

СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ
ДОБРУДЖАНСКИ ЗЕМЕДЕЛСКИ ИНСТИТУТ
Генерал Тошево

АТАНАС ИВАНОВ АТАНАСОВ

ЕФЕКТИВНОСТ НА ИЗПОЛЗВАНЕ НА АЗОТА ПРИ СЪВРЕМЕННИ СОРТОВЕ
ПШЕНИЦА (*Triticum aestivum* L.), ОТГЛЕЖДАНИ В УСЛОВИЯТА НА
КОНВЕНЦИОНАЛНО И ПРЕХОД КЪМ БИОЛОГИЧНО ПРОИЗВОДСТВО

АВТОРЕФЕРАТ

НА ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД ЗА ПРИСЪЖДАНЕ НА ОБРАЗОВАТЕЛНА И НАУЧНА
СТЕПЕН „ДОКТОР“

НАУЧНА СПЕЦИАЛНОСТ „ОБЩО ЗЕМЕДЕЛИЕ“

Научен ръководител: Проф. д-р Маргарита Нанкова
Научен консултант: Доц. д-р инж. Илия Илиев

2024

,

Дисертационният труд съдържа 214 страници, 55 таблици и 66 фигури. Той е обсъден и одобрен за защита на разширено заседание на отдел „Агротехника и животновъдство“ и от Научния съвет към Добруджански Земеделски Институт - Генерал Тошево.

Материалите по защитата на дисертацията са на разположение на заинтересованите в Добруджански Земеделски Институт - Генерал Тошево. Защитата на дисертационния труд ще се състои на от часа в Добруджански Земеделски Институт - Генерал Тошево на заседание на специализираното научно жури, назначено със заповед на ССА.

УВОД

Интензификацията на земеделското производство, характеризиращо се с широк набор от агротехнически практики (химически пестициди, минерални торове, интензивни обработки на почвата) е свързано с намаляване на биоразнообразието, неблагоприятно влияние върху околната среда и получаване в повечето случаи на неудовлетворителни резултати спрямо очакваните. Климатичните проблеми са допълнителна предпоставка за повишаване на риска от загуби в много посоки. Управлението на земеделските системи при такива условия налага стратегически ключови решения, повишаващи обслужването на земеделските екосистеми като цикъл на хранителните вещества и регулиране на водния режим без да се допуска компромис с продуктивността и качеството на произведената продукция.

Последните десетилетия са белязани с употребата на високи азотни норми. Научните изследвания обаче показват, че до 50% от внесенения азот се използва от растенията и то при определени условия. Екстремно високите азотни норми водят до намаляване на добива и увеличаване на загубите в почвената екосистема. Това налага прецизиране на агротехниката и особено подхода към азотното торене, не само като норма, но и по отношение на срокове на внасяне, вид на източника и други особености. От друга страна изключително важна е реакцията на културата/сорта по отношение ефективността на използване на този елемент при конкретните агрометеорологични условия.

Някои държави в света поради редица причини поддържат до голяма степен традиционно земеделие, основано на естествени методи и практики. Още в началото на 20^{-ти} век Рудолф Щайнер в Германия основава движението за „Биологично-динамично земеделие”. Биологичното земеделие представлява система, при която растенията се хранят с естествените ресурси от почвата, като хранителни вещества. Този подход може да бъде засегнат от климатични фактори или характеристики на почвата, които могат да доведат до хранителен стрес, влияещ на добива и качеството на растенията. Важно е да се подчертае, че ефективното използване на хранителните елементи е от съществено значение за сортовете пшеница, подходящи за биологично земеделие. В съвременното биологично земеделие се прилагат както естествени методи и технологии, така и продукти за хранене и защита на растенията, които са от биологичен произход. То отдавна е отдавна световна тенденция. Според Зелената сделка и стратегията „От фермата до трапезата” ЕС изисква поне 25% от обработваемите земи да са заети с биологично производство, а при конвенционалните технологии да бъде намалено използването на химически продукти.

Настоящото изследване е съсредоточено върху отглеждането на сортове обикновена зимна пшеница в условията на преход към биологично, сравнено с конвенционално производство. Получените резултати дават възможност за получаване на важна информация по пътя към постигането на устойчиво земеделие. Разбирането на взаимовръзката между различните фактори, влияещи върху продуктивността и качеството на реколтата, може да допринесе за формулирането на по-ефективни и устойчиви земеделски практики, които да отговарят на нуждите на земеделските производители и на обществото като цяло. Темата е особено актуална както за агротехниката, така и за селекцията на съвременни сортове пшеница в Добруджански земеделски институт - Генерал Тошево.

2. ЦЕЛ И ЗАДАЧИ

Основната цел на докторската разработка е да се установят основни елементи на азотния метаболизъм при съвременни български сортове обикновена пшеница (*T. aestivum* L.) в зависимост от предшественика, нивото на хранителния режим и начина на отглеждане в 4-полен сеитбооборот

Осъществяването на целта включва изпълнението на следните основни задачи:

1. Продуктивност на сортове обикновена зимна пшеница, отглеждани в многополен сеитбооборот при преход към биологичното им производство и при конвенционално производство.
2. Агрономически ефект от минералното торене при сортове обикновена пшеница при конвенционално производство
3. Влияние на основни агротехнически фактори върху концентрацията на азот в органите на съвременни български сортове обикновена зимна пшеница, отглеждани в преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.
4. Влияние на основни агротехнически фактори върху усвояването на азот в органите на съвременни български сортове обикновена зимна пшеница, отглеждани в преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.
5. Параметри на азотния метаболизъм, свързани с усвояването на азота и продуктивността на сортовете при съвременни български сортове обикновена зимна пшеница, отглеждани в преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.
6. Физични качества на зърното на съвременни сортове обикновена зимна пшеница, отглеждани при преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.
7. Характеризиране параметрите на качествените показатели на брашното, тестото и хляба на изпитваните сортове, отглеждани при преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.
8. Разход на азот за формиране на 1^{-та} стопанска продукция на изпитваните сортове, отглеждани при преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.
9. Взаимовръзка между елементите на азотния метаболизъм и формираната продуктивност, физични свойства на зърното и хлебопекарни качества на изпитваните сортове пшеница в зависимост от системата за земеделско производство

3. МАТЕРИАЛ И МЕТОДИ НА РАБОТА

3.1. Методична постановка на полския опит

3.1.1. Полски експеримент при конвенционално производство

Целта на конвенционалната част на експеримента да се проследи влиянието на абиотичен (параметри на основни метеорологични елементи) и биотичен стрес (плевели, болести и неприятели) върху усвояването на азот и индексите, характеризиращи

ефективността на азотното хранене при съвременни сортове обикновена пшеница (*Tr. aestivum L.*) в зависимост от нормите на минерално торене и предшественика при условията на слабо излужен Чернозем (Naplic Chernozems) в опитното поле на ДЗИ - Генерал Тошево. Опитът е стационарен и е заложен по метода на дробните парцелки в 4 повторения с големина на реколтната парцелка 12 m² (12 x 1 m).

Обработката на почвата след прибиране на предшествениците се състои в еднократно дискуване (10-12 cm) за подравняване на почвената повърхност. След това се пристъпва към разчертаване на опита и подготовката му за извършване на основното минерално торене. След извършването му се пристъпва към неколккратно дискуване до постигане на оптимални условия за извършване на сеитбата. Изследваните фактори в конвенционалната част на експеримента са:

Фактор А – норми на минерално торене за зимните житни култури. Нормите на азота вариат в зависимост от предшественика (Табл. 1).

Фактор Б – предшественици - Грах, Слънчоглед, Царевица за зърно, Рапица

Фактор В – сортове обикновена зимна пшеница - Драгана, Рада, Пчелина, Косара и Калина.

Таблица 1. Норми на минерално торене на зимни-житни култури в зависимост от предшественика

Фактор А	
След грах	След останалите
N ₀ P ₀ K ₀ (T ₀)	N ₀ P ₀ K ₀ (T ₀)
N ₃ P ₆ K ₆ (T ₁),	N ₆ P ₆ K ₆ (T ₁),
N ₆ P ₆ K ₆ (T ₂),	N ₁₂ P ₆ K ₆ (T ₂)
N ₉ P ₆ K ₆ (T ₃),	N ₁₈ P ₆ K ₆ (T ₃)

Минералното торене се извършва с конвенционални торове. Фосфорните и калиевите торове, съответно троен суперфосфат (46% P₂O₅) и калиев хлорид (50/60% K₂O), се внасят преди основната обработка на почвата. Азотът се внася в началото на трайната пролетна вегетация под формата на амониев нитрат (33-34 % N).

3.1.2. Полски експеримент при преход към биологично производство

Целта на тази част на експеримента е също да се проследи влиянието на абиотичен (параметри на основни метеорологични елементи) и биотичен стрес (плевели, болести и неприятели) върху усвояването на азот и особености в някои характеристики на неговия метаболизъм, продуктивността и качеството на съвременни сортове пшеница, отглеждани след различни предшественици в преход към биологично производство.

Изследваните фактори в биологичната част на експеримента са:

Фактор А – предшественици - Грах, Слънчоглед, Царевица за зърно, Рапица

Фактор В – сортове обикновена зимна пшеница - Драгана, Рада, Пчелина, Косара и Калина.

В тази част на опита, където са разположени вариантите с преход към биологично производство (ПБП) пшеницата използва запаса от естествените запаси на хранителни вещества в почвата. Тук не са внасяни и не се внасят минерални или органични торове и стимулиращи продукти допустими за биологично производство, както и пестициди.

Сеитбата и в двете части на експеримента се извършва се в оптималния за района на Южна Добруджа агротехнически срок при посевната норма е 550 к.с./m² при конвенционално производство и 650 к.с./ m² - при преход към биологично. Посевната норма и при двата начина на производство на пшеницата е определяна на базата на лабораторната кълняемост на посевния материал и масата на 1000 зърна - g.

Вариантите в конвенционалната част на опита се характеризират освен с минерално торене и с извеждане на борба с плевелната растителност. При необходимост е извършвана и борба с болести и неприятели.

С цел постигане на пълна акуратност по отношение на прехода към биологично производство на пшеницата всички предшественици имат своята биологична и конвенционална част.

3.2. Изследвани показатели.

В двата опита ще се набират следните показатели, свързани с основната цел:

3.2.1. Метеорологични наблюдения

- отчитане на количеството вегетационни (по декади) и зимни валежи
- отчитане температури на въздуха по декади (*T абс.мин, T ср.мин, T ср, T абс.макс, T ср.макс.*)

Сравнителният анализ на отделните текущи метеорологични елементи се извършва с използването на климатични норми за дългогодишен период (1953-2020).

3.2.2. Биометрични измервания и показатели

а). Биологични анализи

- регистриране на фенологичните фази в полските експерименти
- биологичен добив в основните фази по органи
- структурни компоненти на добива - жътвен индекс от общата биомаса (ЖИОБ), жътвен индекс на зърното в класа (ЖИЗК).
- физични показатели на зърното - маса на 1000 зърна (g) и хектолитрова маса (kg/100 dm³)

б). Агрохимични анализи

Почвените анализи са извършване преди и в края на всяка реколтна година от полските опити за слоевете 0-20 cm и 20-40 cm. След изсушаване до въздушно сухо

състояние почвените проби са подготвени според специфичните изисквания за всеки анализ. Същите включват:

- Почвената киселинност
- Усвоимите форми на минерален азот;
- Усвоим фосфор и обменен калий
- Органичният С на почвата
- Общият азот в почвата (N mg/100 g)

Растителните анализи включват определяне съдържанието на азот (N %) по органи, като се използват растенията от взетите метровки за определяне на биологичния добив. След определяне количеството на формираната маса, същите са подготвени за анализ (смилае). Определянето на азота в органите е извършено по метода на Келдал.

Анализите са извършени в лабораторията по Агрехимия в ДЗИ-Г. Тошево по класически методи за определяне на хранителните елементи.

- Определяне на някои параметри на азотния метаболизъм
- ❖ Елементи на основата на усвоения азот от растенията
- ❖ Елементи на основата на използваните торови норми
- ❖ Качествени характеристики
 - Физични характеристики на зърното
 - Технологични и хлебопекарни качества на зърното

Подготовката на пробите за анализ и тяхното смилае е извършено на мелница MLU-202 до 70% брашно. Анализите за технологични и хлебопекарни качества са извършени в едноименната лаборатория в ДЗИ - Г.Тошево.

Получените данни от извършените анализи са подреждани в програма MS Excel 1997-2003. Данните са подложени на анализ на дисперсията (ANOVA), използвайки общия линеен модел. За доказване достоверността на разликите между вариантите, анализа на вариансите, както и корелационните зависимости (Pearson, 1900) между изследваните показатели е използван статистическия пакет SPSS 13.0

3.3. Обща характеристика на почвените и климатични условия на района.

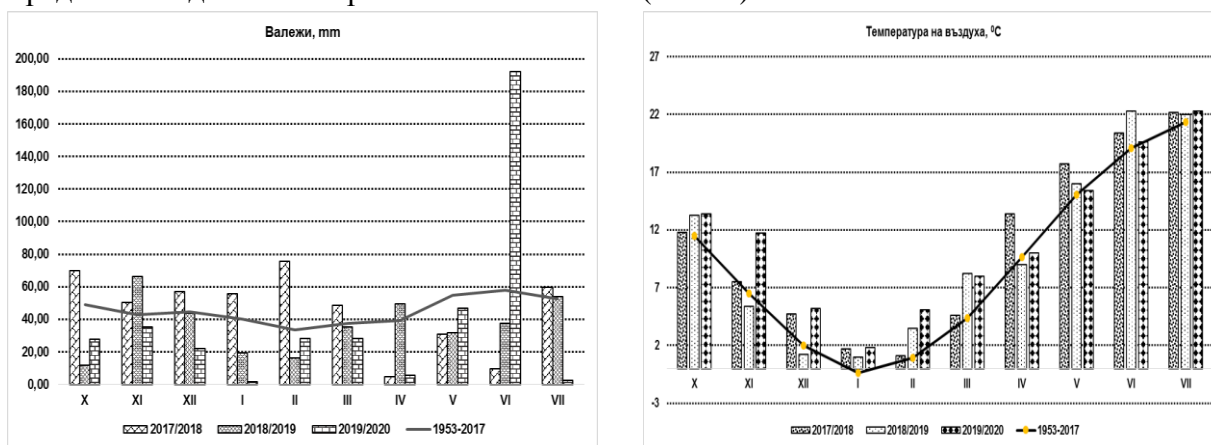
3.3.1. Обща климатична характеристика

Равнините на Добруджа и по-голямата част от Северна България принадлежат към умерено-континенталната зона. Централната част на южната част на Добруджа е на 220-310 м надморска височина и има леко вълнообразен релеф. В климатично отношение Добруджа принадлежи към средноизточния климатичен район на Дунавското плато, който е част от умерено-континенталната климатична подобласт и към северното черноморско крайбрежие на Черноморската климатична подобласт. Поради климатичните фактори, атмосферната циркулация и физическата география регионът принадлежи към източния климатичен район на Дунавското плато от умерено-континенталната климатична подобласт на европейската континентална климатична зона. Годишните валежи са 500-550 mm. През повечето години лятно-есенната суша продължава повече от 30 дни, а най-северната част на региона се характеризира със степния климат.

Най-важните климатични характеристики на Черноморската климатична подобласт са сравнително меката и влажна зима и горещото, сравнително сухо и слънчево лято. Зимните температурни условия се дължат главно на топлинното влияние на големите водни басейни, а регионът е отворен за северни и североизточни ветрове, които през зимата достигат 15-20 m/s.

3.4. Метеорологична характеристика през годините на изследване във връзка с развитието на обикновената зимна пшеница.

Стойностите за разпределението на вегетационните валежи и температурите през вегетационния период на пшеницата се различават съществено през годините на изследване. През периода 01.10.2017 г. – 31.03.2018 г. в района на Добруджански земеделски институт – гр. Ген. Тошево са паднали 357.6 mm/m² валежи количество, което е над средномногогодишната норма със 113.1 mm/m² (Фиг. 1).



Фигура 1. Температурни и валежни условия през периода на изследването

По-големите различия са установени през есенно-зимния период. Есента и зимата на реколтната 2018 г. са с близки стойности до климатичната норма като най-студен е месец февруари (1.1°C). Същата година е по-благоприятна за развитие за сортовете, особено за вариантите при ПБП, където съчетанието на температурите и валежите през есенно-зимния период спомогнаха за бързия растеж на растенията и засенчването на плевелната растителност. Пролетта се характеризира като топла и суха. Месеците май и юни са с близки до типичните за района температури на въздуха. Като специфичен в метеорологично отношение се прояви пролетно-летния период на 2018 г. Той се характеризира с екстремно засушаване през месец април (4.9 mm) и минимални количества на валежите през месеците май (30.9 mm), юни (9.8 mm) и юли (59.6 mm).

Втората година от изследването (2019 г.) се характеризира със сравнително топла есен и температури, близки до средните за района. Най-обилни валежи са установени след сеитбата през месеците ноември (66.2 mm) и декември (43.8 mm). Месец януари се отличава с най-ниска средноденонощна температура, измерена и през трите години (1°C). Пролетта, подобно на предходната година е топла, а стойностите на температурата на въздуха през летните месеци, превишава климатичната норма. За периода на пролетната вегетация най-голямо е количеството на валежите е установено през месец юни – 59.6 mm.

Специфична и разнообразна е картината и през 3^{-тата} година. Същата се характеризира с продължително и екстремно засушаване, както и с много ниски суми от валежите през есенно-зимния период. През месеците октомври, ноември и декември падналите валежи са съответно 27.6 mm, 35.4 mm и 26.4 mm, което определя този период като сух. Периодът се характеризира и със средни температури над климатичната норма.

В следствие на тези факти развитието на растенията в началните фази е по-бавно. Особено ясно това се забелязва най-вече при вариантите в ПБП и T₀ при КП. Сравнително мекото и топло за сезона време се задържа почти непроменено до края на м. януари с рекордно ниски валежи-1.8 mm. Зимната обстановка, може да се характеризира като много суха, като максимумът на валежите е през февруари – 28.1 mm, а като най-студен месец януари (1.9 °C). Пролетта също е топла, а стойностите на температурата на въздуха през ранните летни месеци - близки до нормата. Месец април е по-сух от нормата с 35,6 mm, за разлика от месец юни (192.2 mm), който я превишава със 130.2 mm, вследствие на което прибирането на реколтата е забавено.

През трите години на проучването като най-благоприятна за растеж и развитие на растенията се определя първата експериментална година (2017–2018), следвана от 2018–2019 и крайно неблагоприятната реколтна 2020 - трета от проучването. Съчетанието на комплекса от метеорологични елементи рефлектира отрицателно върху растежа, развитието, добива и качеството на пшеницата.

4. РЕЗУЛТАТИ И ОБСЪЖДАНЕ

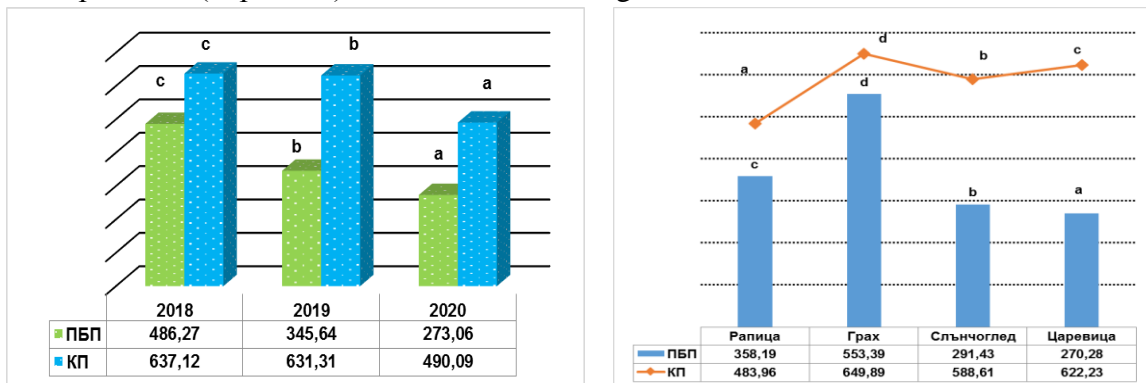
4.1. Влияние на преход към биологично производство и конвенционална система за отглеждане на пшеница в 4-полен сеитбооборот върху продуктивността на сортове обикновена пшеница

4.1.1. Влияние на системите на земеделско производство върху продуктивността на обикновената пшеницата

Годишните условия предизвикват сериозна динамика в изявата на производствения потенциал на сортовете обикновена пшеница (Фиг. 2). Най-ниски средни добиви и при двете системи за земеделско производство са формирани през 2020. Неблагоприятното съчетание на метеорологичните елементи през 2020 в съчетание с ниската сума на есенно-зимните валежи, водят до получаването на средно 56.15 % от получените добиви през 2018 при ПБП, а при КП същите са съответно 76.92 %. Така получената средна продуктивност при КП е с 64.38 % по-голяма от получената при биологично производство. При години с благоприятни условия за отглеждане на пшеницата (2018) средният добив от КП е с 31.02 % над този от биологичното производство. При условията на различни стресови състояния по време на вегетацията разликата между двете системи за производство нараства, съответно с 82.65 % (2019) и със 79.49 % (2020) в полза на конвенционалната система.

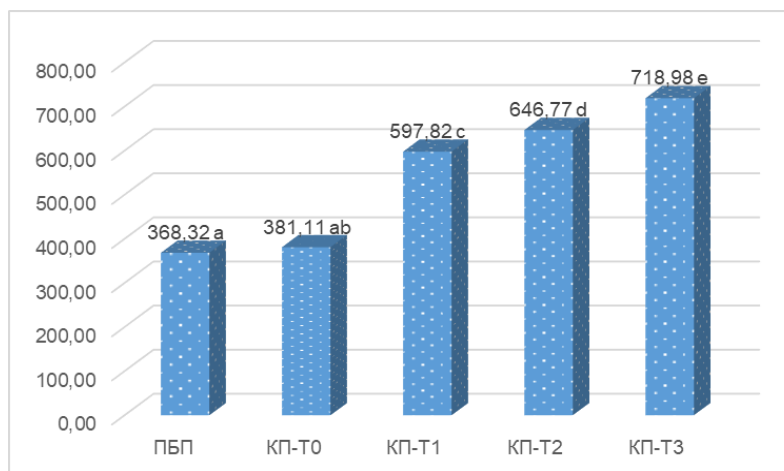
От представените резултати в експеримента стана ясно, че най-силно влияние върху продуктивността на пшеницата, отглеждана в ПБП има вида на предшественика. Диференциацията в средните стойностите на добивите в зависимост от вида на

предшествениците е силно изразена. Тази разлика между най-подходящия (грах) и най-неблагоприятния (царевица) възлиза на 283.11 kg/dka.



Фигура 2. Средна продуктивност на пшеницата по години на изследване и в зависимост от вида на предшественика при ПБП и КП, kg/dka.

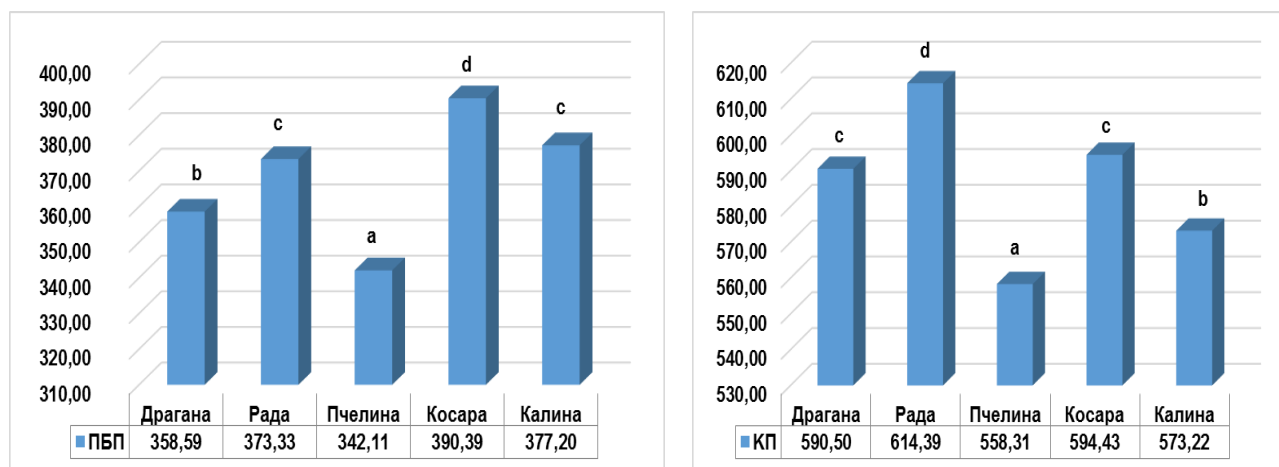
Конвенционалната система за производство на пшеницата предполага и разискване върху влиянието на основния фактор, отличаващ я най-съществено от ПБП - минералното торене (Фиг. 3). В експеримента практически са създадени 5 нива на хранителен режим на почвата общо за двата начина на производство на пшеницата. При 2 от тях (ПБП и T₀-КП) има еднакъв подход поради факта, че тук не се извършва минерално торене. Единствените агротехнически различия между тях са в размера на посевните норми и липсата съответно на химическа борба с плевелите в T₀-КП. Получените средни добиви в тези два варианта показват съществена прилика, т.е. несъществена разлика, в реакцията на културата. При варианта T₀-КП са получени 12.79 kg/dka зърно повече в сравнение с ПБП. На фона на фосфорно-калиево торене, внасянето на азот в съотношение между елементите N:P:K=3:1:1 води до получаването на среден добив от 718.98 kg/da. Същият превишава ПБП с 95.21%, а КП-T₀ - с 88.65%.



Фигура 3. Сравнение в средната продуктивност на пшеницата в зависимост от нивото на хранителния режим в експеримента (ПБП и КП), kg/dka.

При така създадените режими на хранене, изпитваните сортове пшеница разгръщат максимума от своя потенциал за конкретните условия на изследването (Фиг. 4). При ПБП вариантите средният продуктивен потенциал варира от 342.11 kg/dka (Пчелина) до 390.39 kg/dka (Косара). Сходна реакция до сорт Косара са проявили сортовете Рада и Калина. Този

резултат е предпоставка за известно предимство на тези сортове при отглеждане в условията на биологично производство.



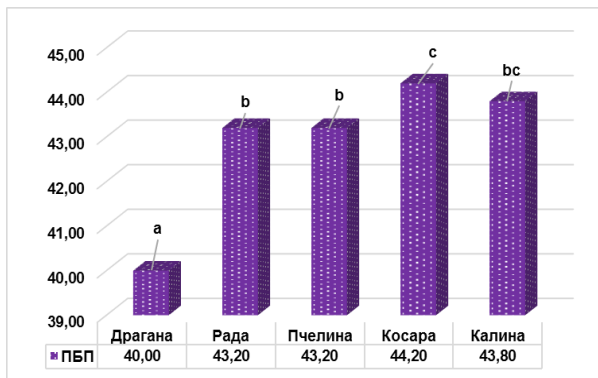
Фигура 4. Продуктивност на пшеницата в зависимост от вида на сорта при ПБП и КП, kg/dka.

Конвенционалната система за производство се отличава с по-висока продуктивност от ПБП средно с 217.85 kg/dka. Макар и със значително повишение в средния добив при КП спрямо ПБП (62.20 %) сорт Пчелина отново се отличава с по-ниска продуктивност от останалите сортове. При сорт Калина това увеличение е с 51.97 %. Според теста на Waller-Duncan сортовете Драгана и Косара, демонстрират еднаква реакция при отглеждане по КП т.е. попадат в една и съща група. Тези два сорта обаче и повишават продуктивността си спрямо ПБП в различна степен - съответно с 64.67 % и 52.27 %. Лидер по средна продуктивност при конвенционалната система за производство е сорт Рада – 614.39 kg/dka и увеличение спрямо добива си (373.33 kg/dka) при ПБП с 64.57 %.

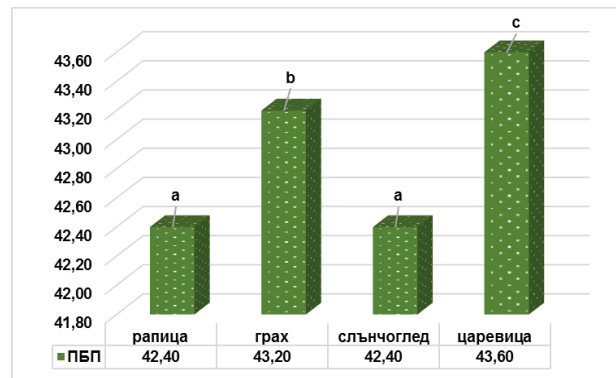
4.1.2. Жътвен индекс при условията на преход към биологично и конвенционално производство

Жътвеният индекс (НИ) е относителния дял на зърното, спрямо общата надземна биомаса. Влиянието на сорта и предшественика върху изследвания показател представен на [фигура 5](#) доказва, че ефекта от генотипа върху стойностите на ЖИОБ е най-слабо изразен при сорт Драгана (40.00 %). Тестът на Waller-Duncan, класира сорт Косара (44.20 %) на първа позиция, следван от Калина (43.80 %). Средно за опита с най-висок ЖИОБ, се нареждат предшествениците царевица (43.60 %) и грах (43.10 %), следвани от рапицата и слънчогледа.

Получените резултати при НЗЧК, средно за периода на изследването, откроява отново сорт Драгана с по-ниски стойности на показателя (Фиг. 6), следван от сорт Калина, като на лидерската позиция се нарежда сорт Рада 76.32 %, следван от Пчелина (75.07 %) и Косара (73.22 %). Средно за опита с най-висока стойност на НЗЧК, се нарежда предшественик грах (74.26 %), следван от царевицата, рапицата и слънчогледа.

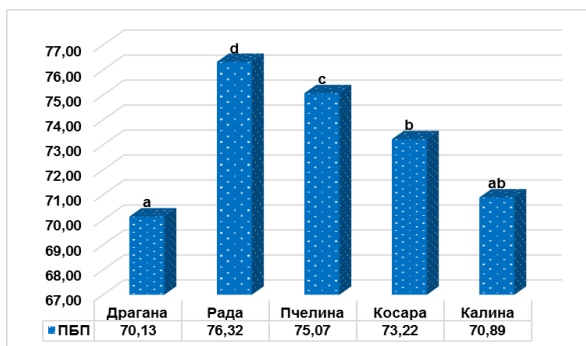


Сорт

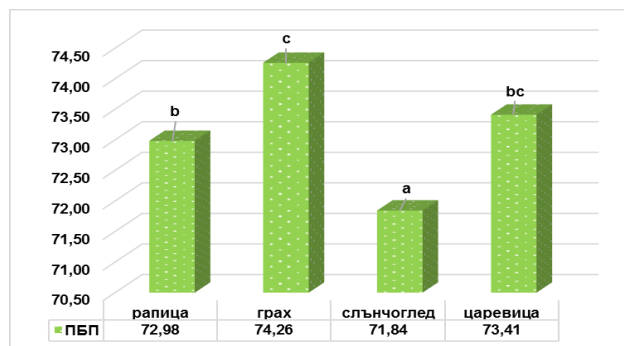


Предшественик

Фигура 5. Влияние на сорта и предшественика върху жътвения индекс от общата биомаса при прехода към биологично производство, средно за периода на изследването, %



Сорт

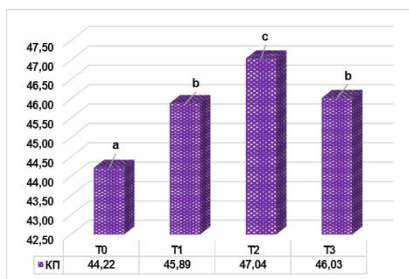


Предшественик

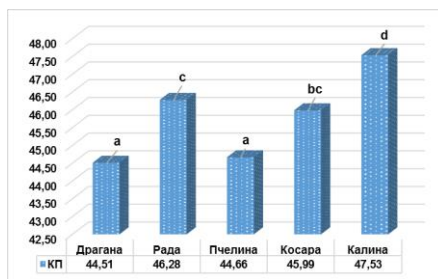
Фигура 6. Влияние на сорта и предшественика върху жътвения индекс в класа при прехода към биологично производство, %

Реакцията на ЖИОБ в контролния вариант, отразява най-ниски стойности на показателя – 44.20 % (Фиг. 7). Интензивната торова норма има негативно действие върху ЖИОБ, като се изравнява с ниската торова норма и откроява Т₂ (47.02 %) с най-високи стойности, средно за периода на изследването. Сортите Калина, Косара и Рада се отличават с най-висок ЖИОБ, следвани от Пчелина и Драгана. Бобовият предшественик, се подрежда на първа позиция, следван окопните предшественици слънчоглед и царевица, а маслодайната рапица, отстъпва с най-ниски стойности средно за периода на изследването при конвенционалното производство.

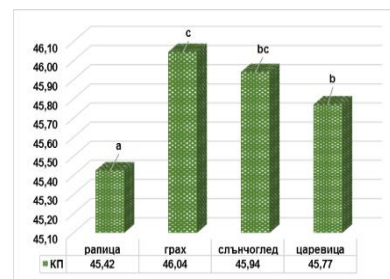
Представена динамиката на НЗЧК, средно за периода на изследването относно ефекта от торенето е добре изразена (Фиг. 8). Контролният вариант Т₀ е с по – ниски резултати, съответно 74.04 % в сравнение с торовите варианти, където е достигнат максимума на НЗЧК при последното ниво на азотно торене – Т₃ (76.92 %).



Торене



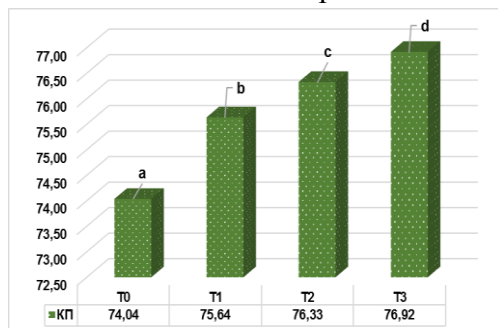
Сорт



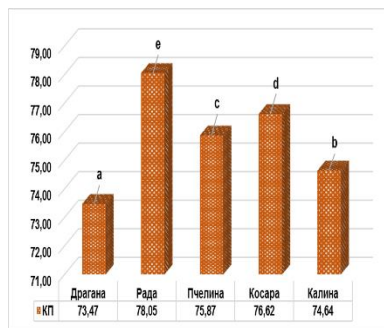
Предшественик

Фигура 7. Влияние на торенето, сорта и предшественика върху жътвения индекс от общата биомаса при конвенционалното производство, средно за периода на изследването, %

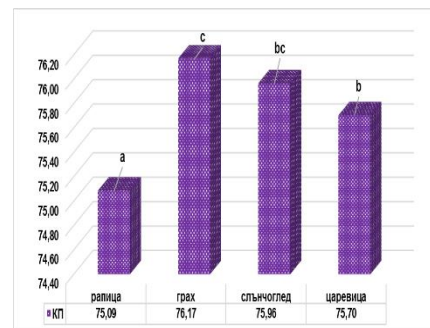
Влиянието на генотипа, е най-добре изразен при Рада (78.05 %) и Косара (76.62%). Най-ниски стойности на този показател, е отбелязан след сорт Драгана (73.47%). Средно за опита с най-висока стойност на НЗЧК, се нарежда предшественик грах (76.17 %), следван от слънчогледа и царевицата.



Торене



Сорт



Предшественик

Фигура 8. Влияние на торенето, сорта и предшественика върху жътвения индекс в класа при конвенционалното производство, средно за периода на изследването, %

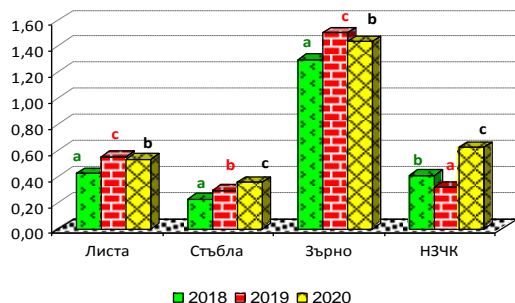
4.2. Елементи на азотния метаболизъм

4.2.1. Елементи на основата на усвоения от растенията азот

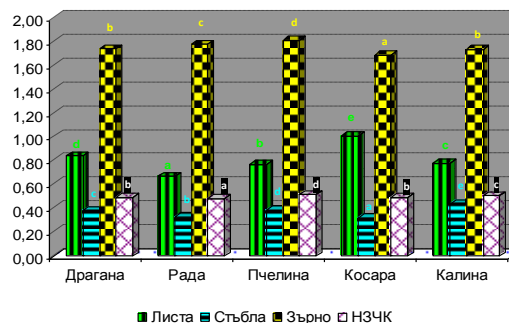
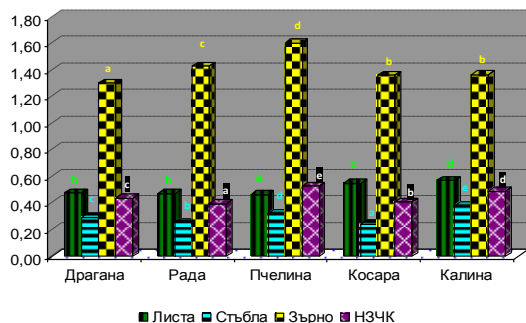
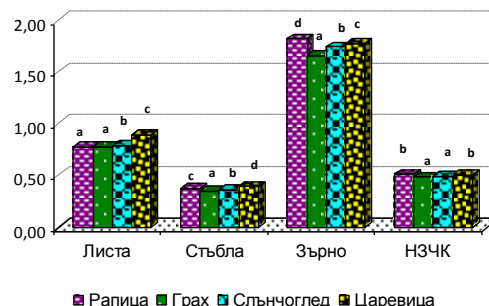
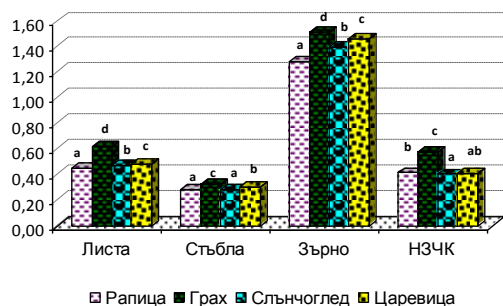
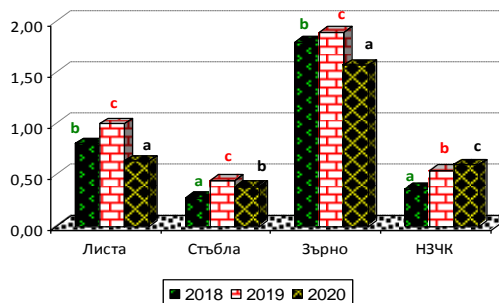
4.2.1.1 Влияние на основни агротехнически фактори върху концентрацията на азот в органите на съвременни български сортове обикновена зимна пшеница, отглеждани в преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.

Получените резултати за средните за периода на изследване стойности за N% в ПБП показват, че 2019 предоставя по-добри условия за обогатяване на зърното с азот (Фиг. 9). През тази година N% в листата е най-висок, а този в НЗЧК - най-нисък. Първата година от изследването се отличава с най-ниските концентрации на азот в листата, стъблата и зърното.

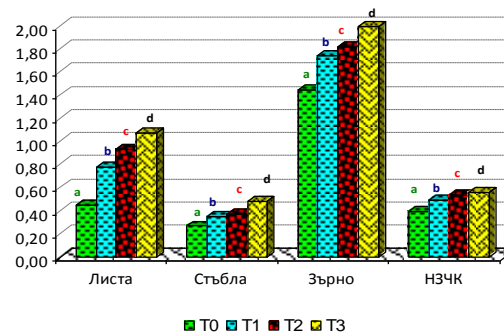
Преход към биологично



Конвенционално



Фигура 9. Средни данни за концентрацията на N% в зависимост от изпитваните фактори и начини на производство на пшеницата



На този фон при отглеждането на пшеницата след рапица, с изключение на N% в НЗЧК, са установени най-ниските концентрации на азот. След грахов предшественик съдържанието на азот във всички органи на надземната биомаса е по-високо в сравнение с

това след другите предшественици. В този смисъл по средните стойности на N% в листата, зърното и НЗЧК предшествениците се подреждат с следния ред: грах>царевича>слънчоглед>рапица. При азота в стъблата влиянието на рапицата и слънчогледа е изравнено и води до получаването на най-ниски стойности за концентрацията на азот (N%). Подбраният сортов състав също се подрежда в различни редове по отношение концентрацията на азот в отделните органи. При условията на ПБП сорт Пчелина се отличава с най-висока концентрация на азот в зърното, следван от сорт Рада.

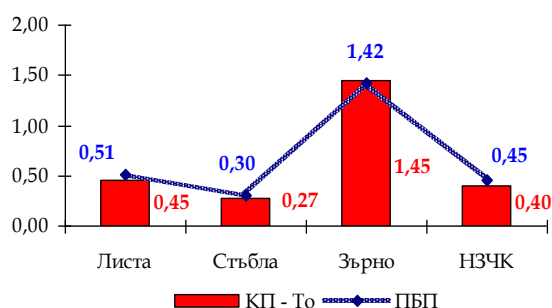
Интересен факт е, че сорт Пчелина остава с най-висока концентрация на азот в НЗЧК, докато при Рада тази част от вегетативната маса, която е най-близо до зърното е с най-нисък N%. Сорт Пчелина се отличава и с най-ниска концентрация на азот в листата и е на 2-ра позиция след сорт Калина по отношение N% в стъблата.

Конвенционалният начин на производство води до по-високо съдържание на азот в листата, стъблата и зърното - съответно с 18.47%, 7.48% и 9.03%. През 2018 и 2020 N% в НЗЧК при КП е под средната, получена при ПБП система на отглеждане и съответно е 87.14% и 95.37% от нея. Същият е причина и за сериозно разместване в позицията на изпитваните предшественици по отношение N%.

Прави впечатление, че сорт Рада се характеризира със сравнително ниски концентрации на азот в органите на вегетативната маса, което вероятно е свързано с по-добър отток на асимилати към зърното. По-ниски са средните концентрации на азот в зърното на сортовете Косара, Калина и Драгана. При същите са установени значително по-високо съдържание на азот в листата и отчасти в другите органи.

Тъй като в експеримента има два варианта, в които не се внасят минерални торове - прехода към биологично производство (ПБП) и контролния вариант при конвенционалното производство (КП-Т₀), направихме и сравнение между получените средни стойности за концентрацията на азот за периода 2018-2020 (Фиг. 10).

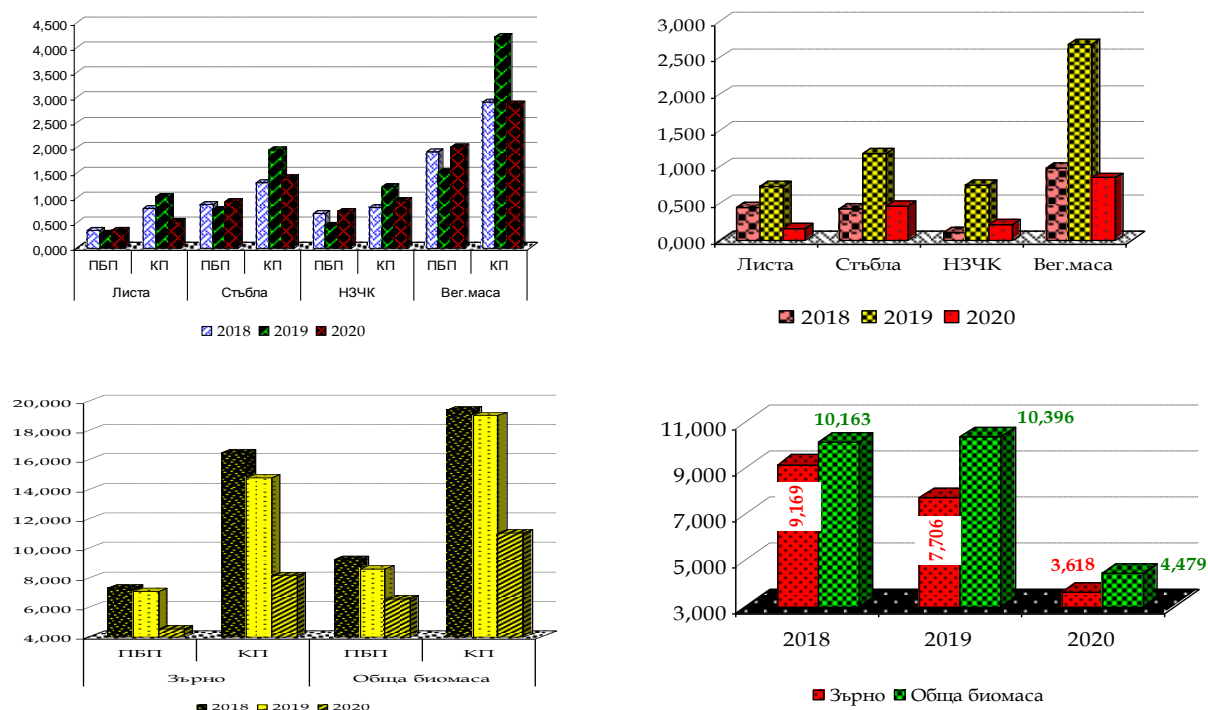
Същите показват, че различията в N% по органи между вариантите без внасяне на минерални торове в двете системи за производство на пшеницата са несъществени. Практически от гледна точка на агротехниката им в ПБП посевната норма е от 600 к.с./m², а при КП е 550 к.с./m² и има внасяне на хербицид.



Фигура 10. Сравнение в концентрацията на азот по органи при ПБП и КП-Т₀ средно за 2018-2020, %

5.2.1.2. Влияние на основни агротехнически фактори върху усвояването на азот в органите на съвременни български сортове обикновена зимна пшеница, отглеждани в преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.

В абсолютни стойности различията по години между двата начина на производство при усвояния азот в нестопанската част на продукцията са ясно изразени (Фиг. 11). Най-големи разлики са установени през 2019, когато усвояния азот във вегетативната биомаса е с 2.690 kg/dka (175.82%) повече в сравнение с ПБП. Всички органи от нестопанската част на продукцията имат принос за това, но същият е най-голям при стъблата - с 1.189 kg/dka (154.22%). при неблагоприятни условия през вегетацията на пшеницата тази тенденция също е запазена, но разликите между двата начина на производство са значително по-малки. Например, разликата в количеството на азота в нестопанската част е само 0.861 kg/dka (42.62%) в полза на КП. Отново стъблата са органът, при който разликите са най-големи.



Фигура 11. Усвоен азот от органите на нестопанската част, зърното и общата надземна биомаса на пшеницата при начините на отглеждането ѝ по години на изследване, kg/dka

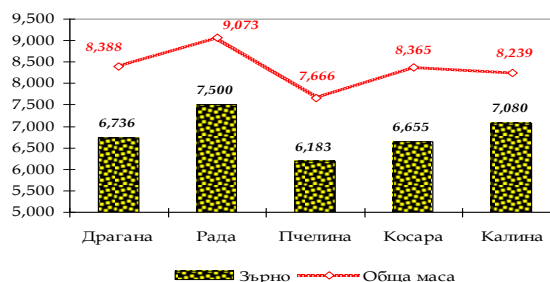
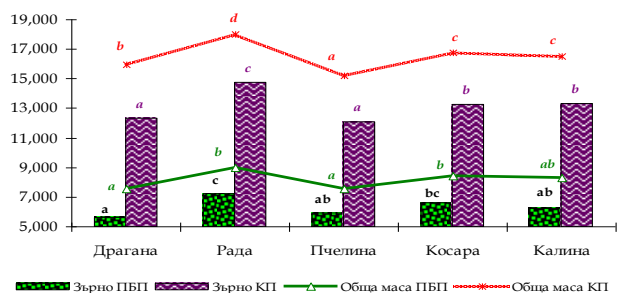
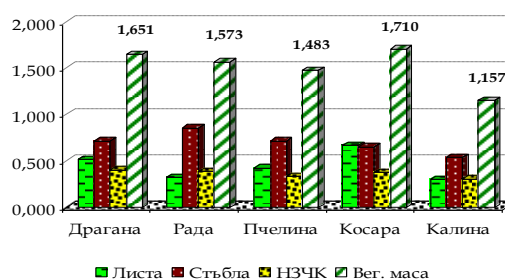
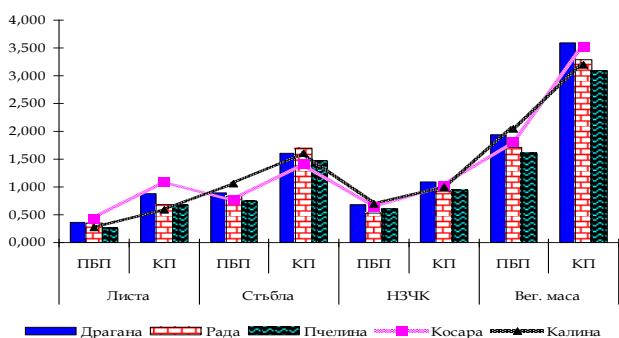
Сравнявайки резултатите от 2020 с тези от 2018 установяваме, че при силно засушливи условия листната маса при узряване остава с 2.72 пъти по-малки количества усвоен азот в сравнение с частично благоприятните условия през 2018. През посочените години количеството на азота в стъблата варира несъществено, докато в условията на екстремна суша НЗЧК задържа 1.96 пъти повече азот в сравнение с 2018.

Разликите в количествата на усвояния азот в зърното и общата надземна биомаса следват посочените тенденции по години при усвояния азот в нестопанската част на продукцията, т.к. до голяма степен те са негова функция. Независимо, че като цяло зърното е усвоило най-много азот през 2019, най-голяма разлика между начините на производство е

установена през 2018 – 9.169 kg/dka в полза на КП. През 2020 при усвоения азот в зърното и общата надземна биомаса разликите са най-ниски - съответно 3.618 kg/dka и 4,479 kg/dka.

В крайната фаза количествата на азота заключен в общата надземна биомаса на сортовете, отглеждани в ПБП варират в сравнително тесни граници – 8.957 kg N/dka при сорт Рада до 7.537 kg N/dka при сорт Пчелина (Фиг. 12). Диференциацията между сортовете е по-добре изразена при органите, формиращи нестопанската част и при зърното.

Репродуктивният орган се отличава с най-големи количества усвоен азот при сорт Рада - 7.241 kg N/dka. До нейната реакция се доближава сорт Косара. Останалите сортове по този показател показват силни белези на сходство, но отстъпват на сорт Рада.



Усвоен азот

Разлика между ПБП и КП

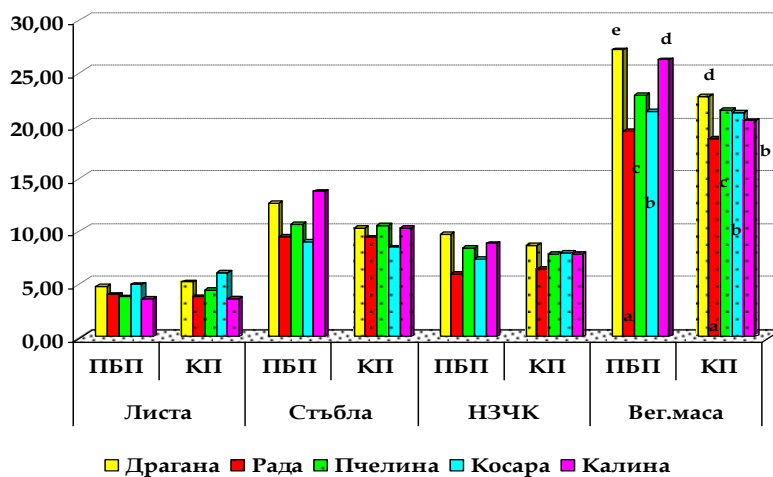
Фигура 12. Усвоен азот от органите на нестопанската част, зърното и общата надземна биомаса на пшеницата при начините на отглеждане в зависимост от сорта, kg/dka

5.2.1.3. Жътвен индекс на азота

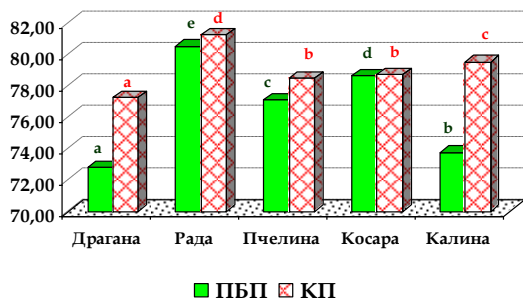
Подбраният сортов състав през годините и средно за периода демонстрира ясно изразена диференциация в стойностите на ЖИА по органи спрямо общо усвоения азот в пшеницата и при 2-та начина на производството ѝ (Фиг. 13). Сравнявайки получените резултати ясно се вижда, че при ПБП транспорта на азота от вегетативната маса към зърното е в по-голямо затруднение в сравнение с КП. Този факт е най-силно изразен при сортовете Драгана и Калина. Тенденцията се наблюдава и при КП, като при сорт Драгана засяга всички изследвани органи от нестопанската част на продукцията.

Установили сме, че и при 2-та начина на производство сорт Рада се отличава с най-добре изразен транспорт на азота от вегетативната маса към зърното, т.е. има най-ниски стойности на ЖИА на СЖО.

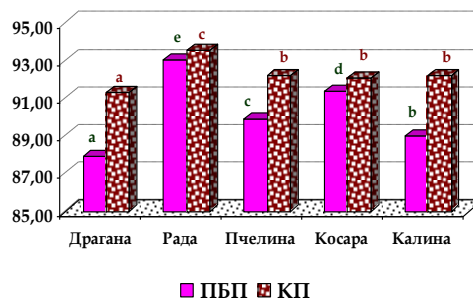
Резултатите недвусмислено показват, че КП дава по-добри възможности за реутилизация на азота в сравнение с отглеждането на пшеницата в ПБП. В това отношение диференциацията в стойностите на разглеждания показател в зависимост от сорта са ясно изразени, особено при ПБП.



В органите на вегетативната маса



Зърното



Зърното в класа

Фигура 13. Жътвен индекс на азота по органи на пшеницата в зависимост от сорта и начина на производство, %

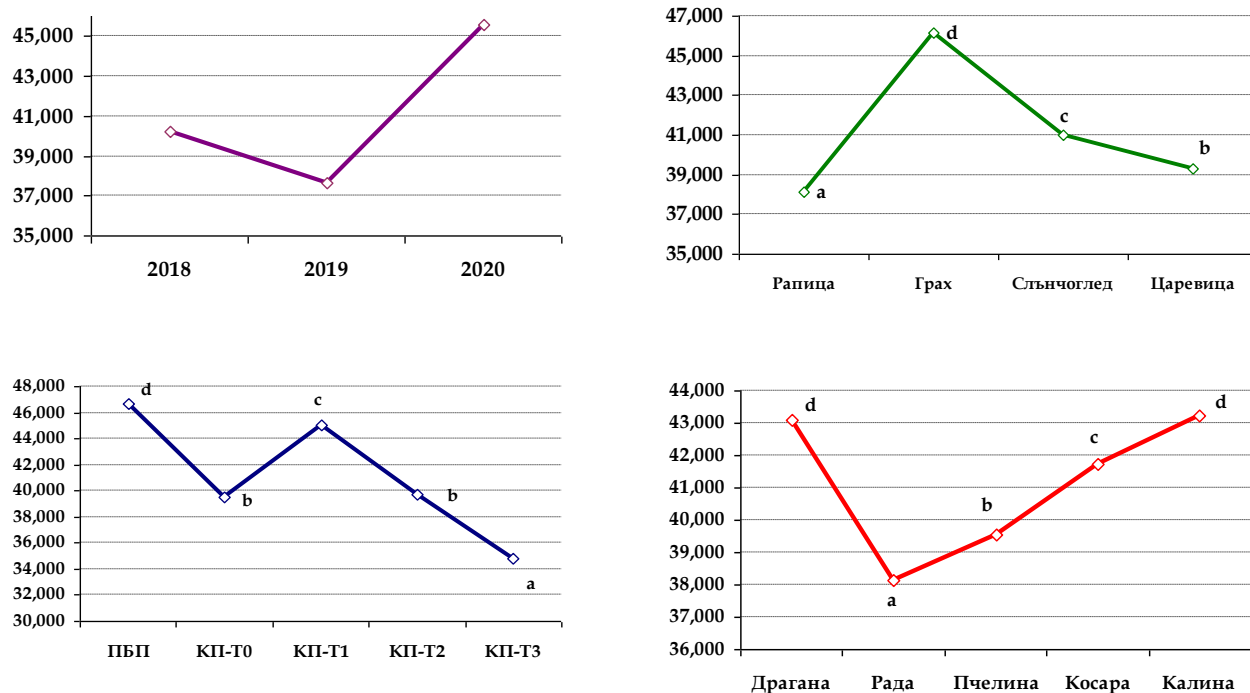
Независимо от начина на производство на културата стойностите на ЖИИ на зърното и този на зърното в класа са най-високи при сорт Рада. Най-съществена диференциация между начините на производство е установена при сортовете Драгана и Калина. Единственият сорт, чиито стойности на ЖИИ на зърното практически не се е повлиял от начините на производство е сорт Косара. Сортовете Рада и Косара се отличават с твърде малки разлики в стойностите на ЖИИ на зърното в класа в зависимост от начина на производство. В това отношение най-големи различия са установени при сортовете Драгана и Калина, при които голяма част от азота остава в НЗЧК без да може да се транспортира към зърното.

5.2.1.4. Ефективност на азотната утилизация

Ефективността на утилизацията на азота (EAY/NUtE - Nitrogen utilization efficiency) в зависимост от начините на производство на пшеницата е полезна характеристика на добива, произведен от усвоения азот от растенията. Този термин в световната литература е известен още и като ефективност на производството на биомаса (*Biomass production efficiency - BPE*).

Средно за изследователския период е направено и сравнение между всички варианти, осигуряващи различен режим на почвено хранене, независимо от начина на производство (Фиг. 14). Установено е, че утилизацията на азота е с най-високи стойности при ПБП. В експеримента има още един вариант, който отразява естественото ниво на почвено плодородие при КП - контролата T_0 . Резултатите показват, че същата е 84.80% от получената при ПБП по отношение на количеството на реутилизиран азот.

Потвърден е факта за получаването на по-високи стойности на показателя след грахов предшественик, както и факта, че сорт Рада е с най-нисък капацитет за превръщане на общо усвоения азот към зърното.

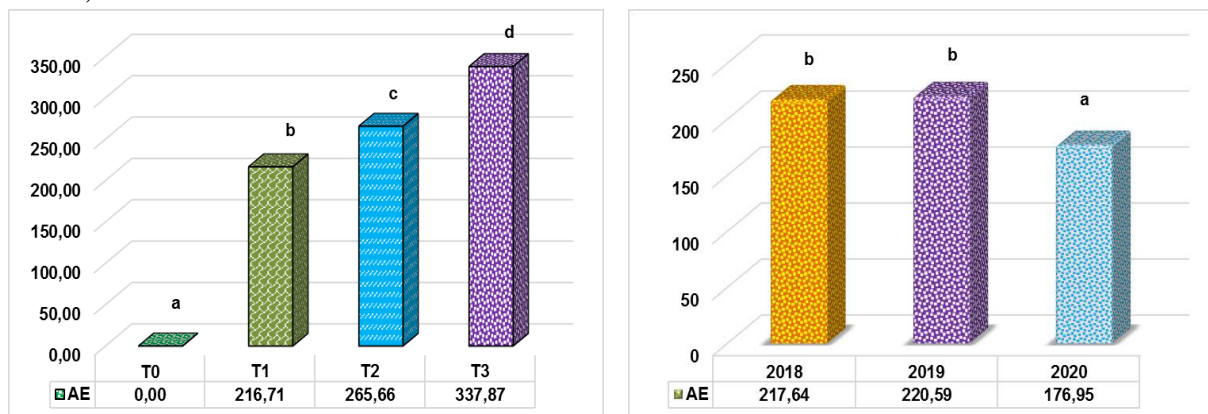


Фигура 14. Ефективност на азотната утилизация средно за експеримента, независимо от начина на производство за периода 2018-2020, kg.kg⁻¹

4.2.2.1. Агрономически ефект от минералното торене

Агрономическият ефект (АЕ) е установен като разлика между добива в контролния вариант за всеки сорт и получените резултати при съответните варианти на минерално торене по предшественици. В световната литература този показател е наричан още *Agronomic Effect* и *Yield response*.

Получените резултати показват силно взаимодействие между изпитваните фактори (Фиг. 15).



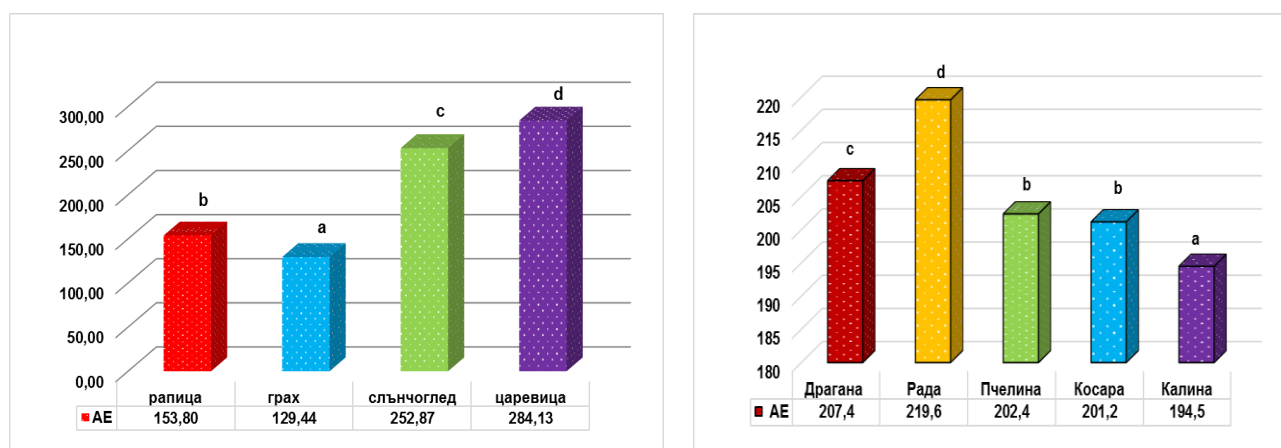
Фигура 15. Средни стойности на агрономически ефект при обикновената пшеницата, kg/dka

Установено е, че минералното торене има определящо влияние върху прибавката в добива на сортовете пшеница, спрямо естественото плодородие в съответните контролни варианти при слабо вариране в метеорологичните условия на изследователския период. Размерът на АЕ е ясно диференциран в зависимост от размера на торовата норма. Същият е с най-високи стойности при интензивно минерално торене (съотношение N:P:K = 3:1:1) с най-високата азотна норма за съответните предшественици.

Средната продуктивност на обикновената пшеница по години варира в сравнително тесен диапазон - от 176.95 kg/dka (2020) до 220.59 kg/dka (2019).

Средно за периода и при изпитваните норми на торене, сортовете отглеждани след царевица са с най-висок размер на АЕ (Фиг. 16). Слънчогледът заема 2-ра позиция в рангуването на резултатите в зависимост от влиянието на предшественика и измества рапицата като такъв.

По отношение стойностите на АЕ средно за периода на изследването, сорт Рада запазва лидерската си позиция, следвана от Драгана (207.41 kg/dka). Тестът на Waller-Duncan, обединява сортове Пчелина (202.41 kg/dka) и Косара (201.28 kg/dka) в една група – b. Сорт Калина средно за условията на опита се отличава с най-ниска стойност на АЕ.



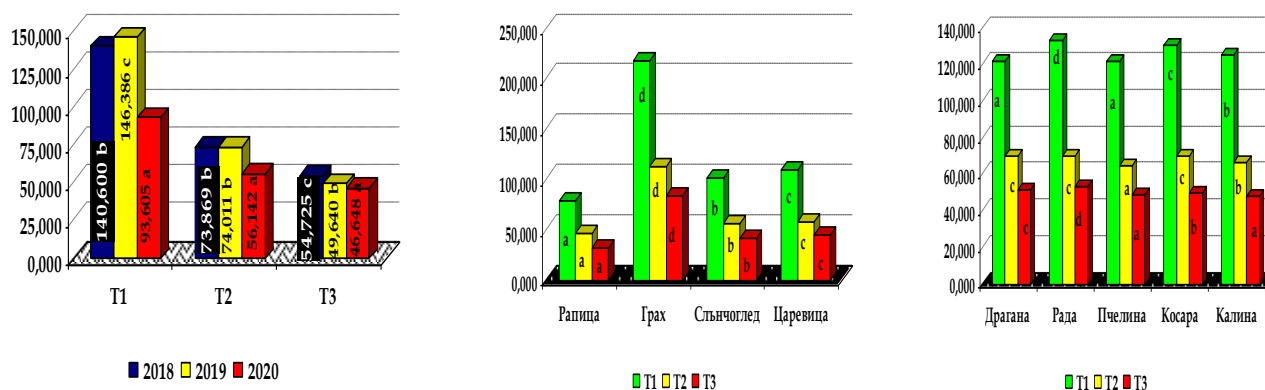
Фигура 16. Влияние на предшественика и сорта върху стойностите на агрономическия ефект, kg/dka

4.2.2.2. Фактор на частичната продуктивност на азота

Това е един от основните индикатори, характеризиращи азотния метаболизъм, чрез размера на азотната норма. Същият ни дава представа за количеството на формирания добив зърно при съчетание на потенциалното почвено плодородие в даден участък и използваните азотни норми. В световната литература е известен като Partial Factor Productivity (PFP).

И през трите години на изследване както и средно за периода частичната продуктивност (ЧП) е с най-високи стойности при торенето с ниската азотна норма (Фиг. 17). Същата варира от 146.386 kg.kg през 2019 до 93.605 kg.kg през 2020. Формираният хранителен режим в почвата в резултат на естественото плодородие на слабо излужения чернозем в съчетание с азотно торене от 6 kgN/dka.

Следващото увеличение на торовата норма на азота води до намаляване стойностите на този показател. Средно за периода ЧП при този торов вариант е 68.007 kg.kg, което представлява 53.61% от получената средна стойност за ЧП при ниската азотна норма. Използването на оптималната за района азотна торова норма от 12 kgN/dka води до по-ниска диференциация в стойностите по отношение влиянието на метеорологичния фактор.



Фигура 17. Влияние на факторите година, предшественик и сорт върху стойностите на частичната продуктивност в зависимост от нивото на азотното торене при КП на пшеницата

Използването на агресивни азотни норми още повече намалява ЧП, като средно за периода същата е едва 50.338 kg.kg, което е 39.68% от средната стойност за ЧП при торене с N₆P₆K₆.

Използваните предшественици при КП на пшеницата много силно диференцират влиянието си върху стойностите за ЧП на азота в зависимост от нивото на азотното торене. При всеки един от предшествениците е установено намаление на ЧП на азота по посока на нарастване на азотната норма. Стойностите на показателя са най-високи при отглеждане на пшеницата след граh, следвани от предшественик царевица. Най-ниска е ЧП на азота след предшественик рапица - едва 37.95% от получената след грахов предшественик.

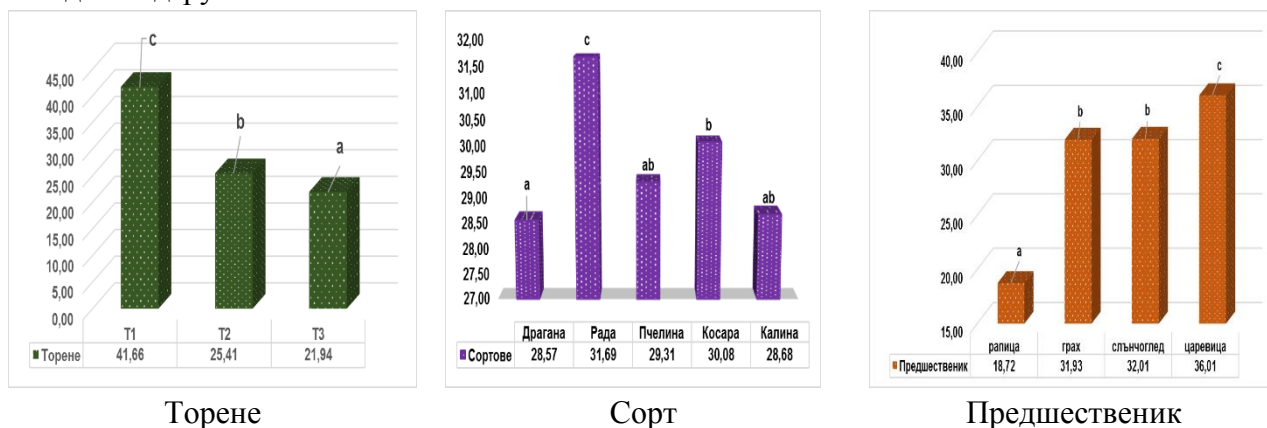
Частичната продуктивност на азота в зависимост от изпитваните сортове е с ясно диференцирани стойности. Средно за периода същата е най-висока при сорт Рада - 85.599 kg.kg и най-ниска - при сорт Пчелина (78.205 kg.kg). Установено е известно сходство между сортовете Драгана и Калина по отношение на получените резултати за ЧП на азота.

4.2.2.3. Ефективност на използване на азота при нарастващи норми на азотно торене

По същество агрономически определената ЕИА представлява чистият ефект от 1^{-ца} вложен азот. Същият е определен като разлика между добива от съответния торов вариант и този в контролния, разделен на торовата норма. Това е изключително важен показател при конвенционалното производство на пшеницата.

ЕИА върху добива зърно ясно е повлиян от торенето (Фиг. 18). Тестът на Waller-Duncan показва ясно изразена диференциация в стойностите на показателя при първата комбинация T₁ - 41.66 kg, като ги преразпределя в 3 самостоятелни групи. Несъществени са разликите между между T₂ и T₃ торови норми, като покачващото торене води до отрицателен ефект върху показателя.

Сортовете се обособяват в 3 основни групи, като след Драгана този признак е с най-ниска стойност, а след Рада и Косара с максимална. При сортовете Калина (28.68 kg) и Пчелина (29.31 kg), не се наблюдават статистически доказани разлики, като те се обединяват в една подгрупа – ab.



Фигура 18. Влияние на факторите върху ефективното използване на азота

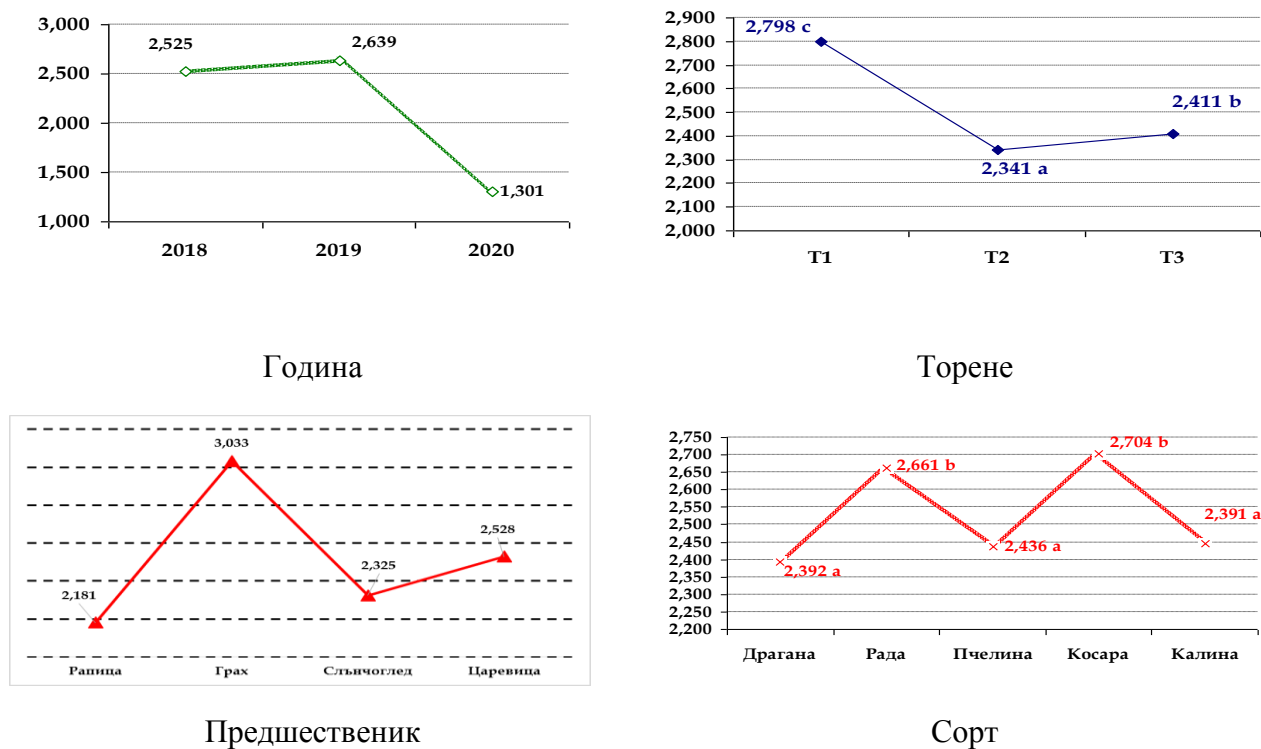
По отношение на средната продуктивност на предшественика, царевицата за зърно е на водеща позиция - 36.01 kg, следвана от слънчогледа (32.01 kg), граха (31.93 kg) и рапицата (18.72 kg).

4.2.2.4. Ефективност на усвояване на азота (ЕУА) при конвенционално производство

Ефективността на поглъщане/усвояване на азота е количеството усвоен от растенията наличен азот в почвата. По същество той дава информация за усвоеното количество азот в общата надземна биомаса, падащо се на 1 kg внесен азот чрез минералното торене.

Получените резултати средно за периода показват, че годините с изключително неблагоприятни условия през целия вегетационен период, водят до намаляване ефективността на натрупване на азот в надземната биомаса с 50% (Фиг. 19). Нормите на азотно торене също са добре диференцирани като с най-големи стойности на ЕУА се

отличава ниската азотна норма от 6 kgN/dka (N:P:K=1:1:1). При следващите увеличения на азотната норма са получени по-ниски резултати, с тенденция към известно повишение при най-високата норма на азота спрямо оптималната за района. По отношение ролята на предшественика върху ефективността на натрупването на азот в пшеницата най-силно изразен е приносът на граховият предшественик (3.033 kg.kg⁻¹), следван от царевичата (2.528 kg.kg⁻¹).



Фигура 19. Промени в стойностите за ефективността на усвояване на азота средно за 2018-2020 в зависимост от изпитваните фактори в експеримента

Най-неблагоприятни в това отношение са двата маслодайни предшественика, като след рапица стойностите на ЕУА са най-ниски. От всички изпитвани фактори в опита най-слабо е изразена диференциацията при фактора сорт. Средно за периода установените различия между сортовете Драгана, Пчелина и Калина е несъществена (2.391 kg.kg⁻¹ - 2.436 kg.kg⁻¹). Сортовете Косара и Рада достоверно се отличават с по-висока ефективност на усвояване на азота.

4.3. Разход на хранителни елементи за 100 kg зърно и прилежащата им нестопанска част от продукцията

При ПБП средно за периода на изследване общия разход на азота варира от 1.30 kg до 2.76 kg за 100 kg зърно заедно с прилежащата му продукция от слама. При този начин на производство ролята на сорта за разхода на азот 1^{-ца} зърно е определяща (23.56%), а за НСЧП – годината (65.77%). Средно за периода 2018-2020 сумарният разход на азот се влияе най-силно от метеорологичния фактор (37.71%). Следващите по сила на влияние са на фактора

сорт (17.70%) и този на предшественика (11.07%). Пълното взаимодействие между изпитваните фактори при ПБП има най-висока средна сила на влияние върху стойностите на показателя -11.37%. Влиянието на взаимодействието година x сорт върху стойностите за разхода на 1^{-ва} азот е също силно изразено. Същото е съответно за зърното – 13.12%, за НСЧП – 9.30% и за общия разход – 9.61%. Тези резултати показват, че отглеждането на пшеницата в 4-полен сеитбооборот изисква много внимателен подбор на сорта.

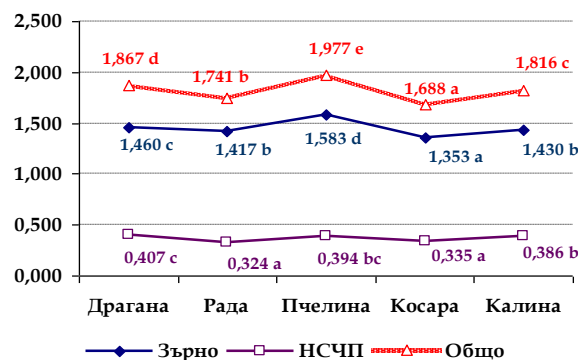
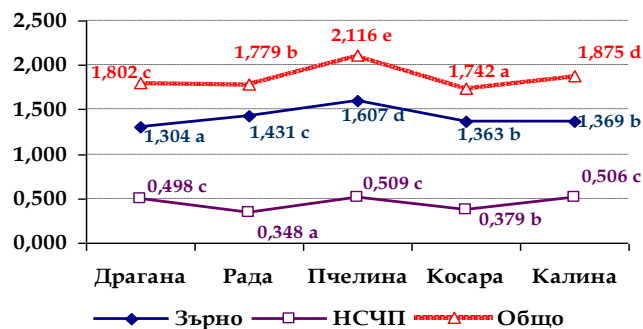
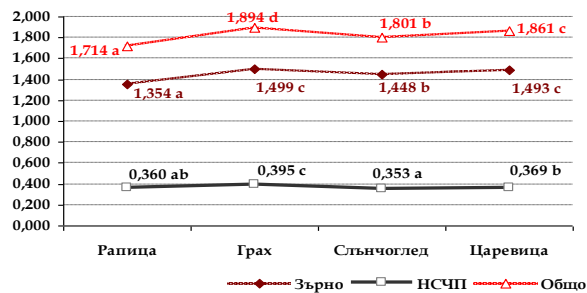
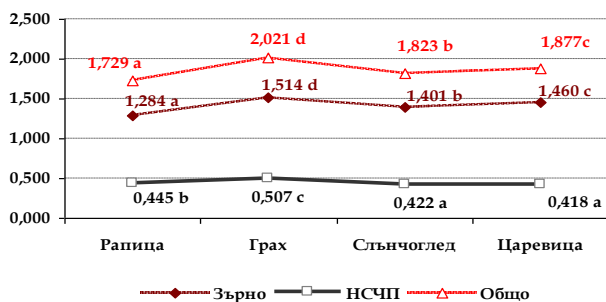
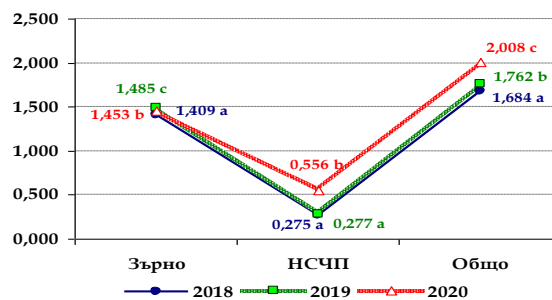
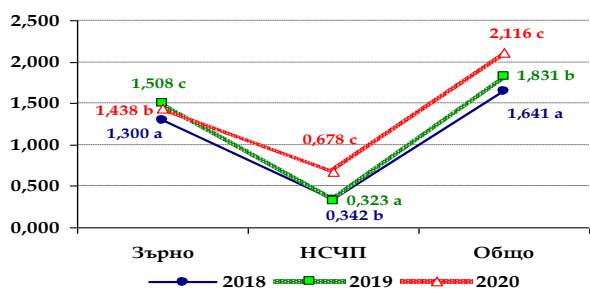
Конвенционалното производство на пшеницата се отличава с голяма динамика в стойностите на общия разход на азот в зависимост от създадения хранителен режим в почвата в резултат на минералното торене. В контролния вариант стойностите варират от 1.32 kg до 2.68 kg/100 kg и са близки до тези в ПБП, където също няма внос на торове. Нарастващите норми на вложения в почвата азот водят и до повишаване разхода за 1^{-ва} продукция (T_1 – от 1.79- до 3.26 kg/100 kg; T_2 – от 1.28 до 2,50 kg/100 kg и при T_3 – от 1,75 до 3,69 kg/100 kg). Освен общия сумарен разход се повишава и този за компонентите му – зърно и НСЧП. Наблюдава се тенденция за определяща роля на фактора година върху стойностите на този показател (T_0 – 33,50%; T_1 – 19,31%; T_2 – 27,59% и T_3 – 31,15%). В контролния вариант и при ниската азотна норма факторът *сорт* е втори по значимост. При използването на оптималната и високата азотна норма силата на влияние на фактора предшественик изпреварва тази на фактора сорт. От комбинираното взаимодействие на предшествениците най-силно изпъква това на година x предшественик и година x сорт, като при контролния вариант последният е със сила на влияние 18,12%, докато при взаимодействието година x предшественик е 4,17%. При нарастващите норми на азотно торене е установена динамика в стойностите на тяхната сила на влияние, но за всяка отделна торова норма силата на влияние на посочените взаимодействия е сходна.

Получените средно за периода резултати показват, че по-съществени различия в разхода по години са установени при стойностите за НСЧП между двата варианта без минерално торене – ПБП и T_0 (Фиг. 20). Неблагоприятните условия на 2020 допринасят за по-висок общ разход на азот за формирането на 1^{-ва} продукция, което е особено очевидно за НСЧП.

Предшествениците също оказват съществено влияние върху сумарния разход на азот, така и върху компонентите му. При ПБП след грахов предшественик разхода за производството на 100 kg зърно заедно с прилежащата му НСЧП е по-висок в сравнение с установения при КП- T_0 . Подобна тенденция е установена и при останалите предшественици.

Най-съществените различия между двата варианта без внасянето на минерални торове са установени за разхода на НСЧП, прилежаща към разхода за 100 kg зърно. Същият при ПБП е с 21.00% по-висок в сравнение със средните стойности при КП- T_0 .

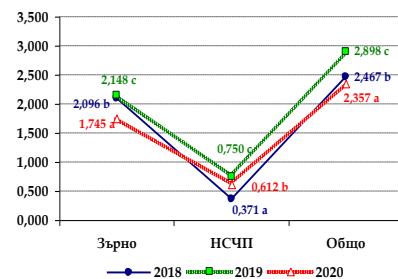
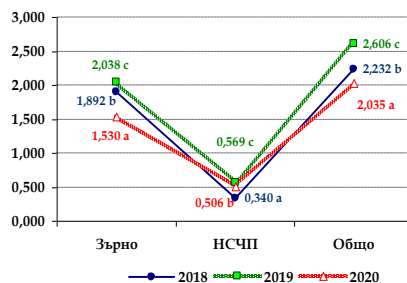
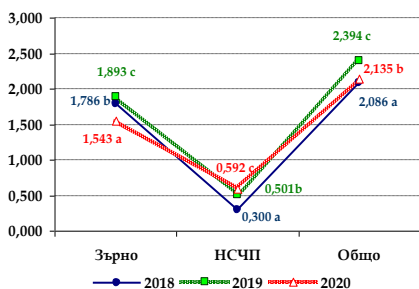
Приложеното минерално торене при КП води до постъпателно нарастване компонентите на разхода с увеличаване на азотната норма - от 1.818 kg (T_0) до 2.574 kg (T_3) сумарен разход за 100 kg зърно (Фиг. 21). Конвенционалното производство на пшеницата по стойности на този показател изпреварва ПБП. Общият разход е съответно от 1.863 kg (ПБП) до 2.222 kg (КП), което е увеличение с 19.29%. По отношение на разхода само за зърното увеличението е с 23.78% (от 1.415 kg до 1.751 kg), а за НСЧП - с 5.03% (0.448 kg до 0.471 kg).



ПБП

КП - T₀

Фигура 20. Разход на азот за формиране на 100 kg зърно, прилежащата му нестопанска част при вариантите с естествено плодородие (ПБП и КП-T₀), kg



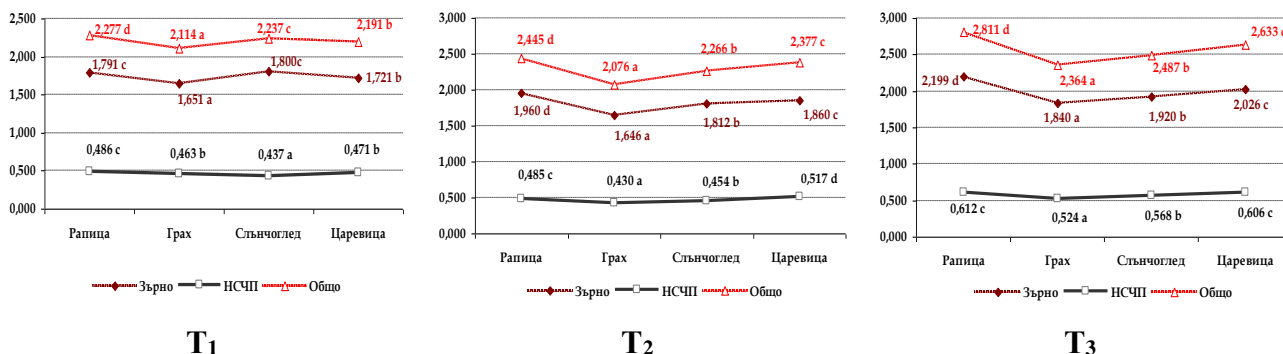
T₁

T₂

T₃

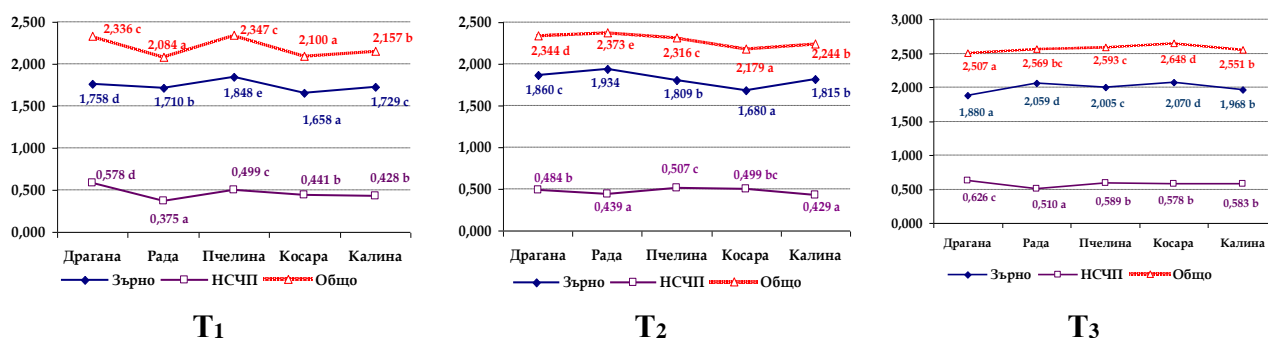
Фигура 21. Разход на азот за формиране на 100 kg зърно, прилежащата му нестопанска част при вариантите с нарастващи норми на азотно торене в зависимост от годината.

Ако приемем предшественик грах за стандарт, общият разход за формирането на 100 kg зърно заедно с НСЧП при всички азотни норми е най-висок след предшественик рапица (Фиг. 22). Това превишение е съответно при T₁ - със 7.71%, T₂ - със 17.77% и при T₃ - с 18.91%. Тази тенденция се наблюдава и при предшественик царевица, но само при оптималната и високата азотна норма. Средно за изпитваните сортове най-ниски са стойностите за разхода на азот при отглеждане на пшеницата след слънчоглед.



Фигура 22. Разход на азот за формиране на 100 kg зърно, прилежащата му нестопанска част при вариантите с нарастващи норми на азотно торене в зависимост от предшественика.

Реакцията на сортовете към условията на експеримента показват, че при ПБП сорт Пчелина се отличава с най-висок разход за формиране на 1^{-ца} продукция (Фиг. 23). Ако приемем сорт Рада като стандарт, то виждаме че по стойности на този показател сорт Пчелина го изпреварва. Това превишение е съответно - с 18.94% (при ПБП), с 13.56% (КП-T₀), с 12.62% (КП-T₁). По нататъшното увеличение на азотната норма (КП-T₂) по този показател - разход за 100 kg зърно, оставя всички сортове след сорт Рада. Минералното торене с максимално високата азотна норма (N₁₈P₆K₆) диференцира сортовете като по стойности на показателя с най-голям разход е сорт Косара, следван от сорт Рада и всички останали след него.



Фигура 23. Разход на азот за формиране на 100 kg зърно, прилежащата му нестопанска част при вариантите с нарастващи норми на азотно торене в зависимост от сорта.

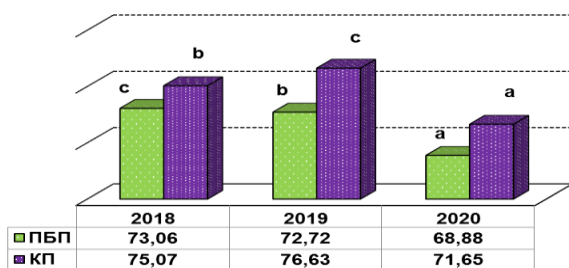
4.4. Влияние на изпитваните системи на земеделско производство върху качествените характеристики на зърното

4.4.1. Влияние на изпитваните системи на земеделско производство върху физичните характеристики на зърното

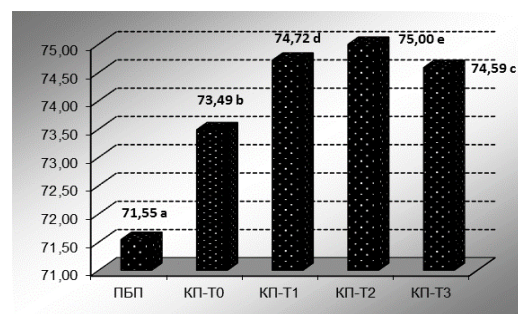
4.4.1.1. Хектолитрова маса

За отглеждане в условията на ПБП най-високи средни стойности на този показател са установени за 2018 - 73.06 kg (Фиг. 24). Подобно както и за добива, 2020 е неблагоприятна и за стойностите на показателя. Полученото зърно е с хектолитър 94.28% от установения през 2018. Всъщност това е показателят, който най-силно се влияе от комплексното взаимодействие между основните метеорологични компоненти и сорта.

При конвенционалното производство отново най-ниските средни стойности са получени през 2020. Същите обаче превишават получените ПБП с 4.02%. Най-подходящи за показателя са условията на 2019, когато средно за условията на конвенционалната част на експеримента е получено зърно с хектолитър 76.63 kg, а превишението спрямо ПБП е с 5.38%. Независимо от съществената динамика в стойностите на показателя в зависимост от условията през годините на изследване, отглеждането на пшеницата при КП води до получаване на с 4.05% по-тежко зърно в сравнение с отглеждане при условията на ПБП. Минералното торене макар и с не толкова голяма сила на влияние провокира повишаване стойностите му, като максимумът е достигнат при съотношение N:P:K=2:1:1 (N₁₂P₆K₆), където средната стойност на показателя е 75.00 kg. По нататъшното увеличаване нормата на азотно торене води до намаляване стойностите на показателя. Реакцията на сортовете, отглеждани в контролния вариант на КП ги отличава с 1.94 пункта по-висок хектолитър в сравнение с получените средни стойности при ПБП.



В зависимост от годината

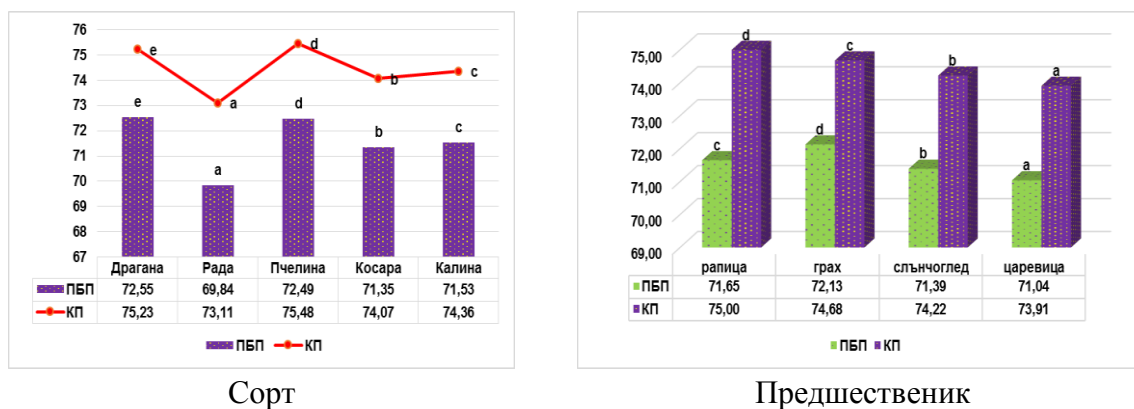


В зависимост от хранителния режим

Фигура 24. Хектолитрова маса на пшеницата в зависимост от годините на изследване и нивата на хранителния режим в условията на преход към биологично и конвенционално производство, kg/100 l

Експериментът показва и много по-високата значимост на генотипния фактор за стойностите на хектолитъра в сравнение с минералното торене (Фиг. 25). Сортовете Драгана и Пчелина запазват лидерските си позиции и при двата начина на земеделско производство, докато сорт Рада се характеризира с най-ниски стойности на показателя. Независимо, че сорт

Рада е с най-ниски средни стойности на хектолитъра, този сорт е повишил в по-голяма степен стойностите на показателя (с 3.27 пункта) при КП в сравнение с ПБП. Средно за подобрания сортов състав в това изследване КП води до получаване на зърно с 2.90 пункта по-висок хектолитър в сравнение с ПБП.



Фигура 25. Хектолитрова маса на пшеницата в зависимост от вида на сорта и предшественика в преход към биологично производство и при конвенционално производство, kg/100 l

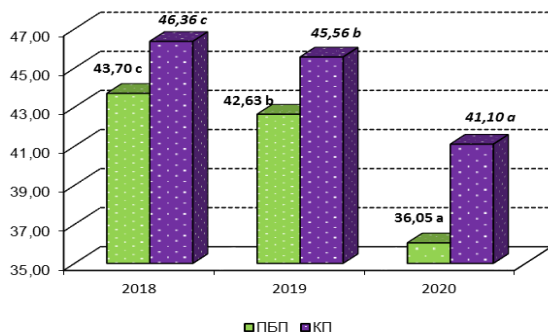
Установено е, че ролята на изпитваните предшественици върху хектолитъра на зърното има достоверно влияние, но с по-слабо изразена сила и при двата начина на производство на пшеницата. Независимо от този факт комплексът от изпитвани фактори влияе положително и достоверно върху стойностите за плътността на зърното. И при двата начина на отглеждане пшеницата е с по-нисък хектолитър, отглеждана след слънчоглед и особено след царевица.

Безспорно след грахов предшественик условията за развитие и хранене на културата са много по-добри в сравнение с останалите предшественици. Този предшественик при ПБП е най-добрата възможност за получаване на по-тежко зърно, следван от предшественик рапица. При класическото конвенционално производство рапицата се оказва предшественика, след който полученото зърно е с най-високи стойности за хектолитъра в сравнение с останалите предшественици.

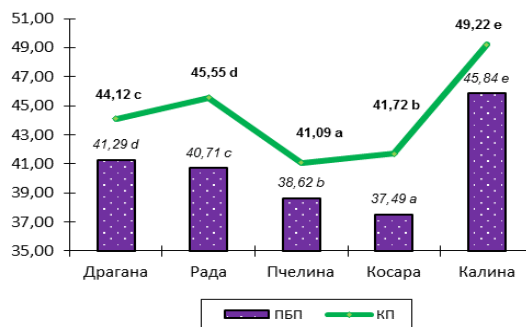
4.4.1.2. Маса на 1000 зърна

Абсолютната маса е масата на 1000 чисти, въздушно сухи семена, изразена в грамове. Тя е важен качествен показател, който определя годността на пшеничното зърно като посевен материал и изразява неговата големина и охораненост.

За отглеждането при ПБП комплексът от метеорологични условия през годините на изследване се оказва от първостепенно значение (Фиг. 27). Както и за другите показатели получените стойности за едрината на зърното са най-високи през 2018. Драстичен е спада в средните стойности на показателя през 2020 - със 7.65 g. На този фон пшеницата при ПБП се отличава със значително по-едро зърно - средно с 3.55 g (8.70%) средно за 2019 и 2020. Конвенционалната система за производство на пшеницата при крайно неблагоприятните условия на 2020 допринася за повишаване едрината на зърното с 5.05 g (14.01%) в сравнение с ПБП.



Години на изследване

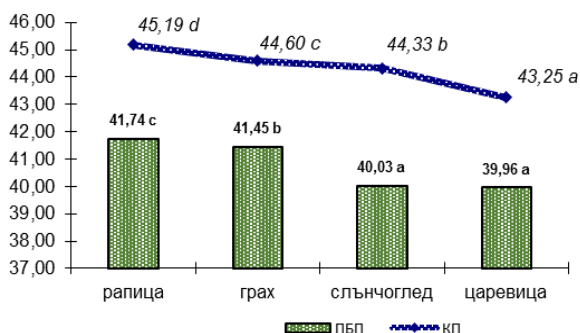


Сорт

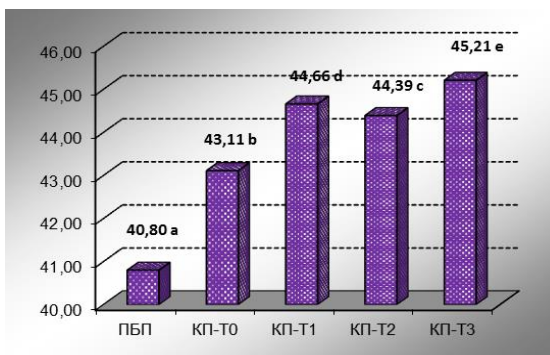
Фигура 26. Маса на 1000 зърна в зависимост от годините на изследване и вида на сорта в преход към биологично производство и при конвенционално производство, средно за периода на изследването, g

Като генетично обусловен ролята на сорта има определяща сила на влияние върху стойностите на МХЗ при КП. Диференциацията в стойностите на този показател в зависимост от особеностите на сорта е много добре изразена и при двата начина на производство на културата. С най-едро зърно се отличава това на сорт Калина, независимо от начина на производство. Сортовете Пчелина и Косара запазват последните места в класацията по стойности на този показател. Най-малка е амплитудата на вариране в стойностите на МХЗ в зависимост от начините на отглеждане при сорт Пчелина - 2.47g (от 38.62 g при ПБП до 41.09 g при КП). Използваните агротехническите практики при изследваните начини на производство са в основата на най-големите вариации в стойностите на показателя при сортовете Рада (4.84 g) и Косара (4.23 g).

При КП диференциацията в стойностите на едрината на зърното в зависимост от вида на предшественика е слабо изразена (Фиг. 28), а варирането е от 39.96 g (царевица) до 41.74 g (рапица). Отглеждането на пшеницата при класическото за района КП се отличава със съществен положителен ефект върху едрината на зърното. Средното увеличение е с 3.55 g и засяга отглеждането след всички предшественици, като най-силно е изразено при вариантите с предшественик слънчоглед.



Предшественик



Ниво на хранителен режим

Фигура 27. Маса на 1000 зърна в зависимост от предшественика и нивата на хранителен режим в условията на преход към биологично и конвенционално производство, g

Като цяло с най-високи стойности на МХЗ се отличава зърното на сортовете, отгледани след рапица. Тенденцията за намаляване едрината на зърното в зависимост от вида на предшественика по посока към царевица е запазена и при двата начина на производство.

4.4.2. Характеризиране параметрите на качествените показатели на брашното, тестото и хляба на изпитваните сортове, отглеждани при преход към биологична и конвенционална системи на земеделско производство.

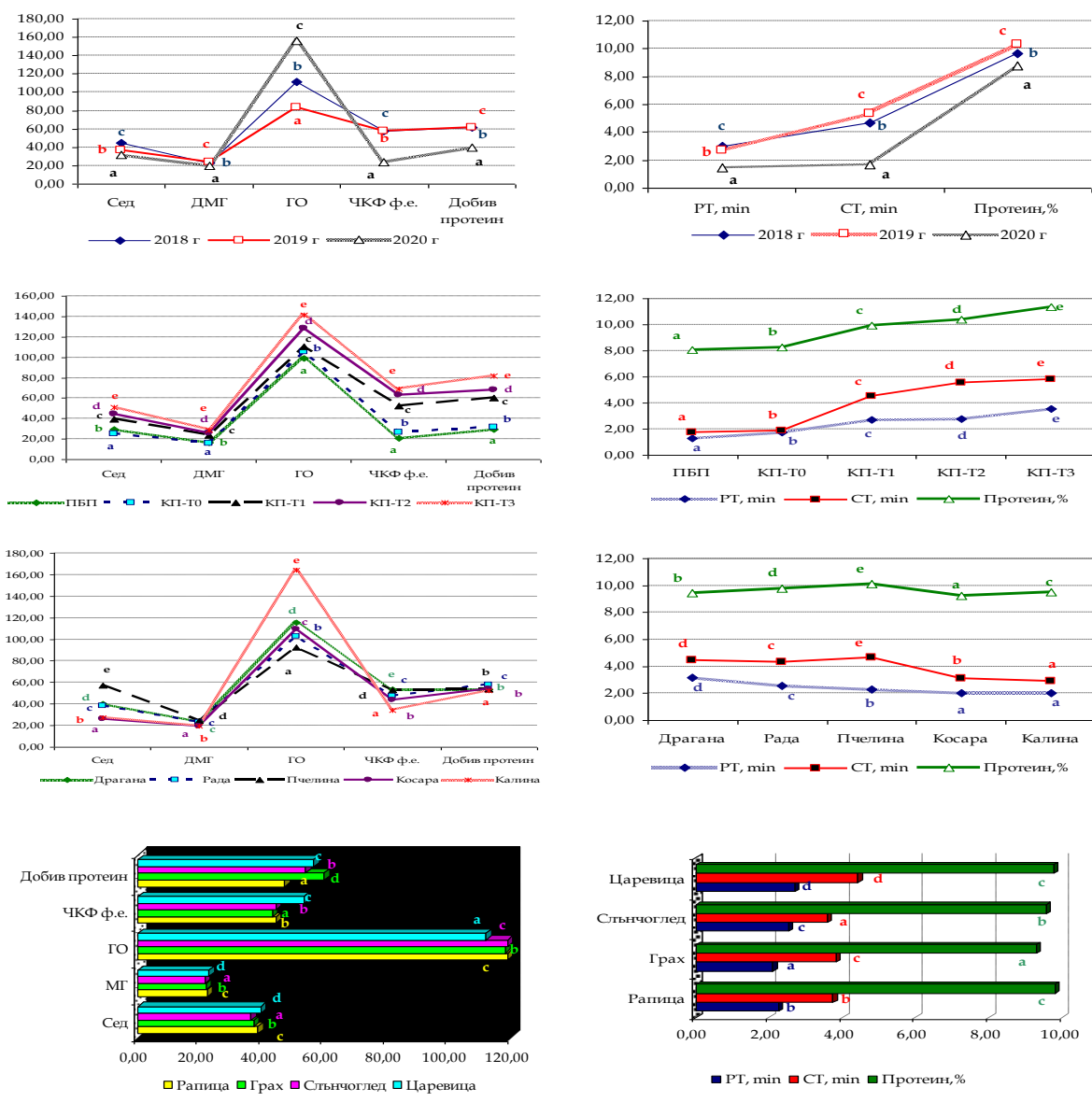
Метеорологичните условия през годините на изследване оказват силно влияние върху динамиката в стойностите на изследвания комплекс от характеристики за качеството на пшеницата средно за условията на експеримента (Фиг. 29). Безспорен факт е, че наситената с неблагоприятни условия 2020 има силно изразено отрицателно влияние върху качеството на брашното и тестото. Някои от показателите са в пъти по-ниски от получените стойности за 2018 и 2019 (РТ и СТ, min). Добивът от протеин е около 1.5 пъти по-нисък от 2018 и 2019, а градусът на отпускане (ГО) е с 87.42% по-висок от установения през 2019. Тези факти дават основание да определим условията през вегетационния период на пшеницата за 2019 като най-благоприятни за разгръщане в максимална степен потенциалните възможности на пшеницата по отношение на широк набор от показатели за качество средно за експеримента.

Създадените нива на хранителен режим на почвата и при двете системи на земеделско производство са мощен фактор за диференциация и повишаване стойностите на изпитваните качествени показатели. Вариантите в ПБП се отличават с по-високи стойности на Сед. и ДМГ в сравнение с контролния вариант при КП (T_0). Нарастващите норми на азотно торене заедно с повишаване концентрацията и добива от протеин водят до нарастване СТ (1.71 min - ПБП до 5.79 min КП- T_3); ЧКФ ф.е. (21.15 min - ПБП до 68.76 min КП- T_3); Сед. (29.08 - ПБП до 51.14 min КП- T_3); ДМГ (15.70 - ПБП до 28.93 min КП- T_3) и т.н. Азотното торене обаче, води и до повишаване стойностите на градуса на омекване (от 98.72 до 141.43).

Изпитваните сортове се отличават с ясно диференцирани стойности на показателите за тяхното качество средно за експеримента. Получените резултати показват, че от групата изпитвани сортове Пчелина е с най-висока концентрация на протеин (10.09%), СТ (4.67 min), Сед. (57.15%) и ДМГ (24.50). Този сорт е и с най-ниски стойности за ГО. По ЧКФ ф.е. сортът слабо отстъпва на сорт Драгана, а по добив протеин практически се изравнява със сортовете Драгана и Косара. Определено по този показател (ДП) на 1^{-во} място е сорт Рада (57.87 kg/dka).

Сортовете Косара и Калина по всички изследвани показатели за качество заемат последните позиции след сортовете Пчелина, Рада и Драгана.

Средно за 2018-2020 царевицата като предшественик допринася за повишаване съдържанието на ДМГ, Сед., ЧКФ ф.е., СТ min. Заедно с рапицата тези два предшественика водят до получаване на зърно с по-високо съдържание на протеин. Най-висок добив от протеин е получен след предшественик грах.



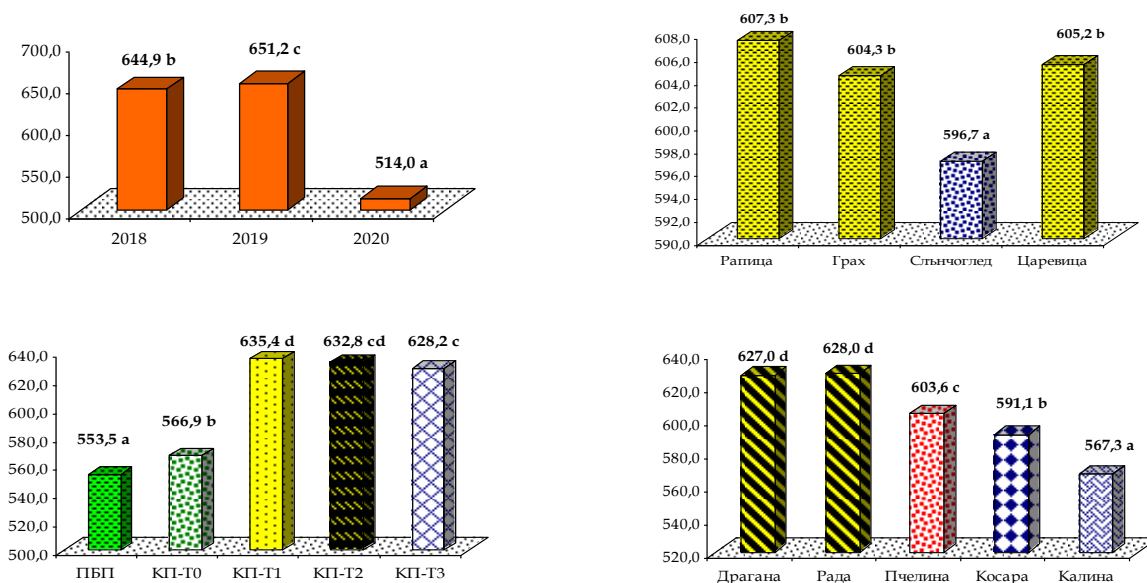
Фигура 28. Влияние на агротехническите фактори в експеримента върху качествените характеристики на брашното и тестото при изпитваните системи на земеделско производство средно за 2018-2020

Обемът на хляба също се влияе съществено от въздействието на изпитваните фактори (Фиг. 30). Средните стойности през 2018 и 2019 превишават получените през 2020 съответно с 25.47% и 26.69%.

Средните стойности на този показател за срока на експеримента са най-високи при сортовете Рада и Драгана, следвани от Пчелина. Както се вижда от получените резултати за качество сорт Калина е на последно място.

Стойностите на изследваните качествени характеристики при отглеждане на пшеницата в ПВП отстъпват на тези, получени при КП. Средно за изпитваните азотни норми КП води до повишаване концентрацията на протеин с 30.81%; добива от протеин - със 136.34%; Стабилността на тестото - с 209.55%; Число на качество от фаринографа - със 189.76%; Разтегливост на тестото - със 135.70%; ДМГ - с 59.36%; Седиментацията на брашното - с 54.47% и Градуса на отпусчане на тестото - с 28.35%, в сравнение с получените

стойности при отглеждане в ПБП. Средно за периода пшеницата, отглеждана в ПБП по седиментация и ДМГ превъзхожда неторената контрола при КП, съответно с 12.83% и 3.86%. При останалите качествени характеристики при условията без внасяне на хранителни вещества превъзходството на КП над ПБП е от 2.35% (протеин %) до 35.43% (разтегливост на тестото).

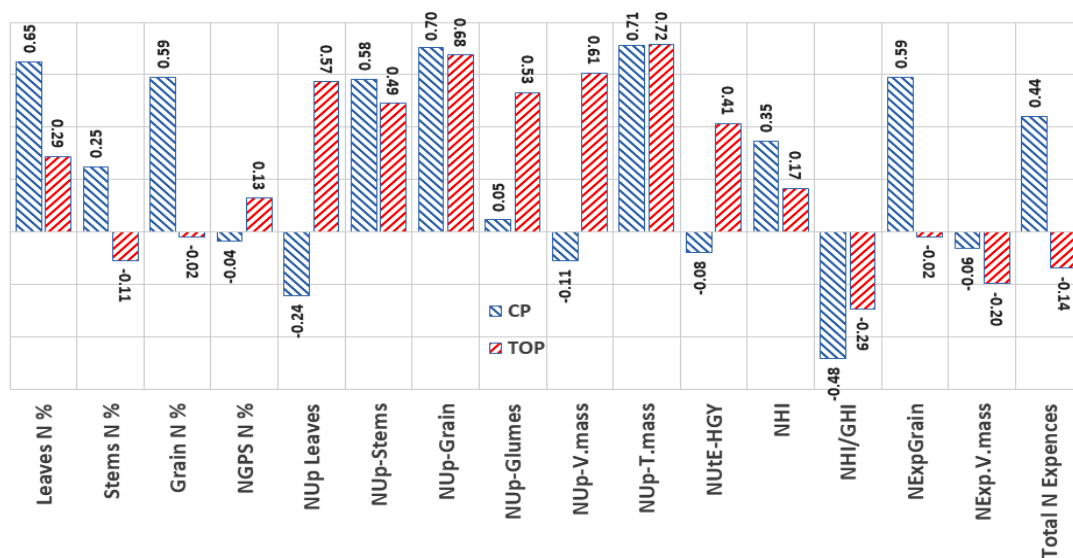


Фигура 29. Влияние на агротехническите фактори в експеримента върху обема на хляба при изпитваните системи на земеделско производство средно за 2018-2020

4.5. Взаимовръзка между изпитваните показатели по продуктивност и качество с ефективността на 1^{-ца} внесен азот при конвенционално производство на сортовете обикновената пшеница

Корелационният анализ е важен статистически метод, който изследва връзката между две или повече променливи. Той ни позволява да разберем дали промените в една променлива са свързани с промените в друга и в каква степен. Чрез корелационния анализ можем да измерим степента на връзката между две променливи чрез корелационен коефициент. Този коефициент може да приема стойности между -1 и 1.

При конвенционалното производство направения корелационен анализ между концентрацията от отделните органи азот и получения добива показва най-силна зависимост между листата (0.650**) и зърното (0.590**) (Фиг. 31). Прави впечатление че усвояването на азот от листата (-0.240*) е в слаба отрицателна корелация с добива зърно. От друга страна добива образува силна взаимовръзка с стъблата (0.580**) и зърното (0.700**) при усвояването на азота. Това допринася и за по-силната му зависимост с общата биомаса (0.720**) и разхода на азот за 100 kg зърно (0.590**).



Фигура 30. Корелационни зависимости между добива и изпитваните показатели при преход към биологично (TOP) и конвенционално производство (CP), средно за периода на изследването.

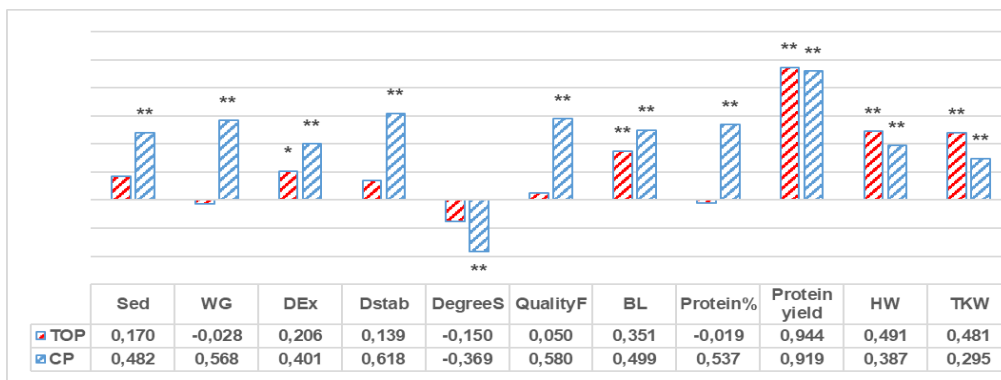
При прехода към биологично производство корелационната зависимост между концентрация на азот в органите на пшеницата е несъществено и води до слаба корелация с добива зърно (0.290). При останалите органи разсейването е голямо и не са установени взаимовръзки. За разлика от конвенционалното производство, при всички вегетативни органи на пшеницата се наблюдават положителни корелации на добива зърно с усвояването на азота, като най-силно изразена е тази с общата биомаса (0.720**). При разхода за 100 kg с прилежащата продукция липсва корелационна зависимост с добива зърно.

Корелационни зависимости на добива с хлебопекарните и физични характеристики на зърното се открояват съществено според системата на земеделско производство (Фиг. 32). При добива от протеин има висока положителна корелация, както при биологичното, така и при конвенционалното отглеждане, съответно 0.944** и 0.919**.

Това показва, че по-големият добив от протеин е пряко свързан с по-високия добив на зърно, независимо от метода на отглеждане. При прехода към конвенционалното производство се наблюдава умерена положителна корелация на добива с хектолитровата маса (0.491**) и масата на 1000 зърна (0.481**). В условията на конвенционалното производство се наблюдава при всички показатели положителна корелация с добива от обикновената пшеница, с изключение на градуса на омекване на тестото, където е установена отрицателна корелация и при двете системи на земеделско производство, съответно -0.369** и -0.150.

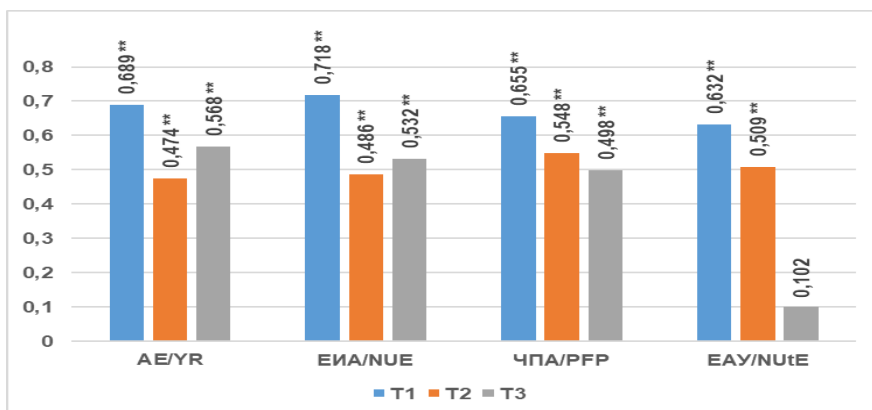
Корелационните връзки между добива на зърно и параметрите на азотния метаболизъм са от особено значение за оптимизиране на селскостопанските производствени практики (Фиг. 33). Наблюденията показват, че ниската и високата норма на торене, имат по-голяма взаимовръзка между добива и агрономическия ефект (0.689**, 0.474** и 0.568**). Подобна е тенденцията и при ефективното използване на азота, ниската норма на торене показва силна положителна корелация с добива зърно (0.718**). Положителната корелация с

частичната продуктивност на азота указва, че ниското торене е свързано с по-високия добив (0.650**).



Фигура 31. Корелационни зависимости на добива с хлебопекарните и физични характеристики на зърното в зависимост от системата на земеделско производство, средно за периода на изследването.

Също така, положителните корелационни връзки между добива и ефективността на азотната утилизация (0.632**, 0.509** и 0.102) подчертават възможността за подобрене на разпределението на азота в растенията при ниски нива на торене. Въпреки ползите от ниското торене, е важно да се вземат предвид нуждите на обикновената пшеница и да се осъществи балансиран подход за оптимизация на производството.



Фигура 32. Корелационни зависимости между добива и параметрите на азотния метаболизъм при конвенционалното производство по нива на торене.

ИЗВОДИ

1. При преход към биологично производство, решаващи фактори за продуктивността на пшеницата са видът на предшественика и условията за развитие през годината. По-високата продуктивност на сортовете Косара, Рада и Калина е предпоставка за предимството им при биологично производство. Конвенционалният начин на отглеждане на пшеницата превишава по добив, отглежданата в преход към биологично производство с 64.38 % (2018-2020), а в години с неблагоприятни условия (2020) с над 80 %.
2. Жътвените индекси (от общата биомаса и класа) при конвенционално производство превишават тези, установени в преход към биологично производство, с 6.74% и 3.56% съответно. За условията на 2018 г., и за двата показателя, решаващо е комбинираното взаимодействие между сорта и предшественика. През останалите две вегетации основният фактор за тези показатели е сортът.
3. Конвенционалната технология на производство осигурява по-висока концентрация на азот в сравнение с прехода към биологично производство. Същото се отнася и за усвояния в органите на пшеницата азот. Превишението за зърното е 111.08%, за нестопанската част на продукцията – 90.08%, и за общо формираната надземна биомаса – 102.49%. Нарастващите норми на азотно торене намаляват ефективността на усвояване на азота на база 1 kg внесен азот. Сортовете Косара и Рада се характеризират с по-висока способност за усвояване на азот, като подобен ефект е установен след грахов предшественик в сравнение с останалите.
4. Жътвеният индекс на азота, като част от азотния метаболизъм, намалява от 80.19% (при T0) до 77.69% (при T3). Динамиката на азотния индекс на зърното в класа варира от 92.15% до 92.57% и не се влияе значително от увеличаващите се норми на минерално торене.
5. Употребата на ниската азотна норма при конвенционалното производство се характеризира с най-големи количества реутилизиран азот (45.07 kg.kg-1). Нарастващите нива на азотно торене водят до рязко намаляване стойностите характеризиращи ефективността на азотната утилизация, като при N18P6K6, същите спадат средно до 34.85 kg.kg-1.
6. Предшественикът и минералното торене на културата имат определящо влияние върху стойностите на агрономическия ефект. Средната стойност на показателя е най-висока при торене с N18P6K6, като сортовете Рада и Драгана достигат най-високи средни стойности. Най-голям принос за тези резултати има предшественик царевица.
7. Нарастващите норми водят до намаляване частичната продуктивност на азот през всички години на изследването. През целия период на изследване сорт Рада се отличава с най-високи стойностите на показателя – 85.60 kg.kg. Сортовете Рада и Косара се отличават с най-висока ефективност на използване на азота. Стойностите на показателя са най-високи при торене - N6P6K6 (дял от общото вариране 47 %). Същото се отнася и царевицата като предшественик (дял от вариране 30 %).

8. Конвенционалното производство води до повишаване разхода на азот за формирането на 1-ца продукция в сравнение с прехода към биологично производство средно с 20 %. Стойностите на показателя зависят от нивото на хранителния режим в почвата. Независимо от начина на отглеждане на пшеницата общият разход на азот за формирането на 100 kg зърно е най-висок след предшественик рапица. Сорт Пчелина формира 100 kg зърно с по-висок общ разход на азот в сравнение с останалите сортове. При използването на оптимални торови норми на азота сорт Рада превъзхожда по разход останалите сортове. Агресивно високите азотни норми повишават разхода за 1-ца продукция най-силно при сорт Косара.
9. В благоприятни години, хектолитровата маса на конвенционално отгледаната пшеница надвишава тази при преход към биологично производство с 5.38%. Дори при екстремните условия на 2020 година, конвенционалното производство показва 4.02% по-висока хектолитрова маса в сравнение с прехода към биологично. Сортовете Драгана и Пчелина демонстрират по-високи стойности на хектолитъра и при двете системи на земеделско производство. Масата на 1000 зърна се влияе най-силно от сорта и годината. Конвенционалното производство осигурява 8.70% по-едро зърно спрямо прехода към биологично производство, като сорт Калина запазва лидерската си позиция и при двете системи.
10. Нивото на хранителния режим на почвата е подчертано изразен при формиране на някои от качествените показатели (съдържанието на протеин, добив от протеин и мокър глутен). Градусът на омекване, добив протеин при конвенционално отглеждане на пшеницата са с по-високи стойности в сравнение с прехода към биологично производство – съответно с 22.98%, 48.53% и 103.85%. При всички тези показатели конвенционалното производство в контролния вариант, превъзхождат получените им стойности при прехода към биологично производство. Времето за развитие на тестото и неговата стабилност при конвенционално производство са по-продължителни, съответно със 110.63% и 159.50% в сравнение с установените стойности при прехода към биологично производство.
11. Установени са силни положителни корелации на добива зърно с: добива протеин, усвояването на азот от зърното и общата биомаса, параметрите на азотния метаболизъм при N₆P₆K₆.

ПРИНОСИ

Научно-теоретични

1. Проучени са промените в динамиката на продуктивността, жътвените индекси и физичните характеристики на зърното на сортовете Драгана, Рада, Пчелина, Косара и Калина, отглеждани при конвенционално и в преход към биологично производство в района на Добруджа.
2. Оценени са промените в концентрацията на азота по органи, количеството на усвоения азот в тях, жътвените индекси на азота и ефективността на азотната реутилизация в зависимост от начините на отглеждане.
3. Анализирано е влиянието на конвенционалното производство на пшеницата при използването на нарастващи норми на азотно торене върху агрономическия ефект, частичната продуктивност, ефективността на усвояване и използване на азота.
4. Характеризирано е влиянието на различните нива на хранителен режим на почвата при двете системи на земеделско производство върху разхода на азот за 1-ца продукция – зърно и нестопанска част от продукцията на изпитваните сортове.
5. Установено е влиянието на отглеждането на пшеницата в преход към биологично и при конвенционално производство в 4-полен сеитбооборот върху качествените характеристики на брашното, тестото и хляба.
6. Дефинирани са корелационните зависимости между продуктивността с елементите на азотния метаболизъм и комплекса от качествени характеристики на сортовете Драгана, Рада, Пчелина, Косара и Калина, отглеждани при конвенционално и в преход към биологично производство в района на Добруджа.

Научно-приложни

1. Проучена е агротехниката на сортовете пшеница Драгана, Рада, Пчелина, Косара и Калина при отглеждането им в преход към биологично и при традиционна технология за производството им в 4-полен сеитбооборот.
2. Определени са продуктивните възможности на сортовете и разхода на азот за 1-ца продукция от зърно и прилежащата ѝ нестопанска част в зависимост от системата на земеделско производство.
3. Оценени са основни параметри на азотния метаболизъм на сортовете пшеница в условията на Добруджански земеделски институт-Генерал Тошево.
4. Установени са различията в технологичните и хлебопекарни качества на пшеницата в условията на преход към биологично и конвенционално производство при разнообразни метеорологични условия.
5. Доказани са корелационни зависимости между продуктивността на пшеницата и ефективността на използване на азота и комплекс от качествени характеристики на изпитваните сортове.

НАУЧНИ ПУБЛИКАЦИИ ВЪВ ВРЪЗКА С ДИСЕРТАЦИЯТА

A. Atanasov and M. Nankova (2023). Effect of main agronomy factors on the productivity and physical characteristics of common winter wheat (*Triticum aestivum* L.) grown under conventional and transitional-organic production. Bulgarian Journal of Crop Science, 60(5), 28-39.

A. Atanasov and M. Nankova, (2023). Agronomy effect depending on fertilization and previous crop in some common winter wheat cultivars (*Triticum aestivum* L.). In Journal of Mountain Agriculture on the Balkans 26(5), 196–212.

