Р Е Ф Е Р А Т

ГУМИНОВЫЕ УДОБРЕНИЯ «СОЛЮТ», ЯРОВОЙ РАПС, ЧЕРНОЗЕМ, СТРУКТУРА УРОЖАЯ, УРОЖАЙНОСТЬ, АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ГУМУСНОЕ СОСТОЯНИЕ.

Объекты исследования – гуминовое удобрение «Солют.Семена», гуминовое удобрение «Солют 1», гуминовое удобрение «Солют 2», гуминовое удобрение «Солют 3», яровой рапс, агрочернозем.

Цель работы – оценить биологическую и хозяйственную эффективность гуминовых удобрений «Солют» на посевах ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи.

Исследования показали, что обработка семян ярового рапса гуминовым удобрением «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т способствовала достоверному повышению полевой всхожести до 76 %, сохранению максимального количества стеблей ярового рапса до 110-116 шт./м^2 в период бутонизации-цветения и уборки культуры. Доказан ростостимулирующий эффект применения гуминовых удобрений «Солют» для опрыскивания вегетирующих растений рапса в период интенсивного роста (образование розетки листьев – начало ветвления) и развития растений (бутонизация-цветение). Установлено улучшение элементов структуры урожая на опытном варианте с применением предпосевной обработки семян рапса гуминовым удобрением «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т с последующим опрыскиванием посевов культуры в фазу розетки листьев гуминовым удобрением «Солют 1» в дозе 2 л/га и вторым опрыскиванием в фазу цветения смесью гуминовых удобрений «Солют 1» 2 л/га + «Солют 2» 1 л/га + «Солют 3» 1 л/га. Максимальная урожайность семян ярового рапса (1,45 т/га), прибавка к контролю составила 28,3%, здесь же сформировалась максимальная масса 1000 семян – 4,18 гр, что выше контроля на 10,3%. На данном варианте произошло достоверное увеличение содержания C_{H2O} на 3,3, содержания C_{NaOH} – на 140,6 мг/100 и в его составе Сгк увеличилось на 92,4 и Сфк на 48,7 мг/100 г по отношению к контролю, также произошло расширение отношения Сгк/Сфк до 0,84, на контроле оно составляло 0,96.

Обработка семян и вегетирующих посевов гуминовыми удобрениями «Солют» не способствовала подщелачиванию почвенного раствора, привело к увеличению содержания подвижного фосфора в почве в 1,1-1,3 раза, по сравнению с контролем.

Введение

Цель работы – оценить хозяйственную эффективность и влияние на параметры плодородия почв гуминовых удобрений «Солют» на посевах ярового рапса в условиях Красноярской лесостепи.

В рамках настоящей работы решаются следующие **задачи**:

1) определить полевую всхожесть и густоту стояния растений;

2) зафиксировать биометрические параметры растений во время прохождения фенологических фаз;

3) определить хозяйственную урожайность культуры и структуру урожая;

4) определить динамику элементов питания в почве;

5) определить динамику содержания гумусовых веществ в почве.

1 Условия и методика проведения исследований

1.1 Объекты исследования

Исследования проведены в 2024 году в полевом опыте на стационаре «Миндерлинское» Красноярского государственного аграрного университета в Красноярской лесостепи (56º с.ш., 92º в.д.).

Объект исследования – агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный тяжелосуглинистого гранулометрического состава, гуминовое удобрение «Солют.Семена», гуминовое удобрение «Солют 1», гуминовое удобрение «Солют 2», гуминовое удобрение «Солют 3», яровой рапс сорта Форпост, возделываемый по предшественнику - соя.

На видовом уровне агрочернозем глинисто-иллювиальный типичный опытного участка характеризовался как среднемощный с среднегумусный (5,8%), нейтральной реакцией среды (pH_{H2O} – 7,1), высокой суммой обменных оснований (55-62 мг-экв./100г). Пахотный слой агрочернозема перед посевом оценивался низкой обеспеченностью нитратным азотом (5,6 мг/кг), низкой

аммонийным азотом (6,6 мг/кг), повышенной подвижным фосфором (214 мг/кг) и очень высоким обменным калием (205,6 мг/кг).

Форпост – сорт ярового рапса (*Brassicanapusvar. napusL.*) Включен в Госреестр по Северо-Западному (2), Центральному (3), Волго-Вятскому (4), Центрально-Черноземному (5), Средневолжскому (7), Уральскому (9), Западно-Сибирскому (10), Восточно-Сибирскому (11) регионам. Рекомендован для возделывания в Тульской, Курганской, Оренбургской областях, Красноярском крае и Республике Хакасия. Лист зеленый, долей среднее количество, зубчатость края средняя-сильная. Время цветения раннее. Лист средней длины, средней ширины, черешок средний. Растение среднее-высокое, длинное. Стручок, носик и цветоножка средней длины. Средняя урожайность в Северо-Западном регионе 13,6 ц/га, в Центральном 13,1 ц/га, в Волго-Вятском 10,2 ц/га, в Центрально-Черноземном 16,7 ц/га, в Средневолжском 15,9 ц/га, в Уральском 8,8 ц/га, в Западно-Сибирском 20,2 ц/га, в Восточно-Сибирском 22,7 ц/га (выше стандарта на 3,9 ц/га). Наибольшая урожайность 40,0 ц/га (Республика Хакасия, 2021 год). Масса 1000 семян 3,2-4,2 г. Высота растений 89-110 см, высота прикрепления нижней ветви 31-54 см. Вегетационный период от 87 (5,7 регионы) до 110 дней (11 регион). Устойчивость к полеганию 3,3-4,5 балла, к осыпанию 4,0-4,7 балла, к засухе 4,0-4,3 балла. Содержание жира 40,8-45,9 %. По данным заявителя, устойчив к гербициду Нопасаран.

В комплексной защите ярового рапса на всех вариантах опыта применялись следующие препараты:

Скарлет, МЭ - фунгицидный протравитель, предназначенный для предпосевной обработки семян зерновых культур, кукурузы, рапса, сои, подсолнечника против широкого спектра болезней.

Харита, КС – инсектицидный протравитель системного действия для предпосевной обработки семян зерновых культур в борьбе с комплексом почвенных и наземных вредителей всходов.

Галион - системный послевсходовый гербицид для борьбы с однолетними и многолетними двудольными сорняками, включая трудноискоренимые виды, на посевах рапса.

Аллюр, Ж – многофункциональное поверхностно-активное вещество для увеличения эффективности и безопасности пестицидов.

Фаскорд, КЭ – контактно-кишечный инсектицид из группы синтетических пиретроидов для борьбы с широким спектром вредителей на зерновых культурах, картофеле, сахарной свекле, кукурузе и других сельскохозяйственных культурах.

Спарринг, МД - принципиально новый системный инсектицид на основе масляной дисперсии. Препарат обладает контактно-кишечным действием.

Титул Трио, ККР - трехкомпонентный фунгицид в инновационной формуляции с усиленной фунгицидной активностью против комплекса заболеваний на широком спектре культур.

Семена и вегетирующие растения ярового рапса согласно схемы опыта обрабатывались гуминовыми удобрениями «Солют»:

«Солют.Семена» - органическое вещество - 70,0 %; массовая доля общего азота - 0,6 %; общего фосфора - 0,1 %; общего калия - 0,9 %. Это удобрение разработано для предпосевной обработки семян любых культур, в том числе рапса, бобовых, овощных и зерновых с целью увеличения энергии прорастания и всхожести семян, усиления корнеобразования и стимуляции роста молодых растений. Доза применения препарата 2 л/т.

«Солют 1» - органическое вещество - 95,2 %; массовая доля общего азота - 1,4 %; общего фосфора - 0,1 %; общего калия - 0,02 %. Данное удобрение содержит максимальное количество гуминовых кислот и азота, необходимых растениям в начале вегетации и разработано для некорневой подкормки культур на ранних стадиях роста (например, фаза кущения у зерновых, фаза розетки листьев у рапса, образование первых узлов у гороха, появление настоящих листьев у томатов и т.д.), совместимо с химическими средствами защиты растений. Доза применения 2 л/га.

«Солют 2» - органическое вещество – 46,0 %; массовая доля общего азота – 0,1 %; общего фосфора – 0,6 %; общего калия – 4,3 %. В этом удобрении содержится наибольшее количество калия и фосфора, необходимые растениям для формирования плодов и семян, для усиления корнеобразования, также в качестве антистресса к неблагоприятным погодным условиям. Применять это удобрение целесообразно во второй половине вегетации на более поздних стадиях развития культур, в фазу цветения или начала плодообразоания (семяобразования), оно также хорошо совместимо с химическими средствами защиты. Доза применения 1 л/га.

«Солют 3» - органическое вещество – 63,5 %; массовая доля общего азота – 0,2 %; общего фосфора – 0,02 %; общего калия – 0,2 %. Данное удобрение имеет сбалансированный состав по содержанию органических и минеральных компонентов, обладает антистрессовым действием на растения, усиливает иммунитет, препятствует распространению грибковых болезней у зерновых культур. Совместим со средствами защиты растений, усиливает действие гуминового удобрения «Солют - некорневая подкормка». Доза применения 1 л/га в фазу цветения рапса

1.2 Методы исследований

Для изучения эффективности применения гуминовых удобрений «Солют» на посевах ярового рапса был заложен полевой опыт. Схема опыта представлена в табл.1.

Таблица 1 – Схема полевого опыта

Контроль Скарлет, МЭ (0,4 л/т) + Харита, КС (5 л/т) - Галион (0,3 л/га) + Аллюр, Ж (0,1 л/га) - Фаскорд, КЭ (0,15 л/га) + Спарринг, МД (0,2 л/га) + Титул Трио, ККР (0,6 л/га)
Опыт **ГУ«Солют.Семена» 0,2 л/т + 1-е опрыскивание ГУ «Солют 1» 2 л/га + 2-е опрыскивание «Солют 1» 2 л/га + «Солют 2» 1 л/га + «Солют 3» 1 л/га** +

Скарлет, МЭ (0,4 л/т) + Харита, КС (5 л/т) - Галион (0,3 л/га) + Аллюр, Ж (0,1 л/га) - Фаскорд, КЭ (0,15 л/га) + Спарринг, МД (0,2 л/га) + Титул Трио, ККР (0,6 л/га)

Доза каждого из используемых препаратов соответствовала рекомендациям производителя. Предпосевная обработка семян гуминовым удобрением «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т и химическим протравителем «Скарлет» в дозе 0,4 л/т осуществлялась за 1 час до посева (рис.1).

Рисунок 1 – Обработка семян ярового рапса перед посевом. Контроль (Скарлет 0,4 л/т) и Опыт (Скарлет 0,4 л/т + Солют.Семена 0,2 л/т)

Посев ярового рапса проведен 1 июня 2024 года сеялкой ПН – 1,6 с нормой высева 5 кг/га. Основные даты учета растений и проведения ухода за посевами представлены в табл.2.

Таблица 2 - Даты учета растений и проведения ухода за посевами

Дата	Выполненные работы
01.06.2024 г	Предпосевная обработка протравленных семян рапса ГУ «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т. Посев сеялкой ПН 1,6, норма высева 5 кг/га. Сорт ярового рапса – Форпост.
17.06.2024 г	Учет полевой всхожести ярового рапса (контроль и опыт с предпосевной обработкой семян). Обработка посевов инсектицидами (Фаскорд, Спарринг) в фазу всходов.
27.06.2024	Повторный учет полевой всхожести ярового рапса (контроль и опыт с предпосевной обработкой семян).
09.07.2024 г	Первая обработка посевов ярового рапса гуминовыми удобрениями «Солют 1» 2 л/га в фазу розетки листьев-начала ветвления, одновременно обработка

	гербицидами с адьювантом (Галион, Аллюр) и инсектицидами (Фаскорд, Спарринг). Отбор почвенных образцов из слоя 0-20 см по 3 вариантам опыта в 3-кратной повторности.
24.07.2024 г	Учет густоты стояния ярового рапса и биомассы растений по 3 вариантам опыта в фазу цветения. Вторая обработка посевов ярового рапса смесью гуминовых удобрений «Солют 1» 2 л/га + «Солют 2» 1 л/га + «Солют 3» 1 л/га в фазу цветения.
26.07.2024 г	Фунгицидная обработка посевов рапса (Титул Трио).
12.08.2024 г	Отбор почвенных образцов на глубину 0-20 см по 3 вариантам опыта в 3-кратной повторности.
11.09.2024 г	Определение структуры урожая ярового рапса.
04.10.2024 г	Сбор урожая семян по вариантам опыта прямым комбайнированием, учеты после сушки: урожайность и масса 1000 семян. Отбор почвенных образцов на глубину 0-20 см. Подготовка проб к анализу.

Учет урожая проводили сплошным комбайнированием. Урожайность семян ярового рапса приводили к 7 % влажности.

Статистическая обработка полученных результатов проведена методами дисперсионного анализа и описательной статистики [Дмитриев,1995] с использованием программы MicrosoftExcelXP.

1.3 Метеорологические условия проведения опыта

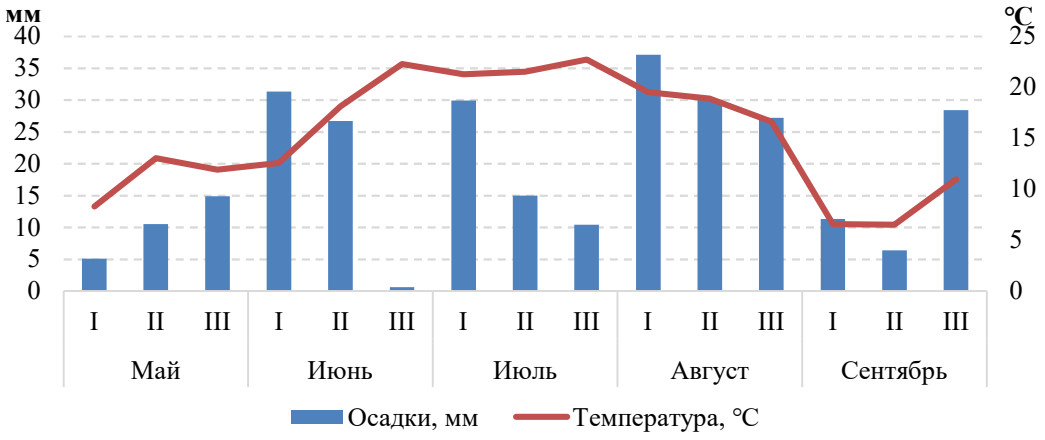


Рисунок 2 – Количество осадков и температура воздуха в вегетационный период 2024 года

Среднемесячная температура воздуха составила 11,1°С, что выше среднемноголетних значений на 3,1°С. В июне осадков выпало 59 мм, что в 1,23 раза выше среднемноголетних значений, при этом в третьей декаде месяца выпало менее 1 мм осадков, при средней температуре воздуха 22,3°С. Температура воздуха в июне соответствовала среднемноголетним значениям.

Среднемесячная температура воздуха в июле 2024 года была выше среднемноголетних значений на 1,8°С при количестве выпавших осадков соответствовавших 80% от нормы. Август по погодным условиям можно охарактеризовать как избыточно увлажненный, так ГТК рассчитываемый для данного месяца составил 1,66. Количество осадков, выпавших в августе, в 1,5 раза превышало среднемноголетние значения, при температуре, также превышавшей норму в 1,22 раза. Сентябрь 2024 года был теплый со среднемесячной температурой 8,0 °С, что на 1,4 °С выше нормы. Количество осадков также было больше среднемноголетних значений в 1,2 раза, при этом 28 из 46 мм выпавших в этом месяце, выпало в третьей декаде, когда наблюдались также самые высокие температуры воздуха в данном месяце (11°С). В сентябре в связи с неблагоприятной погодой и переувлажнением почвы в большинстве районов Красноярского края была объявлена чрезвычайная ситуация по сбору урожая. Сбор урожая рапса на опытных делянках удалось завершить лишь в первой декаде октября.

2. Результаты и их обсуждение

2.1 Рост, развитие растений и урожайность ярового рапса

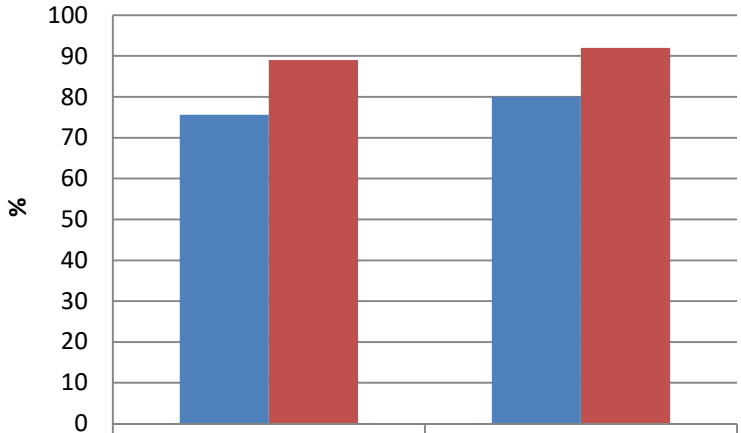
Полевая всхожесть была определена через 17 суток после посева, поскольку полные всходы рапса в сложных погодных условиях вегетационного сезона 2024 года зависели от влажности и температуры почвы (рис.2). На делянках вариантов, где семена перед посевом были обработаны гуминовым удобрением «Солют.Семена» всходы появились примерно через 10-12 дней после посева, это на 2 дня раньше, чем на контрольном варианте.

Контроль

Предпосевная обработка семян «Солют.Семена» (0,2 л/т)

Рисунок 3 – Учет ярового рапса в фазу появления всходов (17.06.2024 г.)

Из 120 шт./м^2 высеянных семян сорта Форпост полноценные всходы на контрольном варианте были получены в количестве 75,6 шт./м^2, что составляет 63 %.



	17 июня	27 июня
Контроль	75,6	80
Солют-стимулятор роста 0,2 л/т	89	92

Рисунок 4 – Полевая всхожесть ярового рапса, % (p = 0,027)

К 27 июня всхожесть на контроле составила 80%, на варианте с обработкой семян 92%. Таким образом при обработке семян гуминовым удобрением «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т полная всхожесть рапса была на 15% выше относительно контрольного варианта.

В первой декаде июля (09.07.2024) провели первую обработку посевов ярового рапса гуминовыми удобрениями «Солют 1» 2 л/га в фазу розетки листьев-начала ветвления.

После первого опрыскивания по мере роста и развития растений ярового рапса учет густоты их стояния и основных биометрических параметров был проведен в фазу бутонизации-цветения 24.07.2024 г (рис.5).

Внешний вид посевов ярового рапса

Контроль

Опыт

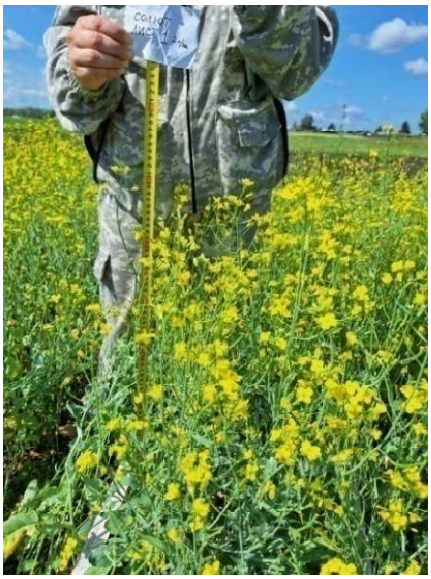


Рисунок 5 – Учет густоты стояния и высоты растений ярового рапса в фазу бутонизации-цветения (24.07.2024 г)

Исследования показали, что в фазу бутонизации-цветения количество растений на 1м^2 на контрольном варианте увеличилось на 17 шт/м^2 по сравнению с периодом всходов и фазы розетки листьев. Густота стояния растений в посевах рапса контрольного варианта оценивалась величиной 97 шт./м^2, что соответствовало полевой всхожести, равной 81 %. На вариантах с применением гуминовых удобрений количество растений к фазе бутонизации-цветения также изменилось по сравнению с фазой розетки листьев. На опыте густота стояния растений была 116 шт./м^2, что соответствовало полевой всхожести, равной 97 % (рис. 9, табл. 3). Это говорит о том, что варианты с обработкой семян и вегетирующих посевов гуминовыми удобрениями имели более дружные всходы и изначально высокую всхожесть более 90%. Кроме этого, интенсивные осадки первой декады июля 2024 года способствовали появлению дополнительных всходов на посевах ярового рапса.

контроль (слева) и опыт (справа)

Рисунок 6 – Вид растений рапса в фазу бутонизации-цветения (24.07.2024 г)

Таблица 3 – Биометрические параметры растений ярового рапса в фазу бутонизации-цветения (24.07.2024 г)

Вариант	Длина растений, см	Количество растений, шт/м^2	Биомасса 1 растения, г
Контроль	73,2	97	34,5
Опыт Солют.Семена - 0,2 л/т + ½ Солют 1 - 2 л/га	97,2*	116*	63,2*
Опыт +/- к контролю, %	+18	+20	+83
p-значение	0,004	0,032	0,039

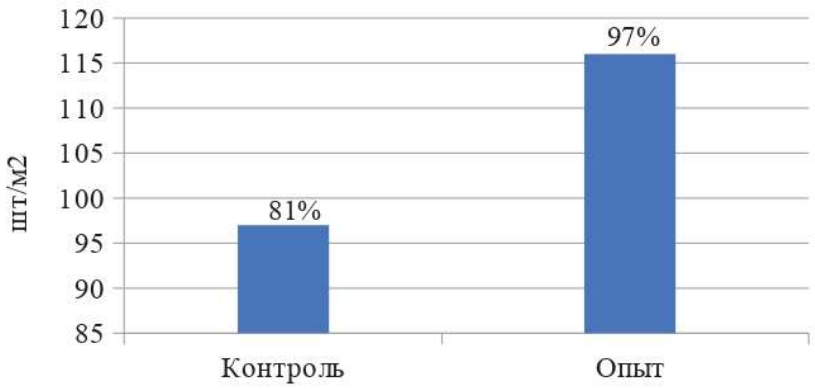


Рисунок 7 – Густота стояния растений ярового рапса в фазу бутонизации-цветения, шт./м^2 (p = 0,032) и всхожесть семян, %

Анализ развития растений в период бутонизации и начала цветения, показал ростостимулирующий эффект гуминовых удобрений «Солют 1» (см. табл. 3).

Биомасса 1 растения была 63,2 г, это выше контроля на 72 и 83 % соответственно.

Достоверные различия по густоте стояния растений между вариантами опыта и выявленный ростостимулирующий эффект как на длину растений, так и на их биомассу, на этих вариантах доказывает отсутствие эффекта «вытягивания» растений рапса при различной густоте стояния. Формирование

вегетативной массы оказывает непосредственное влияние на урожайность культуры. Так, чем лучше сформируется вегетативная часть растений, тем лучше будет проходить процесс фотосинтеза, а в дальнейшем отток накопленных веществ будет оказывать влияние на формирование генеративных органов.

После проведения учетов в фазу бутонизации-цветения была проведена повторная обработка посевов гуминовыми удобрениями по вариантам. Опыт - «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение). Вариант 3 - «1/2 Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение). Далее проведены учеты структуры урожая ярового рапса 11.09.2024 г.

Обработка семян препаратом перед посевом в дозе 0,2 л/т и двукратная обработка вегетирующих растений более концентрированной и имеющей щелочную pH формой гуминовых удобрений «Солют 1», 2л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение) (Вариант 2) формирует число сохранившихся к уборке растений в количестве 109 шт./м^2, количества стручков 72 шт/растение и способствует снижению ветвистости до 2,5 шт/растение, уменьшению высоты растений на 13,8 % по сравнению с контролем.

Таблица 4 - Структура урожая ярового рапса

Вариант	Число растений перед уборкой, шт./м^2	Кол-во боковых стеблей, шт./растение	Высота растения, см	Кол-во стручков, шт./растение
Контроль	96	3,0	109	67
Опыт «Солют.Семена», 0,2 л/т (обработка семян) + «Солют 1», 2л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение) / +- к контролю, %	111/+16	**3,2*/+6,7**	**100*/-8,3**	**73*/+9,0**
p-значение	0,138	**0,004***	**$8{,}2\cdot10^{-7}$***	**0,002***

* - достоверные значения от контроля

Таблица 5 - Масса 100 семян и урожайность ярового рапса

Вариант	Масса 1000 семян, гр.	Урожай-ность семян, т/га
Контроль	3,79	1,13
Опыт «Солют.Семена», 0,2 л/т (обработка семян) + «Солют 1», 2л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение) / +- к контролю, %	4,18	**1,45*/+28,3%**
$НСР_{0,5}$	0,56	0,13

Там, где в составе гуминовых удобрений был щелочной препарат «Солют 1», вариант 2 («Солют.Семена», 0,2 л/т (обработка семян) + «Солют 1», 2л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветениие)), установлено снижение урожайности до 0,99 т/га, что на 12,4% ниже контроля.

2.2 Влияние гуминовых удобрений «Солют» на свойства почвы

2.2.1 Влажность и агрофизические свойства

Таблица 6 – Статистические параметры влажности почвы в агроценозе ярового рапса, %

Срок отбора	Вариант	*X*	±*Sx*	*Cv, %*	*p-значение*
09 июля (розетка листьев-ветвление)	Контроль	32,9	1,3	4	0,44
	Опыт	31,4	2,7	9	
12 августа (созревание)	Контроль	31,8	1,8	6	0,91
	Опыт	31,2	2,0	6	
04 октября (полная спелость семян)	Контроль	28,7	1,9	7	**0,002***
	Опыт	**35,0***	0,4	1	

*Здесь и далее: X – среднее арифметическое; Sx- стандартное отклонение; Cv,% - коэффициент вариации, * - достоверные отличия от контроля (p-значение <0,05)*

Таблица 7 – Статистические параметры содержания агрономически ценных фракций (АЦФ, %) и коэффициент структурности агрочернозема (Кс) по вариантам опыта

Срок отбора	*Вариант*	*X*	*±Sx*	*Cv, %*	*p-значение*	*Кс*
09 июля (розетка листьев-ветвление)	Контроль	69,2	12,8	16	0,27	2,24
	Опыт	65,5	13,4	20		1,90
12 августа (созревание)	Контроль	69,0	8,6	13	0,61	2,23
	Опыт	72,8	4,6	7		2,68
04 октября (полная спелость семян)	Контроль	51,8	13,8	27	**0,02***	1,07
	Опыт	**78,8***	1,8	2		3,72

2.2.2 Агрохимические свойства

Таблица 8 – Статистические параметры реакции почвенного раствора (pH_{H2O}) по вариантам опыта в течение вегетации

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Вариант 2	Вариант 3
1 июня (перед посевом)	7,28	7,20	7,23
9 июля (розетка листьев)	7,22	7,28	7,24
12 августа (созревание)	7,32	**7,13***	**7,12***
X (n=9)	*7,27*	*7,20*	*7,20*
Sx	*0,08*	*0,28*	*0,10*
Cv,%	*1*	*4*	*1*
min	*7,17*	*7,18*	*7,02*
max	*7,43*	*7,91*	*7,38*
НСР 0,5	*0,17*		

*Здесь и далее: X – среднее арифметическое; Sx- стандартное отклонение; Cv,% - коэффициент вариации, min – минимальное значение; max – максимальное значение; $НСР_{0,5}$ – наименьшая существенная разница между вариантами на 95% уровне значимости; * - достоверные отличия от контроля по показателю $НСР_{0,5}$*

В конце вегетации, на контрольном варианте установлено достоверное повышение pH до 7,32 ед., при этом на варианте с применением гуминовых удобрений реакция почвенного раствора достоверно снизилась до 7,13-7,12 ед., однако на всех вариантах значение pH оставалось в пределах нейтральной реакции.

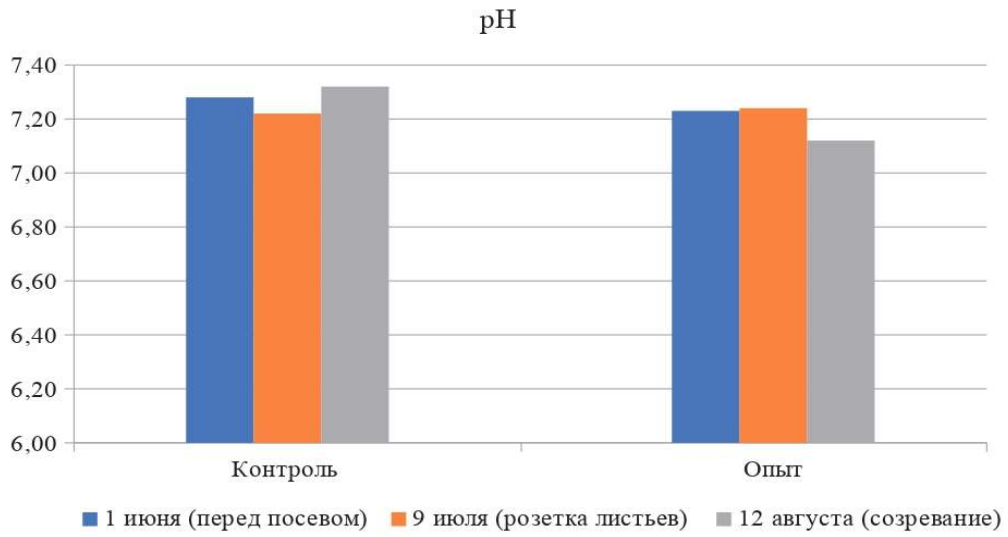


Рисунок 8 – Динамика реакции среды почвенного раствора (pH водн) в течение вегетации по вариантам опыта

Содержание нитратного азота в почве перед посевом ярового рапса было низким 5,66-6,60 мг/кг, и в течение вегетации снизилось до очень низкого содержания (2,25-1,49 мг/кг). Варьирование содержания нитратного азота в пределах участка опыта было высоким (Cv= 39-55%) (табл. 10).

Таблица 9 – Статистические параметры содержания нитратного азота ($N\text{-}NO_3$) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/кг

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	5,66	6,60
9 июля (розетка листьев)	3,61	4,86
12 августа (созревание)	2,25	**1,49***
X (n=9)	*3,84*	*4,32*
Sx	*1,51*	*2,36*
Cv,%	*39*	*55*
min	*1,71*	*1,12*
max	*5,67*	*7,44*
НСР 0,5		

Существенное снижение нитратных форм азота в агрочерноземе произошло в первой декаде июля и во второй декаде августа, в фазу розетки листьев и в фазу созревания ярового рапса (рис. 16). На варианте 3 достоверное снижение содержания нитратного азота в фазу созревания на 0,76 мг/кг по

отношению к контролю обусловлено более высокой густотой стояния рапса, и, следовательно, более интенсивным потреблением азота из почвы.

Таблица 10 – Статистические параметры содержания аммонийного азота ($N\text{-}NH_4$) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/кг

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	6,54	5,78
9 июля (розетка листьев)	8,05	8,29
12 августа (созревание)	4,59	4,65
X (n=9)	*6,39*	*6,24*
Sx	*1,66*	*2,06*
Cv,%	*26*	*33*
min	*3,51*	*3,20*
max	*9,06*	*9,87*
НСР 0,5		

Существенных изменений по содержанию аммонийного азота по вариантам опыта в течение вегетации не обнаружено, его динамика на контрольном варианте и на вариантах с применением гуминовых удобрений совпадает. Увеличение содержания аммонийного азота в первой декаде июля на всех вариантах связано с активизацией деятельности микроорганизмов и усилением процессов разложения органических веществ с их последующей аммонификацией.

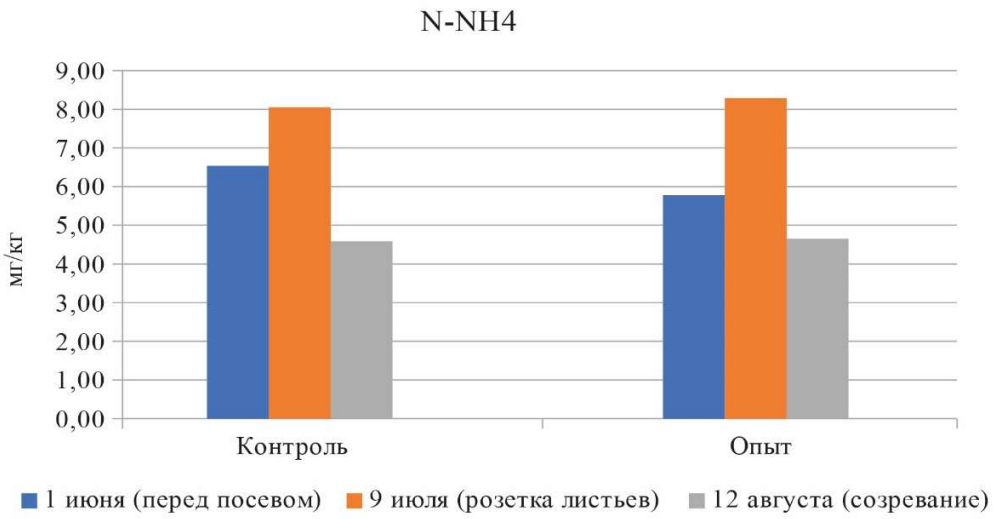


Рисунок 9 – Динамика содержания аммонийного азота ($N\text{-}NH_4$) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/кг

Таблица 11 – Статистические параметры содержания подвижного фосфора по Чирикову (P_2O_5) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/кг

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	200,40	226,45
9 июля (розетка листьев)	226,60	210,07
12 августа (созревание)	190,20	**256,60***
X (n=9)	*209,07*	*231,04*
Sx	*31,89*	*35,66*
Cv,%	*15*	*15*
min	*172,70*	*186,00*
max	*282,70*	*303,10*
НСР 0,5		

По мере роста и развития ярового рапса к фазе созревания семян содержание подвижного фосфора в почве закономерно снижалось до среднего уровня (190-199 мг/кг) на контрольном варианте.

На опыте («Солют.Семена», 0,2 л/т (обработка семян) + «Солют 1», 2 л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение)) к концу вегетации произошло существенное увеличение содержание подвижного фосфора на 66,4 мг/кг по отношению к контролю.

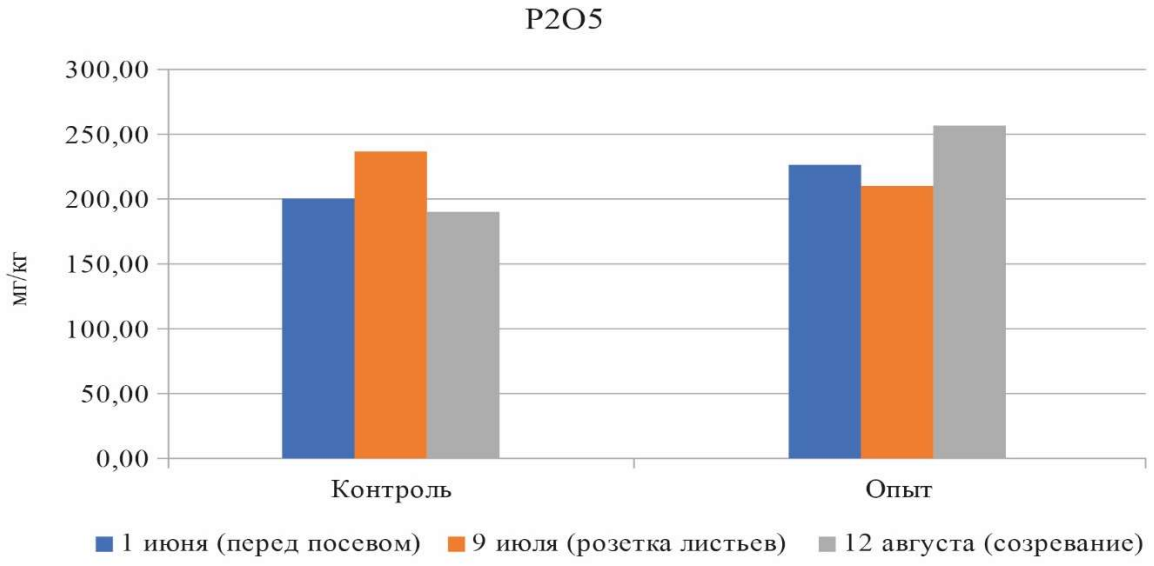


Рисунок 10 – Динамика содержания подвижного фосфора (P_2O_5) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/кг

Содержание обменного калия в почве в первой половине вегетации было очень высоким (200 -229 мг/кг) и не имело существенных различий по

вариантам опыта. Пространственная изменчивость содержания подвижного калия была низкой на контрольном варианте (Cv=7%) и средней на варианте с применением гуминовых удобрений (Cv=17-20%) (табл. 13, рис. 23).

Таблица 12 – Статистические параметры содержания обменного калия по Чирикову (K_2O) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/кг

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	200,0	214,9
9 июля (розетка листьев)	228,2	224,8
12 августа (созревание)	215,1	**162,1***
X (n=9)	*214,4*	*200,6*
Sx	*14,1*	*33,7*
Cv,%	*7*	*17*
min	*192,8*	*123,2*
max	*279,2*	*243,4*
НСР 0,5		

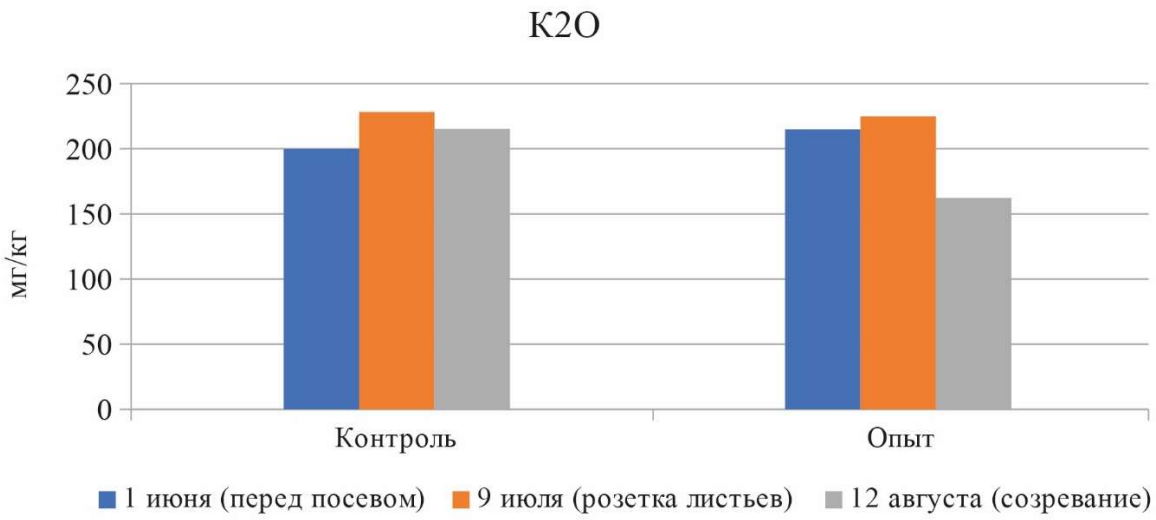


Рисунок 11 – Динамика содержания обменного калия (K_2O) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/кг

Во время созревания семян установлено достоверное снижение содержания обменного калия до среднего уровня обеспеченности.

Снижение содержания обменного калия в конце вегетации относительно контрольного варианта объясняется его более интенсивным выносом при созревании маслосемян на вариантах с применением гуминовых удобрений.

Полученные результаты позволяют утверждать, что изменение агрохимических свойств агрочернозема в посевах ярового рапса, возделываемого на маслосемена, определяется способом применения гуминовых удобрений и сроком отбора почвенных образцов.

2.2.3 Гумусное состояние

Таблица 13 – Статистические параметры содержания углерода гумуса (Сгумуса) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	4131,65	4113,65
9 июля (розетка листьев)	4117,93	3982,40
12 августа (созревание)	3775,80	4174,07
X (n=9)	*4008,46*	*4090,04*
Sx	*413,30*	*444,21*
Cv,%	*10*	*11*
min	*3423,50*	*3210,80*
max	*4506,70*	*4732,00*
НСР 0,5		

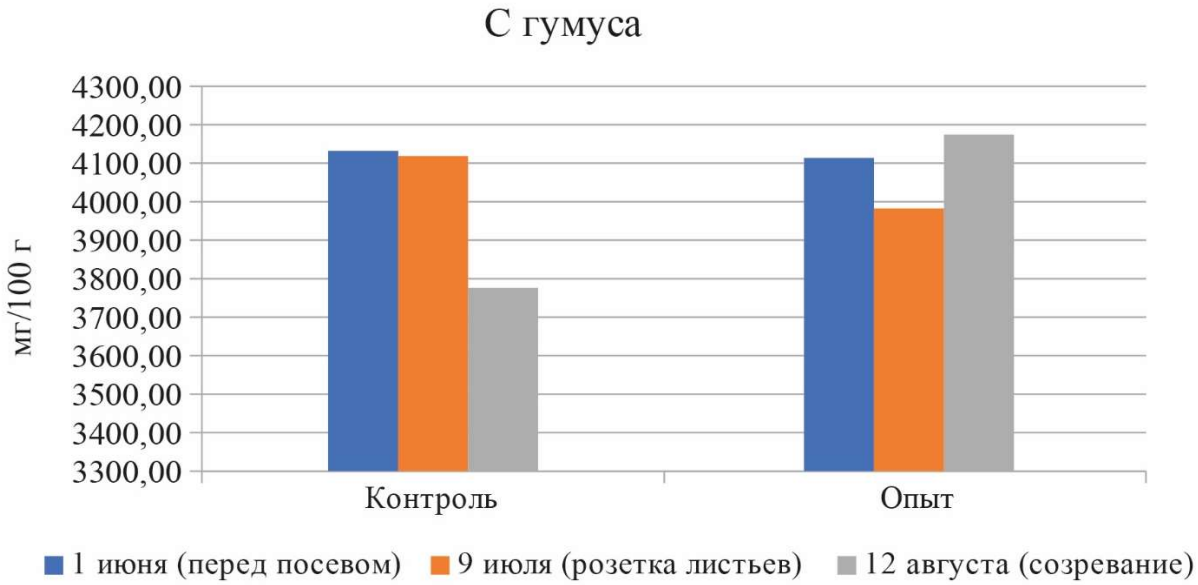


Рисунок 12 – Динамика содержания углерода гумуса (С гумуса) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

Содержание водорастворимого углерода гумуса по вариантам опыта изменялось в диапазоне от 13,7 до 25,2 мг/100 г почвы (табл. 20, рис. 25).

Таблица 14 – Статистические параметры содержания водорастворимого углерода гумуса (C_{H2O}) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	21,75	22,15
9 июля (розетка листьев)	21,87	20,10
12 августа (созревание)	18,57	**21,90***
X (n=9)	*20,73*	*21,38*
Sx	*3,50*	*1,67*
Cv,%	*17*	*8*
min	*16,00*	*18,30*
max	*25,20*	*22,90*
НСР 0,5		

Достоверное увеличение содержания C_{H2O} на 3,3 мг/100 г по отношению к контролю произошло в фазу созревания семян рапса.

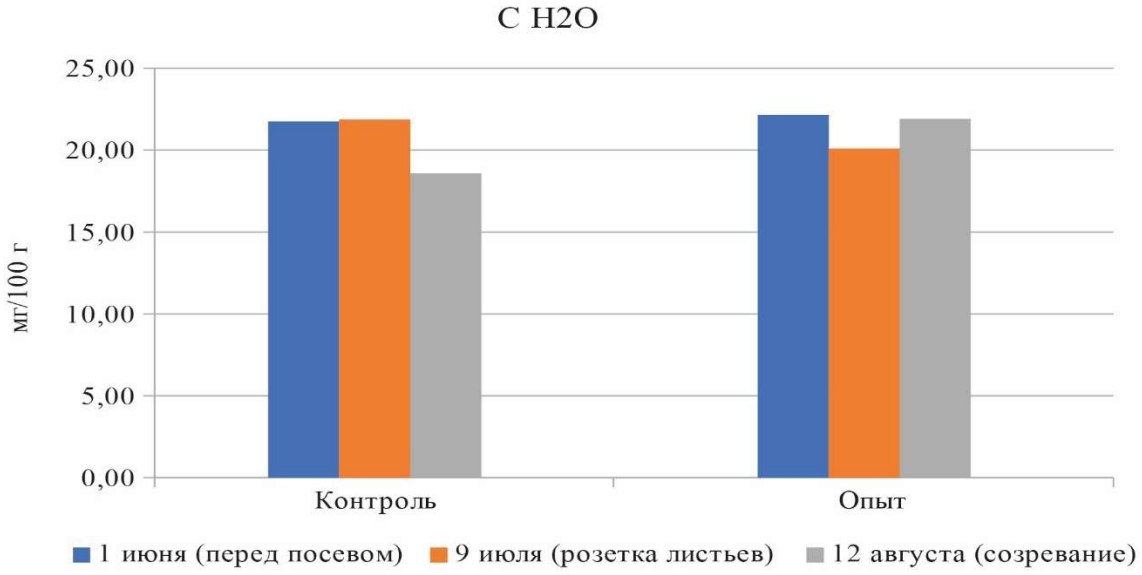


Рисунок 13 – Динамика содержания водорастворимого углерода гумуса (C_{H2O}) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

На этом же варианте обнаружен максимальный прирост биомассы растений, следовательно, и корней, что объясняет повышенное образование водорастворимых органических соединений в почве.

Содержание щелочегидролизуемого углерода гумуса по вариантам опыта колебалось в довольно широком диапазоне от 252,5 до 753,7 мг/100 г, коэффициент вариации данных составлял 34-40 %, что характеризует высокую изменчивость и динамичность этого показателя. При этом $НСР_{05}$ для вариантов было равно 88,4 мг/100 г.

Существенное снижение содержания щелочегидролизуемого углерода гумуса происходит в середине вегетации в период максимальной активности почвенных микроорганизмов и значительного усиления интенсивности разложения растительных остатков, а вместе с этим и минерализации подвижных компонентов гумуса.

Содержание отдельных компонентов подвижного гумуса: углерода новообразованных гуминовых и фульвокислот имело схожую динамику в течение вегетации с содержанием углерода щелочегидролизуемого гумуса (рис. 14, 15).

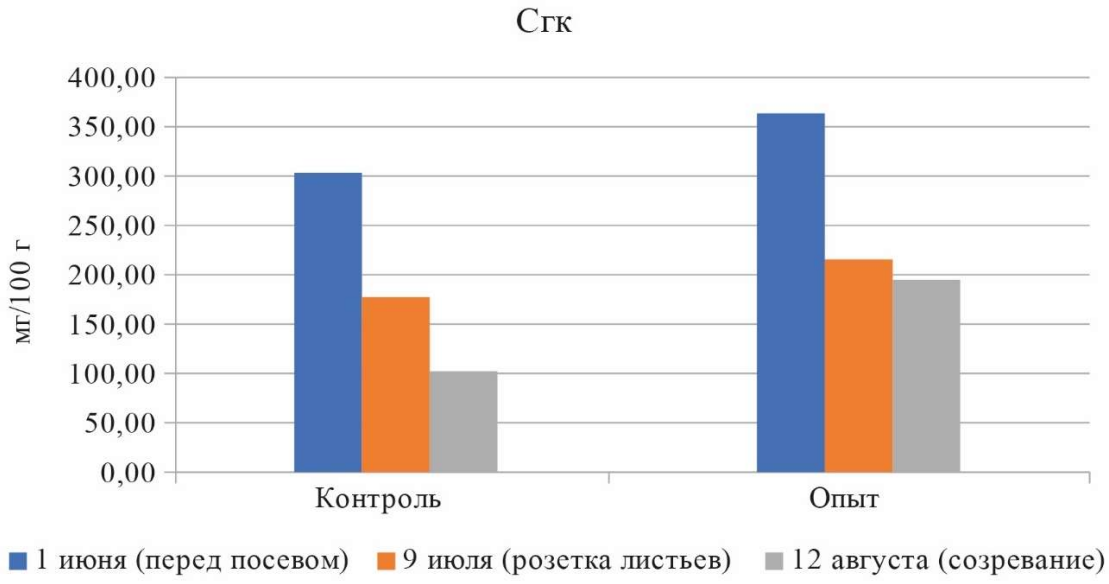


Рисунок 14 – Динамика содержания углерода новообразованных гуминовых кислот (Сгк) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

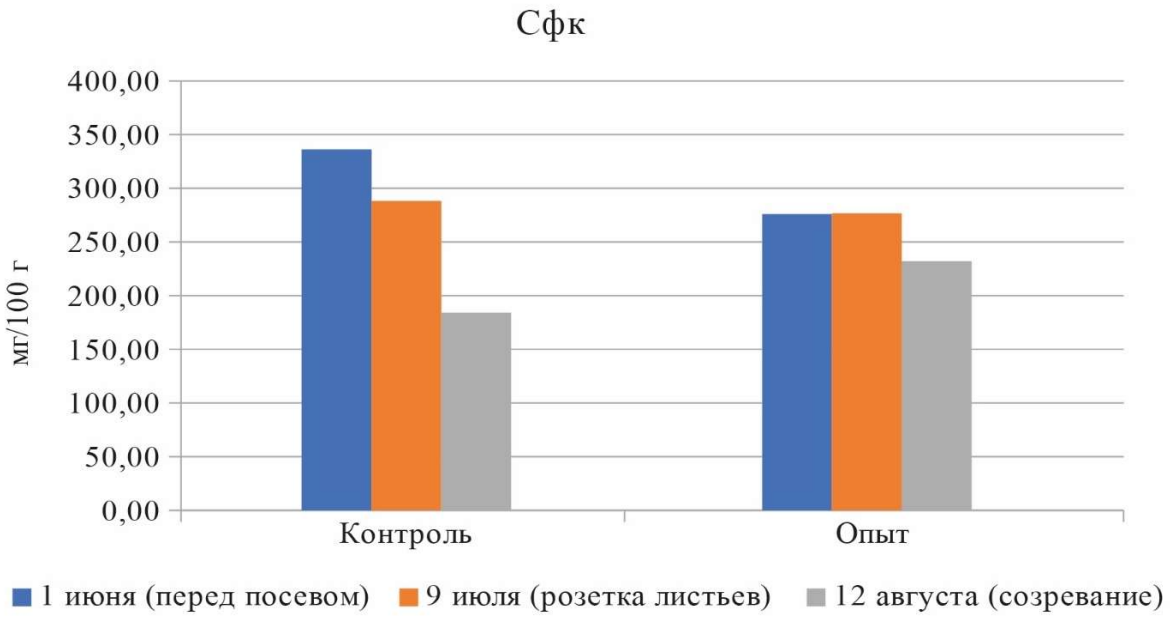


Рисунок 15 – Динамика содержания углерода новообразованных фульвокислот (Сфк) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

Хотя в среднем за вегетацию существенных различий в содержании Сгк и Сфк по вариантам опыта не обнаружено, однако, в период созревания семян во второй декаде августа, обнаружено существенное увеличение новообразованных гуминовых и фульвокислот в почве опыта на варианте 3: «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т для обработки семян и двукратное опрыскивание растений в течение вегетации гуминовыми удобрениями «Солют 1» 2 л/га (розетка листьев) + «Солют 1» 2 л/га + «Солют 2» 1 л/га + «Солют 2» 1 л/га (бутонизация-цветение). Содержание Сгк увеличилось на 92,4, содержание Сфк – на 48,7 мг/100 по сравнению с контролем (табл. 22, 23).

Таблица 15 – Статистические параметры содержания углерода новообразованных гуминовых кислот (Сгк) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	303,05	363,40
9 июля (розетка листьев)	177,20	215,50
12 августа (созревание)	102,17	**194,57***
X (n=9)	*194,14*	*257,82*
Sx	*97,13*	*117,87*
Cv,%	*50*	*52*
min	*79,80*	*79,60*
max	*308,20*	*380,10*
НСР 0,5		

Таблица 16 – Статистические параметры содержания углерода новообразованных фульвокислот (Сфк) по вариантам опыта в течение вегетации, мг/100 г

Срок отбора, *статистический показатель*	Контроль	Опыт
1 июня (перед посевом)	336,20	275,85
9 июля (розетка листьев)	288,03	276,60
12 августа (созревание)	183,93	**232,10***
X (n=9)	*269,39*	*261,52*
Sx	*76,40*	*63,18*
Cv,%	*28*	*22*
min	*172,70*	*183,00*
max	*357,70*	*373,60*
НСР 0,5		

В это же время на контрольном варианте общее содержание щелочегидролизуемого углерода гумуса и в его составе углерода гуминовых и фульвокислот продолжало снижаться, что объясняется интенсивной минерализацией подвижных органических соединений.

В целом, изученные гуминовые удобрения и технология их применения на опытном варианте не приводит к усилению минерализационных потоков в почве, а напротив, способствует конденсации гумусовых молекул и снижению их гидрофильности, стабилизации новообразованных подвижных гумусовых веществ и закреплению их в гумусе, что выполняет структурообразующую и почвозащитную функцию.

Выводы

1. Обработка семян ярового рапса гуминовым удобрением «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т способствовала появлению всходов на 2 дня раньше контроля и существенному повышению полевой всхожести до 75,6 %, превышающему контроль на 17 %, формированию максимальной густоты стояния стеблей ярового рапса до 110-116 шт./м^2 в период бутонизации-цветения культуры.

2. Доказан ростостимулирующий эффект применения гуминовых удобрений «Солют 1» на опытном варианте для опрыскивания вегетирующих растений рапса в период их интенсивного роста и развития (розетка листьев - ветвление). После первой обработки посевов к периоду бутонизации-цветения установлено достоверное увеличение длины растений ярового рапса до 82-97 см, что выше контроля на 12-18%. Вегетативная масса растений также имела существенное увеличение по сравнению с контролем. При опрыскивании растений гуминовым удобрением «Солют 1» в дозе 2 л/га (вариант 3) биомасса 1 растения была 63,2 г, это выше контроля на 72 и 83 % соответственно.

3. Установлено улучшение большинства элементов структуры урожая на 3 варианте опыта с применением гуминовых удобрений. Обработка семян перед посевом гуминовым удобрением «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т и двукратная обработка вегетирующих растений гуминовыми удобрениями «Солют 1», 2л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение) формирует максимальное количество сохранившихся к уборке растений (111 шт./м^2), способствует увеличению ветвистости (до 3,2 шт/растение) и количества стручков (до 73 шт/растение). При этом высота растений снижается на 8,3 % по отношению к контролю, но формируется максимальная масса 1000 семян – 4,18 гр, что выше контроля на 10,3%.

4. Максимальная урожайность семян ярового рапса 1,45 т/га, что выше контроля на 28,3 %, получена на опытном варианте с применением обработки

семян перед посевом гуминовым удобрением «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т и двукратной обработки вегетирующих растений гуминовыми удобрениями «Солют 1», 2л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение).

5. Доказано, что к концу вегетации на варианте 3 происходит достоверное снижение плотности почвы на 0,07 г/см^3, по сравнению с контролем, и почва становится рыхлой (0,92 г/см^3).

6. На контрольном варианте содержание АЦФ постепенно снижалось от 69,2 до 51,8 %, то есть в течение вегетации структурное состояние почвы менялось от хорошего к удовлетворительному, коэффициент структурности (Кс) к концу вегетации был хорошим, но имел минимальное значение и составил 1,07. На опытном варианте содержание АЦФ было стабильным и оценивалось как хорошее 72,8-78,8 %, Кс составил 3,72, что характеризует агрегатное состояние агрочернозема как отличное.

7. Обработка семян и применение различных гуминовых удобрений для опрыскивания растений не способствовало подщелачиванию почвенного раствора. На вариантах, где применяли весь комплекс гуминовых удобрений, реакция среды оставалась нейтральной, рНводн на всех вариантах опыта была в пределах 7,2 - 7,3 ед. К наступлению фазы созревания ярового рапса во второй декаде августа на вариантах опыта установлено достоверное снижение реакции почвенного раствора на 0,19-0,20 ед. pH, по отношению к контролю.

8. Обработка семян и опрыскивание вегетирующих посевов гуминовыми удобрениями «Солют» не способствовала подщелачиванию почвенного раствора. В июльский засушливый период на контроле отмечено смещение pH водной вытяжки в сторону слабощелочной реакции (7,9 ед.), при этом на варианте с применением гуминовых удобрений реакция почвенного раствора оставалась в пределах нейтральной (pH водн 6,3).

9. На контрольном варианте к фазе созревания семян содержание подвижного фосфора в почве закономерно снижалось от повышенного (200,4-228,5 мг/кг) до среднего уровня (190-199 мг/кг). На опытном варианте

(«Солют.Семена», 0,2 л/т (обработка семян) + «Солют 1», 2 л/га (розетка листьев) + «Солют 1», 2 л/га + «Солют 2», 1 л/га + «Солют 3», 1 л/га (бутонизация-цветение)) к концу вегетации произошло существенное увеличение содержание подвижного фосфора на 66,4 мг/кг по отношению к контролю.

10. Содержание обменного калия в почве опыта уменьшалось по мере роста и развития культуры, но оставалось в пределах очень высокого и высокого уровня обеспеченности (более 150 мг/кг). Применение гуминовых удобрений для обработки семян и опрыскивания вегетирующих растений привело к снижению содержания обменного калия в агрочерноземе в период созревания маслосемян в 1,3-1,4 раза по сравнению с контролем, что обусловлено его более активным выносом.

11. Общее содержание углерода гумуса (С гумуса) в агрочерноземе варьировало в пределах 3049 – 4732 мг/100, существенных его изменений по вариантам опыта при возделывании рапса не обнаружено. Однако на содержание подвижных компонентов гумуса, гуминовые удобрения оказали существенное влияние. В фазу созревания семян на опытном варианте: «Солют.Семена» в дозе 0,2 л/т для обработки семян и двукратное опрыскивание растений в течение вегетации гуминовыми удобрениями «Солют 1» 2 л/га (розетка листьев) + «Солют 1» 2 л/га+ «Солют 2» 1 лга + «Солют 3» 1 л/га (бутонизация-цветение) произошло достоверное увеличение содержания C_{H2O} на 3,3, содержания C_{NaOH} – на 140,6 мг/100 и в его составе Сгк увеличилось на 92,4 и Сфк на 48,7 мг/100 г по отношению к контролю, также произошло расширение отношения Сгк/Сфк до 0,84, на контроле оно составляло 0,96.