проучваните хибриди е отчетено нарастване и през трите години на полското изследване. При вариантите без допълнително торене, през периода на вегетация, добивите са 37133,0 kg/ha (LG 31.390), 39866,7 kg/ha (Premeo), 43356,0 kg/ha (Pioneer P9889), 43466,7 kg/ha (DKC 4416) и 53866,7 kg/ha (Кнежа-461) през първата опитна година. След проведено листно торене с органичните и минерални продукти Aminosol +Lebosol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36 при хибридите е установено нарастване на добивите с 21,1 % до 50,9 %, съответно при Премео и LG 31.390.

4.4.2. Добив на зърно, kg/ha

По отношение на добив зърно през трите години на полското изследване е установено увеличение на продуктивността на хибридите царевица под влияние на листното торене. Резултатите, представени в таблица 22 показват нарастване на добива при третираните варианти и при петте хибрида, но с различни темпове. Стойностите на добив зърно през годините са различни, в зависимост от условията на климата – температура, валежи, относителна влажност и др.

4.5. Химични анализи

4.5.1. Качествен анализ на зелената маса

Химичният състав в биомасата и в зърното не е константен показател, а е в зависимост от генотипа и от неговата обща продуктивност, от климатичните условия (топлинен режим и водоснабдяване), от нивото на агротехника (торене, напояване, гъстота

на посева и др.) (Tang et al., 2008; Infante et al., 2018). Резултати при царевица за зърно показват, че високата температура води до увеличаване на протеиновото съдържание при определени генотипове, докато при други то намалява (Bencze et al., 2005). Царевицата допринася за глобалната продоволствена сигурност, като осигурява 20% от калориите и 15% от протеините (Liu et al., 2020).

Резултатите от химичния анализ на проучваните пет хибрида царевица са представени по години, като данните са преизчислени към 100 % сухо вещество (СВ). Данните показват ефекта от листното торене върху съдържанието на суров протеин, сурови мазнини, сурови влакнини, пепел и безазотни екстракти вещества (БЕВ).

Съдържанието на изследваните качествени параметри варира по варианти, хибриди и години. По отношение съдържанието на суров протеин през първата година стойностите варират от 85,7 до 113,1 g/kg СВ. Най-ниската стойност е установена при царевичния хибрид DKC 4416, вар. 1. С високо съдържание на суров протеин изпъква Кнежа-461 при вар. 2. При контролните варианти са установени най-ниските нива на суров протеин и при петте хибрида. Анализът на таблицата показва нарастване на съдържанието на суров протеин след торене с листни торове.

4.5.2.Качествен анализ на зърното

В таблици 23 - 26 са отразени резултатите от химичния анализ на зърното на петте хибрида царевица, като данните са преизчислени към 100 % сухо вещество (СВ). Данните са представени по хибриди, варианти на торене с листни торове и по години.

Качествените показатели на зърното са генетично обусловени, но се влияят и от прилаганата агротехника, климатичните фактори през периода на вегетация и от специфичните агроекологични условия на района, в който се отглежда културата. Доказано е, че основно влияние върху натрупването на протеин в зърното оказват стойностите на климатичните елементи през периода на формиране и наливане на зърното. Според Szeles et al. (2018) съдържанието на протеин е пониско (-11,7%) през сухата и топла година на реколтата, отколкото през влажната реколтата година.

През първата година на полския експеримент при анализа на съдържанието на суров протеин в зърното се отбелязва нарастване на

стойностите на качествения показател след торене с листен тор. Най-отзивчив на извънкореновото хранене е хибридът DKC 4416 с 21,2 % по-високо съдържание, при вар. 2, спрямо контролния вариант. Нарастването на нивата на суровия протеин е с 19,1 % при LG 31.390, вар. 3. Внасянето на макро и микроелементи при вар. 2 допринася за увеличение на съдържанието на суров протеин от 0,5 (Кнежа-461) до 21,2 % (DKC 4416). Третирането с продуктите при вар. 3 водят до увеличение в границите на 0,6 % (Pioneer P9889) до 19,1 % (LG 31.390). През 2023 г. тенденцията към увеличение на съдържанието на суров протеин след внасяне на листен тор се запазва. Прилагането на азот на по-високи нива подобрява протеиновото съдържание на зърното (Rafiq et al., 2010). При вар. 2 листното торене увеличава нивата на качествения показател със средно 23,5 %, докато при вар. 3 увеличението е с 16,6 % спрямо контролния вариант. През последната стопанска година нарастването на нивата на суров протеин е близко, като стойности след третиране и с двата листни тора – 8,2 – 8,7 5, съответно при вар. 3 и вар. 2.

Средно за периода на проучването установеното увеличение на съдържанието на суров протеин е средно при петте хибрида 13,6 % при вар. 2 и 12,4 % при вар. 3. По хибриди анализът показва, че LG 31.390 е най-отзивчив по отношение на листното торене. Повишаване нивата на суров протеин е отчетено при вар. 2 с 24,9 % и при вар. 3 с 29,5 %. При останалите хибриди повишението при вар. 2 е с 5,9% (Кнежа-461), с 7,1 % (Premeo), 11,0 % (Pioneer P9889) и с 19,0 % (DKC 4416). При вар. 3 повишението е с 4,5 % (Кнежа-461), с 6,8 % (Premeo), 7,9 % (DKC 4416) и с 13,3 % (Pioneer P9889).

4.5.3.Хранителна стойност на зелената маса и зърно при хибриди царевица.

За да се осигури правилно хранене, трябва да се знаят от една страна потребностите на животните от енергия и различни хранителни вещества, а също така и тяхното съдържание във фуражите. При хранене на животните се използват огромен брой фуражи и фуражни добавки. За улесняване на използването им се предлагат различни класификации. Най- голямо значение при хранене на животните имат растителните фуражи, а от тях важно място заемат зърнените фуражи. Зърнените житни фуражи са основни при храненето на свине и птици.

Използват се за балансиране на енергията в дажбата на различните животни.

Оценка на хранителната стойност на фуражите се прави на база преценка на съдържанието на отделните органични съединения и най-вече на енергийната и протеиновата стойност. Освен това се отчита съдържанието на вода и сухо вещество, суров протеин и сурови влакнини, наличието на дефицитни минерални вещества, витамини и незаменими аминокиселини.

Царевицата се използва като фураж за животни по целия свят и се счита за идеален фураж поради бързия си растеж навик, произвежда много вкусна биомаса и спомага за подобряване на телесното тегло и качеството на млякото при говедата поради своята по-висока хранителна стойност (Brag et al., 2024).

Енергийна и протеинова хранителност на фуражите

Енергията във фуража е основен показател за хранителността на фуражите. Потребността на животните от енергия определя до голяма степен нуждата от храна. Енергийната хранителност на фуражите се определя по способността им да задоволят нуждите на животните от енергия. Енергията има първостепенно значение при храненето на животните.

При различните видове животни се прави оценка на съдържанието на различен вид енергия във фуража. Най-точна, но най-трудна е оценката на нето енергията. Тя се изчислява при оценка на енергийната стойност на фуражите за преживни животни и коне, като се използват различни мерни единици. При преживните се използват крѐмни единици за мляко (КЕМ) и крѐмни единици за растеж (КЕР). КЕМ се използват при женски лактиращи животни (крави, биволици, овце, кози), а КЕР при растящи и угоявани преживни. Използването на две енергийни единици се налага, поради различното оползотворяване на енергията на фуража при лактиращите и при растящите животни.

Сборът от аминокиселините от фуражен и микробен произход, които се смилат и усвояват в тънките черва на преживните животни, представлява протеина, смилаем в червата (ПСЧ). Друг важен фактор, който влияе при определяне на дажбите е баланса на протеина в

търбуха (БПТ). С цел оптимално оползотворяване на фуражите е необходимо да се установи количеството на разградимия протеин и количеството на микробния протеин, синтезиран в предстомашията при хранене на преживните животни със същия фураж.

В представените данни в таблица 26 се виждат тесните граници, в които се движи съдържанието на КЕМ и през трите години на полския опит, определени при цяло растение. През първата година КЕМ варира от 1,09 до 1,16 в 1 kg СВ. През втората година са установени по-ниски стойности от 1,05 до 1,09 в 1 kg СВ, докато през последната година са в границите на 1,07 – 1,14 в 1 kg СВ. Средно за периода резултатите показват изключително слабото влияние на приложените листни торове през вегетацията на хибридите царевица. Варирането е рамките на 1,07 – 1,12 в 1 kg СВ при изхранване на преживни животни със сѐлаж.

Данните за ПСЧ показват, че приложените начини за третиране не влияят върху нивата на ПСЧ при различните варианти на торене на хибридите царевица. Счита се, че съдържанието на протеина, смилаем в червата, дава точна оценка на протеиновата хранителност на фуража.

При регистрирани отрицателни стойности на БПТ се счита, че се наблюдава дефицит на разградим протеин за микробите в предстомашията. В настоящата разработка се отчита недостиг през трите години на проучването. При Pioneer P9889 е отчетен най-голям дефицит, средно за периода, при нетретирания с листни торове вариант (- 43,23). След прилагане на листно подхранване през вегетацията се наблюдава намаляване на дефицита на БПТ до -38,94 при вар. 3 и 41,9 при вар. 2.

5. Статистически анализи и модели

В настоящият дисертационен труд се разглеждат статистически методи за оценяване влиянието на листните продукти върху добива, както и построяване на подходящи модели в зависимост от структурните и химичните показатели.

5.1. Корелационен анализ

Корелационни зависимости на биометрични и продуктивни показатели

Оценката на изпитаните варианти е извършена чрез сравнение на следните показатели определящи качеството на царевицата: x_1 – височина на растението, x_2 – брой листа, x_3 – дължина на кочана, x_4 – брой редове в кочан, x_5 – брой зърна в ред, x_6 – маса на 1000 зърна, x_7 – добив зелена маса, x_8 – добив зърно.

Извършен е корелационен анализ, целящ да установи наличието на статистически значими корелации между изследваните показатели.

Корелационните коефициенти, изразяващи връзката между изследваните показатели, са посочени в корелационната матрица (табл. 31).

Количествените признаци се измерват в абсолютни величини – конкретен числов израз представен в естествени измерители - дроб (kg/ha), метър (m), брой и др.

Установени са положителни корелации между структурните елементи, определящи продуктивността на проучваните хибриди. Високи положителни стойности на r ($r = 0,953$) се отчитат между „маса на 1000 зърна“ и „добив зелена маса“.

Силна положителна корелационна взаимовръзка има между показателите „брой листа“ и „височина“ $r = 0,866$; „дължина на кочана“ и „маса на 1000 зърна“ $r = 0,806$, „добив зелена маса“ $r = 0,830$; „брой зърна в ред“ и „маса на 1000 зърна“, „добив зърно“ с коефициенти съответно $r = 0,815$; $r = 0,866$.

Силна отрицателна корелационна взаимовръзка има между показателите „дължина на кочана“ и „брой редове“ $r = -0,977$.

6. Математически недоказани са корелационните зависимости между показателите „брой листа“ и другите разглеждани показатели

Таблица 31. Корелационна матрица

Показател	Височина на	Брой листа	Дължина на кочана	Брой редове в	Брой зърна в ред	Маса на 1000 зърна	Добив зелена маса	Добив зърно
Височина на растението	1							
Брой листа	0,866*	1						
Дължина на кочана	-0,321	-0,352	1					
Брой редове в кочан	0,198	0,304	-0,977**	1				
Брой зърна в ред	0,405	0,469	0,621	-0,678				
Маса на 1000 зърна	-0,110	0,124	0,806*	-0,743	0,815*	1		
Добив зелена маса	-0,363	-0,116	0,830*	-0,761	0,687	0,953*		
Добив зърно	0,478	0,500	0,596	-0,603	0,866*	0,758	0,537	1

*. Correlation is significant at the 0.05 level (2-tailed).

**. Correlation is significant at the 0.01 level (2-tailed).

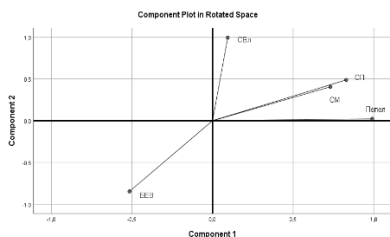
Корелационни зависимости между химичните показатели на зърно при хибриди царевица

Оценката на изпитаните варианти е извършена чрез сравнение на следните химични показатели определящи качеството на царевицата: СП, СМ, СВл, Пепел и БЕВ.

При извършения корелационен анализ на химичните показатели при добива зърно е установена положителна взаимовръзка между показателите „СП“ и „СВл“ $r = 0,839$.

Силна отрицателна корелационна взаимовръзка е забелязана между показателите: „БЕВ“ и „СП“, „СВл“ с коефициенти на корелация съответно $r = -0,957$; $r = -0,925$ (таблица 34).

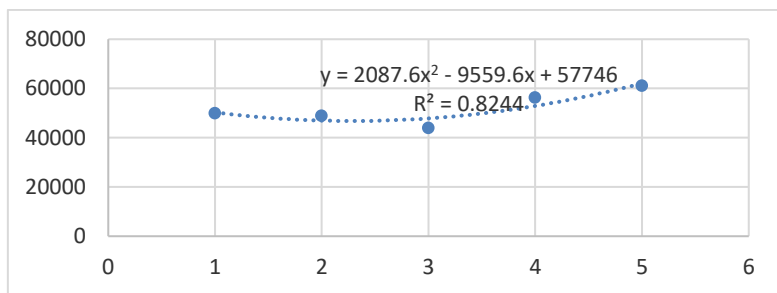
Математически недоказани са корелационните зависимости между показателя „СМ“ и „Пепел“ с другите разглеждани показатели.



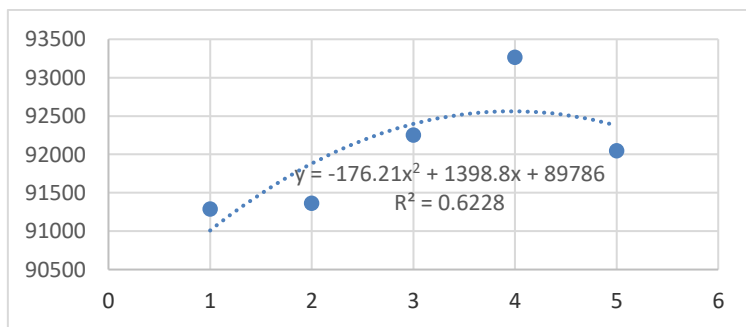
Фигура 17. Принципен компонентен анализ (РСА) на химичните показатели при царевицата

5.2. Регресионни модели за влиянието на листните торове върху продуктивността на хибридите царевица

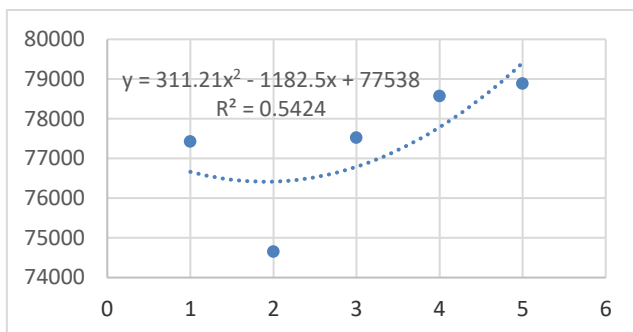
Построени са регресионни модели за влиянието на листните продукти върху добив силаж за всяка календарна година и средно за периода (Фигури 17, 18, 19, 20)



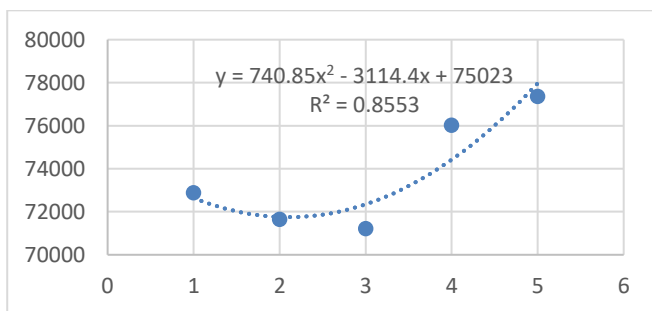
Фигура 18. Регресионен модел между листните торове и добив силаж средно за 2022 г.



Фигура 19. Регресионен модел между листните торове и добив силаж средно за 2023 г.



Фигура 20. Регресионен модел между листните торове и добив силаж средно за 2024 г.

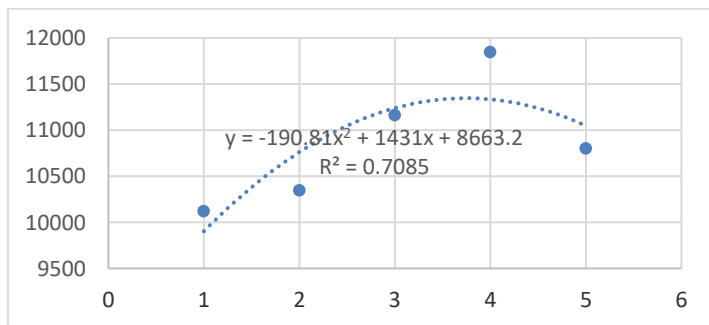


Фигура 21. Регресионен модел между листните торове и добив силаж средно за 2022- 2024 г.

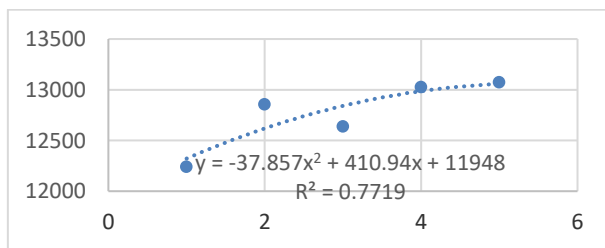
Корелационният коефициент, повдигнат на квадрат – R^2 (R Square) се нарича коефициент на детерминация. Той показва какъв процент от разсейването на резултативната променлива се обяснява с действието на факторната променлива. В случай $R^2 = 0,8553$ т.е. 86 % от добива зависи от листните продукти (Фигура 17).

Можем да приемем, че полиномният регресионен модел от втора степен за адекватен.

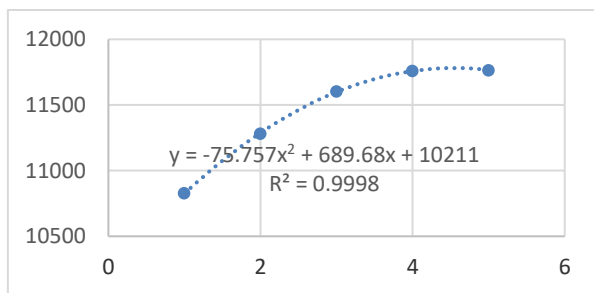
Построени са регресионни модели за влиянието на листните продукти върху добив зърно за всяка календарна година и средно за периода (Фигури 22, 25).



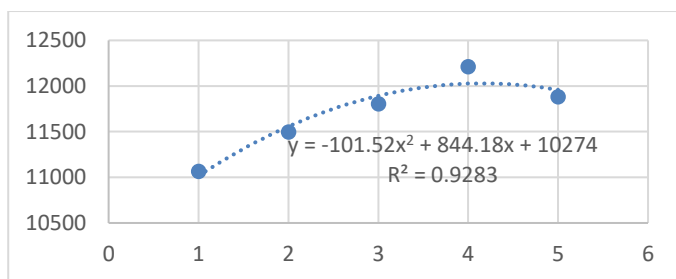
Фигура 22. Регресионен модел между листните торове и добив зърно за 2022 г.



Фигура 23. Регресионен модел между листните торове и добив зърно за 2023 г.



Фигура 24. Регресионен модел между листните торове и добив зърно за 2024 г.



Фигура 25. Регресионен модел между листните продукти и добив зърно средно за 2022- 2024 г.

5.3. Клъстер анализ

За идентифициране подобие и близостта на разглежданите пет хибрида е използван йерархичен клъстер анализ. Като мярка за сходство е използвано евклидовото междугрупово разстояние

$$D(x, y) = \sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - y_i)^2} . \text{ За да се избегне различието в дименсиите на из-}$$

следваните показатели, данните предварително са стандартизирани. Резултатите от кластеризацията са представени графично чрез дендрограма, показваща последователността на обединяване на обектите и

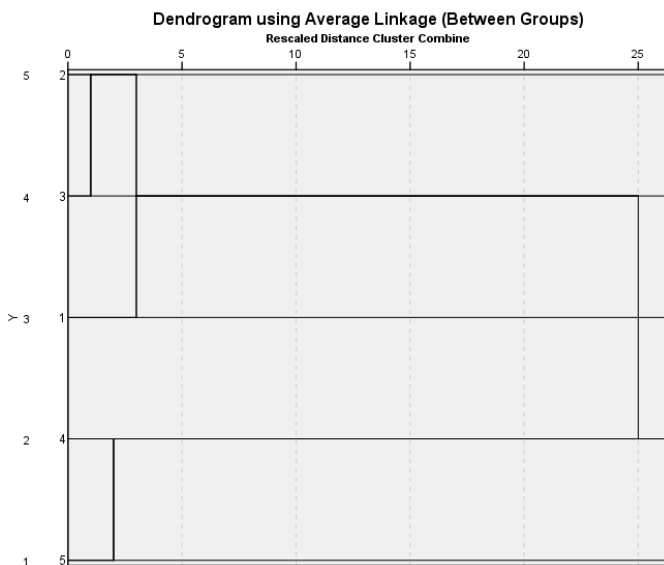
формирани на кластерите. За обработката на данните е използвана статистическата програма SPSS 26.0.

При проведения клъстер анализ от изпитаната хибриди се оформят два клъстера (фиг. 26).

Първият клъстер обхваща три хибрида. Сравнявайки евклидовите разстояния между тях, се вижда, че практически няма разлика между тях.

Хибридите 1-DKC 4416, 2-LG 31.390 и 3-Premeo от този клъстер са близки по съдържание на БЕВ, Пепел, СМ, добив зърно, брой листа, дължина и брой редове.

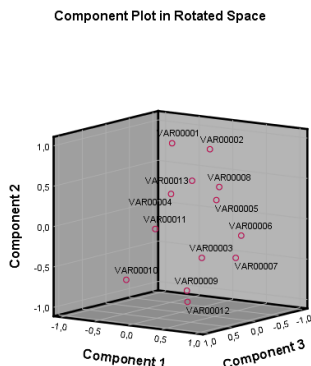
Вторият клъстер включва хибридите 4-Pioneer и 5-Кнежа-461. В този клъстер те са еднородни по брой зърна в ред, пепел и добив силаж.



Фигура 26. Дендрограма на базата на средните междугрупови разстояния

Чрез прилагането на йерархичен клъстер анализ, на базата на 13 изследвани показателя, генотиповете са оценени и групирани в два клъстера с различна близост. Групите включват образци със сходни

стопански качества. Направената класификация позволява да се увеличи обективността на оценката.



Фигура 27. Визуализация на изследваните показатели във факторната равнина

5.4. Метод CART за обработка и анализ на реални емпирични данни в растениевъдството

Интензивната практика в съвременната аграрна наука се нуждае от по-точни и прецизни методи за изследване, които да направят по задълбочен анализ на връзките между изследваните признаци и показатели.

Биологичните обекти, за които най-често се събират данни при експерименти в растениевъдството, съществуват чрез съответен жизнен цикъл.

Чрез прилагане на един от най-съвременните дейта майнинг модели за статистическо моделиране и анализ на данни е клафикационни и регресионни дървета (CART). Приложен е метода при моделиране на дневна млечност на крави от Yordanova et al. (2015).

Целта и една от задачите на дисертационнитруд е да се построи и изследват модели на царевица в зависимост от линейни признаци с метода на клафикационни и регресионни дървета (CART).

Методът CART се приложи за зависимата променлива „добив зърно“ и 22 екстериорни признака от ординален тип. Поставени са

контролни параметри за дървото, минимален брой случаи в краен възел на дървото – 20. Получено е дърво с дълбочина 5, 21 възела от които 6 крайни.

Заклучение

Основна част от получените резултати са публикувани в три научни публикации. Изнесени са три доклада един на международен форум и два на национален форум.

В дисертационния труд са получени и анализирани голям брой статистически методи и модели за управление на добива в зависимост от различните препарати на третиране.

Основен принос от гледна точка на математическото моделиране и приложение на математика е ползването на реални данни от растениевъдството като за моделирането им е приложен дейта майнинг модел с машинно обучение от типа CART.

6. Изводи

Въз основа на резултатите, получени от полските, химичните и статистическите изследвания и анализи могат да се направят следните изводи:

1. За условията на гр. Стара Загора е установена средната продължителност на периода на вегетация при пет хибрида царевица от групата на ранните и средно ранните хибриди по ФАО. Царевичният хибрид DKC 4416 е най-ранозрял, с продължителност от 116,3 дни, а при Кнежа-461 е регистриран период на вегетация от 124,7 дни.

2. Прилагането на многокомпонентните и еднокомпонентни торове Aminosol + Lebosol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36 допринасят за увеличаване на стойностите на показателите височината на растенията и брой листа в едно растение. Височината на растенията нараства с 8,3 % (Кнежа-461) до 119,7% (Premeo), спрямо контролите. Хибридите LG 31.390 и Pioneer P9889 увеличават броя на листата със съответно 12,2 % и 13,7 % спрямо контролните варианти, след прилагане на Aminosol + Lebosol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36. Увеличението на показателя, след внасяне на продуктите Kinsidro Grow, N-Lock е по-слабо изразено.

3. Установена е положителна тенденция към нарастване на параметрите на показателите дължината на кочана и брой редове в един кочан, след листно третиране. Хибридите Кнежа-461 и Premeo формират по-голяма дължина на кочана под влияние на комплексното третиране с Aminosol + Lebozol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36.

4. Прилагането на листните торове влияе положително върху показателя брой зърна в ред при всички хибриди. Ефектът от торенето, включващо продуктите Aminosol + Lebosol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36, е най-висок при DKC 44166 (33,1 %). Най-отзивчив на листното торене, с продуктите Kinsidro Grow, N-Lock, е хибрида Premeo (15,2 %).

5. Установено нарастване на масата на 1000 семена след внасяне на листни торове през вегетацията. Ефектът е най-силно изразен при DKC 4416 (28,53 %), следван от Premeo (24,69 %). Резултатите са получени след третиране с продуктите Aminosol + Lebosol B + Lebosol Zn, Nutriplant 36. Увеличението при Pioneer P9889 (9,92 %), LG 31.390 (11,32 %) и Кнежа-461 (14,62 %) е регистрирано отново след прилагане на същите продукти за листно торене.

6. Формирането на зелена маса, при петте хибрида, силно се влияе от приложеното извънкореново торене. Средно за периода на изследване внесените торове Aminosol + Lebosol B + Lebosol Zn и Nutriplant 36 водят до нарастване на добивите с 41,4 % спрямо контролата. Прилагането на органичния тор Kinsidro Grow и азотостимулатор N-Lock, допринася за увеличение с 36,4 % при проучваните хибриди.

7. Установена е тенденция към нарастване на показателя добив зърно и при петте изпитвани хибрида царевица. Добивите са с 15,5 % по-високи след третиране с Kinsidro Grow и азотния стимулатор N-Lock, и с 23,6 % след внасяне на комплекса от листни торове Aminosol + Lebosol B + Lebosol Zn и Nutriplant 36.

8. Чрез двуфакторен дисперсионен анализ е установено влиянието на факторите върху продуктивността на царевицата. Средно за периода е установено, че най-голямо влияние има факторът продукти за листно торене, при формирането на зелена маса (81,3 %),

като и при добив зърно (72,3 %). Влиянието на фактора хибрид е 15,0 % при показателя зелена маса и 15,3 % при добив зърно.

9. Прилагането на листен тор увеличава съдържанието на суров протеин в зелената маса. С 15,2 % нараства съдържанието в зелената маса, спрямо контролата, при Premeo (105,63 g/kg СВ) след третиране с листните торове Aminosol + Lebosol B + Lebosol Zn и Nutriplant 36. Извънкореновото торене с Kinsidro Grow и N-Lock повишава нивата на суровия протеин с 4,8 % (DKC 4416) до 13,8 % (Premeo).

10. Листното третиране води до повишаване съдържанието на суров протеин в зърното при всички изследвани хибриди с 4,5 % до 19,0 % в сравнение с контролите. Увеличението е най-високо при царевичния хибрид DKC 4416 и Pioneer P9889.

11. Влиянието на листното торене върху енергийна и протеинова хранителност на фуражите е слабо. Варирането на КЕМ е рамките на 1,06 – 1,11 в 1 kg СВ при изхранване на преживни животни със силаж и 1,54 – 1,58 в 1 kg СВ при зърното. Стойностите на смилаема енергия при птици са в рамките на 16,15 – 16,44 MJ/kg СВ, средно за периода. Обменната енергия варира от 15,72 до 15,97 MJ/kg СВ.

12. Установена е силна корелационна взаимовръзка между показателите „брой листа“ и „височина“ $r = 0,866$; „дължина на кочана“ и „маса на 1000 зърна“ $r = 0,806$, „добив зелена маса“ $r = 0,830$; „брой зърна в ред“ и „маса на 1000 семена“, „добив зърно“ с коефициенти съответно $r = 0,815$, $r = 0,866$.

13. Разработените регресионни модели за определяне степента на влияние на листните торове са адекватни и с високи стойности на коефициента на детерминация ($R^2 = 0,8553$ е при силажа и $R^2 = 0,9283$ при добив зърно).

14. Йерархичен клъстер анализ установява оформянето на два клъстера. В първия клъстер близки по съдържание на БЕВ, Пепел, СМ, добив зърно, брой листа, дължина и брой редове са хибридите DKC 4416, LG 31.390 и Premeo. Вторият клъстер обединява, сходните по брой зърна в ред, пепел и добив силаж хибриди, Pioneer и Кнежа-461.

15. Пострени са дърво на решенията, получено за променливата „добив зелена маса“ и дърво на решенията, получено за променливата „добив зърно“ по CART модела.

На база на направените изводи могат да се оформят следните научно-теоретични и научно-приложни приноси:

7. Научно-теоретични приноси

1. За първи път в агроекологичните условия на района на гр. Стара Загора са установени специфични закономерности в растежа, развитието и вегетационната продължителност при пет хибрида царевица от групата на ранните и средноранните по ФАО.
2. Установено количественото влияние на факторите „листно торене“ и „хибрид“ върху добива на зърно и зелена маса. Двухакторният дисперсионен анализ показва, че най-голямо влияние оказва листното торене (72,3 % при добив зърно и 81,3 % при зелена маса), превъзхождайки ефекта на генотиповия фактор.
3. Доказани са силни положителни корелационни зависимости между основни структурни елементи на добива и показатели на продуктивността – напр. между брой листа и височина ($r = 0,866$), както и между дължина на кочана, маса на 1000 зърна и добив зърно.
4. Разработени са регресионни модели ($R^2 = 0,8553$ за зелена маса и $R^2 = 0,9283$ за добив зърно), както и на база на дейта майнинг модел с машинно обучение от типа CART е доказана възможност за прогнозиране на влиянието на листните торове.
5. Чрез използване на йерархичен клъстерен анализ, изследваните хибриди са групирани на база тяхната продуктивност и химичен състав, което дава възможност за целенасочено използване в производството.

8. Научно-приложни приноси

1. Доказано е положителното влияние на листните торове върху добивите на зелена маса (до 49,6%) и зърно (до 31,8%). Установена е и най-добрата комбинацията от тях, а именно - Aminosol + Lebosol B + Lebozol Zn и Nutriplant 36.

2. Определени са хибридите (Premeo, Pioneer P9889, ДКС 4416) с най-висока отзивчивост към листно торене, което ги прави подходящи за интензивно производство.
3. На база на получените резултати са предложени конкретни комбинации от листни торове за оптимизиране на технологичните параметри при отглеждане на царевица с цел повишаване на съдържанието на суров протеин в зелената маса и зърното.
4. Разработена е научнообоснована технология за листно торене при царевица, приложима в условията на Югоизточна България, като същата е подкрепена със статистически доказани резултати.
5. Създадена е практическа основа за прецизно управление на торенето при царевица, която включва и възможности за адаптиране на модела за различни хибриди и насоки на производството (биомаса, зърно и др).

7. ПУБЛИКАЦИИ, СВЪРЗАНИ С ДИСЕРТАЦИОННИЯ ТРУД.

1. Stoyanov, G., & Kuneva, V. (2024). Mathematical approach for assessing the impact of foliar nutrition on the main indicators in maize hybrids. *Scientific Papers. Series A. Agronomy*, 67(1).
2. Stoyanov, G. 2025. Influence of foliar fertilization on biomass yield of new corn hybrids (*Zea Mays* L.). Xth International Conference of Young Scientists, 20 – 23 June 2024, Plovdiv.
3. Stoyanov, G., A. Sevov. 2025. Influence of foliar fertilization on grain yield of new corn hybrids (*Zea mays* l.). Xth International Conference of Young Scientists, 20 – 23 June 2024, Plovdiv.

РЕЗЮМЕ

Обект на изследването са 5 хибрида царевица, с различно ФАО и с различен произход, в две направления – за силаж и за зърно. Целта на дисертационния труд е да се разработят математически (аналитични) модели с проучваните хибриди, които са отглеждани през периода 2022-2024 г. В проучването са включени хибридите DKC 4416, LG 31.390, PREMEO, PIONEER P9889 и КНЕЖА-461, върху които са изпитани продукти за листно торене. Полският опит е изведен при поливни условия.

Листното торене с органичните и неорганичните листни торове е извършено по две технологии - първата технология (вар. 2) торенето е извършено в доза Aminosol (2,0 l/ha), Lebozol B (2,0 l/ha), Lebosol Zn (1,0 l/ha) и Nutriplant 36 (10,0 l/ha). По втората технология (вар. 3) приложените дози съответно са Kinsidro Grow (150 g/ha), във вид на гранули и N-Lock (2,50 l/ha). Проведени са фенологични наблюдения и биометрични измервания на структурните елементи. Установено е влиянието на приложените листни торове върху продуктивността на зелена маса и зърно. Разработени са регресионни модели за определяне степента на влияние на листните торове. Пострени са дърво на решенията, получено за променливата „добив зелена маса“ и дърво на решенията, получено за променливата „добив зърно“ по CART модела.