

На правах рукописи

МЕЖЕВОВА АЛИНА СЕРГЕЕВНА

**СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИИ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ САФЛОРА
КРАСИЛЬНОГО ПРИ ИСПОЛЬЗОВАНИИ ИЛОВОГО ОСАДКА НА
СВЕТЛО-КАШТАНОВЫХ ПОЧВАХ ВОЛГОГРАДСКОЙ ОБЛАСТИ**

06.01.01 – общее земледелие, растениеводство

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
кандидата сельскохозяйственных наук

Москва – 2020

Диссертационная работа выполнена в федеральном государственном бюджетном образовательном учреждении высшего образования «Волгоградский государственный аграрный университет» на кафедре земледелия и агрохимии

Научный руководитель: **Плескачев Юрий Николаевич**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, руководитель научного направления Центра по земледелию, Федеральный исследовательский центр "Немчиновка"

Официальные оппоненты: **Гущина Вера Александровна**, доктор сельскохозяйственных наук, профессор, заведующая кафедрой «Растениеводство и лесное хозяйство», ФГБОУ ВО «Пензенский государственный аграрный университет»
Прахова Татьяна Яковлевна, доктор сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией селекции и агротехники рыжика, ФГБНУ «Пензенский научно-исследовательский институт сельского хозяйства»

Ведущая организация: Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Донской государственный аграрный университет»

Защита состоится «29» сентября 2020 года в 13 часов 30 минут на заседании диссертационного совета Д 006.049.01 при Федеральном исследовательском центре «Немчиновка» по адресу: 143026, Московская область, Одинцовский район, рп Новоивановское, ул. Калинина, дом 1.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Федерального исследовательского центра «Немчиновка», на сайте института www.ficnemchinovka.ru и на сайте ВАК при Минобрнауки РФ <http://vak3.ed.gov.ru>

Отзывы в двух экземплярах, заверенные печатью, направлять по адресу: 143026, Московская область, Одинцовский район, рп Новоивановское, ул. Калинина 1. Тел. 8-495-591-87-54; E-mail: sovetdis@list.ru

Автореферат разослан «_____» _____ 2020 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета

Гармаш Нина Юрьевна

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. В связи с происходящими изменениями климата, с ограничениями на ввоз сельскохозяйственной продукции, а также в условиях засушливого климата Нижнего Поволжья, требуется расширение ассортимента масличных культур. В последнее время всё большее распространение получил сафлор красильный. Сафлор имеет очень широкое применение, его используют как красящую, масличную, техническую, лекарственную, кормовую, медоносную и декоративную культуру.

Одной из главных причин низких урожаев сафлора красильного является слабая изученность зональных аспектов агротехнологии и применение шаблонных технологических операций. Наряду с этим, многие сельскохозяйственные предприятия в рыночных условиях, в связи со значительным сокращением использования минеральных удобрений, как факторов интенсификации земледелия, не в состоянии поддерживать плодородие почвы на должном уровне, что также приводит к существенному снижению урожайности и ухудшению экологической обстановки на полях. Решение данной проблемы требует разработки новой ресурсосберегающей технологии с учетом морфологических и биологических особенностей сафлора красильного, оптимальной основной обработки почвы и равноценной замене традиционных средств химизации, обеспечивающих интенсификацию и высокую рентабельность производства.

В связи с этим, проведена сравнительная оценка различных способов основной обработки почвы на фоне применения илового осадка в условиях подзоны светло-каштановых почв Волгоградской области.

Степень разработанности темы. Технологиям возделывания сафлора красильного в Российской Федерации посвящено небольшое количество исследований и публикаций. Среди них, мы отмечаем работы В.М. Иванова (2010), В.В. Толмачёва (2010), С.К. Темирбековой (2016), В.Б. Нарушева (2012, 2014), В. Г. Картамышева (1997), М.С. Норова (2001, 2005, 2006), Н.И. Мажаева (2014), Е.А. Прозорова (2012), А.В. Попова (2016, 2017).

В исследованиях изучались различные технологические приёмы возделывания сафлора красильного. Материалы по использованию илового осадка при выращивании сафлора красильного в зоне Нижнего Поволжья представлены впервые.

Цель исследований заключалась в изучении различных способов основной обработки почвы и возможности применения илового осадка, направленное на сохранение почвенного плодородия и повышение урожайности сафлора красильного.

Для достижения цели исследований поставлены следующие **задачи**:

- изучить водный режим почвы в зависимости от способов обработки почвы и применения иловых осадков;
- определить плотность почвы в зависимости от способов основной обработки почвы и применения илового осадка;
- исследовать микробиологическую активность почвы при различных способах основной обработки почвы и дозах внесения илового осадка;
- обосновать влияние технологических приемов на урожайность сафлора красильного;
- проанализировать влияние различных способов основной обработки почвы на засорённость посевов сафлора красильного;
- провести экономическую оценку эффективности возделывания сафлора красильного в зависимости от изучаемых факторов.

Научная новизна. Впервые в зоне Нижнего Поволжья проведены исследования по использованию илового осадка сточных вод в качестве удобрения при возделывании сафлора красильного, проведена сравнительная оценка способов основной обработки почвы и апробирован ресурсосберегающий рабочий орган Ранчо. Установлено, что применение глубокой чизельной обработки рабочим органом Ранчо на глубину 0,37-0,40 м и внесение илового осадка в дозе 10 т/га обеспечило увеличение запасов продуктивной влаги (от 17 до 37 % по фазам роста и развития сафлора) и снижение плотности почвы (до 1,07 т/м³ при посеве). Доказано, что предлагаемая нами технология возделывания сафлора красильного с использованием органического удобрения на основе осадков сточных вод в дозе 10 т/га и применение в качестве основной обработки почвы чизельного рабочего органа Ранчо приводило к увеличению урожайности в среднем за годы исследований до 1,51 т/га.

Достоверность полученных результатов доказана анализом теоретических достижений российских и зарубежных ученых; большим количеством наблюдений и учетов в полевых опытах, статистической обработкой результатов исследований и положительными результатами при внедрении на производстве.

Основные положения, выносимые на защиту:

1. В засушливых условиях Нижнего Поволжья обеспечение оптимальных запасов продуктивной влаги (88,5 мм и 4,4 мм в фазы посев-полная спелость)

достигается за счет применения чизельной обработки почвы рабочим органом Ранчо на глубину 0,37-0,40 м с оборотом верхнего слоя почвы на 0,12-0,15 м и внесения илового осадка в дозе 10 т/га.

2. Наибольшее накопление аминокислот – 372 мкг амин. /г плотна (в активную фазу роста сафлора) отмечается при повышении дозы внесения илового осадка сточных вод до 10 т/га и применении в качестве обработки почвы глубокого чизелевания.

3. За счет предлагаемой нами технологии формируется наиболее высокая урожайность сафлора красильного, которая составила в среднем за годы исследований – 1,51 т/га.

Практическая значимость состоит в конкретных рекомендациях по совершенствованию технологии возделывания сафлора красильного. Определена оптимальная доза внесения илового осадка сточных вод, при которой увеличение урожайности составило от 11 до 15 % в зависимости от способа основной обработки почвы. Доказано, что внесение илового осадка в качестве удобрения в дозе 10 т/га в сочетании с чизельной обработкой почвы рабочим органом Ранчо (глубина 0,37-0,40 м с оборотом верхнего слоя почвы на 0,12-0,15 м) позволило повысить урожайность сафлора красильного до 1,51 т/га и увеличить рентабельность до 41,13 %.

Реализация результатов исследований. Результаты исследований прошли производственную проверку в КФХ Думброва С.И. Светлоярского района на площади 200 га с годовым экономическим эффектом в 240 тыс. рублей.

Отдельные исследования настоящей диссертационной работы проведены в рамках выполнения гранта Президента РФ *МД-311.2020.11* в качестве исполнителя.

Апробация работы. Материалы диссертации докладывались и получили одобрение на: Всероссийском конкурсе Министерства сельского хозяйства РФ по направлению «Сельскохозяйственные науки», (Волгоград, 5 апреля 2017 года, п. Персиановка, 18 апреля 2017 года); Национальной научно-практической конференции «Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике», (Волгоград, 10 ноября 2017 года); Международной научно-практической конференции «Научно-практические пути повышения экологической устойчивости и социально-экономическое обеспечение сельскохозяйственного производства»; Международной научно-практической конференции «Мировые научно-технологические тенденции социально-экономического развития АПК и сельских территорий», (Волгоград, 31 января-02 февраля 2018 года).

По материалам исследований опубликовано 17 научных работ, в том числе 2 статьи в базе данных Scopus, 4 патента на изобретение, 8 статей в рецензируемых изданиях, рекомендованных ВАК РФ.

Структура и объем работы. Диссертационная работа изложена на 178 страницах машинописного текста и состоит из введения, четырёх глав, заключения, предложений производству, списка использованной литературы, насчитывающего 172 источника, в том числе 16 – зарубежных авторов, 42 приложения. Работа иллюстрирована 17 таблицами и 9 рисунками.

Личный вклад автора состоит в разработке программы исследований, постановке и проведении полевых опытов, анализе полученных результатов, их статистической и экономической оценке, формулировании заключения и рекомендаций производству.

СОДЕРЖАНИЕ РАБОТЫ

Во введении обоснована актуальность темы, представлена степень разработанности, поставлены цели и задачи работы, отражены основные положения, выносимые на защиту, охарактеризованы новизна, практическая значимость исследований.

В первой главе на основе изучения литературных источников рассматривается народнохозяйственное значение, приводится обзор литературы по использованию иловых осадков сточных вод при возделывании сельскохозяйственных культур.

Во второй главе рассматриваются условия, программа, методика, агротехника в опытах, погодные условия в годы проведения исследований, даётся характеристика почвенно-климатическим условиям Нижнего Поволжья.

Полевые исследования проводились в период с 2016 по 2018 годы на опытном поле Волгоградского ГАУ в УНПЦ «Горная Поляна» в подзоне солонцеватых светло-каштановых почв. По гранулометрическому составу почвы тяжелосуглинистые. На опытном участке, где проходили исследования содержание гумуса составляет 1,7-1,8 % с постепенным уменьшением вниз по профилю. По наличию основных элементов питания в почве опытный участок характеризовался следующими показателями: содержание азота по Корнфилду – 48-54 мг/кг почвы, фосфора по Мачигину – 47-53 мг/кг почвы, калия по Мачигину – 460-490 мг/кг почвы.

За вегетацию (с апреля по август включительно) в 2016 г. выпало 331,6 мм осадков (ГТК=1,22), что превысило средние климатические нормы для подзоны

светло-каштановых почв Нижнего Поволжья. В 2017 г. выпало 243,0 мм осадков (ГТК=0,94). Напряженные метеорологические условия были в исследованиях в 2018 г. Сумма осадков в этот год составила – 142,1 мм (ГТК=0,48).

Полевой опыт был заложен по следующей схеме:

Фактор А (основная обработка почвы):

Вариант А1 – отвальная обработка плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м (контроль);

Вариант А2 – обработка тяжелыми дисковыми боронами БДТ-3 на глубину 0,12-0,14 м;

Вариант А3 – обработка чизельным орудием ОЧО-5-40 с модульным рабочим органом Ранчо на глубину 0,37-0,40 м с оборотом верхнего слоя почвы на глубину 0,12-0,15 м.

Фактор В (внесение илового осадка):

Вариант В1 – без внесения илового осадка (контроль);

Вариант В2 – внесение илового осадка (доза 5 т/га);

Вариант В3 – внесение илового осадка (доза 10 т/га).

В опытах использовали сорт сафлора Александрит. Варианты опыта закладывали в 4-кратной повторности. Схема опыта построена по методу расщепленных делянок. Площадь делянок первого порядка – 240 м². Длина 20 м, ширина 12 м. Площадь делянок второго порядка – 80 м². Длина 20 м, ширина 4 м.

Закладка опыта, проведение наблюдений и учетов выполнялись в соответствии с методикой полевых опытов Б.А. Доспехова (1985). При проведении конкретных наблюдений использовались соответствующие методики.

В третьей главе приводятся результаты исследований.

В качестве органического удобрения при возделывании сафлора красивого предлагается использовать иловый осадок сточных вод, который был получен с очистного сооружения г. Волжский. Переработанный иловый осадок образуется в результате биологической очистки сточных вод ферментно-кавитационным методом, который разработан и внедрен компанией ЗАО «Экатор» (Волгоград). Согласно техническим требованиям ГОСТа 54651-2011 массовая доля влаги должна составлять не более 70%, так как при такой влажности (70 и более %) осадок сточных вод – это по существу жидкость и такой осадок не пригоден для использования его в качестве удобрения. После ферментно-кавитационной обработки осадок сточных вод достигает оптимальной влажности (11%), становится сыпучим и может использоваться в качестве органического удобрения. Высокое содержание органики в осадке (60-80 %) – это некондиционный (непереработанный) осадок, характеризующийся наличием

патогенной микрофлоры и тяжелых металлов. Переработанный по предложенному методу осадок сточных вод содержит до 32,0 % органики, что соответствует требованиям вышеуказанного ГОСТа.

В иловом осадке также фиксируется наличие общих форм азота (3,3 %), фосфора (4,27 %) и калия (0,31 %).

Таблица 1 – Физико-химические показатели илового осадка

| Контролируемые показатели | Ед. изм. | НД на испытания | Значения по НТД | Результаты испытаний |
|--|----------|-----------------|-----------------|----------------------|
| Массовая доля влаги | % | ГОСТ 54651-2011 | Не более 70 | 11,00 |
| Массовая доля питательных веществ на абсолютно сухое вещество: | | | | |
| Общий азот | % | ГОСТ 26715-85 | >0,5 | 3,3 |
| Аммиачный азот | % | ГОСТ Р26716-85 | Не норм. | 0,19 |
| Реакция среды рН солевой | % | ГОСТ 27979-88 | 5,0-8,5 | 6,6 |
| Общий фосфор | % | ГОСТ 26717-85 | >1,5 | 4,27 |
| Общий калий | % | ГОСТ 26718-85 | Не норм. | 0,31 |
| Массовая доля органического вещества в пересчете на С | % | ГОСТ 54651-2011 | Не менее 30 | 32,0 |

Проведенные исследования илового осадка сточных вод на наличие тяжелых металлов (свинец, ртуть, кадмий, цинк, медь, марганец, кобальт, никель) и мышьяка позволяют сделать вывод, что их количество не превышает ПДК, а значит, соответствует гигиеническим требованиям к использованию сточных вод и их осадков для орошения и удобрения (СанПиН 2.1.7.573-96). Таким образом, осадок сточных вод может использоваться в качестве удобрения при возделывании сафлора красильного.

Согласно ГОСТу Р 54651-2011, иловые осадки сточных вод подразделяются на 2 группы. Проведенные исследования показывают, что полученный иловый осадок относится к I группе и по токсикологическим и агрохимическим показателям соответствует нормам ГОСТа и может использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур.

Существенных изменений в фенологии и продолжительности вегетационного периода у сафлора красильного сорта Александрит в зависимости от изучаемых факторов (способов основной обработки почвы и доз внесения илового осадка сточных вод) за три года исследований отмечено не было.

По результатам наблюдений за водным режимом почвы (таблица 2) установлено, что наименьшее количество влаги перед посевом сафлора красильного отмечено на варианте мелкой обработки БДТ-3 без внесения илового

осадка и составило при посеве в слое 0-0,4 м – 62 мм с тенденцией понижения по фазам роста и развития сафлора до 2,6 мм.

Максимальное накопление влаги наблюдалось на варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо с внесением илового осадка в дозе 10 т/га и составило в слое 0-0,4 м при посеве – 88,5 мм, в фазу полной спелости – 4,4 мм, что выше в сравнении с вариантом отвальной обработки плугом ПН-4-35 на 10,9 мм и 0,6 мм соответственно вариантам.

Таблица 2 – Динамика запасов продуктивной влаги в слое 0-0,4 м (среднее за 2016-2018 гг.), мм

| Слой, м | Варианты | В1 | | В2 | | В3 | |
|---------|----------|-------|-----------------|-------|-----------------|-------|-----------------|
| | | Посев | Полная спелость | Посев | Полная спелость | Посев | Полная спелость |
| 0-0,4 | A1 | 67,0 | 2,8 | 72,0 | 3,6 | 77,6 | 3,8 |
| | A2 | 62,0 | 2,6 | 67,7 | 3,0 | 72,6 | 3,4 |
| | A3 | 76,6 | 3,2 | 82,1 | 4,0 | 88,5 | 4,4 |

Примечание:

A1 – отвальная обработка плугом ПН-4-35 (контроль);

A2 – дисковая обработка БДТ-3;

A3 – чизельная обработка рабочим органом Ранчо.

В1 – без внесения илового осадка (контроль);

В2 – внесение илового осадка (доза 5 т/га);

В3 – внесение илового осадка (доза 10 т/га).

В среднем прибавка продуктивной влаги при посеве в слое 0-0,4 м за период исследований на варианте чизельной обработки составила: от 7 % до 9 % - при дозе внесения илового осадка 5 т/га; от 15 % до 17% - при дозе внесения илового осадка 10 т/га по всем вариантам обработки почвы.

К фазе полной спелости увеличение запасов продуктивной влаги в слое 0-0,4 м находилось в пределах из расчета внесенного илового осадка 5 т/га: от 15 % - на варианте мелкой дисковой обработки до 25 % - на варианте чизельной обработки; из расчета внесенного осадка 10 т/га: от 30 % - на мелкой дисковой до 37 % - на чизельной обработке.

Таким образом, запасы продуктивной влаги зависели как от способов основной обработки почвы, так и от внесения иловых осадков сточных бытовых вод.

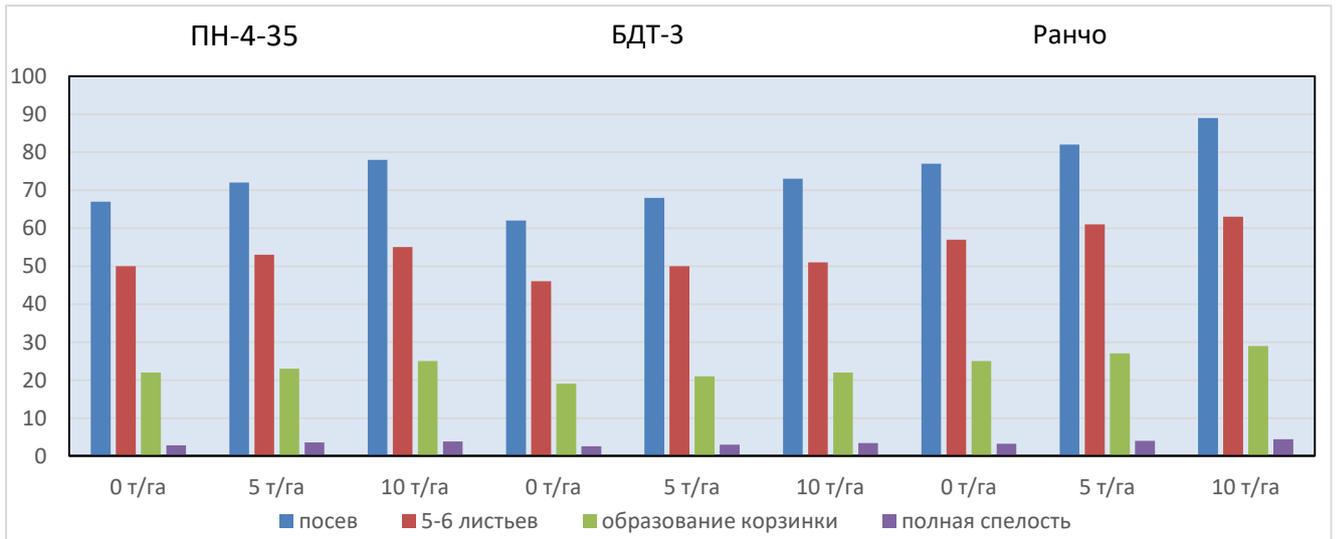


Рисунок 1 – Динамика запасов продуктивной влаги в слое 0-0,4 м по фазам развития сафлора красильного (среднее за 2016-2018 гг.), мм

Анализ данных по плотности почвы позволяет сделать вывод, что в среднем за 2016-2018 годы наименьшее значение плотности почвы $1,07 \text{ т/м}^3$ в пахотном слое почвы перед посевом формировалось на варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо на фоне внесения илового осадка из расчёта 10 т/га. Наибольшая плотность отмечена на варианте мелкой обработки БДТ-3 без внесения осадка сточных вод и составила $1,18 \text{ т/м}^3$. В сравнении с вариантом обработки плугом ПН-4-35 плотность почвы на предлагаемом варианте чизельной обработки уменьшилась на $0,09 \text{ т/м}^3$.

При внесении илового осадка плотность почвы в пахотном слое перед посевом сафлора красильного уменьшилась в среднем на $0,03 - 0,06 \text{ т/м}^3$ по всем вариантам опыта.

В течение всего вегетационного периода сафлора красильного наблюдалось уплотнение пахотного горизонта.

Проанализировав экспериментальные данные установлено, что применение мелкой дисковой обработки БДТ-3 приводит к ухудшению агрофизических свойств почвы. Чизельная обработка почвы в комплексе с иловым осадком сточных вод способствуют накоплению в почве продуктивной влаги и при этом достигается оптимальная плотность почвы.

Таким образом, при чизельной обработке рабочим органом Ранчо с внесением илового осадка в дозе 10 т/га происходит тенденция снижения плотности, в связи с чем, улучшаются агрохимические и водно-физические свойства почвы.

Таблица 3 – Плотность почвы в слое 0-0,4 м (среднее за 2016-2018 гг.), т/м³

| Варианты | | Посев | Всходы | 5-6 листьев | Ветвление | Образование корзинки | Цветение | Налив семян | Полная спелость |
|----------|----|-------|--------|-------------|-----------|----------------------|----------|-------------|-----------------|
| В1 | A1 | 1,16 | 1,16 | 1,16 | 1,17 | 1,19 | 1,20 | 1,22 | 1,24 |
| | A2 | 1,18 | 1,18 | 1,19 | 1,22 | 1,24 | 1,26 | 1,29 | 1,32 |
| | A3 | 1,13 | 1,13 | 1,14 | 1,15 | 1,15 | 1,16 | 1,17 | 1,18 |
| В2 | A1 | 1,13 | 1,13 | 1,14 | 1,15 | 1,16 | 1,18 | 1,19 | 1,21 |
| | A2 | 1,15 | 1,15 | 1,17 | 1,19 | 1,21 | 1,24 | 1,26 | 1,29 |
| | A3 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,11 | 1,12 | 1,12 | 1,15 | 1,17 |
| В3 | A1 | 1,10 | 1,10 | 1,10 | 1,12 | 1,13 | 1,15 | 1,16 | 1,18 |
| | A2 | 1,12 | 1,12 | 1,13 | 1,16 | 1,18 | 1,20 | 1,23 | 1,26 |
| | A3 | 1,07 | 1,07 | 1,08 | 1,09 | 1,10 | 1,10 | 1,11 | 1,12 |

Проведенные исследования по изучению биологической активности почвы показывают, что в среднем за 2016-2018 годы наибольшее суммарное накопление аминокислот наблюдалось в слое 0-0,3 м в фазу 5-6 листьев на варианте чизельной обработки при внесении илового осадка в дозе 10 т/га и составило 372 мкг амин. / г полотна. В сравнении без внесения иловых осадков суммарное накопление аминокислот было меньше: на вариантах отвальной обработки плугом ПН-4-35 на 34 мкг амин. / г полотна, мелкой обработки БДТ-3 на 39 мкг амин. / г полотна.

Внесение илового осадка сточных вод позволило увеличить суммарное накопление аминокислот в слое 0-0,3 м по всем вариантам опыта. Суммарное увеличение аминокислот в фазу 5-6 листьев по способам обработки почвы составило: от 3 % до 8 % на отвальной обработке плугом ПН-4-35 – при дозах внесения осадка 5 т/га и 10 т/га; от 3 % до 7 % – на дисковой обработке БДТ-3 и чизельной обработке соответственно дозам внесения илового осадка.

В фазу полной спелости степень разрушения льняного полотна существенно снижалась. Наибольшее накопление аминокислот наблюдалось на варианте глубокого рыхления рабочим органом Ранчо при внесении илового осадка в дозе 10 т/га и составило 230 мкг амин. / г полотна. В сравнении с контролем (без внесения илового осадка) увеличение составило 21 %.

Таблица 4 – Биологическая активность почвы в посевах сафлора красильного в слое 0-0,3 м (среднее за 2016-2018 гг.), мкг амин. /г полотна

| Вариант А1 | | | | Вариант А2 | | | | Вариант А3 | | | |
|-------------|----------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------------|-------------|-----------------|-------------|----------------------|-------------|-----------------|
| 5-6 листьев | Образование корзинок | Налив семян | Полная спелость | 5-6 листьев | Образование корзинок | Налив семян | Полная спелость | 5-6 листьев | Образование корзинок | Налив семян | Полная спелость |
| Вариант В1 | | | | | | | | | | | |
| 338 | 297 | 256 | 190 | 333 | 289 | 251 | 185 | 348 | 306 | 265 | 200 |
| Вариант В2 | | | | | | | | | | | |
| 348 | 316 | 271 | 205 | 344 | 311 | 267 | 199 | 357 | 318 | 280 | 212 |
| Вариант В3 | | | | | | | | | | | |
| 364 | 328 | 283 | 220 | 356 | 321 | 275 | 211 | 372 | 335 | 292 | 230 |

За годы исследований среднее количество сорняков на варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо составило 9 шт/м². На варианте обработки плугом ПН-4-35 – 10 шт/м².

На варианте обработки дисковыми боронами БДТ-3 среднее количество сорных растений перед уборкой сафлора красильного было на 50-66 % больше в сравнении с отвальной обработкой плугом ПН-4-35 и чизельной обработкой рабочим органом Ранчо. В связи с этим, отмечалось снижение урожайности сафлора красильного на данном варианте.

Таблица 5 – Число сорняков и их сухая масса перед уборкой сафлора красильного

| Варианты | | 2016 г. | | 2017 г. | | 2018 г. | | Среднее | |
|----------|----|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|-------------------|------------------|
| | | шт/м ² | г/м ² |
| В1 | А1 | 10 | 34,2 | 9 | 32,5 | 7 | 29,7 | 9 | 32,1 |
| | А2 | 18 | 48,4 | 14 | 46,2 | 9 | 31,4 | 12 | 42,0 |
| | А3 | 6 | 26,1 | 7 | 23,4 | 6 | 20,4 | 6 | 23,3 |
| В2 | А1 | 13 | 37,2 | 10 | 33,0 | 8 | 30,7 | 10 | 33,6 |
| | А2 | 20 | 52,9 | 16 | 47,9 | 11 | 32,1 | 16 | 44,3 |
| | А3 | 9 | 30,7 | 9 | 31,2 | 8 | 27,3 | 9 | 29,7 |
| В3 | А1 | 13 | 36,8 | 11 | 33,8 | 8 | 26,9 | 11 | 31,8 |
| | А2 | 21 | 54,7 | 18 | 49,1 | 12 | 35,7 | 17 | 46,5 |
| | А3 | 12 | 33,9 | 11 | 32,0 | 9 | 31,0 | 11 | 32,3 |

Среднее количество растений сафлора красильного перед уборкой за три года варьировалось от 185,0 до 196,0 тыс. шт. на 1 га. Наименьшее количество растений наблюдалось на варианте без внесения илового осадка в качестве удобрения и дисковой обработки почвы БДТ-3. Наибольшее количество растений

сафлора отмечено на варианте с дозой внесения 10 т/га и применении чизельной обработки почвы рабочим органом Ранчо.

Т.к. элементы структуры урожайности были наименьшими на варианте мелкой обработки БДТ-3 без внесения осадка сточных вод, то и наименьшая биологическая урожайность 1,27 т/га сафлора красильного формировалась на данном варианте.

При внесении илового осадка в дозах 5 т/га и 10 т/га биологическая урожайность увеличивалась по всем вариантам основной обработки почвы. Увеличение составило: от 9 % до 14 % – на отвальной обработке ПН-4-35 с дозой внесения осадка 5 т/га и 10 т/га; от 15,5 % до 23 % – на варианте глубокой обработки рабочим органом Ранчо соответственно вариантам.

Таким образом, рассмотрев структуру урожайности сафлора красильного за годы исследований, отмечено, что вариант чизельной обработки при внесении илового осадка в дозе 10 т/га оказался предпочтительным. Это подтверждает и наибольшая биологическая урожайность, которая на данном варианте составила 1,66 т/га.

Полученные данные позволили установить зависимость по элементам структуры урожайности от способов основной обработки почвы и доз внесения илового осадка сточных вод.

Таблица 6 - Структура урожайности сафлора красильного (среднее за 2016-2018 гг.)

| Варианты | | Количество растений, тыс. шт. на 1 га | Количество корзинок на одном растении, шт. | Масса 1000 семян, г | Количество семян с одного растения, шт. | Количество семян в одной корзинке, шт. | Биологическая урожайность, т/га |
|----------|----|---------------------------------------|--|---------------------|---|--|---------------------------------|
| В1 | A1 | 185,5 | 6,8 | 38,2 | 184,8 | 27,2 | 1,35 |
| | A2 | 185,0 | 5,9 | 37,9 | 158,0 | 26,9 | 1,27 |
| | A3 | 191,7 | 7,1 | 38,5 | 195,7 | 27,6 | 1,44 |
| В2 | A1 | 190,1 | 7,5 | 39,3 | 209,1 | 27,9 | 1,47 |
| | A2 | 187,0 | 7,0 | 39,1 | 192,3 | 27,5 | 1,35 |
| | A3 | 193,2 | 7,7 | 40,5 | 217,8 | 28,2 | 1,56 |
| В3 | A1 | 190,9 | 8,4 | 41,1 | 236,0 | 28,1 | 1,54 |
| | A2 | 189,9 | 8,3 | 40,8 | 230,0 | 27,7 | 1,42 |
| | A3 | 196,0 | 8,7 | 42,5 | 248,4 | 28,6 | 1,66 |

Наименьшая урожайность сафлора красильного 1,16 т/га отмечена на варианте мелкой обработки БДТ-3 без внесения илового осадка. На варианте отвальной вспашки плугом ПН-4-35 хозяйственная урожайность сафлора

красильного была на 6 % выше, чем на варианте мелкой дисковой обработки. На варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо урожайность сафлора красильного была на 6,5 % выше, чем на варианте отвальной и на 13 % больше, чем на варианте обработки дисковыми боронами БДТ-3.

При внесении илового осадка в дозах 5 т/га и 10 т/га изменения урожайности сафлора красильного по вариантам основной обработки почвы сохранялись, но были выше в сравнении с фоном без внесения илового осадка на: 6-9 % - при дозе осадка сточных вод 5 т/га; 11-15 % - при дозе осадка сточных вод 10 т/га и на 4-6 % больше в сравнении с дозой илового осадка 5 т/га.

Самый высокий показатель урожайности сафлора красильного 1,51 т/га в среднем за 2016-2018 годы сформировался на варианте глубокой чизельной обработки рабочим органом Ранчо при внесении илового осадка в дозе 10 т/га, что на 30% больше в сравнении с вариантом БДТ-3 без внесения осадка.

Таблица 7 – Урожайность сафлора красильного, т/га

| Годы исследований | Фактор В | Урожайность, т/га | | |
|----------------------|----------|-------------------|------|------|
| | | Фактор А | | |
| | | А1 | А2 | А3 |
| 2016 | В1 | 1,27 | 1,21 | 1,37 |
| | В2 | 1,37 | 1,30 | 1,47 |
| | В3 | 1,44 | 1,36 | 1,56 |
| НСР ₀₅ А | | 0,0094 | | |
| НСР ₀₅ В | | 0,0094 | | |
| НСР ₀₅ АВ | | 0,0109 | | |
| 2017 | В1 | 1,23 | 1,16 | 1,29 |
| | В2 | 1,35 | 1,22 | 1,41 |
| | В3 | 1,41 | 1,29 | 1,50 |
| НСР ₀₅ А | | 0,0083 | | |
| НСР ₀₅ В | | 0,0083 | | |
| НСР ₀₅ АВ | | 0,0095 | | |
| 2018 | В1 | 1,18 | 1,10 | 1,26 |
| | В2 | 1,29 | 1,17 | 1,37 |
| | В3 | 1,34 | 1,23 | 1,46 |
| НСР ₀₅ А | | 0,0090 | | |
| НСР ₀₅ В | | 0,0090 | | |
| НСР ₀₅ АВ | | 0,0104 | | |
| среднее | В1 | 1,23 | 1,16 | 1,31 |
| | В2 | 1,34 | 1,23 | 1,42 |
| | В3 | 1,40 | 1,29 | 1,51 |
| НСР ₀₅ А | | 0,0089 | | |
| НСР ₀₅ В | | 0,0089 | | |
| НСР ₀₅ АВ | | 0,0103 | | |

Из таблицы 7 видно, что наиболее высокая урожайность зафиксирована в 2016 году. В последующие годы уровень урожайности снижался, что напрямую

связано с погодными условиями. Так, в 2017 году урожайность снизилась на 3-6 %, а в 2018 году – на 7-10 % в сравнении с 2016 годом.

В четвертой главе представлены показатели эффективности приемов возделывания сафлора – биоэнергетическая и экономическая оценки.

Расчет энергетического коэффициента возделывания сафлора красильного показал, что наименьшее количество биоэнергии 21499 МДж/га зафиксировано на варианте отвальной обработки плугом ПН-4-35, наибольшее количество биоэнергии 27986 МДж/га – на варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо с внесением илового осадка в дозе 10 т/га. Увеличение составило: 13 % – без внесения осадка сточных вод; 15 % – при дозе внесения осадка из расчета 5 т/га; 17 % – при дозе внесения осадка из расчета 10 т/га.

Коэффициент энергетической эффективности (КЭЭ) больше единицы, показывает, что удобрения используются эффективно.

Наибольший КЭЭ фиксировался на варианте чизельной обработки на глубину 0,37-0,40 м с внесением илового осадка в дозе 10 т/га и составил 2,60 единицы.

Таблица 8 – Энергетическая эффективность возделывания сафлора красильного (среднее за 2016-2018 гг.)

| Варианты | | Урожайность, т/га | Содержание энергии в урожае, МДж/га | Затраты энергии на возделывание, МДж/га | КЭЭ |
|----------|----|-------------------|-------------------------------------|---|------|
| В1 | A1 | 1,23 | 21499 | 10703 | 2,01 |
| | A2 | 1,16 | 22796 | 10059 | 2,27 |
| | A3 | 1,31 | 24279 | 10156 | 2,39 |
| В2 | A1 | 1,34 | 22796 | 11066 | 2,06 |
| | A2 | 1,23 | 24835 | 10422 | 2,38 |
| | A3 | 1,42 | 26318 | 10519 | 2,50 |
| В3 | A1 | 1,40 | 23909 | 11296 | 2,12 |
| | A2 | 1,29 | 25947 | 10652 | 2,43 |
| | A3 | 1,51 | 27986 | 10749 | 2,60 |

Максимальный чистый доход формировался на варианте с внесением 10 т/га илового осадка под чизельную обработку и составил 3497 рублей с тонны, что на 70 % превысило чистый доход с варианта отвальной обработки без внесения илового осадка.

Минимальный чистый доход с гектара отмечен на варианте без применения осадков сточных вод на фоне мелкой дисковой обработки почвы и составил 2000 рублей.

Максимальный чистый доход с гектара формировался также на лучшем варианте опыта и составил 5280 рублей.

Минимальная рентабельность 16,78 % была зафиксирована на варианте БДТ-3 без применения илового осадка.

При внесении осадка сточных бытовых вод рентабельность увеличивалась из расчёта илового осадка 5 т/га на: 6,62 % на фоне отвальной обработки; 3,03 % на варианте дисковой обработки; 6,41 % на фоне чизельной обработки; из расчёта илового осадка 10 т/га на: 8,25 % на фоне отвальной обработки, 4,92 % на фоне дисковой обработки и 10,57 % на фоне чизельной обработки.

Максимальная рентабельность была зафиксирована на варианте предлагаемой нами технологии и составила 41,13 %.

Таблица 9 – Экономическая эффективность (среднее за 2016-2018 гг.)

| Показатели | Варианты | | | | | | | | |
|-------------------------|----------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| | В1 | | | В2 | | | В3 | | |
| | A1 | A2 | A3 | A1 | A2 | A3 | A1 | A2 | A3 |
| Урожайность, т/га | 1,23 | 1,16 | 1,31 | 1,34 | 1,23 | 1,42 | 1,40 | 1,29 | 1,51 |
| Затраты, руб. | 12240 | 11920 | 12040 | 12640 | 12320 | 12440 | 13040 | 12720 | 12840 |
| Цена реализации, руб./т | 12000 | 12000 | 12000 | 12000 | 12000 | 12000 | 12000 | 12000 | 12000 |
| Себестоимость, руб./т | 9951 | 10276 | 9191 | 9433 | 10016 | 8761 | 9314 | 9860 | 8503 |
| Чистый доход, руб. на: | | | | | | | | | |
| 1 т | 2049 | 1724 | 2809 | 2567 | 1984 | 3239 | 2686 | 2140 | 3497 |
| 1 га | 2520 | 2000 | 3680 | 3440 | 2440 | 4599 | 3760 | 2761 | 5280 |
| Рентабельность, % | 20,59 | 16,78 | 30,56 | 27,21 | 19,81 | 36,97 | 28,84 | 21,70 | 41,13 |

Заключение

1. Анализ илового осадка сточных вод на содержание тяжелых металлов показал, что их содержание не превышало ПДК. Проведенные исследования свидетельствуют, что полученный иловый осадок относится к I группе и по токсикологическим и агрохимическим показателям соответствует нормам ГОСТа Р 54651-2011 и может использоваться для выращивания сельскохозяйственных культур.

2. При чизельной обработке почвы рабочим органом Ранчо и различных дозах внесения илового осадка запасы продуктивной влаги существенно превысили вариант мелкой дисковой обработки БДТ-3 без внесения илового осадка на: 32 – 54 % - при дозе внесения осадка 5 т/га; 42 – 69 % - при дозе

внесения осадка 10 т/га соответственно фазам роста развития сафлора (посев-полная спелость).

3. Оптимальная плотность достигается при чизельной обработке почвы на фоне внесения илового осадка.

В среднем за 2016-2018 годы наименьшее значение плотности почвы – 1,07 т/м³ перед посевом формировалось на варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо на фоне внесения илового осадка из расчёта 10 т/га, что ниже на 3 – 10 % в сравнении с остальными вариантами опыта.

Перед уборкой в фазу полной спелости плотность почвы на всех вариантах увеличивалась. Наименьшей она была на варианте применения чизельной обработки на фоне внесения илового осадка из расчёта 10 т/га и составила 1,12 т/м³, что существенно ниже в сравнении с другими вариантами на: 5 – 18 %.

4. Микробиологические процессы лучше развивались на варианте чизельной обработки при внесении осадка сточных вод в дозе 10 т/га. На варианте мелкой дисковой обработки без внесения илового осадка микробиологическая активность снижалась.

Внесение илового осадка по всем вариантам обработки почвы позволило увеличить биологическую активность. Максимальное увеличение биологической активности по обработкам почвы в сравнении с вариантом БДТ-3 в фазу 5-6 листьев составило: от 4 до 7 % - при дозе осадка 5 т/га; от 9 до 12 % - при дозе осадка 10 т/га.

5. Анализ данных засоренности посевов сафлора красильного показывает, что количество сорной растительности зависело от способа основной обработки почвы. В среднем за три года исследований наименьшее количество сорных растений наблюдалось на варианте чизельной обработки рабочим органом Ранчо, что напрямую связано с глубиной обработки почвы. На вариантах обработки плугом ПН-4-35 и мелкой обработки БДТ-3 засоренность посевов увеличивалась. На варианте обработки дисковыми боронами БДТ-3 среднее количество сорных растений перед уборкой сафлора красильного было на 50-66 % больше в сравнении с отвальной обработкой плугом ПН-4-35 и чизельной обработкой рабочим органом Ранчо.

6. Элементы структуры урожайности зависели от способов основной обработки и внесения илового осадка сточных бытовых вод. Данные показатели уменьшались на вариантах дисковой обработки без внесения илового осадка. Наибольшее количество растений (196,0 тыс. шт. на 1 га) и наибольшая масса тысячи семян (42,5 г) зафиксированы при обработке почвы чизельным рабочим органом Ранчо на фоне внесения илового осадка из расчета 10 т/га.

7. На показатель урожайности оказали влияние, как погодные условия, так и предложенные схемы возделывания сафлора красильного с использованием илового осадка. Самая высокая урожайность сафлора красильного в среднем за 2016-2018 годы формировалась на варианте предложенной технологии с использованием илового осадка в дозе 10 т/га и глубокого чизелевания и составила – 1,51 т/га. При применении мелкой обработки БДТ-3 без внесения илового осадка урожайность снизилась до 1,16 т/га.

8. Расчет энергетического коэффициента показал, что предложенная нами технология возделывания сафлора красильного позволяет увеличить коэффициент энергетической эффективности до 2,60 единиц.

Минимальный коэффициент энергетической эффективности наблюдался на варианте обработки плугом ПН-4-35 на глубину 0,20-0,22 м без внесения илового осадка и составил 2,01 единицы.

9. Минимальный чистый доход формировался на варианте мелкой дисковой обработки почвы без применения илового осадка и составил 2000 рублей с гектара. Вариант с внесением в дозе 10 т/га илового осадка под чизельную обработку позволил увеличить максимальный чистый доход до 5280 рублей с гектара.

Минимальная рентабельность была зафиксирована на варианте без применения илового осадка на фоне дисковой обработки БДТ-3 и составила 16,78 %. Использование иловых осадков в дозе 10 т/га в комплексе с чизельной обработкой почвы позволило увеличить рентабельность до 41,13 %.

Предложения производству

1. В условиях засушливого климата Нижнего Поволжья с целью повышения влагозапасов в почве, а также улучшения агрофизических показателей рекомендуется применять глубокую чизельную обработку почвы рабочим органом Ранчо на глубину 0,37-0,40 м с оборотом верхнего слоя почвы на глубину 0,12-0,15 м.

2. В качестве органического удобрения при возделывании сафлора красильного рекомендуется вносить иловый осадок сточных вод в дозе 10 т/га, который позволит увеличить урожайность до 30 % в зависимости от способа основной обработки почвы.

СПИСОК РАБОТ, ОПУБЛИКОВАННЫХ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

Статьи, индексируемые в базе данных Scopus:

1. Ovchinnikov, A.S. Energy and agrotechnical indicators in the testing of machine-tractor units with subsoiler [электронный ресурс] / A.S. Ovchinnikov, **A.S. Mezhevova**, S.D. Fomin, Y.N. Pleskachev, I.B. Borisenko, E.S. Vorontsova, V.P. Zvolinsky, N.V. Tyutyuma, A.E. Novikov // APRN Journal of Engineering and Applied Sciences: [online journal]. – 2017. – Vol. 12, No. 24 (December). pp. 7150-7160. URL: http://www.arpnjournals.org/jeas/research_papers/rp_2017/jeas_1217_6597.pdf.

2. Novikov, A.E. Soil moisture dynamics and safflower productivity in the conditions of hydrothermal tension and agrotechnical land reclamation / A.E. Novikov, **A.S. Mezhevova**, A.A. Poddubsky, Yu. N. Pleskachev, O.N. Poddubskaya // International Journal of Advanced Science and Technology. – 2020. – Vol. 29, No. 5. pp. 11543-11555.

В изданиях, рекомендованных ВАК РФ:

3. Пындак, В.И. Хвалыньские глины Прикаспия и их возможности / В.И. Пындак, Е.А. Литвинов, А.Е. Новиков, **А.С. Межевова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. – 2015. № 4 (40). С. 64-68.

4. **Межевова, А.С.** Нетрадиционные природные и техногенные удобрения-мелиоранты и их возможности / **А.С. Межевова** // Вестник аграрной науки Дона. 2016. Т. 4. № 36. С. 78-83.

5. Пындак, В.И. Адсорбционные свойства удобрений на основе осадков сточных вод / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, **А.С. Межевова** // Теоретические и прикладные проблемы агропромышленного комплекса. 2016. № 4 (29). С. 61-64.

6. Пындак, В.И. Капиллярно-сорбционные эффекты в почве после чизелевания и внесения нетрадиционных удобрений-мелиорантов / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, В.Н. Штепа, **А.С. Межевова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 252-257.

7. Пындак, В.И. Действие и последствие нетрадиционных удобрений-мелиорантов при орошении / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, **А.С. Межевова** // Известия Нижневолжского агроуниверситетского комплекса: Наука и высшее профессиональное образование. 2016. № 3 (43). С. 196-202.

8. Пындак, В.И. Наноструктурированный осадок сточных вод - высокоэффективное удобрение-мелиорант / В.И. Пындак, Е.А. Литвинов, **А.С. Межевова** // Агрехимический вестник. 2016. № 4. С. 13-16.

9. Бородычев, В.В. Нетрадиционные удобрения-мелиоранты в сочетании с глубокой обработкой почвы при возделывании сафлора красильного / В.В. Бородычев, **А.С. Межевова** // Проблемы развития АПК региона. 2017. Т. 32. № 4 (32). С. 30-33.

10. Плескачев Ю.Н. Технология возделывания сафлора красильного с использованием илового осадка и чизельной обработки почвы / Ю.Н. Плескачев, **А.С. Межевова**, Л.П. Шевцова // Научная жизнь. 2019. Т. 14. В. 11. С. 1667-1974.

В прочих изданиях:

11. Пындак, В.И. Комплексные технические решения по агротехническим мелиорациям на юго-востоке России / В.И. Пындак, А.Е. Новиков, **А.С. Межевова** // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы международной научно-практической конференции. 2016. С. 355-358.

12. Плескачев, Ю.Н. Использование иловых осадков сточных вод в сочетании с глубокой обработкой почвы при возделывании сафлора / Ю.Н. Плескачев, **А.С. Межевова** // Актуальные направления научных исследований в АПК: от теории к практике: материалы Национальной научно-практической конференции. 2017. С. 56-60.

13. Плескачев, Ю.Н. Эффективность чизельной обработки почвы в сочетании с иловыми осадками сточных вод при возделывании сафлора / Ю.Н. Плескачев, **А.С. Межевова** // Экологические аспекты использования земель в современных экономических формациях: материалы Международной научно-практической конференции. 2017. С. 482-487.

Патенты на изобретения:

14. Патент РФ 2532056, Способ подготовки парового поля / Пындак В.И., Новиков А.Е., **Межевова А.С.**, заявл. 21.05. 2013; опубл. 27.10.2014.

15. Патент РФ 2539206, Способ возделывания овощных и бахчевых культур / Пындак В.И., Новиков А.Е., Константинова Т.В., **Межевова А.С.**, заявл. 24.09.2013.; опубл. 20.01.2015.

16. Патент РФ 2601217, Удобрение-мелиорант / Пындак В.И., Литвинов Е.А., Новиков А.Е., **Межевова А.С.**, заявл. 31.08.2015; опубл. 27.10.2016.

17. Патент РФ 2646056, Способ возделывания сафлора в сухом земледелии аридных регионов / Новиков А.Е., **Межевова А.С.**, заявл. 08.11.2016; опубл. 01.03.2018.