

АГРАРЕН УНИВЕРСИТЕТ – ПЛОВДИВ

КАТЕДРА АГРОХИМИЯ И ПОЧВОЗНАНИЕ

ИВАН ДИМИТРОВ ВЕЛИНОВ

**ВЛИЯНИЕ НА АЗОТНОТО ТОРЕНЕ ВЪРХУ ДОБИВА И
КАЧЕСТВОТО НА СОРГО ЗА ЗЪРНО**

АВТОРЕФЕРАТ

**НА ДИСЕРТАЦИЯ ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА СТЕПЕН
„ДОКТОР”**

НАУЧНА СПЕЦИАЛНОСТ „АГРОХИМИЯ”

ШИФЪР 04.01.04

**НАУЧНИ РЪКОВОДИТЕЛИ:
ПРОФ. Д-Р С. КОСТАДИНОВА
ДОЦ. Д-Р Ж. ТОДОРОВ**

**ПЛОВДИВ
2020**

Изследванията са проведени през периода 2017-2020 година на УОВБ на катедра Растениевъдство към Аграрен университет, гр. Пловдив.

Дисертацията е написана на 208 страници и съдържа 108 таблици и 10 фигури. Цитираната литература включва 278 източника, от които 31 на кирилица и 222 на латиница.

Дисертационният труд е обсъден и насочен за защита на заседание на катедра „Агрохимия и почвознание“, Аграрен университет - Пловдив.

Защитата на дисертационния труд ще се състои на г. от часа в на Факултета по агрономство при АУ - Пловдив, на заседание на Специализираното научно жури, назначено от Ректора на Аграрния университет със Заповед № РД г. в състав:

Рецензии от:.....

Становища от:.....

Материалите по защитата са на разположение на интересуващите се в библиотеката на АУ - Пловдив и са публикувани на интернет страницата на университета.

Издавам най-искрени благодарности на научния си ръководител проф. д-р Светла Костадинова, на колегите от катедра „Агрохимия и почвознание“ и други.

1. УВОД

Соргото [*Sorghum bicolor* (L.) Moench] е една от петте най-отглеждани култури в света и се отглежда с различни цели: като храна (зърно), фураж (зърно и биомаса), гориво (биоетанол), влакна (производство на хартия), ферментация (производство на метан), органично торене (използване като страничен продукт).

Соргото е тропическо растение, което произхожда от Африка, а по-късно се разпространява и в страните от Южна Европа. Въпреки, че произхожда от тропичните зони, също е добре адаптирано към умерения климат. Соргото има по-добра способност да понася стрес от суша в сравнение с други култури.

Соргото обикновено се отглежда при неполивни условия и недостигът на влага в почвата увеличава риска за получаване на потенциален добив и същевременно ограничава отзивчивостта на добива към азотното торене. Дефицитът на азот при соргото може да намали ефективността на използване на водата в резултат на получаване на нисък добив и по-голямо изпаряване на влага от почвата.

Най-големи производители са САЩ, Индия, Китай, Мексико и др. В САЩ зърненото сорго се счита за изключително ефективна култура. В Европейския съюз производството от 600 хиляди тона е съсредоточено главно във Франция, Италия и Испания. Отглежда се и в Румъния, Унгария и страните от бившия СССР и Югославия.

Общото потребление от 850 хиляди тона в Европа превишава производството, като най-много се внася от Испания - 300 хиляди тона, Италия – 50 хиляди тона и 110 хил. тона от други страни. Вносът е предимно от САЩ.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Целта на настоящия дисертационен труд е да се проучи влиянието на азотното торене върху продуктивността, качеството и ефективността на използване на азота при сорго за зърно.

Осъществяването на тази цел ще допринесе за оптимизиране на азотното хранене на соргото, за агрономически и икономически ефективно производство при същевременно опазване на околната среда и почвеното плодородие.

За успешното изпълнение на определената цел си поставихме следните **задачи**:

1. Да се установи влиянието на различни нива на азотно хранене върху образуването на суха маса, износа на азот, фосфор и калий и тяхното разпределение в соргото при условия на съдови опити.

2. Да се проучат продуктивността и основните качествени показатели на зърното на соргото в зависимост от азотното торене.

3. Да се установи влиянието на азотното торене върху натрупването, разпределянето и преизползването на суха биомаса, азот и фосфор в растенията.

4. Да се проучат основни индикатори за агрономическа, енергийна и икономическа ефективност на азотното торене при соргото.

5. Да се установят математически зависимости на продуктивността, качеството на зърното и основни параметри за ефективност на азота с цел оптимизиране на азотното торене при сорго за зърно.

3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ НА РАБОТА

3.1. Вегетационни съдови торови опити

Първият съдов опит е изведен при условията на култивационно съоръжение за проучване влиянието на азотното хранене в нива 0 - 800 mg N/kg почва върху формирането и разпределението на суха биомаса, азот, фосфор и калий в органите на сорго хибрид ЕС Ализе. Опитът е изведен в четири повторения по следната схема:

1. N₀
2. N₂₀₀
3. N₄₀₀
4. N₆₀₀
5. N₈₀₀

Използвани са съдове с обем 5 L запълнени с 3.8 kg въздушно суха почва от опитното поле върху което е изведен полския опит с основни агрохимични характеристики: $pH_{\text{вода}} = 7.80$, съдържание на минерален азот 27.6 mg N/kg почва, подвижни фосфати 15.8 mg P₂O₅/100 g почва и усвоим калий 21.0 mg K₂O/100 g почва. Във всеки съд е поставен дренаж и е поддържан тегловно воден режим на почвата 65-70 % от полската влагоемност. Нивата на азота са създадени с внасяне на NH₄NO₃ разтворен във вода.

Изведен е втори съдов опит за проучване на влиянието на различни нива на минерално хранене върху образуването на суха надземна маса, съдържанието на азот, фосфор, калий и тяхното разпределение между зърното и сламата на соргото при условията на култивационно съоръжение. Нивата на азот (N), фосфор (P₂O₅) и калий (K₂O) в почвата са създадени чрез добавяне на NH₄NO₃, Ca(H₂PO₄)₂ и KCl, разтворени във вода. Проучвани са осем нива на минерално хранене, заложили в четири повторения:

1. $N_0P_0K_0$
2. $N_0P_{200}K_{200}$
3. $N_{200}P_{200}K_{200}$
4. $N_{400}P_{200}K_{200}$
5. $N_{600}P_{200}K_{200}$
6. $N_{800}P_{200}K_{200}$
7. $N_{600}P_0K_0$
8. $N_{600}P_{400}K_{400}$.

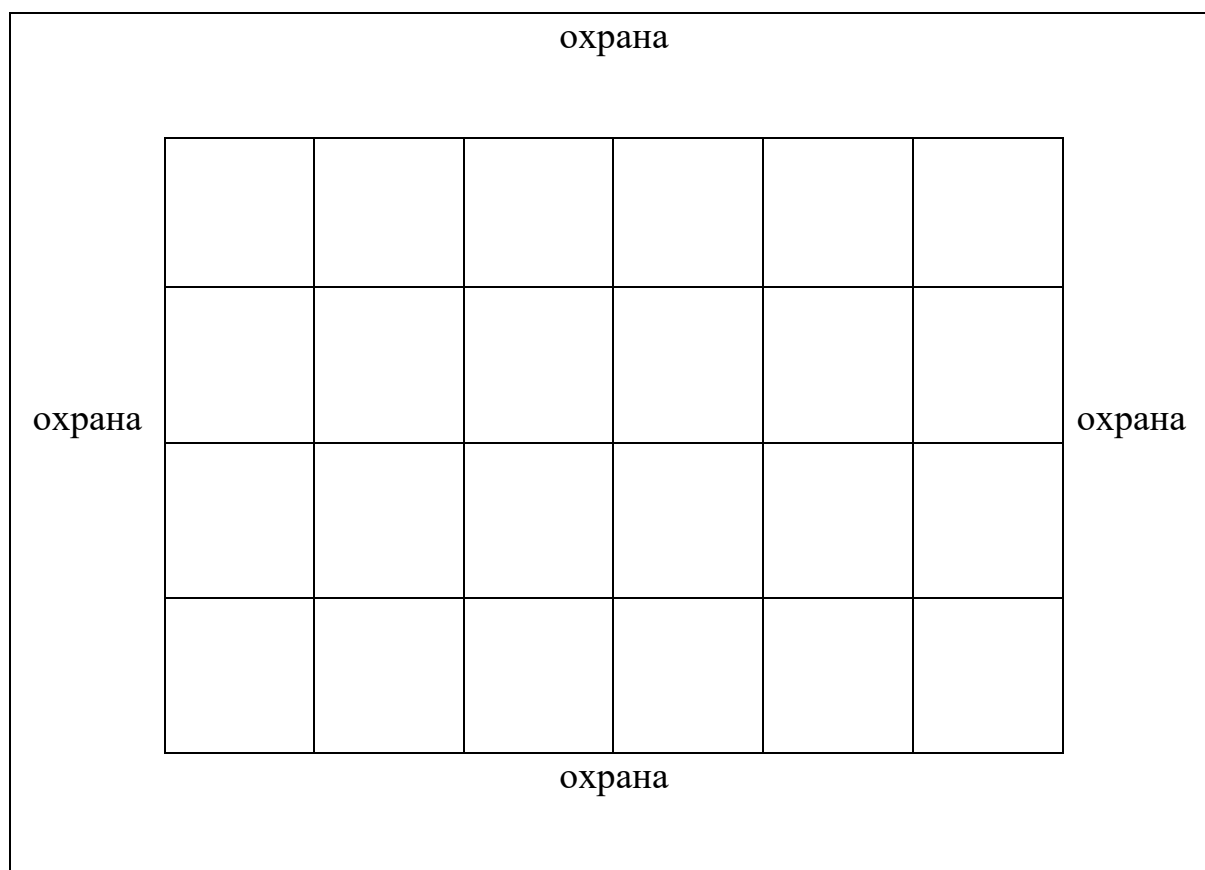
3.2. Полски торов опит

Изведен е полски торов опит в експерименталната база на катедра Растениевъдство, Аграрен Университет – Пловдив върху алувиална ливадна почва при неполивни условия за проучване на влиянието на нарастващи норми на азотно торене от 0 до 30 kg N/da. Изпитваните нива на азотното торене са:

1. N_0
2. N_6
3. N_{12}
4. N_{18}
5. N_{24}
6. N_{30} .

Опитът е заложен по блоков метод в 4 повторения с размер на опитната парцелка 20.16 m² (7.20 m дължина x 2.80 m ширина). Предшественик на соргото е пшеница. Азотното торене се извърши предсеитбено с NH_4NO_3 при фоново торене с 5 kg P_2O_5 /da и 5 kg K_2O /da като троен суперфосфат и калиев хлорид, съответно.

Схема на полския торов опит



3.2.1. Почвени условия

Почвата е с ниско съдържание на минерален азот и добре запасена с подвижен фосфор и усвоим калий (**Табл. 1**).

Таблица 1. Съдържание на минерален азот и подвижни форми фосфор и калий преди сеитбата на соргото

Година	0-30 cm			30-60 cm		
	Nmin, mg/kg	P ₂ O ₅ , mg/100 g	K ₂ O, mg/100 g	Nmin, mg/kg	P ₂ O ₅ , mg/100 g	K ₂ O, mg/100 g
2017	27.6	15.8	21,0	22.1	13.9	24.0
2018	33.8	17.3	23.1	20.4	14.1	22.9
2019	31.8	16.9	24.1	24.2	12.8	24.4

Реакцията на почвата от полето върху която е изведен опитът ($pH_{\text{вода}}$) е слабо алкална със средна стойност 7.80 в слоя 0-30 cm и 7.70 в слоя 30-60 cm. Съдържанието на органично вещество е 1.3%.

3.2.2. Климатични условия

Таблица 2. Температура на въздуха (°C) по десетдневки

2017 г.								
Месеци Десетдневка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I-ва	-4.4	-0.8	8.8	11.5	16.4	21.1	26.1	28.1
II-ра	-2	1.4	9.3	13.2	18.3	22.1	23.7	26
III-та	-5.4	9	11.1	13.4	18	28	25.4	22.1
Ср. месец	-3.9	3.2	9.7	12.7	17.6	23.7	25.1	25.4
Дългогодишна стойност	-0.4	2.2	6	12.2	17.2	20.9	23.2	22.7
2018 г.								
Месеци Десетдневка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I-ва	3.8	6.4	4.5	14.4	18.6	30.8	23.6	31.7
II-ра	2.1	3.9	10.5	15.8	19.1	29.8	25.2	32.1
III-та	2.8	0.1	6.3	19	19.9	25.9	24.1	32.6
Ср. месец	2.9	3.5	7.1	16.4	19.2	28.8	24.3	32.1
Дългогодишна стойност	-0.4	2.2	6	12.2	17.2	20.9	23.2	22.7
2019 г.								
Месеци Десетдневка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I-ва	-0.2	5.2	10.9	10.8	15.8	21.2	24.6	24.9
II-ра	2.8	4.9	11.4	11.6	18.1	24.9	21.4	24.1
III-та	4.9	3.9	9.6	15.3	20.9	24.2	24.5	24.9
Ср. месец	2.5	4.7	10.6	12.6	18.2	23.4	23.5	24.6
Дългогодишна стойност	-0.4	2.2	6	12.2	17.2	20.9	23.2	22.7

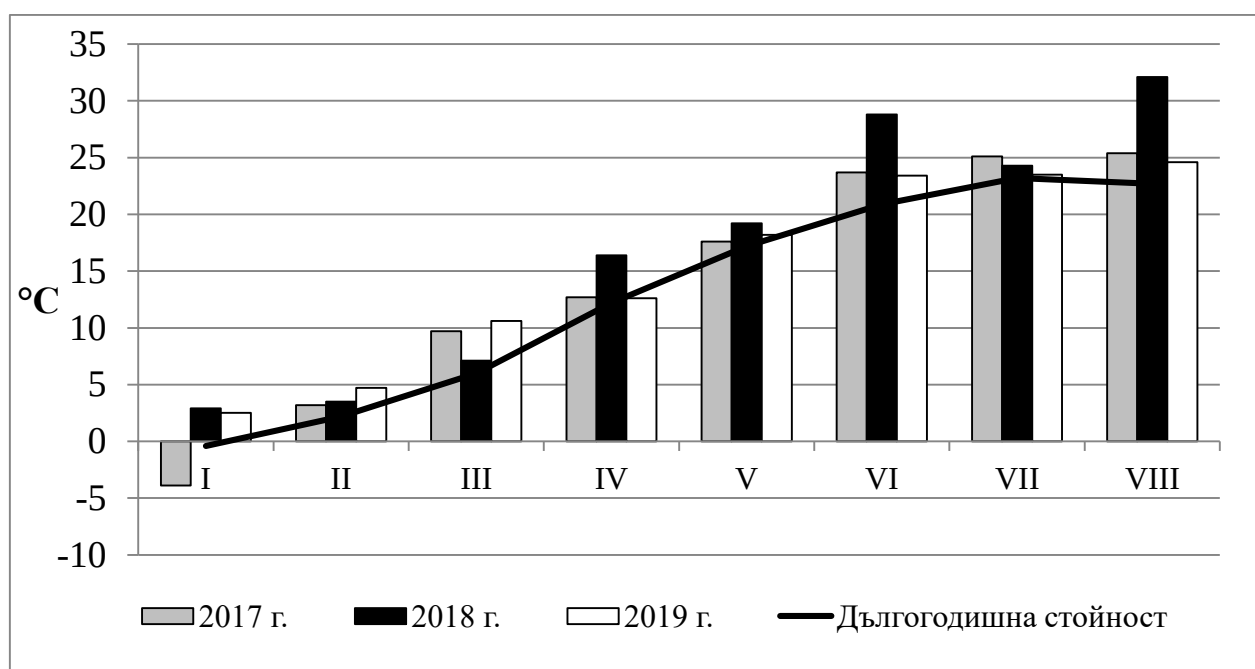
Средномесечните температури на въздуха са близки до многогодишните стойности за района и през периода на проучването не са отчетени драстични отклонения от дългогодишната стойност (Табл. 2 и Фиг. 1).

Таблица 3. Валежи (mm) по десетдневки

2017 г.								
Месеци Десетдневка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I-ва	22.2	5.4	33.3	1.9	27.2	2.8	7.8	0
II-ра	46.8	3.2	10.3	20.9	0.7	3.3	6.2	7.5
III-та	1.1	2.5	4.3	3.3	24.8	9.3	15.8	1.7
Ср. месец	70.1	11.1	47.9	26.1	52.7	15.4	29.8	9.2
Дългогодишна стойност	42	32	38	45	65	63	49	31
2018 г.								
Месеци Десетдневка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I-ва	0.7	12.5	11.4	16	10.5	1.1	54.7	5.2
II-ра	12.9	38	14.6	1.3	52.9	12.3	1.3	5.3
III-та	8.1	42.1	26.2	7.7	48.9	105.5	38.7	24.6
Ср. месец	21.7	92.6	52.2	25	112.3	118.9	94.7	35.1
Дългогодишна стойност	42	32	38	45	65	63	49	31
2019 г.								
Месеци Десетдневка	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII
I-ва	2.7	6.9	1.4	46.9	3.6	129.6	29	22.6
II-ра	1.1	4.3	7.2	26.1	4.7	21.7	34.5	5.5
III-та	27.1	6	0.2	3.5	13	45.4	4	2.5
Ср. месец	30.9	17.2	8.8	76.5	21.3	196.7	67.5	30.6
Дългогодишна стойност	42	32	38	45	65	63	49	31

Сумата на валежите през вегетационния период на соргото през 2017 г. се отличава рязко от дългогодишната стойност (Табл. 3 и Фиг. 2).

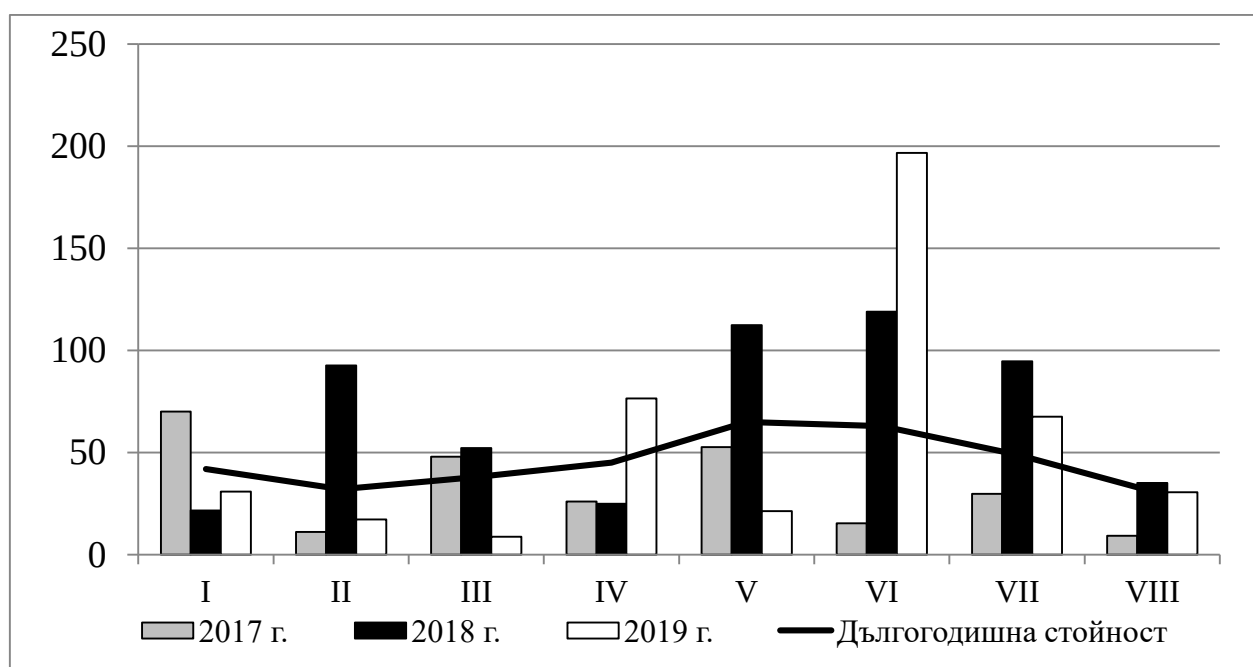
Падналите валежи през месец април и май са с 18.9 mm и 12.3 mm по-малко от средната дългогодишна стойност за съответния месец. Въпреки това соргото успя да покълне и поникне нормално. Особено неблагоприятни по отношение на валежите са условията през месеците юни, юли и август, които се характеризират с 4.1, 1.6 и 3.4 пъти по-малка сума на валежите сравнени с дългогодишната стойност за съответния месец.



Фигура 1. Изменение на средномесечните температури на въздуха през вегетационния период на соргото, °C.

Вегетационният период на соргото през 2018 г. протече при сравнително благоприятни метеорологични условия (Табл. 2 и 3; Фиг. 1 и 2). Сумата на валежите през вегетационния период на соргото през 2018 г. се отличава рязко от дългогодишната стойност. През месец април, предхождащ сеитбата на соргото са паднали с 20 mm по-малко валежи от средната норма за месеца или почти 2 пъти по-малко валежи. Месеците май, юни и юли са изключително влажни с валежи превишаващи два пъти дългогодишна стойност за съответния месец.

Сумата на валежите през вегетационния период на соргото през 2019 г. се отличава рязко от дългогодишната стойност. През месец май в който се извърши сеитбата на соргото са паднали 3 пъти по-малко валежи или 43.7 mm по-малко, сравнено с дългогодишната стойност за месеца. Месец юни се характеризира с изключително неравномерно разпределение на валежите. През първата десетдневка на юни са паднали 129.6 mm валежи от общо 196.7 mm за целия месец. Превишението на дългогодишната стойност е 3 пъти или 133.7 mm повече валежи за съответния месец.



Фигура 2. Изменение на средномесечната сума на валежите по месеци през вегетационния период на соргото, mm.

3.2.3. Растителен материал и условия на отглеждане

Проучван е хибрид ЕС Alize от селекцията на френската земеделска група „Euralis Semences”. Той е средно ранен с предназначение за зърно. В България е абсолютен лидер за всички региони в страната, дава стабилен и сигурен добив при сухи условия. Бързо отдава влагата в края на вегетационния период. Характеризира се с ниско растение, устойчиво на

полягане, лесно за прибиране и ниски нива на разпиляване на зърното при прибиране. Има дни до техническа зрялост 100-115, цвят на зърното червен, височина на растенията 116 cm, големина на метлицата 27 cm, маса на 1000 семена 30 g, тип метлица полуотворена. Характеризира се с бърз начален старт, устойчив на полягане, на суша, на оронване на зърната, на Фузариум, с много добър Stay Green ефект. Препоръчителна гъстота на отглеждане 16-19 000 растения на декар и препоръчителна гъстота на сеитба 20-24 0000 семена на декар.

3.3. Почвени и растителни анализи

Почвените анализи за агрохимична характеристика на почвата включват определяне на минерален азот (амониев+нитратен) в извлек с 1% KCl и дестилация в апарата на Парнас-Вагнер; подвижни фосфати по Егнер-Рийм; усвоим калий в извлек с 2N HCl киселина и реакция на почвата (pH) - потенциометрично във воден извлек (Томов и др., 2009).

Растителни анализи: Процентът на общ азот (N), фосфор (P_2O_5) и калий (K_2O) в растителните проби от съдовите опити и от полския торов опит е определено след мокра минерализация на аликвотна част със смес концентрирана $H_2SO_4 - H_2O_2$. Бруто енергията на 1 kg абсолютно суто вещество (АСВ) е изчислена по формулата на Schiemann et al., (1971): $BE = 0.0242 \text{ СП} + 0.0366 \text{ СМ} + 0.0209 \text{ СВл} + 0.017 \text{ БЕВ} - 0.0007 * Z_x$;

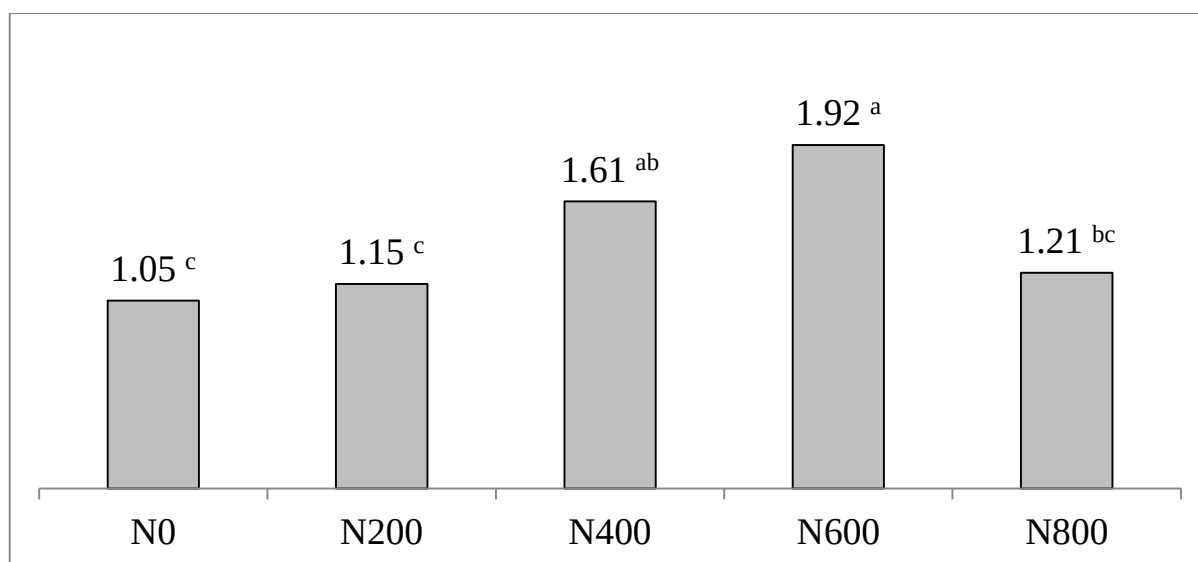
Акумулирането, разпределянето и преместването на сухата биомаса, азот и фосфор са определяни на база нетна акумулация на суха маса, азот и фосфор след фаза цъфтеж. Ефективността на азотното торене е оцедева по индексите Частична продуктивност, Агрономическа ефективност, Частичен хранителен баланс, Ефективност на възвращаемост, Физиологична и Вътрешна ефективност. Икономическата ефективност на торенето е определена на база производствената функция за връзката между средния добив и различните нива на торене, изчислени са биологичния и

икономическия оптимум. За намиране на тази норма, се използва стандартната процедура за максимизиране на функция. Оптимизирането на процеса е направено с цена на соргото 0.30 лв/кг, а на азотния тор 1.11 лв/кг. За математическа обработка на получените резултати е приложен дисперсионен анализ (ANOVA) за еднофакторни опити, тест за многофакторно сравняване на Duncan (1955), регресионен анализ. За доказани са приети само разликите при $\alpha = 0.95$. Основно е използван статистически пакет на програми Excel и SPSS.

4. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

4.1. Влияние на нивото на азотно хранене върху сухата маса и съдържанието на азот, фосфор и калий при млади растения сорго

Младите растения от сорго натрупват средно 2.39 g CM/съд, когато са отглеждани при условия на добро водоснабдяване и азотно торене 0 - 800 mg N/kg почва (Табл. 4).



Фигура 3. Влияние на нивото на азотно хранене върху сухата биомаса на листата+стъблата на растенията, g CM/съд

Най-големият дял от общата суха биомаса на растенията е разпределен на суха маса от корени (41.8%), следван от суха биомаса на листата (33.9%), а най-нисък дял (24.3%) е сухата биомаса от стъблата. Нивото на азот има положителен ефект върху натрупването на суха биомаса в органите на сорго (Табл. 4 и Фиг. 3). Растенията образуват най-голямо количество суха биомаса, когато се отглеждат на ниво N₆₀₀. Сухата маса на корените на това ниво два пъти надвишава сухата маса при неторената контрола N₀.

Таблица 4. Влияние на нивото на азотно хранене върху сухата биомаса на листата, стъблата и корените. g CM/съд

Ниво на азот	Листа	% спрямо N ₀	Стъбла	% спрямо N ₀	Корени	% спрямо N ₀	Растения	% спрямо N ₀
N ₀	0.63 ^c	100	0.43 ^b	100	0.96 ^{ab}	100	2.02 ^c	100
N ₂₀₀	0.70 ^c	110.3	0.45 ^b	104.8	1.03 ^a	107.2	2.17 ^{bc}	107.7
N ₄₀₀	0.93 ^{ab}	148.0	0.68 ^{ab}	157.3	1.08 ^a	112.8	2.69 ^{ab}	133.2
N ₆₀₀	1.04 ^a	165.2	0.88 ^a	205.5	1.17 ^a	121.8	3.09 ^a	153.1
N ₈₀₀	0.74 ^{bc}	117.7	0.47 ^b	108.8	0.75 ^b	77.9	1.96 ^c	96.9
<i>Средно</i>	<i>0.81</i>		<i>0.58</i>		<i>1.00</i>		<i>2.39</i>	

Средната концентрация на азот в органите на растенията от сорго във фаза 4 - 5 лист е 4.81% N в листата, 3.89% N в стъблата и 2.33% N в корените (Табл. 5). Листата на растенията, отглеждани без азотно торене, съдържат 5.01% N. Влиянието на нивото на азот върху концентрацията на азот в различните органи на растението е еднопосочно.

Таблица 5. Влияние на азотното ниво върху концентрацията на азот в растения от сорго, N %

Ниво на азот	Листа	% спрямо N ₀	Стъбла	% спрямо N ₀	Корени	% спрямо N ₀
N ₀	5.01 ^a	100	3.72 ^b	100	1.78 ^d	100
N ₂₀₀	4.91 ^{ab}	98.0	3.75 ^b	100.9	2.22 ^c	124.9
N ₄₀₀	4.85 ^{ab}	96.8	3.87 ^{ab}	104.0	2.23 ^c	125.3
N ₆₀₀	4.66 ^b	93.0	4.07 ^a	109.4	2.48 ^b	139.2
N ₈₀₀	4.62 ^b	92.2	4.06 ^a	109.1	2.95 ^a	165.9
<i>Средно</i>	<i>4.81</i>		<i>3.89</i>		<i>2.33</i>	

Таблица 6. Влияние на азотното ниво върху концентрацията на фосфор в растения от сорго, P₂O₅ %

Ниво на азот	Листа	% спрямо N ₀	Стъбла	% спрямо N ₀	Корени	% спрямо N ₀
N ₀	0.558 ^c	100	0.634 ^b	100	0.528 ^b	100
N ₂₀₀	0.589 ^b	105.6	0.631 ^b	99.6	0.506 ^b	95.8
N ₄₀₀	0.633 ^a	113.5	0.661 ^b	104.2	0.560 ^{ab}	106.0
N ₆₀₀	0.655 ^a	117.4	0.762 ^a	120.1	0.628 ^a	118.9
N ₈₀₀	0.632 ^a	113.2	0.751 ^a	118.4	0.601 ^a	113.8
<i>Средно</i>	<i>0.613</i>		<i>0.688</i>		<i>0.565</i>	

Средната концентрация на фосфор в растенията от сорго е с близки стойности, които са 0.613% P_2O_5 в листата, 0.688% P_2O_5 в стъблата и 0.565% P_2O_5 в корените (Табл. 6). Отглеждането на растения на по-високо ниво азот (N_{600} и N_{800}) води до значително по-високо съдържание на фосфор в органите на соргото.

Най-високата средна концентрация на калий от 4.59% K_2O в фаза 4–5 лист на соргото е установена в стъблата, последвана от съдържанието на калий в листата, която е средно 4.00% K_2O (Табл. 7).

Таблица 7. Влияние на азотното ниво върху концентрацията на калий в растения от сорго, K_2O %

Ниво на азот	Листа	% спрямо N_0	Стъбла	% спрямо N_0	Корени	% спрямо N_0
N_0	3.64 ^d	100	4.02 ^e	100	1.72 ns	100
N_{200}	3.79 ^d	103.9	4.39 ^d	109.2	1.78	103.5
N_{400}	3.97 ^c	109.1	4.64 ^c	115.4	1.84	107.0
N_{600}	4.20 ^b	115.4	4.87 ^b	121.1	1.82	105.8
N_{800}	4.42 ^a	121.4	5.03 ^a	125.1	1.79	104.1
Средно	4.00		4.59		1.79	

4.2. Влияние на нивото на минерално хранене върху добива и съдържанието на азот, фосфор и калий при соргото

Средният добив на зърно от всички изпитвани нива на торене е 56.3 g/съд, а средният добив на слама 84.0 (Табл. 8). Най-нисък добив на суха надземна биомаса в зрялост е получена при неторената контрола. Всички варианти в които е приложено азотно торене N_{200} до N_{800} доказано повишават продуктивността на соргото спрямо контролата $N_0P_0K_0$. При

добива зърно нарастването е с 64.0 – 108.6 %, а при получената слама 82.0 – 144.0 %, съответно спрямо добивите от неторените растения.

Таблица 8. Добиви на зърно и слама от сорго в зависимост от нивото на минерално хранене, g/съд

Ниво на минерално хранене	Зърно	% спрямо $N_0P_0K_0$	Слама	% спрямо $N_0P_0K_0$
$N_0P_0K_0$	35.0 ^f	100.0	45.1 ^e	100.0
$N_0P_{200}K_{200}$	39.2 ^f	112.0	51.9 ^e	115.1
$N_{200}P_{200}K_{200}$	57.4 ^d	164.0	82.1 ^d	182.0
$N_{400}P_{200}K_{200}$	68.5 ^{bc}	195.7	102.7 ^b	227.6
$N_{600}P_{200}K_{200}$	73.0 ^a	208.6	110.0 ^a	244.0
$N_{800}P_{200}K_{200}$	47.0 ^e	134.3	80.1 ^d	177.6
$N_{600}P_0K_0$	61.1 ^c	174.6	93.1 ^c	206.5
$N_{600}P_{400}K_{400}$	69.1 ^{ab}	197.1	107.0 ^{ab}	237.3
<i>Средно</i>	56.3		84.0	

Концентрацията на азот в зърното на соргото съществено се повишава паралелно с нарастване на количеството внесен азот 200, 400, 600 и 800 mg N/kg почва комбинирани с фосфорно-калиево торене $P_{200}K_{200}$. Ефектът от самостоятелното азотно торене $N_{600}P_0K_0$ върху процента азот в зърното е недоказан, сравнен с варианти $N_{600}P_{200}K_{200}$ и $N_{800}P_{200}K_{200}$. (Табл. 9)

Доказан е положителният ефект на азота в нива N_{400} , N_{600} и N_{800} върху съдържанието на азот в сламата на соргото като увеличението е с 10.0 до 44.6 % сравнено с това при неторената контрола. Сламата е с най-висока концентрация на азот, когато соргото се отглежда при високо ниво на азот $N_{800}P_{200}K_{200}$, но различията с вариант $N_{600}P_{200}K_{200}$ не са математически доказани.

Концентрацията на азот в сламата на соргото при варианта торен само с азот $N_{600}P_0K_0$ е 1.10 %.

Таблица 9. Концентрация на азот в зърното и сламата на сорго в зависимост от нивото на минералното хранене, N %

Ниво на минерално хранене	Зърно	% спрямо $N_0P_0K_0$	Слама	% спрямо $N_0P_0K_0$
$N_0P_0K_0$	1.65 ^{f*}	100.0	0.90 ^{ef}	100.0
$N_0P_{200}K_{200}$	1.69 ^f	102.4	0.87 ^f	96.9
$N_{200}P_{200}K_{200}$	1.77 ^e	107.3	0.84 ^f	93.2
$N_{400}P_{200}K_{200}$	1.83 ^d	110.9	0.99 ^{de}	110.0
$N_{600}P_{200}K_{200}$	1.97 ^c	119.4	1.22 ^{ab}	135.7
$N_{800}P_{200}K_{200}$	2.03 ^b	123.0	1.30 ^a	144.6
$N_{600}P_0K_0$	1.99 ^{bc}	120.6	1.10 ^{cd}	122.1
$N_{600}P_{400}K_{400}$	2.14 ^a	129.7	1.18 ^{bc}	131.4
<i>Average</i>	<i>1.88</i>		<i>1.05</i>	

Нивото на минерално хранене оказва значително влияние върху процента на фосфор и калий в зърното и сламата в зрялост (**Табл. 10**). Най-ниска концентрация на фосфор в зърното е получена при варианта със самостоятелно азотно торене и контролата.

Зърното с най-висока концентрация на фосфор е получено при вариант N_{600} в комбинация с повишените нива на фосфор и калий $P_{400}K_{400}$. Отглеждане на соргото при самостоятелно азотно торене оказва негативен ефект върху процентното съдържание на фосфор в зърното и води до стойности близки до контролата. Отглеждането на сорго без азотно торене и самостоятелно внасяне на фосфор и калий оказва слаб ефект върху процента на фосфор в зърното като стойностите не се различават съществено от тези при контролата.

Таблица 10. Концентрация на фосфор и калий в зърното и сламата на соргото в зависимост от нивото минералното хранене, %

Ниво на минерално хранене	% P ₂ O ₅		% K ₂ O	
	Зърно	Слама	Зърно	Слама
N ₀ P ₀ K ₀	0.90 ^{de}	0.29 ^{bc}	0.31 ^f	0.91 ^d
N ₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	0.97 ^{bcd}	0.33 ^a	0.35 ^e	0.99 ^c
N ₂₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	1.01 ^{ab}	0.27 ^c	0.37 ^{de}	1.05 ^{bc}
N ₄₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	1.02 ^{ab}	0.30 ^b	0.41 ^{bc}	1.12 ^{ab}
N ₆₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	0.99 ^{abc}	0.33 ^a	0.42 ^b	1.15 ^a
N ₈₀₀ P ₂₀₀ K ₂₀₀	0.93 ^{cde}	0.29 ^{bc}	0.39 ^{cd}	1.12 ^{ab}
N ₆₀₀ P ₀ K ₀	0.87 ^e	0.27 ^c	0.30 ^f	0.85 ^d
N ₆₀₀ P ₄₀₀ K ₄₀₀	1.05 ^a	0.23 ^d	0.45 ^a	1.18 ^a
<i>Средно</i>	<i>0.97</i>	<i>0.29</i>	<i>0.38</i>	<i>1.05</i>

4.3. Продуктивност на соргото в зависимост от азотното торене

Азотното торене има доказан положителен ефект върху добива на зърно от соргото през трите експериментални години и средно за периода. Добивът зърно средно от изпитваните норми на азотно торене е най-нисък през засушливата 2017 г. и най-висок през 2018 г., като експерименталната 2019 г. заема междинно положение (Табл. 11).

Таблица 11. Добив на зърно от сорго (kg/da) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
N ₀	457 ^d	502 ^d	489 ^e	482.7 ^c
N ₆	490 ^c	544 ^c	516 ^d	516.7 ^{bc}
N ₁₂	538 ^b	609 ^b	576 ^{bc}	574.3 ^{ab}
N ₁₈	575 ^a	681 ^a	634 ^a	630.0 ^a
N ₂₄	545 ^b	695 ^a	658 ^a	632.7 ^a
N ₃₀	536 ^b	618 ^b	594 ^b	582.7 ^{ab}
Б. Година	523 ^b	608 ^a	578 ^{ab}	

Таблица 12. Добив на зърнен протеин от сорго (kg/da) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
N ₀	50.8 ^d	55.1 ^e	53.4 ^f	53.1 ^c
N ₆	55.5 ^c	64.3 ^d	61.7 ^e	60.5 ^b
N ₁₂	65.1 ^b	75.4 ^c	72.6 ^d	71.0 ^{ab}
N ₁₈	70.8 ^a	87.3 ^{ab}	82.0 ^b	80.1 ^a
N ₂₄	67.7 ^{ab}	90.7 ^a	86.6 ^a	81.7 ^a
N ₃₀	68.4 ^{ab}	82.7 ^b	79.5 ^c	76.8 ^a
Б. Година	63.1 ^{ns}	75.9	72.6	

Получените резултати от настоящето изследване за периода 2017 – 2019 г. посочват, че добивът на зърнен протеин в граници 50.8 – 90.7 kg/da както и концентрацията от 11.55 – 13.29 % на зърнен протеин в зърното (Табл. 12)

4.4. Основни качествени показатели на соргото в зависимост от азотното торене

4.4.1. Съдържание, износ и разход на азот, фосфор и калий в соргото в зависимост от азотното торене

Азотното торене влияе положително върху процентното съдържание на азот в зърното (**Табл. 13**). Средната концентрация на азот в зърното на соргото варира в стойности 1.96 N % при N₀ и до 2.35 % при N₃₀. Повишението на средната концентрацията на азота в зърното е до норма N₁₈, като разликите между тази норма и завишените варианти на торене N₂₄ и N₃₀ са несъществени. Растенията, отглеждани без азотно торене, съдържат най-малко азот в границите 1.95 и 1.98 % N, с изключение на 2017 г., където разликата между контролата и N₆ не е доказана.

Таблица 13. Концентрация на азот в зърното (N %) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 – 2019 г.
N ₀	1.98 ^d	1.96 ^e	1.95 ^e	1.96 ^d
N ₆	2.03 ^d	2.11 ^d	2.13 ^d	2.09 ^c
N ₁₂	2.16 ^c	2.21 ^c	2.25 ^c	2.21 ^b
N ₁₈	2.20 ^{ab}	2.29 ^b	2.31 ^b	2.27 ^{ab}
N ₂₄	2.22 ^{ab}	2.33 ^b	2.35 ^{ab}	2.30 ^{ab}
N ₃₀	2.28 ^a	2.39 ^a	2.39 ^a	2.35 ^a
Б. Година	2.14 ns	2.22	2.23	

Средната концентрация на фосфор в зърното на соргото варира в стойности 1.01 % P₂O₅ при N₀ и 0.86 % при N₃₀ (**Табл. 14**). Растенията,

отглеждани без азотно торене и при условията на по-ниски торови норми, съдържат най-много фосфор в границите 1.01 и 1.08 % P_2O_5 .

Таблица 14. Концентрация на фосфор в зърното (P_2O_5 %) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средно
N_0	1.04 ns	0.97 ns	1.02 ^b	1.01 ^{ab}
N_6	1.08	1.01	1.07 ^{ab}	1.05 ^a
N_{12}	1.10	1.03	1.11 ^a	1.08 ^a
N_{18}	0.93	0.86	0.97 ^c	0.92 ^{bc}
N_{24}	0.85	1.00	0.93 ^c	0.93 ^{bc}
N_{30}	0.89	0.83	0.85 ^d	0.86 ^c
Б. Година	0.98 ns	0.95	0.99	

Таблица 15. Концентрация на калий в зърното (K_2O %) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017 – 2019 г.
N_0	0.43 ^c	0.52 ^d	0.49 ^c	0.48 ns
N_6	0.44 ^b	0.58 ^c	0.53 ^b	0.52
N_{12}	0.46 ^a	0.60 ^{bc}	0.58 ^a	0.55
N_{18}	0.48 ^a	0.64 ^a	0.61 ^a	0.58
N_{24}	0.47 ^a	0.63 ^{ab}	0.62 ^a	0.57
N_{30}	0.42 ^c	0.50 ^d	0.53 ^b	0.48
Б. Година	0.45 ^b	0.58 ^a	0.56 ^a	

Получените средни стойности за периода 2017 – 2019 г. не посочват доказан ефект от азотното торене върху концентрацията на калий в зърното на соргото, въпреки тенденция за по-високи стойности с нарастване на торенето до N_{24} (Табл. 15).

Ефектът от по-благоприятните по отношение на валежите 2018 и 2019 г. върху концентрацията на калий в зърното на соргото средно от изпитваните норми на азотно торене е доказан спрямо засушливата 2017 г.

4.4.2. Влияние на азотното торене върху някои качествени показатели и хранителната стойност на зърното на соргото

Проучваните норми на азота повишават съдържанието на пепели в зърното средно с 8.3 % (N_{24}) до 18.8 % (N_6). Акумулирането на пепели средно за периода 2017-2019 г. е с по-ниски стойности при контролата и с по-високи при норма N_6 , N_{12} и N_{30} . Норма N_{18} и N_{24} заемат междинно положение и разликата между тях не е доказана (Табл. 16).

Таблица 16. Влияние на азотното торене върху химичния състав на зърното при соргото, средно за периода 2017-2019.

Торене	Сухо вещества, %	Сурови мазнини, % към а.с.	Сурови влакнини, % към абс. сухо	Пепели, % към а.с.
N_0	88.7 ns	3.42 ns	2.42 ns	1.44 b
N_6	86.4	3.48	2.69	1.71 a
N_{12}	87.9	3.25	2.52	1.65 a
N_{18}	88.8	3.73	2.54	1.58 ab
N_{24}	89.2	4.01	2.42	1.56 ab
N_{30}	88.0	3.74	2.65	1.68 a

Таблица 17. Добив на бруто енергия от сорго, MJ/da в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
N_0	7759.1 ^d	7992.2 ^f	7971.1 ^e	7907.5 ^c
N_6	8072.9 ^c	8440.9 ^e	8132.4 ^e	8215.4 ^c
N_{12}	9159.4 ^b	9596.6 ^d	9326.5 ^d	9360.8 ^b
N_{18}	9791.3 ^a	11026.5 ^b	10495.5 ^b	10437.8 ^a
N_{24}	9279.8 ^b	11426.6 ^a	11033.0 ^a	10579.8 ^a
N_{30}	9141.7 ^b	9994.8 ^c	9578.9 ^c	10437.8 ^a
Б. Година	8867.3 ^{ns}	9984.9	9422.9	

Добива на бруто енергия от сорго в зависимост от азотно торене се изменя в граници 7907.5 – 10579.8 MJ/da средно за периода (**Табл. 17**). Най-малко е количеството бруто енергия в зърното при контролата и по-ниската норма на торене N₆. Установява се, че зърното на соргото съдържа най-големи количества енергия при растенията отглеждани с повишените нива на азотно торене N₁₈, N₂₄ и N₃₀ и разликите между тях не е доказана. При тези азотни норми добива на бруто енергия е в границите от 10437.8 до 10579.8 MJ/da.

4.5. Ефективност на азотното торене при соргото в зависимост от азотното торене

Количеството на повторно използвания азот от соргото средно за периода 2017-2019 г. се увеличава с повишаване на азотната норма от 3.40 kg N/da при контролата N₀ до 6.0 kg N/da при N₁₈ (**Табл. 18**). Соргото премества най-голямо средно количество азот 5.81 kg N/da при условия на засушаване през 2017 г.

Таблица 18. Реутилизиран азот (kg N/da) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.	% към N ₀
N ₀	3.25	3.76	3.19	3.40 ^{ns}	100.0
N ₆	3.69	4.36	3.77	3.94	115.9
N ₁₂	5.42	4.91	4.33	4.89	143.8
N ₁₈	7.38	5.04	5.57	6.00	176.5
N ₂₄	7.34	3.47	2.97	4.59	135.0
N ₃₀	7.81	2.74	3.72	4.76	140.0
Б. Година	5.81 ^a	4.05 ^b	3.92 ^b		

Количеството реутилизиран фосфор е с най-ниски стойности през 2019 г. (0.26 kg P₂O₅/da) при вариант N₃₀ и най-високи през 2017г. при вариант N₁₂ (2.43 kg P₂O₅/da) (**Табл. 19**).

Количеството ремобилизиран фосфор от соргото средно за периода 2017-2019 г. намалява с повишаване на азотната норма от 1.64 kg P₂O₅/da при контролата N₀ до 0.53 kg P₂O₅/da при високата норма N₃₀. Най-много фосфор се реутилизира (средно 1.93 kg P₂O₅/da) при торова норма N₁₂ и разликите са доказани по отношение на норми N₂₄ и N₃₀.

Таблица 19. Реутилизиран фосфор (kg P₂O₅/da) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	Средно	% към N ₀
N ₀	1.68	1.80	1.45	1.64 ^{ab}	100.0
N ₆	1.81	1.39	1.50	1.57 ^{ab}	95.7
N ₁₂	2.43	1.28	2.08	1.93 ^a	117.7
N ₁₈	2.06	0.54	1.32	1.31 ^{abc}	79.9
N ₂₄	1.30	0.78	0.81	0.96 ^{bc}	58.5
N ₃₀	1.05	0.29	0.26	0.53 ^c	32.3
Б. Година	1.72 ^{ns}	1.01	1.23		

Количеството на повторно използваната доцъфтежна суха маса от соргото средно за периода 2017-2019 г. намалява с повишаване на азотната норма от 186.9 kg/da при ниската норма N₆ до 55.8 kg/da при N₃₀ (**Табл. 20**). Соргото премества най-голямо средно количество суха маса 194.3 kg/da при условия на засушаване през 2017 г. По-влажните условия през вегетацията на 2018 и 2019 г. доказано намаляват реутилизираната суха маса с 63.5 % и 40.9 %, съответно. Настоящите резултати доказват, че в условия на засушаване през вегетационния период на 2017 г. соргото акумулира средно

2.72 пъти повече суха маса в доцъфнежния период.

Таблица 20. Реутилизирана суха маса (kg/da) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.	% към N ₀
N ₀	180.4	124.7	103.0	136.0 ^{ns}	100.0
N ₆	198.3	180.6	181.8	186.9	137.4
N ₁₂	224.9	105.4	207.0	179.1	131.7
N ₁₈	207.3	18.3	125.8	117.1	86.1
N ₂₄	184.5	0.13	70.8	85.1	62.6
N ₃₀	170.6	-3.8	0.7	55.8	41.0
Б. Година	194.3 ^a	70.9 ^b	114.9 ^b		

4.5.2. Индикатори за ефективност на азота при соргото

Стойностите получени в настоящето изследване за частичната продуктивност на азота за зърно и зърнен протеин средно за периода 2017 – 2019 г. се понижават успоредно с повишаване на азотната торова норма (Табл. 21 и Табл. 22). Понижаването на тези стойности при по-високите азотни торови норми се дължи на това, че на единица внесен азот е формирана по-ниска продукция спрямо по-ниските норми. С най-високи стойности средно за периода е ниската азотна торова норма 6 kg N/da – 86.1 kg/kg за зърно и 10.1 kg/kg за зърнен протеин, като растенията използват най-ефективно хранителния елемент от тора и от почвата и доказано надвишават стойностите при всички останали варианти, съответно с 35.9 до 343.6 % за зърно, а за зърнен протеин с 32.8 до 293.8 %. Същото е влиянието на азотното торене и през всяка една от експерименталните години, като

частичната продуктивност на азота за зърно и зърнен протеин доказано намалява с повишаване на внесения азот.

Въпреки, че са получени по-високи средни стойности през отделните години за частичната продуктивност на азота за зърно и за зърнен протеин през по влажните 2018 и 2019 г. спрямо 2017 г., влиянието на годината оказва слаб ефект върху тези показатели.

Таблица 21. Частична продуктивност на азота за зърно (kg N/kg зърно) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
N ₆	81.6 ^a	90.67 ^a	86.05 ^a	86.11 ^a
N ₁₂	44.8 ^b	50.75 ^b	48.02 ^b	47.86 ^b
N ₁₈	31.9 ^c	37.83 ^c	35.21 ^c	34.99 ^c
N ₂₄	22.7 ^d	28.96 ^d	27.43 ^d	26.37 ^d
N ₃₀	17.9 ^e	20.60 ^e	19.79 ^e	19.41 ^e
Б. Година	39.8 ns	45.76	43.30	

Таблица 22. Частична продуктивност на азота за зърнен протеин (kg N/kg зърнен протеин) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
N ₆	9.6 ^a	10.71 ^a	10.29 ^a	10.08 ^a
N ₁₂	5.7 ^b	6.28 ^b	6.05 ^b	5.92 ^b
N ₁₈	4.1 ^c	4.85 ^c	4.55 ^c	4.45 ^c
N ₂₄	2.9 ^d	3.78 ^d	3.61 ^d	3.40 ^d
N ₃₀	2.4 ^e	2.76 ^e	2.65 ^e	2.56 ^e
Б. Година	4.9 ns	5.68	5.43	

Ефектът от 1 kg торев азот при умерено торене с N₁₈ е получаването на 8.17 kg допълнителен добива зърно и допълнителен добив от 1.50 kg зърнен протеин. Високата азотна торова норма 30 kg N/da понижава агрономическата ефективност средно за периода с 146.1 % за зърно и 89.9

% за зърнен протеин спрямо N₁₈ и е неоправдана. Средното увеличение на допълнителния добив зърно и зърнен протеин за единица внесен торов азот при внасяне на норми в N₆ - N₂₄ е с близки стойности в граници 5.65 - 8.17 при добива зърно и 1.19 – 1.50 относно зърнения протеин (**Табл. 23**).

Агрономическата ефективност на азота за зърно през сухата 2017 г. доказано се понижава при високите N₂₄ и N₃₀ норми, които са неоправдани агрохимически (**Табл. 23 и Табл. 24**).

Таблица 23. Агрономическа ефективност на азота за зърно (kg увеличение на добива зърно/kg N/kg) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
N ₆	5.41 ^a	7.00 ^a	4.55 ^b	5.65 ^a
N ₁₂	6.71 ^a	8.92 ^a	7.27 ^a	7.63 ^a
N ₁₈	6.54 ^a	9.94 ^a	8.04 ^a	8.17 ^a
N ₂₄	3.68 ^b	8.04 ^a	7.06 ^a	6.26 ^a
N ₃₀	2.61 ^b	3.87 ^b	3.49 ^b	3.32 ^b
Б. Година	4.99 ns	7.55	6.08	

Таблица 24. Агрономическа ефективност на азота за зърнен протеин (kg N/kg зърнен протеин) в зависимост от азотното торене.

А. Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
N ₆	0.83 ^{abc}	1.53 ^a	1.39 ^b	1.24 ^a
N ₁₂	1.25 ^a	1.69 ^a	1.60 ^a	1.50 ^a
N ₁₈	1.16 ^a	1.79 ^a	1.59 ^a	1.50 ^a
N ₂₄	0.74 ^{bc}	1.48 ^a	1.38 ^b	1.19 ^a
N ₃₀	0.61 ^c	0.92 ^b	0.87 ^c	0.79 ^b
Б. Година	0.92 ^b	1.48 ^a	1.37 ^a	

Докато условията на годината оказват слаб ефект върху агрономическата ефективност на азота за зърно и нарастването на стойностите през по-влажните 2018 и 2019 г. е тенденция, при агрономическата ефективност на азота за зърнен протеин са доказано по-

високи и превишават с 160.9 и 148.9 % на стойностите през 2017 г. (Табл. 23 и Табл. 24).

4.6. Минерален баланс на азота, фосфора и калия при соргото

Таблица 25. Минерални баланси на азота, фосфора и калия

Торене	2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
± kg N/da				
N ₀	-9.06	-9.84	-9.54	-9.48 ^f
N ₆	-3.91	-5.48	-5.02	-4.80 ^e
N ₁₂	0.37	-1.46	-0.96	-0.69 ^d
N ₁₈	5.35	2.41	3.36	3.71 ^c
N ₂₄	11.91	7.82	8.53	9.42 ^b
N ₃₀	17.79	15.21	15.81	16.27 ^a
Година	3.74	1.44	2.03	
± kg P₂O₅/da				
N ₀	0.26	0.15	0.01	0.14 ^a
N ₆	-0.30	-0.48	-0.52	-0.44 ^{ab}
N ₁₂	-0.93	-1.25	-1.40	-1.19 ^b
N ₁₈	-0.34	-0.87	-1.15	-0.79 ^{ab}
N ₂₄	0.39	-1.92	-1.12	-0.89 ^{ab}
N ₃₀	0.24	-0.11	-0.05	0.03 ^a
Година	-0.11	-0.75	-0.70	
± kg K₂O/da				
N ₀	3.03	2.40	2.60	2.68 ^a
N ₆	2.82	1.86	2.26	2.32 ^{ab}
N ₁₂	2.51	1.34	1.66	1.84 ^{ab}
N ₁₈	2.24	0.65	1.13	1.34 ^b
N ₂₄	2.45	0.65	0.92	1.34 ^b
N ₃₀	2.75	1.89	1.85	2.16 ^{ab}
Година	2.63	1.46	1.74	

Минералният баланс на азота показва положителни средни стойности и през трите експериментални години в граници от 1.44 до 3.74 kg N/da (Табл. 25). Минералният баланс на азота средно за периода 2017-2019 г. е с

отрицателни стойности до норма N_{12} , след тази норма става положителен. Разликите между внесения азот в почвата и износа на азот със зърното на соргото при умерени и по-високи (N_{18} , N_{24} , N_{30}) норми са положителни и стойностите му нарастват паралелно с прилагания азот.

Средно за периода 2017-2018 г. минералният баланс на фосфора се променя в сравнително тесен диапазон от $-1.19 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{da}$ при N_{12} до $0.14 \text{ kg P}_2\text{O}_5/\text{da}$ в контролата без азот. Слабо положителен е фосфорният баланс при контролата N_0 през трите години на проучването както и средно за периода.

Минералният баланс на калия е положителен и през трите експериментални години. В почвата остава средно от $1.34 \text{ kg K}_2\text{O}/\text{da}$ (при N_{18} и N_{24}) до $2.68 \text{ kg K}_2\text{O}/\text{da}$ (при N_0) след отглеждането на соргото. Положителният баланс на калия е по-висок през 2017 г., което е свързано с по-ниските добиви на зърно от сорго и по-малко усвояване на калий в зърното и по-висок през 2018 и 2019 г. поради по високите добиви.

5. ИЗВОДИ

1. Младите растения от сорго образуват най-голямото количество суха биомаса и усвояват повече азот, фосфор и калий, когато се отглеждат на ниво N_{600} . Проучените нива на азот в граница от 0 до 800 mg/kg слабо влияят върху количеството азот, фосфор и калий, разпределени в листата на растенията. Съотношението на фосфор и калий, натрупано в корените, от общото им съдържание в растенията намалява с увеличаване на нивото на азотно торене.

2. Азотното торене в нива от 200 до 600 mg N/kg почва повишават добива зърно с $64.0 - 108.6 \%$ и най-висок добив е установен при тройната комбинация $N_{600}P_{200}K_{200}$. Отглеждането на соргото при ниво $N_{600}P_{400}K_{400}$ формира зърно с най-висока концентрация на азот, фосфор и калий. Самостоятелното азотно торене $N_{600}P_0K_0$ понижава общият износ на азот,

фосфор. Отглеждането на соргото на завишено азотно ниво N_{800} води до получаването на растения с най-нисък азотен, фосфорен и калиев жътвен индекс.

3. Торенето на сорт ЕС Ализе с норми 18 и 24 kg N/da води до получаване на най-висок среден добив на зърно 630.0 kg/da, което е с 30.0% над контролата. Азотното торене влияе положително върху добива на зърнен протеин и най-висок среден добив се получава при нива N_{18} , N_{24} и N_{30} . При норма на торене 24 kg N/da соргото формира средно 81.1 kg/da зърнен протеин и превишава добива на протеин от контролата с 53.9 %. Азотно торене превишаващо 24 kg N/da не е ефективно за повишаване на добива на зърно, зърнен протеин и слама. Жътвеният индекс на добива е по-висок при по-ниските азотни нива. Азотно торене превишаващо 12 kg N/da понижава жътвеният индекс на зърното. Хектолитровата маса на зърното от сорго слабо се влияе от азотно торене в норми N_0 - N_{12} . След норма N_{12} този показател се понижава с нарастване на азотното торене. Масата на 1000 зърна е най-висока при норма N_{12} и най-ниска при контролата и високата норма N_{30} . Масата на 1000 зърна се влияе по-съществено от азотното торене в години с повече влага. Продуктивността при хибрид ЕС Ализе се определя основно от азотното торене и в по-малка степен от метеорологичните особености на вегетационния период. Самостоятелният ефект на фактора азотно торене върху добива на зърно, слама, зърнен протеин и жътвеният индекс на добива е над 50%.

4. Прилагането на азотна норма N_{18} резултира във високи стойности на средните концентрации на азота, фосфора и калия в зърното на соргото. Средният износ на азот фосфор и калий в надземните части на соргото е най-висок при повишената и високата азотна норма N_{24} и N_{30} . Жътвените индекси на азота, фосфора и калия са най-високи при контролата и най-ниски при високата норма N_{30} . Торенето с норми N_{24} и N_{30} повишава разхода на азот, фосфор и калий за 100 kg зърно и съответната странична продукция.

5. Показателите за химичния състав на зърното слабо се определят от азотното торене с изключение на пепелите при които е доказан ефекта от азотното торене спрямо неторените с азот растения. Азотното торене в норми 6 – 30 kg N/da повишава добивът на бруто енергия от соргото до най-високи средни стойности 10579.8 MJ/da при норми N₁₈ и N₂₄. Допълнителният добив на бруто енергия е най-висок при същите норми и ефекта от азотното торене е доказан.

6. Реутилизацията на азот, фосфор и суха маса е с по-високи средни стойности до норми N₁₂ и N₁₈ и след това намалява. При засушливи условия соргото преизползва 194 kg/da суха маса и 5.81 kg N/da азот, което е по-високо с 43.4% за азота и 174% за сухата маса спрямо реутилизацията при влажни условия. При влажни условия и норма N₃₀ соргото реутилизира азот и фосфор под 1 kg на декар. Средната ефективност на реутилизацията на азота, фосфора и сухата маса и участието им в зърното се понижават при повишените азотни норми с най-ниски стойности при норма N₃₀. При по-влажни условия на годината, участието на доцъфтежната асимилация на суха маса в зърното на соргото при азотна норма N₃₀ е със стойности близки до нула, което посочва засилена асимилация след цъфтежа.

7. Азотното торене е факторът който влияе (над 65%) най-силно върху показателите за ефективност на азота. Средната агрономическа ефективност на азота за зърно и за зърнен протеин се понижава с повишаване на азотната норма над 18 kg N/da. За запазване на почвеното плодородие в дългосрочен план е ефективно торене 12 kg N/da, при което средната частична продуктивност на азота е 1.06. Азотното торене понижава вътрешната ефективност на използване на азота за добив зърно, зърнен протеин и зърно+слама.

8. Отглеждането на сорго за зърно без азотно торене води до отрицателен баланс на азота в почвата и торови норми N₆ и N₁₂ също са недостатъчни за компенсиране на изнесения от почвата азот. Положителен

азотен баланс на почвата се създава при торова норма 18 kg N/da и при превишаването ѝ в почвата остава излишък на минерален азот и торенето е необосновано. Балансът на фосфора в почвата е отрицателен въпреки фоновото торене от P_5K_5 и добрата запасеност на почвата с подвижни фосфати, докато минералният баланс на калия остава положителен за целия проучван период.

9. Азотно торене до норма 18 kg N/da е с добра рентабилност. Внасянето на 24 и 30 kg N/da значително понижава рентабилността и не е икономически оправдано.

5.1. Препоръки за практиката

За получаване на високи и устойчиви добиви на зърно от сорго през години с различаващи се метеорологични условия може да се препоръча сорт ЕС Ализе. Сортът се отличава с високи физични и технологични качества и формира зърно с високо съдържание на протеин.

За реализиране на високи добиви, оптимално ниво на торене е 18 kg N/da през засушливи години, а през по-влажни е 24 kg N/da и това е границата, над която добивът намалява както за зърно така и за зърнен протеин. Използването на азотна торова норма 30 kg N/da понижава значително рентабилността на производството и не е ефективна агротехническа дейност.

Отглеждането на сорго без азотно торене и добра влагообезпеченост предразполага растенията от сорго да се развиват в среда, която не покрива нуждите им и азотния дефицит е силен. При условия на съдов опит самостоятелното азотно торене не влияе съществено върху продуктивността и качеството на зърното от сорго. За постигане на максимални резултати при продуктивността и качеството е задължително комбинирането на азотното торене с фосфорно-калиево.

Почвеното плодородие би се запазило относително стабилно в дългосрочен план при торене на соргото с 12 kg N/da, при което частичната продуктивност на азота средно е 1.06. Балансът на фосфора е отрицателен освен при контролата което посочва, че е нужно внасянето на по-големи количества фосфорни торове за да се запази общото фосфорно съдържание в почвата.

5.2. Справка за приносите на дисертационния труд

5.2.1. Научно-приложни приноси

Сорт ЕС Ализе се отличава като перспективен по отношение на добивите зърно и протеин и има висок жътвен индекс въпреки години с стойности различаващи се рязко от дългогодишните стойности и вариращи хидротермални условия.

Установено е влиянието на дефицитно, оптимално и високо азотно торене при различаващи се хидротермални условия върху продуктивността и качеството на зърното от сорго.

Установено е комплексното влияние на метеорологичните фактори върху формирането на биомаса, добив и качество на зърното от сорго. Получените данни могат да се използват при разработване на количествени оценки за влиянието на текущите и очаквани агрометеорологични условия върху състоянието и продуктивността.

Получената нова информация за концентрацията, съдържанието, разпределението, реутилизирането и износа на азот, фосфор, калий и суха маса и разхода им за формиране на 100 kg зърно при съответно натрупване на биомаса може да се използва при съставяне на модели за торене и управление на процесите при отглеждане на сорго за зърно.

Новите данни за физиологичната ефективност, както и за другите показатели за агрохимична ефективност на азота показват, че соргото

ефективно превръща торовия азот в добив зърно и зърнен протеин, включително при ниско ниво на азотно хранене.

Чрез икономически анализ са обосновани ефективни норми на торене при сорго за зърно за повишаване рентабилността на производството.

За да се избегне обедняване на почвата с азот, оптимален баланс на азот при ежегодно торене при отглеждане на сорго за зърно се създава при внасяне на умерена азотна норма 18 kg N/da. Данните посочват че торова норма от 5 kg P₂O₅/da е недостатъчна за поддържане на положителен фосфорен баланс на почвата.

Публикации във връзка с дисертационния труд

1. **Velinov I.**, Todorov Z., Kostadinova S., 2019. Accumulation and distribution of dry mass and nitrogen in sorghum plants grown at different nutritional level, Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXII, No. 1, 2019, 213-218. ISSN 2285-5785; ISSN CD-ROM 2285-5793; ISSN Online 2285-5807; ISSN-L 2285-5785 Bucharest Romania

2. Kostadinova S., Todorov Z., **Velinov I.**, 2019. Grain protein of sorghum depending on nitrogen rates, Scientific Papers. Series A. Agronomy, Vol. LXII, No. 1, 2019, 336-341. ISSN 2285-5785; ISSN CD-ROM 2285-5793; ISSN Online 2285-5807; ISSN-L 2285-5785 Bucharest Romania

3. **Velinov I.**, 2019. Uptake of phosphorus and potassium in sorghum plants in dependence on nutritional level, Proceedings of the X International Scientific Agricultural Symposium "Agrosym 2019",

Участия в научни конференции

1. International Conference Agriculture for Life Bucharest, Romania 2019
(статия 1 и 2)

3. International Agriculture Symposium "AGROSYM 2019", Jahorina, 3-6 October 2019, Bosnia and Herzegovina (статия 3)