6.2020

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

CPS Центр Программ Систем
ИНФОРМАЦИОННЫЕ РЕШЕНИЯ ДЛЯ УПРАВЛЕНИЯ

«AG-DATA INTEGRATOR»

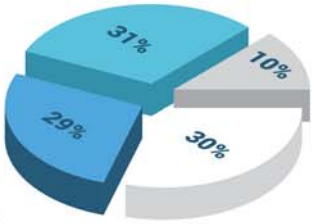
ИНТЕГРАЦИЯ АГРОТЕХНИЧЕСКИХ ДАННЫХ БОРТОВЫХ СИСТЕМ JOHN DEERE И ПРОГРАММ 1С

УПРАВЛЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВОМ

- Актуализация контуров полей для работы техники
- Предписания по дифференцированному внесению
- Оперативная информация о проведенных работах
- Карты выполненных работ для контроля качества
- Внешние сервисы (погода, NDVI и др.)
- Аэро- и космоснимки
- Совместный мониторинг техники Jonh Deere и техники других производителей
- План-фактный анализ полевых работ

ПЕРЕДАЧА ДАННЫХ В 1С

- Расход семян, удобрений, СЗР
- Расход нефтепродуктов
- Учет убранного урожая
- Учетные и путевые листы



Графические карты работ в разрезе параметров

Операция	Параметры
обработка почвы	• глубина обработки • скорость обработки
посев	• плановая норма • фактическая норма • скорость высева
внесение	• плановая норма • фактическая норма • скорость внесения
уборка урожая	• урожайность • зоны урожайности • влажность культуры • скорость уборки

+7 (4722) 240-426, +7 (499) 348-13-18 доб. 407 www.1cps.ru

6.2020 АВГУСТ-СЕНТЯБРЬ

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

ТЕОРЕТИЧЕСКИЙ И НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ ЖУРНАЛ

Журнал входит в базу данных российских научных журналов *Russian Science Citation Index* на платформе *Web of Science*

СОДЕРЖАНИЕ / CONTENTS

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ЗЕМЛИ И СИСТЕМЫ ЗЕМЛЕДЕЛИЯ / USE OF SOIL AND AGRICULTURE SYSTEMS

О. А. Макаров, А. С. Строков, Е. В. Цветнов, Д. Р. Абдулханова, В. С. Красильникова, Л. С. Щербакова. Оценка ущерба от деградации почв и земель субъектов Российской Федерации 3

O. A. Makarov, A. S. Strokov, E. V. Tsvetnov, D. R. Abdulkhanova, V. S. Krasilnikova, L. S. Shcherbakova. Assessment of damage from the soil and land degradation in subjects of the Russian Federation

С. А. Тарасов, А. В. Прущик, Т. Я. Зарудная, В. А. Вытовтов. Почвозащитная эффективность сформированных культурами севооборота агрофонов в системе гидролесомелиорации на склонах Центрального Черноземья 6

S. A. Tarasov, A. V. Prushchik, T. Ya. Zarudnaya, V. A. Vytovtov. Soil-protective efficiency of agricultural backgrounds formed by crops in the system of hydro-forest reclamation on the slopes of the Central Chernozem Region

В. К. Дридигер, В. П. Белобров, С. А. Антонов, С. А. Юдин, Р. Г. Гаджиумаров, С. А. Лиходиевская, Н. Р. Ермолаев. Защита почв от водной эрозии и дефляции в технологии No-till 11

V. K. Dridiger, V. P. Belobrov, S. A. Antonov, S. A. Yudin, R. G. Gadzhiumarov, S. A. Likhodievskaya, N. R. Yermolaev. Protection of soils from water erosion and deflation in *no-till* technology

ПЛОДОРОДИЕ / FERTILITY

В. И. Усенко, С. В. Усенко, Т. А. Литвинцева. Содержание гумуса в выщелоченном черноземе в зависимости от севооборота, системы обработки почвы и удобрений в лесостепи юга Западной Сибири 18

V. I. Usenko, S. V. Usenko, T. A. Litvintseva. Humus content in leached chernozem depending on crop rotation, soil treatment system and fertilizers in the forest-steppe of the South of Western Siberia

М. К. Зинченко, С. И. Зинченко. Мониторинг ферментативной активности уреазы в серых лесных почвах Верхневолжья 21

M. K. Zinchenko, S. I. Zincenko. Monitoring the enzymatic activity of urease in grey forest soils of the upper Volga region

Основан в 1939 г.

УЧРЕДИТЕЛИ:
Министерство сельского хозяйства Российской Федерации

Всероссийский НИИ земледелия и защиты почв от эрозии

ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ИЗДАТЕЛЬ:
ООО «Редакция журнала «Земледелие»

ЧЛЕНЫ РЕДАКЦИОННОЙ КОЛЛЕГИИ:
Л. В. Будажапов, член-корреспондент РАН, доктор биологических наук
А. Н. Власенко, академик РАН и НА Монголии, доктор сельскохозяйственных наук
Н. Г. Власенко, академик РАН, доктор биологических наук
А. А. Завалин, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
А. Л. Иванов, академик РАН, доктор биологических наук
В. А. Иванов, почетный член редколлегии, главный редактор журнала «Земледелие» в 1978-2001 гг.
А. Н. Каштанов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. И. Кирюшин, академик РАН, доктор биологических наук
В. В. Кулинцев, доктор сельскохозяйственных наук
В. В. Лапа, академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Беларусь
М. А. Мазиров, доктор биологических наук
М. Михловски, доктор сельскохозяйственных наук, Чешская Республика
Ю. В. Плугатарь, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В. А. Романенков, доктор биологических наук
А. С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук, Республика Казахстан
П. А. Чекмарев, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
И. Ф. Храмцов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

ГЛАВНЫЙ РЕДАКТОР
Р. Ф. Байбеков
ВЕРСТКА
Н. Ю. Луценко

КОНТАКТЫ:
Тел./факс: +7 916 241 63 43

E-mail: jurzemledelie@yandex.ru
www.jurzemledelie.ru

АДРЕС ДЛЯ ОТПРАВКИ КОРРЕСПОНДЕНЦИИ:
101000, г. Москва, Моспочтамт, а/я 629

Журнал зарегистрирован в Министерстве Российской Федерации по делам печати, телерадиовещения и средств массовых коммуникаций. Свидетельство ПИ № 77-9212 от 27 июня 2001 г.

Отпечатано в соответствии с предоставленными материалами в ООО «МЕДИАКОЛОР» 105187, г. Москва, ул. Вольная, д. 28, строение 10
Тел.: +7 (495) 786-77-14

Подписано в печать 12.08.20
Формат 60×90 1/8.
Печать офсетная.
Печ.л. 6,0+0,5 вкл.
Заказ

За содержание рекламных материалов ответственность несет рекламодатель. Перепечатка и любое воспроизведение материалов, опубликованных в журнале «Земледелие», возможны только с письменного разрешения редакции.

© “Земледелие”. 2020.

Журнал «Земледелие» включен в Перечень российских рецензируемых научных журналов (Перечень ВАК), рекомендованных для публикации основных научных результатов диссертаций на соискание ученых степеней доктора и кандидата наук (по агрономии).

Информация об опубликованных статьях поступает в систему Российского индекса научного цитирования.

Аннотации статей, ключевые слова, информация об авторах на русском и английском языках, а также полнотекстовые версии статей находятся в свободном доступе в Интернете на сайте www.jurzemledelie.ru

ОБРАБОТКА ПОЧВЫ — **SOIL CULTIVATION**

В. И. Турусов, В. М. Гармашов, Н. А. Нужная, И. М. Корнилов, В. Н. Говоров, М. П. Крячкова, Л. В. Гармашова. Биологическая активность и питательный режим почвы при различных приемах обработки под однолетние травы 25

V. I. Turusov, V. M. Garmashov, N. A. Nuzhnaya, I. M. Kornilov, V. N. Govorov, M. P. Kryachkova, L. V. Garmashova. Biological activity and soil nutritional regime with various treatments for annual herbs

Ю. И. Митрофанов, Л. И. Петрова, М. В. Гуляев, Н. К. Первушина. Предпосевная обработка почвы при разных способах посева зерновых культур 29

Yu. I. Mitrofanov, L. I. Petrova, M. V. Gulyaev, N. K. Pervushina. Presowing soil cultivation with different methods of sowing cereals

СОРТА И СЕМЕНА — **GRADES AND SEEDS**

В. А. Корелина, О. Б. Батакова, И. В. Зобнина. Агробиологические особенности нового сорта клевера лугового Таежник 34

V. A. Korelina, O. B. Batakova, I. V. Zobnina. Agrobiological features of a new variety of meadow clover *Taezhnik*

ЗАЩИТА РАСТЕНИЙ — **PLANT PROTECTION**

А. С. Голубев, В. И. Долженко. Осеннее внесение метрибузина для защиты озимой пшеницы от двудольных и злаковых сорных растений 38

A. S. Golubev, V. I. Dolzhenko. Autumn application of metribuzin for protection of winter wheat from dicotyledonous and cereal weeds

А. В. Данилова, Ю. С. Ким, Г. В. Волкова. Новый фунгицид Протазокс в защите озимого ячменя от пятнистостей листьев в условиях Краснодарского края 41

A. V. Danilova, Yu. S. Kim, G. V. Volkova. New Protazoks fungicide in the protection of winter barley from leaf spots in the Krasnodar Territory

Уважаемые читатели!

В 2020 г. наш журнал будет, как и прежде, выходить 8 раз в год, в первый и второй месяцы каждого квартала. Наш подписной индекс в каталоге Роспечати 70329. Возможна подписка через редакцию как на бумажную, так и электронную версию журнала.

Напоминаем авторам, что формирование планов и подготовка номеров начинается заблаговременно. Редакция заключает договоры с научными организациями и учебными учреждениями на издательские услуги по публикации статей. Заявки принимаются по электронной почте jurzemledelie@yandex.ru

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10601
УДК 631.42

Оценка ущерба от деградации почв и земель субъектов Российской Федерации*

О. А. МАКАРОВ, доктор биологических наук, зав. кафедрой[1], зав. лабораторией[2] (e-mail: oa_makarov@mail.ru)
А. С. СТРОКОВ[3], кандидат экономических наук, ведущий научный сотрудник
Е. В. ЦВЕТНОВ[4], кандидат биологических наук, старший научный сотрудник
Д. Р. АБДУЛХАНОВА[1], младший научный сотрудник
В. С. КРАСИЛЬНИКОВА[1], аспирант
Л. С. ЩЕРБАКОВА[1], аспирант
[1]Московский государственный университет имени М. В. Ломоносова, Ленинские горы, 1, стр. 12, ГСП-1, Москва, 119991, Российская Федерация
[2]Учебно-опытный почвенно-экологический центр МГУ имени М. В. Ломоносова, пос. Чашниково, п/о Ударный, Солнечногорский р-н, Московская обл., 141592, Российская Федерация
[3]Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации, просп. Вернадского, 82, стр. 1, Москва, 119571, Российская Федерация
[4]Евразийский центр по продовольственной безопасности (Аграрный центр МГУ имени М.В. Ломоносова), Ленинские горы, 1, ГСП-1, Москва, 119991, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки ущерба, нанесенного процессами деградации почвы в двух регионах Центрального экономического района – Московской и Тульской областях. Расчеты осуществляли с использованием федеральных нормативно-методических документов. Экологическое состояние почв и земель Московской области оценивали по загрязнению свинцом, цинком, медью, цезием-137 и деградации (эродированности почв, уменьшению запасов гумуса, содержания подвижного фосфора и калия, удельной площади земель, испытывающих значительные антропотехногенные нагрузки). Для оценки состояния почвенно-земельных ресурсов Тульской области были выбраны пылевая нагрузка на территорию, радиоактивное загрязнение, эродированность почв и состояние биоценозов. Источником информации служили результаты анализа фондовых и статистических материалов, а также данные собственных исследований отдельных сельскохозяйственных предприятий и локальных участков. При оценке степени деградации и загрязнения почв и земель использовали шкалы, опирающиеся на представления об устойчивости экосистем к внешней нагрузке, допустимых уровнях изменения качества окружающей среды в целом и ее отдельных компонентов. Общий ущерб для выделенных контуров деградации Тульской области составил 23,3 млрд руб. (9082 руб./га), для Московской области – 999,4 млрд руб. (225208 руб./га). Выделение доминирующих показателей деградации позволило определить основные направления и разновидности работ по улучшению состояния почв и земель в исследуемых регионах, среди которых оптимизация (рационализация) структуры землепользования, внесение необходимого количества минеральных и органических удобрений, детоксикация локальных участков. При этом стоимость указанных работ должна, в целом, соответствовать определенной величине ущерба по конкретному показателю.

Ключевые слова: *деградация почв и земель, загрязнение почв, ущерб, рекультивация земель, регионы Российской Федерации.*

Для цитирования: *Оценка ущерба от деградации почв и земель субъектов Российской Федерации / О. А. Макаров, А. С. Строков, Е. В. Цветнов и др. // Земледелие. 2020. № 6. С. 3–6. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10601.*

На сегодняшний день создание эффективной системы экологически безопасного природо- и землепользования возможно только в границах административного, а не природного региона. В связи со спецификой природоохранных мероприятий необходима их территориальная привязка. При этом административный регион определяется как природно-хозяйственный комплекс, расположенный на некоторой фиксированной территории с определенными границами [1]. Он рассматривается как относительно замкнутая система в смысле экономических и природных компонент. В России этим параметрам административного региона соответствует субъект Федерации.

Совершенно очевидно, что одной из основ региональной природоохранной политики и продовольственной безопасности выступает эколого-экономическая оценка деградации земель. Самая распространенная в Российской Федерации из всех ее разновидностей – оценка ущерба/вреда через сравнение деградированных и эталонных почв. Разработаны шкалы деградации и загрязнения почв и земель, опирающиеся на представления об устойчивости экосистем к внешней нагрузке, о допустимых уровнях изменений качества окружающей среды в целом и ее отдельных компонентов [2].

Согласно статье 1 Федерального закона № 7-ФЗ «Об охране окружающей среды» [3], вред окружающей среде определяется, как негативное изменение в результате ее загрязнения, повлекшее за собой деградацию естественных экологических систем и истощение природных ресурсов. В большинстве случаев понятия «вред» и «ущерб» равнозначны по своему смыслу, однако термин «вред» имеет более комплексный характер и может выражаться не только в денежных единицах, но и, например, в баллах (потери экологического качества конкретных природных компонентов).

К наиболее распространенным методикам оценки ущерба/вреда относятся следующие:

«Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами» (Утверждена Роскомземом 10 ноября 1993 г. и Минприроды России 18 ноября 1993 г.) [4];

«Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель» (Утверждена приказом

* Работа поддержана грантом РФФИ № 19-29-05021 мк.

Роскомзема и Минприроды России от 17 июля 1994 г.) [5];

«Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» (Утверждена приказом Минприроды России от 8 июля 2010 № 238) [6].

Особый интерес у специалистов – экологов и почвоведов вызывает оценка ущерба/вреда от деградации земель в регионах (субъектах Российской Федерации), характеризующихся достаточно высоким уровнем антропогенной нагрузки, к числу которых следует отнести Московскую и Тульскую области, расположенные в Центральном экономическом районе и имеющие значительный промышленный и аграрный потенциал.

Цель исследований – оценка ущерба от деградации почв и земель Московской и Тульской областей.

В соответствии с системой почвенно-географического районирования Нечерноземной зоны РСФСР основная часть территории Московской области находится в подзоне дерново-подзолистых почв южной тайги (Среднерусская провинция дерново-подзолистых среднегумусированных почв), и лишь небольшие части региона расположены в зоне серых лесных почв широколиственных лесов (Среднерусская провинция серых лесных почв), а также в зоне оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов и серых лесных почв лесостепи [7]. В структуре землепользования Московской области преобладают земли лесного фонда (1800,8 тыс. га), сельскохозяйственного назначения (1603,0 тыс. га), населенных пунктов (569,7 тыс. га) и промышленности (285,8 тыс. га) [8].

В Тульской области в подзоне дерново-подзолистых почв южной тайги (Среднерусская провинция дерново-подзолистых среднегумусированных почв, Москворецко-Окский округ дерново-подзолистых и светло-серых лесных глинистых и тяжелосуглинистых почв на слабокарбонатных покровных отложениях) [7] находится небольшая часть территории (менее 1 % от общей площади). Приблизительно одинаковые по площади части этого субъекта Федерации (около 50 % каждая) расположены в зоне серых лесных почв широколиственных лесов (Среднерусская провинция серых лесных почв, Тульско-Орловский округ серых, светло-серых и темно-серых лесных глинистых и суглинистых почв на лессовидных суглинках и лессах) и в зоне оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов и серых лесных почв лесостепи (Среднерусская лесостепная провинция оподзоленных, выщелоченных и типичных черноземов и серых лесных почв, Зушско-Верхнедонской округ выщелоченных и оподзоленных черноземов глинистых и тяжелосуглинистых на лессовидных суглинках и глинах). Основу земельного фонда Тульской области составляют земли сельскохозяйственного назначения (1850,6 тыс. га), лесного фонда (282,7 тыс. га), населенных пунктов (240,4 тыс. га) и промышленности (66,0 тыс. га) [8].

Оценка деградации земель обоих регионов включала в себя определение ее типов, степени и необратимости по районам (муниципальным образованиям), входящим в состав региона. Источником информации для оценки деградированности земель служили данные собственных исследований по хозяйствам/участкам (в меньшей степени) и результаты анализа фондовых и статистических материалов (в большей степени) [9]. Определение степени деградации почв и земель и расчет величины ущерба от неё проводили с использованием федеральных методик [4, 5], содержащих пятибалльные шкалы деградации.

При оценке экологического состояния почв и земель Московской области использовали показатели [9], шкалы деградации по которым приведены в методиках [4, 5]:

загрязнение гумусового горизонта почв свинцом, цинком, медью, цезием-137 (показатель загрязнения);

эродированность почв и земель, уменьшение запасов гумуса, содержания подвижного фосфора и обменного калия (показатель деградации);

удельная площадь земель, испытывающих значительные антропотехногенные нагрузки, в структуре землепользования (показатель антропотехногенной нагрузки).

В качестве основного источника информации о загрязненности почвенного покрова Московской области использовали результаты обследования техногенного загрязнения природной среды, выполненного Московской опытно-методической геохимической экспедицией Института минералогии, геохимии и кристаллохимии редких элементов (ИМГРЭ) в 1993 г.

Как указано ранее, содержание загрязняющих веществ, показатели деградации почв и земель, а также структуры землепользования региона ранжировали по пятибалльной шкале в соответствии с существующими нормативами [4, 5]. Показатель с наибольшим баллом обозначали как главный, или доминирующий для изучаемой территории.

При анализе ранжированных показателей состояния почв и земель Московской области выявлено, что загрязнение почв служит доминирующим фактором только при низком уровне ухудшения их состояния. При более высоких – доминируют показатели деградации (сильная потеря гумуса и др.) и антропотехногенной нагрузки на территорию (табл. 1).

1. Доминирующие показатели для различных уровней ухудшения состояния почв и земельных ресурсов Московской области [9]

Уровень ухудшения состояния почв и земельных ресурсов	Доминирующий показатель
Низкий (2-й)	загрязнения, деградации, антропотехногенной нагрузки на территорию
Средний (3-й)	деградации, антропотехногенной нагрузки на территорию
Высокий (4-й)	антропотехногенной нагрузки на территорию

В целом о крайне нерациональной, губительной для природы, структуре землепользования в регионе можно судить по большой доле земель «техногенных» категорий (городов, промышленных предприятий, объектов транспорта, связи, радиовещания, телевидения, информатики, космического обеспечения, энергетики и обороны) от общей площади административного региона, например, в Химкинском районе она достигает 48,9 %.

Формулы расчета ущерба, используемые в применявшихся в наших исследованиях методиках [4, 5], предусматривают наличие величины нормативной стоимости (цены) земли – Нс, руб./м^2. Ее должны ежегодно определять органы Росреестра и утверждать соответствующие органы исполнительной власти субъектов Российской Федерации. Результаты расчета величины ущерба от загрязнения и деградации по всем ранее перечисленным показателям, проведенного на основании Постановления от 22.09.2014 г. № 779/37 «О нормативной цене земельных участков в Московской области в 2015 году» показали (табл. 2), что наибольший вклад в величину ущерба от деградации почв и земель Московской области вносят загрязнение почв цинком (32,6 %), свинцом (27,4 %), а также деградация, вызванная антропогенной освоенностью (23,1 %). Далее сле-

2. Результаты расчета ущерба от деградации почв и земель Московской области

Показатель загрязнения/деградации	Величина ущерба, руб.	Удельный ущерб, руб./га
Свинец	273754185940	61687
Медь	5410893996	1219
Цинк	325530141552	73352
Цезий-137	24525076290	5526
Эродированность	15779999277	3556
Уменьшение запасов гумуса	25628803512	5775
Уменьшение содержания обменного калия	86950233149	19593
Уменьшение содержания подвижного фосфора	10674619009	2405
Уровень антропогенной освоенности	231191287916	52095
Всего	999445240641	225208

дует ущерб, нанесенный уменьшением содержания обменного калия (8,7 %). Суммарный вклад в ущерб от уменьшения запасов гумуса, содержания подвижного фосфора, эродированности и загрязнения радиоактивным цезием-137 составляет 7,7 %. На долю загрязнения почв и земель медью приходится только 0,5 %.

В качестве показателей состояния почвенно-земельных ресурсов Тульской области были выбраны пылевая нагрузка на территорию, радиоактивное загрязнение, эродированность почв и состояние биоценозов [10, 11, 12], ранжированные по пятибалльной шкале в соответствии с критериальной таблицей экологической оценки состояния окружающей природной среды [13, 14, 15] и нормативами [2, 4, 5]. Оценка этих показателей [16, 17] позволяет сделать следующие заключения:

пространственное распределение ареалов, имеющих неустойчивое состояние окружающей природной среды (3-й и 4-й уровни), отражает воздействие двух главных деградационных факторов – разовое выпадение осадков, содержащих радиоактивные вещества, после аварии на Чернобыльской АЭС (направление действия этого фактора с запада на восток); пылевые выпадения на снеговой покров, отражающие постоянно действующий антропогенный прессинг на почвенный покров территории (этот деградационный фактор направлен с юго-востока на северо-запад);

при сохранении существующих объемов промышленных выбросов, площадь контуров, интенсивность запыления в которых составляет 20...40 т × год/км^2, будет непрерывно увеличиваться.

Общий ущерб для выделенных контуров деградации Тульской области, рассчитанный по [5], составил 23341256590 руб. (9082 руб./га), в том числе от эрозии – 1189948479 руб. (463 руб./га), от запыленности – 870612913 руб. (339 руб./га), для биоценозов – 20404979360 руб. (7940 руб./га), от радиационного загрязнения – 875715838 руб. (341 руб./га).

Таким образом, проведенная оценка ущерба от процессов деградации почв и земель Московской и Тульской областей отражает размеры нанесенного урона в денежном выражении. Выделение доминирующих показателей деградации позволяет определить основные направления и разновидности работ по улучшению состояния почв и земель. В исследуемых регионах – это оптимизация структуры землепользования, внесение необходимого количества минеральных и органических удобрений, детоксикация локальных участков. Стоимость этих работ должна, в целом, соответствовать определенной величине ущерба по конкретному показателю.

Литература.

1. Оптимальное управление природно-экономическими системами / Отв. ред. В. И. Гурман, А. И. Москаленко. М.: Наука, 1980. 296 с.

2. Яковлев А. С., Евдокимова М. В. Экологическое нормирование качества почв и управление их качеством // Почвоведение. 2011. № 5, с. 582–596.

3. Закон Российской Федерации об охране окружающей среды № 7-ФЗ от 10 января 2002 г. Российская газета от 12 января 2002 г.

4. Порядок определения размеров ущерба от загрязнения земель химическими веществами [утв. приказом Роскомзема 10.11.1993 г. и Минприроды РФ от 18.11.1993 г.]

5. Методика определения размеров ущерба от деградации почв и земель [утв. приказом Роскомзема и Минприроды России от 17.07.1994 г.].

6. Методика исчисления размера вреда, причиненного почвам как объекту охраны окружающей среды» [утв. приказом Минприроды России от 08.07.2010 г. № 238].

7. Национальный атлас почв Российской Федерации / С. А. Шоба, Г. В. Добровольский, И. О. Алябина и др. М.: Астрель, 2011. 632 с.

8. Государственный (национальный) доклад о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2018 году. Министерство экономического развития Российской Федерации. Федеральная служба государственной регистрации, кадастра и картографии. М. 2019 [Электронный ресурс] // Сайт Госреестра России: https://rosreestr.ru/upload/Doc/16-upr/Госдоклад%20за%202018%20год.pdf (28.04.2020).

9. Эколого-экономическая оценка деградация земель / Под ред. А. С. Яковлева, О. А. Макарова, С. В. Киселева и др. М.: МАКС Пресс, 2016. 256 с.

10. Ковалева Е. И., Яковлев А. С., Пашкевич Е. Б. Нормирование нефтепродуктов в почвах в условиях вегетационного опыта (на примере зональных и интразональных почв острова Сахалин) // Проблемы агрохимии и экологии. 2019. № 3. С. 60–67.

11. Деградация земель и проблемы устойчивого развития / А. С. Яковлев, О. А. Макаров, М. В. Евдокимова и др. // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1167–1174.

12. Оценка экотоксичности почв в условиях загрязнения тяжелыми металлами / И. О. Плеханова, О. А. Золотарева, И. Д. Тарасенко и др. // Почвоведение. 2019. № 10. С. 1243–1288.

13. Плеханова И. О. Степень самоочищения агродерново-подзолистых супесчаных почв, удобренных осадком сточных вод // Почвоведение. 2017. № 4. С. 506–512.

14. Плеханова И. О., Зарубина А. П., Плеханов С. Е. Экотоксикологическая оценка загрязнения никелем почв и водных сред, сопредельных дерново-подзолистым почвам // Вестник Московского университета. Серия 17: Почвоведение. 2017. № 2. С. 24–31.

15. Ковалева Е. И., Яковлев А. С. Модель экологического нормирования нефтезагрязненных почв по изменению некоторых биогеоценотических функций // Экология и промышленность России. 2018. Т. 22, № 11. С. 34–39.

16. Макроскопическая кинетика временной и пространственной изменчивости вегетационного индекса NDVI на территории заповедника «Ямская Степь» в условиях загрязнения почвы тяжёлыми металлами / Г. П. Глазунов, В. М. Гендугов, М. В. Евдокимова и др. // Современные проблемы дистанционного зондирования Земли из космоса. 2019. Т. 16. №2. С. 111–127.

17. Смирнова М. А., Геннадиев А. Н. Количественная оценка почвенного разнообразия: теория и методы исследования // Вестник Московского университета. Серия 5: География. 2017. № 4. С. 3–11.

Assessment of damage from the soil and land degradation in subjects of the Russian Federation

O. A. Makarov[1,2], A. S. Strokov[3], E. V. Tsvetnov[4], D. R. Abdulkhanova[1], V. S. Krasilnikova[1], L. S. Shcherbakova[1]

[1]Lomonosov Moscow State University, Leninskie gory, 1, str. 12, Moskva, 119991, Russian Federation

[2]Educational-Experimental Soil and Environmental Center, Lomonosov Moscow State University, pos. Chashnikovo, p/o Udarnyi, Solnechnogorskii r-n, Moskovskaya obl., 141592, Russian Federation

[3]Russian Presidential Academy of National Economy and Public Administration, prosp. Vernadskogo, 82, str. 1, Moskva, 119571, Russian Federation
[4]Eurasian center for food security (Agricultural center) of Lomonosov Moscow state University, Leninskie gory, 1, str. 12, Moskva, 119991, Russian Federation Ленинские горы, 1, ГСП-1, Москва, 119991, Российская Федерация

Abstract. *The purpose of the research was to assess the damage caused to the soils and lands of two regions of the Central economic district – the Moscow and Tula regions – by degradation processes. These calculations were carried out using Federal regulatory and methodological documents. The ecological state of soils and lands of the Moscow region was assessed by their contamination with lead, zinc, copper, and caesium-137 and degradation (soil erosion, reduction of humus reserves, the content of mobile phosphorus and exchangeable potassium, specific area of land experiencing significant anthropogenic loads). To assess the state of soil and land resources of the Tula region, the following parameters were selected: dust load on the territory, radioactive contamination and soil erosion, and the state of biocenoses. The source of information was the results of the analysis of stock and statistical materials, as well as data from individual agricultural enterprises and local areas. When assessing the degree of degradation and pollution of soils and lands, scales were used based on the idea of the stability of ecosystems to external loads, and the acceptable levels of changes in the quality of the environment as a whole and its components. The total damage for the identified contours of degradation of the Tula region amounted to 23.3 billion rubles (9,082 rubles/ha), for the Moscow region – 999.4 billion rubles (225,208 rubles/ha). The selection of the dominant degradation indicators allowed determining the main directions and types of works for the improvement of soil and land in these regions: optimization (rationalization) of land use structure, application of the required amount of mineral and organic fertilizers, disintoxication of the local areas. The cost of these works should, in general, correspond to a certain amount of damage for a specific indicator.*

Keywords: *soil and land degradation; soil pollution; damage; land restoration; regions of the Russian Federation.*

Author Details: *O. A. Makarov, D. Sc. (Biol.), head of department, head of laboratory (e-mail: oa_makarov@mail.ru); A. S. Strokov, Cand. Sc. (Econ.), leading research fellow; E. V. Tsvetnov, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow; D. R. Abdulkhanova, junior research fellow; V. S. Krasilnikova, post graduate student; L. S. Shcherbakova post graduate student.*

For citation: *Makarov OA, Strokov AS, Tsvetnov EV, et al. [Assessment of damage from the soil and land degradation in subjects of the Russian Federation]. Zemledelie. 2020. (6):3-6. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10601.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10602
УДК 631.6.02

Почвозащитная эффективность сформированных культурами севооборота агрофонов в системе гидролесомелиорации на склонах Центрального Черноземья*

С. А. ТАРАСОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: sergejtarasov1989@mail.ru)
А. В. ПРУЩИК, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Т. Я. ЗАРУДНАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
В. А. ВЫТОВТОВ, старший научный сотрудник
Курский федеральный аграрный научный центр, ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки влияния агрофонов, сформированных культурами севооборота, на проявление водно-эрозионных процессов в пределах водосборов с различной насыщенностью противоэрозионными элементами. В работе был проанализирован массив экспериментальных данных, собранных в эксперименте по контурно-мелиоративному земледелию в Курской области в 1988–2018 гг. Схема опыта предусматривала изучение водосборов без противоэрозионных элементов, с узкими лесополосами, усиленными канавами, и с лесополосами, канавами и валами-террасами. Почва экспериментального участка – выщелоченный и типичный чернозем с содержанием гумуса 4,9...6,8 %, крутизна склонов – от 0,1 до 8,0°, степень эродированности – 16,5...27,3 %. В зависимости от культуры севооборота снеготаяние протекало на фоне зяби, посевов озимой пшеницы или многолетних трав. В опыте определяли запасы воды в снеге, сток талых вод и смыв почвы. Из 31 года исследований 13 лет (42 %) отмечали сток талых вод, 11 лет (36 %) он сопровождался смывом почвы. Под озимой пшеницей величина стока была в 3,4 раза больше, чем на зяби, и в 5,2 раза больше, чем на посевах многолетних трав. Под многолетними травами смыв почвы отсутствовал, однако под озимой пшеницей он был в 3,5 раза больше, чем на зяби. На зяби в течение 7 лет с проявлением эрозии было смыто 20,93 т/га почвы, под озимой пшеницей за 4 года – 35,56 т/га почвы. На водосборах с почвозащитными элементами сток был меньше, чем без них, в 1,9...2,0 раза, а смыв почвы – в 2,9...3,1 раза. Установлена тесная корреляционная зависимость между количеством смываемой почвы и величиной стока. Полученные уравнения регрессии позволяют прогнозировать величину смыва почвы в зависимости от стока талых вод.

Ключевые слова: *почвы на склонах, метеорологические условия, лесные полосы, гидротехнические сооружения, запасы воды в снеге, сток талых вод, водная эрозия почв.*

Для цитирования: *Почвозащитная эффективность сформированных культурами севооборота агрофонов в системе гидролесомелиорации на склонах Центрального Черноземья / С. А. Тарасов, А. В. Прущик, Т. Я. Зарудная и др. // Земледелие. 2020. № 6. С. 6–10. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10602.*

Защита почвенного покрова от водной эрозии остается актуальной проблемой регионального, национального и мирового уровня. В условиях расчлененного рельефа при наличии снежного покрова и интенсивного снеготаяния в весенний период, как правило, на склонах формируется поверхностный сток талых вод, который часто приводит к смыву наиболее плодородного верхнего слоя почвы. Наиболее подвержены водной эрозии паровые поля, не защищенные растительным покровом. На паровых полях в европейской части России в среднем теряется 11 т/га почвы в год, под растительным покровом – 3 т/га. Примерно на половине территории сельскохозяйственных угодий проявляется смыв почвы от 10 до 15 т/га в год [1].

Одна из задач адаптивно-ландшафтного земледелия – формирование урожаев сельскохозяйственных культур определенного количества и высокого качества, обеспечение устойчивости и экологической сбалансированности агроландщафтов, сохранение и воспроизводство почвенного плодородия [2, 3]. Для защиты почвы от водной эрозии на склонах немаловажное значение имеет использование лесомелиоративных и гидротехнических сооружений [4], а также культур и тех-

Работа выполнена в рамках государственного задания ФБГНУ «Курский федеральный аграрный научный центр» по теме № 0632–2019–0017.

нологий в севообороте, защищающих почву от смыва водными потоками. Важно обеспечить комплексный подход к решению проблемы защиты почв от эрозии на склонах, который реализуется через использование взаимодополняющих и усиливающих эффективность мероприятий. Один из таких подходов – сочетание в агроландшафте гидролесомелиоративных мероприятий с формированием в пределах водосборов эффективных севооборотов, обеспечивающих защиту почв от эрозии [5, 6]. Сельскохозяйственные культуры в севообороте выполняют определенную средообразующую роль, заключающуюся в создании агрофона, который, в свою очередь, наряду с метеорологическими условиями, оказывает заметное влияние на формирование стока и смыва почвы в период весеннего снеготаяния. М. В. Долганова [7] отмечает, что многолетние травы обеспечивают сильное сопротивление почвы размывающему воздействию водного потока. Это достигается благодаря формированию мощной, сильно разветвленной мочковатой корневой системы и долгосрочному стоянию травостоя на почве с ненарушенной механическим рыхлением структурой. Если под посевами озимой пшеницы и озимой ржи сопротивление почвы размыву составляет 750…850 Н, то под многолетними травами оно в 4,1…4,7 раза больше.

После уборки предшественника почву готовят для возделывания последующей культуры севооборота. В случае, если ее высевают весной, то агрофон перед уходом в зиму чаще всего представлен зябью (вспаханное поле), без покрытия вегетирующими растениями. При посеве многолетних трав или озимых культур почва уходит в зиму под растительным покровом, который, наряду с используемой технологией предпосевной подготовки почвы, может сильно менять условия формирования стока талых вод и смыва почвы, в сравнении с полем, не занятым растениями.

Цель исследований – оценка влияния уходящего в зиму агрофона в виде зяби, озимой пшеницы или многолетних трав на формирование стока и способность противостоять размыву почвы водными потоками в период весеннего снеготаяния.

В работе представлен анализ экспериментальных данных, полученных в течение 31 года (с 1988 по 2018 гг.). Схема опыта включала следующие варианты:

агрофон, сформированный культурами севооборотов в пределах каждого водосбора (фактор А) – отвальная зябь (вспашка на глубину 20…25 см); посевы озимой пшеницы; посевы многолетних трав;

наличие гидролесомелиоративных противоэрозионных элементов в ложбинно-балочных водосборах (фактор В) – без противоэрозионных элементов; узкие двухрядные тополевые лесные полосы, усиленные водоулавливающими канавами, сформированными между рядами деревьев; узкие двухрядные тополевые лесные полосы, усиленные водоулавливающими канавами, сформированными между рядами деревьев, и валами-террасами.

Площадь водосборов в опыте составляет от 45 до 88 га, лесные полосы в их пределах размещены на расстоянии 216 м одна от другой, напашные валы-террасы высотой 0,4…0,5 м с соотношением откосов 1:10…1:12 – на расстоянии 54 м один от другого. Почвы опытного участка – выщелоченные и типичные черноземы с содержанием гумуса 4,9…6,8 %, крутизна склонов – от 0,1 до 8,0°, эродированность – 16,5…27,3 % [8].

В пределах каждого водосбора развернут зернотравянопропашной севооборот со следующим чередованием культур: озимая пшеница – кукуруза на силос или зеленый корм – гречиха – горох – ячмень с подсевом многолетних трав – многолетние травы (клевер красный или эспарцет). В зависимости от культуры севооборота снеготаяние на конкретном поле в весенний период протекало на фоне отвальной зяби, посевов озимой пшеницы или многолетних трав.

В условиях Курской области снеготаяние, связанное с окончательной потерей снежного покрова, как правило, начинается во 2-й декаде марта и заканчивается в 1-й декаде апреля. Известно, что на интенсивность стока талых вод и смыв почвы заметное влияние оказывает температурный режим в период снеготаяния. Чем выше температура и интенсивнее она нарастает, тем больше величина стока и, как правило, выше смыв почвы [9]. Очевидно, что на размеры стока и смыва почвы дополнительно может влиять количество дождевых осадков, выпадающих в период снеготаяния. Поэтому при оценке учитывали температурный режим и количество выпадающих осадков, а годы исследований группировали по сходным параметрам метеоусловий. В результате появилась возможность сравнительного анализа влияния естественных метеорологических факторов на формирование или отсутствие стока талых вод и смыва почвы на тех или иных агрофонах.

Запасы воды в снеге определяли по результатам маршрутной снегомерной съемки с учетом высоты и плотности снежного покрова, руководствуясь методикой РД 52.08.730-3010. Поверхностный сток талых вод, а также смыв почвы определяли методом стационарных стоковых площадок, сформированных в пределах каждого водосбора. Количество осадков, выпадающих в виде дождя в период снеготаяния, рассчитывали по данным, полученным при учете на метеорологическом посту, организованном на территории опыта, а также на ближайшей метеостанции Курск. Выявление факторов, определяющих величину смыва почвы в результате водной эрозии, проводили путем обработки экспериментальных данных, полученных за многолетний период, методом регрессионного анализа с использованием компьютерной программы Microsoft Excel.

Анализ многолетних экспериментальных данных показал, что метеоусловия в период снеготаяния и состояние пашни перед уходом в зиму, сформированное предшествующей и занимающей пашню культурой, оказывали заметное влияние на развитие или отсутствие водно-эрозионных процессов. Каждое из названных условий формирования проявляющихся в той или иной степени эрозионных процессов, имеет свои особенности, которые необходимо учитывать при оценке их роли. Погодные условия – неуправляемый внешний фактор, к которому необходимо приспосабливаться при проектировании и разработке элементов системы земледелия. Такой подход реализуется путем выбора сельскохозяйственных культур и технологий их возделывания в системах земледелия, построенных на адаптивно-ландшафтных принципах, когда на вероятностной основе учитываются температура, сумма осадков и другие элементы погоды, формирующие климат местности. Количество выпадающих осадков, влияющее на запасы воды в снеге, а также динамику температурного режима во время снеготаяния за многолетний период также можно использовать для прогноза на вероятностной основе интенсивности водно-эрозионных процессов на той или иной территории землепользования.

При этом непременно необходимо учитывать и такие факторы, от которых зависит проявление водно-эрозионных процессов, как крутизна и экспозиция склонов, сформированный культурами севооборота агрофон, плотность сложения и водопроницаемость почв, содержание в них гумуса и другие параметры, прямо или косвенно влияющие на устойчивость почвы к размыву. В последние годы разработано множество различных логических, математических и реализованных в виде компьютерных программ моделей, которые позволяют на основе различных сценариев землепользования прогнозировать с той или иной вероятностью развитие водно-эрозионных процессов, а также скорость регенерации эродированных почв [10].

Группировка лет исследований по сходным признакам метеорологических условий в период снеготаяния (табл. 1) показала, что из 31 года 13 лет (42 %) были со стоком талых вод, а 11 лет (36 %) характеризовались как годы с проявлением эрозионных процессов на склонах (в 1992 г. при наличии стока в пределах 2,2 мм смыв почвы был незначительным и только на водосборе без почвозащитных элементов). Прежде всего, на величину стока вод с поверхности почвы и смыва почвы на склонах влияла интенсивность снеготаяния, обусловленная температурным режимом. В годы с относительно невысокими запасами воды в снеге, но с повышенным температурным режимом в период снеготаяния, величина стока и смыва почвы была больше, чем в отдельные годы с относительно высокими запасами воды в снеге, но с медленным снеготаянием. Тем не менее, запасы воды в снеге также влияли на величину стока талых вод и смыва почвы, особенно в годы с выпадением в период снеготаяния осадков в виде дождя. Сток талых вод не формировался и, соответственно, не проявлялась водная эрозия почвы на склонах в случаях, когда снеготаяние было постепенным, особенно при невысоких запасах воды в снеге. В отдельные годы из-за частых оттепелей в условиях неглубокого промерзания почвы талая вода постепенно фильтровалась в почву, и снежный покров в течение зимы, а также в весенний период был неустойчивым. В последние годы многие исследователи отмечают снижение интенсивности водно-эрозионных процессов в стране в результате заметного повышения температурного режима, способствующего частым оттепелям в зимний период, и неглубокому промерзанию почвы [11, 12].

Величина стока и смыва почвы на посевах озимой пшеницы была заметно больше, чем на отвальной зяби. Очевидно, что фильтрационная способность почвы на зяби выше, чем на посевах озимой пшеницы. Результаты наших исследований согласуются с данными Е. В. Полуэктова [13], который отмечал, что на фоне зяби плотность почвы была ниже, чем на посевах озимых культур, на 0,10…0,23 т/м^3, а величина ее водопроницаемости в период снеготаяния выше в 4…5 раз. В работе М.М. Ильясова и соавт. [14] в фазе кущения озимой и яровой пшеницы водопроницаемость при ежегодной отвальной вспашке достигала 115,4 мм/ч, при вспашке в сочетании с мелкой обработкой до 100,5 мм/ч, а при плоскорезном рыхлении – 62,4 мм/ч. Сама технология подготовки почвы и посева озимых культур предполагает некоторое уплотнение почвы. По данным И. П. Здоровцова [15], в условиях Курской области величина стока талых вод со вспаханных полей может составлять 70…90 мм, а с уплотненной пашни, под которой подразумеваются необработанные или мелко обработанные с осени поля, а также поля, занятые посевами озимых культур, – 120…150 мм.

1. Влияние агрофонов и особенностей снеготаяния на формирование стока талых вод и смыв почвы в годы исследований (в среднем по трем водосборам)

Агрофон	Особенность снеготаяния	Год	Сток, мм	Смыв почвы, т/га
Отвальная зябь	высокие запасы воды в снеге + интенсивное снеготаяние*	1988	17,1	3,03
		2018	26,5	5,22
	высокие запасы воды в снеге + дождевые осадки**	2001	19,7	2,70
	интенсивное снеготаяние + дождевые осадки	1995	12,3	0,79
		2000	8,4	0,72
		2006	12,1	1,27
		2015	36,6	9,73
	дождевые осадки	1992	2,2	0,03***
	постепенное снеготаяние + невысокие запасы воды в снеге	1998	0	0
		2004	0	0
		2005	0	0
		2010	0	0
		2013	0	0
		2014	0	0
		2016	0	0
	невысокие запасы воды в снеге	2011	0	0
	оттепели зимой, снежный покров не сформировался	1989	0	0
		1991	0	0
		1997	0	0
Озимая пшеница	высокие запасы воды в снеге + интенсивное снеготаяние + дождевые осадки	2003	47,5	9,29
	высокие запасы воды в снеге + интенсивное снеготаяние	1996	33,9	6,04
		1999	37,9	7,63
	интенсивное снеготаяние + дождевые осадки	1994	77,2	12,6
	постепенное снеготаяние, мало осадков в период снеготаяния	2012	0	0
		2017	0	0
	невысокие запасы воды в снеге + без осадков в период снеготаяния	2009	0	0
	оттепели зимой, снежный покров не сформировался	1990	0	0
Многолетние травы	интенсивное снеготаяние	1993	18,7	0
	постепенное снеготаяние	2002	0	0
		2007	0	0
		2008	0	0

** – интенсивное снеготаяние обусловлено повышенным температурным режимом;*
*** – количество осадков в период снеготаяния превышало 32 мм;*
**** – смыв почвы отмечали только в пределах водосбора без противоэрозионных мероприятий.*

В наших исследованиях смыв почвы на посевах озимой пшеницы оказался больше, чем по отвальной зяби. В то же время на фоне посевов многолетних трав он отсутствовал, несмотря на то, что этот почва этого агрофона не отличалась высокой рыхлостью, в сравнении со вспаханным полем. Только в 1993 г. в результате интенсивного снеготаяния на посевах многолетних трав отмечали сток талых вод, но смыва почвы не было. Очевидно, что в отличие от озимой пшеницы, многолетние травы формируют мощную корневую систему, обеспечивающую надежную защиту почвы на склонах от смыва талыми водами. К тому же многие исследователи отмечают, что посевы многолетних трав способствуют существенному улучшению структурно-агрегатного состояния почв и повышению водопрочности почвенных агрегатов. По данным М. А. Несмеяновой [16], при наличии в структуре посевных площадей люцерны и донника водопрочность почвенных агрегатов чернозема типичного увеличивалась, в сравнении с севооборотами без многолетних трав, на 1,98…5,71 %.

В среднем за 8 лет исследований на фоне посевов озимой пшеницы величина стока талых вод была в 3,4 раза больше, чем на отвальной зяби, и в 5,2 раза больше, чем на посевах многолетних трав. Смыв почвы на посевах многолетних трав отсутствовал во все годы исследований, а под озимой пшеницей он был в 3,5 раза больше, чем после зяблевой вспашки (табл. 2).

За 7 лет, характеризовавшихся как годы со смывом почвы, на фоне отвальной зяби при существующей интенсивности протекания эрозионных процессов в среднем терялось 20,93 т/га почвы. Под озимой пшеницей за 4 года, в которые отмечали смыв почвы, ее потери составили 35,56 т/га. Такие результаты позволяют считать, что посевы озимой пшеницы не могут служить надежной защитой от водной эрозии на склонах, особенно, если растения

2. Влияние агрофонов на водную эрозию на различных по насыщенности противоэрозионными мероприятиями водосборах

Агрофон (год)	Водосбор	Сток, мм	Коэффициент стока	Смыв почвы, т/га
Отвальная зябь (1988*, 1989, 1991, 1992, 1995*, 1007, 1998, 2000*, 2001*, 2004, 2005, 2006*, 2010, 2011, 2013, 2014, 2015*, 2016, 2018*)	без противоэрозионных элементов	9,6** / 22,9	0,11 / 0,27	2,31 / 5,48
	с лесными полосами и канавами	6,1 / 14,5	0,07 / 0,16	0,84 / 1,99
	с лесными полосами, канавами и валами-террасами	5,6 / 13,1	0,06 / 0,14	0,63 / 1,49
Озимая пшеница (1990, 1994*, 1996*, 1999*, 2003*, 2009, 2012, 2017)	без противоэрозионных элементов	37,2 / 74,5	0,33 / 0,67	7,94 / 15,87
	с лесными полосами и канавами	18,0 / 36,1	0,15 / 0,30	2,73 / 5,46
	с лесными полосами, канавами и валами-террасами	18,4 / 36,7	0,16 / 0,31	2,67 / 5,34
Многолетние травы (1993, 2002, 2007, 2008)	без противоэрозионных элементов	6,8 / 27,0	0,10 / 0,40	0
	с лесными полосами и канавами	3,2 / 13,0	0,05 / 0,18	0
	с лесными полосами, канавами и валами-террасами	4,0 / 16,0	0,06 / 0,23	0

** – годы с проявлением смыва почвы;*
*** – в числителе – средние за все годы исследования значения на агрофоне, в знаменателе – средние за годы с проявлением смыва почвы значения.*

недостаточно развиты или ослаблены неблагоприятными для нормальной вегетации культуры условиями. Но даже при нормальном развитии посевов озимой пшеницы перед уходом в зиму их почвозащитная эффективность в отношении водной эрозии была ниже, чем у посевов многолетних трав.

Выявлена высокая эффективность гидролесомелиоративных элементов (лесных полос и гидротехнических сооружений), предназначенных для защиты почвы от смыва водными потоками. В среднем за годы исследований и по всем изучаемым агрофонам в вариантах опыта на водосборе с лесными полосами и канавами сток талых вод был меньше, чем в варианте без противоэрозионных элементов, в 2,0 раза, а смыв почвы – в 2,9 раза. На водосборе с лесными полосами, канавами и валами-террасами величины этих показателей снизились в 1,9 и 3,1 раза соответственно. Очевидно, что почвозащитная эффективность агрофонов, сформированных культурами севооборота, будет в значительной степени зависеть от дополнительных противоэрозионных мероприятий в виде лесных полос и гидротехнических сооружений.

В среднем за годы исследований на фоне отвальной зяби в пределах водосборов с лесными полосами и гидротехническими сооружениями сток талых вод был меньше, чем на водосборах без почвозащиты, на 3,3...4,0 мм, в годы с проявлением водной эрозии – на 8,4...9,2 мм. На посевах озимой пшеницы, размещенных в пределах водосборов с лесными полосами и гидротехническими сооружениями, сток талых вод в среднем за годы исследования был меньше на 18,8...19,2 мм, а в годы с проявлением водной эрозии – на 37,8...38,4 мм. Аналогичную закономерность наблюдали на посевах многолетних трав.

Сток талых вод на посевах трав на водосборах с элементами почвозащиты в среднем за годы исследования был меньше, чем без них, на 2,8...3,6 мм, а в годы с проявлением стока – на 11,0...14,0 мм. По отвальной зяби в пределах водосборов с лесными полосами и гидротехническими сооружениями в среднем за годы исследования смыв почвы был меньше, чем без противоэрозионных элементов, на 1,47...1,68 т/га, а в годы с проявлением водной эрозии – на 3,49...3,58 т/га. На посевах озимой пшеницы снижение составляло 5,21...5,27 т/га и 10,41...10,53 т/га соответственно.

При обработке многолетних экспериментальных данных методом регрессионного анализа зависимость смыва почвы от запасов воды в снеге с выпадающими осадками не установлена (коэффициент детерминации 0,34). Очевидно, что высокое значение имеет интенсивность снеготаяния, которая в отдельные годы даже при относительно невысоких запасах воды в снеге способствовала формированию стока и смыва почвы. При этом установлена прямая связь между величинами смыва почвы и стока талых вод, как на отвальной зяби,

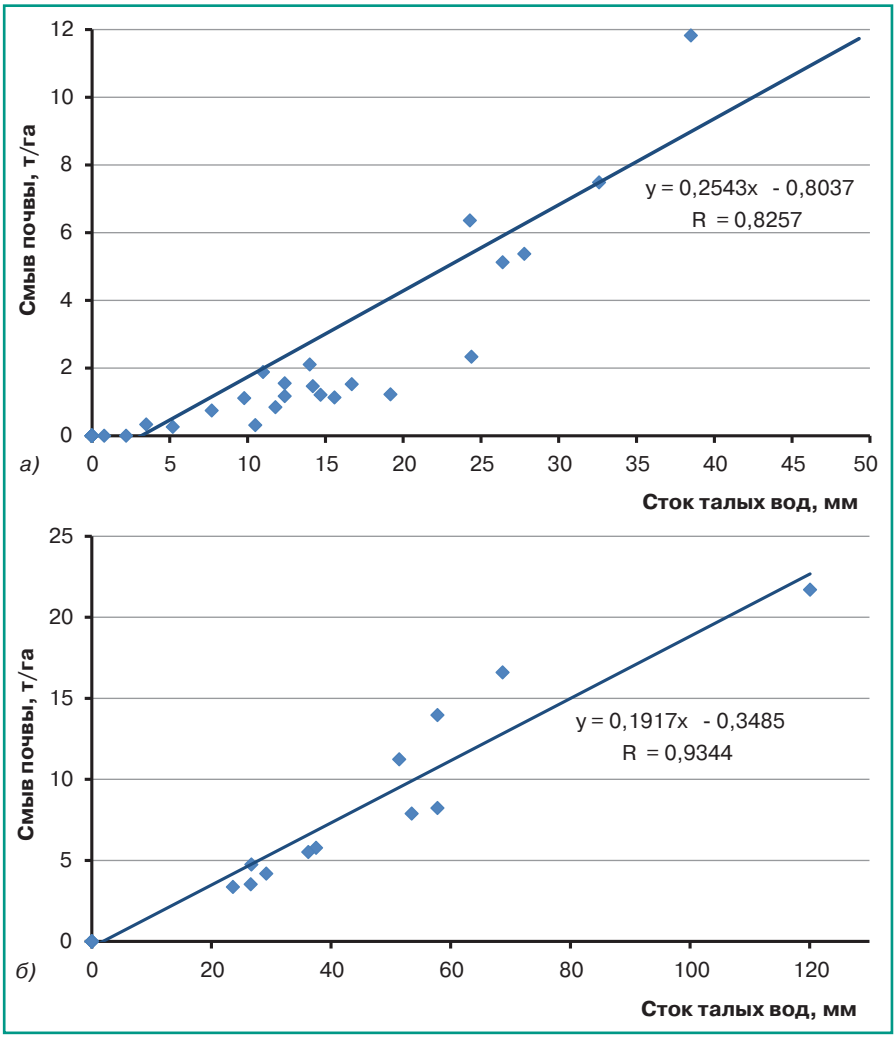


Рисунок. *Зависимость смыва почвы от величины стока на отвальной зяби (а) и на посевах озимой пшеницы (б).*

так и на посевах озимой пшеницы (см. рисунок): коэффициент детерминации составил соответственно 0,83 и 0,93.

Полученные уравнения регрессии позволяют рассчитать размеры смыва почвы в зависимости от изменения величины стока талых вод на водосборных площадях агроландшафтов с характеристиками, аналогичными опытному участку, с учетом агрофонов, сформированных вспашкой или посевами озимой пшеницы.

Таким образом, в условиях Центрально-Черноземного региона при наличии снежного покрова на склонах сток талых вод и смыв почвы определяются интенсивностью снеготаяния, которая в большей степени зависит от температурного режима, чем от запасов воды в снеге. Значительное воздействие на усиление стока и смыва почвы оказывают дождевые осадки, выпадающие в период снеготаяния. Наибольшей противоэрозионной устойчивостью характеризуется агрофон под многолетними травами, на котором смыв почвы во все годы исследований не проявлялся. Под посевами озимой пшеницы величина стока талых вод была больше, чем на зяблевой вспашке, в 3,4 раза, по сравнению с посевами многолетних трав, в 5,2 раза. Смыв почвы под озимой пшеницей был в 3,5 раза выше, чем на отвальной зяби. На фоне зяблевой вспашки за 7 лет проявления эрозионных процессов было потеряно 20,93 т/га почвы, на посевах озимой пшеницы за 4 года – 35,56 т/га. Лесные полосы, усиленные гидротехническими сооружениями, позволяют уменьшить сток талых вод на склоновых землях, в сравнении с участками без почвозащитных элементов, в 2 раза, смыв почвы – в 3 раза. С повышением стока талых вод возрастает вероятность увеличения смыва почвы.

Литература.

1. Мальцев К. А., Ермолаев О. П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской части России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512. doi:10.1134/S0032180X19120104.

2. Методологические аспекты формирования экологически сбалансированных агроландшафтов / Н. П. Масютенко, А. В. Кузнецов, М. Н. Масютенко и др. // Земледелие. 2016. № 7. С. 6–9.

3. Кирюшин В.И. Научно-инновационное обеспечение приоритетов развития сельского хозяйства // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 3. С. 5-10.

4. Подлесных И. В., Зарудная Т. Я., Соловьева Ю. А. Новый подход к методологии проектирования лесогидромелиоративного комплекса в условиях ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 11. С. 14–17. doi:10.24411/0235-2451-2019-11103.

5. Трофимов Н.В., Сочнева С.В., Панасюк М.В. Методика разделения территории Республики Татарстан на агроландшафтные районы на основе зонирования природно-климатических ее условий // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1 (55). С. 127-131.

6. Васильев С.А., Васильев А.А., Затылков Н.И. Противоэрозионная контурная обработка почвы машинно-тракторными агрегатами на агроландшафтах склоновых земель // Вестник НГИЭИ. 2018. № 5 (84). С. 43-54.

7. Долганова М. В. Повышение эрозионной устойчивости почв агроландшафтов Брянской области фитомелиоративными мероприятиями // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета. 2016. № 115. С. 173–182.

8. Подлесных И. В., Зарудная Т. Я. Оценка влияния противоэрозионных комплексов для сокращения выноса из агроландшафтов биогенных веществ с весенним стоком // Агрохимический вестник. 2019. № 4. С. 24–28. doi:10.24411/0235-2516-2019-10053.

9. Комиссарова М. А., Габбасова И. М. Эрозия почв при снеготаянии на пологих склонах в Южном Предуралье // Почвоведение. 2014. № 6. С. 734–743.

10. Модифицированный метод прогнозирования эрозии почвы и ее последствий / Ю. П. Сухановский, А. В. Прущик, С. И. Санжарова и др. // Земледелие. 2016. № 2. С. 29–32.

11. Гусаров А. В., Шарифуллин А. Г., Голосов В. Н. Современный тренд эрозии пахотных черноземов обыкновенных на Приволжской возвышенности (Саратовская область) // Почвоведение. 2018. № 12. С. 1517–1538. doi: 10.1134/S0032180X18120043.

12. Изменения темпов смыва почвы в речных бассейнах южного мегасклона европейской части России за последние 30 лет / К. А. Мальцев, М. А. Иванов, А. Г. Шарифуллин и др. // Почвоведение. 2019. № 6. С. 757–768. doi: 10.1134/S0032180X19060091.

13. Полуэктов Е. В. Сток талых вод с различной по степени уплотненности пашни // Научный журнал Российского НИИ проблем мелиорации. 2015. № 3 (19). С. 139–149.

14. Изменение агрофизических свойств выщелоченного чернозема в зависимости от минимизации основной обработки почвы / М. М. Ильясов, И. М. Суханова, Л. М. Биккинина и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2019. Т. 14. № S4-1 (55). С. 42-47.

15. Здоровцов И. П. Влияние почвоводоохранного земледелия на эрозионно-гидрологические процессы и продуктивность агроландшафтов в ЦЧР // Вестник Курской государственной сельскохозяйственной академии. 2012. № 7. С. 53–54.

16. Несмеянова М. А. Структурно-агрегатный состав и водопрочность почвы под влиянием многолетних бобовых трав // Пермский аграрный вестник. 2015. № 9. С. 50–55.

Soil-protective efficiency of agricultural backgrounds formed by crops in the system of hydro-forest reclamation on the slopes of the Central Chernozem Region

S. A. Tarasov, A. V. Prushchik, T. Ya. Zarudnaya, V. A. Vytovtov
Kursk Federal Agricultural Research Center, ul. Karla Marxa, 70b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *The research aimed to assess the influence of agricultural backgrounds, formed by crops, on the manifestation of water-erosion processes within a water-producing area with different anti-erosion elements. The work analyzed the array of experimental data collected in the experiment on contour-reclamation farming in the Kursk region in 1988–2018. The experiment scheme provided for the study of water-producing areas without erosion control elements, with narrow forest belts, reinforced ditches, and with forest belts, ditches and terraced ramparts. The soil was leached and typical chernozem with a humus content of 4.9–6.8%, slope steepness was 0.1–8.0 degrees and an erosion degree was 16.5–27.3%. Depending on the crop rotation culture, snowmelt in the spring period occurred against the background of ploughing (without vegetation), winter wheat or perennial grasses. Water reserves in the snow, meltwater runoff, and soil washout were determined. Out of 31 years of research, in 13 years (42%) we noted the runoff of meltwater, in 11 years (36%) it was accompanied by soil washout. Under winter wheat the amount of meltwater runoff was 3.4 times greater than for ploughland, and 5.2 times more than for perennial grasses. Under perennial grasses, soil washout did not occur, but under winter wheat it was 3.5 times greater than against the background of ploughland. On ploughland during 7 years with the manifestation of erosion, 20.93 t/ha of soil was washed away, under winter wheat for 4 years, 35.56 t/ha of soil was washed away. On the water-producing areas with anti-erosion elements, the meltwater runoff was 1.9–2.0 times less and washout of the soil was 2.9–3.1 times less than on the water-producing areas without anti-erosion elements. A close correlation has been established between the amount of washed away soil and the amount of runoff. The obtained regression equations make it possible to predict the amount of soil washout depending on the flow of meltwater.*

Keywords: *soils on the slopes, meteorological conditions, forest belts, hydraulic structures, snow reserves, snowmelt runoff, soil water erosion.*

Author Details: *S. A. Tarasov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: sergejtarasov1989@mail.ru); A. V. Prushchik, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; T. Ya. Zarudnaya, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; V. A. Vytovtov, senior research fellow.*

For citation: *Tarasov SA, Prushchik AV, Zarudnaya TYa, et al. [Soil-protective efficiency of agricultural backgrounds formed by crops in the system of hydro-forest reclamation on the slopes of the Central Chernozem Region]. Zemledelie. 2020. (6):6-10. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10602.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10603
УДК 631.459.2/.3:631.58

Защита почв от водной эрозии и дефляции в технологии No-till

В. К. ДРИДИГЕР[1], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: dridiger.victor@gmail.ru)
В. П. БЕЛОБРОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, зав. отделом
С. А. АНТОНОВ[1], кандидат географических наук, зав. лабораторией
С. А. ЮДИН[2], кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник
Р. Г. ГАДЖИУМАРОВ[1], зав. лабораторией
С. А. ЛИХОДИЕВСКАЯ[3], агрохимик
Н. Р. ЕРМОЛАЕВ[2], аспирант
[1]Северо-Кавказский федеральный научный аграрный центр, ул. Никонова, 49, Михайловск, Ставропольский край, 356241, Российская Федерация
[2]Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Пыжевский пер., д. 7, стр. 2, Москва, 119017, Российская Федерация
[3]Станция агрохимической службы «Прикумская», ул. Агрономическая, 7, Будённовск, Ставропольский край, 356803, Российская Федерация

Исследования проводили с целью ретроспективного анализа влияния растительных остатков при использовании технологии No-till на развитие процессов линейной водной эрозии и дефляции почв. Работу осуществляли на основе результатов визуальных наблюдений и данных дистанционного зондирования Земли на больших производственных площадях пашни. Объекты исследований – сельскохозяйственные предприятия СПК «Архангельский» (площадь пашни 15675 га) и ООО «Добровольное» (7243 га), расположенные рядом в Будённовском районе Ставропольского края. Оба хозяйства находятся в засушливой зоне со среднегодовым количеством осадков 402 мм. В СПК «Архангельский» с 2014 г. начали осваивать и в 2017 г. полностью перешли на систему земледелия без обработки почвы (No-till). В ООО «Добровольное» все эти годы использовали традиционную систему земледелия с отвальной вспашкой. В СПК «Архангельский» после уборки урожая на поверхности почвы ежегодно сохранялось в среднем 4 т/га растительных остатков возделываемых культур. В сочетании с уборкой зерновых колосовых и льна масличного методом очёса и отказом от чистого пара это обеспечивает надёжную защиту почвы от ветровой и водной эрозии. В результате протяженность водотоков, затронутых процессами линейной водной эрозии, сократилась с 23 км в 2013 г. до 13 км в 2019 г. Эрозия почвы на полях хозяйства и эрозионно опасных участках понижения рельефа прекратилась, что хорошо видно на мультиспектральных космических снимках. В ООО «Добровольное» растительные остатки при вспашке заделываются в почву и 3780 га находится под чистыми парами. Это, наряду с другими факторами, приводит к усилению интенсивности водной эрозии, которое сопровождается формированием русла водотоков, образованием промоин и увеличением протяженности процессов линейной водной эрозии за 2013–2019 гг. с 9,0 до 10,5 км.

Ключевые слова: *технология No-till, эрозия, растительные остатки, обработка почвы, чистые пары, очёс растений, геоинформационные технологии, мультиспектральная съемка.*

Для цитирования: *Защита почв от водной эрозии и дефляции в технологии No-till / В. К. Дридигер, В. П. Белобров, С. А. Антонов и др. // Земледелие. 2020. № 6. С. 11–17. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10603.*

В Ставропольском крае, как и во многих регионах Российской Федерации, отмечается снижение плодородия почвы [1], что проявляется в уменьшении содержания в ней органического вещества [2] и основных элементов питания растений [3, 4]. Среди главных причин такой ситуации можно назвать дефляцию и водную эрозию [5, 6], которые особенно сильно проявляются при отвальной обработке почвы и на паровых полях [7].

Один из приемов борьбы с ветровой эрозией – сохранение на поверхности почвы стерни зерновых колосовых культур [8]. Однако он не гарантирует предотвращения водной эрозии, так как после удаления с полей соломы и половы даже при безотвальной обработке почвы их недостаточно для остановки водных потоков при интенсивном снеготаянии и ливневых осадках.

Более эффективный способ борьбы с эрозией – технология No-till [9], при которой почва не обрабатывается и на её поверхности равномерно распределяются все остатки возделываемых растений [10, 11]. Эффективность этого агроприёма в борьбе с эрозией почвы увеличивается при уборке зерновых колосовых методом очёса и использовании почвопокровных посевов в промежутке от уборки одной до посева следующей культуры севооборота [12]. Это обеспечивает высокую устойчивость почвы к проявлению ветровой и водной эрозии [13]. Такие выводы получены в мелкоделяночных опытах научных учреждений. Однако эффективность технологии No-till против дефляции и водной эрозии на больших производственных площадях до сих пор не установлена.

Цель исследований – провести ретроспективный анализ влияния растительных остатков в технологии No-till на дефляцию почв и развитие процессов линейной водной эрозии на большой площади пахотных земель с использованием данных визуальных наблюдений и дистанционного зондирования Земли.

В качестве объектов для проведения исследований были выбраны сельскохозяйственные предприятия СПК «Архангельский» и ООО «Добровольное», расположенные рядом на территории Будённовского района Ставропольского края. Общая площадь СПК «Архангельский» 16385 га, в том числе пашни 15675 га, ООО «Добровольное» – соответственно 8025 и 7243 га.

В СПК «Архангельский» с 2014 г. начали осваивать и в 2017 г. полностью перешли на систему земледелия без обработки почвы (технология No-till) с обязательным сохранением на её поверхности растительных остатков предшествующих сельскохозяйственных культур. В ООО «Добровольное» все эти годы работали по рекомендованной научными учреждениями системе земледелия с обработкой почвы, предусматривающей зяблевую вспашку под все культуры отвальными плугами с заделкой растительных остатков в почву.

Оба хозяйства находятся в засушливой зоне Ставропольского края со среднегодовой среднесуточной температурой воздуха +10,4 °С, количеством осадков 402 мм. Сумма активных температур воздуха за тёплое время года составляет 3637 °С, гидротермический коэффициент (ГТК) = 0,7. Согласно классификации Г. Т. Селянинова это соответствует очень засушливым климатическим условиям выращивания сельскохозяйственных культур [14].

В среднем за 2014–2019 гг. годовая среднесуточная температура воздуха составила 11,8 °С, что на 1,4 °С выше климатической нормы. Наибольший ее прирост характерен для февраля (+2,9 °С), марта (+2,7 °С), июня (+2,1 °С) и августа (+2,6 °С).

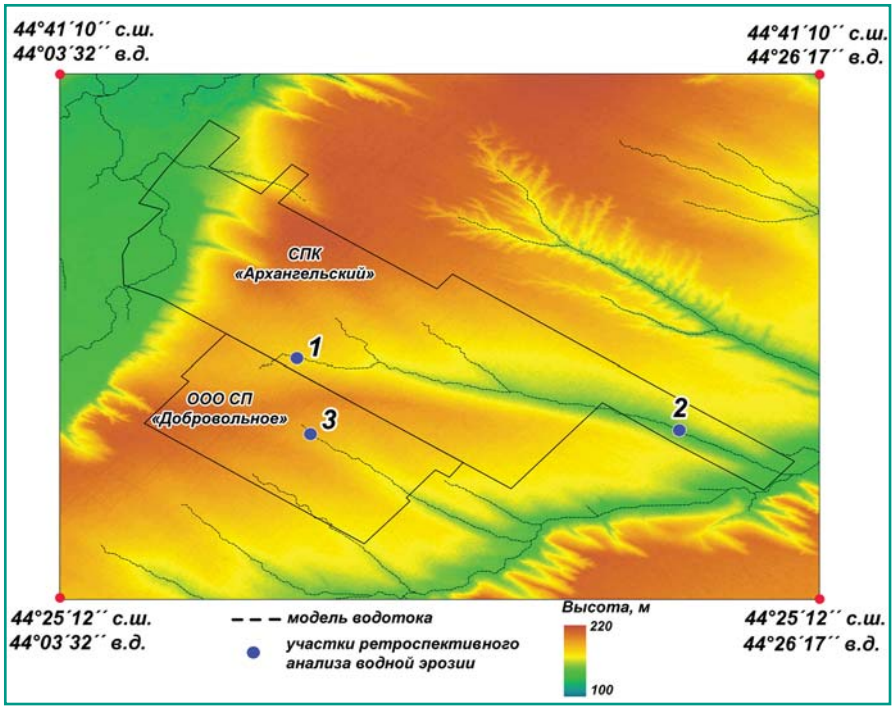


Рис. 1. Цифровая модель рельефа территории СПК «Архангельский» и ООО «Добровольное».

Среднегодовое количество осадков в эти годы было близким к среднемноголетним значениям и составило 409 мм. Самыми засушливыми с годовым количеством осадков 368 и 315 мм были соответственно 2018 и 2019 гг., более увлажнёнными – 2014 и 2015 гг. (449 и 460 мм). При этом отмечено значительное увеличение суммы осадков в январе с 23 мм по климатической норме до 37 мм и марте (с 22 до 42 мм), что на фоне повышения температуры воздуха приводит к интенсивному снеготаянию и росту опасности проявления водной эрозии.

В июне и августе количество осадков уменьшилось на 16 и 19 мм, или на 27,6 и 41,3 %, что в совокупности с повышением температуры воздуха значительно увеличило дефицит влаги в почвах и засушливость летнего периода года. В жаркую и сухую погоду дожди выпадают в виде ливней, что усиливает процессы водной эрозии, особенно на паровых полях.

Особенность климата засушливой зоны Ставропольского края – большая ветровая активность в зимние месяцы и ранней весной, которая особенно сильно проявилась в марте 2019 и 2020 гг.

При проведении исследований общепринятыми методами определяли количество растительных остатков после уборки и перед посевом возделываемых культур, устойчивость почвы к проявлению ветровой эрозии. Структуру посевов и урожайность возделываемых культур определяли по данным статистической отчётности СПК «Архангельский» и ООО «Добровольное» по форме 29СХ.

Основным источником данных дистанционного зондирования Земли был архив компании Maxar Technologies, крупнейшего в мире оператора гражданских спутников, осуществляющих получение космических снимков сверхвысокого пространственного разрешения. Съемку осуществляли космические аппараты Ikonos, GeoEye, WorldView-2. Обработку космоснимков проводили путём дешифрирования и создания синтезированных изображений.

В исследованиях использовали также методы ГИС-технологий: наложение объектов, работа с проекцией, пространственный запрос, построение буферных зон, анализ геометрии объектов, построение моделей крутизны и экспозиции склонов на основе цифровой модели рельефа. Интенсивность водотоков оценивали по методу Strahler [15]. Обработку и представление полученных результатов проводили математико-статистическим и графическим методами.

Перед началом исследований с использованием данных дистанционного зондирования Земли была построена цифровая модель рельефа территории, на основании которой провели ее морфометрический анализ и создали модель пространственного расположения водотоков с последующим дешифрированием линейной водной эрозии на территории обоих предприятий (рис. 1).

Перепад высот на исследуемой территории составляет 120 м – от 100 до 220 м над уровнем моря. Средний уклон местности равен 1,31°, а на отдельных участках достигает максимальных значений 9,79° при стандартном отклонении 0,84°. Отмечено равномерное распределение экспозиции склонов по сторонам света: соотношение площадей колеблется от 11 до 14 %, исключение – северо-восточная экспозиция, склоны которой представлены лишь на 4 % территории. Особенность рельефа изучаемых хозяйств – 6 % территории без четко выраженной экспозиции.

На основании данных дистанционного зондирования Земли сверхвысокого пространственного разрешения (съемка 2013 г., аппарат Ikonos) протяженность водотоков с линейной водной эрозией на пашне в СПК «Архангельский» составляла 19 км, в ООО «Добровольное» – 9 км.

Для ретроспективного анализа динамики эрозионных процессов два участка (№ 1 и 2) выбраны на территории СПК «Архангельский», один (№ 3) – в пределах землепользования ООО «Добровольное». Все они были расположены в местах формирования водотоков, определенных по результатам моделирования на основе цифровой модели рельефа, и наиболее опасных с точки зрения проявления водной эрозии (см. рис. 1).

До начала освоения технологии No-till в 2013 г. структура посевов в СПК «Архангельский» и ООО «Добровольное» была практически одинаковой. В обоих хозяйствах более половины посевных площадей приходилось на озимую пшеницу и озимый ячмень, основную часть которых размещали по чистым парам, занимающим соответственно 38,7 и 40,2 % пашни (табл. 1).

1. Динамика площади чистого пара в СПК «Архангельский» и ООО «Добровольное» Будённовского района Ставропольского края

Хозяйство	Показатель	Год						
		2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
СПК Архангельский	площадь, га	6225	4749	3780	607	458	0	0
	доля в пашне, %	38,7	29,4	23,4	3,8	2,8	0,0	0,0
ООО Добровольное	площадь, га	2912	2639	1414	1767	1239	916	1012
	доля в пашне, %	40,2	36,8	19,7	23,7	17,2	12,7	14,0

2. Количество растительных остатков после уборки полевых культур при их возделывании по технологии прямого посева в СПК «Архангельский», т/га

Культура	Предшественник	Год			Среднее
		2014	2015	2016	
Озимая пшеница	горох	6,42	5,78	5,42	5,88
	лён масличный	5,44	4,12	4,72	4,76
	кукуруза	5,38	4,06	4,64	4,69
	подсолнечник	3,37	3,28	3,64	3,43
Горох	пшеница	3,50	2,49	2,88	2,96
Кукуруза	пшеница	8,03	8,54	7,77	8,11
Подсолнечник	пшеница	4,48	4,31	4,22	4,33
Лён масличный	пшеница	1,64	1,47	1,32	1,48

По мере освоения технологии No-till в СПК «Архангельский» площадь чистого пара уменьшалась, при этом с 2014 г. паровые поля не обрабатывали, на их поверхности сохраняли растительные остатки предшествующих культур, а борьбу с сорняками вели с использованием гербицидов сплошного действия (химический пар). В 2018 и 2019 гг. в хозяйстве полностью отказались от чистых паров, вместо которых в 2019 г. на площади 1993 га возделывали горох и нут, 2000 га занимал лён масличный, 1615 га – подсолнечник и 1215 га – кориандр, сафлор и гречиха, после уборки которых высевали озимую пшеницу и озимый ячмень. Поэтому в структуре посевных площадей половина приходилась на озимые зерновые, половина – на яровые культуры.

В ООО «Добровольное» в эти годы также значительно (в 3 раза) уменьшилась площадь чистых паров, в результате в 2019 г. в хозяйстве 50 % пашни занимала озимая пшеница, 36 % – засухоустойчивые нут и лён масличный и 14 % чистые пары. При этом в хозяйстве ежегодно проводили основную отвальную обработку почвы, которая сопровождалась мелкими промежуточными и предпосевными обработками для выравнивания почвы и борьбы с сорняками, что приводит к большим непроизводительным потерям влаги из-за физического испарения с взрыхлённой поверхности. В результате более влаголюбивые культуры (горох, гречиха, кукуруза и даже подсолнечник) в ООО «Добровольное» не формируют экономически значимого урожая, поэтому 12...14 % пашни отводят под чистые пары, которые служат гарантом высокого урожая озимой пшеницы, особенно в засушливые годы.

В СПК «Архангельский» благодаря использованию технологии No-till, которая обусловливает большее, чем при отвальной обработке почвы, накопление и лучшее сохранение влаги, появилась возможность заменить поле чистого пара в севообороте на поле яровых культур. При этом остающаяся на поверхности почвы побочная продукция (растительные остатки) возделываемых культур способствовала повышению защиты почв от эрозии [16, 17].

Масса растительных остатков зависела от культуры, предшественника и погодных условий во время вегетации растений. Наибольшей в среднем за 3 года наблюдений она была после кукурузы – 8,11 т/га, озимой пшеницы и подсолнечника – выше 4 т/га (табл. 2).

Больше всего побочной продукции озимой пшеницы оставалось при посеве после гороха – 5,88 т/га, после льна масличного и кукурузы ее масса была ниже на 1,12 и 1,19 т/га, и меньше всего остатков озимой пшеницы отмечали после подсолнечника – 3,43 т/га. Масса побочной продукции после гороха была значительно ниже (2,96 т/га), а наименьшее ее количество формировал лён масличный (1,48 т/га). Во влажные годы возделываемые культуры развивали большую надземную массу, соответственно, поступление растительных остатков увеличивалось, по сравнению с засушливыми.

Эффективность растительных остатков против эрозии во многом зависела от их распределения по поверхности поля и способа уборки урожая. В этом отношении наиболее эффективен метод очёса растений, когда с использованием специальных жаток убирают («очёсывают») только «плодовую» часть растений (колосья, бобы, коробочки, метёлки и др.), а вся остальная надземная масса сохраняется на поверхности почвы. Таким способом в СПК «Архангельский» убирают озимую пшеницу и лён масличный (рис. 2). Это увеличивает эффективность защиты почвы от эрозии. Нескошенные стебли озимой пшеницы и льна масличного надёжно защищают почву от ветровой эрозии в зимнее время. К весне под действием снега и силы тяжести они ровным слоем укладываются на поверхности почвы, что обеспечивает защиту почв от водной эрозии, которую в эти годы на полях

Рис. 2. *Вид поля после уборки озимой пшеницы (слева) и льна масличного (справа) методом очёса растений.*

Рис. 3. *Посев подсолнечника после уборки озимой пшеницы очёсом растений (слева) и озимая пшеница после очёса льна масличного (справа).*

хозяйства не наблюдали даже при большом накоплении снега и его интенсивном таянии весной.

Посев подсолнечника по такому многослойному «ковру» из стеблей прошлогодней озимой пшеницы обеспечивает надёжную защиту почвы в широких междурядьях от проявления дефляции и водной эрозии при выпадении интенсивных ливневых осадков. Таким образом, эрозионная опасность возделывания подсолнечника и других пропашных культур, которые высевают с широкими междурядьями, резко снижается (рис. 3).

Защиту почвы от ветровой и водной эрозии обеспечивают и жесткие стебли льна масличного вместе с взошедшей и раскустившейся под их покровом озимой пшеницей. Во время вегетации культуры летом следующего года стебли льна масличного уменьшают силу и скорость ветра у поверхности почвы, затеняют вегетирующие растения от прямых солнечных лучей, чем создают более комфортные условия для роста и развития озимой пшеницы.

В целом в СПК «Архангельский», например, в 2015 г. всего было выращено 55,2 тыс. т побочной продукции, или в среднем на 1 га пашни поступление растительных остатков составило 3,42 т. В 2016 г. и в дальнейшем, когда в хозяйстве не было чистых паров, общее количество побочной продукции составило порядка 70 тыс. т, или более 4 т/га растительных остатков, которые защищали почву от эрозии и не мешали работе посевных агрегатов.

К посеву яровых культур (горох, подсолнечник, лён масличный и др.) на поверхности поля оставалось 61...69 % растительных остатков предшествующей озимой пшеницы от первоначального количества. Перед посевом озимой пшеницы после кукурузы, подсолнечника и льна масличного величина этого показателя достигала 92...96 %, гороха – 72...75 %.

После уборки методом очёса остатки озимой пшеницы и льна масличного находились на поверхности почвы в течение трёх лет, проявляя свои защитные свойства, тогда как при скашивании, измельчении и распылении по поверхности поля они разлагались микроорганизмами в течение двух лет. Также в течение трёх лет сохранялись стебли подсолнечника и кукурузы, тогда как побочная продукция гороха, нута и листья кукурузы разрушаются почвенной микробиотой в течение одного года.

Несмотря на продолжительное сохранение растительных остатков на поверхности почвы, их масса при работе хозяйства по технологии No-till не увеличивалась, что свидетельствует о возрастающей активности почвенных микроорганизмов. Так, в среднем за 2014–2016 гг. масса растительных остатков гороха к весне следующего года составляла 1,4...1,6 т/га, кукурузы – 4,2...4,5, льна масличного – 1,1...1,2 т/га. После 7 лет работы по технологии No-till весной 2020 г. их было даже меньше – соответственно 1,2, 3,2 и 1,0 т/га, что стало следствием сильной засухи 2019 г., в результате которой вегетативная масса возделываемых культур и остающейся после их уборки побочной продукции была меньше.

В ООО «Добровольное» количество растительных остатков после уборки было таким же, как в СПК «Архангельский», а побочной продукции озимой пшеницы, возделываемой по чистому пару, значительно больше, чем после непаровых предшественников. Однако в этом хозяйстве уборку проводят на низком срезе (высота скашивания 5...6 см), а вся побочная продукция измельчается и равномерно распределяется по поверхности поля.

Сразу после уборки урожая все поля дважды обрабатывают тяжелыми дисковыми боронами, в результате чего происходит дополнительное измельчение растительных остатков и их перемешивание с верхним десятисантиметровым слоем почвы. Во время основной осенней обработки плугами с отвалами все растительные остатки заделываются в почву на глубину 20...22 см. Поэтому зимой, весной, в начале лета и до появления всходов яровых культур поверхность почвы остается открытой, а на паровых полях такая ситуация сохраняется в течение года. В таком состоянии снижается ветроустойчивость почвы и возрастает интенсивность процессов дефляции.

По оперативной информации Министерства сельского хозяйства в Ставропольском крае в марте 2020 г. наблюдалась пыльная буря, в резуль-

Рис. 4. *Мультиспектральная съемка участка № 1 территории СПК «Архангельский» перед освоением (слева) и на 6-й год работы по технологии No-till.*

тате которой пострадали посевы озимых культур на площади 79,3 тыс. га, из них на площади 51,5 тыс. га ветер травмировал листовой аппарат растений, на 21,9 тыс. га посевы засыпал мелкозем и на 5,9 тыс. га отмечали их гибель. Пострадали посевы озимых и в ООО «Добровольное», тогда как в СПК «Архангельский» проявления ветровой эрозии не отмечали.

Находящиеся на поверхности почвы растительные остатки при технологии No-till служат естественным препятствием для стока воды и скорость её потока сильно снижается, а оптимальная плотность почвы [18], восстанавливающаяся агрегированность (структура) почвы [19] и появившиеся вертикальные ходы дождевых червей и другой биоты обеспечивают хорошую водопроницаемость почвы. Поэтому при снеготаянии и интенсивных осадках на равнинных и даже склоновых участках вода успевает полностью просочиться в почву, что предотвращает ее сток и исключает проявление «ручейковой» эрозии, что можно визуально наблюдать на полях хозяйства.

Всё это повышает содержание влаги в почве, улучшает обеспечение возделываемых культур [20] и блокирует ее потери на сток в пониженные участки рельефа, что способствует значительному снижению и/или прекращению водной эрозии на потенциально опасных участках расчлененного рельефа.

На мультиспектральном космическом снимке участка № 1 в СПК «Архангельский» перед началом освоения технологии прямого посева в 2013 г. хорошо видны 3 участка (рис. 4, выделены кружками) общей площадью 5,3 га, расположенные в днище водотока, пересекающего поля с запада на восток. Весной их затапливали талые воды, а летом здесь скапливались атмосферные осадки. Поэтому до освоения технологии No-till эти участки было невозможно использовать в сельскохозяйственном производстве, так как во время посева яровых их затапливала вода, а растения озимых культур погибали весной по этой же причине.

Восточнее участков с подтоплением отчетливо дешифрируется эрозионная ложбина, по бортам которой, преимущественно на склоне южной экспозиции хорошо виден светлый контур, параллельный ложбине, характеризующий транзитную зону – смыв верхнего плодородного слоя почвы, как очевидное свидетельство водной эрозии. Днище ложбины, где аккумулируются почвенные частицы, имеет на снимке более тёмный цвет, чем в зоне смыва и расположенных рядом почв полей.

В 2019 г. участки подтопления практически не дешифрировались (за исключением самого западного), что свидетельствует о снижении интенсивности эрозии в результате прекращения формирования водотоков или снижения их интенсивности. Сегодня эти участки возвращены в сельскохозяйственное использование.

На участке пашни № 2 (в этом же хозяйстве) до освоения технологии No-till также вследствие большого сбора воды с прилегающих территорий по дну понижения рельефа проявлялась сильная линейная водная эрозия, в результате которой был смыт верхний плодородный слой и на поверхности оказались более глубокие насыщенные карбонатами и поэтому светлые горизонты почвы. В этот период про-

Рис. 5. *Мультиспектральная съемка участка № 2 территории СПК «Архангельский».*

Рис. 6. *Мультиспектральная съемка участка № 3 территории ООО «Добровольное».*

езд поперёк указанного понижения сеялочным или другим агрегатом был затруднён. Ежегодно при обработке почвы эрозионную канаву выравнивали, но после весеннего снеготаяния и ливневых дождей она формировалась вновь и даже посевы озимой пшеницы не могли сдержать процессы линейной эрозии (рис. 5).

С началом использования технологии No-till сток воды в это понижение сократился, что обеспечило прекращение водной эрозии, а плодородие этого участка начало постепенно восстанавливаться. Об этом свидетельствует цвет и текстура эрозионного размыва, на шестой год очертания русла исчезли, на снимке виден лишь темноцветный контур бывшего водотока.

В ООО «Добровольное» за эти годы, наоборот, отмечено усиление проявления водной эрозии не только в местах понижения рельефа, но и на довольно пологих полях, расположенных на территории водосбора. На мультиспектральной съемке на участке № 3 в этом хозяйстве в 2013 г. дешифрируются линейные эрозионные размывы, особенность которых – отсутствие четких границ, что указывает на незначительную интенсивность эрозии, исключение составляет водоток, расположенный в южной части снимка (рис. 6). Через 6 лет в 2019 г. на этом участке отмечено формирование четких границ водотоков, что свидетельствует об усилении интенсивности стока, которая сопровождается образованием новых промоин, расширением эрозионной сети и со временем может трансформировать водоток в балку.

Таким образом, в ООО «Добровольное» происходит переход временных водотоков в категорию промоин с увеличением протяженности линейной сети на 16,7 % с 9,0 км в 2013 г. до 10,5 км в 2019 г. В то же время на территории СПК «Архангельский» установлено сокращение ее протяженности в 1,8 раза с 23 до 13 км, что свидетельствует о снижении или полном прекращении водной эрозии не только на полях, но и на эрозионно опасных пахотных участках хозяйства. Кроме того, по наблюдениям станции агрохимической службы «Прикумская», в этом хозяйстве стабилизировалось содержание гумуса в почве, обеспеченность подвижными формами фосфора и калия (по Мачигину) увеличилась соответственно с 13 до 21 мг/кг и с 346 до 400 мг/кг почвы. В других близлежащих хозяйствах Будённовского района, в том числе в ООО «Добровольное», величины этих показателей снизились [21].

В среднем за годы освоения и работы по технологии No-till урожайность озимой пшеницы в СПК «Архангельский» была меньше, чем в других хозяйствах района. Обусловлено это размещением культуры по непаровым предшественникам, тогда как в остальных хозяйствах ее в основном высевают после чистого пара (табл. 3).

В то же время в СПК «Архангельский» отмечена самая высокая урожайность озимого ячменя, возделываемого на больших площадях, подсолнечника и довольно высокая урожайность гороха. К тому же в этом хозяйстве, в отличие от других предприятий, на больших площадях высевают нут и лён масличный, урожайность которых в среднем составляет 1,02 и 0,82 т/га. Средняя за 2014–2019 гг. продуктивность 1 га пашни в СПК «Архангельским» составила 2,98 тыс. зерн. ед., что ниже, чем только в хозяйстве – лидере района ЗАО «Калининское».

Таким образом, применение технологии No-till, предусматривающей обязательное оставление на поверхности почв растительных остатков, обеспечивает в засушливых районах Ставрополья прекращение процессов водной эрозии и восстановление деградированного почвенного покрова. Постоянно присутствующие на поверхности почв растительные остатки, остающиеся после уборки возделываемых культур достаточно эффективно заменяют естественный травяной покров, препятствуя развитию дефляционных процессов, характерных для региона исследований.

Защита почвенного покрова от ветровой и водной эрозии растительными остатками сопровождается стабилизацией почвенного плодородия,

3. Урожайность сельскохозяйственных культур в хозяйствах Будённовского района* (в среднем за 2014–2019 гг.), т/га

Сельхозпредприятие	Культура				Сбор зерновых единиц, тыс./га пашни
	озимая пшеница	озимый ячмень	горох	подсолнечник	
СПК колхоз «Нива»	5,05	4,00	2,61	1,31	2,75
ЗАО «Прасковея»	4,31	–	–	–	2,25
ЗАО «Калининское»	5,78	4,14	2,60	1,35	3,09
СПК «Архангельский»	4,10	4,99	2,46	1,62	2,98
ООО «Парижская Коммуна»	4,61	4,10	2,05	1,36	2,34
СПК колхоз «Прикумский»	3,44	–	–	–	1,89
ЗАО «Толстово-Васюковское»	3,50	–	–	–	1,99
Среднее по району	4,38	4,32	2,37	1,40	2,47

**по технологии No-till работает СПК «Архангельский», остальные хозяйства – по традиционной технологии с обработкой почвы.*

предотвращением дегумификации, активизацией микробиологических процессов и увеличением содержания питательных элементов в почве.

Применение чистых паров и ежегодная отвальная обработка с заделкой растительных остатков предшествующих культур сопровождается усилением дефляции и линейной водной эрозии. В результате в зонах формирования эрозионной сети уменьшается мощность гумусового горизонта и усиливаются процессы деградации почв, что ведет к снижению почвенного плодородия и урожайности культур.

Литература.

1. Глушко А. Я. Деградация земельного фонда Ставропольского края в условиях интенсивного земледелия // Земледелие. 2011. № 8. С. 5–7.

2. Мониторинг плодородия почв Ставропольского края: динамика агрохимических показателей с учётом зональных особенностей почв / В. Н. Ситников, В. П. Егоров, А. Н. Есаулко и др. // Агрохимический вестник. 2018. № 4. С. 8–13. DOI: 10.24411/0235-2516-2018-10019

3. Кудеяров В. Н. Баланс азота, фосфора и калия в земледелии России // Агрохимия. 2018. № 10. С. 3–11. DOI: 10.1134/S0002188118100101

4. Бурлай А. В., Фурсов А. Д. Оценка агрохимического и эколого-токсикологического состояния земель сельскохозяйственного назначения в западной части Ставропольского края // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 4. С. 16 -9. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10404

5. Оценка развития процессов водной эрозии на территории агроландшафтов Ставропольского края и их влияние на продуктивность / С. А. Антонов, А. Н. Есаулко, М. С. Сигида и др. // Вестник АПК Ставрополья. 2018. № 1 (29). С. 67–72.

6. Влияние степени деградации каштановых почв сухостепной зоны Монголии на их устойчивость и гумусное состояние / Я. Баасандорж, Р. Дэлгэрцэцэг, Г. Баярбат и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 7. С. 29–32. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10707.

7. Мальцев К. А., Ермолаев О. П. Потенциальные эрозионные потери почвы на пахотных землях европейской территории России // Почвоведение. 2019. № 12. С. 1502–1512. DOI:10.1134/S0032180X19120104

6. Русакова И. В. Ресурсосберегающие технологии использования растительных остатков // Агрохимический вестник. 2012. № 3. С. 40–42.

7. Прямой посев полевых культур в Ставропольском крае / Г. Р. Дорожко, О. Г. Шабалдас, В. К. Зайцев и др. // Земледелие, 2013. № 8. С. 20–22.

8. Effekt of No-till Technology on erosion resistance, the population of earthworms and humus content in soil / V. K. Dridiger, E. I. Godunova, F. V. Eroshenko, et. al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2018. No. 9 (2). Pp. 766–770.

9. Gusev Y. M., Dzhogan L. Y. Soil mulching as an important element in the strategy of using natural water resources in agroecosystems of the Steppe Crimea // Eurasian Soil Science. 2019. T. 52. No. 3. Pp. 313–318.

10. Using mulch from cover crops to facilitate organic No-till soybean and maize production. A review / L. Vincent-Caboud, C. David, J. Peigne, et al. // Agronomy for Sustainable Development. 2019. T. 39. No. 5. Pp. 45.

11. Дридигер В. К. Влияние растительных остатков на противоэрозионную устойчивость почвы // Эрозия почв: проблемы и пути повышения эффективности растениеводства в адаптивно-ландшафтной системе земледелия: матер. Всерос. науч.-практ. конф. Ульяновск: УлГТУ, 2018. С. 59–64.

12. Антонов С. А. Тенденции изменения засушливости вегетационного периода на территории Ставропольского края // Земледелие. 2013. № 5. С. 3–6.

13. Strahler A. N. Hypsometric (area altitude) analysis of erosional topology // Geological Society of America Bulletin. 1952. No. 63 (11). Pp. 1117–1142. https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO

14. Effekt of No-till technology on the available moisture content and soil density in the crop rotation / V. V. Kulintsev, V. K. Dridiger, E. I. Godunova, et al. // Research Journal of Pharmaceutical, Biological and Chemical Sciences. 2017. No. 8 (6). Pp. 795–799.

15. Influence of precipitation and moisture reserves on the yield of crops under different tillage / G. V. Mokrikov, T. V. Minnikova, K. Sh. Kazeev, et al // Agronomy Research. 2019. T. 17. No. 6. Pp. 2350–2358.

16. Петрова Л. Н., Дридигер В. К., Кащаев Е. А. Влияние технологий возделывания сельскохозяйственных культур на содержание продуктивной влаги и плотность почвы в севообороте // Земледелие. 2015. № 5. С. 16–18.

17. Kumar N., Nath C. P. Impact of zero-till residue management and crop diversification with legumes on soil aggregation and carbon sequestration // Soil & Tillage Research. 2019. T. 189. Pp. 158–167.

18. Влияние длительного применения прямого посева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны / Г. Р. Дорожко, О. И. Власова, О. Г. Шабалдас и др. // Земледелие. 2017. № 7. С. 7–10.

19. Шеховцов Г. А., Чайкина Н. Н. Мониторинг плодородия почв, динамика применения минеральных и органических удобрений, баланс элементов питания в почвах восточной части Ставропольского края // Земледелие. 2018. № 6. С. 21–26. DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10606

Protection of soils from water erosion and deflation in *no-till* technology

V. K. Dridiger[1], V. P. Belobrov[2], S. A. Antonov[1], S. A. Yudin[2], R. G. Gadzhiumarov[1], S. A. Likhodievskaya[3], N. R. Yermolaev[2],

[1]North-Caucasian Federal Scientific Agrarian Center, ul. Nikonova, 49, Mikhailovsk, Stavropol'skii krai, 356241, Russian Federation
[2]Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskyi per., 7, Moskva, 109017, Russian Federation
[3]Station of agrochemical service «Prikumskaya, ul. Agronomicheskaya, 7, Budennovsk, Stavropol'skii krai, 356803, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out for the retrospective analysis of the effect of plant residues when using no-till technology on the development of processes of linear water erosion and soil deflation. The work was carried out based on the results of visual observations and data of remote sensing of the Earth on large production areas of arable land. The objects of research were agricultural enterprises "Arkhangelsky" (the area of arable land was 15,675 ha) and "Dobrovolnoye" (7,243 ha), located next to each other in the Budennovsky district of the Stavropol Territory. Both farms are located in a dry zone with an average annual precipitation of 402 mm. "Arkhangelsky" began to develop in 2014 and in 2017 completely switched to the system of farming without tillage (no-till). For all these years, "Dobrovolnoye" has been using the traditional farming system with moldboard ploughing. In "Arkhangelsky" after harvesting, plant residues remained on the soil surface in the amount of 4 t/ha annually. In combination with the harvesting of cereals and oil flax by the brushing method and the rejection of bare fallow, this provides reliable soil protection from wind and water erosion. As a result, the length of watercourses, affected by linear water erosion processes, decreased from 23 km in 2013 to 13 km in 2019. Soil erosion in the fields of the farm and erosion-hazardous areas of lowering of the relief has stopped, which is visible on multispectral satellite images. In "Dobrovolnoye", plant residues are embedded in the soil during ploughing, and bare fallow occupies 3,780 ha. This, along with other factors, leads to an increase in the intensity of water erosion, which is accompanied by the formation of stream channels, the formation of gullies and an increase in the length of linear water erosion processes in 2013–2019 from 9.0 to 10.5 km.*

Keywords: *no-till technology; erosion; plant residues; soil treatment; bare fallow; brushing method; geoinformational technologies; multispectral survey.*

Author Details: *V. K. Dridiger, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: dridiger.victor@gmail.ru); V. P. Belobrov, D. Sc. (Agr.), head of division; S. A. Antonov, Cand. Sc. (Geogr.), head of laboratory; S. A. Yudin, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow; R. G. Gadzhiumarov, head of laboratory; S. A. Likhodievskaya, agrochemist; N. R. Yermolaev, post graduate student.*

For citation: *Dridiger VK, Belobrov VP, Antonov SA, et al. [Protection of soils from water erosion and deflation in no-till technology]. Zemledelie. 2020. (6):11-7. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10603.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10604
УДК 631.417.2: 631.582: 631.51: 631.84/.85

Содержание гумуса в выщелоченном черноземе в зависимости от севооборота, системы обработки почвы и удобрений в лесостепи юга Западной Сибири

В. И. УСЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: usenko.001@mail.ru)
С. В. УСЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
Т. А. ЛИТВИНЦЕВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий, пос. Научный городок, 35, Барнаул, 656910, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния севооборота, системы обработки почвы и удобрений на содержание гумуса в выщелоченном среднемощном среднесуглинистом черноземе. Работу выполняли в Алтайском крае в стационарном многофакторном полевом опыте со следующей схемой: севооборот (А) – бессменная пшеница, полевой севооборот; обработка почвы (В) – без обработки (No-till), мелкая плоскорезная на 14...16 см, глубокая плоскорезная на 25...27 см; удобрения (С) – без удобрений, аммофос при посеве, аммиачная селитра до посева (под горох – аммофос) + аммофос при посеве. Содержание гумуса (по Тюрину) в пахотном (0...20 см) слое почвы составляло 3,80 %, подвижного (по Чирикову) фосфора и калия – соответственно 200 и 180 мг/кг. Содержание гумуса определяли в образцах почвы, отобранных в пахотном (0...20) и подпахотном (20...40 см) слоях в 2019 г. после трех ротаций в заключительном поле севооборота, и под бессменной пшеницей. Варьирование величины этого показателя в пахотном слое почвы определяется влиянием севооборота (42,7 %) и обработки почвы (38,0 %), в подпахотном – преимущественно севооборотом (66,0 %) и меньше (17,0 %) обработкой почвы. Отказ от севооборота при переходе к бессменной пшенице сопровождается снижением содержания гумуса в пахотном и подпахотном слоях почвы с 4,19 до 3,70 % и с 3,89 до 3,18 % соответственно, а замена глубокой на мелкую и нулевую обработки – его увеличением с 3,65 до 3,95 и 4,22 % и с 3,28 до 3,66 и 3,66 %. Влияние обработки на содержание гумуса в пахотном слое под культурами севооборота было сильнее, чем в подпахотном и под бессменной пшеницей. Удобрения не оказывали существенного влияния на содержание гумуса в почве.

Ключевые слова: *содержание гумуса, севооборот, бессменный посев, обработка почвы, прямой посев, удобрения.*

Для цитирования: *Усенко В. И., Усенко С. В., Литвинцева Т.А. Содержание гумуса в выщелоченном черноземе в зависимости от севооборота, системы обработки почвы и удобрений в лесостепи юга Западной Сибири // Земледелие. 2020. № 6. С. 18–21. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10604.*

Содержание гумуса – основополагающий показатель плодородия почв, свидетельствующий о потенциальной их продуктивности, особенно в условиях недостаточного количества применяемых удобрений или полного их отсутствия [1, 2, 3]. Известно, что в процессе сельскохозяйственного использования почв содержание гумуса изменяется с интенсивностью и направленностью, определяющейся множеством факторов, главные из которых – количество поступающего в почву с удобрениями и растительными остатками сельскохозяйственных культур свежего органического вещества, а также скорость его минерализации. Они могут поддаваться регулированию через агротехнологии [4, 5, 6].

Наиболее интенсивные потери плодородия (и гумуса) происходят в результате эрозионных процессов, особенно на территориях с высокой распаханностью земель [7, 8, 9]. Одним из путей управления гумусовым состоянием почвы чаще всего считают переход на минимальные системы обработки почв или на технологию No-till, предусматривающую полный отказ от механической обработки и прямой посев по стерне, что должно обеспечивать постепенное формирование на поверхности мульчирующего слоя из растительных остатков предшествующих культур, улучшение водного, воздушного и питательного режимов почвы, накопление в ней органического вещества и гумуса, и в конечном счете – увеличение урожайности сельскохозяйственных культур и улучшение качества продукции, а также проявление эффекта «постагрогенного восстановления» органического вещества в почве [10, 11, 12].

Вместе с тем, переход на технологии No-till, как отмечают многие исследователи [13, 14, 15], часто сопровождается ухудшением почвенных режимов, фитосанитарной обстановки и снижением продуктивности сельскохозяйственных культур и агроценозов в целом, по сравнению с традиционными технологиями. Аналогичное снижение на уровне конкретных культур отмечали и мы [16, 17, 18], хотя на уровне севооборота от перехода на прямой посев уменьшение продуктивности было не столь значительным вследствие компенсации недобора урожая основных культур дополнительной продукцией маслосемян рапса [19]. Все это свидетельствует о необходимости дальнейшего расширения и углубления исследований по указанной проблеме [20, 21, 22].

Цель работы – изучить особенности формирования содержания гумуса в выщелоченном черноземе в зависимости от способа использования пашни, системы обработки почвы и уровня применения минеральных удобрений в условиях лесостепи юга Западной Сибири.

Исследования проводили в длительном стационарном полевом опыте, заложенном в 2000 г. на опытном поле Алтайского НИИ сельского хозяйства Федерального Алтайского научного центра агробиотехнологий в условиях лесостепи юга Западной Сибири.

Схема многофакторного полевого опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

способ использования пашни (фактор А) – бессменная пшеница, полевой севооборот с чередованием культур пар чистый (при нулевой обработке почвы – рапс на маслосемена) – пшеница – овес – пшеница – горох – пшеница;

система обработки почвы (фактор В) – без основной обработки почвы (нулевая, No-till) с прямым посевом всех культур (БО); мелкая (на 14...16 см) плоскорезная основная обработка почвы под все культуры (МПО); глубокая (на 25...27 см) плоскорезная основная обработка почвы под все культуры (ГПО);

уровень применения минеральных удобрений (фактор С) – без удобрений (0), припосевное внесение 48 кг/га аммофоса ($N_{5,8}P_{25}$) под все культуры; основное внесение 116 кг/га аммиачной селитры (N_{40}) под зерновые культуры (под горох – 48 кг/га аммофоса, или $N_{5,8}P_{25}$) + припосевное внесение 48 кг/га аммофоса под все культуры ($N_{5,8}P_{25}$). С учетом того, что в паровом поле и под рапс удобрения не применяли, насыщенность ими 1 га посева бессменной пшеницы на первом уровне была нулевой, на втором составляла $N_{5,8}P_{25}$, на третьем – $N_{45,8}P_{25}$, а 1 га в севообороте – соответственно 0, $N_{4,8}P_{20,8}$ и $N_{32,4}P_{25}$.

Эксперимент заложен на склоне юго-восточной экспозиции крутизной 1...2°. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный среднесуглинистый со средним содержанием гумуса в пахотном слое 3,80 %, общего азота – 0,23 %, подвижных фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 200 и 180 мг/кг почвы. Реакция среды близкая к нейтральной ($pH_{сол}$ 6,15).

Площадь опытных делянок последнего порядка 116...255 м^2. Расположение делянок систематическое, повторность в севообороте – трехкратная, в бессменных посевах пшеницы – двукратная. Наблюдения, учеты и исследования в опыте выполняли общепринятыми методами, результаты подвергали дисперсионному анализу (*Б. А. Доспехов, 1985*). Содержание гумуса определяли методом Тюрина в слоях почвы 0...20 и 20...40 см. Почвенные образцы отбирали в 2019 г. в заключительном поле севооборота после трех ротаций, а также после бессменного возделывания пшеницы.

Агротехника в опыте включала на фонах с основной обработкой после уборки предшественника поверхностную обработку почвы легкой дисковой бороной на глубину 3...4 см, в октябре – основную обработку согласно схеме эксперимента, весной, при достижении почвой физической спелости, – боронование, локальное внесение азотных удобрений (в соответствующих вариантах) сеялкой СЗС-2,1, предпосевную культивацию и посев во второй – начале третьей декады мая сеялкой СЗ-3,6. На фоне без основной обработки почвы осенью после уборки предшественника и/или весной до посева проводили опрыскивание гербицидом сплошного действия, весной перед посевом, согласно схеме опыта, – внесение азотных удобрений сеялкой прямого посева Semeato TDNG 420 с дисковыми сошниками. Этой же сеялкой проводили посев. В эксперименте в последние годы использовали аммиачную селитру и аммофос.

Лесостепь юга Западной Сибири – теплый недостаточно увлажненный район с дефицитом осадков в первой и повышенным их количеством во второй половине лета. Климатическая норма суммы осадков за сельскохозяйственный год составляет 409 мм, положительных температур за апрель–август – 2161 °С. В период исследований величины этих показателей варьировали соответственно от 317 до 557 мм и от 2044 до 2528 °С. Коэффициент увлажнения, учитывающий осадки, предшествующих осени, зимы и весны, в годы исследований варьировал от 0,55 (остродефицитное увлажнение) до 1,10 (умеренное увлажнение) при климатической норме 0,80.

В среднем по опыту содержание гумуса в пахотном (0...20 см) слое почвы в наших исследованиях определялось в основном влиянием способа использования пашни (вклад фактора 42,7 %) и системы обработки почвы (38,0 %). Действие минеральных удобрений и взаимодействие обработки почвы со способом использования пашни или удобрениями было слабым – их вклад составлял соответственно 4,1, 6,4 и 6,7 %, а взаимодействия способа использования пашни с удобрениями, а также всех факторов было незначительным – 1,0 и 1,1 % (см. таблицу). Отказ от севооборота

Содержание гумуса в выщелоченном черноземе в зависимости от способа использования пашни, системы обработки почвы и минеральных удобрений (2019 г.), %

Способ использования пашни (фактор А)	Система обработки почвы (фактор В)	Минеральные удобрения (фактор С)				Результаты дисперсионного анализа
		0	NP-1	NP-2	среднее	
0...20 см						
Бессменная пшеница	БО	3,84	3,74	4,01	3,86	$НСР_{05}$ для факторов:
	МПО	3,81	3,52	3,78	3,70	А=0,21; В=0,26;
	ГПО	3,42	3,43	3,73	3,53	С=0,26; АВ=0,36;
	среднее	3,69	3,56	3,84	3,70	АС=0,36; ВС=0,44;
Севооборот	БО	4,44	4,61	4,68	4,58	АВС=0,63
	МПО	4,47	4,04	4,10	4,20	
	ГПО	3,65	3,77	3,92	3,78	Доля влияния факторов, %:
	среднее	4,19	4,14	4,23	4,19	
Среднее	БО	4,14	4,17	4,34	4,22	А=42,7; В=38,0;
	МПО	4,14	3,78	3,94	3,95	С=4,1; АВ=6,4;
	ГПО	3,53	3,60	3,83	3,65	АС=1,0; ВС=6,7;
	среднее	3,94	3,85	4,04	3,94	АВС=1,1
20...40 см						
Бессменная пшеница	БО	3,31	3,18	3,35	3,28	$НСР_{05}$ для факторов:
	МПО	3,71	2,99	3,14	3,28	А=0,28; В=0,35;
	ГПО	2,94	3,06	2,97	2,99	С=0,35; АВ=0,49;
	среднее	3,32	3,08	3,15	3,18	АС=0,49; ВС=0,60;
Севооборот	БО	3,82	4,00	4,32	4,05	АВС=0,85
	МПО	4,00	4,27	3,86	4,04	
	ГПО	3,47	3,63	3,63	3,58	Доля влияния факторов, %:
	среднее	3,76	3,97	3,94	3,89	
Среднее	БО	3,57	3,59	3,84	3,66	А=66,0; В=17,0;
	МПО	3,86	3,63	3,50	3,66	С=0,1; АВ=0,9;
	ГПО	3,20	3,35	3,30	3,28	АС=4,8; ВС=7,0;
	среднее	3,54	3,52	3,54	3,54	АВС=4,3
0...40 см						
Бессменная пшеница	БО	3,57	3,46	3,68	3,57	$НСР_{05}$ для факторов:
	МПО	3,76	3,26	3,46	3,49	А=0,22; В=0,27;
	ГПО	3,18	3,25	3,35	3,26	С=0,27; АВ=0,38;
	среднее	3,50	3,32	3,50	3,44	АС=0,38; ВС=0,46;
Севооборот	БО	4,13	4,31	4,50	4,31	АВС=0,65
	МПО	4,24	4,16	3,98	4,12	
	ГПО	3,56	3,70	3,77	3,68	Доля влияния факторов, %:
	среднее	3,98	4,05	4,08	4,04	
Среднее	БО	3,85	3,88	4,09	3,94	А=59,6; В=26,5;
	МПО	4,00	3,71	3,72	3,81	С=1,2; АВ=3,0;
	ГПО	3,37	3,47	3,56	3,47	АС=1,9; ВС=6,7;
	среднее	3,74	3,69	3,79	3,74	АВС=1,1

при переходе к бессменному возделыванию пшеницы сопровождается достоверным снижением содержания гумуса в пахотном слое почвы с 4,19 до 3,70 %, а замена глубокой плоскорезной на мелкую и нулевую системы обработки – его увеличением в среднем с 3,65 до 3,95 и 4,22 %. При этом систематическое внесение аммофоса в рядки при посеве, как и сочетание этого приема с ежегодным основным применением аммиачной селитры не обеспечивало существенного изменения содержания гумуса в пахотном слое почвы, по сравнению с фоном без удобрений, величина этого показателя составляла соответственно 3,85, 4,04 и 3,94 % при $НСР_{05}$ для фактора удобрений 0,26 %.

В пределах конкретных агроценозов направленность влияния систем обработки на содержание гумуса в пахотном слое почвы оставалась примерно такой же, как и в среднем по опыту, однако различия по обработкам усиливались от бессменных посевов к севообороту. Так, в среднем по фонам применения удобрений при бессменном возделывании пшеницы замена глубокой плоскорезной обработки на мелкую и нулевую обеспечивала увеличение содержания гумуса соответственно на 0,17 и 0,33 %, а под культурами севооборота – на 0,42 и 0,80 %.

В подпахотном (20...40 см) слое почвы зависимость варьирования содержания гумуса от способа использования пашни возрастала в 1,5 раза, по сравнению с пахотным слоем. Доля вклада этого фактора увеличивалась до 66,0 % вследствие резкого (в 2,2 раза) ослабления влияния системы обработки почвы (до 17,0 %) и отсутствия действия минеральных удобрений (0,1 %) при некотором усилении влияния взаимодействия удобрений с другими факторами – способом использования пашни (4,8 %), системой обработки почвы (7,0 %) и взаимодействием всех факторов (4,3 %). Отказ от севооборота при переходе к бессменному возделыванию пшеницы сопровождался достоверным снижением содержания гумуса с 3,89 до 3,18 %, а замена глубокой плоскорезной на мелкую и нулевую системы обработки – его увеличением в среднем с 3,28 до 3,66 и 3,66 %. В то же время систематическое внесение аммофоса в рядки при посеве, как и сочетание этого приема с ежегодным основным применением аммиачной селитры не обеспечивало сколько-нибудь заметного изменения содержания гумуса в подпахотном слое почвы, по сравнению с фоном без удобрений, оно составляло соответственно 3,52, 3,54 и 3,54 %.

В пределах конкретных агроценозов направленность влияния систем обработки почвы на содержание гумуса в почве оставалась примерно такой же, как в целом по опыту, при этом усиливались различия от бессменных посевов к севообороту. Так, в среднем по фонам применения удобрений при бессменном возделывании пшеницы замена глубокой плоскорезной обработки на мелкую или нулевую обеспечивала увеличение содержания гумуса в почве в обоих случаях на 0,29 %, а под культурами севооборота – на 0,46 и 0,47 % соответственно.

В целом по слою почвы 0...40 см варьирование содержания гумуса определялось влиянием способа использования пашни (вклад фактора 59,6 %), системы обработки почвы (26,5 %) и в меньшей степени взаимодействием системы обработки почвы и удобрений (6,7 %) при отсутствии влияния собственно удобрений и взаимодействия других факторов. Под культурами севооборота содержание гумуса в этом слое почвы составляло 4,04 %, что было достоверно на 0,60 % выше, чем при бессменном возделывании пшеницы. При замене глубокой плоскорезной обработки на мелкую количество гумуса в слое почвы 0...40 см возрастало на 0,34 %, а при переходе на нулевую – на 0,47 %.

Систематическое внесение аммофоса в рядки при посеве, как и сочетание этого приема с ежегодным основным применением аммиачной селитры не обеспечивало сколько-нибудь заметного изменения содержания гумуса в слое почвы 0...40 см, по сравнению с фоном без удобрений, оно составляло соответственно 3,69, 3,79 и 3,74 %.

В пределах конкретных агроценозов направленность влияния систем обработки почвы на содержание гумуса в слое 0...40 см оставалась примерно такой же, как и в целом по опыту, но различия усиливались от бессменных посевов к севообороту. Если при бессменном возделывании пшеницы замена глубокой плоскорезной обработки на мелкую и нулевую в среднем по фонам применения удобрений обеспечивала увеличение содержания гумуса в почве соответственно на 0,23 и 0,31 %, то под культурами севооборота –на 0,44 и 0,63 %.

Таким образом, варьирование содержания гумуса в пахотном (0...20 см) слое выщелоченного чернозема определялось влиянием способа использования пашни (42,7 %) и системой обработки почвы (38,0 %), в подпахотном (20...40 см) – преимущественно способом использования пашни (66,0 %) и в меньшей степени (17,0 %) обработкой почвы. Отказ от севооборота при переходе к бессменному возделыванию пшеницы сопровождается снижением содержания гумуса в пахотном и подпахотном слоях почвы с 4,19 до 3,70 % и с 3,89 до 3,18 %, а замена глубокой плоскорезной на мелкую и нулевую обработки – его увеличением соответственно с 3,65 до 3,95 и 4,22 % и с 3,28 до 3,66 и 3,66 %. Влияние систем обработки на содержание гумуса в почве в пахотном слое под культурами севооборота было сильнее, чем в подпахотном и под бессменной пшеницей. Систематическое применение аммофоса в рядки при посеве, и его сочетание с ежегодным основным внесением аммиачной селитры не оказывало существенного влияния на содержание гумуса в пахотном и подпахотном слоях почвы.

Литература.

1. Семёнов В. М., Когут Б. М. Почвенное органическое вещество. М.: ГЕОС, 2015. 233 с.

2. Когут Б. М. Оценка содержания гумуса в пахотных почвах России // Почвоведение. 2012. № 9. С. 944–952.

3. Кирюшин В. И. Управление плодородием почв и продуктивностью агроценозов в адаптивно-ландшафтных системах земледелия // Почвоведение. 2019. № 9. С. 1130–1139.

4. Olson K.R., Gennadiev A.N. Dynamics of soil organic carbon storage and erosion due to land use change (Illinois, USA) // Eurasian soil science. 2020. Т. 53. № 4. P. 436–445.

5. Влияния способов обработки почвы, минеральных и органических удобрений в различных севооборотах на содержание гумуса в чернозёме типичном / С. И. Тютюнов, В. Д. Соловиченко, А. С. Цыгуткин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 6. С. 7–12.

6. Cook R. L., Trlica A. Tillage and fertilizer effects on crop yield and soil properties over 45 years in Southern Illinois // Agronomy Journal. 2016. Vol. 108. No. 1. Pp. 415–426.

7. Maltsev K.A., Yermolaev O.P. Potential soil loss from erosion on arable lands in the European part of Russia // Eurasian soil science. 2019. Т. 52. № 12. P. 1588–1597.

8. Адаптивно-ландшафтная система земледелия – основа рационального использования земель Республики Татарстан /Н.В. Трофимов, С.Р. Сулейманов, С.В. Сочнева и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 1 (48). С. 69-73.

9. В. И. Кирюшин. Проблема экологизации земледелия в России (Белгородская модель) // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 12. С. 3–9.

10. Влияние технологии no-till на экологическое состояние черноземов

южных Ростовской области / К. Ш. Казеев, Г.В. Мокриков, Ю.В. Акименко и др. // Достижения науки и техники АПК. 2020. Т. 34. № 1. С. 7–11.

11. Власенко А. Н., Кудашкин П. И., Власенко Н. Г. Влияние ресурсосберегающих технологий на содержание гумуса в черноземе выщелоченном северной лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2020. № 5. С. 3–5.

12. Changes in the fractional composition of organic matter in the soils of the forest–steppe zone during their postagrogenic evolution / L. A. Ovsepyan, I. N. Kurganova, V. O. Lopes De Gerenyu, et al. // Eurasian soil science. 2020. Т. 53. № 1. P. 50–61.

13. Эффективность различных способов основной обработки почвы и прямого посева при возделывании озимой пшеницы на черноземных почвах / Д. В. Дубовик, В. И. Лазарев, А. Я. Айдиев и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 26–29.

14. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Ареал применения нулевых и поверхностных обработок при возделывании колосовых культур на территории Европейской части Российской Федерации // Земледелие. 2017. № 2. С. 10–14.

15. Синещеков В. Е., Васильева Н. В., Дудкина Е. А. Экономическая эффективность производства зерна // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2018. Т. 13. № 4 (51). С. 160–167.

16. Усенко С.В., Усенко В.И. Реакция гороха на условия увлажнения, приемы основной обработки почвы, минеральные удобрения и средства защиты растений // Достижения науки и техники АПК. 2018. № 11. С. 14–17.

17. Усенко С. В., Усенко В. И., Гаркуша А. А. Эффективность приемов обработки почвы и средств интенсификации на яровой пшенице в зависимости от метеоусловий и предшественника в лесостепи Алтайского Приобья // Земледелие. 2019. № 5. С. 16–21.

18. Отзывчивость овса на удобрения в зависимости от обработки почвы и уровня защиты культур полевого севооборота в лесостепи Алтайского Приобья / С. В. Усенко, В. И. Усенко, А. А. Гаркуша и др. // Земледелие. 2020. № 1. С. 44–48.

19. Продуктивность агроценозов и качество зерна пшеницы в зависимости от обработки почвы и средств интенсификации / В. И. Усенко, С. В. Усенко, В. П. Олешко и др. // Земледелие. 2018. № 8. С. 30–33.

20. Средообразующая роль фитосанитарных культур, возделываемых по No-till технологии, в севооборотах / А. Н. Власенко, Н. Г. Власенко, П. И. Кудашкин и др. // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 6. С. 5–9.

21. Поляков Д. Г., Бакиров Ф. Г. Органическая мульча и No-till в земледелии: обзор зарубежного опыта // Земледелие. 2020. № 1. С. 3–7.

22. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимизации основной обработки почвы / Т. А. Трофимова, С.И. Коржов, В. А. Гулевский и др. // Почвоведение. 2018. № 9. С. 1125–1131.

Humus content in leached chernozem depending on crop rotation, soil treatment system and fertilizers in the forest-steppe of the South of Western Siberia

V. I. Usenko, S. V. Usenko, T. A. Litvintseva
Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Nauchnyi gorodok, 35, Barnaul, 656910, Russian Federation

Abstract. *We study the influence of crop rotation, soil treatment systems and fertilizers on the content of humus in leached medium-thick medium-loamy chernozem. The work was performed in the Altai Territory in a stationary multi-factor field experiment with the following design. Factor A was crop rotation: permanent wheat, a field crop rotation. Factor B was soil treatment: without treatment (no-till), shallow blade cultivation at 14–16 cm, deep blade cultivation at 25–27 cm. Factor C was fertilizer: without fertilizers, ammophos during seeding, ammonium nitrate before seeding (ammophos for pea) + ammophos during seeding. The humus content (according to Tyurin) in the arable (0–20 cm) soil layer was 3.80%, the content of mobile phosphorus and potassium (according to Chirikov) – 200 and 180 mg/kg, respectively. The humus content was determined in soil sampled from the arable (0–20) and subsurface (20–40 cm) layers in 2019 after three rotations in the final crop rotation field and under permanent wheat. The variation in the value of this indicator in the topsoil is determined by the influence of crop rotation (42.7%) and tillage (38.0%), in the subsoil – mainly by the influence of crop rotation (66.0%) and to a lesser degree – by tillage (17.0%). Refusal of crop rotation during the transition to permanent wheat is accompanied by a decrease in the humus content in the arable and subsoil layers from 4.19 to 3.70% and from 3.89 to 3.18%, respectively, and the replacement of deep cultivation by shallow one and no-till is accompanied by its increase from 3.65% to 3.95% and 4.22% and from 3.28% to 3.66% and 3.66%. The influence of cultivation on the humus content in the arable layer under crops of crop rotation was stronger than in the subsoil and under permanent wheat. Fertilizers did not have a significant effect on the humus content in the soil.*

Keywords: *humus content; crop rotation; permanent culture; tillage; direct seeding; fertilizers.*

Author details: *V. I. Usenko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: usenko.001@mail.ru); S. V. Usenko, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; T. A. Litvintseva, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow.*

For citation: *Usenko VI, Usenko SV, Litvintseva TA [Humus content in leached chernozem depending on crop rotation, soil treatment system and fertilizers in the forest-steppe of the South of Western Siberia]. Zemledelie. 2020. (6):18-21. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10604.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10605
УДК 631.465/445.25

Мониторинг ферментативной активности уреазы в серых лесных почвах Верхневолжья

М. К. ЗИНЧЕНКО, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: popel62@yndex.ru)
С. И. ЗИНЧЕНКО, доктор сельскохозяйственных наук, зам. директора
Верхневолжский федеральный аграрный научный центр, ул. Центральная, 3, пос. Новый, Суздальский р-н, Владимирская обл., 601261, Российская Федерация

Исследования проводили с целью мониторинга активности уреазы в пахотной серой лесной слабооподзоленной среднесуглинистой почве. Работу осуществляли в 2012–2018 гг. во Владимирской области в многофакторном полевом опыте на следующих фонах применения минеральных и органоминеральных удобрений: низкий – навоз 40 т/га; интенсивный – $N_{100}P_{80}K_{160}$ + навоз 40 т/га; интенсивный минеральный – $N_{350}P_{220}K_{390}$; интенсивный органоминеральный – $N_{310}P_{150}K_{310}$ + навоз 60 т/га; высокоинтенсивный минеральный – $N_{480}P_{280}K_{575}$; высокоинтенсивный органоминеральный – $N_{430}P_{160}K_{360}$ + навоз 80 т/га (количество удобрений приведено за ротацию 6-польного севооборота). Содержание гумуса в пахотном слое (0...20 см) почвы составляло 3,9...4,2 %, подвижного фосфора – 100...150 мг/кг, обменного калия –100...120 мг/кг, pH_{KCl} – 5,9...6,1 ед. Природный аналог почвы отбирали на сопредельном с опытом участке многолетней залежи. Выявлен устойчивый тренд увеличения активности уреазы в конце июня – июле на всех фонах интенсификации. На органоминеральных фонах наблюдали достоверно более высокую уреазную активность, по сравнению с минеральными: в среднем соответственно 0,22...0,30 и 0,15...0,18 мг $N\text{-}NH_4$/г почвы за 4 часа ($НСР_{05}$ = 0,08). Выявлена тесная положительная связь между активностью уреазы и численностью бактерий, трансформирующих азот органических остатков (аминогетеротрофов) – r = 0,85. Ферментативная трансформация мочевины более активно протекала на органоминеральных фонах с плоскорезной обработкой. В этом варианте при внесении 60 т/га навоза она была в среднем на 26 % выше, чем по отвальной вспашке. Самую высокую скорость разложения мочевины при оценке активности уреазы экспресс-методом Т. В. Аристовской отмечали в почве залежи и на высокоинтенсивном органоминераль-

ном фоне. Наименьшей она была на низком и высокоинтенсивном минеральном фоне. Результаты мониторинга фермента могут быть использованы при агроэкологической диагностике состояния агроландшафтов.

Ключевые слова: *ферментативная активность уреазы, агроландшафты, серая лесная почва, фон интенсификации, трансформация мочевины.*

Для цитирования: *Зинченко М. К., Зинченко С. И. Мониторинг ферментативной активности уреазы в серых лесных почвах Верхневолжья // Земледелие. 2020. № 6. С. 21–24. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10605.*

Обработка почвы, регулярное отторжение урожая и массовое применение средств химизации обусловили серьезные нарушения функций почвы по поддержанию своего плодородия [1, 2].

Снижение продуктивности сельскохозяйственных культур указывает на потерю стабильности агроэкосистемы. Однако это уже конечная стадия ее реакции на антропогенное воздействие, которой предшествуют изменения физико-химических свойств почвы, сбалансированности биохимических процессов, фитотоксической активности микробных сообществ [3]. Такие традиционно используемые в последние годы характеристики, как содержание подвижных и валовых форм питательных элементов, уровень кислотности, общая порозность и др., а также средние показатели биологической продуктивности, свидетельствуют скорее об уровне эффективного плодородия почвы, а не об экологической направленности ее трансформации в сторону деградации или повышения потенциального плодородия. В связи с этим одним из основных вопросов адаптивно-ландшафтного земледелия и современной экологии почвы становится возможность оценки и прогнозирования изменений, происходящих в почвах агроландшафтов, вовлеченных в интенсивное сельскохозяйственное использование.

Ферментативная активность – важная характеристика плодородия почвы и чувствительный экологический и агрономический индикатор последствий агротехнического воздействия на нее [4, 5]. Гидролитический фермент уреаза участвует в регуляции азотного обмена в почве. Он катализирует гидролиз мочевины до аммиака и углекислого газа, вызывая гидролитическое расщепление связи между азотом и углеродом в молекулах органического вещества (NH_2–CO–NH_2 $2NH_3$ + CO_2). Мочевина в почву попадает в составе растительных остатков, навоза и как азотное удобрение. Кроме того, она образуется в почве в качестве промежуточного продукта в процессе превращения азотистых органических соединений – белков и нуклеиновых кислот. Продукт гидролиза мочевины – аммиак – служит непосредственным источником азотного питания для высших растений. В связи с широким применением мочевины в качестве азотного удобрения, вопросы, связанные с ее превращениями под действием уреазы, актуальны и значимы.

Цель исследований – мониторинг активности уреазы в серых лесных почвах Верхневолжья для агроэкологической диагностики состояния агроценозов.

Работу проводили в 2012–2018 гг. в стационарном многофакторном полевом опыте по изучению и усовершенствованию адаптивно-ландшафтных систем земледелия в зоне Владимирского ополья, заложенном в 1996 г. в отделе земледелия Верхневолжского ФАНЦ. Объект исследований – серая лесная слабооподзоленная среднесуглинистая почва. Содержание гумуса в пахотном слое (0…20 см) варьирует от 3,9 до 4,2 % (по Тюрину), подвижного фосфора (по Кирсанову) – от 100 до 150 мг/кг, обменного калия (по Масловой) – от 100 до 120 мг/кг, pH_{KCl} – от 5,9 до 6,1 ед.

Мониторинг ферментативной активности уреазы проводили на следующих фонах применения минеральных и органоминеральных удобрений: низкий (Н) – навоз 40 т/га полной дозой; интенсивный (И) – $N_{100}P_{80}K_{160}$ + навоз 40 т/га; интенсивный минеральный (ИМ) – $N_{350}P_{220}K_{390}$; интенсивный органоминеральный (ИОМ) – $N_{310}P_{150}K_{310}$ + навоз 60 т/га; высокоинтенсивный минеральный (ВИМ) – $N_{480}P_{280}K_{575}$; высокоинтенсивный органоминеральный (ВИОМ) – $N_{430}P_{160}K_{360}$ + навоз 80 т/га. Количество минеральных и органических удобрений приведено за ротацию 6-польного севооборота (викоовсяная смесь – многолетние травы 1 г. п. – многолетние травы 2 г. п. – озимая пшеница – картофель – яровая пшеница).

Навоз вносили 1 раз в ротацию севооборота в дозах согласно схеме опыта, минеральные удобрения – ежегодно как основное удобрение (калийные и фосфорные – осенью, азотные – весной). В качестве минеральных удобрений применяли двойной суперфосфат, аммиачную селитру и калий хлористый.

Почвенные образцы для ферментативного анализа отбирали в мае, июле и сентябре из слоя 0…20 см. В мае их отбор осуществляли после основных агротехнических мероприятий (внесение азотных удобрений и посев). Образцы почвы природных аналогов отбирали на сопредельном с опытом участке многолетней залежи.

Активность уреазы по слоям серой лесной почвы до глубины 100 см определяли на участке многолетней залежи в 2015 г. В качестве основных методов ее исследования использовали колориметрический метод Т. В. Щербаковой [6] и экспресс-метод Т. В. Аристовской [7]. Первый основан на измерении количества аммиака, образующегося при гидролизе мочевины, путем образования окрашенных соединений с реактивом Несслера, второй – на определении времени разложения внесенной в почву мочевины, которое фиксировали по увеличению щелочности паров, находящихся в равновесии с почвой в присутствии мочевины. В работе сравнивали результаты по 4 фонам интенсификации по отвальной вспашке. Исходный уровень pH надпочвенного воздуха во всех исследуемых образцах перед началом экспериментов соответствовал 6,0 ед.

В годы исследований в течение вегетационного периода отмечали значительное варьирование метеоусловий, особенно по количеству и равномерности выпадения осадков (от 285 до 431 мм). Средняя величина ГТК (1,42) соответствовала достаточной и типичной для зоны Владимирского ополья.

Активность уреазы в серой лесной среднесуглинистой почве залежи, расположенной на сопредельном участке, фиксировали до глубины 50 см (табл. 1). Максимальной по профилю она была в слое 0…20 см. С глубины 20…30 см отмечено резкое (в 2 раза) снижение активности фермента и последующее ее уменьшение вниз по профилю в соответствии с изменением содержания гумуса.

1. Профильное распределение активности уреазы в серой лесной почве залежного участка, 2015 г.

Глубина, см	Гумус, %	Уреаза, мг NH_4/г почвы за 4 часа
0…10	3,56	0,17
10…20	3,49	0,13
20…30	2,61	0,06
30…40	1,74	0,04
40…50	1,05	0,01
50…60	0,88	0,0
60…70	не определено	0,0
70…80	то же	0,0
80…90	-«-	0,0
90…100	-«-	0,0

Одним из факторов, обусловливающих такое изменение, может быть расположение в верхнем слое почвы корневых систем растений, которые обогащают его биологически активными экссудатами, стимулирующими развитие микрофлоры и активизирующими ферментативную активность [8].

При рассмотрении динамики активности уреазы от весны к осени обращает на себя внимание тренд ее увеличения в конце июня – июле на

2. Сезонные изменения активности уреазы в слое серой лесной почвы 0…20 см в зависимости от уровня применения удобрений и приемов основной обработки (среднее за 2012–2018 гг.), мг N-NH_4/г почвы за 4 часа

Фон интенсификации	Отвальная вспашка			Плоскорезная обработка		
	май	июль	сентябрь	май	июль	сентябрь
Низкий	0,22	0,18	0,12	0,25	0,30	0,17
Интенсивный	0,14	0,21	0,14	0,25	0,23	0,16
Интенсивный минеральный	0,12	0,16	0,16	0,16	0,20	0,12
Высокоинтенсивный минеральный	0,17	0,16	0,12	0,17	0,18	0,12
Интенсивный органоминеральный	0,18	0,20	0,12	0,20	0,28	0,14
Высокоинтенсивный органоминеральный	0,20	0,26	0,17	0,21	0,29	0,17
$НСР_{05}$	0,01	0,03	0,02	0,02	0,04	0,01

всех фонах интенсификации (табл. 2). Наибольшая активность изучаемого гидролитического фермента зафиксирована в июле, видимо, в связи с благоприятным гидротермическим режимом почвы на фоне ризосферного эффекта, который проявляется в период репродуктивного роста сельскохозяйственных культур и обусловлен повышенной экскрецией корневых экссудатов растений, служащих основным источником питательных веществ для преобладающей части микробного населения почв (гетеротрофов), что оказывает значительное влияние на микробные ценозы и активность почвенных ферментативных процессов [8, 9].

Вариация активности уреазы в период исследований была высокой (табл. 3). Уреаза – довольно лабильный фермент, подверженный влиянию гидротермических условий. Кроме того, такие ферменты, как протеаза, уреаза, аспарагиназа практически мгновенно реагируют на действие высоких доз органических и минеральных удобрений [10]. В нашем опыте изменение активности уреазы в значительной степени было обусловлено применением удобрений. Самый высокий коэффициент вариации величины этого показателя был зафиксирован на интенсивном и высокоинтенсивном органоминеральных фонах с внесением минеральных удобрений в сочетании с 60 и 80 т/га навоза. В этих вариантах отмечали и более высокую уреазную активность, по сравнению с минеральными фонами: в среднем соответственно 0,22…0,30 и 0,15…18 мг N-NH_4/1 г почвы за 4 часа.

Отмечена тесная положительная связь между активностью уреазы и численностью бактерий, трансформирующих азот органических остатков (аминогетеротрофов) – r = 0,85. При внесении органических и органоминеральных удобрений в почве в изучаемых вариантах возрастало количество микроорганизмов, трансформирующих соединения азота, что сопровождалось повышением уреазной активности.

Максимальную в опыте активность фермента наблюдали на органоминеральных фонах с внесением 60 и 80 т/га навоза (см. рисунок). При этом по безотвальной обработке на глубину 10…12 см она была выше, чем по вспашке. Наибольшие различия отмечали в варианте с внесением 60 т/га навоза – в среднем 26 %.

3. Уреазная активность серой лесной почвы в слое 0…20 см в зависимости от уровня применения удобрений и способов основной обработки, мг N-NH_4/г почвы за 4 часа

Фон	Год							Среднее	V, %
	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018		
Отвальная вспашка									
Н	0,30	0,20	0,17	0,14	0,14	0,11	0,14	0,17	38,1
И	0,36	0,27	0,16	0,16	0,13	0,14	0,11	0,19	44,8
ИМ	0,35	0,22	0,15	0,13	0,12	0,12	0,10	0,17	49,8
ВИМ	0,27	0,21	0,15	0,11	0,13	0,10	0,09	0,15	40,4
ИОМ	0,34	0,58	0,17	0,13	0,12	0,17	0,11	0,23	61,6
ВИОМ	0,36	0,46	0,21	0,11	0,11	0,19	0,11	0,22	59,3
Среднее	0,33	0,32	0,17	0,13	0,13	0,14	0,11	0,19	–
$НСР_{05}$	0,05	0,10	0,05	0,03	0,03	0,05	0,04		
Плоскорезная обработка									
Н	0,33	0,24	0,24	0,14	0,17	0,13	0,09	0,19	37,0
И	0,36	0,27	0,21	0,13	0,18	0,17	0,11	0,20	38,2
ИМ	0,29	0,22	0,16	0,11	0,11	0,12	0,08	0,16	43,1
ВИМ	0,33	0,25	0,16	0,13	0,11	0,14	0,11	0,18	45,5
ИОМ	0,38	0,86	0,21	0,18	0,16	0,19	0,12	0,30	72,5
ВИОМ	0,35	0,51	0,22	0,15	0,12	0,20	0,10	0,24	56,8
Среднее	0,34	0,39	0,20	0,14	0,14	0,16	0,11	0,21	–
$НСР_{05}$	0,05	0,12	0,04	0,03	0,04	0,05	0,02		

В целом активность фермента на фонах с внесением органических удобрений снижалась по годам по мере ослабления последействия навоза. Так, в 2013 г. после применения навоза (осенью 2012 г.) на интенсивном органоминеральном и высокоинтенсивном органоминеральном фонах она варьировала в пределах 0,46…0,86 мг N-NH_4/г почвы за 4 часа. В 2014 г. активность фермента на фоне использования 60 т/га навоза в среднем по отвальной вспашке уменьшилась в 3,4 раза, по плоскорезной обработке – в 4,0 раза, в варианте с внесением 80 т/га – в 2,2 и 2,3 раза. В 2015 г. отмеченная тенденция на этих фонах сохранялась.

Очевидно, что внесение органических удобрений в больших дозах вызвало изменение состава микробного пула почвы. Большое количество доступных органических соединений способствовало развитию аммонифицирующей микрофлоры, что и обусловило значительное увеличение активности уреазы в первый год действия навоза в дозах 60 и 80 т/га [11]. В последующие годы отмечено их закономерное снижение, что предпо-

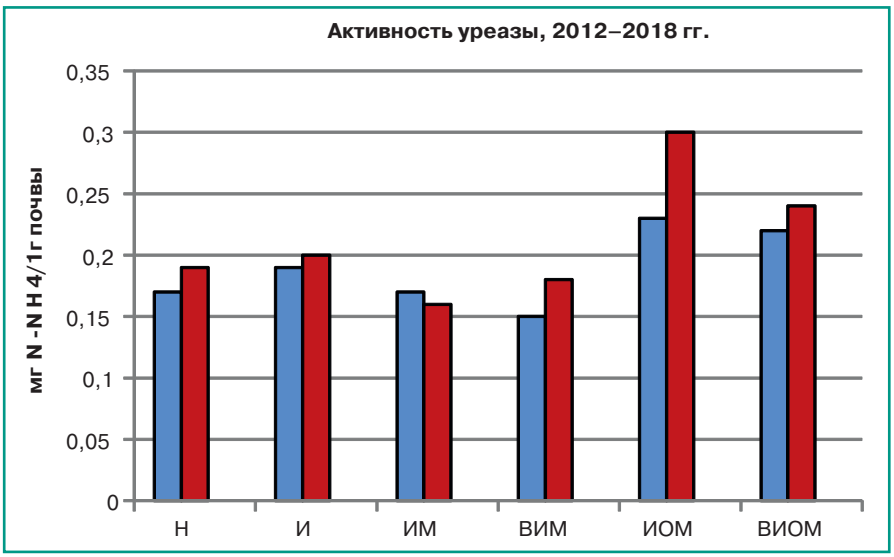


Рисунок. *Влияние фонов интенсификации на ферментативную активность серой лесной почвы в слое 0…20 см: ■ – ОВ; ■ – ПО.*

4. Активность фермента уреазы в слое серой лесной почвы 0…20 см в зависимости от уровня применения удобрений на фоне отвальной вспашки (метод Т. В. Аристовской)

Фон интенсификации	Изменение щелочности воздуха над почвой (pH) во времени (час)					
	16	18	20	22	24	40
Низкий	7,0	7,5	7,5	7,5	8,0	9,0
Высокоинтенсивный минеральный	7,0	7,2	7,5	8,0	8,5	9,0
Высокоинтенсивный органоминеральный	8,0	9,0	9,5	10,0	10,5	11,0
Залежь	9,0	10,0	10,5	11,0	11,5	12,0

ложительно связано с расходованием питательного субстрата для аминогетеротрофов [8].

Самая высокая активность уреазы, определяемая по скорости разложения мочевины, отмечена в почве, не подвергавшейся сельскохозяйственному использованию, – многолетней залежи (табл. 4). Во все годы и сроки отбора щелочность воздушной среды в образцах залежной почвы поднималась до максимальных в опыте значений (pH=12) за 40 ч инкубации. Через 24 ч после внесения мочевины в почву залежи значения pH находились на уровне 11,5 ед. На высокоинтенсивном органоминеральном фоне скорость процесса была несколько ниже – pH через 24 ч достигал 10,5 ед.

В образцах почвы с высокоинтенсивного минерального фона щелочность надпочвенного воздуха находилась на уровне низкого фона. Через 16 ч наблюдений pH воздушной среды в этом варианте был равен 7 ед., через 24 ч – 8,5 ед. Через 40 ч щелочность воздуха над почвой на низком и высокоинтенсивном фоне была ниже, чем в варианте с залежью, на 3 ед. pH.

Таким образом, внесение органических удобрений оказало положительное влияние на активность уреазы в почве, при этом самый высокий ферментативный пул формировался в первый год действия органических удобрений. На таких фонах отмечена тесная положительная связь между численностью бактерий, трансформирующих азот органических остатков (аммонификаторов), и активностью уреазы – r = 0,85. Наибольшую скорость деструкции мочевины наблюдали в варианте с почвой залежи. Близкой ответной реакцией на ее внесение обладает почва высокоинтенсивного органоминерального фона.

Уреазная активность может служить диагностическим показателем способности почвы накапливать минеральный азот. Значимость этого фермента, действующего на завершающих стадиях процессов аммонификации, обусловлена его основополагающей ролью в высвобождении неорганического азота в форме аммония, который в дальнейшем непосредственно ассимилируют как растения, так и почвенные микроорганизмы. Поэтому результаты мониторинга этого фермента могут быть использованы при агроэкологической диагностике состояния агроценозов.

Литература.

1. Влияние пестицидной нагрузки на микробное сообщество агродерново-подзолистой почвы / А. А. Астайкина, Р. А. Стрелецкий, А. А. Маслов и др. // Почвоведение. 2020. № 5. С. 1–12.

2. Терещенко Н. Н., Бубина А. Б. Микробиологические критерии экологической устойчивости почвы и эффективности почвозащитных технологий // Вестник Томского государственного университета. Биология. 2009. С. 42–62.

3. Роль микроорганизмов в экологических функциях почв / Т. Г. Добровольская, Д. Г. Звягинцев, И. Ю.Чернов и др. // Почвоведение. 2015. № 9. С. 1087–1096.

4. Зинченко М. К., Зинченко С. И. Влияние агротехнической нагрузки на ферментативную активность серой лесной почвы со вторым гумусовым горизонтом // Достижения науки и техники АПК. 2018. Т. 32. № 10. С. 66–68. DOI:10.24411/0235-2451-2018-11015.

5. Романов В. Н., Заушинцена А. В., Кожевников Н. В. Применение показателей активности ферментов для оперативной диагностики экологического состояния агрогенных почв // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 7. С. 44–47. DOI: 10.24411/0235-2451-2019-10711.

6. Хазиев Ф. Х. Методы почвенной энзимологии. М.: Наука, 2005. 252 с.

7. Аристовская Т. В., Чугунова М. В. Экспресс – метод определения биологической активности почвы // Почвоведение. 1989. № 11. С. 142–147.

8. Зинченко М. К. Ферментативные процессы в почвах Верхневолжья: монография / Верхневолжский ФАНЦ. Иваново: ПреСсто, 2019. 140 с.

9. Структура бактериальных и грибных сообществ ризосферного и внекорневого локусов серой лесной почвы / М. В. Семенов, Д. А. Никитин, А.Л. Степанов и др. // Почвоведение. 2019. № 3. С. 355–369.

10. Влияние систем удобрения на ферментативную активность дерново – подзолистой легкосуглинистой почвы / В. В. Лапа, Н. А. Михайловская, М. М. Ломонос и др. // Почвоведение и агрохимия. 2012. № 2 (49). С. 187–200.

11. Зинченко М. К., Стоянова Л. Г. Реакция почвенной микрофлоры серой лесной почвы на длительное применение различных по уровню интенсификации систем удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 2. С. 21–24.

Monitoring the enzymatic activity of urease in grey forest soils of the upper Volga region

M. K. Zinchenko, S. I. Zincenko
Upper Volga Federal Agrarian Scientific Center, ul. Tsentral'naya, 3, pos. Novyi, Suzdal'skii r-n, Vladimirskaya obl., 601261, Russian Federation

Abstract. *The studies were carried out to monitor the activity of urease in arable grey forest slightly podzolized medium loamy soil. The work was carried out in 2012–2018 in the Vladimir region in a multifactorial field experiment against the following backgrounds of the application of mineral and organic-mineral fertilizers: low – manure, 40 t/ha; intensive – N100P80K160 + manure, 40 t/ha; intensive mineral – N350P220K390; intensive organic-mineral – N310P150K310 + manure, 60 t/ha; high-intensive mineral – N480P280K575; high-intensive organic-mineral – N430P160K360 + manure, 80 t/ha (the amount of fertilizers is given for a 6-field crop rotation). The content of humus in the arable layer (0–20 cm) of the soil was 3.9–4.2%, mobile phosphorus – 100–150 mg/kg, exchange potassium – 100–120 mg/kg, pH(KCl) – 5.9–6.1 units. The natural analogue of the soil was sampled at the site of a perennial idle land adjacent to the experiment. A stable trend of an increase in urease activity at the end of June and July was revealed against all intensive backgrounds. Against organic-mineral backgrounds, significantly higher urease activity was observed compared with mineral ones: on average, 0.22–0.30 and 0.15–0.18 mg N-NH4 per 1 g of soil, respectively, for 4 hours (LSD(05) = 0.08). A close positive correlation was revealed between the activity of urease and the number of bacteria transforming nitrogen of organic residues (aminoheterotrophs): r = 0.85. Enzymatic transformation of urea proceeded more actively against organic-mineral backgrounds with flat-cut processing. In this variant, when applying 60 t/ha of manure, it was higher by 26% on average than for moldboard ploughing. The highest rate of urea decomposition when assessing the urease activity by the Aristovskaya's express method was noted in the soil of the idle land and against a high-intensive organic-mineral background. It was the least against the zero and high-intensive mineral background. The results of the enzyme monitoring can be used for agroecological diagnostics of the state of agricultural landscapes.*

Keywords: *enzymatic activity of urease; agricultural landscapes; grey forest soil; background of intensification; urea transformation.*

Author Details: *M. K. Zinchenko, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow (e-mail: popel62@ yandex.ru); S. I. Zinchenko, D. Sc. (Agr.), deputy director.*

For citation: *Zinchenko MK, Zinchenko SI [Monitoring the enzymatic activity of urease in grey forest soils of the upper Volga region]. Zemledelie. 2020. (6):21-4. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10605.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10606
УДК 631.46:631.51

Биологическая активность и питательный режим почвы при различных приемах обработки под однолетние травы

В. И. ТУРУСОВ, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук (e-mail: niish1c@mail.ru)
В. М. ГАРМАШОВ, доктор сельскохозяйственных наук, зав. отделом
Н. А. НУЖНАЯ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
И. М. КОРНИЛОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научных сотрудник
В. Н. ГОВОРОВ, научный сотрудник
М. П. КРЯЧКОВА, научный сотрудник
Л. В. ГАРМАШОВА, научный сотрудник
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В. В. Докучаева, квартал 5, 81, пос. 2 участка Института имени Докучаева, Таловский р-н, Воронежская обл., 397463, Российская Федерация

Исследования проводили с целью выявления эффективных приемов обработки почвы под однолетние травы в Воронежской области в 2018–2020 гг. Схема опыта предполагала изучение следующих вариантов: прием обработки почвы (фактор А) – ежегодная вспашка на 20...22 см; ежегодная вспашка на 14...16 см; ежегодная безотвальная обработка на 14...16 см; ежегодная поверхностная обработка на 6...8 см; нулевая; удобрения (фактор В) – без удобрений, $N_{60}P_{60}K_{60}$. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный среднегумусный тяжелосуглинистый с содержанием гумуса в слое 0...30 см 6,48 %, P_2O_5 – 100...140 мг/кг, K_2O – 50...90 мг/кг, pH солевой вытяжки – 6,99 ед. Изменение свойств почвы сравнивали с залежью. Применение мелкой безотвальной, поверхностной и нулевой обработок приводит к снижению биологической активности почвы и обеспеченности почвы нитратным азотом, по сравнению с вспашкой на глубину 20...22 см. Урожайность однолетних трав (горох + овес) на зеленый корм имела четкую тенденцию к снижению при минимализации обработки почвы, статистически доказуемую при нулевой обработке. В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР при выращивании однолетних трав (горох + овес) на зеленый корм возможно уменьшение глубины обработки почвы независимо от способа до 14...16 см и даже применение поверхностной обработки на глубину 6...8 см при тенденции к снижению урожайности. Нулевая обработка почвы под однолетние травы приводит к существенному (в 1,5...1,8 раза) уменьшению сбора продукции на удобренном и неудобренном фонах.

Ключевые слова: *обработка почвы, биологическая активность почвы, питательный режим, однолетние травы, урожайность.*

Для цитирования: *Биологическая активность и питательный режим почвы при различных приемах обработки под однолетние травы / В. И. Турусов, В. М. Гармашов, Н. А. Нужная, и др. // Земледелие. 2020. № 6. С. 25–28. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10606.*

В современных условиях возрастает роль полевого травосеяния как фактора повышения плодородия и снижения деградации почвы, а также обеспечения животноводства полноценными кормами [1, 2]. Смешанные посевы однолетних трав – эффективный путь управления количеством и качеством растительной продукции, процессами оптимизации плодородия почвы и функционирования агроландшафтов [2, 3, 4].

Однолетние травы, выращиваемые на зеленый корм, в условиях Центрально-Черноземного района (ЦЧР) служат хорошей парозанимающей культурой. Бобово-злаковые смеси однолетних трав, ввиду короткого вегетационного периода, позволяют сохранить ценные качества пара как влагонакопителя и очистителя почвы от сорняков, обогащают почву органическим веществом, тем самым снижают эффект негативного влияния чистых паров [5]. Однако при их низкой продуктивности уменьшается средообразующая и агроэкологическая эффективность травосеяния в ландшафтных системах земледелия. В складывающихся условиях решать проблему необходимо на основании рационального использования биологических и почвенно-климатических ресурсов, а также применения ресурсосберегающих технологий.

Необходимость перехода к менее трудоемким энергосберегающим технологиям возделывания основных сельскохозяйственных культур связана, прежде всего, с увеличением топливно-энергетических затрат в структуре себестоимости продукции сельского хозяйства [6, 7, 8]. Однако, как показывает практика, минимальная обработка почвы в различных почвенно-климатических условиях распространения черноземных почв и под культуры с разными биологическими особенностями часто приводит к противоречивым результатам как по урожайности, так и по показателям почвенного плодородия [9, 10, 11].

Цель наших исследований – изучить изменение плодородия почвы и урожайности однолетних трав (смесь горох + овес) при различных способах основной обработки.

Объект исследований – чернозем обыкновенный среднегумусный, среднемощный, тяжелосуглинистый с благоприятными физико-химическими и агрохимическими характеристиками 30-сантиметрового слоя: содержание гумуса (по Тюрину в модификации В. Н. Симакова, ГОСТ 2613-91) – 6,48 %, общего азота (по Гинзбург) – 0,36 %, общего фосфора (по Гинзбург и Щегловой) – 0,35 %, общего калия (по Ожигову) – 1,85 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову, ГОСТ 26204-91) – 100...140 и 50...90 мг/кг, азота гидролизуемого (по Тюрину и Кононовой) – 61,2 мг/кг, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 66,4 мг-экв./100 г почвы, pH солевой вытяжки – 6,99 ед., гидролитическая кислотность – 0,57 мг-экв./100 г.

Схема стационарного двухфакторного полевого опыта включала следующие варианты:

обработка почвы (фактор А) – ежегодная отвальная вспашка на глубину 20...22 см; ежегодная отвальная вспашка на 25...27 см; ежегодная отвальная вспашка на 14...16 см; ежегодная безотвальная обработка на 14...16 см; комбинированная обра-

ботка в севообороте (под однолетние травы – безотвальная на 20...22 см); разноглубинная вспашка в севообороте (под однолетние травы – на 20...22 см); разноглубинная безотвальная обработка в севообороте (под однолетние травы – на 20...22 см); ежегодная поверхностная обработка почвы на глубину 6...8 см; ежегодная нулевая обработка;

удобрение (фактор В) – без удобрений (0); $N_{60}P_{60}K_{60}$.

Отвальную обработку почвы проводили плугом ПКС-4, безотвальную и поверхностную – противоэрозионным культиватором КПЭ-3,8. Удобрения вносили под основную обработку почвы вручную в разброс. Посев однолетних трав (горох + овес) осуществляли сеялкой СЗ-3,6. В вариантах с различными системами обработки почвы допосевные и послепосевные обработки выполняли в соответствии с зональными рекомендациями, за исключением прямого посева (без обработки), где после уборки предшественника применяли гербицид Торнадо 500, ВР нормой 2,5 л/га.

Исследования проводили в севообороте со следующим чередованием культур: горох – озимая пшеница – кукуруза на зерно – ячмень – однолетние травы – озимая пшеница – подсолнечник – ячмень. Для сравнения использовали почву под косимой залежью.

Полевой опыт заложен методом расщепленных делянок. Повторность трехкратная. Общая площадь делянок по фактору обработка почвы – 390 м^2, удобрения – 195 м^2. Высевали смесь горох + овес. Учет урожая выполняли путем скашивания и взвешивания зеленой массы с пробных площадок (1 м^2) в четырехкратной повторности на каждом повторении опыта.

Наблюдения, анализы и учеты осуществляли согласно действующим методикам и существующим ГОСТам, принятым в полевых и лабораторных исследованиях по земледелию *(Б. А. Доспехов, 1985; Б. А. Доспехов и др., 1986; А. Ф. Вадюнина, З. А. Корчагина, 1986).*

Биологическую активность почвы изучали по интенсивности разложения клетчатки *(И. С. Востров, А.Н. Петрова, 1961)* и биосинтезу аминокислот на льняном полотне *(Е. Н. Мишустин, А. Н. Петрова, 1963).* Содержание нитратного азота в почве определяли дисульфофеноловым методом; подвижного фосфора и калия – по Чирикову (ГОСТ 26204-91). Обработку экспериментальных данных осуществляли методом дисперсионного анализа *(Б. А. Доспехов, 1985)* с использованием программного обеспечения Microsoft Office Excel 2016 ПК.

Включение кормовых культур в полевые севообороты – один из приемов интенсификации растениеводства. Посевы однолетних бобово-злаковых трав имеют большое агроэкологическое и практическое значение, так как их продуктивность меньше зависит от погодных условий, более стабильна по годам и обеспечивает формирование большего урожая, сбалансированного по качественному составу, по сравнению с одновидовыми посевами [12, 13].

Положительный эффект от посевов трав, который заключается в повышении плодородия почвы, зависит от их продуктивности, влияющей на накопление органического вещества в почве [2, 14].

Биологическая активность почвы, определяемая по интенсивности разложения клетчатки, наиболее точно отражает комплекс условий, оказывающих влияние на растение, и служит достаточно объективным показателем плодородия почвы [11, 15].

Целлюлозолитическая активность микрофлоры и накопление аминокислот на хлопчатобумажной ткани – интегральный показатель актуальной биологической активности почвы. Она весьма лабильна и зависит как от гидротермических условий, так и от конкретных агротехнических приемов [16].

Вегетационный период 2018 г. складывался неблагоприятно для однолетних трав. За время от всходов до уборки культуры выпало 49 мм (36 % от среднемноголетней нормы) осадков. Гидротермический коэффициент (ГТК) за период вегетации составил 0,3.

В 2019 г. рост и развитие однолетних трав проходили при повышенном температурном режиме и в большинстве случаев недостаточном увлажнении. ГТК в мае составил 0,77, в июне – 0,53, что привело к ускоренному прохождению фенологических фаз, ухудшению условий формирования зеленой массы и, соответственно, урожайности трав.

Вегетация однолетних трав в 2020 г. протекала в благоприятных метеоусловиях при несколько повышенном температурном режиме: ГТК в мае составил 1,0, в июне – 0,9, в июле – 1,0, при среднемноголетних значениях соответственно 0,96, 1,00 и 0,96, что положительно сказалось на урожайности.

Изучение биологической активности почвы в течение вегетации однолетних трав при различных приемах основной обработки почвы показало, что наибольшей в слое 0...20 см она была при ежегодной вспашке на глубину 14...16 см, в слое 0...40 см – при вспашке на 20...22 см (табл. 1).

1. Биологическая активность почвы в зависимости от приемов обработки почвы под однолетние травы (2018–2019 гг.)

Слой почвы, см	Обработка почвы					Залежь	$НСР_{05}$
	вспашка на 20...22 см	вспашка на 14...16 см	безотвальная на 14...16 см	поверхностная на 6...8 см	нулевая		
Разложение полотна, %							
0...10	13,3	16,1	11,0	8,91	5,58	5,82	4,94
10...20	11,4	11,7	8,40	12,0	7,08	10,9	2,90
0...20	12,4	13,9	9,68	10,5	6,33	8,35	2,95
0...40	12,0	12,0	10,4	10,1	7,42	11,4	2,34
Синтез аминокислот, ед. опт. плотности							
0...10	0,264	0,252	0,197	0,173	0,166	0,146	0,028
10...20	0,195	0,202	0,132	0,182	0,134	0,170	0,041
0...20	0,230	0,227	0,164	0,177	0,150	0,158	0,030
0...40	0,195	0,185	0,145	0,153	0,132	0,154	0,020

Минимализация обработки (мелкая безотвальная, поверхностная и нулевая обработки) приводила к снижению биологической активности почвы. Интенсивность разложения клетчатки в слое 0...20 см снижалась, по отношению к вспашке на 20...22 см, при мелкой безотвальной и поверхностной обработках в 1,2 раза, при нулевой – в 2,0 раза, а в слое 0...40 см – соответственно в 1,2 и 1,6 раза. При этом ее статистически доказуемое уменьшение отмечено только на фоне нулевой обработки.

При мелкой (на 14...16 см) отвальной обработке почвы интенсивность разложения клетчатки оставалась на уровне вспашки на глубину 20...22 см и в слое 0...40 см составляла 12,0 %, а в слое 0...20 см – 13,9 % при величине этого показателя на вспашке на 20...22 см 12,4 %.

Аналогично интенсивности разложения льняного полотна в зависимости от приемов обработки почвы под однолетние травы, изменялись процессы синтеза аминокислот. Максимальное в опыте их накопление отмечено при отвальной системе обработки почвы на 20...22 и 14...16 см: в слое 0...20 см – соответственно 0,230 и 0,227 ед. опт. плотности; в слое 0...40 см – 0,195 и 0,185 ед. опт. плотности. Минимизация обработки почвы под однолетние травы приводила к снижению интенсивности синтеза аминокислот, по сравнению

2. Содержание подвижных форм элементов питания в почве (0…40 см) под однолетними травами при различных приемах основной обработки почвы в среднем за вегетационный период (2018–2020 гг.), мг/кг

Удобрения	Обработка почвы					Залежь	$НСР_{05}$
	вспашка на глубину, см		безотвальная на 14…16 см	поверхностная на 6…8 см	нулевая		
	20…22	14…16					
$N\text{-}NO_3$							
$N_{60}P_{60}K_{60}$	21,4	20,1	18,8	17,0	15,2		2,7
0	16,6	16,9	16,3	15,7	15,6	10,1	2,0
P_2O_5							
$N_{60}P_{60}K_{60}$	138	111	111	95	118		9,5
0	110	109	116	102	105	61	6,5
K_2O							
$N_{60}P_{60}K_{60}$	88	72	65	64	62		11
0	69	62	58	51	58	27	4

со вспашкой на глубину 20…22 см, в слое 0…20 см при мелкой безотвальной на 28,7 %, поверхностной – на 23,0 %, нулевой обработке – на 34,8 %, в слое 0…40 см – соответственно на 25,6 %, 21,5 % и 32,3 %. Минимальную в опыте величину этого показателя отмечали на залежи и нулевой обработке: в слое 0…20 см соответственно 0,158 и 0,150 ед. опт. плотности, в слое 0…40 см – 0,154 и 0,132 ед. опт. плотности.

Изменение микробиологической активности почвы под влиянием механической обработки происходит в зависимости от поступления и распределения в обрабатываемом слое пожнивных и корневых остатков, водного, воздушного и теплового режимов почвенного профиля. Поэтому при отвальных обработках почвы, обеспечивающих поступление в обрабатываемый слой свежего органического вещества, прослеживается тенденция к увеличению целлюлозолитической активности почвы.

Как показывают результаты исследований в почвах юго-востока ЦЧЗ под однолетними травами наиболее благоприятные условия для микробиологических процессов складывались при отвальной системе обработки в севообороте – вспашке на глубину 20…22 см или 14…16 см (см. табл. 1).

Применение мелкой безотвальной или отказ от обработки почвы под однолетние травы приводили к дифференциации пахотного слоя по интенсивности разложения льняного полотна и накопления аминокислот. В слое 10…20 см в указанных вариантах отмечено значительное снижение величин этих показателей, по сравнению с контролем. В почве залежи интенсивность разложения клетчатки и накопление аминокислот была значительно ниже, чем при отвальных обработках.

Обеспеченность почвы элементами минерального питания – важный показатель плодородия, определяющий продуктивность возделываемых культур. Способы обработки, изменяя биологическую активность чернозема обыкновенного, оказывали различное влияние на содержание нитратного азота в почве в среднем за вегетацию (табл. 2).

На неудобренном фоне максимальное в опыте содержание нитратного азота в слое почвы 0…40 см под однолетними травами в среднем за вегетационный период отмечено при вспашке на глубину 14…16 и 20…22 см – 16,6…16,9 мг/кг. При минимализации обработки почвы оно снижалось до 15,6 мг/кг при нулевой обработке. На фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ максимальное в опыте в слое почвы 0…40 см содержание нитратного азота также наблюдали при вспашке на глубину 14…16 и 20…22 см – 20,1…21,4 мг/кг. При мелкой безотвальной, поверхностной и нулевой обработках средняя за вегетацию величина этого показателя была на 2,6…6,2 мг/кг ($НСР_{05}$ = 2,7 мг/кг), или на 12,1…29,0 % меньше, чем при отвальной вспашке на 20…22 см.

Среднее за вегетацию содержание подвижного фосфора в почве под однолетними травами мало зависело от способа и глубины обработки почвы и в слое 0…40 см на неудобренном фоне составляло от 109…116 мг/кг при мелких безотвальных и отвальных обработках до 102…105 мг/кг при поверхностной и нулевой обработках. На фоне применения $N_{60}P_{60}K_{60}$ максимальную в опыте величину этого показателя в слое почвы 0…40 см отмечали при вспашке на 20…22 см – 138 мг/кг. Минимализация обработки почвы приводила к ухудшению обеспеченности почвы подвижным фосфором до 95…118 мг/кг.

Аналогичная зависимость отмечена и для обменного калия. Уменьшение интенсивности обработок приводило к снижению обеспеченности почвы доступными для растений формами этого минерального элемента в слое почвы 0…40 см под однолетними травами без удобрений с 62…69 мг/кг при отвальных обработках до 51…58 мг/кг в вариантах с мелкой безотвальной, поверхностной и нулевой обработками. На фоне $N_{60}P_{60}K_{60}$ различия в обеспеченности почвы обменным калием в зависимости от способа обработки сохранялись, а его содержание составляло соответственно 72…88 и 62…65 мг/кг.

В почве залежи содержание подвижных форм азота, фосфора и калия было соответственно в 1,5…1,7, 1,7…1,9 и 1,9…2,6 раза ниже, чем в почве, используемой в сельскохозяйственном производстве.

Урожайность сельскохозяйственных культур – результирующий показатель почвенного плодородия и складывающихся погодных условий и главный критерий оценки эффективности агротехнических приемов. В среднем за годы исследований сбор однолетних трав (горох + овес) на зеленый корм мало различался по вариантам обработки почвы (табл. 3), но имел тенденцию к снижению при ее минимализации и в среднем за три года исследований составлял от 19,9 т/га при ежегодной вспашке на 25…27 см до 17,2 т/га при поверхностной обработке почвы ($НСР_{05}$ = 2,2 т/га).

3. Урожайность однолетних трав в зависимости от приемов основной обработки почвы (средняя за 2018–2020 гг.), т/га

Обработка почвы (фактор А)	Удобрение (фактор В)		Средняя по фактору А
	0	$N_{60}P_{60}K_{60}$	
Вспашка на 20…22 см (контроль)	19,2	23,0	21,1
Вспашка на 25…27 см	19,9	22,9	21,4
Вспашка на 14…16 см	18,8	21,6	20,2
Безотвальная на 14…16 см	18,3	22,0	20,2
Комбинированная в севообороте, под однолетние травы – безотвальная на 20…22 см	19,0	22,3	20,6
Отвальная разноглубинная в севообороте, под однолетние травы – вспашка на 20…22 см	19,8	23,2	21,5
Безотвальная разноглубинная в севообороте, под однолетние травы – на 20…22 см	18,3	22,0	20,2
Поверхностная на 6…8 см	17,2	21,6	19,4
Нулевая	11,2	13,0	12,1
Средняя по фактору В	18,0	21,3	

$НСР_{05}$ для фактора А – 2,2; для фактора В – 2,4

Достоверное снижение урожайности зеленой массы однолетних трав установлено только при нулевой обработке почвы. В этом же варианте отмечено существенное снижение биологической активности почвы и обеспеченности элементами минерального питания.

Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку почвы способствовало

увеличению урожайности зеленой массы однолетних трав в среднем по обработкам на 3,3 т/га. На фоне удобрений наибольший в опыте сбор продукции однолетних трав отмечен при отвальной обработке почвы: разноглубинной отвальной системе обработки почвы в севообороте со вспашкой на глубину 20...22 см под однолетние травы и ежегодной вспашке на глубину 20...22 см. Нулевая обработка почвы под однолетние травы и при использовании удобрений привела к существенному снижению урожайности зеленой массы однолетних трав, по сравнению с контролем, на 10 т/га.

Таким образом, в условиях юго-востока ЦЧР минимализация обработки почвы под однолетние травы в результате снижения поступления органического вещества растительных остатков в корнеобитаемый слой почвы, а также частого пересыхания 0...10 см слоя при безотвальной, поверхностной и нулевой обработках приводит к снижению биологической активности чернозема обыкновенного, независимо от фона удобренности.

Применение мелкой безотвальной, поверхностной и нулевой обработки почвы под однолетние травы сопровождалось снижением обеспеченности 0...40 см слоя в среднем за вегетацию нитратным азотом на 12,1...29,0 %, обменным калием – на 16...26 %, по сравнению со вспашкой на глубину 20...22 см. Уменьшение глубины отвальной обработки почвы до 14...16 см практически не приводило к ухудшению изучаемых показателей плодородия чернозема обыкновенного. Урожайность однолетних трав (горох + овес) на зеленый корм мало различалась по вариантам обработки почвы, но имела выраженную тенденцию к снижению при ее минимализации, статистически доказуемую при нулевой обработке.

В почвенно-климатических условиях юго-востока ЦЧР при выращивании однолетних трав (горох + овес) на зеленый корм возможна минимализация обработки почвы: снижение глубины обработки почвы независимо от способа до 14...16 см и даже применение поверхностной обработки на глубину 6...8 см при тенденции к снижению урожайности. Отказ от основной обработки почвы под однолетние травы приводит к существенному уменьшению сбора зеленой массы на удобренном и неудобренном фонах.

Литература.

1. К 95-летию Воронежской опытной станции по многолетним травам / И. М. Шатский, И. С. Иванов, И. А. Новикова и др. // Кормопроизводство. 2015. № 1. С. 3–7.

2. Трофимов И. А., Трофимова Л. С., Яковлева Е. П. «Тихий кризис» агроландшафтов Центрального Черноземья // Земледелие. 2014. № 4. С. 3–6.

3. Вороничев Б. А., Коломейченко В. В. Продуктивность однолетних трав // Кормопроизводство. 2003. № 3. С. 5.

4. Кубарев В. А., Финагин В. А. Смеси однолетних трав // Кормопроизводство. 2002. № 9. С. 28.

5. Биологически активное органическое вещество в почвах европейской части России / В. М. Семенов, Б. М. Когут, Н. Б. Зинякова и др. // Почвоведение. 2018. № 4. С. 457–472.

6. Котлярова Е. Г., Лубенцов С. М. Экономическая и энергетическая эффективность возделывания гороха на зерно // Земледелие. 2013. № 8. С. 34–35.

7. Черкасов Г. Н., Пыхтин И. Г., Гостев А. В. Возможности применения нулевых и поверхностных способов основной обработки почвы в различных регионах // Земледелие. 2014. № 5. С. 13–16.

8. Турусов В. И., Гармашов В. М. Влияние способов обработки на плодородие чернозема обыкновенного и урожайность ячменя в условиях юго-востока ЦЧР // Достижения науки и техники АПК. 2019. Т. 33. № 12. С. 20–25.

9. Оценка степени физической деградации и пригодности черноземов к минимализации основной обработки почвы / Т. А. Трофимова, С. И. Коржов, В. А. Гулевский и др. // Почвоведение. 2018. Т. 51. № 9. С. 1080–1085.

10. Королев В. А., Громовик А. И., Боронтов О. К. Изменение основных показателей плодородия чернозема выщелоченного при разных способах основной обработки // Почвоведение. 2016. Т. 49. № 1. С. 95–101.

11. Сезонная динамика биомассы микроорганизмов в дерново-подзолистой почве / Д. А. Никитин, Т. И. Чернов, А. Д. Железова и др. // Почвоведение. 2019. № 11. С. 1356–1364.

12. Яковлева Е. П. Кормопроизводство в управлении агроландшафтами // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: Коллективная монография. Книга 2 / под ред. А. И. Еськова. Иваново: ПресСто, 2015. С. 28–34.

13. Шпаков А. С., Воловик В. Т. Развитие полевого кормопроизводства в России // Земледелие. 2009. № 6. С. 22–24.

14. Аксенова Ю. В., Бойко В. С. Роль многолетних трав и интенсивной системы земледелия в повышении энергетического потенциала органического вещества длительно орошаемой луговочерноземной почвы // Земледелие. 2017. № 5. С. 18–20.

15. Турусов В. И., Гармашов В. М., Гармашова Л. В. Структура микробного-ценозаагрогенных почв и естественных экосистем // Плодородие. 2011. № 1. С. 34–35.

16. Микробиологические показатели агрегатов типичных черноземов в многолетних полевых опытах / А. Д. Железова, А. К. Тхакахова, Н. В. Ярославцева и др. // Почвоведение. 2017. № 6. С. 711–717.

Biological activity and soil nutritional regime with various treatments for annual herbs

V. I. Turusov, V. M. Garmashov, N. A. Nuzhnaya, I. M. Kornilov, V. N. Govorov, M. P. Kryachkova, L. V. Garmashova

Dokuchaev Research Institute of Agriculture of the Central Black-Earth Zone, kvartal 5, 81, pos. 2 uchastka Instituta imeni Dokuchaeva, Talovskii r-n, Voronezhskaya obl., 397463, Russian Federation

Abstract. *In 2018–2020 in the Voronezh region, we investigate effective tillage techniques for annual herbs. The design of the experiment provided for the study of tillage techniques and fertilizer application. Tillage methods (factor A) included annual ploughing at 20–22 cm (the control); annual ploughing at 14–16 cm; annual nonmoldboard processing at 14–16 cm; annual surface treatment at 6–8 cm; zero treatment. Fertilizer application (factor B) included two options: without fertilizers and N60P60K60. The soil of the experimental plot was ordinary chernozem, medium-humic, heavy loamy, with the humus content in the layer of 0–30 cm of 6.48%. The content of P2O5 was 100–140 mg/kg, of K2O – 50–90 mg/kg; the pH(salt) was equal to 6.99 units. The soil properties in the studied treatments were compared with the idle land. The use of shallow nonmoldboard, surface and zero treatments caused a decrease in the biological activity of the soil and in the provision of soil with nitrate nitrogen compared to the ploughing to the depth of 20–22 cm. The yield of annual herbs (pea + oats) for green forage had a clear tendency to decrease with the minimization of soil treatment, statistically proven with zero treatment. Under the soil-climatic conditions of the southeast of the Central Chernozem region, when growing annual grasses (pea + oats) for green forage, it is possible to reduce the depth of soil treatment to 14–16 cm regardless of the tillage method. It is even possible to use surface treatment to the depth of 6–8 cm with a tendency to yield decrease. Zero tillage for annual grasses leads to a significant (1.5–1.8 times) decrease in the harvest against fertilized and unfertilized backgrounds.*

Keywords: *soil treatment; soil biological activity; nutritional regime; annual grasses; yield.*

Author details: *V. I. Turusov, member of the RAS, D. Sc. (Agr.), (e-mail: niish1c@mail.ru); V. M. Garmashov, D. Sc. (Agr.), Head of Department; N. A. Nuzhnaya, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; I. M. Kornilov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; V. N. Govorov, research fellow; M. P. Kryachkova, research fellow; L.V. Garmashova, research fellow.*

For citation: *Turusov VI, Garmashov VM, Nuzhnaya NA, et al. [Biological activity and soil nutritional regime with various treatments for annual herbs]. Zemledelie. 2020. (6):25-8. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10606.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10607
УДК: 633.1: 631.51: 631.331

Предпосевная обработка почвы при разных способах посева зерновых культур

Ю. И. МИТРОФАНОВ, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru)
Л. И. ПЕТРОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, ведущий научный сотрудник
М. В. ГУЛЯЕВ, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Н. К. ПЕРВУШИНА, младший научный сотрудник
Федеральный исследовательский центр Почвенный институт им. В. В. Докучаева, Пыжевский пер., 7, стр. 2, Москва, 119017, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения эффективности приемов предпосевной обработки почвы при разных способах посева зерновых культур. Работу осуществляли в 1991–1994 гг. и 2016–2019 гг. в условиях Тверской области на дерново-подзолистой хорошо окультуренной легкосуглинистой глееватой почве, осушаемой закрытым дренажом. На хорошо дренированных почвах легкого гранулометрического состава лучший вариант предпосевной обработки при использовании обычных зерновых сеялок СЗ-3,6 с дисковыми сошниками – культивация в один след на глубину 4...6 см с последующей обработкой комбинированным агрегатом типа РВК-3,6. Его применение обеспечивает повышение полевой всхожести семян овса на 5,9 %, ячменя – на 3,0 %, озимой ржи – на 7,6 % и увеличение урожайности – соответственно на 0,24, 0,32 и 0,27...0,36 т/га. При гребнистом ленточно-разбросном способе посева с локальным уплотнением почвы применение РВК-3,6 влияния на урожайность зерновых культур не оказывает. Сбор зерна овса в варианте с двойной культивацией составлял 3,78 т/га, с РВК-3,6 – 3,71 т/га, ячменя – соответственно 3,93 и 3,85 т/га, ржи – 5,71 и 5,79 т/га. Преимущество гребнистого способа посева обусловлено оптимизацией площади питания растений и улучшением агрофизических условий в посевном слое почвы. Прибавки урожая овса при гребнистом способе посева, по сравнению с рядовым, составляли 0,13...0,37 т/га, ячменя – 0,23...0,55 т/га, озимой ржи – 0,58...0,85 т/га. Улучшенный гребнистый ленточно-разбросной способ посева (высота гребней 6...8 см, ширина лент – 13...15 см) рекомендуется для выращивания овса, ячменя и озимой ржи в условиях повышенного увлажнения почвы, прежде всего в северо-западной части Нечерноземной зоны РФ.

Ключевые слова: *гребнистый посев, культивация, комбинированные агрегаты, полевая всхожесть, сохранность, структура урожая, урожайность.*

Для цитирования: *Предпосевная обработка почвы при разных способах посева зерновых культур / Ю. И. Митрофанов, Л. И. Петрова, М. В. Гуляев и др. // Земледелие. 2020. № 6. С. 29–33. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10607.*

Своевременная и качественная обработка почвы – важнейшее условие успешного формирования высоких и устойчивых урожаев зерновых культур. Основные ее задачи – улучшение водно-воздушного и питательного режимов почвы, условий жизнедеятельности почвенных микроорганизмов, фитосанитарного состояния полей, защита почв от эрозии и переуплотнения, создание посевного слоя, обеспечивающего благоприятные условия для заделки семян на заданную глубину, стартового роста и дальнейшего развития растений [1, 2]. Выбор приемов обработки и почвообрабатывающих орудий осуществляется с учетом биологических особенностей выращиваемых культур, предшественников и сроков уборки их урожая, гранулометрического состава почвы, степени засоренности и видового состав сорняков, погодных условий и технических возможностей хозяйства [3, 4, 5]. На осушаемых землях наиболее распространенным приемом в системе основной обработки почвы под яровые зерновые культуры выступает зяблевая вспашка с предварительным лущением или без него, а приемы безотвальной и мелкой обработки почвы имеют ограниченное применение [6].

В системе предпосевной обработки почвы лучшие результаты обеспечивает сочетание культивации с боронованием и обработкой вторым следом комбинированными агрегатами, позволяющими за один проход по полю провести рыхление, выравнивание и прикатывание почвы [7]. Прикатывание почвы улучшает качество посева, равномерность заделки семян, повышает их полевую всхожесть, обеспечивает более ранние и дружные всходы яровых зерновых культур [8, 9]. Стеблестой на прикатанных участках, как правило, более выровненный, созревание растений более дружное. Основное требование к предпосевной обработке почвы для озимой ржи – создание посевного слоя с мелкокомковатой структурой и уплотненным ложем на глубине 2...3 см. Такие условия формируются при вспашке не позднее чем за 3...4 недели до посева с последующими мелкими культивациями и боронованием. На последней перед посевом обработке почвы лучшие результаты по качественным параметрам посевного слоя обеспечивают комбинированные агрегаты типа РВК-3,6, РВК-5,4, ВИП-5,6, КБМ-4,2 и др.

Рекомендуемые системы предпосевной обработки почвы основаны на результатах исследований, которые проводили в опытах с рядовым способом посева с использованием сеялок СЗ-3,6 с дисковыми сошниками. Вместе с тем, известно, что при предпосевной обработке почвы необходимо учитывать особенности применяемых способов посева, некоторые из которых сами по себе выступают важным фактором, влияющим на агрофизическое состояние посевного слоя почвы. К таким способам посева зерновых культур относятся поверхностно-разбросной бессошниковый и ленточно-разбросной гребнистый. Их рекомендуют использовать на осушаемых минеральных почвах Нечерноземной зоны, прежде всего, в ее северо-западной части [10, 11, 12]. Преимущества гребнистого способа посева перед обычным рядовым связаны с более равномерным размещением растений по площади при разбросном рассеве семян и с улучшением агрофизических условий в посевном слое почвы на профилированной поверхности.

Цель исследований – изучить эффективность приемов предпосевной обработки почвы при различных способах посева зерновых культур.

Полевые опыты проводили в 1991–1993 гг. и 2016–2019 гг. на экспериментальном участке ВНИИМЗ (филиал ФИЦ «Почвенный институт им. В. В. Докучаева», Тверская область, мелиоративный объект «Губино»), осушаемом закрытым дренажом с междренным расстоянием 20...30 м и глубиной заложения дрен 0,9...1,2 м. Почва опытного участка – дерново-подзолистая легкосуглинистая глееватая, содержание гумуса (по Тюрину) – 1,8...2,6 %, подвижного фосфора и калия (по Кирсанову) – 150...222 мг/кг и 72...123 мг/кг соответственно, $pH_{сол}$ (ГОСТ 26483-85) – 5,5...6,5 ед., гидролитическая кислотность (по Каппену) – 0,87...1,68 мг-экв./100 г почвы.

В 1991–1993 гг. схема опыта включала следующие варианты:

способ предпосевной обработки почвы (фактор А) – культивация на глубину 4...6 см в 2 следа; культивация + обработка комбинированным агрегатом РВК-3,6;

способ посева (фактор В) – рядовой посев сеялкой с дисковыми сошниками СЗ-3,6; гребнистый ленточно-разбросной посев сеялкой СЗГ-3,6 (без локального уплотнения почвы); гребнистый ленточно-разбросной посев сеялкой СЗГК-3,6 (с локальным уплотнением почвы).

Технологическая схема гребнистого ленточно-разбросного способа посева предусматривает рассев семян лентами на поверхность поля, локальное уплотнение почвы, вдавливание семян в почву катками и заделку семян загортачами. При этом растения размещаются на гребнях высотой 4...8 см лентами шириной 13...15 см.

В 2016–2019 гг. исследования проводили с улучшенным вариантом гребнистого ленточно-разбросного способа сеялкой СЗГК-3,6У с установленными перед катками дополнительными устройствами для выравнивания поверхности почвы в зоне расположения семян. При этом они ложатся на выровненную поверхность, вдавливаются в почву катками с одновременным созданием уплотненного посевного ложе и закрываются слоем рыхлой почвы.

Схема опыта в 2016–2019 гг. предусматривала изучение следующих вариантов:

рядовой посев сеялкой СЗ-3,6 (контроль 1);

гребнистый ленточно-разбросной посев сеялкой СЗГК-3,6 (контроль 2 – с локальным уплотнением почвы при среднем давлении катков на почву);

гребнистый ленточно-разбросной улучшенный посев сеялкой СЗГК-3,6У с дополнительным выравнивающим устройством при минимальном, среднем и максимальном давлении катков на почву.

В 1991–1993 гг. озимую рожь, ячмень и овес выращивали по интенсивным технологиям с внесением минеральных удобрений под ячмень и овес в количестве $N_{90...100}P_{90}K_{120}$, под озимую рожь – $N_{130}P_{95}K_{100}$ на запланированный уровень урожайности яровых зерновых 4,0...4,5 т/га, озимой ржи – 5,0...5,5 т/га. В опыте возделывали сорт ячменя Абава, овса – Санг, озимой ржи – Орловская 9.

В 2016–2019 гг. культуры выращивали по среднеинтенсивным (нормальным) технологиям. Минеральные удобрения ($N_{50}P_{50}K_{50}$) вносили под предпосевную культивацию. Выращивали сорт овса Аргамак, озимой ржи – Дымка. Предпосевная обработка почвы включала культивацию на глубину 4...6 см и обработку комбинированным агрегатом КБМ-4,2. Предшественниками яровых зерновых культур были картофель, озимая рожь, клевер 1 г.п., озимой ржи – клевер 1 г.п. и рапс яровой на сидерат. Повторность опытов 3...4-кратная. Общая площадь делянок 200...280 м², учетная – 40...80 м².

Сопутствующие исследования, анализы и наблюдения в полевых опытах проводили по общепринятым методикам (*Усанова З. И. Методика выполнения научных исследований по растениеводству. Тверь: Тверская ГСХА, 2015*). Учет урожая зерновых культур осуществляли комбайном «Сампо». Достоверность прибавок урожая определяли методом дисперсионного анализа *(Доспехов Б. А. М., 1979)*.

При агротехнической оценке приемов предпосевной обработки почвы и способов посева определяли полноту и глубину заделки семян, полевую всхожесть и другие показатели, характеризующие качество посева зерновых культур. Следует отметить, что величины всех этих показателей зависят не только от способа посева, конструктивных особенностей сошников, но и, одновременно, от агрофизического состояния посевного слоя почвы, плотности сложения, влажности, приемов и качества его обработки, погодных условий, гранулометрического состава почвы и др. (*Методические рекомендации по разработке минимальных систем обработки почвы и прямого посева / В. И. Кирюшин, В. К. Дридигер, А. Н. Власенко и др. М: Издательство МБА, 2019*).

Метеоусловия в годы исследований в период вегетации были разными – от благоприятных до неблагоприятных, прежде всего, по увлажнению. ГТК по Селянинову за вегетацию по годам изменялся от 0,92 (1992 г.) до 1,94 (2017 г.), в том числе в мае (время посева яровых зерновых культур) от 0,64 до 3,12, в августе (время посева озимых культур) – от 0,44 до 2,00. Метеоусловия в период проведения посевных работ изменялись от острозасушливых (1993 г.) до избыточно влажных (1991 г.). Количество выпавших в мае осадков по годам варьировало от 42 (1993 г.) до 170 % (1991 г.), в августе – от 37 (2018 г.) до 216 % (2019 г.) от климатической нормы.

Важнейшие технологические процессы при проведении предпосевной обработки почвы под зерновые культуры – рыхление, крошение, выравнивание поверхности и уплотнение посевного слоя почвы. Все они могут выполняться при одном проходе комбинированными почвообрабатывающими орудиями. Применение при предпосевной обработке почвы РВК-3,6 (1991–1993 гг.) создавало, по сравнению с культивацией, более плотное сложение почвы в верхнем ее слое. При подготовке почвы под озимую рожь его использование увеличивало плотность посевного слоя (0...5 см) при рядовом посеве на 0,08 г/см³ (с 1,02 до 1,10 г/см³), снижало общую пористость на 3,0 %, пористость аэрации – на 5,2 %.

В опыте с ячменем в варианте с РВК-3,6 плотность почвы в слое 0...10 см в начале вегетационного периода в среднем за 3 года была больше, чем в вариантах с 2-кратной культивацией, на 0,04 г/см³ и составляла 1,32 г/см³. Общая пористость при этом снизилась на 1,4 %, пористость аэрации – на 3,4 %, твердость почвы увеличилась на 2,4 кг/см². В целом, агрофизические параметры верхнего слоя почвы при обработке РВК-3,6 находились в зоне оптимальных значений. При рядовом посеве к концу вегетации различия между вариантами сглаживались, плотность почвы возрастала, а пористость уменьшалась.

При гребнистом посеве влияние на агрофизические параметры посевного слоя почвы оказывали не только приемы предпосевной обработки почвы, но и технологические операции, осуществляемые в ходе посева – локальное уплотнение почвы и рыхление 4...5-сантиметрового слоя загортачами при заделке семян и формировании гребнистой поверхности. В результате верхний посевной слой почвы приобретает более рыхлое сложение. В опытах с озимой рожью плотность в слое 0...5 см в вариантах с профилированной гребнистой поверхностью поля в осенний период была меньше, чем в контроле (ровная поверхность), на 0,08...0,11 г/см³, весной (в начале возобновления вегетации) – на 0,10, перед уборкой – на 0,04 г/см³. Гребнистая поверхность обеспечивает более устойчивый режим аэрации почвы в зоне расположения семян и узла кущения – пористость устойчивой аэрации в посевном слое (0...5 см) на гребнях в течение всего вегетационного периода выше на 27,7...71,1 %. В осенний период (кущение) влажность почвы в посевном слое в вариантах с профилированием поверхности была ниже, чем в контроле, на 3,4...3,5 %, в слое 5...15 см – на 2,3...2,8 %. Улучшение агрофизических свойств почвы в зоне расположения узла кущения оказывает благоприятное влияние

1. Технологические и биометрические параметры посевов зерновых культур в зависимости от приемов предпосевной обработки почвы и способов посева (1991–1993 гг.)

Культура	Прием предпосевной обработки почвы (фактор А)	Способ посева, марка сеялки (фактор В)			Среднее по фактору А
		рядовой – СЗ-3,6	ленточно-разбросной		
			СЗГ-3,6	СЗГК-3,6	
Глубина заделки семян, см ($НСР_{05}$ для факторов: ячмень – А=0,12, В=0,23; овес – А=0,21, В=0,34; озимая рожь – А=0,10, В=0,15)					
Ячмень	культивация в 2 следа	4,7	2,5	3,0	3,4
	культивация + РВК-3,6	4,1	2,1	2,4	2,9
	среднее по фактору В	4,4	2,3	2,7	3,1
Овес	культивация в 2 следа	4,9	2,7	3,1	3,6
	культивация + РВК-3,6	4,1	2,1	2,4	2,9
	среднее по фактору В	4,5	2,4	2,8	3,3
Озимая рожь	культивация в 2 следа	3,1	1,8	2,2	2,4
	культивация + РВК-3,6	2,2	1,4	1,8	1,8
	среднее по фактору В	2,7	1,6	2,0	2,1
Полевая всхожесть, % ($НСР_{05}$ для факторов: ячмень – А=2,1, В=2,8; овес – А= 3,2, В=3,8; озимая рожь – А=3,6, В=4,2)					
Ячмень	культивация в 2 следа	65,8	56,3	67,4	63,2
	культивация + РВК-3,6	68,8	64,8	68,0	67,2
	среднее по фактору В	67,3	60,6	67,7	65,2
Овес	культивация в 2 следа	75,0	75,2	83,6	77,9
	культивация + РВК-3,6	80,9	75,5	78,1	78,2
	среднее по фактору В	78,0	75,4	80,9	78,1
Озимая рожь*	культивация в 2 следа	50,1	51,1	55,2	52,1
	культивация + РВК-3,6	57,7	57,4	57,5	57,5
	среднее по фактору В	53,9	54,3	56,4	54,8
Сохранность растений, % ($НСР_{05}$ для факторов: ячмень – А= 3,2, В=3,7; овес – А= 2,7, В=3,1; озимая рожь – А=4,0, В=4,7)					
Ячмень	культивация в 2 следа	60,5	58,9	59,3	59,6
	культивация + РВК-3,6	67,2	61,1	64,4	64,2
	среднее по фактору В	65,9	60,0	61,9	61,9
Овес	культивация в 2 следа	89,0	55,0	71,3	71,8
	культивация + РВК-3,6	77,5	61,4	69,3	69,4
	среднее по фактору В	83,2	58,2	70,3	70,6
Озимая рожь *	культивация в 2 следа	77,5	89,2	90,0	85,6
	культивация + РВК-3,6	73,6	96,4	96,3	88,7
	среднее по фактору В	75,6	92,9	93,2	87,2

** доля перезимовавших растений*

на рост, развитие и процесс кущения растений.

Применение на предпосевной обработке почвы вторым следом комбинированного агрегата РВК-3,6 (обеспечивающего рыхление, выравнивание и уплотнение почвы), по сравнению с двукратной предпосевной культивацией, снижало полноту заделки семян в почву, уменьшало глубину посева и закладки узла кущения. Положительное влияние РВК-3,6 на качество посева проявилось, в основном, при рядовом посеве сеялкой с дисковыми сошниками в оптимизации глубины заделки семян. Более рыхлое сложение посевного слоя почвы в варианте с предпосевной культивацией стало причиной излишне глубокой заделки семян и снижения их полевой всхожести. Отрицательная реакция зерновых культур на излишне глубокую заделку семян связана с тем, что образуются длинные подсеменные колена, непродуктивно расходуются пластические вещества, задерживается появление всходов и начало кущения, возрастает опасность поражения болезнями, у озимых культур ухудшается сохранность растений при перезимовке. Оптимальная глубина заделки семян овса и ячменя, в зависимости от условий увлажнения почвы, на осушаемых землях составляет 2...4 см, озимой ржи – 2...3 см. В опыте на фоне двукратной культивации на 4...6 см глубина заделки семян при рядовом посеве была больше оптимальных значений. У овса она в среднем составила 4,9 см, у ячменя – 4,7 см, у озимой ржи – 3,1 см. При обработке почвы комбинированным агрегатом глубина заделки семян овса уменьшалась на 0,8 см, ячменя – на 1,2 см, озимой ржи – на 0,9 см и по культурам составляла соответственно 4,1, 3,5 и 2,2 см, что соответствует оптимальным значениям. Использование РВК-3,6 при рядовом (СЗ-3,6) посеве увеличивало полевую всхожесть семян ячменя на 3,0 %, овса – на 5,9 %, озимой ржи – на 7,6 % (табл.1).

При гребнистом способе посева, по сравнению с обычным, семена заделывались на меньшую глубину – на фоне культивации у овса она составляла 2,7...3,1 см, ячменя – 2,5...3,0 см, озимой ржи – 1,8...2,2 см. Применение РВК-3,6 уменьшало глубину заделки семян при гребнистом посеве на 0,2...0,7 см, увеличивало полевую всхожесть семян ячменя на 8,5 %, озимой ржи – на 6,3 %. В варианте с гребнистым посевом и локальным уплотнением почвы влияние РВК-3,6 на полевую всхожесть семян ячменя и озимой ржи было незначительным – увеличение составило 0,6 % и 2,3 %, на овсе отмечено ее снижение на 5,5 %. Эти данные свидетельствуют о том, что локальное уплотнение почвы в зоне расположения семян и вдавливание их в почву катками – важный технологический элемент, определяющий качество посева и выбор приемов предпосевной обработки почвы при гребнистом способе посева. На фоне культивации вдавливание семян овса в почву катками перед их заделкой при ленточно-разбросном способе посева повышало полноту заделки семян на 2,6...2,7 %, увеличивало глубину заделки на 0,3...0,4 см, полевую всхожесть семян на 8,4 %. На ячмене полнота заделки семян возрастала на 1,0...1,4 %, глубина заделки – на 0,5...0,6 см, полевая всхожесть – на 3,2...11,1 %, у озимой ржи величины этих показателей повышались соответственно на 1,2...2,2 %, 0,4 см и 4,1 %.

По урожайности зерновых культур лучший в опыте прием предпосевной обработки почвы при использовании обычных зерновых сеялок СЗ-3,6 –

2. Влияние приемов предпосевной обработки почвы на урожайность зерновых культур при разных способах посева (1991–1993 гг.), т/га

Способ посева и марка сеялки (фактор В)	Прием предпосевной обработки почвы (фактор А)		Среднее по фактору В	Изменение урожая от РВК-3,6 (±)
	культивация в 2 следа	культивация в 1 след + РВК-3,6		
Ячмень ($НСР_{05}$ А = 0,17, В =0,22, АВ=0,34)				
Рядовой, СЗ-3,6	3,38	3,70	3,54	+0,32
Ленточно-разбросной, СЗГ-3,6	3,50	3,50	3,50	0,0
Ленточно-разбросной, СЗГК-3,6	3,93	3,85	3,89	-0,08
Среднее по фактору А	3,60	3,68	3,64	
Овес ($НСР_{05}$ А = 0,14, В =0,20, АВ=0,28)				
Рядовой, СЗ-3,6	3,41	3,65	3,53	+0,24
Ленточно-разбросной, СЗГ-3,6	3,57	3,43	3,50	-0,13
Ленточно-разбросной, СЗГК-3,6	3,78	3,71	3,75	-0,07
Среднее по фактору А	3,58	3,60	3,59	
Озимая рожь ($НСР_{05}$ А = 0,18, В =0,24, АВ=0,32)				
Рядовой, СЗ-3,6	4,86	5,13	5,00	+0,27
Ленточно-разбросной, СЗГ-3,6	5,38	5,54	5,46	+0,16
Ленточно-разбросной, СЗГК-3,6	5,71	5,79	5,75	+0,08
Среднее по фактору А	5,31	5,39	5,40	

культивация в 1 след на глубину 4...6 см и обработка вторым следом комбинированным агрегатом РВК-3,6. На хорошо дренированных почвах легкого гранулометрического состава замена второго прохода культиватора обработкой комбинированным агрегатом увеличивала урожайность овса при рядовом посеве в среднем на 0,24 т/га, ячменя – на 0,32 т/га, озимой ржи – на 0,27 т/га (табл. 2).

Применение РВК-3,6 на предпосевной подготовке почвы при гребнистом способе посева не оказывало влияния на урожайность овса, ячменя и озимой ржи. Прибавка 0,16 т/га от его использования в этом варианте отмечена только на озимой ржи без локального уплотнения почвы. На фоне РВК-3,6 рядовой посев имел некоторое преимущество перед гребнистым без локального уплотнения. При локальном уплотнении почвы урожайность зерновых культур в сочетании с гребнистым посевом в обоих вариантах предпосевной обработки почвы была практически одинаковой. Сбор зерна овса на фоне культивации в 2 следа составил 3,78 т/га, на фоне культивации + РВК-3,6 – 3,71 т/га, ячменя – соответственно 3,93 и 3,85 т/га, ржи – 5,71 и 5,79 т/га. По сравнению с рядовым посевом по фону РВК-3,6, в варианте с гребнистым посевом и локальным уплотнении почвы на фоне культивации урожайность ячменя была выше на 0,23 т/га, овса – на 0,13, озимой ржи – на 0,58 т/га. На фоне производственного контроля по предпосевной обработке почвы (культивация в 2 следа) прибавка урожая овса при гребнистом посеве с локальным уплотнением почвы, по сравнению с обычный посевом, составила 0,37 т/га, ячменя – 0,55 т/га, озимой ржи – 0,85 т/га. По сравнению с простым профилированием поверхности, гребнистый посев с локальным уплотнением почвы и вдавливанием семян увеличивал урожайность овса на фоне культивации на 0,21 т/га, ячменя – на 0,43, озимой ржи – на 0,59 т/га.

При рядовом способе посева на фоне применения РВК-3,6 количество продуктивных стеблей увеличивалось у всех трех культур, число зерен в метелке овса и колосе – у озимой ржи, масса 1000 зерен – у ржи и ячменя. При локальном уплотнении почвы повышалось количество продуктивных стеблей на единице площади и масса зерна в колосе (табл. 3).

Таким образом, при гребнистом ленточно-разбросном способе посева с локальным уплотнением почвы одновременно с посевом, создаются условия для отказа от предпосевного уплотнения почвы и использования на предпосевной обработке комбинированных агрегатов. Локальное уплотнение почвы одновременно с посевом оказалось более эффективным приемом, чем применение на предпосевной обработке почвы РВК-3,6.

В опытах 2016–2019 гг. урожайность овса в варианте с улучшенным гребнистым способом посева, по сравнению с контролем (гребнистым посевом без выравнивающих устройств), увеличилась на 14,5 %. Прибавку обеспечило как увеличение количества продуктивных стеблей (на 4,2...10,7 %), так и более высокая масса зерна в метелке (на 9,4...17,0 %). На озимой ржи выравнивание посевного ложе и освобождение его поверхности от пересохшей почвы при улучшенном способе посева в условиях недостаточного увлажнения посевного слоя (40...45 % от наименьшей влагоемкости) повысило полевую всхожесть семян на 11,4 %, выживаемость – на 9,7 %, количество стеблей с колосом – на 17,4 %, урожайность – на 33,4 %. При хорошем увлажнении посевного слоя (60...65 % от наименьшей влагоемкости) выравнивающие устройства существенного влияния на сбор зерна культуры не оказали. Прибавка урожая озимой ржи составила 0,62 т/га, основное его увеличение обеспечили прирост количества продуктивных стеблей (на 5,5 %) и большая масса зерна в колосе (на 8,0 %).

При изучении режимов локального уплотнения почвы с использованием имеющихся на зерновой сеялке регулировок глубины хода сошников лучшие результаты на овсе отмечены при среднем и максимальном давлении катков на почву. Усиление давления катков на почву повышало полевую всхожесть семян, улучшало показатели сохранности и выживаемости растений. При среднем и максимальном давлении катков на почву урожайность овса была больше, чем при минимальном, на 0,33...0,38 т/га (9,5...11,0 %). Прирост обеспечивало увеличение количества продуктивных стеблей и числа зерен в метелке.

У озимой ржи адаптивная реакция растений на плотность сложения почвы и интенсивность вдавливания семян в посевное ложе зависела от метеоусловий года, предпосевной плотности сложения почвы, водного режима и других факторов. В условиях хорошего увлажнения увеличение давления катков до максимального уровня снижало полевую всхожесть семян, по сравнению с минимальным режимом, на 6,2 %, а в засушливых, наоборот, – повышало на 8,0...13,2 %. По урожайности озимой ржи лучшие

3. Влияние приемов предпосевной обработки почвы на структуру урожая зерновых культур при разных способах посева (1991–1993 гг.)

Культура	Прием предпосевной обработки почвы (фактор А)	Способ посева, марка сеялки (фактор В)			Среднее по фактору А
		рядовой – СЗ-3,6	ленточно-разбросной		
			СЗГ-3,6	СЗГК-3,6	
Количество стеблей с колосом, шт/м² ($НСР_{05}$ для факторов: ячмень – А= 25, В=31; овес – А=21, В=26; озимая рожь – А=24, В=30)					
Ячмень	культивация в 2 следа	509	511	579	533
	культивация + РВК-3,6	521	485	527	511
	среднее по фактору В	515	498	553	522
Овес	культивация в 2 следа	375	295	322	331
	культивация + РВК-3,6	397	330	368	365
	среднее по фактору В	386	313	345	348
Озимая рожь	культивация в 2 следа	403	500	520	474
	культивация + РВК-3,6	476	502	518	499
	среднее по фактору В	440	501	519	487
Число зерен в колосе, шт. ($НСР_{05}$ для факторов: ячмень – А= 1,0, В=1,3; овес – А= 1,4, В=1,8; озимая рожь – А=2,8, В=3,3)					
Ячмень	культивация в 2 следа	22,8	22,4	21,9	22,4
	культивация + РВК-3,6	22,0	22,7	21,5	22,1
	среднее по фактору В	22,4	22,6	21,8	22,3
Овес	культивация в 2 следа	38,0	46,6	47,8	44,1
	культивация + РВК-3,6	41,3	42,1	45,5	43,0
	среднее по фактору В	39,7	44,4	46,7	43,6
Озимая рожь	культивация в 2 следа	58,2	62,5	66,0	62,2
	культивация + РВК-3,6	64,5	67,0	67,0	66,2
	среднее по фактору В	61,4	64,8	66,5	64,2
Масса 1000 зерен, г ($НСР_{05}$ для факторов: ячмень – А= 1,1, В=1,4; овес – А=1,2, В=1,7; озимая рожь – А=1,0,В=1,4)					
Ячмень	культивация в 2 следа	42,5	42,9	46,6	44,0
	культивация + РВК-3,6	44,3	41,9	46,8	44,3
	среднее по фактору В	43,4	42,4	46,7	44,3
Овес	культивация в 2 следа	31,8	34,4	34,0	33,4
	культивация + РВК-3,6	31,4	33,0	32,4	32,3
	среднее по фактору В	31,6	33,7	33,2	32,4
Озимая рожь	культивация в 2 следа	33,9	34,6	34,6	34,4
	культивация + РВК-3,6	34,1	34,5	34,4	34,3
	среднее по фактору В	34,0	34,6	34,5	34,4

результаты при хорошем увлажнении почвы обеспечивал посев со средним и минимальным давлением катков на почву, при недостаточном увлажнении – с максимальным.

При одинаковой металлоемкости и производительности сравниваемых вариантов сеялок, экономическая эффективность технологии выращивания зерновых культур при гребнистом ленточно-разбросном способе посева повышается благодаря производству дополнительной продукции, упрощению системы предпосевной обработки почвы и сокращению номенклатуры почвообрабатывающих орудий.

Таким образом, система предпосевной обработки почвы под зерновые культуры должна учитывать технологические особенности способов посева. При использовании обычных зерновых сеялок СЗ-3,6 с дисковыми сошниками лучшим вариантом предпосевной обработки на хорошо дренированных почвах легкого гранулометрического состава будет культивация в 1 след на глубину 4...6 см с последующей обработкой комбинированными агрегатами типа РВК-3,6. Замена второго прохода культиватора обработкой РВК-3,6 повышает полевую всхожесть семян овса на 5,9 %, ячменя – на 3,0 %, озимой ржи – на 7,6 %, а урожайность – соответственно на 0,24, 0,32 и 0,27...0,36 т/га.

При гребнистом ленточно-разбросном способе с локальным уплотнением почвы при посеве предпосевная обработка может быть упрощена и ограничена культивацией, применение РВК-3,6 при этом не оказывает влияния на урожайность овса, ячменя и озимой ржи. По сравнению с рядовым, гребнистый ленточно-разбросной способ посева сеялкой СЗГК-3,6 повышает урожайность овса на 0,13...0,37 т/га, ячменя – на 0,23...0,55, озимой ржи – на 0,58...0,85 т/га. Локальное уплотнение почвы и вдавливание семян в посевное ложе повышает сбор зерна овса на фоне культивации на 0,21 т/га, ячменя – на 0,43, озимой ржи – на 0,59 т/га. Выравнивание посевного ложа при улучшенном гребнистом способе посева увеличивает урожайность овса на 0,44 т/га, озимой ржи – на 0,62 т/га. Прибавку обеспечивает повышение количества продуктивных стеблей (на 4,2...10,7 %) и массы зерна в колосе или метелке (на 8,0...17,0 %).

Улучшенный гребнистый ленточно-разбросной способ посева с локальным уплотнением почвы и выравниванием поверхности посевного ложе рекомендуется использовать при выращивании зерновых культур (ячмень, овес, озимая рожь) в условиях повышенного увлажнения почвы, прежде всего в северо-западной части Нечерноземной зоны Российской Федерации.

Литература.

1. Kiryushin V. I. The management of soil fertility and productivity of Agrocenoses in Adaptive-Landscape Farming Systems // Eurasian Soil Science. 2019. Vol. 52. No.9. P. 1137–1145. DOI: 10.1134/S1064229319070068

2. Технология возделывания яровых зерновых культур в Центральном Федеральном округе РФ / А. С. Васютин, П. М. Политыко, Е. Ф. Киселев и др. М: Издательство Агрорус, 2014. 94 с.

3. Skaalsveen K., Ingram J., Clarke L. E. The effect of no-till farming on the soil functions of water purification and retention in north-western Europe: A literature review // Soil & tillage research. 2019. Vol. 189. P. 98–109. DOI: 10.1016/j.still.2019.01.004

4. Soil wet aggregate distribution and pore size distribution under different tillage systems after 16 years in the Loess Plateau / L. Gao, B. Wang, S. Li, et al. // Catena. 2019. Vol. 173. P. 38–47. DOI: 10.1016/j.catena.2018.09.043

5. Magnitude and occurrence probability of soil loss: a risk analytical approach for the plot scale for two sites in Lower Austria / S. Strohmeier, G. Laaha, H. Holzmann, et al. // Land Degradation Development. 2016. Vol. 27. P. 43–51. DOI: 10.1002/ldr.2354

6. Система земледелия на мелиорированных землях Нечерноземной зоны РСФСР (рекомендации). М., 1984. 180 с.

7. Modeling the technological process of tillage / S. G. Mudarisov, I. I. Gabitov, Y. P. Lobachevsky, et al. // Soil & tillage research. 2019. Vol. 190. P. 70–77. DOI: 10.1016/j.still.2018.12.004

8. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих технологий возделывания зерновых культур / И. Г. Пыхтин, А. В. Гостев, Л. Б. Никитченко и др. // Земледелие. 2016. № 6. С. 16–19.

9. Попов Ф. А., Козлова Л. М., Носкова Е. Н. Совершенствование технологий возделывания овса в условиях Кировской области // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. 2018. № 2 (63). С. 64–68. DOI: 10.30766/2072-9081.2018.63.2.64-68

10. Шевченко В. А. Перспективы производства растениеводческой продукции на мелиорированных землях Нечерноземной зоны России (монография). М.: ВИИГИМ, 2017. 918 с. ISBN: 978-5-9906859-8-7

11. Митрофанов Ю. И. Совершенствование способов и технических средств посева зерновых культур на осушаемых землях // Механизація та электрифікація сільського господарства. 2012. Вип. 96. С. 60–67.

12. Технологические особенности возделывания озимой ржи на осушаемых землях Нечерноземной зоны / Ю. И. Митрофанов, О. Н. Анциферова, Л. В. Пугачева и др. // Бюллетень науки и практики. 2018. № 4 (5). С. 162–171. DOI: 10.5281/zenodo.1246141

Presowing soil cultivation with different methods of sowing cereals

Yu. I. Mitrofanov, L. I. Petrova, M. V. Gulyaev, N. K. Pervushina
Federal Research Center Dokuchaev Soil Science Institute, Pyzhevskii per., 7, str. 2b, Moskva, 119017, Russian Federation

Abstract. *The purpose of the work was to study the effectiveness of presowing soil cultivation techniques for different methods of sowing cereals. The studies were carried out in 1991–1994 and 2016–2019 under conditions of the Tver region. The soil of the experimental plot was sod-podzolics, well-cultivated, light loamy, gleyey, drained by closed drainage. Single-cut cultivation to the depth of 4–6 cm with subsequent processing with a combined unit of the RVK-3.6 type is the best option for presowing treatment of well-drained soils of light granulometric composition when using conventional SZ-3.6 grain seeders with disc shovels. The use of RVK-3.6 increases the field germination of oat seeds by 5.9%, barley – by 3.0%, winter rye – by 7.6%. The oats yield grew, on average, by 0.24 t/ha, barley – by 0.32 t/ha, winter rye – by 0.27–0.36 t/ha. With the ridged belt-spreading method with local soil compaction during sowing, the use of RVK-3.6 did not affect the productivity of oats, barley and winter rye. The yield of oats in the variant with double cultivation was 3.78 t/ha, with RVK-3.6 – 3.71 t/ha, of barley – 3.93 t/ha and 3.85 t/ha, respectively, rye – 5.71 t/ha and 5.79 t/ha. The advantage of the ridged sowing method is caused by optimizing the area of plant nutrition and improving agrophysical conditions in the sowing layer of soil. The yield increases of oats in the case of ridge sowing method, in comparison with the ordinary one, amounted to 0.13–0.37 t/ha, barley – 0.23–0.55 t/ha, winter rye – 0.58–0.85 t/ha. The improved ridge band-spread sowing method (the height of ridges is 6–8 cm, the width of bands is 13–15 cm) is recommended for growing oats, barley and winter rye under conditions of increased soil moisture, primarily in the northwestern part of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation.*

Keywords: *ridged sowing; cultivation; combined aggregates; field germination; safety; yield structure; yield.*

Author Details: *Yu. I. Mitrofanov, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow (e-mail: 2016vniimz-noo@list.ru); L. I. Petrova, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow; M. V. Gulyaev, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; N. K. Pervushina, junior research fellow.*

For citation: *Mitrofanov YuI, Petrova LI, Gulyaev MV, et al. [Presowing soil cultivation with different methods of sowing cereals]. Zemledelie. 2020. (6):29-33. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10607.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10608
УДК633.13:632(470.11)

Агробиологические особенности нового сорта клевера лугового Таежник*

В. А. КОРЕЛИНА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник (e-mail: 19651960@mail.ru)
О. Б. БАТАКОВА, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
И. В. ЗОБНИНА, научный сотрудник
Приморский филиал Федерального исследовательского центра комплексного изучения Арктики имени академика Н. П. Лаверова Уральского отделения РАН – «Архангельский научно-исследовательский институт сельского хозяйства», пос. Луговой, 10, Приморский р-н, Архангельская обл., 163032, Российская Федерация

Исследования проводили с целью создания нового зимостойкого сорта клевера лугового с высокой потенциальной кормовой и семенной продуктивностью, а также устойчивостью к основным болезням и стрессам в условиях Европейского Севера Российской Федерации. Работу осуществляли в 2001–2016 гг. В ходе селекционной работы методом свободно-ограниченного переопыления при направленном подборе родительских форм создан сорт Таежник, хорошо адаптированный к климату и почве Северо-Западного региона РФ. Селекционный номер СГП-12/01, выделенный в конкурсном сортоиспытании в 2014–2016 гг. и показавший преимущество по комплексу хозяйственно биологических признаков над стандартом Нива, был передан в 2016 г. в Государственное сортоиспытание как сорт Таежник. Сорт диплоидный, среднеспелый, одноукосный. Это сложногибридная популяция, созданная методом поликросса, на основе дикорастущей формы из Алтайского края и местных популяций Северного региона. Период от начала весеннего отрастания до первого укоса в среднем составляет 66 дней, до созревания семян – 110 дней. Зимостойкость высокая – 95…98 %. Средняя урожайность зеленой массы по результатам конкурсного сортоиспытания 38,0 т/га, что больше стандарта Нива на 4,93 т/га. Потенциал продуктивности сорта составляет 11,0 т/га сухого вещества. Содержание в сухом веществе сырого протеина 14,9 %, сырой клетчатки – 24,4 % (на уровне стандарта Нива). Антракнозом и корневыми гнилями поражается в средней степени. В 2020 г. сорт Таежник внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северо-Западному региону.

Ключевые слова: *клевер луговой (Trifolium pretense), селекция, отбор, кормовая и семенная продуктивность, зимостойкость, пластичность.*

Для цитирования: *Корелина В. А., Батакова О. Б., Зобнина И. В. Агробиологические особенности нового сорта клевера лугового (Trifolium pretense L.) Таежник // Земледелие. 2020. № 6. С. 34–37. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10608.*

Среди многолетних трав, возделываемых в Северном регионе Российской Федерации, ведущее место принадлежит клеверу луговому (*Trifolium pratense* L.). Посевы этой культуры в Архангельской области занимают 23 тыс. га, или до половины площадей, отведённых в регионе под многолетние травы. Значимость клевера лугового обусловлена его высокими кормовыми достоинствами как бобовой культуры и относительно низкой энергоёмкостью выращивания. Благодаря симбиозу с клубеньковыми бактериями он практически не нуждается в минеральном азоте и при этом служит мощным средством восстановления и повышения плодородия почвы, защищает её от ветровой и водной эрозии [1, 2, 3].

В условиях субарктической зоны РФ особую ценность в сельскохозяйственном производстве представляют сорта клевера лугового, созданные непосредственно в условиях сурового климата и обладающие, наряду с хорошими кормовыми достоинствами, высокой семенной продуктивностью [4].

Для клевера лугового в условиях Севера наиболее сложным остается создание раннеспелых сортов с высокой урожайностью зеленой массы и максимальной зимостойкостью.

В различных зонах нашей страны районировано 107 сортов клевера, из них в Северном регионе – 24 сорта (*http://reestr.gossortrf.ru/reestr.html*). Традиционно возделываемые в зоне клеверосеяния позднеспелые генотипы не в полной мере удовлетворяют потребности производства. Они характеризуются растянутым периодом цветения и созревания семян, часто, особенно во влажные годы, травостой сильно полегает еще до начала цветения, что приводит к большим потерям урожая и ухудшению его качества [5]. Неустойчива и семенная продуктивность этих сортов, что служит причиной постоянного дефицита семян [6].

Селекция многолетних трав направлена на создание системы географически и экологически дифференцированных сортов кормовых культур, как биологической основы устойчивого функционирования и совершенствования адаптивных систем кормопроизводства. При существующей тенденции развития земледелия сорт – самое дешевое и доступное средство повышения урожайности сельскохозяйственных культур. Он определяет особенности технологии возделывания и диктует возможные пределы антропогенной нагрузки на окружающую среду [7].

Несмотря на успехи, достигнутые в селекции клевера лугового, остается ряд проблем, решение которых позволит сочетать в сортах нового поколения зимостойкость с раннеспелостью, кормовую и семенную продуктивность с повышенным содержанием белка и устойчивостью к комплексу биотических и абиотических стрессов. При этом семенная и кормовая продуктивность находятся в отрицательной корреляции, то есть, увеличение одного показателя приводит к уменьшению другого [8].

Наиболее критические абиотические факторы при возделывании клевера лугового в Северном регионе – низкие температуры, выпревание, вымокание, выпирание. В последние годы при значительном снежном покрове (70 см и более) происходят резкие колебания температурного режима в зимний период. Анализ монолитов, отобранных в феврале, показывает, что зимостойкость растений клевера в этот период варьирует

** Работа выполнена в рамках Государственного задания ФГБУН ФИЦКИА РАН № 0677-2014-0005.*

по годам от 85 до 100 %. При этом в апреле в отдельные неблагоприятные по метеоусловиям годы, происходит резкое снижение сохранности растений до 35 %, а иногда некоторые сорта погибают полностью. Этот факт подтверждает, что, наряду с отрицательным действием критических низких температур, первостепенную роль в гибели клевера в Северном регионе играют такие факторы, как выпревание, выпирание и вымокание. Согласно результатам анализа генофонда все дикорастущие и местные популяции клевера, хотя и неоднородны, но обладают высокой зимостойкостью и устойчивостью к другим стрессовым факторам [9].

Кроме того, к лимитирующим факторам можно отнести недостаток тепла, высокая кислотность почвы, избыточное переувлажнение и заболачивание сельскохозяйственных угодий. В связи с изложенным, эффективное растениеводство в северных регионах возможно только при использовании адаптивных сортов, способных успешно развиваться в таких условиях.

Цель исследований – создание нового зимостойкого сорта клевера лугового с высокой потенциальной кормовой и семенной продуктивностью, устойчивостью к основным болезням и стрессам для выращивания на Европейском Севере Российской Федерации.

Работу проводили 2001–2016 гг. в лаборатории растениеводства Архангельского НИИСХ и на опытных полях ФГУП «Котласское» Котласского района Архангельской области. Регион входит в четвертый сельскохозяйственный район области с наиболее благоприятными для производства сельскохозяйственной продукции агроклиматическими условиями. Сумма активных температур составляет 1700…1850 °С, годовое количество осадков – 470…620 мм, средняя продолжительность безморозного периода – 127 дней (*Туфанова Р. А. Агроклиматические ресурсы Архангельской области. Л.: Гидрометиздат, 1971. 136 с.*).

Почва – слабоподзолистая глинистая, средне окультуренная на пермских глинах, содержание гумуса (ГОСТ 26213-91) – 4,21 %, P_2O_5 и K_2O (по Мачигину) – 27,4 и 34,8 мг/100 г почвы, соответственно, pH (ГОСТ Р 54650-2011) – 6,7 ед., гидролитическая кислотность (ГОСТ 26212-91) – 0,45 мг-экв./100 г почвы, сумма поглощенных оснований (ГОСТ 27821-88) – 19,23 мг-экв./100 г почвы, степень насыщенности основаниями (по Каппену) – 97,5 %.

Конкурсное сортоиспытание сорт проходил в 2014–2016 гг. (посев – в 2013, 2014 и 2015 гг. соответственно, учеты проводили во второй год жизни) в двух вариантах – на зеленую массу и семенную продуктивность. Учетная площадь делянки 16 м², повторность – четырехкратная. Посев осуществляли в третьей декаде мая беспокровно: для учета зеленой массы нормой 10 кг/га, семенной продуктивности – 7 кг/га. Учет зеленой массы проводили в первой декаде июля, уборку на семена – в третьей декаде августа. Стандартом служил районированный сорт Нива.

Производственное сортоиспытание селекционного сортообразца СГП-12/01 (сорт Таежник) осуществляли в 2015–2016 гг. (посев – в 2014–2015 гг., учет – в 2015–2016 гг.) на полях опытного хозяйства ФГУП «Котласское», учетная площадь – 1 га. Посев проводили подпокровно нормой высева 7 кг/га. В качестве стандарта использовали клевер луговой сорт Нива, продуктивность которого составляет 7,5…10,0 т/га сухого вещества, урожайность семян – 0,1…0,3 т/га.

Метеорологические условия полевых сезонов при проведении конкурсного сортоиспытания складывались следующим образом: ГТК (по Селянинову) в 2014 г. составил 1,8; 2015 г. – 2,1; 2016 г. – 1,3; сумма эффективных температур – соответственно 1367 °С, 1429 °С, 1631 °С (среднемноголетняя норма 1169°), сумма осадков за вегетационный период – 290 мм, 367 мм, 326 мм (среднемноголетнее количество 326 мм).

Экспериментальную работу осуществляли в соответствии с действующими методиками: «Методические указания по селекции клевера лугового» (*Новоселова А. С. и др. М.: типография ВАСХНИЛ, 1984*), «Методика полевого опыта» (*Доспехов Б. А. М.: Агропромиздат, 1985*), «Методические указания по селекции и первичному семеноводству клевера» (*члены ТОС «Клевер», М.: типография Россельхозакадемии, 2002*), «Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве, результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений» (*Лоза Г. М. и др. М.: Россельхозиздат, 1984*). Морфологическое описание сорта проведено согласно «Международному классификатору СЭВ рода *Trifolium* L.» (*Ужик М. и др. Л.: типография ВИР, 1983*). При определении экономической эффективности оценивали дополнительный объем основной и побочной продукции в расчете на 1 га, по сравнению с лучшим ранее районированным сортом Нива.

Работа над созданием нового сорта клевера была начата в 1995 г. при ее проведении использовали методы массового отбора и поликросса. В качестве исходного материала были взяты дикорастущие формы Алтайского края и местных популяций Северного региона. Отбор исходного материала проводили на основе показателей биологической устойчивости и элементов продуктивности. Изучение сортообразцов в жестких природно-климатических условиях позволило выделить перспективный исходный материал для селекции на адаптивность.

Несмотря на то, что в годы конкурсного испытания (2014–2016 гг.), вегетационные периоды резко отличались по влагообеспеченности и температурному режиму, рост и развитие клевера лугового проходили интенсивно. Зимостойкость сорта Таежник находилась на уровне стандарта Нива – в среднем по годам 94 %, высота растений нового сорта перед укосом была меньше, чем у стандарта, на 5 см (табл. 1). По всем остальным показателям он достоверно превосходит стандарт: по интенсивности весеннего отрастания на 20-й день после возобновления вегетации – на 1 см, по количеству стеблей на 1 растение – на 10,6 шт.

Результаты изучения в течении трех лет в питомниках конкурсного сортоиспытания показали преимущество

1. Развитие растений клевера лугового сорта Таежник при гнездовом способе посева

Признак	Сорт	2014 г.	2015 г.	2016 г.	Среднее	$НСР_{05}$
Зимостойость, %	Таежник	92	93	97	94	
	Нива (St.)	90	95	97	94	2
Интенсивность весеннего отрастания на 20-й день после возобновления вегетации, см	Таежник	10,0	10,0	11,0	10,3	
	Нива (St.)	9,0	10,0	9,0	9,3	0,7
Высота растений перед укосом в начале цветения, см	Таежник	95	95	98	96	
	Нива (St.)	102	96	105	101	4
Количество стеблей на 1 растение, шт.	Таежник	57,0	54,0	49,0	53,3	
	Нива (St.)	45,0	45,0	44,0	44,7	5,1
Продолжительность вегетационного периода (отрастание–начало цветения), сут.	Таежник	63	68	64	66	
	Нива (St.)	66	71	68	68	3

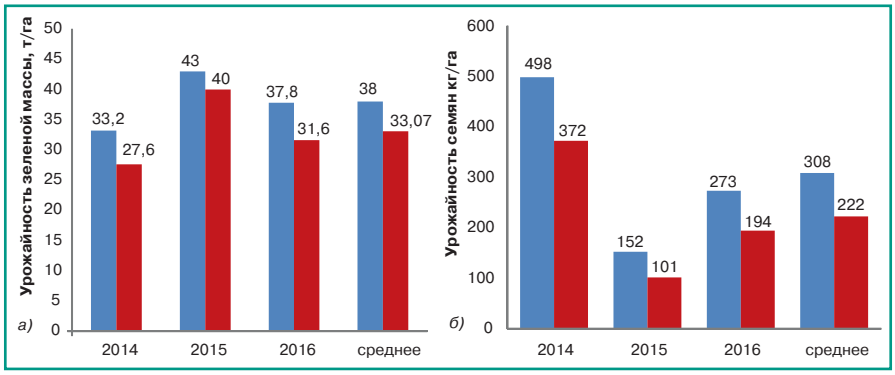


Рис. 1. Кормовая (а) и семенная (б) продуктивность сорта Таежникв сравнении со стандартом в конкурсном сортоиспытании ($НСР_{05}$ для зеленой массы – 3,5 т/га, для семян – 46 кг/га). Урожайность зеленой массы, т/га: ■ – Таежник; ■ – Стандарт.

нового генотипа над стандартом по кормовой и семенной продуктивности (рис. 1). Урожайность семян по годам исследований варьировала от 152 кг/га в 2015 г. до 498 кг/га в 2014 г., зеленой массы – от 33,2 т/га в 2014 г. до 43,0 т/га в 2015 г. Содержание протеина в вегетативной массе растений нового сорта находилось на уровне стандарта и в

Рис. 2. Растение сорта клевера лугового Таежник (2016 г., второго года вегетации).

среднем по годам исследований составляло 14,9 %, клетчатки – 24,4 %. Продолжительность вегетации при уборке на зеленую массу – 66 дней, на семена – 110 дней, что соответственно на 2 и 4 дня меньше, чем у стандарта Нива. Корневая система хорошо развита, главный корень слабо выражен. На боковых корешках третьего и последующих порядков толщиной от 2 мм и менее, расположенных в пахотном горизонте, имеется большое количество клубеньков азотфиксирующих бактерий, которые сосредоточены в крупные колонии. Поражение основными болезнями в условиях севера – антракнозом и корневыми гнилями – незначительно и находится на уровне стандарта. Сорт отзывчив на увлажнение в первой половине лета, быстро растет, формируя высокий урожай зеленой массы. В годы с достаточным количеством осадков во второй половине лета способен давать хорошую отаву. Сорт отличается теневыносливостью и хорошо сохраняется под покровом зерновой культуры.

Важный селекционный признак клевера лугового – семенная продуктивность. В условиях Северного региона она зависит не только от сорта и его приспособленности к местным условиям, но и от метеорологических условий в течение всего вегетационного периода и, особенно, в период цветения и уборки (осадки, температура, влажность воздуха), а также, и даже в большей степени, – от численности насекомых-опылителей [9]. В связи с этим фактом упор в селекционной работе делали, прежде всего, на семенную продуктивность. Кормовая и семенная продуктивность нового сорта по результатам конкурсного сортоиспытания стабильно превышала стандарт по всем годам исследования, что указывает на его пластичность по этим селекционным признакам. В среднем за период конкурсного сортоиспытания урожайность зеленой массы нового сорта была больше, чем у стандарта, на 4,93 т/га, семян – на 86 кг/га.

Рис. 3. Соцветия клевера лугового сорта Таежник (2016 г., второй год вегетации).

Форма розетки осеннего и весеннего отрастания сорта Таежник полупрямостоячая, куст развалистый и полупрямостоячий. Стебли негрубые, полые, слабоопушенные, куст высотой 85...125 см, окраска зеленовато-коричневая (рис. 2). Число междоузлий 6...10, среднее – 7,1. Кустистость

2. Описание сорта Таежник по морфологическим признакам

Элементы описания		Описание отдельных признаков
Розетки весеннего отрастания	форма	полупрямостоячая
Куст	форма	развалистая и полупрямостоячая
Стебли	а) высота, см	85...125
	б) грубость	средняя
	в) опушение	слабое
	д) окраска узлов	средняя до сильной
	е) ветвистость	хорошая
Число междоузлий	а) среднее	7,1
	б) амплитуда колебаний	6...10
Кустистость	сильная, средняя, слабая	средняя
Листья	а) величина, мм	длина 40...51, ширина 19...30
	б) форма	удлиненно-овальная
	в) опушение	слабое
	г) окраска	зеленая
	е) восковой налет	отсутствует
Прилистники среднего яруса	а) форма	ромбическая
	б) опушение	слабое
	в) окраска	зеленые
Соцветие	а) форма	удлиненно-овальная
	б) длина головки, мм	35
	в) степень рыхлости	средняя
	г) окраска	фиолетово-розового цвета
Семена	а) величина, мм	длина 1,7...2,2, ширина 1,0...1,9
	б) форма	почковидная
	в) окраска	желто-фиолетовая
Корневая система	а) мощность развития	мощная, в верхней части мочковатая
	б) выраженность главного корня	слабо выражен
	в) наличие клубеньков	многочисленные

Рис. 4. *Травостой клевера лугового сорта Таежник в фазе цветения-начало созревания (2016 г., второй год жизни).*

средняя, при индивидуальном размещении 36…46 стеблей, при сплошном посеве – 5…8 стеблей.

Облиственность равномерная – 46…50 %. Листочки тройчатые, длиной 40…51 мм, шириной 19…30 мм. Форма листочков удлиненно-овальная. Опушение слабое. Окраска зеленая, с белыми пятнами на листе. Прилистники средней величины, ромбовидные, зеленые, при основании сросшиеся (табл. 2).

Соцветие – удлиненно-овальная головка длиной 35 мм, средней рыхлости, фиолетово-розового цвета (рис. 3).

Твердость семян достигает 3 %. Семена длиной 1,7…2,2 мм, шириной 1,0…1,9 мм, почковидной формы, желто-фиолетовой окраски.

Во все годы исследований отмечали дружное цветение растений и созревание головок (рис. 4).

В производственных условиях урожайность зеленой массы сорта Таежник в 2015 г. составляла 33 т/га, в 2016 г. – 23 т/га, семян – 220 кг/га и 140 кг/га соответственно. Экономическая эффективность от выращивания нового сорта на зеленую массу была равна 19 %, сено – 15 %, семена – 25 %.

Таким образом, в результате многолетней целенаправленной селекционной работы был создан новый среднеспелый сорт клевера лугового Таежник. Он отличается высокой потенциальной продуктивностью зеленой массы (43 т/га) и семян (498 кг/га), устойчив к неблагоприятным биотическим и абиотическим факторам окружающей среды. В 2020 г. сорт внесен в Государственный реестр селекционных достижений, допущенных к использованию по Северо-Западному региону.

Литература.

1. Продуктивность кормовых севооборотов с разным насыщением клевером луговым, силосными и зернофуражными культурами в лесостепи Иркутской области / Е. В. Бояркин, В. И. Солодун, Л. Н. Матаис и др. // Кормопроизводство. 2018. № 12. С. 10–12.

2. Применение внекорневой подкормки азотом и инокуляции для повышения семенной продуктивности клевера лугового / М. Ю. Новоселов,Г. П. Зятчина, Л. В. Дробышева и др. // Многофункциональное адаптивное кормопроизводсто: Сб. научных трудов. М.: Угрешская типография, 2018. №17 (65). С. 47–52.

3. Сапрыкин С. В. Селекция клевера лугового для условий южной лесостепи и пойм Центрального Черноземья // Адаптивное кормопроизводство. 2019. № 3. С. 55–70.

4. Корелина В. А. Особенности экологической селекции клевера на повышенную зимостойкость и устойчивость к другим неблагоприятным факторам среды в условиях Северного региона Нечерноземной зоны России // В сб.: Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового. М.: ООО «Эльф ИПР», 2012. С. 79–83.

5. Новоселов М. Ю. Селекция клевера лугового (клевера красного) на повышение адаптивности к неблагоприятному воздействию биотических и абиотических факторов среды // В сб.: Экологическая селекция и семеноводство клевера лугового. М.: ООО «Эльф ИПР», 2012. С. 723.

6. Полюдина Р. И. Клевер в Сибири: монография. Новосибирск: Сибирский федеральный научный центр агробиотехнологий Российской академии наук, 2017. 348 с.

7. Основные виды и сорта кормовых культур: Итоги научной деятельности Центрального селекционного центра / В. М. Косолапов, З. Ш. Шамсутдинов, Ю. М. Писковацкий и др. // Кормопроизводство. 2016. №11.С. 29–34.

8. Грипась М.Н., Попова Е.В. Некоторые результаты конкурсного сортоиспытания клевера лугового на Европейском Северо-Востоке России// Адаптивное кормопроизводство. 2018.№ 4. С. 41–50.

9. Корелина В. А. Новый сорт клевера лугового (Trifolium pretense) Приор // Кормопроизводство. 2017. № 7.С. 29–32.

Agrobiological features of a new variety of meadow clover *Taezhnik*

V. A. Korelina, O. B. Batakova, I. V. Zobnina

Arkhangelsk Research Agricultural Institute, Primorsiy branch, Laverov Federal Center for Integrated Arctic Research, Ural branch, Russian Academy of Sciences, pos. Lugovoi, 10, Primorskii r-n, Arkhangel'skaya obl., 163032, Russian Federation

Abstract. *The research aimed to develop a new winter-hardy cultivar of meadow clover with high potential forage and seed productivity, as well as resistance to the main diseases and stresses in the European North of the Russian Federation. The work was carried out in 2001–2016. During breeding work, using the method of limited free cross-pollination with a targeted selection of parental forms, Taezhnik variety was developed, well adapted to the climate and soil of the North-West region of the Russian Federation. Breeding number SGP-12/01, selected in competitive variety testing in 2014–2016, which showed an advantage in terms of the complex of economic biological characteristics over Niva standard, in 2016 was transferred to the State variety testing as Taezhnik variety. The variety is diploid, mid-season, one-cut. This is a complex hybrid population, created by the polycross method, based on a wild-growing form from the Altai Territory and local populations of the Northern region. The period from the beginning of spring regrowth to the first cut on average is 66 days, and the period to the seed ripening is 110 days. Winter hardiness is high, 95–98%. The average yield of green mass according to the results of competitive variety testing is 38.0 t/ha, which is higher by 4.93 t/ha than that of Niva standard. The potential of productivity of the variety is 11.0 t/ha of dry matter. The content of crude protein in dry matter is 14.9%, of crude fiber – 24.4% (it is at the level of Niva standard). It is moderately affected by anthracnose and root rot. In 2020, Taezhnik variety was included in the State Register of Breeding Achievements Admitted for Use in the North-West Region.*

Keywords: *meadow clover (Trifolium pretense); breeding; selection; feed and seed productivity; winter hardiness; plasticity.*

Author Details: *V. A. Korelina, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow (e-mail: 19651960@mail.ru); O. B. Batakova, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; I. V. Zobnina, research fellow.*

For citation: *Korelina VA, Batakova OB, Zobnina IV. [Agrobiological features of a new variety of meadow clover Taiga] // Zemledelie. 2020;(6):34-7. Russian. doi: 10.24411 / 0044-3913-2020-10608.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10609
УДК 632.954: 633.11

Осеннее внесение метрибузина для защиты озимой пшеницы от двудольных и злаковых сорных растений

А. С. ГОЛУБЕВ, кандидат биологических наук, ведущий научный сотрудник (e-mail: golubev100@mail.ru)
В. И. ДОЛЖЕНКО, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук, руководитель центра (e-mail: pesticides@vizr.spb.ru)
Всероссийский научно-исследовательский институт защиты растений, ш. Подбельского, 3, Пушкин, Санкт-Петербург, 196608, Российская Федерация

Полевые мелкоделяночные опыты по осеннему использованию 138 и 210 г/га метрибузина (0,23 и 0,35 л/га – по количеству использующегося препарата Лазурит Ультра, СК) на посевах озимой пшеницы были проведены в течение двух вегетационных сезонов (2017–2018 и 2018–2019 гг.) в трех различных климатических зонах Российской Федерации (Волгоградская область, Рязанская область и Краснодарский край). Опыты закладывали согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» (2013). Учеты сорных растений проводили количественно-весовым методом. Урожайность учитывали вручную, методом пробных снопов с площади 1 м² на каждой опытной делянке. Биологическая и хозяйственная эффективность изучаемого гербицида в целом находилась на уровне эталона Морион, СК (500 г/л изопротурона + 100 г/л дифлюфеникана) в нормах 0,75 и 1,0 л/га. Снижение количества метлицы обыкновенной под действием 210 г/га метрибузина составляло не менее 90 %. Против дескурайнии Софии, пастушьей сумки обыкновенной, ярутки полевой, подмаренника цепкого, трехреберника непахучего и фиалки полевой эффективность препарата составляла 80...100 %. Гербицид также оказывал значимое влияние на растения сокирок великолепных и лисохвоста мышехвостникового. Урожайность озимой пшеницы без обработки гербицидами в осенний период в зависимости от сорта и погодных условий варьировала от 2,03 т/га (Волгоградская область, вегетационный период 2017–2018 гг.) до 5,39 т/га (Краснодарский край, вегетационный период 2018–2019 гг.). Устранение конкуренции со стороны сорных растений после осеннего внесения метрибузина способствовало достоверному сохранению урожая (от 0,22 до 0,42 т/га).

Ключевые слова: *пшеница озимая (Triticum aestivum L.), гербициды, сорняки, метрибузин, метлица обыкновенная.*

Для цитирования: *Голубев А. С., Долженко В. И. Осеннее внесение метрибузина для защиты озимой пшеницы от двудольных и злаковых сорных растений // Земледелие. 2020. № 6. С. 38–41. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10609.*

Ассортимент препаратов, применяющихся в Российской Федерации для защиты зерновых культур от сорных растений, огромен. Большинство из них предназначено для борьбы с однолетними и многолетними двудольными сорняками в период вегетации [1].

Преимущественно это препараты на основе давно разработанных и изученных действующих веществ (в разных концентрациях или в разных препаративных формах). Появление новых действующих веществ в ассортименте происходит очень редко в первую очередь из-за высокой стоимости их поиска.

Вследствие этого, совершенствование ассортимента гербицидов связано, как правило, с созданием комбинированных препаратов или новых препаративных форм [2, 3, 4]. Вместе с тем, следует отметить, возможность расширения сферы использования хорошо известных и изученных пестицидов путем применения их на новых культурах.

В Российской Федерации препараты на основе метрибузина используют для борьбы с однолетними двудольными и злаковыми сорными растениями на таких культурах, как томат [5, 6, 7], картофель, соя и некоторых других [8, 9, 10]. Вместе с тем, гербициды на его основе применяют для защиты зерновых культур в Индии, Пакистане, США, Белорусии и других странах [11, 12, 13]. Ввиду сортовой чувствительности зерновых культур к метрибузину, препараты на его основе вносят, как правило, до появления их всходов [14, 15, 16]. А поскольку спектр действия метрибузина включает как двудольные, так и злаковые сорняки, его применение может быть актуально на озимых культурах, засоренных зимующими видами сорных растений [17, 18].

Цель работы – оценка возможности использования препаратов на основе метрибузина для защиты посевов озимой пшеницы от двудольных и злаковых сорных растений в условиях Российской Федерации.

Для достижения поставленной цели в течение двух вегетационных сезонов (2017–2018 гг. и 2018–2019 гг.) на посевах озимой пшеницы были проведены шесть полевых опытов с препаратом Лазурит Ультра, СК (600 г/л метрибузина).

Исследования проводили в трех различающихся между собой климатических зонах Российской Федерации: в Волгоградской области (Старополтавский район, с. Черебаево, сорт Ершовская), Рязанской области (Рязанский район, с. Подвязье, сорта Виола в 2017–2018 гг. и Даная в 2018–2019 гг.), Краснодарский край (Белореченский район, сорт Юка).

Изучали эффективность двух норм внесения метрибузина – 138 и 210 г/га по количеству вносимого при обработке действующего вещества (соответственно 0,23 и 0,35 л/га препарата). В качестве эталона был выбран гербицид Морион, СК (500 г/л изопротурона + 100 г/л дифлюфеникана), предназначенный для использования в посевах озимой пшеницы и озимой ржи осенью против однолетних двудольных, в том числе устойчивых к 2,4-Д и МЦПА, и некоторых злаковых сорняков в нормах 0,75 и 1,0 л/га. В качестве контроля использовали вариант без применения препаратов и ручных прополок. Площадь опытных делянок составлял 25...50 м², повторность – четырехкратная.

Опыты проводили согласно «Методическим указаниям по регистрационным испытаниям гербицидов в сельском хозяйстве» (2013). Внесение препаратов осуществляли в осенний период в фазе кущения культуры (когда сорные растения находились на ранних фазах развития) с использованием ручных ранцевых опрыскивателей. Расход рабочей жидкости составлял 2,0...2,5 л на 100 м².

1. Снижение общей засоренности посевов пшеницы озимой (% к контролю) после применения гербицида Лазурит Ультра, СК

Вариант	Год	Регион		
		Рязанская область	Краснодарский край	Волгоградская область
Лазурит Ультра, СК – 0,23 л/га	2017–2018	78,8...93,8	51,9...84,0	90,5...96,5
	2018–2019	78,2...90,1	47,5...88,4	86,7...94,9
Лазурит Ультра, СК – 0,35 л/га	2017–2018	82,5...95,9	61,5...95,0	93,6...98,2
	2018–2019	83,9...93,0	60,3...96,2	93,3...97,5
Морион, СК – 0,75 л/га	2017–2018	81,3...94,4	48,6...86,9	96,8...100
	2018–2019	83,1...90,8	46,2...86,9	88,9...97,4
Морион, СК – 1,0 л/га	2017–2018	83,8...97,3	58,2...96,8	100
	2018–2019	88,7...93,7	58,2...95,3	91,1...97,5
Контроль*	2017–2018	40...73 экз./м²	54,3...54,3 экз./м²	0**...63 экз./м²
	2018–2019	62...72 экз./м²	57...68 экз./м²	0**...45 экз./м²

** в контроле представлены данные о среднем количестве сорных растений;*
*** к уборке урожая культуры сорные растения в этом регионе заканчивали вегетацию и погибали.*

Количество сорных растений подсчитывали на 4 учетных площадках размером 0,25 м² на каждой делянке опыта перед обработкой, через 15 и 30 дней после обработки, весной (при возобновлении вегетации) и при уборке урожая культуры. Сырую массу сорных растений с опытных площадок определяли через 30 дней после проведения обработки и весной (отдельно для каждой группы сорных растений).

Биологическую эффективность вносимых средств защиты растений рассчитывали по формуле:

Э = (К-В)/К×100,

где Э – биологическая эффективность гербицида, %; К – количество сорных растений в контроле, экз./м²; В – количество сорных растений в варианте с гербицидом, экз./м².

Урожай убирали вручную, методом пробных снопов с площади 1 м² на каждой опытной делянке. Статистическую обработку полученных данных проводили методом однофакторного дисперсионного анализа.

В Рязанской области засоренность посевов озимой пшеницы в контроле в оба вегетационных сезона достигала 72...73 экз./м². В этом регионе встречались такие виды малолетних двудольных сорных растений, как трехреберник непахучий (*Tripleurospermum inodorum* (L.) Sch. Bip.), фиалка полевая (*Viola arvensis* Murray), пастушья сумка обыкновенная (*Capsella bursa-pastoris* (L.) Medik.), подмаренник цепкий (*Galium aparine* L.), сокирки великолепные (*Consolida regalis* S.F. Gray) и ярутка полевая (*Thlaspi arvense* L.). Злаковые сорные растения были представлены одним видом – метлицей обыкновенной (*Apera spica-venti* (L.) Beauv.).

В варианте с использованием 0,23 л/га гербицида Лазурит Ультра, СК снижение общей засоренности посевов озимой пшеницы составляло от 78 до 94 % (табл. 1), масса двудольных сорняков уменьшилась на 80...90 % (табл. 2); злаковых – на 85...93 %. На этом же уровне находилась эффективность 0,75 л/га эталона Морион, СК. Увеличение нормы применения изучаемого гербицида до 0,35 л/га способствовало небольшому повышению его эффективности по действию на общую засоренность до 93...96 %, на массу двудольных сорняков – до 91...92 %, на массу злаковых сорняков – до 93...95 %. Аналогичное влияние на сорные растения оказывало применение 1,0 л/га эталона Морион, СК.

В Краснодарском крае из группы малолетних двудольных сорных видов в посевах озимой пшеницы встречались растения вероники плющелистной (*Veronica hederifolia* L.), пастушьей сумки обыкновенной, ярутки полевой и трехреберника непахучего. Из злаковых сорных растений на опытном участке был отмечен лисохвост мышехвостниковый (*Alopecurus myosuroides* Huds.). Общее количество сорных растений в контроле в периоды проведения опытов находилось в пределах 54...68 экз./м².

2. Снижение массы сорных растений в посевах пшеницы озимой (% к контролю) после применения гербицида Лазурит Ультра, СК

Вариант	Год	Регион				
		Рязанская область	Краснодарский край	Волгоградская область	Рязанская область	Краснодарский край
		двудольные виды			злаковые виды	
Лазурит Ультра, СК – 0,23 л/га	2017–2018	79,5...89,5	89,0...90,5	95,3...96,9	93,3	76,2...80,3
	2018–2019	79,5...89,2	90,8...96,4	90,4...93,0	85,0...87,5	81,2...91,3
Лазурит Ультра, СК – 0,35 л/га	2017–2018	87,2...91,0	99,0...99,3	96,4...98,5	95,0	86,0...91,9
	2018–2019	83,0...92,3	98,6...99,8	94,4...97,7	90,0...92,5	87,3...97,9
Морион, СК – 0,75 л/га	2017–2018	83,1...91,0	86,5...92,1	98,0...100	91,7	62,2...82,2
	2018–2019	80,0...90,8	87,4...95,5	92,4...95,3	88,0...92,5	77,5...86,5
Морион, СК – 1,0 л/га	2017–2018	86,7...92,5	98,7...99,7	100	95,0	82,9...95,4
	2018–2019	84,1...93,1	98,2...99,6	88,4...97,7	90,0...93,3	85,4...97,3
Контроль*	2017–2018	20...39 г/м²	166...286 г/м²	65...256 г/м²	6 г/м²	16...46 г/м²
	2018–2019	26...44 г/м²	125...154 г/м²	43...198 г/м²	10...12 г/м²	21...58 г/м²

** в контроле представлены данные о средней массе сорных растений.*

В этом регионе прослеживалось такое же соотношение эффективности между вариантами с изучаемым гербицидом и эталоном, что и в Рязанской области. Особенность результатов исследований в Краснодарском крае – гербициды сильнее

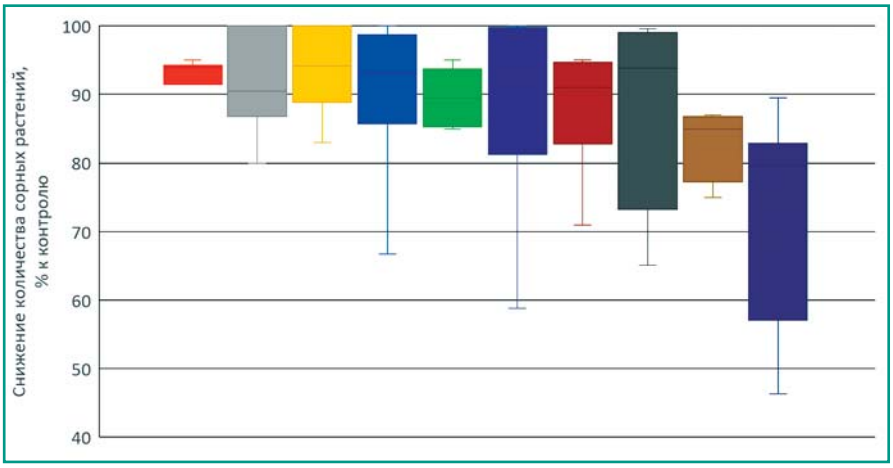


Рисунок. *Чувствительность сорных растений к осеннему внесению 210 г/га метрибузина (2017–2019 гг.): ■ – Apera spica-venti; ■ – Descurainia sophia; ■ – Capsella bursa-pastoris; ■ – Thlaspi arvense; ■ – Galium aparine; ■ – Tripleurospermum inodorum; ■ – Viola arvensis; ■ – Veronica hederifolia; ■ – Consolida regalis; ■ – Alopecurus myosuroides.*

4. Урожайность озимой пшеницы при внесении гербицида Лазурит Ультра, СК (2017–2019 гг.), т/га

Вариант	Регион проведения опытов		
	Рязанская область	Краснодарский край	Волгоградская область
2017–2018 гг.			
Лазурит Ультра, СК – 0,23 л/га	3,75	5,12	2,40
Лазурит Ультра, СК – 0,35 л/га	3,80	5,25	2,41
Морион, СК – 0,75 л/га	3,83	5,16	2,41
Морион, СК – 1,0 л/га	3,88	5,28	2,39
Контроль	3,43	4,88	2,03
$НСР_{05}$	0,08	0,25	0,03
2018–2019 гг.			
Лазурит Ультра, СК – 0,23 л/га	3,44	5,76	2,71
Лазурит Ультра, СК – 0,35 л/га	3,49	5,86	2,74
Морион, СК – 0,75 л/га	3,47	5,74	2,73
Морион, СК – 1,0 л/га	3,52	5,84	2,69
Контроль	3,07	5,39	2,49
$НСР_{05}$	0,05	0,28	0,04

влияли на массу сорных растений, чем на их количество.

В Волгоградской области в посевах озимой пшеницы присутствовали только двудольные сорные растения: ярутка полевая, пастушья сумка обыкновенная, дескурайния Софии (*Descurainia sophia* (L.) Webb ex Prantl) и хориспора нежная (*Chorispora tenella* (Pallas) DC.). Их общее количество достигало 45...63 экз./м^2. Максимальная в опыте биологическая эффективность как изучаемого препарата, так и эталона в этом регионе была в целом выше, чем в других областях (снижение общего количества сорных растений достигало 94,9...100 %), а выявленная в других регионах зависимость эффективности гербицидов от нормы применения проявлялась в сезоне 2018–2019 гг.

По результатам наших исследований одним из наиболее чувствительных к метрибузину видов сорных растений, снижение количества растений которого всегда составляло не менее 90 %, была метлица обыкновенная (см. рисунок).

Наиболее многочисленную группу составляли достаточно чувствительные двудольные виды сорных растений, но с более широким диапазоном реакции (количество этих сорняков, как правило, снижалось в пределах 80...100 %). К их числу относятся дескурайния Софии, пастушья сумка обыкновенная, ярутка полевая, подмаренник цепкий, трехреберник непахучий и фиалка полевая. Диапазон реакции на метрибузин вероники плющелистной был еще шире (70...100 %). Эффективность гербицида против сокирок великолепных не превышала 90 %. Против лисохвоста мышехвостникового в отдельных случаях она превышала 80 %, в других – была ниже 60 %.

Без химической прополки посевов озимой пшеницы в осенний период урожайность культуры в зависимости от сортов и метеоусловий года составляла от 2,03 т/га (Волгоградская область, вегетационный период 2017–2018 гг.) до 5,39 т/га (Краснодарский край, вегетационный период 2018–2019 гг.). Несмотря на такой широкий диапазон значений, устранение конкуренции со стороны сорных растений в подавляющем большинстве проведенных опытов способствовало статистически достоверному сохранению части урожая культуры (за исключением варианта с внесением 0,23 л/га гербицида Лазурит Ультра, СК в 2017–2018 гг. в Краснодарском крае и варианта с использованием 1,0 л/га эталона Морион, СК в 2018–2019 гг. в Волгоградской области). Во всех опытах величины урожаев в вариантах с внесением минимальных и максимальных норм применения изучаемого гербицида и эталона находились на одном уровне.

Таким образом, внесение метрибузина (138 и 210 г д.в./га) в осенний период потенциально эффективный прием защиты посевов озимой пшеницы от однолетних двудольных (зимующих) и некоторых злаковых сорняков (в частности, метлицы обыкновенной) в регионах Российской Федерации. Непосредственное использование для этой цели препаратов на основе метрибузина в производстве возможно только после их регистрации (получения соответствующего свидетельства и по указанным в нем регламентам).

Благодарность. Авторы выражают признательность всем специалистам, участвовавшим в проведении полевых опытов (В. З. Веневцеву, А. П. Савве, А. И. Силаеву и др.).

Литература.

1. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: МСХ, 2020. 827 с.

2. Современная альтернатива дифезану / Ю. Я. Спиридонов, В. Г. Шестаков, Н. С. Демидов и др. // Агрохимия. 2008. № 11. С. 6–19.

3. Спиридонов Ю. Я., Шестаков В. Г. Практика создания и эффективного применения комбинированных отечественных гербицидов в борьбе с сорняками в посевах зерновых колосовых культур // Агрохимия. 2013. № 1. С. 35–49.

4. Новый комбинированный гербицид Гермес класса имидазолинонов / А. С. Голубев, Т. А. Маханькова, С. Д. Каракотов и др. // Земледелие. 2015. № 5. С. 34–36.

5. Байрамбеков Ш. Б., Валеева З. Б., Корнева О. Г. Метрибузин – универсальный гербицид для защиты томата // Защита и карантин растений. 2011. № 4. С. 39–40.

6. Корнева О. Г., Байрамбеков Ш. Б., Дубровин Н. К. Защита овощных культур от сорняков // Орошаемое земледелие. 2016. № 1. С. 15–16.

7. Голубев А. С. Современный ассортимент гербицидов для защиты томата // Овощи России. 2012. № 4 (17). С. 48–50.

8. Интегрированная система защиты семенных посадок картофеля в Калужской области / Л. Н. Ульяненко, А. С. Филипас, Н. Р. Гончаров и др. // Защита и карантин растений. 2015. № 1. С. 23–25.

9. Попов Ю. В., Рукин В. Ф., Хрюкина Е. И. Своевременно реагировать на изменения фитосанитарного состояния картофеля // Защита и карантин растений. 2013. № 11. С. 3–5.

10. Берназ Н. И., Голубович В. С. Зенкор Ультра, КС для защиты моркови // Картофель и овощи. 2019. № 10. С. 17–18. https://doi.org/10.25630/PAV.2019.33.79.008

11. Comparison of herbicides for control of diclofop-resistant italian ryegrass in wheat / T. Bararpour, R. R. Hale, G. Kaur et al. // Agriculture. 2018. № 8. P. 135. https://doi.org/10.3390/agriculture8090135

12. Effect of metribuzin in combination with post emergence herbicide on weed and productivity of wheat / A. H. Nanher, R. Singh, S. Yadav et al. // The Bioscan. 2015. № 10 (3). P. 1345–1348.

13. Evaluation of the effectiveness of different herbicides against a new weed Japanese brome (Bromus japonicus Houtt.) in wheat crop / M. Asghar, S. U. Chauhdary, M. Afza, et al. // Azarian Journal of Agriculture. 2017. № 4 (3). P. 74–79.

14. Эффективность метрибузинсодержащих гербицидов при осеннем и весеннем внесении в посевах озимых зерновых культур / С. В. Сорока, А. Р. Цыганов, Л. И. Сорока и др. // Весці Нацыянальнай Акадэміі Навук Беларусі. 2014. № 1. С. 48–52.

15. VanGessel M. J., Johnson Q. R., Scott B. A. Effect of application timing on winter wheat response to metribuzin // Weed Technology. 2017. № 31 (1). P. 94–99. https://doi.org/10.1017/wet.2016.7

16. Genome-wide microarray analysis leads to identification of genes in response to herbicide, metribuzin in wheat leaves / W. Pilcher, H. Zandkarimi, K. Arceneaux et al. // PLOS ONE. 2018. № 13 (6). P. e0199564. https://doi.org/10.1371/journal.pone.0199564

17. Identification and validation of QTL and their associated genes for pre-emergent metribuzin tolerance in hexaploid wheat (Triticum aestivum L.) / R. Bhoite, I. Onyemaobi, P. Si, et al. // BMC Genetics. 2018. № 19. P. 102. https://doi.org/10.1186/s12863-018-0690-z

18. Inheritance of pre-emergent metribuzin tolerance and putative gene discovery through high-throughput SNP array in wheat (Triticum aestivum L.) / R. Bhoite, P. Si, H. Liu, et al. // BMC Plant Biology. 2019. № 19. P. 457. https://doi.org/10.1186/s12870-019-2070-x

Autumn application of metribuzin for protection of winter wheat from dicotyledonous and cereal weeds

Golubev A. S., Dolzhenko V. I.
All-Russian Research Institute of Plant Protection, sh. Podbel'skogo, 3, Pushkin, Sankt-Peterburg, 196608, Russian Federation

Abstract. *We tested autumn use of metribuzin in the crops of winter wheat at the doses of 138 g/ha and 210 g/ha (0.23 L/ha and 0.35 L/ha of Lazurit Ultra, SC preparation). Small-plot field experiments were carried out during two growing seasons (2017–2018 and 2018–2019) in three different climatic zones of the Russian Federation (Volgograd region, Ryazan region and Krasnodar Territory). The experiments were established according to the "Methodological guidelines for registration tests of herbicides in agriculture" (2013). Weeds were counted by the quantitative-weight method. The yield was counted manually, by the method of test sheaves from an area of 1 m2 on each experimental plot. The biological and economic efficiency of the studied herbicide, in general, was at the level of Morion standard, SC (500 g/L of isoproturon + 100 g/L of diflufenican) at the rates of 0.75 and 1.0 L/ha. The decrease in the number of wind grass under the influence of metribuzin, 210 g/ha was at least 90%. Against the tansy mustard, Capsella, field pennycress, catchweed, wild camomile and field pansy, the field effectiveness of the drug was 80–100%. The herbicide also had a significant effect on such plants as forking larkspur and black foxtail. The yield of winter wheat without herbicide treatment in the autumn, depending on the variety and weather conditions, ranged from 2.03 t/ha (Volgograd region, growing season 2017–2018) to 5.39 t/ha (Krasnodar Territory, growing season 2018–2019). The elimination of competition from weeds after the autumn application of metribuzin promoted reliable preservation of the yield (from 0.22 to 0.42 t/ha).*

Keywords: *winter wheat (Triticum aestivum L.); herbicides; weeds; metribuzin; wind grass.*

Author Details: *A. S. Golubev, Cand. Sc. (Biol.), leading research fellow (e-mail: golubev100@mail.ru); V. I. Dolzhenko, member of the RAS, D. Sc. (Agr.), director of center (e-mail: pesticides@vizr.spb.ru).*

For citation: *Golubev AS, Dolzhenko VI [Autumn application of metribuzin for protection of winter wheat from dicotyledonous and cereal weeds]. Zemledelie. 2020. (6):38-41. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10609.*

doi: 10.24411/0044-3913-2020-10610
УДК 632.952

Новый фунгицид Протазокс в защите озимого ячменя от пятнистостей листьев в условиях Краснодарского края*

А. В. ДАНИЛОВА, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: starlight001@yandex.ru)
Ю. С. КИМ, аспирант (e-mail: kimiur@yandex.ru)
Г. В. ВОЛКОВА, доктор биологических наук, главный научный сотрудник, зав. лабораторией (e-mail:galvol.bpp@yandex.ru)
Всероссийский научно-исследовательский институт биологической защиты растений, Краснодар, п/о 39, 350039, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения биологической и хозяйственной эффективности нового трехкомпонентного контактно-системного фунгицида Протазокс, КС против пятнистостей озимого ячменя в условиях Краснодарского края для совершенствования агротехники возделывании культуры. Работу выполняли в Краснодарском крае в вегетационные сезоны 2017/18 и 2018/19 гг. Почва экспериментального участка типичная для центральной зоны Северо-Кавказского региона – чернозем выщелоченный. В опыте выращивали озимый ячмень сорта Рубеж. Обработку посевов экспериментальным препаратом проводили однократно в фазе выхода флагового листа в нормах 0,5 л/га, 0,75 л/га и 1,0 л/га; эталоном служил Амистар Трио, КЭ, 1,0 л/га, контроль – без обработки. Учёт развития болезней вели в динамике по шкалам, предложенным для пятнистостей листьев. Расчет биологической и хозяйственной эффективности осуществляли по общепринятым методикам. Биологическая эффективность Протазокс, КС против сетчатой пятнистости варьировала от 70,7 % до 81,5 %, против темно-бурой пятнистости – от 51,8 % до 64,8 %, что в вариантах с нормами 0,75 л/га и 1,0 л/га сопоставимо с эталоном Амистар Трио, КЭ (76,8 % и 60,6 % соответственно). Обработка Протазокс, КС позволила сохранить от 0,21 т/га до 0,53 т/га урожайности культуры (от 3,3 % до 8,4 % к контролю). При нормах использования 0,75 л/га и 1,0 л/га сохранность была на уровне эталона (0,52 т/га, или 8,3 %). Наибольший эффект обеспечивает опрыскивание новым фунгицидом в норме 1,0 л/га.

Ключевые слова: *ячмень (Hordeum vulgare L.), сетчатая пятнистость (Pyrenophora teres), темно-бурая пятнистость (Bipolaris sorokiniana), фунгициды, эффективность, защита растений.*

Для цитирования: *Данилова А. В., Ким Ю. С., Волкова Г. В. Новый фунгицид Протазокс в защите озимого ячменя от пятнистостей листьев в условиях Краснодарского края // Земледелие. 2020. № 6. С. 41–44. doi:10.24411/0044-3913-2020-10610.*

Ячмень – важная зернофуражная культура, которая распространена по всему миру. По посевным площадям он занимает четвертое место в мире (около 70 млн га) после пшеницы, риса и кукурузы [1]. В Российской Федерации – это вторая культура после пшеницы по площади возделывания [2]. На Кубани посевы озимого ячменя занимают около 400 тыс. га. Широкое использование культуры объясняется рядом хозяйственных и биологических особенностей, которые во многом определяют столь обширный ареал возделывания, по сравнению с другими зерновыми культурами [3].

Фитосанитарное состояние посевов – важнейший фактор, определяющий агроэкологические аспекты формирования урожая высокого качества. В последние годы наблюдается тенденция к усилению вредоносности и распространения сетчатой и темно-бурой пятнистостей (рис. 1), особенно на Северном Кавказе [4, 5]. Сетчатая пятнистость (*Pyrenophora teres* Drechs.) занимает доминирующее положение среди листовых болезней ячменя [6] и встречается в большинстве регионов мира [7]. Потери урожая в благоприятные для возбудителя болезни годы по разным оценкам колеблются от 10 до 40 % [8].

В ряде регионов РФ потери урожая ячменя от сетчатой пятнистости могут достигать 20…60 % [9]. На Северном Кавказе при ее эпифитотиях, которые возникают 4…6 раз в течение 10 лет, потери могут превышать 50 % [10]. Еще одно актуальное грибное заболевание ячменя и других злаков – темно-бурая пятнистость (*Bipolaris sorokiniana* Shoem.). Она распространена по всему

** Исследования выполнены согласно Государственного задания № 075-00376-19-00 Министерства науки и высшего образования РФ в рамках НИР по теме № 0686-2019-0008.*

Рис. 1. *Внешние симптомы поражения ячменя сетчатой и темно-бурой пятнистостями (2019 г.): а) сетчатая пятнистость; б) темно-бурая пятнистость.*

миру [11], особенно сильно в условиях высокой влажности и температуры, в сочетании с низким плодородием почвы [12]. Известно, что потери урожая от этого заболевания варьируют от 20 до 80 % и при сильном развитии могут достигать 100 % [13, 14, 15]. Недобор урожая ячменя от темно-бурой пятнистости достигает в Российской Федерации составляет 30…40 % при значительном снижении качества зерна [10].

Вредоносность этих заболеваний состоит не только в прямых потерях урожая из-за ухудшения фотосинтеза, но и в снижении качества зерна, делающего его непригодным для производства солода в пивоваренной промышленности. Кроме того, возбудители пятнистостей – токсинообразующие грибы, что усиливает их вредоносность как при патогенезе, так и при использовании зерна в пищевой, пивоваренной промышленности и кормопроизводстве [16].

В сохранении продуктивности озимого ячменя большую роль играет защита флагового и предфлагового листьев, так как у многих сортов этой культуры верхний лист не развит. Существующая система интегрированной защиты растений зерновых культур от болезней грибной этиологии в качестве обязательного элемента включает использование фунгицидов. Современные препараты характеризуются наличием системной активности и достаточно широким спектром действия [17]. Среди них наиболее известными ранее были Байлетон, СП, Импакт, КС, Тилт, КЭ, Фоликур, КЭ и др. (*Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Агрорус, 2017, 2018; М.: Листерра, 2019*). Большие площади зерновых культур в последнее десятилетие обрабатывают комбинированными препаратами, состоящими из двух и более действующих веществ. Они обладают широким спектром фунгицидной активности, длительным периодом защитного действия, низким риском возникновения к ним резистентности (*http://www.pesticidy.ru/pesticide/amistar_jekstra; http://www.pesticidy.ru/pesticide/kolosal_pro; http://www.pesticidy.ru/pesticide/titul_duo*). Сегодня средства защиты растений российского производства не уступают качеством и эффективностью фунгицидам известных зарубежных фирм.

Цель работы – изучение биологической и хозяйственной эффективности трехкомпонентного контактно-системного фунгицида нового поколения Протазокс, КС против возбудителей сетчатой и темно-бурой пятнистостей озимого ячменя в условиях центральной зоны Краснодарского края.

Исследования проводили на опытном поле ВНИИ биологической защиты растений в 2017–2019 гг. Почва типичная для центральной зоны Северо-Кавказского региона – чернозем выщелоченный. В пахотном 0…20 см слое содержание гумуса (ГОСТ 2613-94) составляет 3,39 %, подвижных форм фосфора (ГОСТ 26204-91) и калия (ГОСТ 26205-91) – 18,2 и 30,6 мг/100 г почвы. Глубина гумусового горизонта – 80…150 см, реакция почвы слабокислая – 5,5…6,5 ед. pH. Обменная кислотность отсутствует, гидролитическая кислотность – 2…4 мг-экв./100 г почвы. Степень насыщенности почвы основаниями 85…95 %. Валовое содержание гумуса в пахотном горизонте – 100…160 т/га, N – 5…9 т/га, P – 3…4 т/га, K – 45…55 т/га (*Слюсарев В. Н., Швец Т. В. Учебная практика по почвоведению с основами геологии: учебное пособие. Краснодар: КубГАУ, 2018*).

Площадь опытной делянки составляла 10 м^2, повторность трехкратная. В опыте высевали озимый ячмень сорта Рубеж селекции «НЦЗ им. П. П. Лукьяненко», который характеризуется средней восприимчивостью к листовым пятнистостям (*http://www.kniish.ru/sorta1175853651.html*). Предшественник – пар, обработка почвы: дискование, предпосевная культивация, послепосевное прикатывание почвы.

Обработку опытных делянок проводили однократно в фазе выхода флагового листа (Z 37-39, 8 мая – в 2018 г. и 6 мая – в 2019 г.) с использованием пневматического опрыскивателя «Tecnoma». Норма применения Протазокс, КС в опыте составляла 0,5 л/га, 0,75 л/га и 1,0 л/га; стандарта – Амистар Трио, КЭ – 1,0 л/га. Расход рабочей жидкости – 300 л/га. Контроль не обрабатывали.

Учёт интенсивности поражения пятнистостями вели после обнаружения первых признаков одного из заболеваний в динамике, просматривая по 20 растений в трёх точках делянки. Последующие учеты вели через каждые 7…10 суток (не менее трех учетов, причем последний обязательно в фазе молочно-восковой спелости). Развитие сетчатой и темно-бурой пятнистостей листьев ячменя учитывали по существующим шкалам (*Койшыбаев М., Муминджанов Х. Методические указания по мониторингу болезней, вредителей и сорных растений на посевах зерновых. Анкара: ФАО, 2016*). Расчет биологической и хозяйственной эффективности проводили по общепринятым методикам (*Методические указания по регистрационным испытаниям фунгицидов в сельском хозяйстве / под ред. В. И. Долженко. С.-Пб. ВИЗР. 2009*), статистическую обработку – методом однофакторного дисперсионного анализа полевых опытов по Б. А. Доспехову (*М.: Альянс, 2011*).

Протазокс, КС – трехкомпонентный контактно-системный фунгицид фирмы «Агро Эксперт Груп» для контроля болезней на озимых зерновых культурах (*Справочник пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. М.: Листерра, 2019*). Действующие вещества: азоксистробин, 200 г/л + протиоконазол, 125 г/л + дифеноконазол, 60 г/л. Химический класс действующих веществ – стробилурины и триазолы.

В качестве эталона использовали трехкомпонентный фунгицид Амистар Трио, КЭ фирмы «Сингента» с действующими веществами: пропиконазол, 125 г/л + азоксистробин, 100 г/л + ципроконазол, 30 г/л, которые также относятся к стробилуринам и триазолам.

Азоксистробин, который входит в состав испытываемого препарата и относится к классу стробилуринов, одному из новейших классов органических фунгицидов для борьбы с патогенными грибами, поражающими сельскохозяйственные культуры; из-за широкого спектра действия и практической безопасности для окружающей среды они стали наиболее распространенной группой фунгицидов [18]. Азоксистро-

Рис. 2. Погодные условия (по данным метеостанции ФГБНУ ВНИИБЗР, Краснодар): а) 2017/18 сельскохозяйственный год, б) 2018/19 сельскохозяйственный год: — влажность, %; — осадки, мм; — температура, °С.

бин в течение нескольких минут после обработки частично проникает в лист и подавляет прорастание спор и конидий гриба. Механизм его действия в клетках патогена заключается в ингибировании митохондриального дыхания [19]. Вещество имеет длительный защитный эффект, повышает стрессоустойчивость культуры и продлевает вегетацию вследствие оптимизации водного и азотного питания, а также озеленяющего эффекта.

Дифеноконазол и протиоконазол, входящие в состав испытуемого фунгицида, относятся к группе триазолов. Они обладают системным действием и ингибируют синтез стеринов, что приводит к нарушению функции клеточных мембран патогена. При опрыскивании препарат сорбируется листьями, оказывая защитное и лечащее действие. Фунгициды группы триазолов заменили устаревающие бензимидазолы и благодаря уникальному механизму действия, а также широкому спектру активности, стали самыми продаваемыми препаратами [20].

Осень 2017/18 сельскохозяйственного года была тёплой и продолжительной, засушливой в первой половине и с осадками со второй половины октября (рис. 2). Зима выдалась теплой с частыми длительными оттепелями, практически бесснежной. Весна характеризовалась неустойчивым температурным режимом с резкими колебаниями температуры. Достаточное количество влаги и перепады температуры воздуха в апреле способствовали проявлению гельминтоспориозных пятнистостей на листьях ячменя. В мае наблюдали сухую погоду и отсутствие осадков, что сдерживало развитие болезней. Созревание озимых началось значительно раньше обычного: восковой спелости они достигли на 15…20 дней раньше среднемноголетних сроков; полная спелость зерна наступала через 4…6 дней после восковой. Осень сезона 2018/19 гг. была прохладной, зима – теплой и бесснежной. Весной 2019 г. резкие перепады температуры воздуха не способствовали активному заражению растений патогенами. В апреле отмечали умеренный температурный режим с заморозками в воздухе и на поверхности почвы и недобором осадков. Май характеризовался частыми обильными осадками, которые способствовали развитию заболеваний.

При обработке (фаза Z37-39) препаратом Протазокс, КС развитие темно-бурой пятнистости составляло 2,9 %, сетчатой пятнистости – 1,0 %, на дату последнего учета (фаза Z70-75) в контроле – соответственно 38,6 % и 75,0 % (табл. 1). При использовании фунгицидов величины этих показателей значительно снижались. Развитие сетчатой и темно-бурой пятнистостей в варианте с Протазокс, КС в норме 0,5 л/га было выше эталона Амистар Трио, КЭ в фазе Z49-51 на 0,8 и 1,4 %, Z70-75 – на 4,6 и 3,4 % соответственно. При использовании препарата в нормах 0,75 и 1,0 л/га оно находилось на уровне эталона.

Расчет биологической эффективности свидетельствует о значительном защитном эффекте Протазокс, КС против сетчатой пятнистости (от 70,7 % до 81,5 % в зависимости от нормы применения) в фазе молочно-восковой спелости зерна. В норме 0,5 л/га она была ниже, чем у стандарта Амистар Трио, КЭ, на 6,1 %, а в нормах 0,75 л/га и 1,0 л/га сопоставимо со стандартом (см. табл. 1). Аналогичная тенденция сохранялась по биологической эффективности против темно-бурой пятнистости, но показатели как опытного, так и эталонного фунгицидов были ниже – 51,8…60,6 %.

Оценку хозяйственной эффективности фунгицида проводили по показателям массы 1000 зерен и урожайности (табл. 2). В варианте с Протазокс, КС с нормой внесения 0,5 л/га масса 1000 зерен была ниже, чем при нормах 0,75 л/га, 1,0 л/га и использовании эталона, на 0,7…1,1 г. Аналогичную тенденцию отмечали по урожайности, рост которой составил 0,25…0,31 т/га. По сравнению с контролем, прибавка

1. Биологическая эффективность Протазокс, КС против возбудителей пятнистостей листьев озимого ячменя (среднее за 2018–2019 гг.)

Вариант	Норма применения, л/га	Развитие болезней на дату учета, %							
		P. teres			биологическая эффективность, %*	*B. sorokiniana*			биологическая эффективность, %*
		фаза Z37-39	фаза Z49-51	фаза Z70-75		фаза Z37-39	фаза Z49-51	фаза Z70-75	
Протазокс, КС	0,5	1,0	4,0	22,0	70,7	2,9	6,2	18,6	51,8
Протазокс, КС	0,75	1,0	3,2	17,5	76,7	2,9	5,6	15,8	59,1
Протазокс, КС	1,0	1,0	2,6	13,9	81,5	2,9	4,2	13,6	64,8
Амистар Трио, КЭ (стандарт)	1,0	1,0	3,2	17,4	76,8	2,9	4,8	15,2	60,6
Контроль (без обработки)	–	1,0	13,2	75,0	–	2,9	13,7	38,6	–
$НСР_{05}$			0,7	3,6			1,5	3,6	

**рассчитана для фазы молочно-восковой спелости зерна (Z70-75).*

2. Хозяйственная эффективность фунгицида Протазокс, КС против сетчатой и темно-бурой пятнистостей озимого ячменя (2018–2019 гг.)

Вариант	Норма применения, л/га	Масса 1000 семян, г	Урожайность, т/га
Протазокс, КС	0,5	32,7	6,49
Протазокс, КС	0,75	33,4	6,74
Протазокс, КС	1,0	33,8	6,81
Амистар Трио, КЭ (эталон)	1,0	33,5	6,80
Контроль (без обработки)	–	31,3	6,28
$НСР_{05}$		0,7	0,12

урожая зерна к контролю в варианте с Протазокс, КС в норме применения 0,5 л/га была равна 3,3 %, 0,75 л/га – 7,3 %, 1,0 л/га – 8,4 %, у стандарта Амистар Трио, КЭ – 8,3 %.

Таким образом, при однократной обработке посевов озимого ячменя сорта Рубеж в фазе выхода флагового листа (Z37-39) биологическая эффективность фунгицида Протазокс, КС (азоксистробин, 200 г/л + протиоконазол, 125 г/л + дифеноконазол, 60 г/л) против сетчатой пятнистости составила от 70,7 % до 81,5 %, против темно-бурой пятнистости – от 51,8 % до 64,8 %. При норме применения 0,75 л/га и 1,0 л/га она сопоставима со эталоном Амистар Трио, КЭ (пропиконазол, 125 г/л + азоксистробин, 100 г/л + ципроконазол, 30 г/л) в норме применения 1,0 л/га (76,8 % и 60,6 % соответственно). Использование препарата позволило сохранить урожайность культуры от 0,21 т/га до 0,53 т/га (или от 3,3 % до 8,4 % к контролю), что при нормах 0,75 л/га и 1,0 л/га сопоставимо со Амистар Трио, КЭ (0,52 т/га, или 8,3 %).

Согласно результатам исследований можно сделать вывод о том, что фунгицид российского производства Протазокс, КС при нормах применения 0,75 л/га и 1,0 л/га не уступает по своей эффективности против возбудителей сетчатой и темно-бурой пятнистостей листьев на ячмене известному зарубежному препарату Амистар Трио, КЭ. Наибольший эффект обеспечивает использование нового фунгицида в норме 1,0 л/га.

Литература.

1. Статистические данные продовольственной и сельскохозяйственной организации Объединенных наций. [Электронный ресурс]. URL: http://faostat3.fao.org/browse/Q/*/E (дата обращения 21.05.2020).

2. Формирование урожая ячменя в зависимости от фона питания и применения гербицидов / Э. Л. Митрофанов, А. П. Коршунов, В. П. Владимиров и др. // Вестник Казанского государственного аграрного университета. 2015. Т. 10. №.4. С. 65–69.

3. Раева С. А., Перепечаева В. П. Анализ сортовой структуры посевов ярового ячменя в Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. № 4. С. 69–72.

4. Распространение пятнистостей листьев пшеницы и ячменя на Северном Кавказе в 2016 г. / И. Л. Астапчук, Г. В. Волкова, О. Ю. Кремнева и др. // Информационный бюллетень ВПРС МОББ. 2017. № 52. С. 33–35.

5. Астапчук И. Л., Мкртчян А. Г., Волкова Г. В. Распространение и развитие возбудителя сетчатой пятнистости листьев озимого ячменя в агроклиматических зонах Северного Кавказа в 2014-2016 гг. // Труды Кубанского государственного аграрного университета. 2017. № 68. С. 63–68.

6. Волкова Г. В., Астапчук И. Л. Распространение Pyrenophora teres на посевах ячменя в Северо-Кавказском регионе // Зерновое хозяйство России. 2019. № 2 (62). С. 63–68.

7. McLean M. S., Howlett B. J., Hollaway G. J. Epidemiology and control of spot form of net blotch (Pyrenophora teres f. maculata) of barley, a review // Crop Pasture Sci. 2009. Vol. 60. P. 303–315.

8. Murray G. M., Brennan J. P. Estimating disease losses to the Australian barley industry // Australasian Plant Pathology. 2010. Vol. 39. P. 85–96. doi: 10.1071/AP09064.

9. Мироненко Н. В. Молекулярно-генетические механизмы специализации возбудителей «гельминтоспориозных» пятнистостей зерновых культур: автореферат дис. доктора биол. наук. СПб. 2005. 42 с.

10. Кузнецова Т. Е. Селекция ячменя на устойчивость к болезням в условиях Северного Кавказа: автореферат дис. доктора с.-х. наук. Краснодар, 2006. 52 с.

11. Wheat improvement in India: present status, emerging challenges and future prospects / A. K. Joshi, B. Mishra, R. Chatrath, et al. // Euphytica. 2007. Vol. 157. P. 431–446.

12. Ragiba M. Recessive genes controlling resistance to Helminthosporium leaf blight in synthetic hexa-ploid wheat // J. Plant Pathol. 2004. Vol. 93. P. 251–262.

13. Dubin H. J, Van Ginkel M. The status of wheat disease and disease research in warmer areas. In: Sanders DA (ed) Wheat for the non-traditional warm areas. A proceeding of the international conference. Mexico: CIMMYT, 1991. P. 125–145.

14. Mehta Y. R. Spot blotch (Bipolaris sorokiniana). In: Mathur SB, Cunfer BM (eds) Seed borne disease and seed health testing of wheat. Institute of Seed Pathology for Developing Countries, Copenhagen. 1993. P. 105–112.

15. Spot blotch continues to cause substantial grain yield reductions under resource-limited farming conditions / R. C. Sharma, E. Duveiller, K. V. Prabhu, et al. // J. Phytopathol. 2006. Vol. 154. No. 7–8. P. 482–488. doi: 10.1111/j.1439-0434.2006.01134 .x.

16. Е. С. Дорошенко, Н. В. Шишкин, А. А. Донцова и др. Поражаемость сортов озимого ячменя листовыми болезнями в условиях южной зоны Ростовской области // Зерновое хозяйство России. 2017. №3. С. 67–70.

17. Волкова Г. В., Кремнева О. Ю., Попов И. Б. Эффективность химических фунгицидов против возбудителя желтой пятнистости листьев пшеницы // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ). 2015. №08(112). [Электронный ресурс]. URL: http://ej.kubagro.ru/2015/08/pdf/11.pdf, 0,625 у.п.л. (дата обращения 21.05.2020).

18. Тютерев С. Л. Проблемы устойчивости фитопатогенов к новым фунгицидам [Фитопатогенные грибы] // Вестник защиты растений. 2001. № 1. С. 38-53.

19. Зинченко В. А. Химическая защита растений: средства, технология и экологическая безопасность. М.: «КолосС», 2012. 127 с.

20. Андреева Е. И., Зинченко В. А. Системные фунгициды – ингибиторы биосинтеза эргостерина // АгроXXI. 2002. №4. С. 14–15.

New Protazoks fungicide in the protection of winter barley from leaf spots in the Krasnodar Territory

A. V. Danilova, Yu. S. Kim, G. V. Volkova
All-Russian Research Institute of Biological Plant Protection, Krasnodar, p/o 39, 350039, Russian Federation

Abstract. *The studies aimed to study the biological and economic efficiency of the new three-component contact-systemic fungicide Protazoks, SC against winter barley spots in the Krasnodar Territory to improve agricultural cultivation techniques. The work was carried out in the Krasnodar Territory during the growing seasons 2017/18 and 2018/19. The soil of the experimental plot is leached chernozem, it is typical for the central zone of the North Caucasus region. In the experiment, winter barley Rubezh was grown. The treatment of crops with the experimental preparation was carried out once in the phase of the flag leaf at the rates of 0.5 L/ha, 0.75 L/ha and 1.0 L/ha; Amistar Trio, EC, 1.0 L/ha served as a standard, the control was without treatment. The development of diseases was recorded in dynamics according to the scales proposed for leaf spots. The calculation of biological and economic efficiency was carried out according to common methods. The biological efficiency of Protazoks, SC against net spot varied from 70.7% to 81.5%, against dark brown spot – from 51.8% to 64.8%, which in variants with the rates of 0.75 L/ha and 1.0 L/ha is comparable to the standard Amistar Trio, EC (76.8% and 60.6%, respectively). The treatment with Protazoks, KS made it possible to keep from 0.21 t/ha to 0.53 t/ha of crop yield (from 3.3% to 8.4% relative to the control). At the rates of 0.75 L/ha and 1.0 L/ha, the increase is at the level of the standard (0.52 t/ha, or 8.3%). The greatest effect is provided by spraying with a new fungicide at the rate of 1.0 L/ha.*

Keywords: *barley (Hordeum vulgare L.); net spot (Pyrenophora teres); dark brown spot (Bipolaris sorokiniana); fungicides; efficiency; plant protection.*

Author Details: *A. V. Danilova, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: starlight001@yandex.ru); Yu. S. Kim, post graduate student (e-mail: kimiur@yandex.ru), G. V. Volkova, D. Sc. (Biol.), chief research fellow (e-mail:galvol.bpp@yandex.ru).*

For citation: *Danilova AV, Kim YuS, Volkova GV. [New Protazoks fungicide in the protection of winter barley from leaf spots in the Krasnodar Territory]. Zemledelije. 2020;(6):41-4. Russian. doi: 10.24411/0044-3913-2020-10610.*

Защита урожая на микробиологическом уровне*

«Почву уважай – она даёт урожай», – так говорили наши предки, ещё не знавшие интенсивных технологий и рекордных «валовок». Миновали сотни лет: агропромышленный комплекс стал одной из ключевых отраслей экономики, а современные разработки позволили земледельцам получать урожаи, которые в стародавние времена казались бы фантастическими. Но у столь радужной картинки есть и обратная сторона. Это деградация почв, высокий инфекционный фон и низкая супрессивность (недостаточная способность почвы противодействовать почвенным фитопатогенам и другим вредным организмам).

Факторы сходятся…

Разумеется, у каждой проблемы есть свои корни. И ситуация с российскими почвами – не исключение. Многие агроприёмы, главной задачей которых является рост производственных показателей, несут с собой «побочные эффекты». И одним из наиболее опасных является дисбаланс полезной и патогенной микрофлоры, находящейся в почве.

Рассмотрим несколько ошибок – случайных или намеренных, которые совершают земледельцы в погоне за высокими урожаями.

Внесение повышенных доз азотных удобрений

Попадая в почву, этот макроэлемент вызывает бурный рост и развитие грибов. Как результат – почвоутомление и микотоксикоз! Профессор кафедры растениеводства и садоводства Донского ГАУ, д. с.-х. н. Константин Пимонов сетует: некоторые руководители хозяйств вносят под озимую пшеницу до 200 кг азота в действующем веществе. Но нужно ли использовать столько «минералки»?.. Ведь в конечном итоге лишь четверть азота поглощается непосредственно культурными растениями. Остальная часть достаётся сорнякам и патогенным микроорганизмам. Таким образом, земледельцы собственными руками «взращивают» на своей земле вредную микрофлору.

Нарушение севооборота в пользу экономически выгодных культур

Заведующая кафедрой химии и защиты растений Ставропольского ГАУ, д. с.-х. н. Анна Шутко напоминает: севообороты с короткой ротацией, чрезмерно насыщенные зерновыми культурами, являются фактором риска, усугубляющим фитосанитарную обстановку по возбудителям не только корневых гнилей, но и других заболеваний. Согласитесь, знакомая картина: в хозяйстве сеют пшеницу по пшенице второй, третий, четвёртый год подряд... Запас почвенной инфекции при этом достигает критических значений. Посевы угнетены, они поражаются комплексом заболеваний. Соответственно, чтобы получить урожай, аграриям приходится вкладывать большие деньги в защиту посевов. Аналогично складываются дела и в регионах, где пшеницу сеют по кукурузе, которая является фузариозоопасным предшественником. Яркий тому пример – Краснодарский край, здесь звено севооборота «кукуруза – озимая пшеница» получило широкое распространение.

Активное внедрение ресурсосберегающих технологий

Об этом факторе риска говорит Александр Ховяков, заместитель руководителя филиала ФГБУ «Россельхозцентр» по Ростовской области. Прежде, когда минимальные и нулевые технологии ещё не получили в нашей стране широкого распространения, солому запахивали в почву. Глубина заделки зависела от выращиваемой культуры и варьировалась в пределах 15-27 см. На такой глубине солома не мешала прорастанию выращиваемых культур, но была доступна для перерабатывающих её микроорганизмов. Но ресурсосберегающие технологии, популярные в наше время, подразумевают измельчение соломы с

*На правах рекламы.

последующей заделкой на глубину в 10-12 сантиметров либо оставление её вообще без заделки на поверхности почвы. Являясь источником патогенной микрофлоры, неразлагающиеся растительные остатки представляют реальную угрозу для проростков и всходов. Таким образом, аграрии получают «бомбу замедленного действия»!

Нужно понимать, что всё это – факторы, ограничивающие рост не только урожайности сельхозкультур, но и рентабельности растениеводческого бизнеса. И с каждым годом ситуация в нашей стране становится всё сложнее. Даже самые плодородные чернозёмы теряют свои уникальные свойства и высокую супрессивность, что уж говорить про менее «благополучные» типы почв...

Разрушение с пользой для дела

Увы, не существует универсального решения, которое позволило бы устранить все проблемы за один или хотя бы два сезона. Работа в данном направлении должна быть комплексной, научно обоснованной и постоянной. И важным элементом успеха является применение микробиологических препаратов. Эффективным представителем этого «семейства» является многофункциональный препарат **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ**. Несколько слов о том, что представляет собой данный продукт.

Итак, **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** – это консорциум ценных штаммов нескольких видов полезных бактерий с общим титром не менее 1·109 КОЕ/мл. Их отбор проводился целенаправленно: все штаммы отселектированы, паспортизированы и депонированы в ведущих коллекциях России и Республики Беларусь.

Состав препарата объясняет его широкую функциональность. **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** обладает фунгицидными, ростостимулирующими, азотфиксирующими и фосфатмобилизующими свойствами. Но основная его функция – ускоренное разложение пожнивных остатков.

Не секрет, что во многих хозяйствах для разложения органики активно используют аммиачную селитру. Ориентировочно – от 50 до 100 кг/га. Однако этот приём имеет ряд недостатков. Во-первых, он довольно дорогостоящий. Во-вторых, аммиачная селитра влияет на состояние почв, повышая их кислотность, и, как говорилось выше, способствует активному накоплению и развитию патогенной микрофлоры.

Другое дело – **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ.** Экономическая эффективность от его применения в 3-4 раза выше, чем от использования аммиачной селитры. А сам процесс разложения послеуборочных остатков, являющихся питательным субстратом для микроорганизмов, остаётся на высоком уровне. Как результат – способность почвы к самооздоровлению возрастает, инфекционный фон снижается, культурные растения развиваются по оптимальному сценарию.

Обошёл других

Современный рынок микробиологических препаратов довольно обширен. Но аграриям важно понимать, какие именно продукты демонстрируют наивысший эффект при адекватных затратах. Как показывают результаты многочисленных сравнительных опытов, **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** обладает рядом несомненных преимуществ. Среди них:

- высокая биологическая эффективность;
- широкая функциональность;
- удобство в применении;
- безопасность для культурных растений (некоторые деструкторы вызывают стресс и угнетение посевов, но только не **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ**).

Как деструктор пожнивных остатков **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** демонстрирует хорошие результаты в засушливых условиях, когда эффективность других аналогичных продуктов снижена.

Показательный опыт был заложен в одном из агрохолдингов Тамбовской области. Действие препарата **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** сравнивали с пятью другими деструкторами (в том числе на основе грибов рода *Trichoderma* и бактерий *Bacillus*). После уборки озимой пшеницы опытными препаратами обработали стерню. Важный нюанс: во время проведения исследований в регионе стояла жаркая (до +25 °С), засушливая погода. При этом влажность слоя почвы 0-10 см варьировалась в пределах 16-17%.

Интенсивность разложения стерни учитывали методом «аппликаций», по степени разложения хлопчатобумажной ткани. Результаты исследований показали: степень разложения на варианте с **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** оказалась значительно выше, чем на вариантах-конкурентах. Спустя 15 дней после обработки она составила 4,2%, тогда как на вариантах конкурентов не превышала 2,6%: отличный показатель для этого срока

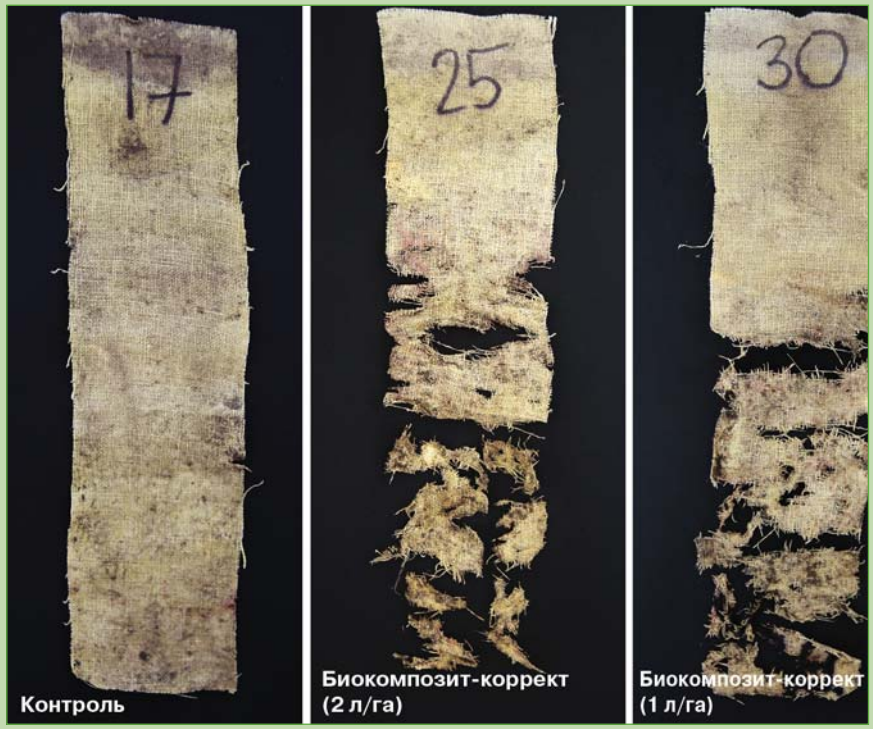


Рис. 1. Опыт по разложению льняных полотен с применением деструктора Биокомпозит-коррект

и условий! Ананлогичное исследование было проведено на льняных полотнах (рис. 1).

А в Краснодарском крае специалисты «Щёлково Агрохим» закладывали масштабные опыты на базе ООО «Айрин». Они изучали различные аспекты действия **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ**, в том числе его способность подавлять в течение сезона вредную микрофлору почвы, восстанавливать её биоту и повышать плодородие. Результаты опытов показали: эффективность **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** намного выше, чем другого деструктора, в состав которого входит несколько разных микроорганизмов. На «щёлковском» варианте содержание в почве патогенной микрофлоры – грибов рода *Fusarium spp.*, *Alternarium spp.*, *Cladosporium spp.* – оказалось ниже, чем на варианте предприятия. И наоборот, содержание грибов рода *Trichoderma spp.* и *Penicillium spp.* относительно препарата-конкурента возросло в разы. Выводы очевидны: применение препарата **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** оказывает на почву комплексное воздействие. Причём он справляется со своей задачей лучше других аналогичных продуктов!

Следуем инструкциям

А теперь о том, как правильно использовать **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** в роли деструктора пожнивных остатков. Обработку стерни и растительных остатков необходимо проводить в конце лета или осенью, после уборки урожая. При этом не рекомендуется применять **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ**, если в регионе установилась продолжительная почвенная и воздушная засуха, а также при среднесуточной температуре воздуха ниже +8 °С и выше +40 °С. В подобных условиях деструктивные свойства любых препаратов такого рода резко снижаются.

Важный нюанс: **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** необходимо заделывать вместе с растительными остатками на глубину 5-10 см, создавая тем самым оптимальные условия для аэрации. Чтобы стимулировать процессы разложения стерни и растительных остатков, рекомендуется добавить аммиачную селитру или карбамид (5-20 кг/га в действующем веществе). Минимальная норма азота рекомендуется для обработки соломы зерновых культур, максимальная – для обработки послеуборочных остатков подсолнечника.

О препарате рассказывает руководитель департамента развития «Щёлково Агрохим», к. х. н. Александр Петровский:

– Благодаря своим свойствам, доказанной эффективности и безопасности в отношении окружающей среды микробиологический препарат **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** стал частью инновационной системы ЭКОПЛЮС. Речь идёт о ноу-хау компании «Щёлково Агрохим». Она сочетает актуальные агрохимические и биологические приёмы, позволяющие не только реализовывать генетический потенциал современных сортов и гибридов, но и улучшать состояние почв.

Препарат один, а функций много

Ранее мы говорили о том, что **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** является многофункциональным препаратом. Так что его можно использовать не только в качестве деструктора пожнивных остатков, но и как биологический протравитель семян, особенно в сочетании с химическими фунгицидными протравителями, и стимулятор роста. Дело в том, что некоторые штаммы, входящие в состав препарата, угнетают возбудителей корневых гнилей зерновых культур. Кроме того, они синтезируют фитогормоны и другие ростостимулирующие метаболиты, а также вещества, повышающие устойчивость растений к стрессовым факторам.

БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ совместим со всеми химическими протравителями «Щёлково Агрохим». Их применение повышает и про-

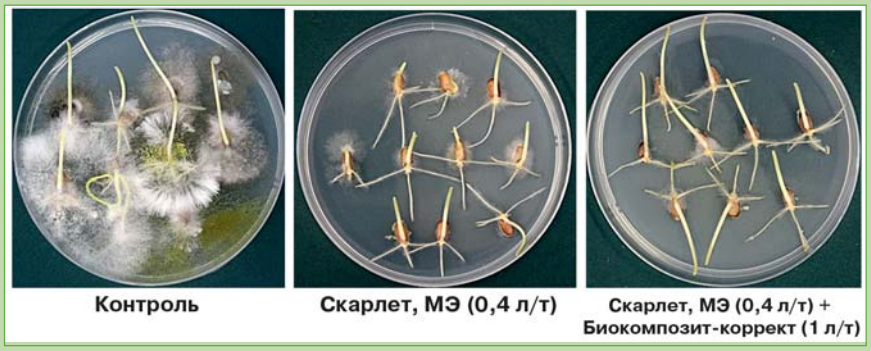


Рис. 2. Влияние обработки семян яровой пшеницы препаратами Скарлет, МЭ и Биокомпозит-коррект на фитосанитарные показатели. Биологическая лаборатория АО «Щёлково Агрохим».

Предпосевная обработка почвы микробиологическим препаратом Биокомпозит-коррект

лонгирует защитный эффект против корневых гнилей, а также улучшает общее состояние посевов. А в случае с озимыми культурами за счёт хорошо развитой корневой системы повышается зимостойкость растений. Всё это подтверждают опыты, заложенные в различных уголках страны. В том числе в Курганской области, где **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** использовали в связке с протравителем **СКАРЛЕТ, МЭ**.

Сразу же перейдём к результатам испытаний. Как и следовало ожидать, на контроле заражённость посевного материала возбудителями корневых гнилей находилась на высоте. В цифрах ситуация выглядела так: грибы рода *Fusarium* – 5,1%, *Alternaria* – 10,8%, *Bipolaris* – 14,6%. Ситуация на варианте с применением одного лишь химического протравителя оказалась значительно лучше (заражённость составила 4,9, 2,5 и 0,4% соответственно). Но лидером стал вариант с **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** и **СКАРЛЕТ, МЭ**: *Bipolaris* – 2,1%, *Alternaria* – 0,5%. Что касается грибов рода *Fusarium*, их на этом варианте обнаружено не было. Похожие результаты были получены в условиях биолаборатории (рис. 2).

Как показывает практика, использование **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** при обработке семян необходимо, если в севообороте преобладает монокультура, на поле находится большое количество пожнивных остатков, а риски заражения корневыми гнилями очень высоки.

...Не за горами осень: время, когда **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** используют для более эффективного разложения пожнивных остатков и предпосевной обработки семян. Однако препарат можно применять и весной. В том числе при подготовке почвы к севу зерновых, пропашных и технических культур. В этом случае внесение **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** подавляет численность почвенных фитопатогенов, повышает плодородие, улучшает доступность элементов питания.

Эффективность приёма изучали в условиях Курганской области. На опытном участке, где должен был проводиться сев яровой пшеницы, лежала неразложившаяся стерня: она осталась после уборки урожая предыдущего сезона. **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** внесли за несколько дней до посевной кампании.

В фазах кущения и молочно-восковой спелости был проведён учёт распространения и развития корневых гнилей. Выяснилось, что предпосевная обработка почвы и стерни существенно улучшила фитосанитарное состояние посевов. Внесение препарата препятствовало развитию корневой гнили пшеницы и септориозно-пиренофорозной пятнистости листьев. В итоге это обеспечило прибавку урожая до 2 ц/га.

Ещё один способ применения **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** – листовая обработка. Его используют при опрыскивании вегетирующих посевов совместно с пестицидами или агрохимикатами. Данный приём повышает иммунитет растений и усиливает фунгицидный эффект.

Большие надежды

О реальном опыте применения **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** рассказывает Рафаэль Багдасарян из КФХ «Карина» (Краснодарский край):

– В нашем хозяйстве **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** показал отличные результаты при весеннем внесении. Мы закладывали опыты: поделили поле на две части, на одной из которых использовали этот препарат, а другую оставили без обработки. В остальном – в схемах питания и защиты – технология была идентичной. То есть мы придерживались принципа единственного различия. Мониторинг вегетирующих посевов показал: растения на опытном участке отличались лучшим развитием, более насыщенным цветом и, что очень показательно, меньше поражались болезнями. Мы пришли к выводу, что препарат **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** действительно обладает не только ростостимулирующими, но и фунгицидными свойствами. А в конце прошлого года заложили опыт, в котором использовали его в качестве деструктора пожнивных остатков. О результатах говорить рано: эти исследования должны быть растянуты во времени и продолжаться не менее трёх лет. Дело в том, что мы находимся в северной, засушливой зоне Краснодарского края. Осадков здесь выпадает мало, и далеко не все микробиологические препараты действуют так, как хотелось бы. Так что мы возлагаем на **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** большие надежды и очень заинтересованы в положительном результате. И уже через пару лет сможем привести предварительные результаты по его применению в качестве деструктора, – сообщил наш собеседник.

Никто не спорит с тем, что в здоровом теле живёт здоровый дух. Но мы перефразируем крылатое латинское изречение на сельскохозяйственный лад. В здоровой почве – здоровые растения! А здоровые растения – это высокие, качественные урожаи при адекватных, а не чрезмерных финансовых вложениях.

Систематическое использование препарата **БИОКОМПОЗИТ-КОРРЕКТ** – часть эффективной концепции по оздоровлению почв, повышению естественного иммунитета растений, их сопротивляемости к вредным объектам и стрессовым факторам. И дальновидные собственники агробизнеса, которые задумываются не только о сегодняшнем, но и о завтрашнем дне, уже обратили внимание на эту концепцию и внедряют её на своей земле.

Яна ВЛАСОВА

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР
РАЗВИТИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННОЙ НАУКИ И ПРОИЗВОДСТВА

АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР – научно -исследовательская организация, занимающаяся исследованиями в области пестицидов и агрохимикатов. Центр оснащен современным оборудованием, имеет коллектив из специалистов высокой квалификации, располагает опорными пунктами во всех почвенно-климатических зонах РФ.
Организация включена в перечень предприятий, допущенных к государственным регистрационным испытаниям пестицидов и агрохимикатов.

АИЦ
АГРОХИМИЧЕСКИЙ ИННОВАЦИОННЫЙ ЦЕНТР

НАШИ ВОЗМОЖНОСТИ

- ☑ **РАЗРАБОТКА РАБОЧИХ ПРОГРАММ ИССЛЕДОВАНИЙ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ОПЫТОВ ПО ОЦЕНКЕ ЭФФЕКТИВНОСТИ ПРИМЕНЕНИЯ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.**
- ☑ **ПОДГОТОВКА ЭКСПЕРТНЫХ ЗАКЛЮЧЕНИЙ ПО РЕЗУЛЬТАТАМ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ.**
- ☑ **АНАЛИЗ ПРЕПАРАТИВНЫХ ФОРМ.**
- ☑ **ПРОВЕДЕНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИХ ИСПЫТАНИЙ ПЕСТИЦИДОВ И АГРОХИМИКАТОВ.**
- ☑ **ОПРЕДЕЛЕНИЕ ОСТАТОЧНЫХ КОЛИЧЕСТВ ПЕСТИЦИДОВ В РАСТЕНИЯХ И УРОЖАЕ.**
- ☑ **ВЫПУСК СТАНДАРТНЫХ ОБРАЗЦОВ ПЕСТИЦИДОВ.**

+7 (495) 610–71–45 МОСКВА, КОСТЯКОВА 12 INFO@ANO-AIC.RU

С нами расти легче.
С нами растет настроение дачников

Компания «Август» является крупнейшим российским производителем продукции для защиты приусадебных участков. Для дачников она производит широчайший ассортимент препаратов от вредителей, болезней, сорняков, регуляторов роста, препаратов бытовой химии «Мир без вредителей».

Эта продукция представлена в России, Беларуси и Казахстане. Она доступна в крупных сетевых магазинах «ОБИ», «Леруа Мерлен», «Ашан», «Максидом», «Globus» и др.

Более 140
наименований препаратов

Более 45 млн
единиц продукции приобретено покупателями в 2019 г.

Каждый третий
россиянин в 2019 г. купил флакон, пакет или ампулу с логотипом компании

С нами расти легче. С нами растет страна.
avgust 30 лет

avgust.com

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2020. № 6.1 - 48. Индекс 70329.