



СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ
ИНСТИТУТ ПО ПОЧВОЗНАНИЕ, АГРОТЕХНОЛОГИИ И ЗАЩИТА НА РАСТЕНИЯТА „НИКОЛА ПУШКАРОВ”
ул. Шосе Банкя 7, София 1336, ПК 1369, тел.(359 2)8246141, факс(359 2)9059659, E-mail: soil@mail.bg, <http://www.issapp.org>

Илиана Иванова Иванова

**Изследване влиянието на различни системи за обработка на почвата,
при отглеждане на зърнено-житни култури на наклонени терени, върху
износа на почва, органично вещество и парникови газове**

АВТОРЕФЕРАТ

на

ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД

**за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“
по професионално направление 6.1 „Растениевъдство”
научна специалност „Мелиорации (вкл. почвена ерозия и борбата с нея)”**

София, 2021



СЕЛСКОСТОПАНСКА АКАДЕМИЯ
ИНСТИТУТ ПО ПОЧВОЗНАНИЕ, АГРОТЕХНОЛОГИИ И ЗАЩИТА НА РАСТЕНИЯТА „НИКОЛА ПУШКАРОВ“
ул. Шосе Баня 7, София 1336, ПК 1369, тел.(359 2)8246141, факс(359 2)9059659, E-mail: soil@mail.bg, <http://www.issapp.org>

Илиана Иванова Иванова

**Изследване влиянието на различни системи за обработка на почвата,
при отглеждане на зърнено-житни култури на наклонени терени, върху
износа на почва, органично вещество и парникови газове**

АВТОРЕФЕРАТ

на

ДИСЕРТАЦИОНЕН ТРУД

за присъждане на образователната и научна степен „Доктор“

по професионално направление 6.1 „Растениевъдство“

научна специалност „Мелиорации (вкл. почвена ерозия и борбата с нея)“

Научни ръководители:

проф. дн инж. Петър Димитров Димитров

проф. д-р инж. Илия Спасов Малинов

София, 2021

Дисертационният труд е обсъден в научен отдел „Физика, ерозия и почвена биота” на г. на разширено заседание на учениците, съгласно Заповед № РДг. на Директора на ИПАЗР „Никола Пушкарров” и е открита процедура за защита пред Научно жури.

Автор: **Илиана Иванова Иванова**

Докторант самостоятелна форма на обучение

Заглавие: **Изследване влиянието на различни системи за обработка на почвата, при отглеждане на зърнено-житни култури на наклонени терени, върху износа на почва, органично вещество и парникови газове**

Изследванията са проведени в ИПАЗР „Никола Пушкарров” – София и опитно поле на Опитна станция по борба с ерозията – Русе.

Дисертационната работа съдържастраници, фигури итаблицы. Цитираната литература включва 187 източника, от които на кирилица и на латиница.

Защитата на дисертацията ще се състои на отчаса в залана Института по.....
Специализираното научно жури е назначено със заповед No РД г.

1. ВЪВЕДЕНИЕ

Запазването на почвата и повишаването на плодородието ѝ се постига най-ефективно с правилна обработка. Чрез нея се регулират физичните, химичните и биологичните процеси в почвата, в резултат на което по-пълно се използват хранителните, водните и другите ресурси за увеличаване на добивите.

Обработката на почвата е начин за създаване и поддържане на по-голяма рохкавост на коренообитаемия слой. В съчетание с торенето, сеитбообръщението и други мероприятия допринася за окултуряване на горния почвен слой (обогащаването му с усвоими хранителни вещества и влага и очистването му от причинители на болести, неприятели и плевели). Чрез съответна обработка е възможно коренно да се измени профилът на почвата, а заедно с това и нейната обща производителност.

Продължителната нерационална и интензивна обработка предизвиква разрушаване на хумуса и структурата на почвата, ускорява процесите на ерозия и може да причини пълното ѝ деградиране. Въздейства върху емисиите на въглероден диоксид и други парникови газове. Предизвиканите от обработката промени в почвения въглерод, могат да рефлектират както върху краткотрайното, така и върху дългосрочното освобождаване на въглероден диоксид от почвата. Поради това се налага да се подберат, изследват и внедрят, подходящи за определените условия на работа, съвременни системи за обработка на почвата, ограничаващи деградационните процеси ерозия, уплътняване и намаляване на почвеното органично вещество, а също и отделянето на парникови газове от почвата.

Тези нови системи за обработка съчетават конкретни противоерозионни технологични решения с използване основно на прорязването с ходообразуване в различните му варианти, почвозащитни съвременни практики за минимална обработка на почвата, включващи безотвални основни обработки, директна сеитба и комбинирани технологични операции, както и някои нетрадиционни обработки с висок противоерозионен и почвозащитен ефект, като повърхностно и вертикално мулчиране. Прилагането на такива системи за обработка на почвата, при които се постига максимален агротехнически и икономически ефект, а вредните последици се намаляват до минимум е от изключителна важност и особено актуално.

2. Цел и задачи на изследването

Целта на изследването е да се подберат, изследват и предложат в земеделската практика на България системи за минимална и нетрадиционна обработка на почвата на склонови земи и технологични комплекси от машини за тяхното осъществяване, при отглеждане на зърнено-житни култури (пшеница и царевица за зърно) на карбонатен чернозем, създаващи благоприятни условия за намаляване на загубите от водна ерозия и намаляване на почвеното органично вещество, и за ограничаване на интензивното отделяне на парникови газове от почвата.

За постигане на поставената цел е необходимо решаването на следните задачи:

1. Да се подберат, приложат и оценят усъвършенствани системи за минимални и нетрадиционни (вертикално мулчиращи) обработки на почвата (почвозащитни технологии за минимална обработка на почвата с включването в тях на нетрадиционните технологични операции вертикално мулчиране с оборски тор), за ограничаване на деградационните процеси (водна ерозия и загуба на органично вещество, както и на интензивното изнасянето на парникови газове от почвата) при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на склонови земеделски земи.

2. Да се подбере, приложи и оцени система от машини и технологични комплекси от тях за новите усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор като мулчиращ материал, при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени.

3. Да се разработят методики за изследване на усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата, включващи технологичната операция вертикално мулчиране с оборски тор, при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени, както и на такива за изпитване на технологични комплекси от машини за тяхното осъществяване.

4. Да се определи агротехническата и почвозащитна ефективност на новите усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор, при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на склонови земеделски земи.

5. Да се определи агрохимичната и микробиологична ефективност на новите усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор като мулчиращ материал, при опита с пшеница и царевица за зърно на наклонени терени, както и интензивното отделяне на парникови газове от почвата при осъществяването на съответните технологични операции, включени в технологиите.

6. Да се разработи икономическа оценка и да се установи икономическата ефективност на усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор като мулчиращ материал, при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на склонови земеделски земи.

3. ОБЕКТ НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

Изследванията са проведени през 2017-2019 г., в оп. поле на Опитна станция по борба с ерозията гр. Русе, в местността „Индийска колиба”, в с. Тръстеник, Русенска обл. Площта е неполивна, опитът е разположен на праволинеен склон с югоизточно изложение с наклон 5° (8,7 %).

4. МЕТОДИКА НА ИЗСЛЕДВАНЕТО

За осъществяване целта на изследването, в опитното поле на Опитна станция за борба с ерозията – Русе, са изведени два полски опита. Първият с пшеница в четири варианта в четири повторения, а вторият с царевица за зърно също в четири варианта в четири повторения. Опитите са еднофакторни, като фактор се явяват почвозащитните технологични операции, използвани в предлаганите технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата. При усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимални и нетрадиционни (повърхностно и вертикално мулчиране с оборски тор) обработки на почвата, при първия опит с пшеница са изследвани вариантите:

e_0 - посев пшеница, отглеждан по традиционна технология прилагана по наклона на склона – контрола; e_1 - посев пшеница, отглеждан по традиционна технология прилагана напречно на наклона на склона; e_2 - посев пшеница, отглеждан по почвозащитна технология с използване на повърхностно мулчиране с оборски тор, напречно на наклона на склона; e_3 - посев пшеница, отглеждан по усъвършенствана почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка, (включваща технологичните операции вертикално мулчиране с оборски тор, директна сеитба и растително защитни мерки за борба с плевелите, болестите и неприятелите по растенията), прилагана напречно на наклона на склона.

Вариантите на втория опит с царевица за зърно са: f_0 - посев царевица, отглеждан по традиционна технология (използваща основна обработка на почвата с обръщане на пласта), прилагана по наклона на склона – контрола; f_1 - посев царевица, отглеждан по традиционна технология (използваща основна обработка на почвата с обръщане на пласта), прилагана напречно на склона; f_2 -посев царевица, отглеждан по почвозащитна технология (използваща основна обработка на почвата с обръщане на пласта и с

осъществяване на повърхностно мулчиране с оборски тор), прилагана напречно на склон; f_3 -посев царевица, отглеждан с усъвършенствана почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка (включващи основна обработка на почвата без обръщане на пласта – разрохкване и почвозащитните мерки вертикално мулчиране с оборски тор, прорязване с ходообразуване едновременно със сеитбата и окопаването и браздообразуване с прорязване и ходообразуване при загърлянето), прилагана напречно на склона.

Опитите са заложили по блоковия метод в четири повторения. При двата опита нулевият вариант – контролата е с дължина 71 m и ширина 12 m, с обща площ 852 m². При останалите варианти дължината е 34 m, ширината 22 m, а площта 748 m². Охраните са с размери челна – 2,5 m, тилна – 2,5 m и странична – 8 m. Разстоянията между отделните повторения са 8 m. Изградени са по четири отточни площадки с площ 75m² (15 x 5m). Общата площ на опитите е по 20,520 da (2,05 ha), а реколтната 17,608 da (1,76 ha) за всеки опит. Опитите са заложили един до друг, като ежегодно е извършвана ротация, поради необходимостта за правилен сеитбооборот.

През периода на изследване при опита с пшеница, всички технологични операции при варианти e_0 и e_1 са еднакви, като разликата между тях е в посоката на тяхното осъществяване. При варианта e_0 са извършени по наклона на склона, а при e_1 в напречно направление. В същото направление са осъществени и обработките при e_2 , като при него допълнително предсеитбено е прилаган и почвозащитния метод повърхностно мулчиране с оборски тор (450-500 kg/da). При последния вариант e_3 са извършени вертикално мулчиране с оборски тор по лентова схема на дълбочина 0,40 m и директна сеитба напречно на наклона на склона, през есента, месец октомври на вертикално мулчираното стърнище.

При опита с царевица за зърно, при вариантите f_0 и f_1 са приложени едни и същи системи за обработка на почвата, включващи в себе си всички познати традиционни технологични операции по отглеждане на тази земеделска култура. Разликата между тях е единствено в посоката на тяхното осъществяване. При f_0 дълбоката оран, предсеитбените обработки, сеитбата, вегетационните обработки и прибирането са осъществени по наклона на склона, а при f_1 в напречно направление. Също напречно на наклона на склона са извършени обработките и при варианта f_2 , като преди предсеитбените обработки, е приложено и повърхностно мулчиране с оборски тор (450-500 kg/da). При последния вариант f_3 основната обработка на почвата – дълбоката оран е заменена с безплужната технологична операция разрохкване (култивиране с чизел култиватор) на дълбочина 0,40 m. При този вариант заедно с всички останали традиционни обработки, прилагани напречно на склона, са осъществени и противоерозионните методи вертикално мулчиране с оборски тор (през зимата по лентов способ, на дълбочина 0,40 m), прорязване с ходообразуване и браздообразуване с прорязване и ходообразуване. Прорязването с ходообразуване е извършвано ежегодно, два пъти в различни етапи от тази усъвършенствана почвозащитна технология, с различни технически средства. То е приложено едновременно със сеитбата на царевицата, напречно на склона в оформените междуредия на дълбочина 0,25 m, като разстоянието между прорезите е 1,4 m (през междуредие). Заедно с това прорязването се извършва едновременно и последователно и с първото окопаване във фаза на развитие на растенията 3 – 5 лист, напречно на склона в междуредията на разстояние 1,4 m и дълбочина 0,25 m. Другият противоерозионен метод в тази технология, браздообразуването с прорязване и ходообразуване е осъществено също напречно на наклона на склона и при него технологичните операции браздообразуване (загърляне) и прорязване с ходообразуване се извършват последователно и едновременно. В резултат на това растенията в редовете се загърлят, а в междуредията се оформят бразди с дълбочина 0,12 – 0,15 m и прорези с подземни ходове в

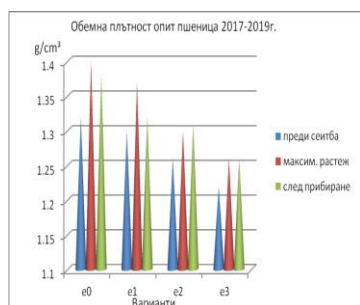
средата на всяко четно или нечетно междуредие (в зависимост от преходната обработка) с дълбочина 0,25 m.

Количеството на дъждовете е определяно с дъждомерно казанче, а ерозионните им характеристики от емпирични уравнения прилагани за изчисляване им от отделното количество на съответните дъждове. Повърхностният отток и ерозираната почва са определени от данни от стационарни отточни площадки (с площ 75 m²), по възприети методи описани подробно в дисертационния труд.

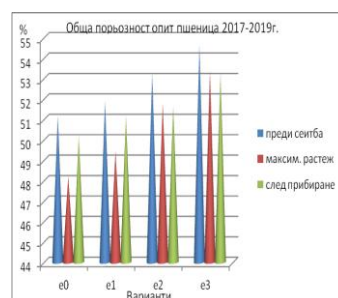
5. Резултати

5.1 Обемна плътност, обща порьозност и твърдост

От проведените тригодишни експерименти, при опита с пшеница (табл. 5.1 и фиг.5.1), се вижда, че преди сеитба обемната плътност при варианти e_0 , e_1 и e_2 е съответно 1,32, 1,30, 1,26 g/cm³ средно годишно, докато при e_3 , е най-ниска – 1,23 g/cm³. Обемната плътност на почвата при максимален растеж на растенията и при прибиране на реколтата са с най-неблагоприятни средни стойности при варианта e_0 , традиционно обработван по наклона на склона. При e_0 и e_2 стойностите на обемната плътност на почвата в тези две фази са съответно 1,40 g/cm³ и 1,38 g/cm³, а при e_3 тя е най-ниска - те са най-ниски и съответно 1,26 g/cm³. Обемната плътност и при вариант e_2 , с приложено повърхностно мулчиране с оборски тор, също е по-ниска в сравнение с e_0 и в трите фази средно за годината на изследване, като е съответно 1,26 g/cm³, 1,30 g/cm³, 1,31 g/cm³. Общата порьозност е най-висока при варианта e_3 с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор, като при него тя средно през годините, в трите наблюдавани фази е съответно 54,65%, 53,38% и 53,26%, докато при контролния вариант e_0 този показател е съответно 51,17%, 48,21% и 50,18%. Вариантът с традиционни обработки, приложени напречно на наклона на склона и с повърхностно мулчиране с оборски тор, e_2 също показва по-висока обща порьозност в сравнение с варианта с прилагане на традиционни обработки по наклона на склона, като средно за тригодишния период, в трите фази, тя е съответно 53,26%, 51,78%, 51,66% (табл.5.1 и фиг.5.2).



Фиг. 5.1 Обемна плътност при пшеница



Фиг. 5.2 Обща порьозност при пшеница

Подобна тенденция може да се види и при получените резултати при опита с царевица за зърно (табл. 5.2 и фиг. 5.3). В началото на залагане на опита, обемната плътност и обща порьозност при варианти f_0 и f_1 , показват почти еднакви стойности (1,33 g/cm³ и 1,32 g/cm³ при плътността и 50,89% и 51,04% при порьозността), а при f_2 и f_3 тези показатели са различни, поради прилагането на противоерозионни технологии с повърхностно мулчиране и на такава за минимални обработки с вертикално мулчиране с оборски тор. При вариант f_2 обемната плътност и общата порьозност средно за тригодишния период на експеримента са съответно 1,27 g/cm³ и 53,13 %. Най-добри резултати за обемна плътност са получени при вариант f_3 - 1,23 g/cm³ преди сеитба, 1,25 g/cm³ през фенофаза максимален растеж и 1,26 g/cm³ след прибиране на опита.

Таблица 5.1 Обемна плътност (g/cm³), обща порьозност(%) и твърдост на почвата (kg/cm²) в слоя 0-40 cm, при опит пшеница 2017-2019г.

Год. Вар.	Преди сеитба			Максимален растеж Изкласяване			След прибиране на опита		
	Обемна плътност	Обща порьозност	Твърдост	Обемна плътност	Обща порьозност	Твърдост	Обемна плътност	Обща порьозност	Твърдост
2017									
e ₀	1.29	52.40	17.61	1.31	51.66	24.51	1.39	52.03	27.25
e ₁	1.29	52.40	17.61	1.24	54.24	21.34	1.27	53.14	24.33
e ₂	1.27	53.14	16.10	1.17	56.83	18.26	1.25	53.88	21.14
e ₃	1.23	54.37	14.52	1.16	57.20	17.42	1.22	54.98	19.71
2018									
e ₀	1.36	49.82	18.11	1.51	44.28	31.59	1.37	49.45	28.06
e ₁	1.32	51.29	17.37	1.49	45.02	29.77	1.34	50.55	25.20
e ₂	1.28	52.77	16.65	1.43	47.23	24.33	1.33	50.92	21.33
e ₃	1.22	54.98	14.95	1.38	49.08	20.30	1.30	52.03	18.13
2019									
e ₀	1.32	51.29	12.59	1.39	48.71	30.21	1.38	49.08	36.22
e ₁	1.30	52.03	12.59	1.38	49.08	28.86	1.36	49.82	34.63
e ₂	1.25	53.87	11.70	1.32	51.29	25.05	1.35	50.18	31.79
e ₃	1.23	54.61	11.32	1.25	53.87	23.05	1.28	52.77	30.34
Средно за 2017-2019									
e ₀	1.32	51.17	16.10	1.40	48.21	28.77	1.38	50.18	30.51
e ₁	1.30*	51.90 n.s	15.85***	1.37***	49.44 n.s	26.65***	1.32**	51.17 n.s	28.05*
e ₂	1.26***	53.26***	14.81***	1.30***	51.78 n.s	22.54***	1.31***	51.66 n.s	24.75*
e ₃	1.23***	54.65***	13.59***	1.26***	53.38 n.s	20.25***	1.26 n.s	53.26**	22.72 n.s
P≤0.5%	0.039	0.974	3.365	0.149	5.44	4.762	0.052	2.162	7.401
P≤0.1%	0.037	1.366	4.718	0.208	7.63	6.676	0.073	3.030	10.376
P≤0.01%	0.085	1.9318	6.669	0.294	1.93	9.437	0.103	4.284	14.668

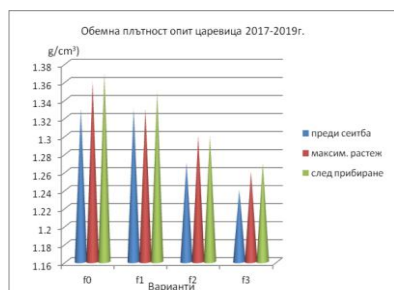
***- мн.добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика ;

Таблица 5.2 Обемна плътност (g/cm³), обща порьозност(%) и твърдост на почвата (kg/cm²) в слоя 0-40 cm, при опит царевица 2017- 2019г.

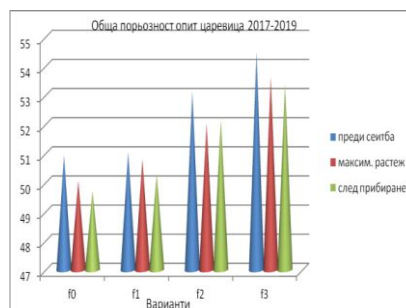
Год. Вар.	Преди сеитба			Максимален растеж Изметляване			След прибиране на опита		
	Обемна плътност	Обща порьоз ност	Твърдост	Обемна плътност	Обща порьоз ност	Твърдост	Обемна плътност	Обща порьоз ност	Твърдост
2017									
f ₀	1.33	50.82	14.85	1.38	49.08	25.42	1.46	46.13	34.10
f ₁	1.32	51.29	14.41	1.36	49.82	23.20	1.43	47.23	30.25
f ₂	1.27	53.14	13.30	1.29	52.40	19.15	1.38	48.71	27.50
f ₃	1.22	54.98	12.80	1.26	53.51	17.21	1.32	51.29	24.33
2018									
f ₀	1.38	49.08	13.50	1.35	50.18	29.17	1.31	51.66	52.37
f ₁	1.38	49.08	12.03	1.32	51.29	27.22	1.30	52.03	48.01
f ₂	1.35	50.18	9.87	1.31	51.66	23.35	1.29	52.40	41.70
f ₃	1.31	51.66	8.21	1.25	53.87	21.16	1.28	52.77	32.59
2019									
f ₀	1.28	52.77	16.72	1.33	50.92	38.11	1.32	51.29	38.01
f ₁	1.28	52.77	16.72	1.32	51.29	32.04	1.31	51.66	34.83
f ₂	1.19	56.09	15.35	1.30	52.03	25.87	1.21	55.35	26.12
f ₃	1.17	56.83	13.02	1.26	53.50	20.31	1.19	56.09	24.12
Средно за 2017-2019									
f ₀	1.33	50.89	15.02	1.35	50.06	30.90	1.36	49.69	41.49
f ₁	1.32 n.s	51.04 n.s	14.38 n.s	1.33 n.s	50.80 n.s	27.48 n.s	1.34 n.s	50.30 n.s	37.69 n.s
f ₂	1.27 n.s	53.13 n.s	12.84 n.s	1.30**	52.03 n.s	22.79 n.s	1.29 n.s	52.15 n.s	31.77 n.s
f ₃	1.23 n.s	54.49 n.s	11.34 n.s	1.25***	53.62 n.s	19.56*	1.26 n.s	53.38 n.s	27.01 n.s
P≤0.5%	0.120	4.460	4.530	0.033	1.248	8.311	0.145	5.473	15.619
P≤0.1%	0.176	6.490	6.591	0.049	1.816	12.093	0.211	7.964	22.727
P≤0.01%	0.179	6.627	6.731	0.0742	2.729	18.169	0.318	11.965	34.147

***- мн.добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика ;

Общата порьозност, както се вижда от табл.5.2 и фиг.5.4, е най-висока при вариант f_3 , а най-ниска при вариант f_0 , при който са приложени традиционни обработки по наклона на склона. При залагане на опита преди сеитба общата порьозност при вариантите f_0 , f_1 , f_2 с традиционни обработки е 50,89%, 51,04% и 53,13%, а тази при вариант f_3 е 54,49%.



Фиг. 5.3 Обемна плътност при царевица



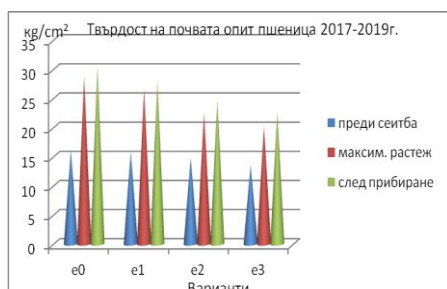
Фиг. 5.4 Обща порьозност при царевица

През максимален растеж и след прибиране, този показател при различните варианти показва една и съща тенденция на изменение, като най-ниска е общата порьозност при варианта с прилагането на традиционни технологии по наклона на склона f_0 (50,06% и 49,69%), следван от варианта с традиционни обработки напречно на наклона на склона f_1 (50,80% и 50,30%), вариант f_2 с повърхностно мулчиране с оборски тор (52,03%, 52,15%) и с най-висока обща порьозност на почвата е варианта с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор f_3 (53,62% при максимален растеж и 53,38% при прибиране на реколтата).

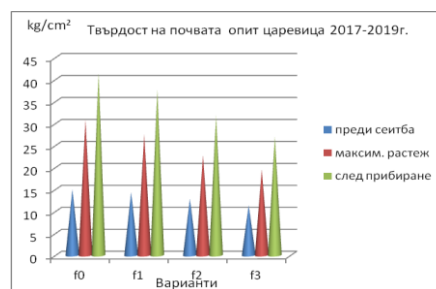
Предлаганите усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с мулч от оборски тор, спомагат за получаване и поддържане на обемна плътност и обща порьозност, близки до най-благоприятните за отглеждане на пшеница и царевица. Подобрението на тези физични свойства на почвата дава възможност за по-добро развитие на кореновата система на отглежданите култури, за обхващане на по-голям обем почва, за подобряване на влагозапасяващата способност, хранителния и въздушния режим на почвата (Димитров, 2008, 2016).

5.2 Влияние върху твърдостта на почвата

В нашият конкретен случай се установява, че при карбонатния чернозем с повишаване на обемната плътност, твърдостта на почвата нараства. В резултат на проведените полски опити с усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработки на почвата е установено, че противоерозионните методи и технологии, прилагани при отглеждане на пшеница и царевица на наклонени терени също оказват определено влияние върху почвената твърдост.



Фиг. 5.5 Твърдост на почвата при пшеница



Фиг. 5.6 Твърдост на почвата при царевица

Представените в табл. 5.1 и на фиг. 5.5, осреднени тригодишни резултати на този показател, за периода 2017-2019 г. показват, че при опита с пшеница твърдостта на почвата, при залагането му, преди сеитбата на земеделската култура, при вариантите e_0 , e_1 , e_2 и e_3 е съответно 16,10 kg/m², 15,85 kg/m², 14,81 kg/m², 13,59 kg/m².

В максимален растеж на растенията и след тяхното прибиране се запазва тази тенденция на градация на вариантите. Най-високи са при вариант e_0 , традиционно отглеждан по наклона на склона съответно 28,77 kg/m² при максимален растеж и 30,51 kg/m² след прибиране. По-ниски са при варианта, e_1 използващ традиционната технология за отглеждане на културата в напречно направление, като в отделните моменти на изследването са съответно 26,65 kg/m² и 28,05 kg/m². Тези стойности за твърдостта на почвата значително намаляват (съответно 22,54 kg/m² и 24,75 kg/m²) при e_2 , използващ повърхностно мулчиране с оборски тор, а най-малка е тя при площите, където е приложена усъвършенствана технология за минимална и нетрадиционна обработка (вертикално мулчиране с оборски тор). Нейните стойности при този вариант (e_3) са 20,25 kg/m² при максимален растеж и 22,72 kg/m² след прибиране на реколтата.

В края на вегетационния период средната твърдост на почвата при вариант e_3 , с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор е с 74,46 % по-ниска в сравнение с вариант e_0 , като стойностите са съответно 22,72 kg/m² (e_3), и 30,51 kg/m² (e_0). Подобни са резултатите и при опита с царевица (табл. 5.2, фиг. 5.6). Средно за тригодишния период на експеримента при варианта без почвозащитни обработки f_0 (контролата), твърдостта на почвата е най-висока във всички фази на наблюдение. В началната фаза стойностите на този показател са с минимални разлики между различните варианти, но контурността и прилагането на почвозащитните обработки води до по-ниска твърдост при варианти f_1 , f_2 , f_3 в сравнение с f_0 .

Преди сеитба твърдостта е най-ниска, като се увеличава през останалите фази и е най-висока в последната фаза, след прибиране на реколтата. Преди сеитба, при варианти f_0 , f_1 , f_2 средната стойност на твърдостта все още е близка между различните варианти на опита и е съответно 15,02, 14,38, 12,84 kg/m², а при вариант f_3 с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор тя е 11,34 kg/m². Във фаза максимален растеж, средно за периода на изследване, твърдостта на почвата при вариант f_0 е по-висока и е 30,90 kg/m². При варианта с традиционни обработки напречно на наклона (f_1), при който влиянието на водната ерозия и уплътняването е значително повлияно от промяната на посоката на прилаганите обработки, тя е 27,48 kg/m². При вариант f_2 с повърхностно мулчиране с оборски тор, противоерозионния ефект, както и по-високата влажност, оказват влияние върху почвеното уплътняване и твърдостта. Във фаза максимален растеж на царевицата твърдостта при този вариант е 22,79 kg/m². Най-ниска е твърдостта на почвата при варианта с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор, f_3 съответно 19,56 kg/m².

В края на вегетационния период средната твърдост на почвата при вариант (f_3), с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор е с 65,10 % по-ниска в сравнение с вариант (f_0), като стойностите са съответно 27,01 kg/m² (f_3) и 41,49 kg/m² (f_0).

Прилагането на повърхностно мулчиране с традиционни обработки, напречно на наклона на склона (f_2) също оказва влияние върху твърдостта на почвата като тя средно за трите години, в крайната фаза на развитие е 31,77 kg/m². Намаляването на броя на преминаванията на машините и противоерозионния ефект на вертикалното мулчиране с оборски тор, в съчетание с прорязване и ходообразуване едновременно със сеитбата и окопаването, както и браздообразуването с прорязване и ходообразуване при загърлянето, при вариант (f_3), водят до значително по-ниска твърдост на почвата в сравнение с останалите варианти (27,01 kg/m²).

Тези резултати дават основание да се смята, че използването на усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с мулч от оборски тор, при отглеждане на пшеница и царевица на наклонени терени, намалява твърдостта на почвата.

5.3 Влияние върху почвената влага

Почвената влажност характеризира съдържанието на вода в почвата. През периода на изследване на усъвършенстваните почвозащитни технологии за минимални и нетрадиционни обработки на почвата за отглеждане на зърнено-житни култури (пшеница и царевица за зърно) на наклонени терени, влажността на почвата е проследявана редовно по начини и време, определени в методиката.

От проведените изследвания, при опита с пшеница (табл. 5.3 и табл.5.4) се вижда, че влажността на почвата, през годините на експеримента се увеличава най-много при прилагане на минимални обработки с вертикално мулчиране с оборски тор.

Таблица 5.3 Почвена влага опит пшеница

Период	Варианти на опита			
	e ₀	e ₁	e ₂	e ₃
2017				
Преди сеитба	13.66	13.66	13.66	13.66
Макс. растеж	15.34	15.89	16.02	16.33
След прибиране	12.85	13.66	14.57	15.11
2018				
Преди сеитба	10.98	11.34	11.45	12.54
Макс. растеж	8.47	10.10	10.53	10.78
След прибиране	18.45	18.96	19.72	19.80
2019				
Преди сеитба	14.50	14.64	15.02	15.79
Макс. растеж	10.88	12.06	14.50	14.97
След прибиране	9.43	10.12	11.36	14.31
Средно за периода 2017-2019				
Преди сеитба	9.71	13.21	13.37	13.99
Макс. растеж	11.56	12.68	13.68	14.02
След прибиране	13.57	14.24	15.21	16.40

Таблица 5.4 Почвена влага опит царевица

Период	Варианти на опита			
	f ₀	f ₁	f ₂	f ₃
2017				
Преди сеитба	17.71	17.71	18.36	20.20
Макс. растеж	12.85	13.30	13.44	13.85
След прибиране	10.98	11.34	11.45	12.54
2018				
Преди сеитба	17.00	17.00	18.00	20.00
Макс. растеж	14.51	15.08	16.60	17.10
След прибиране	12.86	12.99	13.31	13.47
2019				
Преди сеитба	17.29	18.95	19.44	20.30
Макс. растеж	10.29	10.64	11.50	11.90
След прибиране	8.92	9.69	9.80	9.83
Средно за периода 2017-2019				
Преди сеитба	17.33	17.88	18.60	20.16
Макс. растеж	9.22	13.00	13.84	14.28
След прибиране	10.92	11.34	11.52	11.94

5.4 Агрохимични анализи

Получените тригодишни резултати за агрохимичните показатели на почвата са представени в табл. 5.5 и табл. 5.6. Най-високи нива на разтворими минерални форми на азот, фосфор и калий се наблюдават при вариантите с прилагане на минимални обработки с вертикално мулчиране с оборски тор и при варианта с традиционни обработки, приложени напречно на наклона на склона и с повърхностно мулчиране с оборски тор. Внасянето на този органичен материал, богат на хранителни вещества влияе върху агрохимичните показатели на площите, обработвани по тези технологии. В резултат на това настъпват промени в химичния състав на почвата. Както се вижда от табл. 5.5 при опита с пшеница, нивата на минерален азот (N mg/kg), подвижен фосфор (P₂O₅, mg/100 g) и калий (K₂O₅, mg/100 g) в началната фаза на проучването – преди сеитбата средно за периода на изследване при вариант e₃ са 66,07 mg/kg, 15,92 mg/100g, 39,53 mg/100g, докато при контролния вариант e₀ са съответно 34,69 mg/kg, 8,51 mg/100g, 32,31 mg/100g. През този период най-високи средни стойности за азот (N) и калий (K) са получени и при вариант e₂, отглеждан с повърхностно мулчиране с оборски тор.

Стойностите за подвижните форми на фосфор (P_2O_5 , mg/100 g) са най-високи при вариант e_3 .

Във фаза максимален растеж на пшеницата при вариант, e_3 подвижните форми на (N), подвижен фосфор (P_2O_5 , mg/100 g) и калий (K_2O , mg/100 g) са съответно 62,73 mg/kg, 10,91 mg/100g, 59,06 mg/100g, а при контролата e_0 – 31,07 mg/kg, 8,45 mg/100g, 36,34 mg/100g.

В последната наблюдавана фаза, след прибиране на реколтата най-високи стойности по тези показатели са установени при вариант e_3 – 55,75 mg/kg, 15,51 mg/100g, 56,65 mg/100g, следван от вариант e_2 48,53 mg/kg, 12,39 mg/100g, 39,87 mg/100g, а при вариант e_0 , отглеждан по традиционна технология по наклона на склона стойностите на азот, фосфор и калий са значително по-ниски съответно – 26,12 mg/kg, 6,52 mg/100g, 35,21 mg/100g.

Показателно е, че високи нива на минерален азот (N), фосфор (P) и калий (K) се наблюдават при вариантите с прилагане на минимални обработки с вертикално мулчиране с оборски тор и при варианта с традиционни обработки, приложени напречно на наклона на склона и с повърхностно мулчиране с оборски тор. Както се вижда от получените за периода 2017-2019г. резултати, внасянето на оборски тор, се отразява значително върху агрохимичните показатели на почвата при вариант e_3 и вариант e_2 .

Таблица 5.5 Агрохимични показатели на почвата в различните варианти на опита през три фази на развитие на културата, опит пшеница, 2017 -2019 г.

Средно за 2017-2019г.	Варианти	Минерален азот, mg/kg	Подвижни форми на P_2O_5 , mg/100 g	Подвижни форми на K_2O , mg/100 g	ЕС, $\mu S/cm$	Общ въглерод %	Хумус %
	Преди сеитба						
	e_0	34.69	8.51	32.31	158.37	1.36	2.35
	e_1	39.50	9.40	31.75	158.83	1.42	2.45
	e_2	69.89**	13.93	39.86**	212.87	1.63*	2.80*
	e_3	66.07**	15.92	39.53**	182.63	1.55	2.67
	Максимален растеж						
	e_0	31.07	8.45	36.34	135.47	1.49	2.56
	e_1	33.79	10.04	38.72	131.60	1.39	2.40
	e_2	58.76	14.34*	39.86	175.73	1.48	2.56
	e_3	62.72	10.90	59.06	167.60	1.59	2.75
	След прибиране						
	e_0	26.12	6.52	35.21	144.40	1.45	2.49
	e_1	19.86	10.83**	35.38	150.73	1.51	2.61
	e_2	48.53	12.39***	39.87	206.40	1.64	2.82*
	e_3	55.75	15.51***	56.65*	191.23	1.61	2.78

HSD: За N преди сеитба $P \leq 0.5-20.957$; $P \leq 0.1-30.493$; $P \leq 0.01-45.815$. в максимален растеж- $P \leq 0.5-36.327$; $P \leq 0.1-52.858$; $P \leq 0.0179.417$. след прибиране $P \leq 0.5-44.483$; $P \leq 0.1-64.726$; $P \leq 0.01-97.248$. За P- преди сеитба: $P \leq 0.5-10.103$; $P \leq 0.1-14.700$; $P \leq 0.01-22.087$.максимален растеж- $P \leq 0.56.337$; $P \leq 0.19.221$; $P \leq 0.01-13.854$; след прибиране $P \leq 0.5-2.712$; $P \leq 0.1-3.946$; $P \leq 0.01-5.929$. K-преди сеитба $P \leq 0.5-4.901$; $P \leq 0.1-6.550$; $P \leq 0.01-9.841$; максимален растеж $P \leq 0.5-35.254$; $P \leq 0.1-51.297$; $P \leq 0.0177.071$; след прибиране $P \leq 0.5-24.064$; $P \leq 0.1-35.014$; $P \leq 0.01-52.607$. ЕС, $\mu S/cm$ -преди сеитба - $P \leq 0.5-84.687$; $P \leq 0.1-123.226$; $P \leq 0.01-185.141$;максимален раст. $P \leq 0.5-57.328$; $P \leq 0.183.417$; $P \leq 0.01-125.33$;след приб. $P \leq 0.5-76.416$; $P \leq 0.1-111.191$; $P \leq 0.01- 167.058$;Общ въглерод % преди сеитба $P \leq 0.5-0.230$; $P \leq 0.1 -0.3310$; $P \leq 0.01-0.487$; максимален растеж- $P \leq 0.5-0.224$; $P \leq 0.1-0.322$; $P \leq 0.010.474$; след прибиране $P \leq 0.5-0.260$; $P \leq 0.1-0.374$; $P \leq 0.01-0.5514$..хумус преди сеитба $P \leq 0.5-0.394$; $P \leq 0.1 -0.566$; $P \leq 0.01-0.832$; макс. раст. $P \leq 0.5-0.307$; $P \leq 0.1-0.4422$; $P \leq 0.01-0.650$; след прибиране $P \leq 0.5-0.455$; $P \leq 0.1-0.640$; $P \leq 0.01-0.942$.

***- мн.добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика

В резултат на експеримента се установи, че приложените противоерозионни обработки влияят положително на **съдържанието на хумус**. Най-ниско съдържание на хумус е получено при варианта с традиционни обработки, приложени по наклона на склона (e_0) и най-високо при прилагане на минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор (табл. 5.5). Преди засяване на пшеницата хумусното съдържание е най-ниско при контролният вариант e_0 -2,35%, а при вариантите e_2 и e_3 , с приложените почвозащитни технологии и внасяне на допълнителни органични вещества с оборския тор, достига 2,80% и 2,67%. В следващата фаза, през максималния растеж –изкласяване на пшеницата стойностите за хумуса отново са най-високи при вариант e_3 -2,75%, следван от вариант e_2 -2,56%. След прибиране хумусното съдържание е високо при вариантите e_2 и e_3 2,82% и 2,78%, в сравнение с контролния вариант e_0 , където е по-ниско и е със стойност 2,49%.

Резултатите са показателни, че съчетаването на минимални обработки с внасяне на оборски тор като мулчиращ материал при усъвършенстваната противоерозионна технология, води до запазване и подобряване на хумусното съдържание на почвата (табл. 5.5). Внасянето на органично вещество с повърхностно мулчиране при вариант e_2 също води до повишаване на хумусното съдържание. То е високо в резултат на обогатяване състава на почвата с повърхностно приложения оборски тор. Приложените технологии - повърхностно мулчиране с оборски тор и усъвършенстваната технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата противодействат на загубата на органично вещество. Съдържанието на органично вещество при вариантите, с приложени противоерозионни почвозащитни технологии е по-високо спрямо контролния вариант, с прилагане на традиционни технологии по наклона на склона. Ниското съдържание на хумус при контролният вариант може да се обясни с износа на хранителни вещества в резултат на протичащите ерозионни процеси и липсата на почвозащитни технологични операции, които да ограничат тези процеси. Резултатите потвърждават изследванията и на други учени, че в резултат на това се изнася най-богато запасеният на органични вещества повърхностен почвен слой.

Резултатите за **съдържанието на органичен въглерод C%** са посочени в табл. 5.5. Средното количество на органичния въглерод в почвата преди сеитбата на пшеницата, по време на максималният ѝ растеж и след прибиране на реколтата при контролния вариант e_0 е 1,36%, 1,49%, 1,45% докато при вариант e_3 , то е 1,55%, 1,59%, 1,61%.

Високо е и количеството на органичен въглерод при варианта с повърхностно мулчиране с оборски тор, e_2 като в максимален растеж и след прибиране на реколтата при направените измервания то е 1,48% и 1,64%. Това показва, че този метод има добро въздействие върху съдържанието на органично вещество в почвата при отглеждане на пшеница на наклонени терени.

Друг показател, характеризиращ достъпни форми на хранителни вещества за растенията е **електропроводимостта на почвения разтвор**($\mu\text{S}/\text{cm}$). При пшеницата резултатите, получени при определянето на електрическата проводимост на почвения разтвор показват най-високи стойности при варианта с повърхностно мулчиране e_2 по време на максимален растеж и след прибиране на реколтата съответно- 175,73 $\mu\text{S}/\text{cm}$ и 206,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$, следван от вариант e_3 -167,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ и 191,23 $\mu\text{S}/\text{cm}$. При контролният вариант e_0 , стойностите през посочените фази са сравнително ниски-135,47 $\mu\text{S}/\text{cm}$ и 144,40 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

Резултатите за електропроводимостта на почвения разтвор са най-високи за вариантите с приложен органичен тор в прорезите, в сравнение с останалите варианти. Използваният органичен материал, както минималните обработки, водят до по-високо съдържание на азот и въглерод в повърхностния слой, което е причина за по-висока

микробиологична активност, съответно по-високо количество на йони в почвения разтвор и по-висока проводимост.

Анализът на получените резултати от усъвършенствани минимални и нетрадиционни обработки на почвата при отглеждане на пшеница при почва карбонатен чернозем на наклонени терени, показва, че при приложените обработки леката имобилизация в началната фаза, се преодолява още през следващата фаза и създава условия за добро изхранване на растенията през по-голямата част от вегетационния период, като подобрява запасеността на макроелементи. Повишава се и съдържанието на хумус и общ азот.

Резултатите от агрохимичните анализи от опита с царевица са посочени в табл. 5.6. От тях се вижда, че по-високи нива на достъпни форми на азот ($N \text{ mg/kg}$), фосфор ($P_2O_5 \text{ mg/100 g}$) и калий ($K_2O_5 \text{ mg/100 g}$), са характерни за вариантите с добавяне на оборски тор в сравнение с контролата, отглеждана по наклона на склона и подложена най-силно на действието на ерозия, като тези разлики са по-големи в началото на сезона.

Запасеността на парцелите, при които са прилагани традиционни обработки, по наклона на склона е по-ниска в сравнение с варианта с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор. Преди сеитбата на царевицата средното количество на минерален азот, достъпни форми фосфор P_2O_5 и калий при варианта f_3 с минимални обработки и вертикално мулчиране са съответно $55,75 \text{ mg/kg}$; $43,51 \text{ mg/100g}$; $56,82 \text{ mg/100g}$, докато при вариант f_0 , те са значително по-ниски $26,84 \text{ mg/kg}$, $5,75 \text{ mg/100g}$, $32,53 \text{ mg/100g}$.

В крайната фаза при f_3 след прибирането на реколтата от царевица запасеността на достъпни форми на азот, фосфор P_2O_5 , и калий K_2O_5 е съответно $66,88 \text{ mg/kg}$, $19,91 \text{ mg/100g}$, $47,42 \text{ mg/100g}$, при вариант f_2 тези показатели са съответно $61,29 \text{ mg/kg}$, $11,23 \text{ mg/100g}$, $28,35 \text{ mg/100g}$, докато при f_0 (контрола), подвижните форми на тези макроелементи са $30,29 \text{ mg/kg}$, $9,02 \text{ mg/100g}$, $23,41 \text{ mg/100g}$. Най-добри са агрохимичните показатели на вариант f_2 с повърхностно мулчиране след сеитба, непосредствено след разхвърляне на оборския тор. Вариант f_3 е с най-високи агрохимични показатели в следващите фази, като при този вариант оказват влияние минималните обработки, дълбочината на внасяне на оборския тор, както и по-високия противоерозионен ефект. При този вариант се наблюдават по-високи нива на достъпни форми на азот, фосфор, калий и органично вещество (табл. 5.6). Най-ниски са нивата на макроелементи и органично вещество при вариант f_0 , с традиционни обработки, приложени по наклона на склона, който е подложен най-силно на действието на водната ерозия, с най-големи загуби на почва и най-голям обем на повърхностния воден отток.

От анализите за съдържание на хумус, при различните варианти на опита с царевица преди сеитбата се наблюдават ниски стойности при вариант f_1 - $2,47\%$, следван от вариант f_0 - $2,48\%$. С най-високо съдържание на хумус се отличава вариант f_2 - $3,12\%$, следван от вариант f_3 - $2,99\%$.

Таблица 5.6. Агрохимични показатели на почвата в различните варианти на опита през три фази на развитие на културата, опит царевица, 2017-2019г.

Период	Вариант	Мин. азот, mg/kg	Подвижни форми на P_2O_5 , mg/100 g	Подвижни форми на K_2O , g/100 g	ЕС, $\mu\text{S/cm}$	Общ въглерод %	Хумус %
	Преди сеитба						
	f_0	26.84	5.75	32.53	226.20	1.44	2.48
	f_1	33.97	6.88	37.01	242.00	1.43	2.47
	f_2	78.23**	10.43	54.43	551.00	1.81*	3.12*
	f_3	55.75*	43.51**	56.82	380.33	1.73	2.99
	Максимален растеж						

Средно за 2017- 2019г.	f_0	31.24	6.83	36.33	125.70	1.41	2.43
	f_1	50.58	7.17	36.83	141.46	1.45	2.51
	f_2	69.95**	14.47**	53.35	187.66	1.67*	2.88*
	f_3	60.80**	27.53***	45.99	272.10	1.73**	2.98**
	След прибиране						
	f_0	30.29	9.02	23.41	151.60	1.35	2.33
	f_1	35.97*	7.86	25.48	167.10	1.43	2.46
	f_2	61.29*	11.23	28.35	187.56	1.55*	2.67*
	f_3	66.88*	19.91*	47.42**	265.07**	1.63**	2.80**

HSD: За N преди сеитба $P \leq 0.5-26.176$; $P \leq 0.1-38.087$; $P \leq 0.01-57.225$; макс. растеж- $P \leq 0.5-22.916$; $P \leq 0.1-32.922$; $P \leq 0.01-48.433$. след прибиране $P \leq 0.5-20.016$; $P \leq 0.1-28.755$; $P \leq 0.01-42.303$. За Р преди сеитба $P \leq 0.5-12.871$; $P \leq 0.1-18.729$; $P \leq 0.01-28.140$. макс. растеж- $P \leq 0.5-4.590$; $P \leq 0.1-6.594$; $P \leq 0.01-9.701$. след прибиране $P \leq 0.5-10.473$; $P \leq 0.1-15.239$; $P \leq 0.01-22.897$. К-преди сеитба при $P \leq 0.5-33.491$; $P \leq 0.1-48.732$; $P \leq 0.01-73.218$; макс. растеж $P \leq 0.5-19.715$; $P \leq 0.1-28.323$; $P \leq 0.01-41.667$. след прибиране $P \leq 0.5-11.827$; $P \leq 0.1-16.991$; $P \leq 0.01-24.996$. ЕС, $\mu\text{S/cm}$ -преди сеитба - $P \leq 0.5-339.321$; $P \leq 0.1-493.735$; $P \leq 0.01-741.813$. макс. раст. $P \leq 0.5-193.002$; $P \leq 0.1-280.831$; $P \leq 0.01-421.936$; след приб. $P \leq 0.5-81.080$; $P \leq 0.1-117.977$; $P \leq 0.01-177.255$. Общ въглерод преди сеитба $P \leq 0.5-0.326$; $P \leq 0.1-0.469$; $P \leq 0.01-0.690$; макс. растеж- $P \leq 0.5-0.228$; $P \leq 0.1-0.328$; $P \leq 0.01-0.482$. след прибиране $P \leq 0.5-0.196$; $P \leq 0.1-0.282$; $P \leq 0.01-0.414$; хумус . преди сеитба $P \leq 0.5-0.560$; $P \leq 0.1-0.804$; $P \leq 0.01-1.184$; макс. растеж- $P \leq 0.5-0.389$; $P \leq 0.1-0.559$; $P \leq 0.01-0.882$. след прибиране $P \leq 0.5-0.336$; $P \leq 0.1-0.483$; $P \leq 0.01-0.711$.

***- мн. добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика

През фаза изметляване на царевицата е установено най-високо съдържание на хумус при вариант f_3 -2,98%, следван от f_2 -2,88 % и f_1 . И тук, както и при предхождащата култура най-ниско е съдържанието на хумус при контролата -2,43%. След прибиране на реколтата по хумусно съдържание вариант f_3 превъзхожда всички останали варианти на опита със стойност 2,80%. Следван от вариантите f_2 и f_1 . И в тази фаза с най-ниско хумусно съдържание остава контролният вариант f_0 -2,33%.

Както се вижда от получените резултати, изследваната система от усъвършенствани минимални и нетрадиционни обработки запазва агрохимичните свойства на почвата при отглеждане на царевица на наклонени терени и подобрява изхранването на отглежданите растения. Отчетените средни стойности за хумусно съдържание са най-високи при варианта с приложени усъвършенствани минимални обработки на почвата, съчетани с вертикално мулчиране с оборски тор. Това се дължи както на минималните обработки, така и на внесенят допълнително органичен тор, богат на хранителни вещества, необходими за развитието на растенията.

Съдържанието на органичен въглерод С% е посочено в табл. 5.6. Сравнявайки резултатите при различните варианти и контролата се установява, че общото количество органичен въглерод (С%) се е повишило във всички варианти спрямо f_0 . При внасянето на оборския тор значително се подобряват нивата на общ въглерод при вариантите с повърхностно и вертикално мулчиране f_2 и f_3 . При тях се наблюдава натрупване на общ въглерод, в крайния етап на вегетацията, в сравнение с контролата f_0 . През трите наблюдавани години средното количество на органичния въглерод в почвата преди сеитбата на царевицата, по време на максималният ѝ растеж и след прибиране на реколтата при контролният вариант f_0 е със стойности 1,44%, 1,41%, 1,35% докато при вариант f_3 , те са по-високи и са съответно 1,73%, 1,73%, 1,63% .

Високо е и количеството на органичен въглерод С% при варианта с повърхностно мулчиране с оборски тор, f_2 спрямо контролата както в максимален растеж, така и след прибиране на реколтата. При направените измервания то е 1,67%, при максимален растеж на царевицата и 1,55% след прибиране на реколтата, което показва, че този метод има добро въздействие върху съдържанието на органично вещество в почвата при отглеждане на царевица на наклонени терени. За тези две фази стойностите на С% при варианта f_1 ,

(1,45% и 1,43%) са по-ниски от тези при вариант f_2 и f_3 , но по-добри от тези при контролния вариант f_0 .

Обработените тригодишни резултати за периода 2017-2019г., посочени в табл. 5.6 показват, че електропроводимостта е най-висока във всички фази на развитие на царевицата при варианта с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор и е със стойност 380,33 $\mu\text{S}/\text{cm}$ в началната фаза, 272,10 $\mu\text{S}/\text{cm}$, в максимален растеж и 265,06 $\mu\text{S}/\text{cm}$ след прибиране на реколтата, докато при варианта с традиционни обработки, приложени по наклона на склона f_0 тя е съответно 226,20 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 125,7 $\mu\text{S}/\text{cm}$ и 151,60 $\mu\text{S}/\text{cm}$ през трите наблюдавани фази. При вариант f_2 , също наблюдаваме високи стойности на електропроводимост, което се дължи на внесенният органичен материал (оборски тор) с висока концентрация на макроелементи. В този случай стойностите са съответно 551,00 $\mu\text{S}/\text{cm}$, 187,66 $\mu\text{S}/\text{cm}$ и 187,56 $\mu\text{S}/\text{cm}$. При по-високи количества хранителни вещества се наблюдава наличие на високи стойности на електропроводимост.

Получените до тук резултати при различните варианти на изведеният опит и при двете изследвани зърнено-житни култури доказват взаимодействието между свойствата на почвата, съдържанието на органично вещество и връзката с почвозащитните и противоерозионни технологични операции и съответните системи за обработка на почвата.

5.5 Влияние на усъвършенстваните почвозащитни технологии за отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени върху микробиологичната активност на почвата

Микробиологичните анализи на почвените проби от вариантите на двата опита с пшеница и царевица за периода на експеримента са извършени в лабораторията на ИПАЗР „Н. Пушкиров“ в РУ „Ан. Кънчев“ гр. Русе. Получените резултати, за количеството на основните групи почвени микроорганизми CFU (colony forming units) $10^6/\text{g}$ в абсолютно суха почва, опит пшеница са отразени в табл. 5.7. В изследваните почвени проби доминират сапрофитни, азотфиксиращи, целулозоразграждащи бактерии, актиномицети, плесенни гъби. Най-многобройните микроорганизми в почвата са бактериите, следвани в намаляващ числов ред от актиномицетите и гъбите.

Обобщавайки резултатите от четирите варианта на опита през трите наблюдавани фази, се установява, че най-висока е микробиологичната дейност при варианта с усъвършенствани минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор e_3 .

Относно първата група, микроорганизми, посочена в таблица 5.7 при вариант e_3 общият брой на сапрофитните бактерии е в границите от 609,15 $10^6/\text{g}$ CFU преди сеитбата, 1427,43 $10^6/\text{g}$ CFU по време на максималния растеж и 546,07 $10^6/\text{g}$ CFU след прибиране на реколтата. Интересен факт е, че при вариант e_2 тези стойности са значително по-високи при максимален растеж и след прибиране на реколтата и са съответно -1891,55 $10^6/\text{g}$ CFU и 1173,96 $10^6/\text{g}$ CFU. При този вариант количеството им е от 1,40 пъти до 3,12 пъти по-високо в сравнение с контролния вариант, отглеждан по традиционна технология по наклона на склона. Тези стойности при контролния вариант са много по-ниски съответно 229,44 $10^6/\text{g}$ CFU, 456,76 $10^6/\text{g}$ CFU и 387,98 $10^6/\text{g}$ CFU.

Спорообразуващите бактерии, които по значимост играят важна роля при разграждането на сложни органични съединения са с най-ниски стойности преди сеитбата при вариант e_0 - през есента съответно 28,34 $10^6/\text{g}$ CFU. След този вариант по възходящ ред се подреждат вариантите e_2 -37,39 $10^6/\text{g}$ CFU, следван от варианти e_1 и e_3 -51,36 $10^6/\text{g}$ CFU и 332,88 $10^6/\text{g}$ CFU. През максималния растеж на пшеницата най-слаби са стойностите при вариант e_0 -34,72 $10^6/\text{g}$ CFU, следван от варианти e_1 и e_2 -41,56 $10^6/\text{g}$ CFU и 49,24 $10^6/\text{g}$ CFU. С най-високи стойности се откроява вариант e_3 -106,17 $10^6/\text{g}$ CFU. След прибиране на реколтата през лятото количеството им е високо при вариант e_2 - 42,80 $10^6/\text{g}$

CFU, следвано от вариантите e_3 и e_1 съответно $37,15 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU и $21,09 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU. Олиготрофните микроорганизми се развиват в среда бедна на хранителни елементи. В случая обаче се наблюдават отново по-високи количества олиготрофна микрофлора при варианти e_2 и e_3 . Това вероятно е свързано с повишената влажност и подобрената аерация при тези варианти, особено при последния. Почвата е хетерогенна среда и условията в нея не са изравнени, така че независимо от повишеното количество хранителни вещества при тези варианти, подобрените физични свойства са довели до по-високо количество и на олиготрофната микрофлора. Анализът на олиготрофите преди сеитбата на пшеницата показва, че тези показатели са най-добри за вариантите e_3 и e_2 съответно $295,44 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU и $293,74 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU. С най-ниски стойности и на последно място е контролата e_0 - $104,97 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU. През максималният растеж на пшеницата резултатите са високи при вариант e_1 и e_2 съответно $116,06 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU и $143,50 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU, по-високи от тези при вариант e_0 . След прибиране на реколтата стойностите се подреждат в следния възходящ ред: e_0 -125,76, e_1 -283,04 $10^6/\text{g}$ CFU, e_2 -354,58 $10^6/\text{g}$ CFU, e_3 -403,59 $10^6/\text{g}$ CFU.

Чрез дейността на актиномицетите се увеличава наличността на хранителни вещества за растенията. Те произвеждат/синтезират различни полезни вторични метаболити, участват в процесите на образуване и минерализиране на хумуса. Средните резултати за периода 2017-2019г. показват, че най-голямо количество актиномицети са отчетени в повърхностния хоризонт на вариант e_3 преди сеитба на опита от $10,91 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU, в сравнение с контролния вариант, където съдържанието им е с по-ниски стойности $0,99 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU.

В максималния растеж на пшеницата най-високи стойности са получени при вариант e_2 $2,09 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU. Това показва, че при вариантите с минимални обработки и усъвършенстваната технология протичат активно процеси на разграждане на растителните остатъци. През есента в този хоризонт се наблюдават коренчета и остатъци от стърнище, финни корени на различни растителни видове и др. остатъци. Наличието на актиномицети и други почвени микроорганизми може да бъде причина за възникване на синергични взаимоотношения между тях. Тези взаимоотношения водят до засилване на микробиологични процеси, което е предпоставка за поддържането и повишаването плодородието на почвата.

Плесенните гъби показват най-високи стойности през първите две фази на опита при вариант e_2 съответно $0,00320 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU и $0,00587 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU.

При анализа за азотфиксиращите бактерии се откроява вариант e_3 с най-високи стойности, от $4,18 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU в максималния растеж на растенията до $9,66 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU след прибиране на пшеницата. Азотфиксиращите бактерии са микроорганизми, които обогатяват почвата с азот.

Най-голямо количество целулозоразграждащи микроорганизми има в почвените проби от вариант e_2 (преди сеитба $4,79 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU; максимален растеж $-3,89 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU и $2,44 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU след прибиране) и e_3 ($6,55 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU, $2,87 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU и $3,64 \cdot 10^6/\text{g}$ CFU), където се наблюдават множество корени и остатъци от стърнище и допълнително внесени органични вещества. Това предполага, че в този период на годината в орния хоризонт протича активен целулозоразграждащ процес. Разграждането на целулозата от микроорганизмите, като органично въглеродно съединение има значение и за кръговрата на въглерода в природата. По-високата порьозност, влажност на почвата и по-ниската обемна плътност при този вариант повлияват върху развитието на микроорганизмите.

Таблица 5.7 Количество на основните групи почвени микроорганизми CFU (colony forming units) 10⁶/гр. абсолютно суха почва, опит пшеница

Период	Фаза	Вар.	Общ бр. сапрофит бакт.	Споро образуващи	Олиготрофи	Актиномицети	Плесенни гъби	Азот фиксиращи	Целулозоразграждащи
Средно за 2017-2019г.	Преди сеитба	e ₀	229.44	28.34	104.97	0.99	0.00223	2.66	1.67
		e ₁	339.52	51.36	128.14	3.16	0.00253	2.98	1.74
		e ₂	537.59	37.39	295.44	2.88	0.00320	3.34	4.76
		e ₃	609.15	332.88	293.74	10.91	0.00263	4.13	6.55
	Максимален растеж	e ₀	456.76	34.72	49.09	1.06	0.00450	1.97	1.85
		e ₁	668.24	49.24	116.06	0.96	0.00380	2.20	1.47
		e ₂	1891.55	41.56	143.50	2.09	0.00587	2.00	3.89
		e ₃	1427.43	106.17	84.96	1.28	0.00353	4.18	2.87
	След прибиране	e ₀	387.98	9.43	125.76	0.65	0.00237	2.69	1.29
		e ₁	457.69	21.09	283.04	1.49	0.00174	2.96	1.80
		e ₂	1173.96	42.80	354.58	2.47	0.00200	5.76	2.44
		e ₃	546.07	37.15	403.59	2.47	0.00322	9.66	3.64

HSD: За сапрофит. бакт. преди сеитба: $P \leq 0.5-451.162$; $P \leq 0.1-656.47$; $P \leq 0.01-986.315$; макс. растеж- $P \leq 0.5-2212.96$; $P \leq 0.1-3220$; $P \leq 0.01-4837.9$. след прибиране $P \leq 0.5-1350.77$; $P \leq 0.1-1965.47$; $P \leq 0.01-2953.02$. спорообразуващи преди сеитба $P \leq 0.5-43.068$; $P \leq 0.1-601.041$; $P \leq 0.01-903.036$. макс. растеж- $P \leq 0.5-110.984$; $P \leq 0.1-161.489$; $P \leq 0.01-242.629$; след прибиране $P \leq 0.5-63.206$; $P \leq 0.1-91.969$; $P \leq 0.01-138.18$. олиготрофи: преди сеитба $P \leq 0.5-327.931$; $P \leq 0.1-477.162$; $P \leq 0.01-716.913$. макс. растеж- $P \leq 0.5-196.353$; $P \leq 0.1-290.589$; $P \leq 0.01-449.058$; след прибиране $P \leq 0.5-441.334$; $P \leq 0.1-642.17$; $P \leq 0.01-964.829$. актиномицети- преди сеитба $P \leq 0.5-17.295$; $P \leq 0.1-25.166$; $P \leq 0.01-37.810$. макс. растеж- $P \leq 0.5-3.773$; $P \leq 0.1-5.584$; $P \leq 0.01-8.630$; след прибиране $P \leq 0.5-1.046$; $P \leq 0.1-1.5229$; $P \leq 0.01-2.287$. плесенни гъби преди сеитба $P \leq 0.5-0.0022$; $P \leq 0.1-0.0032$; $P \leq 0.01-0.0049$. макс. растеж- $P \leq 0.5-0.0049$; $P \leq 0.1-0.0072$; $P \leq 0.01-0.108$; след прибиране $P \leq 0.5-0.0051$; $P \leq 0.1-0.0078$; $P \leq 0.01-0.0126$. азотфиксиращи - преди сеитба $P \leq 0.5-6.430$; $P \leq 0.1-9.357$; $P \leq 0.01-14.059$. макс. растеж- $P \leq 0.5-3.060$; $P \leq 0.1-4.452$; $P \leq 0.01-6.690$; след прибиране $P \leq 0.5-5.105$; $P \leq 0.1-7.428$; $P \leq 0.01-11.160$. целулозоразграждащи - преди сеитба $P \leq 0.5-3.176$; $P \leq 0.1-4.622$; $P \leq 0.01-6.945$. макс. растеж- $P \leq 0.5-1.431$; $P \leq 0.1-2.082$; $P \leq 0.01-3.128$; след прибиране $P \leq 0.5-3.917$; $P \leq 0.1-5.699$; $P \leq 0.01-8.563$.

***- мн. добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика

Висок е броят на микроорганизмите при варианта с повърхностно прилагане на оборски тор e₂. Внасянето на органична материя в почвата, с високо въглеродно и азотно съдържание, както и значително количество макроелементи и микроорганизми е причина за повишаване на микробиологичната активност при вариантите (e₂ и e₃), при които се използва оборски тор, богат на органични вещества.

При вариант e₃, се наблюдава най-високо количество актиномицети – 3,8 до 11,02 пъти, плесенни гъби от 0,78 до 1,35 пъти, от 1,55 до 3,65 пъти повече целулозоразграждащи и до 3,6 пъти повече азотфиксиращи микроорганизми. При вариант e₂ се наблюдава по-високо количество сапрофитни бактерии от 2,34 до 4,14 пъти в сравнение с контролния вариант e₀, както и от 1,97 до 3,80 пъти повече актиномицети, до 2,14 повече азотфиксиращи бактерии и до 2,65 пъти по-голямо количество целулозоразграждащи микроорганизми. Най-високо е количеството на спорообразуващите бактерии при този вариант (e₂), следван от вариант e₃. Количеството олиготрофни бактерии е най-високо при прилагане на минимални обработки с вертикално мулчиране, както и традиционни обработки с повърхностно мулчиране с оборски тор.

Микробиологичните анализи, показват, че минималните и нетрадиционни обработки влияят положително върху микробиологичните свойства на почвата и могат да се използват за преодоляване на последствията от биологичната деградация на почвените типове. Ниската микробиологична активност на вариант e₀ се дължи на слабата аерация, ниската влагозадържаща способност и уплътняването на почвата.

От получените резултати за втората разглеждана култура царевица, табл. 5.8, най-висок брой микроорганизми е установен при варианта с усъвършенствани минимални

обработки и вертикално мулчиране с оборски тор f_3 . При този вариант през фаза максимален растеж количеството на сапрофитните бактерии е $2045,24 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ в сравнение с контролния вариант $709,30 \cdot 10^6/\text{g CFU}$. По-високата порьозност, влажност на почвата и по-ниската обемна плътност при този вариант повлияват върху развитието на микроорганизмите. Комбинацията на минималните обработки с прорязване и с внасянето на оборски тор в прорезите, подобрява физичните и химични показатели, благоприятстващи развитието на почвената микрофлора. Бактериите показват най-голяма чувствителност към промените в почвените процеси. Разликите между отделните варианти достигат до 4-5 пъти.

Олиготрофите преди сеитбата са в най-голямо количество $347,97 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ спрямо общото количество микроорганизми на варианта, най-силно подложен на ерозия f_0 . Нивото на олиготрофи е високо при вариантите с добавяне на оборски тор. При вариант e_3 то е значително по-високо $578,01 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ и $484,46 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ през последните две фази на опита. В допълнение, те като цяло се характеризират и с висока микробиологична активност.

При актиномицетите и плесенните гъби се наблюдава по-слаба чувствителност както към различните обработки, така и към различията в климатичните условия през трите наблюдавани фази. Актиномицетите достигат максимална стойност при вариант f_3 по време на максимален растеж на царевичката – съответно $5,92 \cdot 10^6/\text{g CFU}$.

Поради алкалното рН на почвата в землището на с. Тръстеник количеството микроскопични гъби е сравнително малко и най-слабо влияещо се от прилагането на различните обработки. Количеството гъби при голяма част варира по-слабо, но най-високо е при варианта с минимални обработки и вертикално мулчиране и варианта с повърхностно мулчиране f_3 със стойности за трите фази на опита съответно $0,00303$, $0,00152$ и $0,00161 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ и f_2 съответно $0,00243$, $0,00123$ и $0,00089 \cdot 10^6/\text{g CFU}$.

Азотфиксиращата активност е най-висока при вариант f_2 - $12,73$ при максимален растеж на царевичката.

Резултатите за целулозоразграждащите микроорганизми показва, че преди сеитбата на царевичката те са най-много при вариант f_2 - $3,31 \cdot 10^6/\text{g CFU}$, следва вариант f_3 - $2,87 \cdot 10^6/\text{g CFU}$. През максимален растеж най-голям брой $2,45 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ е отчетен при вариант f_3 , следван от f_2 . В последната фаза, след прибиране на царевичката най-висок е броят на целулозоразграждащите микроорганизми при вариант f_2 - $2,74 \cdot 10^6/\text{g CFU}$, следван от f_3 . С най-нисък брой се характеризира вариант f_1 .

Контролният вариант f_0 с традиционна обработка по наклона на склона, се характеризира с най-ниска микробиологичната активност като цяло. Това се дължи на уплътняването, нарушената структура, по-голямата твърдост, слаба порьозност и аерация и по-ниската влагозадържаща способност на почвата.

Микробиологичната дейност на варианта с традиционна обработка напречно на наклона на склона f_1 е по-висока от тази на нулевия вариант. Това е поредно доказателство за приложимостта на микробиологичната активност като силно чувствителен индикатор за протичащите в почвата процеси.

За варианта с повърхностно прилагане на оборски тор, внасянето на органично вещество оказва благоприятно въздействие за повишаване количеството на микроорганизмите.

При варианта f_3 с вертикално мулчиране с оборски тор почвената микробиота се повлиява по-силно в сравнение с вариант f_2 . Това вероятно се обяснява с по-голямата дълбочина и по-голямото количество органична материя, което се внася при прилагането на тази съвременна технология. При варианта f_3 средно за периода 2017-2019 г. общото количество сапрофитни бактерии е по-високо от $1,89 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ до $2,88 \cdot 10^6/\text{g CFU}$ пъти в сравнение с вариант f_0 и през трите фази. Количеството на актиномицетите е до 4 пъти

по-високо в сравнение с контролния вариант с традиционни обработки, приложени по склона.

При варианта с повърхностно прилагане на оборски тор, f_2 внасянето на органично вещество повишава микробиологичната активност. Количеството спорообразуващи бактерии средно при този вариант е най-високо. При варианта с традиционни обработки и повърхностно внасяне на оборски тор, микробиологичната активност на почвата също е значително повлияна. За трите години при този вариант се наблюдава 1,13 – 1,94 по-голямо количество сапрофитни бактерии в сравнение с f_0 , както и най-високо съдържание на спорообразуващи бактерии. Подобно на вариант f_3 , съдържанието на олиготрофни микроорганизми е високо. Количеството на азотфиксиращите бактерии е увеличено средно за трите години 1,45 до 2,7 пъти, а целулозоразграждащата активност е 5 пъти по-висока. От данните в табл. 5.8 се вижда, че целулозоразграждащата активност при варианти f_2 и f_3 е 5,31 и 6,12 пъти по-висока в сравнение с вариант f_0

Таблица 5.8 Количество на основните групи почвени микроорганизми CFU(colony forming units) 10⁶/гр. абсолютно суха почва, опит царевица за зърно

Период	Фаза	Вар.	Общ бр. сапрофит бакт.	Споро образувачи	Олиготрофи	Актиномицети	Плесенни гъби	Азот фиксиращи	Целулозоразграждащи
Средно за 2017-2019г.	Преди сеитба	f_0	1012.83	71.14	347.97	0.32	0.00240	2.54	0.54
		f_1	1040.50	76.15	214.73	1.17	0.00153	1.72	0.53
		f_2	1526.97	78.80	232.53	1.03	0.00243	2.58	3.31
		f_3	2386.17	84.28	206.70	1.28	0.00303	3.70	2.87
	Максимален растеж	f_0	709.30	17.99	166.47	1.55	0.00111	2.51	1.46
		f_1	519.60	35.25	94.80	2.24	0.00097	2.21	1.30
		f_2	802.50	74.23	100.29	2.13	0.00123	12.73	1.73
		f_3	2045.20	115.65	578.01	5.92	0.00152	5.20	2.45
	След прибиране	f_0	160.37	35.39	195.47	0.32	0.00075	2.56	0.91
		f_1	235.93	21.67	2517.1	0.49	0.00145	4.89	0.72
		f_2	311.89	28.16	327.49	1.35	0.00089	5.25	2.74
		f_3	303.20	60.82	484.46	1.09	0.00161	6.91	2.05

HSD: За сапрофит. бакт. преди сеитба $P \leq 0.5-3024.32; P \leq 0.1-4400.59; P \leq 0.01-6611.68$; макс. растеж- $P \leq 0.5-1336.17; P \leq 0.1-1944.21; P \leq 0.01-2921.08$. след прибиране $P \leq 0.5-364.422; P \leq 0.1-530.258; P \leq 0.01-796.687$. спорообразуващи - преди сеитба $P \leq 0.5-188.175; P \leq 0.1-273.807; P \leq 0.01-411.381$; макс. растеж- $P \leq 0.5-277.653; P \leq 0.1-420.686; P \leq 0.01-676.15$. след прибиране $P \leq 0.5-79.914; P \leq 0.1-116.281; P \leq 0.01-174.406$. олиготрофи - преди сеитба $P \leq 0.5-463.376; P \leq 0.1-702.083; P \leq 0.01-1128.43$; макс. растеж- $P \leq 0.5-1631.23; P \leq 0.1-2705.01; P \leq 0.01-5058.74$. след прибиране $P \leq 0.5-812.022; P \leq 0.1-1201.74; P \leq 0.01-1857.09$. актиномицети - преди сеитба $P \leq 0.5-1.319; P \leq 0.1-1.920; P \leq 0.01-2.885$; макс. растеж- $P \leq 0.5-6.446; P \leq 0.1-9.379; P \leq 0.01-14.092$. след прибиране $P \leq 0.5-0.500; P \leq 0.1-0.728; P \leq 0.01-0.011.094$; плесенни гъби - преди сеитба $P \leq 0.5-0.00299; P \leq 0.1-0.0043; P \leq 0.01-0.0065$; макс. растеж- $P \leq 0.5-0.00233; P \leq 0.1-0.0035; P \leq 0.01-0.0056$. след прибиране $P \leq 0.5-0.0014; P \leq 0.1-0.0020; P \leq 0.0030$. азотфиксиращи- преди сеитба $P \leq 0.5-2.587; P \leq 0.1-3.765; P \leq 0.01-5.657$; макс. растеж- $P \leq 0.5-12.461; P \leq 0.1-18.132; P \leq 0.01-27.242$. след прибиране $P \leq 0.5-12.645; P \leq 0.1-18.400; P \leq 0.01-27.645$. целулозоразграждащи- преди сеитба $P \leq 0.5-4.746; P \leq 0.1-6.905; P \leq 0.01-10.375$; макс. растеж- $P \leq 0.5-2.313; P \leq 0.1-3.366; P \leq 0.01-5.058$. след прибиране $P \leq 0.5-1.976; P \leq 0.1-2.876; P \leq 0.01-4.321$.

***- мн. добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика

5.6 Влияние върху биометричните показатели на растенията

От посочените в табл. 5.11 данни се вижда, че средно за периода 2017-2019 г., височината на растенията при e_3 , с минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор е най-голяма и през трите фази на развитие. В последната фаза при този вариант растенията имат височина 85,38cm с 26% по-висока, в сравнение с контролата e_0 (67,46cm),

традиционно обработена по наклона на склона. При варианта с традиционни обработки, приложени напречно на склона е₁ тази разлика във височините, в същата фаза на развитие на растенията, е с 6.4 % (71.83cm), а при вариант е₂, с повърхностно мулчиране с оборски тор тя е съответно с 17.5 % (79.31 cm), в полза на тези варианти, в сравнение с контролния вариант е₀.

Таблица 5.11 Височина на растенията по фази в ст, опит пшеница 2017- 2019г.

В а р	2017			2018			2019			2017-2019		
	Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза		
	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж
e ₀	33.80	51.20	78.40	37.20	40.00	64.00	42.80	51.00	60.00	41.26	47.40	67.46
e ₁	48.10*	58.80	87.50	38.80	51.70	67.00	45.10	60.52	61.00	44.00	57.00	71.83
e ₂	49.50*	72.70*	95.70*	41.20	57.75*	69.50	48.50	68.37*	72.75	46.40	66.27*	79.31
e ₃	54.60*	74.67**	99.30*	46.60	65.00**	79.00*	52.60	67.45*	77.85*	51.26	69.0**	85.38*

Anova test HSD[0.05]=15.82 HSD[0.01]=21.62 *-** мн.добре доказана разлика; ** - добре доказана разлика;

*-доказана разлика

От табл. 5.12 се вижда, че за периода 2017-2019 г. средната височина на растенията във фаза пети лист е най-висока при варианта f₃ (47,16 cm), следвана от f₂ (38,53 cm) и f₁- 26,29 cm. Най-ниска е при обработваната по наклона на склона контрола f₀. След тази фенофаза при f₃, се провежда противоерозионната технологична операцията прорязване с ходообразуване, допълнително, на дълбочина 0,25 m, през ред с първото машинно окопаване и се оформят бразди, прорези и подземни ходове в междуредията с технологичната операция загърляне. В резултат на това в девети лист разликата във височината на растенията нараства, като между вариантите f₃ и f₂ тя е 6,8 cm, а между f₃ и f₀ е 26,07cm. През изметляване, разликите във височината на растенията между f₃ и f₀, f₂ и f₀, f₁ и f₀, са съответно 49,3 cm, 33,0cm и 7,5 cm.

Таблица 5.12 Височина на растенията по фази в ст, опит царевица 2017-2019г.

Вариант	2017			2018			2019			2017-2019		
	Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза		
	5 лист	9 лист	Измет ляване	5 лист	9 лист	Измет ляване	5 лист	9 лист	Изметля ване	5 лист	9 лист	Измет ляване
f ₀	23.30	82.20	200.00	23.40	84.50	201.0	25.0	86.00	205.0	23.90	84.23	202.0
f ₁	23.60	89.30	204.00	27.27	90.00	212.5	28.0	87.33	212.0	26.29	88.87	209.5
f ₂	37.16	108.50	240.00*	40.00	92.00	217.5	38.0	110.0	247.5*	38.53	103.5	235.0
f ₃	44.00	110.10	265.00**	47.50	105.5	222.0	50.0	115.5	267.0**	47.16	110.3	251.3*

Anova test фаза изметляване HSD[0.05]=39.77 HSD[0.01]= 54.36

***- мн.добре доказана разлика; ** - добре доказана разлика; *-доказана разлика

Получените резултати за листната повърхност при пшеницата са представени в Табл. 5.13. С най-голяма листна повърхност са растенията при вариант e₃. Стойностите през трите фенофази са: 6720,61 m²/ha, 28645,79 m²/ha, 36647,06 m²/ha. Най-слабо е развитието на растенията при вариант e₀ със средногодишни стойности: 5676,72, 12470,91 и 21301,28m²/ha.

Таблица 5.13 Листна повърхност по фази (m²/ha), опит пшеница – 2017-2019г.

В а р	2017			2018			2019			2017-2019		
	Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза		
	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж	Врете нене	Изкла сяване	Цъфтеж
e ₀	5995.5	13680.25	24391.30	5777.56	12900.50	20160.40	5257.10	10832.0	19352.1	5676.72	12470.9	21301.2
e ₁	6123.3	15851.9**	29615.2**	6066.8**	16356.0**	22188.9**	5645.3**	12384.5**	20268.3**	5945.1**	14897.4**	24024.1**
e ₂	6438.4	25153.6**	39362.4**	6371.5**	18125.5**	25364.1**	5987.2**	16347.2**	22802.4**	6265.7**	19875.4**	29176.3**
e ₃	6803.0	28323.3**	44937.7**	6914.4**	32080.6**	33315.0**	6444.3**	25533.4**	31688.5**	6720.6**	28645.7**	36647.0**

Anova test HSD[0.05]=11.23 HSD[0.01]=15.41 ***- мн.добре доказана разлика; **- добре доказана разлика;

*-доказана разлика

Резултатите за листната повърхност при царевицата са представени в Табл. 5.14. За периода на изследване, във фаза пети лист, най-голяма листна повърхност е отчетена при вариант f₃. На тази площ, освен мулчирането са осъществени почвозащитните методи - разрохкване на почвата, като основна обработка и сеитба с едновременно прорязване и ходообразуване в оформените междуредия. В резултат на приложените обработки и внесения оборски тор, както и повишената влажност, по-висока поръзност и по-ниска обемна плътност и твърдост на почвата, състоянието на този посев е най-добро и средногодишните стойността за листната повърхност през 5 лист - 391,52 m²/ha. По-ниска е стойността на листната повърхност при царевицата, отглеждана с традиционна технология, напречно на склона с противоерозионната мярка повърхностно мулчиране с оборски тор f₂. При този вариант повишеното количество хранителни вещества и почвозащитната функция на мулчиращия материал, оказват влияние върху развитието на растенията и листната площ е 303,06 m²/ha. Следват резултатите при f₁, 199,19 m²/ha и 179,67 m²/ha.

Таблица 5.14 Листна повърхност на растенията по фази (m²/ha), опит царевица – 2017-2019г.

В а р.	2017			2018			2019			2017-2019		
	Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза			Фенофаза		
	5 лист	9 лист	Измет.	5 лист	9 лист	Измет.	5 лист	9 лист	Измет.	5 лист	9 лист	Измет.
f ₀	170.16	935.10	20150.18	166.64	1090.50	20581.90	202.22	163.50	22395.10	179.67	1063.03	21042.39
f ₁	175.25	1072.20**	21576.37**	185.66	1235.60**	23603.6**	236.66**	1351.83**	24266.4**	199.19	1219.8**	23148.7**
f ₂	298.60**	1719.32**	23890.14**	301.55**	1812.50**	24467.5**	309.04**	1967.15**	26801.3**	303.06*	1832.9**	25052.9**
f ₃	315.52**	2080.25**	28972.63**	394.41**	2198.70**	27157.6**	464.63**	2225.40**	29525.9**	391.52*	2168.1**	28552.0**

Anova test HSD[0.05]=30.68 HSD[0.01]=41.95

***- мн.добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика

5.7 Влияние върху добива

Таблица 5.10 Добив на зърно kg/ha за периода 2017-2019г. при опит пшеница

Варианти	2017		2018		2019		Добив зърно 2017-2019	
	Добив зърно							
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
e ₀	4827	100	5462	100	4432	100	4907	100
e ₁	5059***	104.8	5692***	104.2	4656**	105.1	5135	104.6
e ₂	5165***	107.0	5809***	106.4	4771**	107.6	5248	106.9
e ₃	5622***	116.5	6275***	114.9	5218**	117.7	5705	116.2
GD kg/da 0.5%	6.06	1.78	13.6	1.4	7.1	0.5		
GD kg/da0.1%	8.71	2.43	20.5	2.2	10.8	0.8		
GD kg/da 0.01%	12.02	3.44	33.0	3.5	17.3	1.2		

***- мн.добре доказана разлика; **- добре доказана разлика; *-доказана разлика

При пшеницата УПТ повишават средните добиви. Средният добив зърно нараства с 16,2% (с 798,0 kg/ha) спрямо този на посевите обработвани по наклона с традиционни начини e_0 . По-малко е увеличението на средните добиви при посевите e_2 , с 6,9 % (с 341,0 kg/ha). При царевицата (Табл. 5.11) увеличението на средния добив от зърно при УПТ е с 16,07 % (с 1 005 kg/ha) по-висок от този на традиционно обработвания по наклона на склона посев f_0 .

Таблица 5.11. Добив на зърно kg/ha за периода 2017-2019г. опит царевица

Варианти	2017		2018		2019		Добив зърно 2017-2019	
	Добив зърно							
	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%	kg/ha	%
f ₀	5723	100	6105	100	6925	100	6251.0	100
f ₁	6041*	105.6	6426***	105.3	7256***	104.8	6574.3	105.17
f ₂	6326*	110.5	6720***	110.1	7561***	109.2	6869.0	109.88
f ₃	6677*	116.7	7122***	116.7	7969***	112.1	7256.0	116.07
GD kg/da 0.5%	3.83	1.12	66.9	1.2	72.0	1.0		
GD kg/da 0.1%	4.50	1.54	101.4	1.9	109.8	1.5		
GD kg/da 0.01 %	8.09	2.17	162.9	3.0	176.6	2.5		

- мн.добре доказана разлика; *- добре доказана разлика; *-доказана разлика.

5.8 Влияние на почвозащитните технологии за отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени върху ерозионните показатели

Ерозионната характеристика на дъждовете през периода на изследване се определя от количеството, енергията и ерозионния индекс на всеки отделен дъжд и общите им стойности за съответния период на изследване. При опитът с пшеница (табл. 5.18) най-високите им стойности са определени при валежите, паднали на 06.05.2017г. и на 02.07.2017г. с количество на дъждовете съответно 20,2 mm и 32,00 mm. Дъждът, паднал през месец юли в сравнение с този през месец май се характеризира с около 50% по-голямо количество и почти двойно по-голям ерозионен индекс. При тези стойности би трябвало да очакваме и съответно по-високи количества на повърхностния отток и ерозираната почва. В случая, обаче това не е така, тъй като количествата на оттока и ерозираната почва са сравнително близки по количества. Това може да се обясни с оттокоредактиращата и противоерозионна ефективност на растителността през този месец от една страна и особено на противоерозионна ефективност на приложената съответна противоерозионна технология от друга. С най-висока стойност на R фактор се характеризират оттокопричинителните дъждове паднали през първата година на изследването (2017 г. $R = 463,11 \text{ MJ mm / ha h}$), а с най –ниска през 2019 г, съответно с R фактор 226,22. MJ mm / ha h . Средногодишната стойност на R фактор за три годишният период на изследване е $340,87 \text{ MJ mm / ha h}$, т.е. слаба ерозионност. Според осем степенната класификация (Русева С. и др. 2010) 83 % от територията на обл. Русе (и тази, на която е изведен опита) се характеризира със средна ерозионност на дъждовете ($600\text{--}800 \text{ MJ mm / ha h}$), което е значително по-висока стойност от средната за периода на изследване. През 2017 г. ерозионността на дъждовете е най-висока и се определя с R фактор със слаба до средна ерозионност.



Фиг.5.9 Количества и енергетична характеристика на ерозионните дъждове при опит пшеница

На фигура 5.9 са представени данни за количествената и енергетична характеристика на ерозионните дъждове. От тях е видно, че повърхностния отток и стойността на ерозионният индекс оказват съществено значение за увеличението на почвените ерозионни загуби.

Данните за повърхностния воден отток и ерозирана почва при опит пшеница (табл. 5.18) през периода на изследване, при прилагане на усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална обработка на почвата с вертикално мулчиране с оборски тор са най-добри (e_3). Средногодишната стойност на повърхностния воден отток при този вариант за периода 2017 - 2019 г. е 204,102 m³/ha. По-висока е в същия период при варианта e_2 , отглеждан по почвозащитна технология с използване на повърхностно мулчиране с оборски тор, напречно на наклона на склона (333,175 m³/ha). Този отток значително нараства при варианта e_1 , при който пшеницата се отглежда с традиционна технология, прилагана напречно на склона (контурен способ на отглеждане). При него средногодишната му стойност, за отчетния тригодишен период е 440,778 m³/ha. Най-висока е тя, при контролата e_0 , чийто посев се обработва по традиционен начин по наклона на склона. Средногодишният повърхностен воден отток при него е 570,942 m³/ha. Същото се наблюдава и с количеството ерозираната почва. И тук средногодишната ѝ стойност при традиционно обработената по наклона на склона контрола e_0 е най-голяма, като тя е 6632,8 kg/ha. Този показател намалява при варианта e_1 , отглеждан по контурен способ и средно за изследвания период е вече 3736,3 kg/ha, със стойност на параметъра за ефективност на противоерозионните мерки (P - фактор) – 0,563. В сравнение с контролата e_0 , по-значително е това намаление при повърхностно мулчирания с оборски тор вариант e_2 , чийто средногодишен износ на почва е 2031,7 kg/ha. Стойността на P- фактора, при този вариант, е 0,306. Най-ниска е средногодишната стойност на ерозираната почва при варианта e_3 , при който е използвана усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна (вертикално-мулчираща) обработка на почвата с мулч от оборски тор, при отглеждане на пшеница напречно на склона. Тя възлиза на 1036,8 kg/ha, като параметърът за ефективност на почвозащитната технология (P- фактор), за целия период на изследване е съответно 0,156.

От всички данни и от графики на фиг. 5.10 се вижда, че усъвършенстваната технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата, включваща технологичните операции вертикално мулчиране с оборски тор и директна сеитба, прилагана напречно на наклона на склона съдейства и през трите години на експеримента, за намаляване на повърхностния воден отток и на почвените загуби при оттокопричинителните дъждове. При нейното използване, при варианта e_3 стойностите на повърхностния воден отток намаляват от 2,6 до 3,0 пъти, а тези на ерозираната почва от 6,3 до 6,5 пъти в сравнение с контролата e_0 , като този ефект се запазва през целия период на производствения цикъл. При варианта e_2 , с посев пшеница, отглеждан по почвозащитната технология с използване на метода повърхностно мулчиране с оборски тор, напречно на наклона на склона, противоерозионния ефект е много по-слаб. При него редуцирането на повърхностния

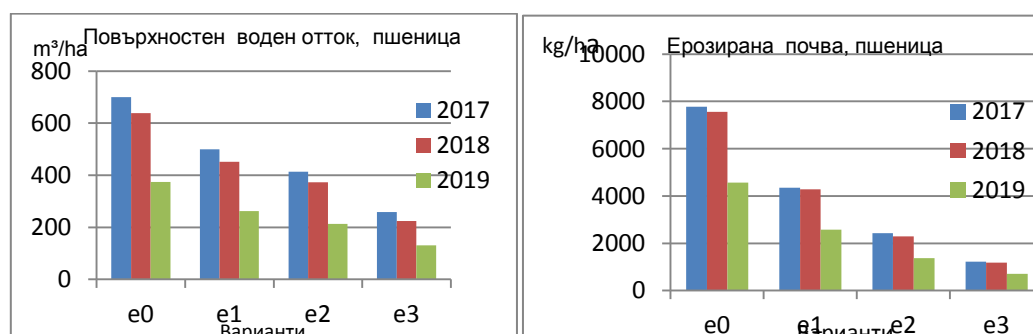
отток е от 1,6 до 1,8 пъти, а на ерозираната почва то е от 3,1 до 3,4 пъти, в сравнение с контролата (фиг.5.10)

Таблица 5.18 Количествена и енергетична характеристика на ерозионните дъждове, количество повърхностен отток и ерозирана почва при опит пшеница 2017- 2019г

Дата	Количество валеж (q) $\frac{l}{m^2}$	Количество енергия (E) MJ/ha	Ерозионен индекс (EI_{30}) MJ mm/ha h	Повърхностен отток $Q (m^3 / ha)$				Ерозирана почва A kg/ha			
				Вариант				Вариант			
				e_0	e_1	e_2	e_3	e_0	e_1	e_2	e_3
29.04.17	16.0	3.17	65.61	152.528	103.830	90.863	56.556	1578.8	878.9	495.2	246.3
06.05.17	20.2	4.13	98.43	165.626	123.319	99.604	62.284	1900.2	1062.3	598.9	300.4
27.05.17	13.0	2.49	45.72	105.934	71.915	59.808	36.979	1128.2	604.1	341.0	173.4
19.06.17	11.0	2.03	34.18	106.374	71.489	59.425	36.616	1136.1	602.9	337.3	175.2
02.07.17	32.0	6.82	219.11	169.231	128.511	103.898	65.619	2035.6	1206.2	654.2	324.3
Общо год.	92.2	18.65	Rф-р 463.11	699.693	499.064	413.398	258.054	7778.9	4354.4	2426.6	1219.6
25.05.18	12.0	2.26	39.77	106.171	72.171	59.610	35.858	1193.6	634.6	355.3	182.5
16.06.18	14.5	2.83	55.28	107.286	73.238	60.584	36.036	1207.1	657.5	359.1	185.6
26.06.18	24.0	5.00	132.86	145.428	103.345	86.104	51.834	1766.8	1016.0	540.9	276.4
28.06.18	12.0	2.26	39.77	121.338	90.107	70.103	41.894	1474.5	832.9	444.1	230.1
30.06.18	16.0	3.17	65.61	158.364	112.313	96.623	58.580	1916.3	1135.0	593.1	305.7
Общо год.	78.5	15.53	Rф-р 333.29	638.587	451.174	373.051	224.202	7558.3	4276.0	2293.0	1180.3
02.06.19	27.0	5.68	163.07	141.691	101.767	84.231	50.659	1816.7	1069.3	559.5	285.0
04.06.19	11.0	2.03	34.18	124.428	89.046	68.462	43.114	1508.5	848.3	452.8	235.8
17.06.19	10.0	1.81	28.96	108.487	71.661	60.385	36.279	1236.1	661.1	363.6	189.9
Общо год.	48.0	9.52	Rф-р 226.22	374.606	262.474	213.078	130.052	4561.3	2578.7	1375.9	710.7
Ср.год. 2017-2019	72.9	16.15	Rф-р 340.87	570.942	440.778	333.175	204.102	6632.8	3736.3	2031.7	1036.8

Anova test Повърхностен отток HSD[0.05]=20.89 HSD[0.01]=25.8

Anova test Ерозирана почва HSD[0.05]=217.02 HSD[0.01]=267.33



Фиг.5.10 Противоерозионна ефективност на прилаганите усъвършенствани технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при опит с пшеница, за периода 2017-2019г.

Таблица 5.19 Количествена и енергетична характеристика на ерозионните дъждове, количество повърхностен отток и ерозирана почва при опит царевица 2017- 2019г. Anova test Повърхностен отток

Дата	Количество валеж (q) l/m ²	Кинетична енергия (E) MJ/ha	Ерозионен индекс (EI ₃₀) MJ mm/ha h	Повърхностен отток Q (m ³ /ha)				Ерозирана почва A(kg/ha)			
				Вариант				Вариант			
				f ₀	f ₁	f ₂	f ₃	f ₀	f ₁	f ₂	f ₃
06.05.17	20.2	4.13	98.43	255.582	149.591	133.060	50.269	3116.7	1240.6	1162.8	140.1
27.05.17	13.0	2.49	45.72	168.435	99.785	88.198	32.618	2017.7	748.2	697.6	89.0
19.06.17	11.0	2.03	34.18	170.149	95.054	85.230	31.812	2039.6	756.3	705.7	89.7
02.07.17	32.0	6.82	219.17	261.940	153.979	137.809	51.544	2960.6	1136.9	1059.6	133.4
13.08.17	18.0	3.63	80.54	220.299	129.462	114.912	41.477	2692.2	1036.7	925.9	119.2
03.09.17	42.0	9.10	351.77	256.567	153.979	134.841	50.336	2885.9	1118.3	1030.4	130.0
Общо год.	136.2	28.21	R ф-р 829.80	1332.97	781.850	694.050	258.056	15712.7	6037.0	5582.0	701.4
25.05.18	12.0	2.26	39.77	106.171	72.171	59.610	35.858	1193.6	634.6	355.3	182.5
16.06.18	14.5	2.83	55.28	107.286	73.238	60.584	36.036	1207.1	657.5	359.1	185.6
26.06.18	24.0	5.00	132.86	145.428	103.345	86.104	51.834	1766.8	1016.0	540.9	276.4
28.06.18	12.0	2.26	39.77	121.338	90.107	70.103	41.894	1474.5	832.9	444.1	230.1
30.06.18	16.0	3.17	65.61	158.364	112.313	96.623	58.580	1916.3	1135.0	593.1	305.7
19.07.18	15.0	2.95	58.64	181.304	101.250	82.330	32.991	2197.6	820.0	710.1	91.3
Общо год.	93.5	18.47	R ф-р 391.94	1210.23	701.466	586.212	226.042	15052.9	5772.5	5093.5	647.7
02.06.19	27.0	5.68	163.07	220.576	129.931	108.498	41.404	2918.0	1129.0	1010.0	128.0
04.06.19	11.0	2.03	34.18	197.266	118.344	94.31	36.490	2509.2	973.0	838.0	109.0
17.06.19	10.0	1.81	28.96	178.270	100.138	81.66	32.630	2120.0	787.0	686.0	89.0
Общо год.	48.0	9.52	R ф-р 226.22	596.112	348.413	284.468	110.524	7547.2	2889.0	2534.0	326.0
Ср.год. 2017-2019	92.566	18.74	R ф-р 463.78	1046.43	610.576	521.576	198.20	12770.9	4899.5	4403.0	558.3

Anova test Повърхностен отток HSD[0.05]=33.34 HSD[0.01]=41.04

Anova test Ерозирана почва HSD[0.05]=357.05 HSD[0.01]=439.58

И при опитът с царевица ерозионната характеристика на дъждовете паднали през периода на изследване се определя от количеството, енергията и ерозионния индекс на всеки отделен дъжд и общите им стойности за съответния период на изследване. От табл. 5.19 се вижда, че най-високите количествени стойности на ерозионните дъждове и енергетичните им характеристики са определени при дъждовете паднали също през първата година на периода на изследване. И тук се запазват същите тенденции по отношение на ерозионните индекси на дъждовете и R фактор, с тази разлика, че през 2017 г. стойността на R фактор (829,80 MJ mm /ha h) определя ерозионността в степен средна до силна. Средната годишна стойност на R фактор за периода на изследване е 463,78 MJ mm /ha h и определя ерозионността на дъждовете паднали при опита с царевица като слабо до средно ерозионни. Това се дължи предимно на високата ерозионност на дъждовете през първата (2017 г.) година от изследването. От данните е видно, че с най-ниска стойност на R фактор се характеризират отново оттокопричинителните дъждове през 2019 г., съответно с R фактор 226,22 MJ mm / ha h (слаба ерозионност).



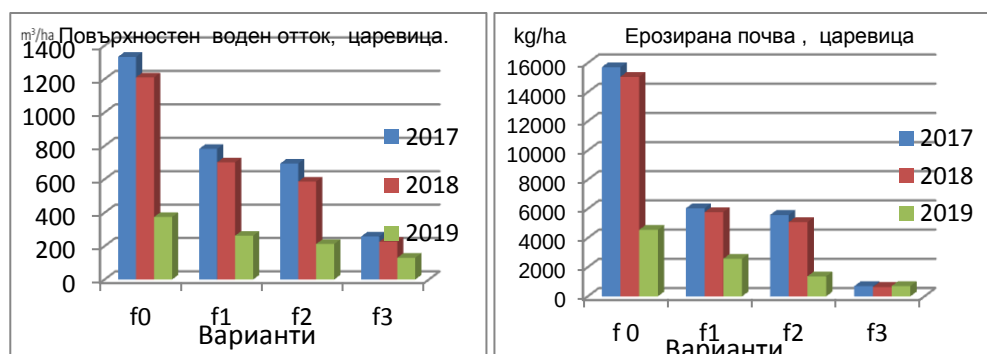
Фиг.5.11 Количества и енергетична характеристика на ерозионните дъждове при опит царевица

На фиг.5.11 са представени данни за количествената и енергетична характеристика на ерозионните дъждове при опитът с царевица. От тях е видно още по-ясно, че високите стойности на повърхностния отток и ерозионните индекси са оказали съществено влияние за значителните количества ерозирана почва.

При този опит с царевица, отчетените в табл.5.19 данни за повърхностния воден отток и ерозирана почва са подобни на тези от първия опит с пшеницата. И тук резултатите за повърхностния воден отток и ерозирана почва през периода на изследване, при прилагане на усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална обработка на почвата с вертикално мулчиране с оборски тор показват следното. Включените в нея, през различните етапи на производствения цикъл, агротехнически методи за борба с водната ерозия, разрохкване, вертикално мулчиране, прорязване с ходообразуване, едновременно със сеитбата и при окопаване на растенията и браздообразуване, прорязване и ходообразуване, при загърляне, създават условия за значително намаляване на повърхностния воден отток. Неговите стойности (табл. 5.19), при този вариант (f_3) са най-ниски. При него средногодишната стойност на повърхностния воден отток за наблюдавания три годишен период е най-ниска – $198,20 \text{ m}^3/\text{ha}$. По-слаб оттокоредуциращ ефект се наблюдава при варианта f_2 , отглеждан по почвозащитна технология с използване на повърхностно мулчиране с оборски тор, напречно на наклона на склона, съответно - $521,576 \text{ m}^3/\text{ha}$. Повърхностният воден отток, средно през трите години на изследване, при вариант f_1 , отглеждан по традиционна технология, прилагана напречно на наклона на склона е $610,576 \text{ m}^3/\text{ha}$. Стойността на този ерозионен показател е най-висока при варианта f_0 – $1046,43 \text{ m}^3/\text{ha}$.

Резултатите за количеството ерозирана почва са аналогични. Средногодишните стойности са най-ниски при варианта f_3 , при който се използва усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална обработка с вертикално мулчиране с оборски тор. При него количество на ерозираната почва през изследвания период е $558,3 \text{ kg/ha}$ с параметър за ефективността на противоерозионните мерки (Р - фактор) – $0,0437$. По-висока е средногодишната стойност на ерозираната почва при посева царевица, обработван и отглеждан напречно на склона с повърхностно мулчиране с оборски тор f_2 . Тя е $4403,0 \text{ kg/ha}$, за тригодишния период на изследване, като стойността на Р – фактора е средно $0,344$. При вариант f_1 , обработван по традиционна технология, прилагана напречно на наклона на склона, средногодишното количество ерозирана почва е $4899,5 \text{ kg/ha}$, с Р фактор – $0,383$, а най – високо е то при варианта f_0 – $12770,4 \text{ kg/ha}$. Това потвърждава, че най-високи са оттокоредуциращата и противоерозионна ефективност на усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с прилагане на методите разрохкване (като основна обработка), вертикално мулчиране, прорязване с ходообразуване и браздообразуване и прорязване с ходообразуване.

От получените резултати с ерозионните изследвания, през трите години (табл. 5.19) се вижда, че стойностите на повърхностния воден отток и ерозираната почва са най-ниски при варианта f_3 . Повърхностния воден отток намалява от 5,1 до 5,5 пъти, а ерозираната почва от 22,7 до 24 пъти, в сравнение с контролата f_0 , обработена по наклона на склона, като този ефект се запазва през целия период. По-слаб противоерозионен ефект се наблюдава при варианта f_2 с противоерозионна технология, използваща метода повърхностно мулчиране с оборски тор. При него редуцирането на повърхностния отток е от 1,8 до 2,2 пъти, а при количеството на ерозираната почва то е от 2,7 до 3,3 пъти, в сравнение с контролата (фиг.5.12).



Фиг. 5.12 Противоерозионна ефективност на прилаганите усъвършенствани технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при опит с царевица за зърно, за периода 2017-2019г.

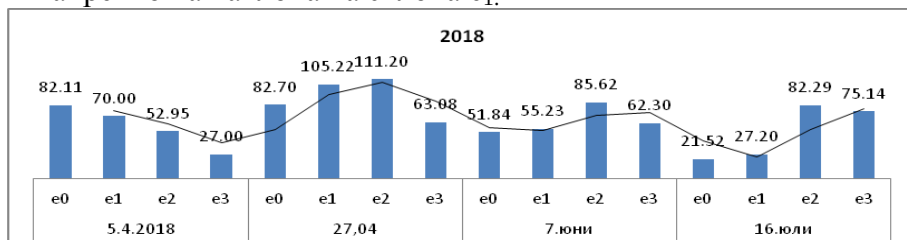
5.9 Влияние на почвозащитните технологии за отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени върху почвените емисии на въглероден диоксид При проведените изследвания концентрацията на почвените емисии на въглероден диоксид е разгледана в зависимост от климатичните условия на района (валежи, температура) и видовете обработки на почвата. Получените резултати за почвените емисии на CO_2 , kg/ha day, при опита с пшеница и средно за периода 2018-2020г. са отразени в табл. 5.20 и фиг.5.16, 5.17 и 5.18.

Таблица 5.20 Емисии CO_2 , kg/ha day, опит пшеница, за периода 2018-2020г.

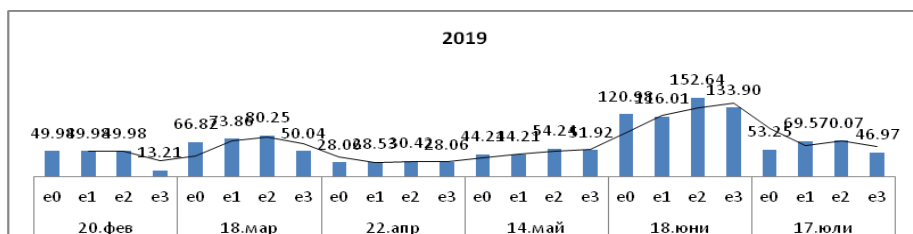
Дата на отчитане	Варианти на опита							
	e_0	STDV	e_1	STDV	e_2	STDV	e_3	STDV
05.04.2018	82.11	±3.09	70.0 0	±2.83	52.95	±2.32	27.00	±4.08
27.04.2018	82.70	±2.99	105.22	±3.59	111.20	±4.53	63.08	±3.40
07.06.2018	51.84	±2.46	55.	±2.45	78.59	±2.94	85.62	±3.44
16.07.2018	21.52	±2.56	27.2	±1.32	82.29	±2.19	75.14	±1.70
Ср. за 2018г.	59.54		64.41		81.26		62.71	
20.02.2019	49.98	±3.45	49.98	±3.45	49.98	±3.45	13.21	±3,38
18.03.2019	66.82	±3.21	73.86	±1.55	80.25	±1.36	50.04	±2,20
22.04.2019	28.06	±1.79	28.53	±2.14	30.42	±4.05	28.06	±0,82
14.05.2019	44.21	±2.97	44.21	±2.97	54.24	±2.25	51.92	±3.41
18.06.2019	120.98	±13.19	116.01	±3.78	152.64	±3.28	133.90	±4,12
17.07.2019	53.25	±1.33	69.57	±2.54	70.07	±5.21	46.97	±1,33
Ср. за 2019г.	60.55		63.69		72.93		54.01	
13.05.2020	65.77	±2.20	86.62	±3.80	123.87	±10.74	74.36	±1.62
04.06.2020	64.52	±2.40	84.98	±2.96	121.52	±8.19	72.94	±2.69
03.07.2020	56.31	±3.22	73.47	±2.13	93.64	±3.13	53.29	±1.64
18.07.2020	24.91	±2.06	34.73	±1.85	35.03	±3.56	21.14	±3.56
Ср. за 2020г.	52.87		69.95		93.51		55.43	
Ср. 2018-2020г.	57.66		66.01		82.56		57.38	

От табл.5.20 се вижда, че емисиите CO_2 при вариантите, където пшеницата се отглежда с прилагане на конвенционални обработки и повърхностно мулчиране са най-високи; т.е. при прилагане на повърхностно мулчиране с оборски тор вариант e_2 през 2018 г. CO_2 емисии са 81,26 kg/ha day, през 2019г. – 72,93 kg/ha day и през 2020г. 93,51 kg/ha day. Емисиите на вариант e_3 са значително по-ниски, от вариант e_2 , като за 2018, 2019 и 2020 год. са средно 62,71kg/ha day, 54,01 kg/ha day и 55,43 kg/ha day, а при варианта с конвенционални обработки, приложени напречно на наклона на склона, e_1 те са 64,41kg/ha day, 63,69 kg/ha day и 69,95 kg/ha day, което показва положителният ефект от приложението на минималните обработки върху почвените емисии и внасянето на органично вещество. Въглеродните емисии при контролния вариант (e_0) са със стойности 59,54 kg/ha day, 60,55 kg/ha day и 52,87 kg/ha day за 2018, 2019 и 2020год.

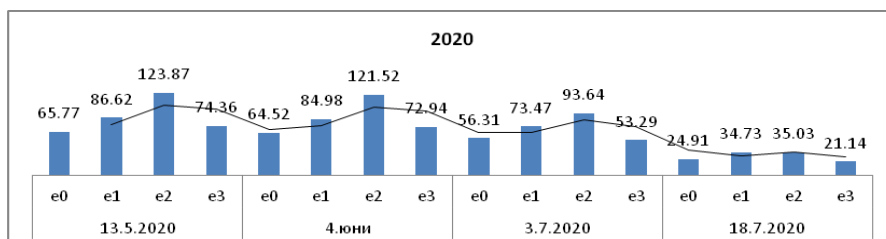
Както се вижда и от приложените фиг. 5.16, фиг. 5.17 и фиг. 5.18 през трите години на експеримента въглеродните емисии са по-ниски при варианта с прилагане на усъвършенстваната технология с включени минимални и нетрадиционни обработки, и вертикално мулчиране, (e_3), като те са с 25,18% по-ниски от тези на варианта с прилагане на повърхностно мулчиране (e_2), което означава, че много по-голяма част от внесения органичен материал остава в почвата. Въглеродните емисии при този вариант (e_2) са с 16,55% средно по-ниски от варианта с прилагане на конвенционални обработки, приложени напречно на наклона на склона e_1 .



Фиг. 5.16 Емисии CO_2 , kg/ha day при опит пшеница 2018г.

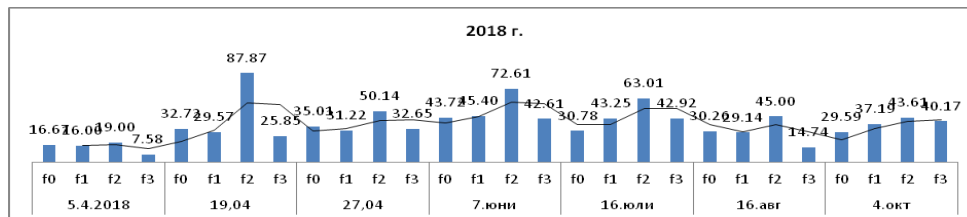


Фиг. 5.17 Емисии CO_2 , kg/ha day при опит пшеница 2019г.

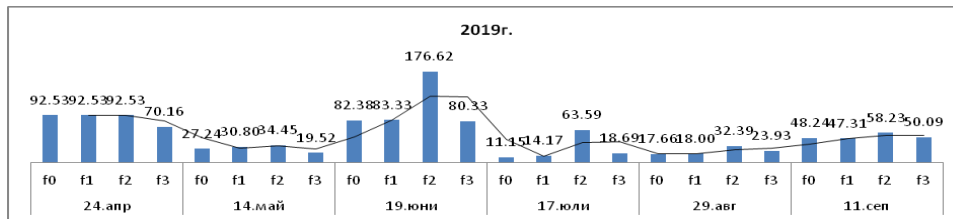


Фиг. 5.18 Емисии CO_2 , kg/ha day при опит пшеница 2020г.

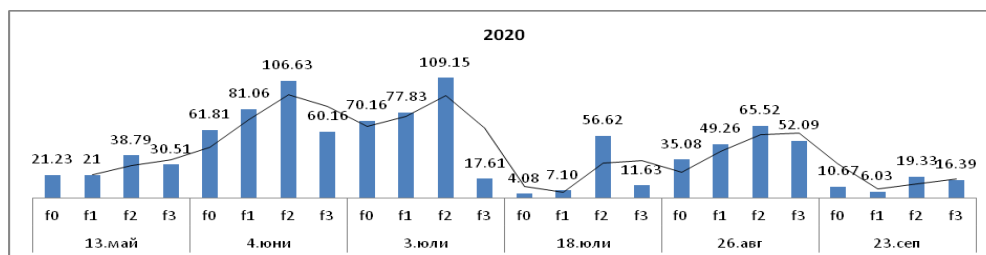
Измерените емисии на CO_2 при опита с втората разглеждана култура царевица за всяка година и средно за периода 2018-2020г. са представени на фиг. 5.19, фиг.5.20 и фиг. 5.21, и табл. 5.21.



Фиг. 5.19 Емисии CO₂ kg/ha day при опит царевица за 2018г.



Фиг. 5.20 Емисии CO₂ kg/ha day при опит царевица за 2019г.



Фиг. 5.21 Емисии CO₂ kg/ha day при опит царевица за 2020г.

От фиг. 5.17, фиг.5.18 и фиг. 5.19, и от табл. 5.21 се установява, че най-високи стойности на емисиите CO₂ се наблюдават при варианта царевица по почвозащитна технология с повърхностно внасяне на оборски тор f₂. Средно за всяка година от периода на изследването (табл. 5.21) при този вариант, през 2018 г. CO₂ емисии са 54,46 kg/ha day, през 2019г. – 76,30 kg/ha day и през 2020г.- 66,01 kg/ha day.

Въглеродните емисии са по-ниски при варианта с прилагане на усъвършенстваната технология с минимални и нетрадиционни обработки, и вертикално мулчиране f₃ и са с 32,20% по-ниски от тези на варианта с прилагане на повърхностно мулчиране, f₂, което означава, че много по-голяма част от внесенения органичен материал остава в почвата. Въглеродните емисии при вариант f₁ са с 25,37% средно по-ниски от варианта с прилагане на конвенционални обработки, приложени напречно на наклона на склона f₂.

Емисиите на вариант f₃, с прилагане на усъвършенствана почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка с разрохкване и вертикално мулчиране, с оборски тор, прорязване и ходообразуване, и браздообразуване са значително по-ниски, от останалите варианти на опита, като през 2018г. те са средно 29,50 kg/ha day, през 2019г. - 43,79 kg/ha day и 2020г. - 26,90 kg/ha day и средно за периода 33,39 kg/ha day, докато при варианта с конвенционални обработки, приложени напречно на наклона на склона, f₁ те са с по-високи стойности 33,11 kg/ha day за 2018г., 47,69 kg/ha day за 2019г. и 39,88 kg/ha day за 2020г. и средно за периода 40,22 kg/ha day. Това показва положителното влияние на минималните обработки върху почвените емисии, както и това на внесеното органично вещество.

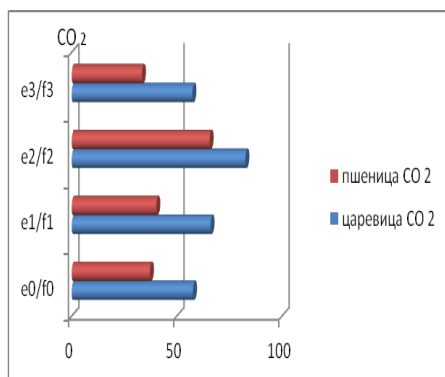
Въглеродните емисии при контролния вариант f₀ са 31,25 kg/ha day, 46,53 kg/ha day и 33,84 kg/ha day за 2018, 2019 и 2020г. От получените резултати следва, че усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата за отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени има висока противоерозионна ефективност и е начин за внасяне на органично вещество в почвата, без да се наблюдават значително изнесени въглеродни емисии от почвата.

Минимизирането на технологичните операции също допринася за намаляване на емисиите CO₂.

Таблица 5.21 Емисии CO₂, kg/ha day, опит с царевица за зърно, за 2018-2020г.

Дата на отчитане	Варианти на опита							
	f ₀	STDV	f ₁	STDV	f ₂	STDV	f ₃	STDV
05.04.2018	16.67	±1.25	16.00	±1.71	19.00	±1.23	7.58	±1.39
19.04.2018	32.72	±1.34	29.57	±3.33	87.87	±4.87	25.85	±2.51
27.04.2018	35.01	±2.36	31.22	±2.13	50.14	±5.96	32.65	±2.64
07.06.2018	43.72	±3.23	45.40	±3.79	72.61	±4.25	42.61	±2.18
16.07.2018	30.78	±1.76	43.25	±2.17	63.01	±2.08	42.92	±3.11
16.08.2018	30.26	±1.43	29.14	±2.21	45.00	±3.69	14.74	±2.74
04.10.2018	29.59	±1.47	37.19	±1.70	43.61	±2.45	40.17	±0.82
Средно за 2018г.	31.25		33.11		54.46		29.50	
24.04.2019	92.53	±4.11	92.53	±4.11	92.53	±4.11	70.16	±5.70
14.05.2019	27.24	±1.70	30.79	±1.37	34.45	±2.14	19.52	±1.38
19.06.2019	82.38	±2.36	83.33	±1.77	176.62	±12.27	80.33	±4.97
17.07.2019	11.15	±0.82	14.17	±2.20	63.59	±3.00	18.69	±0.89
29.08.2019	17.66	±1.40	18.00	±0.57	32.39	±3.05	23.93	±1.26
11.09.2019	48.24	±15.00	47.31	±0.89	58.23	±1.47	50.09	±4.38
Средно за 2019	46.53		47.69		76.30		43.79	
13.05.2020	21.23	±1.79	21.00	±3.40	38.79	±3.26	3.51	±2.29
04.06.2020.	61.81	±2.53	81.06	±1.30	106.63	±4.16	60.16	±5.73
03.07.2020	70.16	±1.38	77.83	±2.35	109.15	±8.18	17.61	±3.91
18.07.2020	4.08	±0.82	7.10	±1.28	56.62	±2.67	11.63	±0.88
26.08.2020	35.08	±2.06	46.26	±2.20	65.52	±3.15	52.09	±2.57
23.09.2020	10.66	±1.41	6.03	±1.19	19.33	±2.22	16.39	±1.74
Ср.за 2020	33.84		39.88		66.01		26.90	
Ср.за 2018-2020г.	37.20		40.22		65.59		33.39	

Тригодишните резултати за опита с царевица показват, че в зависимост от приложените обработки се наблюдават и различни количества на емисиите CO₂. При вариант f₂ посев царевица, отглеждан по почвозащитна технология (използваща основна обработка на почвата с обръщане на пласта и с осъществяване на повърхностно мулчиране с оборски тор), прилагана напречно на склона те са най-високи, както е посочено в табл.5. 21 (през 2018 г. CO₂ емисии са 54,46 kg/ha day, през 2019г. – 76,30 kg/ha day и през 2020г.- 66,01 kg/ha day).



Фиг.5.22 Емисии CO₂, kg/ha day, при пшеница и царевица по варианти средно за периода 2018-2020г.

Икономическият ефект от УПТ е отразен в табл. 22 и 23. При тяхното прилагане на площи с пшеница чистият доход е 753,95 лв/ha (себестойност - 256,86 лв/t и рентабилност – 52,30%), а с царевица чистият доход е 947,69 лв/ ha (себестойност – 161,62 лв/t и рентабилност – 80,53%).

Таблица 5.22 Икономическа ефективност на усъвършенствана почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при отглеждане на пшеница на наклонени терени, 2017 – 2019 г.

Показатели	Изм. единици	Стойности			
		2017г.	2018г.	2019г.	2017-2019г.
Среден добив	kg/ha	5622.0	6275.0	5218.0	5705.0
-зърно		4317.0	4959.0	3919.0	4398.4
-слама	лв/ha	1308.0	1504.2	1556.5	1456.24
Производствен и разходи	лв/ ha	2170.37	2451.6	2008.62	2210.19
Обща продукция	лв/ ha	1686.6	1913.9	1591.50	1730.66
-зърно		431.7	495.9	391.90	439.83
-слама	лв/ha	862.37	947.4	452.1	753.95
Чист доход	лв/t	232.66	239.71	298.29	256.86
Себестойност	%	65.00	62.90	29.00	52.30
Норма на рентабилност					

Таблица 5.23 Икономическа ефективност на усъвършенствана почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени, 2017 – 2019 г.

Показатели	Изм. единици	Стойности			
		2017 г.	2018 г.	2019 г.	2017-2019 г.
Среден добив	kg/ha	6677	7122	7969	7256
Производствени разходи	лв./ha	1104.6	1173.9	1232.59	1170.36
Обща продукция	лв./ha	1869.6	2093.86	2390.7	2118.05
Чист доход	лв./ha.	765.0	919.97	1158.1	947.69
Себестойност	лв./t	165.43	164.83	154.60	161.62
Норма на рентабилност	%	69.26	78.37	93.96	80.53

6. Изводи

1. Усъвършенстваните почвозащитни технологии (УПТ) за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на мулч от оборски тор, при отглеждане на пшеница и царевица на наклонени терени, създават и поддържат почвена плътност, твърдост и обща порьозност, близки до оптималните за развитието на земеделските култури. Влияят благоприятно върху водопропускливостта на почвата. Съдействат за подобряване на водно-въздушния режим.

2. При пшеницата повишават средните добиви от зърно и слама. Средният добив от зърно нараства с 16,2% (с 798,0 kg/ha) спрямо този на посевите обработвани по наклона с традиционни начини e_0 , а при сламата с 15,4 % (с 588,3 kg/ha). Значително по-малко е увеличението на средните добиви при посевите e_2 , отглеждани традиционно напречно на

склона с прилагане на почвозащитния метод повърхностно мулчиране с оборски тор- на зърно с 6,9 % (с 341,0 kg/ha) и с 7,6 % (с 292,9 kg/ha) за сламата

3. При царевицата водят до увеличение на средния добив от зърно. Той е с 16,07 % (с 1 005 kg/ha) по-висок от този на традиционно обработвания по наклона на склона посев f_0 , като това нарастване от площите обработвани традиционно, напречно на склона с прилагане на почвозащитния метод повърхностно мулчиране с оборски тор f_2 е съответно с 9,88 % (с 618,0 kg/ha) спрямо добива на контролния- f_0 .

4. Прилагането на УПТ за минимална и нетрадиционна обработка на почвата, при отглеждане на пшеница на наклонени терени, с почвозащитните методи вертикално мулчиране с оборски тор и директна сеитба намалява повърхностния воден отток от 2,6 до 3,0 пъти, а ерозираната почва от 6,3 до 6,5 пъти, в сравнение с площите, обработвани традиционно по наклона. Този ефект се запазва през целия период на производствения цикъл. Загубите на ерозирана почва са от 3,1 до 3,4 пъти, а обема на повърхностния воден отток е 1,6 до 1,8 пъти по-малък при прилагане на традиционната технология, с противоерозионния метод повърхностно мулчиране с оборски тор, в сравнение с контролата.

5. Прилагането на УПТ за минимална и нетрадиционна обработка на почвата при отглеждане на царевица на наклонени терени, с почвозащитните методи разрохкване като основна обработка, вертикално мулчиране с оборски тор, прорязване с ходообразуване (в различни етапи на производствения цикъл) и браздообразуване с прорязване и ходообразуване (във вегетацията на растенията) намалява повърхностния воден отток от 5,1 до 5,5 пъти, а ерозираната почва от 22,7 до 24 пъти в сравнение с площите, обработвани традиционно по наклона на склона. Този ефект се запазва през целия производствен цикъл. По-ниска противоерозионна ефективност и по-ограничени възможности за намаляване на повърхностния воден отток се наблюдават при прилагане на традиционната технология за отглеждане на царевица по контурния способ (напречно на наклона на склона) с използване на повърхностното мулчиране. Редуцира средногодишните стойности на повърхностния воден отток от 1,8 до 2,2 пъти и от 2,7 до 3,3 пъти на количеството ерозирана почва в сравнение с ерозионните показатели на обработените по наклона площи.

6. При прилагане на минимални и нетрадиционни обработки на почвата при пшеница леката имобилизация в началната фаза на развитие се преодолява още през следващата фаза и създава условия за добро изхранване на растенията през по-голямата част от вегетацията, подобрява запасеността с макроеlementи. Повишава се съдържанието на хумус, като средните стойности за периода 2017-2019 г са (2,67, 2,75 и 2,78%) и на общ азот (66,07, 62,72, и 55,75 mg/kg). Минималните обработки запазват агрохимичните свойства на почвата при отглеждане на царевица на наклонени терени и подобрява изхранването на растенията. Средните стойности за хумусното съдържание са най-високи (2,99, 2,98 и 2,80%) при използване на усъвършенстваните минимални обработки на почвата с вертикално мулчиране с оборски тор.

7. Влияят положително върху микробиотата, запазват и подобряват микробиологичният състав на почвата и процесът на хумусообразуване, което влияе върху развитието на растенията и добивите.

8. Икономически ефект от УПТ за минимални и нетрадиционни обработки на почвата с мулч от оборски тор при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени се изразява в увеличаване на добивите от отглежданите култури, реализирането на чист паричен доход и запазване на почвата и почвеното плодородие. При тяхното прилагане на склонови земи, на площи с пшеница чистият доход е 753,95 лв/ha (себестойност - 256,86 лв/t и рентабилност – 52,30%), а на площите с царевица,

съответно чистият доход е 947,69 лв/ ха (себестойност – 161,62 лв/т и рентабилност – 80,53%).

9. Въглеродните емисии от почвата при експериментите, показват зависимост от климатичните фактори и от съвместното им действие, но най-силно се повлияват от приложените технологии за отглеждане на културите на наклонени терени. Почвените емисии CO_2 , при пшеницата са по-ниски при варианта с прилагане на минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор (57,38 kg/ha day), докато при останалите варианти e_2 и e_1 те са по-високи и са съответно 82,56 kg/ha day и 66,01 kg/ha day. За опита с царевица, CO_2 емисии са по-ниски при варианта с прилагане на минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор (33,39 kg/ha day). Те са по-ниски и от тези на варианта с прилагане на повърхностно мулчиране оборски тор - 65,59 kg/ha day, което означава, че много по-голяма част от внесенния органичен материал остава в почвата.

10. Усъвършенстваната почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор освен високата противоерозионна ефективност е и начин за внасяне на органично вещество в почвата, без да се наблюдават значително изнесени въглеродни емисии от нея. Минимизирането на операциите намалява тези емисии.

11. Усъвършенстваните почвозащитни технологии (УПТ) за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на мулч от оборски тор при пшеница и царевица за зърно на наклонени терени, както и системата машини за тяхното осъществяване са приложими в Република България в условията на карбонатен чернозем. Те са рационално и икономическо средство от агротехническа, агрохимична, микробиологична и противоерозионна гледна точка за опазване от водна ерозия, уплътняване и намаляване на почвеното органично вещество, както и за ограничаване отделянето на парникови газове от почвата.

Научни и научно-приложни приноси на дисертационния труд

1. Създадени и изследвани са усъвършенствани почвозащитни технологии за:
 - 1.1. Минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на мулч от оборски тор, при отглеждане на пшеница и царевица за зърно на наклонени терени, включваща вертикално мулчиране с оборски тор и директна сеитба, при пшеницата. Почвозащитните методи разрохкване с чизел култиватор, вертикално мулчиране с оборски тор, сеитба с прорязване с ходообразуване, окопаване с прорязване с ходообразуване и браздообразуване с прорязване с ходообразуване при царевицата, както и съставените за целта машинно-тракторни агрегати.
 2. Установено е, че прилагането на създадените усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на мулч от оборски тор, при отглеждане на пшеница и царевица на карбонатен чернозем влияе върху:
 - 2.1 Подобряването на физичното състояние на почвата чрез повишаване на общата порьозност и водния запас и понижаване на обемната плътност и твърдостта;
 - 2.2 Намаляване на обема на склоновия воден отток и количеството ерозирана почва;
 - 2.3 Повишаване на добива на отглежданите култури;
 - 2.4 Съдържанието и състава на хумуса (положително влияние);
 - 2.5 Повишаване на микробиологичната активност на почвата;
 - 2.6 Ограничаване отделянето на CO_2 и парникови газове от почвата;
 - 2.7 Повишаване икономическия и екологичен ефект, изразяващ се в реализиране на чист паричен доход и запазване на почвата и почвеното плодородие.
3. Проучено е отделянето на емисиите CO_2 от почвата в зависимост от климатичните фактори и приложените технологии. Установено е, че тези емисии са по-ниски при

варианта с прилагане на минимални обработки и вертикално мулчиране с оборски тор, което означава, че много по-голяма част от внесенения органичен материал остава в почвата.

4. Проучено, доказано и представено (таблично и графично) е влиянието на приложените усъвършенствани почвозащитни технологии за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на мулч от оборски тор, при отглеждане на пшеница и царевица на наклонени терени върху почвената микробиологична активност. Посочена е възможността за използването ѝ при по-пълното изследване на биохимичните процеси, протичащи в почвата, което дава насоки за по-доброто разбиране и на почвообразователния процес.

Научни публикации по темата на дисертацията

1. **Иванова И.** 2019. Изследване влиянието на усъвършенствана почвозащитна технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор при отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени. 58-ма Научна конференция на Русенски университет „А. Кънчев“ и Съюз на учените – Русе „Нови индустрии, дигитална икономика, общество – проекции на бъдещето - II“. бр. 58 кн 1.1. 11-15. ISSN 1311-3321 (print). ISSN 2535-1028 (CD-ROM). ISSN 2603-4123 (on-line)
2. **Иванова И.** 2019. Определяне на стопанската и почвозащитна ефективност на усъвършенствана технология за минимална и нетрадиционна обработка на почвата с използване на оборски тор при отглеждане на пшеница на склонови земи. 58-ма Научна конференция на Русенски университет „А. Кънчев“ и Съюз на учените – Русе „Нови индустрии, дигитална икономика, общество – проекции на бъдещето - II“. бр. 58 кн 1.1. 16-21. ISSN 1311-3321 (print). ISSN 2535-1028 (CD-ROM). ISSN 2603-4123 (on-line)
3. Кунчева Г., **И. Иванова.** 2019. Загуби на достъпни форми на фосфор и калий при протичане на водно ерозионни процеси, при отглеждане на пшеница на наклонени земеделски земи. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans. 22 (1), 139-151. ISSN 1311-0489 (Print). ISSN 2367-8364 (Online)
4. Кунчева Г., **И. Иванова.** 2019. Фракционен състав на хумуса при прилагане на противоерозионни технологии за отглеждане на царевица за зърно на наклонени терени. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans (JMAB). 22 (2), 122-133. ISSN 1311-0489 (Print). ISSN 2367-8364 (Online)
5. Димитров П., Хр. Белоев, Г. Кунчева, **И. Иванова.** 2019. Methodology for Determining the Emissions of Carbon Dioxide and Other Greenhouse Gases in Different Soil Tillage. 58-ма Научна конференция на Русенски университет „А. Кънчев“ и Съюз на учените – Русе „Нови индустрии, дигитална икономика, общество – проекции на бъдещето - II“. бр. 58 кн 1.1. 33-37. ISSN 1311-3321 (print) ISSN 2535-1028 (CD-ROM) ISSN 2603-4123 (on-line)
6. **Иванова И.**, Г. Кунчева. 2020. Противоерозионните методи и технологии като фактор за промени във физичните свойства на карбонатен чернозем. Journal of Mountain Agriculture on the Balkans (JMAB). 23 (5), 89-107. ISSN 1311-0489 (Print) ISSN 2367-8364 (Online)

БЛАГОДАРНОСТ

Изказвам благодарност на научните ми ръководители проф. д-р инж. Петър Димитров и проф. д-р инж. Илия Малинов за оказаната методична помощ, на доц. д-р Гергана Кунчева за извършените лабораторни анализи, на всички колеги от научен отдел „Физика, ерозия и почвена биота“ и инж. агр. Силвия Петрова от ИПАЗР „Н. Пушкиров“ гр. София, на доц. д-р Галина Дякова и колегите от ИЗС „Образцов чифлик“ гр. Русе и на семейството ми за подкрепата.