2.2018

ISSN 0044-3913

ЗЕМЛЕДЕЛИЕ

Гейзер, ККР

300 Г/Л БЕНТАЗОНА + 45 Г/Л ХИЗАЛОФОП-П-ЭТИЛА

ЛУЧШИЙ ГЕРБИЦИД НА СОЕ!

РЕКЛАМА

СИЛЬНЕЕ, ЧИЩЕ, УРОЖАЙНЕЕ!

ПОСЛЕВСХОДОВЫЙ ГЕРБИЦИД ДЛЯ БОРЬБЫ СО ЗЛАКОВЫМИ И ДВУДОЛЬНЫМИ СОРНЯКАМИ В ПОСЕВАХ СОИ

ЩЕЛКОВО АГРОХИМ
российский аргумент защиты

www. betaren.ru

Двойная надежность в борьбе с сорняками на кукурузе

Эгида®

мезотрион, 480 г/л

Дублон®

никосульфурон, 40 г/л

Смесь гербицидов для защиты кукурузы от однолетних и многолетних злаковых и двудольных сорняков. Обладает усиленным эффектом по сравнению с отдельным применением каждого компонента смеси. Высокоэффективна против злаковых, включая просо куриное, и двудольных сорняков, в том числе осотов, вьюнка, мари, амброзии, щирицы, паслена и др. Быстро останавливает рост сорных растений. Благодаря наличию почвенного действия сдерживает последующие «волны» сорняков. Может применяться до фазы 6 листьев культуры.

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust
crop protection

2.2018 ФЕВРАЛЬ-МАРТ

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

Р.Ф. Байбеков. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия 3

R.F. Baibekov. Nature-Like Technologies Is the Basis for Sustainable Development of Agriculture

А.Г. Ладухин. Минеральное питание сельскохозяйственных культур в системе природного круговорота веществ 7

A.G. Ladukhin. Mineral Nutrition of Crops in the System of the Natural Cycle of Matter

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

Д.В. Дубовик, О.Г. Чуян. Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий 9

D.V. Dubovik, O.G. Chuyan. Quality of Crops Depending on Agronomical Practices and Climatic Conditions

В.И. Усенко, С.В. Усенко. Водный режим выщелоченного чернозема в зависимости от предшественника и приема основной обработки 14

V.I. Usenko, S.V. Usenko. Water Regime of Leached Chernozem Depending on Forecrops and Tillage Methods

В.Г. Кутилкин, С.Н. Зудилин. Влияние основных элементов системы земледелия на эффективность использования солнечной энергии и влаги посевами озимой пшеницы 19

V.G. Kutilkin, S.N. Zudilin. Influence of Main Elements of Agriculture System on the Efficiency of Utilization of Solar Energy and Moisture by Winter Wheat Crops

ПЛОДОРОДИЕ / FERTILITY

А.В. Нефедов, А.В. Ильинский, А.Е. Морозов. Изменение свойств осушенных торфяно-подзолисто-глеевых почв при длительном использовании 23

A.V. Nefedov, A.V. Ilinskiy, A.E. Morozov. Change in the Properties of Drained Peaty-Podzolic-Gley Soils during Prolonged Use

А.И. Петелько, А.Т. Барабанов. Влияние контурных стокорегулирующих лесных полос из дуба на эрозионно-гидрологические показатели на Среднерусской возвышенности 26

A.I. Petelko, A.T. Barabanov. Influence of Contour Flow Regulating Oak Forest Belts on Erosion and Hydrological Indicators at the Central Russian Upland

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:
С.А. Балюк, академик НААН Украины, доктор сельскохозяйственных наук
А.Н. Власенко, академик РАН и НА Монголии, доктор сельскохозяйственных 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. Коломейченко, член-корреспондент РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В.В. Кулинцев, доктор сельскохозяйственных наук
В.В. Лапа, академик НАН Беларуси, доктор сельскохозяйственных наук
М.А. Мазиров, доктор биологических наук
А.С. Сапаров, академик АСХН Республики Казахстан, доктор сельскохозяйственных наук
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, Моспочтампт, 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 12.02.18
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”. 2018.

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 и лесному хозяйству, а также биологическим наукам).

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

С.В. Пугаев. Агроэкологические особенности содержания и миграции тяжелых металлов в почве лесополосы и защищаемого поля 30
S.V. Pugaev. Agroecological Features of the Content and Migration of Heavy Metals in the Soil of Forest Belts and Protected Fields

М.А. Мазиров, Н.С. Матюк, В.Д. Полин, Н.В. Малахов. Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы 33
M.A. Mazirov, N.S. Matyuk, V.D. Polin, N.V. Malakhov. Systems and Fertilizers on Fertility of Sod-Podzolic Soil

ПОЛЕВОДСТВО И ЛУГОВОДСТВО **FIELD CROPS**

Ю.Н. Анкудович. Эффективность длительного систематического внесения удобрений в зернопаротравяном севообороте на дерново-подзолистых почвах севера Томской области 37
Y.N. Ankudovich. Effectiveness of Long-Term Systematic Fertilization for Grain-Fallow-Grass Crop Rotation in Sod-Podzolic Soils in the North of Tomsk Region

А.А. Гаркуша, П.Н. Назаренко, Д.В. Пургин, В.И. Кравченко. Влияние насыщения севооборотов масличным подсолнечником на развитие и распространение болезней культуры в Кулундинской степи 41
A.A. Garkusha, P.N. Nazarenko, D.V. Purgin, V.I. Kravchenko. Influence of Saturation of Crop Rotations with Oil Sunflower on the Development and Spread of Diseases in the Kulunda Steppe

Т.А. Волошина. Возделывание агрофитоценоза озимой ржи и вики мохнатой при двуукосном использовании на зеленую массу и зерно 45
T.A. Voloshina. Cultivation of an Agrophytocenosis of *Secale cereale* L. and *Vicia villosa* Roth. at Double Cutting for Green Mass and Grain

Уважаемые читатели!

В 2018 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 на 2018 г. принимаются по электронной почте jurzemledelie@yandex.ru

В связи с ростом численности населения Земли, повышением жизненного уровня и сокращением площади сельскохозяйственных угодий, никто не может оспорить необходимость наращивания производства сельскохозяйственной продукции и сырья. Главный вопрос, вокруг которого разворачиваются дискуссии – методы достижения этой цели.

В мировой земледельческой практике существуют разные технологии, адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям, одна из них – технология прямого посева. Прекращение механической обработки почвы вызывает включение в работу природоподобных почвообразовательных процессов и создание благоприятных условий для роста и развития растений, мезо- и микрофауны. С точки зрения экономического эффекта прямой посев позволяет существенно экономить производственные (горюче-смазочные материалы, техника, орудия) и людские ресурсы.

Существуют разные точки зрения деятелей науки и товаропроизводителей на внедрение технологии прямого посева. Кто-то поддерживает и верит в ее будущее, а кто-то считает, что она не подходит для наших условий. Именно поэтому редакция журнала «Земледелие» приглашает всех заинтересованных лиц высказать свое мнение по вопросам распространения в России природоподобных адаптивно-ландшафтных технологий в рамках специализированой рубрики, которую мы открываем на страницах журнала.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10201
УДК 631.5

Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия

Р.Ф. БАЙБЕКОВ,
член-корреспондент РАН,
первый заместитель генерального директора
(e-mail: rbaibekov@bk.ru)
Всероссийский научно-исследовательский институт химических средств защиты растений,
ул. Угрешская, 31, Москва, 115088,
Российская Федерация

В статье обсуждены вопросы экологизации аграрного производства на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Дана краткая характеристика состояния пахотных земель и указаны причины деградации почвы, основная из которых – несоответствие существующих технологий законам и экологическим принципам естественного формирования почвы. Особой критике подвергается отвальная обработка почвы, при проведении которой плуг разрушает ее естественное сложение, меняет верхний и нижний слой местами, из-за этого угнетается почвенная фауна, нарушается структура и водопрочность агрегатов. Перепаханная почва быстрее высыхает, подвергается эрозии, уменьшается содержание органического вещества. Антропогенное воздействие на почву необходимо рассматривать как отдельный фактор почвообразования в связи с чем существует потребность в фундаментальных исследованиях по определению средоразрушающих и средосохраняющих воздействий различных систем земледелия на почву и окружающую среду в целом. В мировой земледельческой практике существуют разные технологии, адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям. Одна из них – природоподобная технология прямого посева. Ее основополагающие принципы – отсутствие механической обработки почвы, сохранение растительных остатков и увеличение фотосинтетического периода путем использования промежуточных и бинарных посевов. Эта технология – часть научно-обоснованной системы земледелия. Анализ результатов краткосрочных научных опытов по внедрению технологии прямого посева в разных почвенно-климатических зонах страны, а также данные о урожайности, себестоимости и рентабельности при ее использовании в производственных условиях показывают, что применение природоподобной технологии имеет большую перспективу, как с точки зрения сохранения плодородия почвы, так и в плане конструирования экономически и экологически сбалансированных агроландшафтов.

Ключевые слова: *природоподобные технологии, прямой посев, деградация, кислотность почвы, эрозия, экономическая оценка, антропогенное воздействие, агроландшафты, плодородие почвы, адаптивно-ландшафтная система земледелия.*

Для цитирования: *Байбеков Р.Ф. Природоподобные технологии основа стабильного развития земледелия // Земледелие. 2018. № 2. С. 3-6.*

В современном понимании сельское хозяйство трактуется как агропромышленный комплекс, объединяющий несколько отраслей экономики, направленных на производство и переработку сельскохозяйственного сырья с получением из него продукции, доводимой до конечного потребителя. Перед отраслью поставлена задача, предусматривающая производство большего количества биологической массы, иными словами материя должна давать максимальный объем продукции. Биологический мир служит средством достижения указанной цели. На первый взгляд все логично, так как потребности человечества постоянно растут. По прогнозам к 2050 г. население Земли увеличится на 2 млрд и достигнет 9 млрд человек, в то же время площадь сельскохозяйственных угодий ограничена. Если в 1970 г. в расчете на одного человека она составляла 0,4 га, в 2005 г. – 0,25 га, то к 2050 г. величина этого показателя сократится до 0,17 га [1]. Это означает необходимость постоянного повышения урожайности сельскохозяйственных культур, надоев молока, производства мяса и другой продукции. По данным ФАО ООН, к 2050 г. производство продовольственных продуктов должно вырасти на 65-70 % [1].

Главный вопрос, вокруг которого идут дискуссии во всем мире, – методы достижения такой цели. Можно, конечно, продолжать получать необходимые результаты путем хищнического отношения к природе, то есть за счет не возобновляемых ресурсов и энергии, но такой подход вряд ли имеет будущее. С точки зрения земледелия современная модель природопользования должна обеспечивать, наряду с производством продукции сельскохозяйственных культур, повышение плодородия почв и сохранение их экологических функции в биосфере. Экологизация земледелия возможна на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия, которые опираются на имеющийся ресурсный потенциал экологических систем (климат, почва, пресная вода и др.) и интеллектуальные способности человека. На протяжении многих десятилетий ученые, политики и производственники пытаются трансформировать существующие системы земледелия, чтобы не сбылись прогнозы 60-х гг. XX столетия о грядущем голоде в мире.

Основоположник научного почвоведения В.В. Докучаев рассматривал почву как естественно-историческую биокосную систему, возникшую в результате взаимодействия климата, растительности, рельефа, почвообразующей породы. Однако антропогенное воздействие давно стало повсеместным (особенно после появления плуга) и его следует рассматривать как отдельный фактор почвообразования, поэтому необходимо равноправное изучение

естественных и антропогенных факторов почвообразования. Агропедогенез – сложный, складывающийся из изменений как подвижных (мобильных), так и стабильных (фундаментальных) свойств почв, определяющих вектор направленности агроэкологического состояния, эволюции агрогенных почв и их потенциального плодородия на перспективу [2]. Поэтому требуются фундаментальные исследования по определению средоразрушающих и средосохраняющих воздействии различных систем земледелия на почву и окружающую среду в целом. Теоретической основой оптимизации свойств и режимов почв служат такие законы земледелия, как закон незаменимости факторов жизни растений, закон минимума, оптимума и максимума, закон соответствия культуры среде произрастания, закон возврата. Кроме них существует ряд принципов, которыми должно руководствоваться научное земледелие – севооборот, плодосмен, выращивание промежуточных (сидеральных) культур и многолетних трав, бинарные посевы, подавление сорных растении, защита от вредителей и болезней и др., которые направлены на оптимизацию свойств почв и условий развития культурных растений. По классификации В.И. Кирюшина [3] агротехнологии бывают экстенсивные, нормальные, интенсивные и высокоинтенсивные. При экстенсивных технологиях, в соответствии с которыми в нашей стране используют около 50 % пахотных земель, выращивание сельскохозяйственных культур основано главным образом на естественном плодородии почв, что в итоге приводит их к деградации.

В развитых странах, а также в некоторых регионах России, широко применяют интенсивные технологии. Их основоположником считают отца «зеленой революции» Нормана Борлауга. Благодаря сочетанию науки и техники с практическим сельским хозяйством ему удалось за короткий период увеличить урожайность зерновых культур в 2,5-3 раза. Эти результаты были достигнуты благодаря успешной селекционной работе, применению минеральных удобрений, химических средств защиты и мощных сельскохозяйственных машин и орудий. Однако для реализации таких технологий необходимо огромное количество не возобновляемых природных ресурсов, за что в конце 70-х гг. XX века основоположник «зеленой революции» подвергался критике. Со многими замечаниями он соглашался и говорил, что «зеленая революция принесла временный успех в войне против голода, она дала человеку перевести дух» [1]. В связи с увеличением урожайности сельскохозяйственных культур и потреблением огромных ресурсов резко возросла нагрузка на окружающую среду. По подсчетам экспертов на сельское хозяйство вместе со смежными отраслями промышленности приходится 25-30 % мировых выбросов парниковых газов, что приводит к изменению климата. Повлияло антропогенное воздействие и на плодородие почв. Если оценить современное состояние почв в нашей стране, то они в основном деградированы. В России сосредоточено 50 % мировых площадей черноземных почв, однако по данным ФАО и Росстата, среди ведущих производителей зерна наша страна занимает последнее место по урожайности (рис. 1).

Деградация – это устойчивое ухудшение основных свойств почвы, потеря производительных и экологических функций. Основная ее причина – несоответствие существующих технологий законам и экологическим принципам естественного формирования почвы. На сегодняшний день в земледельческой практике подавляющее большинство агротехнологий предусматривает обязательное использование механической обработки почвы (вспашка, безотвальная обработка, дискование, культивация и др.). Особенно резкой критике подвергается вспашка, при которой плуг меняет верхний и нижний слой местами, из-за чего происходит угнетение всей почвенной фауны, нарушается структура и водопрочность агрегатов. Перепаханная почва быстрее высыхает, подвергается эрозии, уменьшается содержание органического вещества. Усугубляет отвальная обработка и проблему сорной растительности. Если сорняки успевают обсемениться, то при перемешивании почвы весь пахотный слой насыщается их семенами. Те из них, которые остались в верхних слоях взойдут, а другие «затаятся» в ожидании того времени, когда окажутся наверху.

Переход в 90-е годы на рыночную экономику, отсутствие эффективной государственной политики, диспаритет цен, вынужденный переход сельскохозяйственных производителей в основном на экстенсивные системы земледелия (не соблюдение севооборотов, преобладание монокультур, минимальное применение удобрений и средств защиты, отсутствие химической мелиорации) усилил деградационные процессы. Как было отмечено, при экстенсивной технологии основная часть урожая формируется за счет потенциального плодородия почв. По данным Министерства сельского хозяйства РФ за последние три года вынос питательных веществ из почвы с урожаем составил 38,9 млн т, тогда как внесли всего 15,8 млн т. При этом в России производят около 22 млн т д. в. минеральных удобрении, а используют около 3,3 млн т. Понимая важность удобрений, в развитые страны их вносят по 150-250 кг д.в. на 1 га пахотных земель, а в России – всего 37 кг д.в.

Еще одна из серьезнейших проблем – ежегодное увеличение площади кислых почв [4, 5]. По нашим расчетам (табл. 1), из-за крайне низких масштабов известкования (в среднем 350 тыс. га ежегодно, что составляет 5-7 % от оптимальной потребности) к 2020 г. она увеличится в 1,5-1,6 раза и достигнет 58,4 млн га, причем площадь пахотных почв с pH – 5,0 и менее, которые нуждаются в первоочередном известковании, возрастет более чем в 2,5 раза.

Не менее важные причины снижения плодородия почв – водная и ветровая эрозия [6, 7]. За один ливень в зависимости от крутизны склона с 1 га вспаханной почвы смывается от 10 до 50 т плодородного верхнего слоя, основную часть которого составляют илистые и коллоидные частицы, что приводит к снижению плодородия на 30-60 % [3]. По данным Росстата за 2016 г., вследствие распашки в земледельческой зоне появилось 70-80 % оврагов и

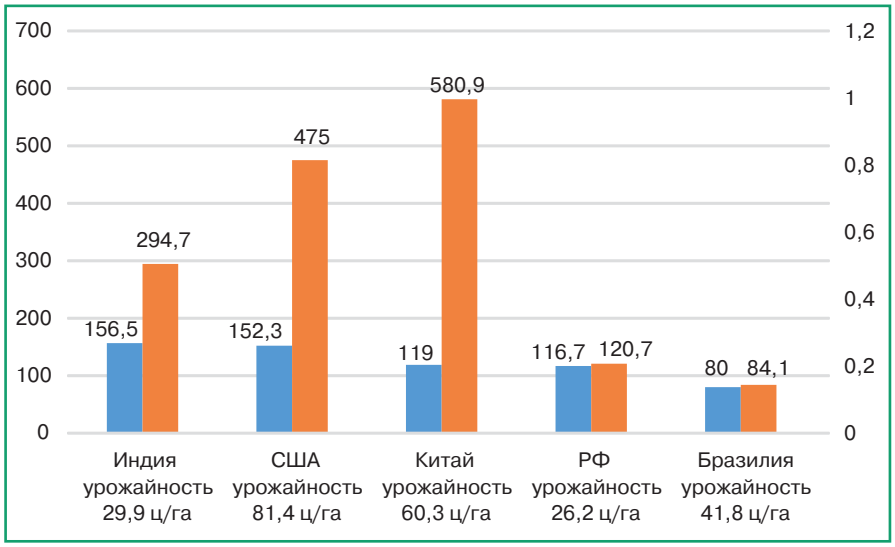


Рис. 1. *Земельные ресурсы и валовый сбор зерна в ряде стран мира и Российской Федерации в 2016 г. (по данным ФАО и Росстата): ■ – площадь пашни, млн га; ■ – производство зерна, млн тонн.*

1. Прогноз динамики кислотности пахотных почв в зоне известкования Российской Федерации

Интервал pH почвы	2003 г. (исходный)		2010 г.		2020 г.	
	млн га	%	млн га	%	млн га	%
5,6-6,0	24,0	40,9	7,2	12,3	2,9	4,9
5,1-5,5	22,3	38,2	29,9	51,2	23,5	40,2
4,6-5,0	9,4	16,2	17,0	29,2	24,7	42,3
4,5 и менее	2,7	4,6	4,3	7,3	7,3	12,6
Всего	58,4	100	58,4	100	58,4	100
В том числе:						
pH=5,5 и менее	34,8	59,2	51,2	87,7	55,5	95,1
pH=5,0 и менее	12,3	20,9	21,3	36,4	32,0	54,8

балок, а площадь под ними ежегодно увеличивается на 80-90 тыс. га. Из-за эрозии заиливаются, заболачиваются и исчезают реки, вследствие чего нарушается водный режим. Кроме того, продукты эрозионного разрушения почв, а с ними вместе агрохимикаты, биогены, тяжелые металлы, в том числе радионуклиды, поступая в реки, ухудшают качество речной воды. В России подвержены эрозии в различной степени 35 млн га пашни. По мнению Г.В. Добровольского и соавт. «…пренебрегая реальной охраной и восстановлением почв, государство и человечество в целом рискуют остаться без почвы под ногами, что будет означать неуклонное угасание сложноорганизованной жизни на Земле» [8].

Проблемы экологии тесно переплетаются с вопросами экономики. При существующих традиционных технологиях (вспашка и другие мероприятия по подготовке почвы к посеву) горюче-смазочных материалов требуется в 2,0-2,5 раза больше, чем при использовании природоподобных технологий, на амортизацию и текущий ремонт – в 2,3 раза, оплату труда – в 2,5 раза. В структуре энергозатрат наибольшая доля приходится на дизельное топливо 30 %, бензин – 10-15 %, природный газ – 20 %, электроэнергию – 10 %. То есть основное потребление энергии осуществляется за счет первичных не возобновляемых источников. Положение в сельском хозяйстве непрерывно усложняется ростом тарифов и цен на топливно-энергетические ресурсы [9].

С каждым годом сельский труд становится менее престижным и рентабельным, страна теряет целые деревни. Неоспоримый факт заключается и в том, что за изменение климата, деградацию почвы, загрязнение водоемов и рек во многом ответственны существующие агротехнологии. Все перечисленные негативные явления подтверждают, что сельское хозяйство использует устаревшие технологии и нуждается в революции эффективности на основе природоподобных адаптивно-ландшафтных систем земледелия. Видеть будущее в простом продолжении настоящего ошибочно.

В мировой земледельческой практике существуют разные технологии, адаптированные к конкретным почвенно-климатическим условиям. Одна из них – технология прямого посева. В последние 40-50 лет она широко распространяется во многих странах мира, и на сегодняшний день с ее использованием возделывают сельскохозяйственные культуры на площади более 200 млн га. Главные преимущества технологии прямого посева – почвоулучшающее и средосохраняющее воздействие на почву, а также высокий экономический эффект. Ее основополагающие принципы – отсутствие механической обработки и сохранение растительных остатков на поверхности. Такая природоподобная технология открывает возможности для увеличения КПД солнечной энергии и продления фотосинтетического периода путем использования промежуточных и бинарных посевов, что служит важным фактором в улучшении окружающей среды. Прекращение механической обработки почвы и создание мульчирующего слоя обусловливают включение в работу природных почвообразовательных процессов и создание благоприятных условий для роста и развития растении, мезо- и микрофауны почвы. Традиционная технология, предусматривающая вспашку и другие механические приемы воздействия на почву, приводит к «сгоранию» органического вещества, выделению парниковых газов в атмосферу. Прямой посев способствует пополнению органического вещества в верхнем слое почвы в виде растительных остатков основных, сидеральных и промежуточных культур в севообороте, выполняющих функции энерго- и влагосбережения в системе.

Необходимо отметить, что технология прямого посева – это часть научно-обоснованной системы земледелия, которая включает агроэкологическую оценку земель на основе ГИС, наличие севооборотов с обязательным включением трав, сидеральных и промежуточных культур, разработку и освоение систем применения удобрении и средств защиты, использование навигационных систем и бортовых компьютеров, равномерное распределение растительных остатков, посев специальными сеялками. Анализ собранной информации о мировой практике показывает, что для успешного освоения таких современных технологии необходимы определенные условия: политическая и финансовая поддержка государства, проведение научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, пропаганда через СМИ, подготовка и переподготовка кадров в образовательных учреждениях, выпуск специализированной техники. В нашей стране технология прямого посева пока не нашла широкого распространения и применяется на сравнительно небольшой площади ограниченным количеством хозяйств. Основные факторы сдерживающие ее масштабное освоение – отсутствие научно-методических рекомендаций, рекламы, консерватизм, относительно низкие цены на горюче-смазочные материалы, а также негативное отношение многих представителей науки [10].

Для получения достоверных сведений об эффективности любой технологии необходимы длительные экспериментальные исследования. В ряде научных учреждений ФАНО и сельскохозяйственных вузов заложены опыты по изучению возможностей применения технологий прямого посева в разных почвенно-климатических зонах страны. Например, в опытах на черноземах выщелоченных лесостепи Западной Сибири, которые с 2007 г. ведутся в Сибирском НИИ земледелия и химизации под руководством академиков РАН А.Н. Власенко и Н.Г. Власенко, урожайность яровой пшеницы по технологии прямого посева находится на одном уровне или несколько выше, чем при выращивании культуры по

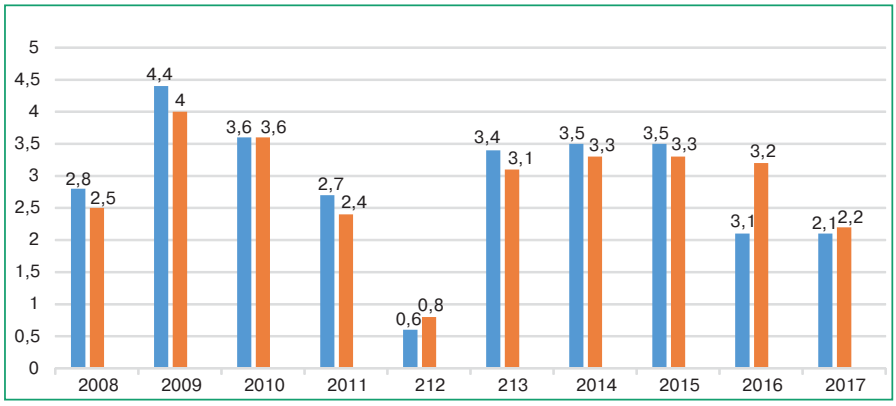


Рис. 2. Урожайность зерна пшеницы на фоне комплексного применения средств химизации в зависимости от технологии возделывания, т/га: ■ – No-till; ■ – традиционная технология.

2. Урожайность озимой пшеницы по вариантам полевого опыта ЦТЗ, т/га

Обработка почвы	Годы								
	2009	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017
Традиционная технология	4,23	4,63	3,70	6,31	6,12	2,75	6,74	5,00	5,39
Технология прямого посева	5,09	4,11	3,55	6,15	5,87	4,59	6,73	5,52	5,09
$НСР_{05}$,т/га	0,14	0,19	1,00	0,64	0,31	1,42	0,11	0,39	0,15

традиционной технологии на основе глубокого рыхления (рис. 2).

Кроме того, начиная со второй ротации севооборота количество нитратного азота в метровом слое почвы при прямом посеве выше, что, вероятно, связано с высокой микробиологической активностью [11]. Показатели урожайности, накопления растительных остатков на поверхности (мульчи), изменения агрохимических и агрофизических свойств почвы, полученные за 10 лет исследований, свидетельствуют о том, что технология прямого посева более предпочтительна.

С 2008 г. изучением эффективности прямого посева на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах занимаются на полевой опытной станции РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева. Урожайность озимой пшеницы по технологии прямого посева в этих опытах также не ниже, чем при традиционной (табл. 2) [12].

С целью полномасштабного изучения возможности распространения этой технологии в разных почвенно-климатических зонах на основе адаптивно-ландшафтных систем земледелия аналогичные работы ведутся в Донском ГАУ (профессор Н.А. Зеленский), Почвенном институте им. В.В. Докучаева (академик РАН В.И. Кирюшин), Ставропольском НИИ сельского хозяйства (профессор В.К. Дригидер), ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии (доктор сельскохозяйственных наук И.Г. Пыхтин) и др. К сожалению, в нашей стране до сих пор отсутствует государственное задание научным учреждениям по объективной оценке экономических и экологических последствий прямого посева, ученые проводят такие исследования в основном по собственной инициативе. Изучив опыт других стран, товаропроизводители первыми начали осваивать технологию прямого посева на своих предприятиях. Она находит все большее распространение в засушливых регионах страны (Ростовская, Волгоградская, Самарская, Оренбургская, Курганская области, Ставропольский и Алтайский края и др.). По данным Г.Р. Дорожко и соавт. [13], в Ставрополье внедрение технологии прямого посева в производственных условиях на площади около 30000 га за 10 лет позволило увеличить урожайность озимой пшеницы на 0,33 т/га, уменьшить себестоимость 1 т зерна на 681 руб., повысить уровень рентабельности его производства на 28 %, по сравнению с традиционной технологией. Большинство сельскохозяйственных товаропроизводителей, осваивающих технологию прямого посева, указывают на отставание научных исследований в этом направлении. В то же время данные полученные на основании краткосрочных научных опытов и в условиях производства свидетельствует, что применение технологии прямого посева имеет большие перспективы, как с точки зрения сохранения плодородия, так и в плане конструирования экономически и экологически сбалансированных агроландшафтов.

Литература.

1. Фюкс Р. Зеленая революция. М. Альпина нон-фикшн, 2016. 328 с.
2. Байбеков Р.Ф.. Агроэкологическое состояние почв при длительном применении удобрении. М.: ЦИНАО, 2003.192 с.
3. Кирюшин В.И. Экологические основы проектирования сельскохозяйственных ландшафтов. Санкт-Петербург: Изд-во Квадро, 2018. 566 с.
4. Чекмарев П.А., Купреев Е.М., Ермаков А.А.К проблеме кислотности почв Нечерноземной зоны Российской Федерации // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т.31. №7. С. 14-19.
5. Родин Н.А., Иванова Т.Н. Динамика показателей плодородия почв по результатам агрохимического мониторинга // Достижения науки и техники АПК. 2017. № 5. С. 9-12.
6. Габбасова И.М., Савич В.И., Гукалов В.В. Информационно-энергетическая оценка развития эрозии во времени и в пространстве // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2016. № 3 (39). С. 13-19.
7. Экологическая оценка современного ресурсного потенциала черноземных почв Поволжья / И.Ф. Медведев, Н.Г. Левицкая, И.И. Демакина и др. // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 1. С. 14-17.
8. Добровольский Г.В., Никитин Е.Д. Экология почв. М.: Изд-во МГУ, Наука, 2006, 364 с.
9. Дригидер В.К. О методике исследований технологий no-till // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 30–32.
10. Инновационное земледелие – приоритетное направление развития отрасли / Д.И. Файзрахманов, Р.Ф. Байбеков, Е.И. Залтан, Р.Г. Ахметов // Вестник Казанского ГАУ. 2015. Т. 10. № 1. С. 11–14.
11. Власенко А.Н., Власенко Н.Г.. Возможности экологизации технологий в земледелии Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 9. С. 21–24.
12. Беленков А.И., Шевченко В.А., Трофимов Т.А. Научно-практические основы совершенствования обработки почвы в современных адаптивно-ландшафтных системах земледелия. М.: Изд-во РГАУ-МСХА, 2015. 499 с.
13. Дорожко Г.Р., Власова О.И., Шабалдас О.Г. Влияние длительного применения прямого посева на основные агрофизические факторы плодородия почвы и урожайность озимой пшеницы в условиях засушливой зоны // Земледелие. 2017. № 7. С. 7–10.

Nature-Like Technologies Is the Basis for Sustainable Development of Agriculture

R.F. Baibekov
All-Russian Research Institute of Chemical Means of Plant Protection, ul. Ugreshskaya, 31, Moskva, 115088, Russian Federation

Abstract. *The article discusses the issues of ecologization of agrarian production on the basis of adaptive landscape systems of agriculture. A brief description of the state of arable lands is given and causes of soil degradation are indicated. The main cause of degradation is the discrepancy of existing technologies with the laws and ecological principles of natural soil formation. Particular criticism is given to the soil plowing, during which the plow destroys its natural constitution, changes the top and bottom layers in places, because of this, the soil fauna is inhibited, the structure and water resistance of the aggregates are disrupted. The plowed soil quickly dries up, undergoes erosion, the content of organic matter decreases. It is proposed to consider the anthropogenic impact on the soil as a separate factor of soil formation and it is pointed to the need for fundamental research on the determination of the environmentally destructive and environment-preserving effects of various farming systems on soil and the environment as a whole. In the world agricultural practice, there are different technologies that are adapted to specific soil and climatic conditions. One of them is the nature-like technology of direct sowing. The basic principles of direct seeding are the absence of mechanical tillage, the conservation of plant residues and the increase in the photosynthetic period by using intermediate and binary crops. This technology is a part of a scientifically based farming system. The results of short-term scientific experiments on the introduction of direct seeding technology in different soil and climatic zones of the country are analyzed. Data on its yield, cost, and profitability under production conditions are also given. The above results show that the use of nature-like technology has great prospects, both in terms of preserving soil fertility, and designing economically and ecologically balanced agrolandscapes.*

Keywords: *nature-like technologies; direct sowing; degradation; soil acidity; erosion; economic evaluation; anthropogenic impact; agrolandscapes; soil fertility; adaptive landscape system of farming.*

Author Details: *R.F. Baibekov, corresponding member of the RAS, first deputy general director (e-mail: rbaibekov@bk.ru).*

For citation: *Baibekov R.F. Nature-Like Technologies Is the Basis for Sustainable Development of Agriculture. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 3-6 (in Russ.).*

Минеральное питание сельскохозяйственных культур в системе природного круговорота веществ*

Продолжение, начало в №1-2018

Природа и сама стремится к совершенству.
Не мучайте её, а помогайте ей.
В. Фёдоров.

В прошлом номере журнала «Земледелие» была высказана позиция автора о ситуации, при которой регулярное внесение минеральных солей в качестве удобрений не ведет к устойчивому росту почвенного плодородия, вызывает снижение активности почвенной биоты и отрицательные структурные изменения в её составе. Такое положение дел нельзя оценивать как «земледелие». Наиболее подходящими терминами, характеризующими работу на земле, при существующей ситуации, могут быть «землепользование» и «землеэксплуатация». Земледельцем можно называть того, и только того, кто, получив земельный участок у первородного создателя – Природы, облагородил его, развил и улучшил все характеристики, то есть «сделал землю», это и есть «земледелец».

Заниматься растениеводством, особенно овощеводством и цветоводством можно и без земледелия, так как корнеобитаемой средой в этом случае могут быть инертные субстраты и водные растворы. В современных технологиях овощеводства защищенного грунта преобладает гидропоника, при которой о каком-либо земледелии не может быть и речи. Процессами минерального питания растений управляют компьютерные программы. Они дают команды на подготовку питательных составов, контролируют наличие и баланс элементов, следят за концентрацией рабочих растворов. Однако темой нашего интереса в очередной публикации остаётся природный круговорот веществ и земледелие на его основе. Приоритетным направлением в растениеводстве был и всегда будет открытый грунт, так как миллионы гектаров не спрятать в сооружения искусственного климата, и, в свою очередь, качество продукции в защищенном грунте не поднять до того же уровня, что у земледельца в поле.

Организуя минеральное питание сельскохозяйственных культур, мы обязаны следовать законам, по которым Природа творила свой круговорот, и земледелец не имеет права вступать в конфликт с этим круговоротом веществ и энергии. Это аксиома! Однако факты свидетельствуют совершенно о другом, и конфликт земледельца с природой налицо, его последствия – это уменьшение содержания гумуса в почве, снижение активности почвенной биоты, рост площадей кислых и засоленных почв, которые, порой, становятся непригодными для дальнейшей работы на них. Сознательно не пишу «для дальнейшего земледелия», поскольку если почва утратила способность обеспечить растениеводство, земледелия, как такового, и не было.

Рис 1. *Равенство сторон треугольника – необходимое условие природного круговорота.*

Рассмотрим три ведущих, на наш взгляд, звена природного круговорота веществ, их функции в обеспечении здоровья почвы и развитии её потенциала – фотосинтез, гумификацию, минерализацию. Для наглядности представим их в виде равностороннего треугольника (рис. 1).

Такой образ круговорота характеризует равнозначимость всех звеньев, устойчивость и сбалансированность системы, что служит главным условием динамичного роста природного плодородия почвы. Начав движение с любой из сторон такой модели, мы вернемся к ней, пройдя по кругу (треугольнику), поднявшись на некоторую величину в почвенном потенциале.

Разрез на участке в Почвенном заповедника (ФГБУ «Государственный природный заповедник "Белогорье"»), где не возделывали сельскохозяйственные культуры и не проводили никакой механической или другой обработки почвы (VII съезд Общества почвоведов, 15-22 августа 2016 г., Белгород). Плодородный слой – 110 см.

В процессе фотосинтеза (сторона Ф) создается органическое вещество и накапливаются минеральные элементы в растениях-продуцентах, что становится энергетической основой для консументов первого порядка. Далее эстафета круговорота, путем разложения растительных остатков, будет подхвачена бактериями – сторона Г. На этом этапе происходит деструкция органических соединений и формирование органоминеральной матрицы (гумусообразование), которая становится шагом и базовой основой питания очередных продуцентов, после фазы минерализации.

В перспективе, с учетом базовых составляющих и на основе статистических исследований, можно вывести математическую формулу (программу), которая с высокой долей точности позволит учесть все факторы круговорота, выраженные в масштабе сторон треугольника, и в итоге характеризовать уровень плодородия обрабатываемых почв через площадь такого треугольника.

В естественном, без вмешательства человека, круговороте веществ стороны треугольника на каждом цикле прирастают (рис. 2) с интенсивностью, которая зависит, прежде всего, от базовых характеристик почвы и климатических условий (идет формирование гумусового горизонта).

Автотрофы в таком случае остаются на месте своего произрастания и всей своей органической массой включаются в круговорот, становясь питательной основой для сопротрофов (спираль круговорота расширяется).

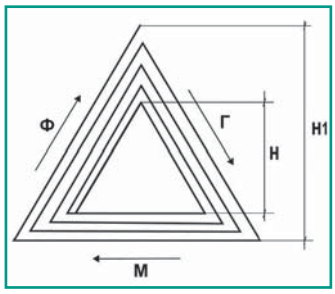


Рис. 2. *Треугольник «растущего» плодородия: Н – начальная высота; Н1 – высота по истечении ряда циклов растущего плодородия; Н1-Н – характеризует величину возросшего плодородия.*

** – публикация носит информационный характер*

Зададимся вопросом, а каким образом поведет себя круговорот в условиях изъятия части биомассы, синтезированной автотрофами, в виде урожая? Первое, что становится очевидным на этом этапе круговорота, мы лишим сапротрофов части питания, особенно если в дополнение пустим по поживным остаткам «красного петуха», как это нередко и происходит. В результате спираль круговорота направится на сжатие, так как гумифицированы будут уже меньшие объемы органического вещества. После этого деструкция не даст такого количества «кирпичиков», которые минерализованными должны лечь в основу очередной конструкции фотосинтезирующих продуктов. На этой основе цикл круговорота завершится с меньшей биомассой автотрофов. Многократное повторение с изъятием урожая поведёт спираль круговорота к ещё большему сжатию (рис. 3).

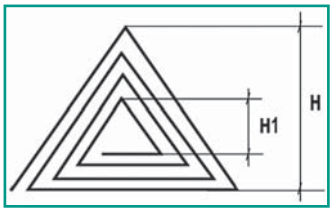


Рис. 3. *Треугольник «понижающего» плодородия: Н – начальная высота; Н1 – высота по истечении ряда циклов падающего плодородия; Н1-Н – величина, характеризующая утраченное плодородия.*

Получая очередной урожай и изымая часть продукции фотосинтеза в виде полезной его составляющей, земледелец обязан позаботиться о сохранении вещества и энергии, обеспечивающих природный круговорот, в интересах будущих урожаев. К восполнению изъятого необходимо подходить творчески и знать законы круговорота веществ. Треугольник, характеризующий динамику почвенного плодородия со знаком «+» или «–» всегда должен быть у земледельца под контролем и ориентирован на плюсовые показатели.

Разрез агрочернозема, сделанный на территории реально действующего сельхозпредприятия – агропромышленный холдинг «БЭЗРК-Белгранкорм», примерно в 500 м от Почвенного заповедника. Последняя культура, убранная с этого поля за два дня до Съезда почвоведов, озимая пшеница. Плодородный слой – 45 см.

Вместе с тем, при потенциально высоком арсенале возможных средств, в практике земледельцы ограничиваются работой с одним звеном – минеральным солями. Исключая органическое вещество из системы минерального питания растений, мы ослабляем цепь круговорота, что приводит к ее разрыву. Это редкий случай, при котором деструкция в общепринятом понимании, становится благом и основой для дальнейших конструктивных фитопроцессов. Так гениально задумано Природой – готовить «кирпичи» для будущей «стройки» из того, что уже есть.

Что будет если исключить топливо для редуцентов и перейти только на использование солей? За ответом можно вновь обратиться к треугольнику. Его сторона, характеризующая гумификацию, начнет сокращаться, одновременно уменьшится и завершающая стадия биодеградации – минерализация. Будет меняться конструкция самого круговорота – равнозначность сторон треугольника окажется нарушенной. Площадь треугольника, характеризующая объем урожая, при таких конструктивных изменениях будет падать (рис. 4). Гумус начнет переходить в «мертвое» состояние и любое его количество в составе почвы не будет играть никакого значения – произойдет его консервация, засоление. Автор этих строк неоднократно был свидетелем такого, казалось бы, «парадокса»: содержание гумуса в почве 6-8 %, минеральные элементы в полном достатке, а семена погибают, не давая всходов. А гибнут они потому, что концентрация солей превышает допустимый уровень и одновременно убита почвенная биота.

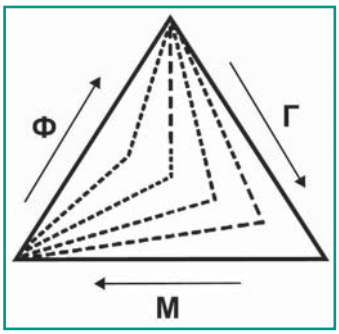


Рис. 4. *Треугольник «деформированного» плодородия: штриховыми линиями представлена меняющаяся геометрия треугольника.*

При условии слияния сторон Г и М со стороной Ф (когда Г+М ≤ Ф) потенциал почвенного плодородия пройдет точку, в нашем случае – линию, невозврата. Треугольник перестанет существовать. Массивы, которым подходит подобная характеристика, автор неоднократно встречал в республиках Средней Азии, в пригороде города Горган провинции Гулистан в Иране, в которых в первом случае выращивали хлопок, а во втором – богатые урожаи овощей. Сегодня на этих, некогда плодородных, почвах нашли себе нишу растения-мутанты. Но даже они, судя по характеру формирующейся корневой системы, извлекают питательные вещества из слоев ниже пахотного горизонта, в котором осуществлял свою хозяйственную деятельность «земледелец». Надежда на восстановление в таких случаях может быть на сидерацию. Однако этот прием хорош в профилактических мерах, но не в случае, когда всходы сидеральных культур получаются изреженными или гибнут, не успевая прорасти.

Для создания эффективно работающего удобрения, которое не навредит существующему природному круговороту веществ, надо хорошо знать принципы его работы. Цель представленной публикации попытаться как можно лучше осознать круговорот веществ в природе, подойти к пониманию того насколько он устойчив во времени и пространстве, развиваясь миллионы лет по строго определенным законам, и одновременно показать насколько он хрупок и беззащитен перед неумелыми действиями людей, изначально идущими в Природу с благой целью – содействовать получению питания и энергии для нас живущих. На наш взгляд, философия минерального питания должна претерпеть изменения, базисом которых должно стать понимание того, что получая продовольствие для живущих на планете людей мы контактируем с живыми организмами на протяжении всего природного круговорота и не имеем права разрушать их дом, построенный задолго до появления человека на планете, где они миллионы лет трудились земледельцами. **Почвенные удобрения в органоминеральном круговороте должны быть только органоминеральными, только они могут нести на себе все необходимые функции развивающегося плодородия.**

P.S.: В завершающей статье, которая готовится в очередной номер журнала «Земледелие», будут представлены технологические приемы управления ростом и развитием сельскохозяйственных культур на основе функциональной диагностики вегетирующих растений с использованием комплексных водорастворимых удобрений, включая микроэлементные комплексы в хелатной форме.

(Окончание следует)

Заместитель директора
ОАО «Буйский химический завод» А.Г. ЛАДУХИН

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10202
УДК 631.5:631.8

Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий

Д.В. ДУБОВИК, доктор сельскохозяйственных наук, врио директора (e-mail: vniizem@mail.ru)
О.Г. ЧУЯН, доктор биологических наук, зав. лабораторией
Всероссийский научно-исследовательский институт земледелия и защиты почв от эрозии, ул. Карла Маркса, 70б, Курск, 305021, Российская Федерация

В длительных исследованиях установлена зависимость качества зерна озимой пшеницы и ярового ячменя, а также корнеплодов сахарной свеклы от уровня увлажнения территории и агротехнических приемов. Самое высокое содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте отмечена при оптимальном (29,1 %), в зернотравянопропашном – при избыточном (28,3 %), в зернотравяном – при недостаточном (26,4 %) увлажнении. Наибольшее количества белка в зерне ячменя в зернопаропропашном севообороте накапливалось при недостаточном и оптимальном увлажнении, в зернотравянопропашном – при недостаточном, в зернотравяном – при оптимальном. Сахаристость корнеплодов сахарной свеклы во все годы исследований была выше в среднем на 1,2 % в зернопаропропашном севообороте, чем в зернотравянопропашном. Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте при любом уровне увлажнения было выше при отвальной вспашке (на 1,6 %). В зернотравянопропашном и зернотравяном севооборотах при оптимальном увлажнении оно было на 1,6 % больше при безотвальной обработке. Зерно ячменя, отвечающее пивоваренным стандартам, при любом уровне увлажнения, формировалось в основном на фоне безотвальной обработки почвы. Независимо от условий увлажнения и типа севооборота сахаристость корнеплодов сахарной свеклы была выше при отвальной обработке почвы. Наибольший эффект от последействия органических удобрений на показатели качества всех культур отмечено при оптимальном увлажнении. Наивысший прирост содержания клейковины в зерне озимой пшеницы от минеральных удобрений проявлялся в условиях избыточного увлажнения при размещении в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах, при недостатке влаги – в зернотравяном. Больший прирост белка в зерне ячменя от минеральных удобрений установлен в годы с недостаточным увлажнением, причем эффект снижался от зернопаропропашного севооборота к зернотравяному. Уменьшение сахаристости от минеральных удобрений при любых условиях увлажнения в зернотравянопропашном севообороте ниже, чем в зернопаропропашном.

Ключевые слова: *озимая пшеница, ячмень, сахарная свекла, условия увлажнения, севооборот, обработка почвы, органические удобрения, минеральные удобрения.*

Для цитирования: *Дубовик Д.В., Чуян О.Г. Качество сельскохозяйственных культур в зависимости от агротехнических приемов и климатических условий // Земледелие. 2018. № 2. С. 9-13.*

Из всех природных факторов менее всего поддается воздействию направленной деятельности человека климатический. Поэтому учет его влияния применительно к условиям региона и конкретного хозяйства необходим для обеспечения гибкой, соответствующей обстоятельствам агротехники, что обеспечивает формирование высокой урожайности сельскохозяйственных культур хорошего качества [1]. Для этого во время прорастания семян и на протяжении всего вегетационного периода растениям необходимо соответствующее влагообеспечение [2, 3]. При избыточном увлажнении ухудшаются не только биохимические, но и физические показатели продукции [4]. Однако и острый недостаток влаги, и слишком высокие температуры, крайне нежелательны, так как они обусловливают преждевременный переход азотистых веществ и углеводов из стеблей, листьев и колосковых чешуй в зерно, что приводит к свертыванию белков, щуплости и снижению массы зерна злаковых культур [5].

Кроме того, эффективность агротехнических приемов в зависимости от складывающихся погодных условий может существенно меняться [6].

Цель исследований – определить уровень воздействия агротехнических приемов в различных климатических условиях на качество основной продукции сельскохозяйственных культур.

Работу выполняли на опытном поле ВНИИЗиЗПЭ (Курская область, Медвенский район) в полевом многофакторном опыте на склоне северной экспозиции (поля 1, 2, 3, 4) в течение 33-х лет (с 1984 по 2016 гг.). Исследования проводили на трех основных культурах – озимой пшенице, яровом ячмене, сахарной свекле. Изучаемые агротехнические факторы: севооборот – зернопаропропашной, зернотравянопропашной, зернотравяной; способ основной обработки почвы – отвальная вспашка на глубину 20-22 см, безотвальная обработка на глубину 20-22 см; последействие органических удобрений в дозе 48 т/га внесенных один раз за ротацию четырехпольных севооборотов; минеральные удобрения – без удобрений; под пшеницу – $N_{40}P_{80}K_{80}$; ячмень – $N_{60}P_{60}K_{60}$; сахарную свеклу – $N_{180}P_{160}K_{180}$. Почва – чернозем типичный среднесуглинистый. В качестве характеристики климатического фактора использовали гидротермический коэффициент (ГТК). Качество продукции культур оценивали по следующим показателям: для озимой пшеницы – содержание клейковины (по ГОСТ Р 54478-2001); ячменя – содержание белка (ГОСТ 10846-91); сахарной свеклы – сахаристость корнеплодов (ГОСТ Р 53036-2008).

Качество основной продукции сельскохозяйственных культур во многом определяется факторами внешней среды и в частности климатом. Комплексным критерием оценки климатических ресурсов может служить гидротермический коэффициент (ГТК), рассчитываемый как отношение суммы осадков (умноженной на 10) за тот или иной период к сумме среднесуточных температур. Качество продукции большинства культур зависит от гидротермического коэффициента за период активной вегетации [7].

В результате оценки климатических ресурсов по степени увлажнения территории по гидротермическому коэф-

1. Качество культур в зависимости от типа севооборота и условий увлажнения

Севооборот	Увлажнение	Озимая пшеница, клейковина, %	Яровой ячмень, белок, %	Сахарная свекла, сахаристость, %
Зернопаро-пропашной	слабое	23,5	11,9	16,3
	недостаточное	26,8	12,7	16,6
	оптимальное	29,1	12,8	18,0
	избыточное	28,6	12,5	17,4
Зернотравяно-пропашной	слабое	23,0	11,5	15,5
	недостаточное	24,2	12,6	15,4
	оптимальное	26,1	12,0	16,6
	избыточное	28,3	12,0	16,3
Зернотравяной	слабое	22,3	11,3	–
	недостаточное	26,4	11,4	–
	оптимальное	24,2	11,9	–
	избыточное	25,3	11,5	–
$НСР_{05}$	севооборот	2,2	0,4	0,4
	увлажнение	2,5	0,5	0,6

фициенту за 33 года исследований можно отметить, что в 6 % случаев оно характеризуется как слабое, в 30 % недостаточное, в 53 % оптимальное и в 11 % как избыточное. Такое широкое варьирование гидротермических условий оказывает непосредственное влияние на изменение основных показателей качества возделываемых культур.

В различных гидротермических условиях эффективность таких агротехнических приемов, как севооборот, способ основной обработки почвы, удобрения проявляется неоднозначно.

Севооборот – важное средство регулирования не только урожайности, но и качества продукции [8, 9, 10].

Содержание клейковины в зерне озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте было выше, чем в зернотравянопропашном и зернотравяном, соответственно в 76 и 90 % случаев. Зернотравянопропашной севооборот, в сравнении с зернотравяным, обеспечивал наибольшее ее накопление в зерне в 80 % случаев. В среднем за изучаемый период содержание клейковины в зерне озимой пшеницы, выращенной в зернопаропропашном севообороте, было на 2,6 % выше, чем в зернотравянопропашном, и на 2,4 % выше, чем в зернотравяном севооборотах.

Качество продукции озимой пшеницы зависит не только от севооборота, но и от складывающихся гидротермических условий года [11, 12] (табл. 1).

Самое высокое содержание клейковины в зерне установлено в зернопаропропашном севообороте при оптимальном уровне увлажнения – 29,1 %, а наименьшее – при слабом увлажнении – 23,5 %. При избыточном и недостаточном увлажнении количество клейковины было ниже, чем при оптимальном, соответственно на 0,5 и 2,3 %. При возделывании озимой пшеницы в зернотравянопропашном севообороте отмечена тенденция к росту качества зерна с повышением уровня увлажненности с максимальной в этом варианте опыта величиной в избыточно влажные годы – 28,3 %. В зернотравяном севообороте лучшее по качеству зерно формировалось в условиях недостаточного увлажнения – 26,4 % клейковины. В засушливые годы величина этого показателя существенно снижалась – на 4,1 %. При оптимальном увлажнении количество клейковины в зерне озимой пшеницы было меньше (на 2,2 %), чем в недостаточно увлажненные годы.

В среднем наибольшее содержание белка в зерне ячменя отмечено при выращивании культуры в зернопаропропашном севообороте (12,5 %), а наименьшее – в зернотравяном (11,5 %). При этом пивоваренному стандарту соответствовало только зерно, собранное в зернотравяном севообороте.

В зернопаропропашном севообороте наиболее высокое содержание белка отмечено при недостаточном и оптимальном увлажнении, в зернотравянопропашном – при недостаточном, а в зернотравяном – при оптимальном увлажнении (см. табл. 1). Во всех севооборотах наименьшее количество белка зафиксировано в слабо увлажненные годы.

Сахаристость корнеплодов сахарной свеклы в зернопаропропашном севообороте во все годы исследований была выше, чем в зернотравянопропашном, в среднем на 1,2 %. При этом не зависимо от структуры посевных площадей наиболее высокий ее уровень отмечали при оптимальном и избыточном увлажнении (см. табл. 1).

До сих пор нет единого мнения о преимуществе какого-либо способа основной обработки почвы [13, 14]. В наших исследованиях при использовании вспашки содержание клейковины в зерне озимой пшеницы было выше, чем в варианте с безотвальной обработкой, в 75 % случаев (табл. 2).

Применение того или иного способа основной обработки почвы, как правило, связано с предшественником. Поэтому их нужно рассматривать во взаимодействии с типом севооборота.

При возделывании озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте, при любом уровне увлажнения, по степени влияния на содержание клейковины в зерне преимущество имела отвальная вспашка (в среднем на 1,6 %). Использование безотвальной обработки в этом севообороте

2. Урожайность культур в зависимости от севооборота, способа основной обработки почвы и гидротермических условий, ц/га

Севооборот	Обработка почвы	Увлажнение	Озимая пшеница, клейковина, %	Яровой ячмень, белок, %	Сахарная свекла, сахаристость, %
Зернопаро-пропашной	отвальная	слабое	23,5	11,9	16,3
		недостаточное	26,8	12,7	16,7
		оптимальное	29,1	12,8	18,0
		избыточное	28,6	12,5	16,4
	безотвальная	слабое	22,1	12,9	15,5
		недостаточное	26,4	12,9	16,4
		оптимальное	26,4	12,5	17,7
		избыточное	26,6	12,8	16,1
Зернотравяно-пропашной	отвальная	слабое	23,0	11,5	15,3
		недостаточное	24,2	12,6	15,5
		оптимальное	26,1	12,0	16,8
		избыточное	28,3	12,0	15,2
	безотвальная	слабое	22,7	11,6	15,0
		недостаточное	27,8	11,6	15,3
		оптимальное	27,7	11,7	16,6
		избыточное	28,2	11,6	15,0
Зерно-травяной	отвальная	слабое	22,3	11,3	–
		недостаточное	26,4	11,4	–
		оптимальное	24,2	11,9	–
		избыточное	25,3	11,5	–
	безотвальная	слабое	22,4	10,8	–
		недостаточное	24,2	11,7	–
		оптимальное	25,8	12,0	–
		избыточное	26,6	11,5	–
$НСР_{05}$	севооборот		1,5	0,4	0,2
	обработка почвы		1,4	0,3	0,1
	увлажнение		1,7	0,5	0,2

3. Урожайность культур в зависимости от севооборота, органических удобрений и гидротермических условий, ц/га

Севооборот	Органические удобрения	Увлажнение	Озимая пшеница, клейковина, %	Яровой ячмень, белок, %	Сахарная свекла, сахаристость, %
Зернопаропропашной	без удобрений	слабое	23,5	11,9	16,3
		недостаточное	26,8	12,7	16,7
		оптимальное	29,1	12,8	17,7
		избыточное	28,6	12,5	16,4
	навоз 48 т/га	слабое	24,1	11,9	16,6
		недостаточное	28,0	13,2	17,0
		оптимальное	29,5	12,8	18,2
		избыточное	29,5	12,7	16,8
Зернотравянопропашной	без удобрений	слабое	23,0	11,5	15,3
		недостаточное	24,2	12,6	15,5
		оптимальное	26,1	12,0	16,8
		избыточное	28,3	12,0	15,2
	навоз 48 т/га	слабое	23,1	11,5	15,7
		недостаточное	26,0	12,8	16,1
		оптимальное	27,2	12,2	17,4
		избыточное	28,1	12,1	15,8
Зернотравяной	без удобрений	слабое	22,3	11,3	–
		недостаточное	26,4	11,4	–
		оптимальное	24,2	11,9	–
		избыточное	25,3	11,5	–
	навоз 48 т/га	слабое	24,6	11,5	–
		недостаточное	27,6	11,8	–
		оптимальное	26,2	12,3	–
		избыточное	27,4	11,8	–
$НСР_{05}$	севооборот		0,5	0,1	0,1
	органические удобрения		0,5	0,1	0,1
	увлажнение		0,6	0,1	0,1

при недостаточном, оптимальном и избыточном увлажнении давало возможность выращивать зерно с почти таким же количеством клейковины (см. табл. 2). В зернотравянопропашном севообороте при недостаточном и оптимальном увлажнении по безотвальной обработке содержание клейковины было выше, чем по отвальной, на 3,6 и 1,6 % соответственно. В зернотравяном севообороте отвальная обработка имела преимущество в условиях недостаточного увлажнения (+2,2 % клейковины). Безотвальная обработка была более эффективна, чем отвальная, при оптимальном и избыточном увлажнении. Содержание клейковины в зерне при этом увеличивалось на 1,6 и 1,3 % соответственно.

Содержание белка в зерне ячменя в среднем практически не зависело от способа основной обработки почвы. На его качество большее влияние оказывали гидротермические условия. При этом можно отметить, что продукция, отвечающая пивоваренным стандартам, при любом уровне увлажнения в зернотравянопропашном севообороте формировалась в основном при использовании безотвальной обработки почвы, в зернотравяном – при обоих способах обработки (см. табл. 2). В зернопаропропашном севообороте количество белка в зерне было выше, чем положено по стандарту.

Самую высокую сахаристость корнеплодов сахарной свеклы независимо от условий увлажнения и типа севооборота отмечали при возделывании культуры после вспашки (см. табл. 2). В среднем за период исследований она была выше, чем при безотвальной обработке, на 0,3 %. При этом наибольшее накопление сахаров происходило при оптимальном уровне увлажнения.

Органические удобрения при правильном использовании оказывают большое воздействие на изменение качественных показателей продукции сельскохозяйственных культур [15]. Наибольшее влияние их последействия на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы отмечали в зернотравяном севообороте при слабом и избыточном увлажнении – +2,3 и 2,1 % соответственно (табл. 3). При недостаточном увлажнении органические удобрения повышали содержание клейковины на 1,2-1,8 %. В условиях слабого увлажнения последействие навоза в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах способствовало незначительному увеличению количества клейковины в зерне (на 0,1-0,4 %). При оптимальном увлажнении органические удобрения повышали содержание клейковины в зерне озимой пшеницы, размещенной в зернопаропропашном севообороте, – на 0,4 %. Больший эффект от последействия навоза в таких условиях наблюдали при посеве в зернотравянопропашном севообороте (+1,3-1,2 %). На фоне избыточного увлажнения влияние последействия органических удобрений на содержание клейковины в зерне в том случае, когда его выращивали в зернопаропропашном севообороте, было невысоким (+0,8 %).

Содержание белка в зерне ячменя при использовании органических удобрений незначительно возрастало в среднем на 0,2 %. Влияние их последействия на белковость зерна ячменя в различных метеорологических условиях проявлялось неоднозначно. Так, при слабом увлажнении, независимо от типа севооборота прироста белка от органических удобрений практически не наблюдали (см. табл. 3). При недостаточном увлажнении наибольший рост величины этого показателя белка отмечали в зернопаропропашном севообороте (+0,5 %), а при оптимальном – в зернотравяном (+0,4 %). При избыточном увлажнении эффект от последействия органических удобрений во всех типах севооборотов был невысоким.

Внесение органических удобрений в 23 % лет исследований приводило к незначительному снижению сахаристости корнеплодов, а значимое ее повышение (на 0,4-0,9 %) отмечали в 31 % случаев. В среднем за период исследований органические удобрения повышали сахаристость корнеплодов сахарной свеклы всего на 0,2 %. Наибольший прирост величины этого показателя от органических удобрений отмечали при недостаточном, оптимальном и избыточном увлажнении в зернотравянопропашном севообороте (см. табл. 3), а самая высокая сахаристость формировалась в годы с оптимальным уровнем увлажнения.

Одно из наиболее эффективных средств повышения размеров и качества урожая – минеральные удобрения [16, 17, 18, 19]. В наших экспериментах они оказывали самое значительное воздействие на увеличение содержания клейковины в зерне озимой пшеницы. Минеральные удобрения в дозе $N_{40}P_{80}K_{80}$ повышали его в среднем на 2,8 %. Прирост клейковины от их использования варьировал по годам от 0,2 до 5,6 %.

В зависимости от условий увлажнения и предшественника влияние минеральных удобрений на содержание клейковины в зерне проявлялось неоднозначно (табл. 4). Наибольший его прирост в зернопаропропашном севообороте отмечен в годы с избыточным увлажнением (+3,2 %), в зернотравяном – на фоне недостаточного увлажнения (+2,1 %), в зернотравяном севообороте – при слабом (+2,5 %) и избыточном (+2,1 %) увлажнении.

В целом можно отметить, что наибольший эффект от минеральных удобрений по степени воздействия на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы проявляется в усло-

4. Урожайность культур в зависимости от севооборота, минеральных удобрений и гидротермических условий, ц/га

Севооборот	Минеральные удобрения	Увлажнение	Озимая пшеница, клейковина, %	Яровой ячмень, белок, %	Сахарная свекла, сахаристость, %
Зернопаропропашной	без удобрений	слабое	23,5	11,9	16,3
		недостаточное	26,8	12,7	16,7
		оптимальное	29,1	12,8	17,7
		избыточное	28,6	12,5	16,4
	NPK	слабое	25,6	12,2	16,0
		недостаточное	28,8	13,5	16,1
		оптимальное	31,6	13,1	17,4
		избыточное	31,8	12,8	15,8
Зернотравянопропашной	без удобрений	слабое	23,0	11,5	15,3
		недостаточное	24,2	12,6	15,5
		оптимальное	26,1	12,0	16,8
		избыточное	28,3	12,0	15,2
	NPK	слабое	24,1	12,1	15,1
		недостаточное	26,3	13,2	15,3
		оптимальное	27,2	12,9	16,6
		избыточное	29,0	12,5	15,0
Зернотравяной	без удобрений	слабое	22,3	11,3	–
		недостаточное	26,4	11,4	–
		оптимальное	24,5	11,9	–
		избыточное	25,3	11,5	–
	NPK	слабое	24,8	11,4	–
		недостаточное	28,0	12,1	–
		оптимальное	25,3	12,5	–
		избыточное	27,4	11,9	–
$НСР_{05}$	севооборот		0,6	0,2	0,1
	минеральные удобрения		0,6	0,1	0,1
	увлажнение		0,7	0,2	0,2

виях избыточного увлажнения при размещении в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах, а в условиях недостаточного увлажнения – в зернотравяном севообороте.

Внесении минеральных удобрений повышает количество белка в зерне ярового ячменя. В среднем прибавка составляет 0,5 %. При этом средняя величина этого показателя достигает 13,1 %, что делает зерно непригодным для пивоваренных целей.

Наибольшая прибавка содержания белка от минеральных удобрений отмечена в годы с недостаточным уровнем увлажнения, причем эффект снижался от зернопаропропашного севооборота к зернотравяному (см. табл. 4). При слабом и избыточном увлажнении рост величины этого показателя был минимальным. Следует отметить, что в зернотравяном севообороте использование минеральных удобрений при слабом и избыточном увлажнении позволяло получать зерно ячменя, отвечающее пивоваренным стандартам.

На сахаристость корнеплодов сахарной свеклы минеральные удобрения оказывали отрицательное влияние, вызывая ее уменьшение. Это связано с увеличением накопления аминного азота в корнеплодах. Однако с учетом того, что такое снижение в среднем составляет 0,6 %, а прибавка урожайности – 76 ц/га, общий выход сахара все равно увеличивается. Уменьшение сахаристости от минеральных удобрений при любых условиях увлажнения в зернотравянопропашном севообороте было ниже, чем в зернопаропропашном (см. табл. 4).

Таким образом, воздействие всех изученных агротехнических факторов на качество выращиваемой продукции связано со складывающимися погодными условиями. В целом зависимость урожайности сельскохозяйственных культур и показателей ее качества от рассмотренных факторов выражается следующими уравнениями:

содержание клейковины в зерне озимой пшеницы (%)

$У = 23,24 – 0,79X_1 – 0,36X_2 + 0,71X_3 + + 1,28X_4 + 5,45X_5 – 1,34X_5^2$

$R^2 = 23,0$; $F_Ф = 23,6$;

содержание белка в зерне ячменя (%)

$У = 13,00 – 0,61X_1 + 0,24X_2 + 0,47X_3 + + 0,83X_4 – 1,17X_5 + 0,45X_5^2$;

$R^2 = 32,2$; $F_Ф = 10,8$

сахаристость сахарной свеклы (%)

$У = 10,21 – 0,98X_1 - 0,04X_2 + 0,16X_3 - – 0,60X_4 + 11,2X_5 – 4,02X_5^2$

$R^2 = 63,4$; $F_Ф = 58,0$

где У – показатель качества продукции культуры; X_1 – севооборот (0 – зернопаропропашной; 1 – зернотравянопропашной, 2 – зернотравяной); X_2 –способ основной обработки почвы (0 – отвальная обработка, 1 – безотвальная обработка); X_3 – органические удобрения (0 – без удобрений, 1 – последействие 24 т/га навоза, 2 – последействие 48 т/га навоза за ротацию севооборота); X_4 – минеральные удобрения (0 – без удобрений, 1 – одна доза минеральных удобрений (для пшеницы – $N_{20}P_{40}K_{40}$, ячменя – $N_{30}P_{30}K_{30}$, сахарной свеклы – $N_{90}P_{80}K_{90}$), 2 – двойная доза минеральных удобрений (для пшеницы – $N_{40}P_{80}K_{80}$, ячменя – $N_{60}P_{60}K_{60}$, сахарной свеклы – $N_{180}P_{160}K_{180}$), кг/га д.в.; X_5 – ГТК (для озимой пшеницы и ячменя – за май; для сахарной свеклы – за июнь-сентябрь).

На основе полученных уравнений создана компьютерная программа «Прогноз урожая и качества сельскохозяйственных культур на основе оценки ресурсного потенциала агроладншафта в ЦЧР».

Таким образом, самое высокое содержание клейковины в зерне озимой пшеницы обеспечивает возделывание в зернопаропропашном севообороте в годы с оптимальным увлажнением, в зернотравянопропашном севообороте – с избыточным увлажнением, в зернотравяном севообороте – с недостаточным увлажнением. Наибольшее количество белка в зерне ячменя в зернопаропропашном севообороте отмечается при недостаточном и оптимальном увлажнении, в зернотравянопропашном – при недостаточном, а в зернотравяном – при оптимальном увлажнении. Содержание сахара в корнеплодах сахарной свеклы выше в зернопаропропашном, чем в зернотравянопропашном, севообороте при любом уровне увлажнения. Наиболее высокий уровень сахаристости формируется при оптимальном и избыточном увлажнении.

Отвальная обработка почвы при возделывании озимой пшеницы в зернопаропропашном севообороте имеет превосходство по степени влияния на содержание клейковины в зерне при любом уровне увлажнения (в среднем на 1,8 %). В зернотравянопропашном севообороте она имеет преимущество лишь в условиях слабого увлажнения. При недостаточном и оптимальном увлажнении содержание клейковины выше на фоне безотвальной обработки. В зернотравяном севообороте, в условиях слабого и недостаточного увлажнения преимущество имеет вспашка. При оптимальном и избыточном увлажнении количество клейковины в зерне выше при использовании безотвальной обработки. Зерно ячменя, отвечающее пивоваренным стандартам, при любом уровне увлажнения в зернотравянопропашном севообороте формируется в основном при использовании безотвальной обработки почвы, в зернотравяном – при обоих способах. Независимо от условий увлажнения и типа севооборота сахаристость корнеплодов сахар-

ной свеклы выше на фоне вспашки. При этом наибольшее накопление сахаров происходит в случае оптимального увлажнения.

Последействие органических удобрений оказывает наибольший эффект на качество зерна озимой пшеницы при слабом и избыточном увлажнении в зернотравяном севообороте. В условиях недостаточного увлажнения оно обеспечивает стабильный прирост величины этого показателя в севооборотах всех типов. В зерне ячменя самое высокое повышение содержания белка происходит при недостаточном увлажнении в зернопаропропашном севообороте, при оптимальном увлажнении – в зернотравяном. При избыточном увлажнении эффективность органических удобрений невысокая независимо от типа севооборота. Наибольшее воздействие органических удобрений на увеличение сахаристости корнеплодов отмечается в условиях недостаточного, оптимального и избыточного увлажнения в зернотравянопропашном севообороте. При этом наибольшая величина этого показателя отмечена при оптимальном уровне увлажнения.

Самое высокое влияние минеральных удобрений на содержание клейковины в зерне озимой пшеницы наблюдается в условиях избыточного увлажнения в зернопаропропашном и зернотравянопропашном севооборотах, при недостаточном увлажнении – в зернотравяном севообороте. Наибольший прирост белка в зерне ячменя от минеральных удобрений отмечен в годы с недостаточным увлажнением, причем эффект их снижается от зернопаропропашного севооборота к зернотравяному. Использование минеральных удобрений при слабом и избыточном увлажнении в зернотравяном севообороте позволяет выращивать зерно ячменя, отвечающее требованиям пивоваренных стандартов. Сахаристость корнеплодов сахарной свеклы при внесении минеральных удобрений несколько уменьшается. При любых условиях увлажнения в зернотравянопропашном севообороте этот эффект ниже, чем в зернопаропропашном.

Литература.

1. Дубовик Д.В. Формирование качества зерна озимой пшеницы на склоновых землях Центрального Черноземья. Курск: Изд-во Курск. гос. ун-та, 2011. 137 с.

2. Зерновые культуры (Выращивание, уборка, доработка и использование) / Х. Гинапп, Д. Дрегер, А. Захаренко и др. / под общей редакцией Д. Шпаара. М.: ИД ООО «DVL Агродело», 2008. 656 с.

3. Сахарная свекла (Выращивание, уборка, хранение) / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко и др. / под ред. Д. Шпаара. М.: ИД ООО «DVL АГРОДЕЛО», 2012. 315 с.

4. Иванова Т.И. Влияние погоды и удобрений на физические свойства зерна колосовых культур в условиях Нечерноземной зоны // Агрохимия. 1982. № 4. С. 26–35.

5. Donald C.M., Hamblin J. The biological yield and harvest index of cereal as agronomic and plant breeding criteria // Adv. Agron. 1976. Vol. 28. Pp. 361.

6. Медведев И.Ф., Левицкая Н.Г. Направленность биосферных процессов и их влияние на продуктивность зерновых культур в агроландшафтах Поволжья // Достижения науки и техники АПК. 2010. № 5. С. 17–19.

7. Константинов А.Р. Погода, почва и урожай озимой пшеницы. Л.: Гидрометеоиздат, 1978. 248 с.

8. Годунова Е.И., Желнакова Л.И., Удовыдченко В.И. Состояние и пути оптимизации зерновой отрасли Ставрополья // Земледелие. 2011. № 3. С. 8–12.

9. Цвей Я.П., Торлина А.Н., Левченко Л.Н. Продуктивность сахарной свеклы в зависимости от звеньев короткоротационных севооборотов // Сахарная свекла. 2016. № 2. С. 27–29.

10. Горонжин Е.А., Федотов А.А., Хрипунов А.И. Продуктивность различных севооборотов в засушливых условиях // Земледелие. 2012. № 3. С. 16–18.

11. Дубовик Д.В., Виноградов Д.Ю. Качество зерна озимой пшеницы в зависимости от агротехнических приемов возделывания в различных погодных условиях // Достижения науки и техники АПК. 2015. № 2. С. 30–32.

12. Виноградов Д.Ю. Влияние агротехнических приемов на урожайность озимой пшеницы и ее прогнозирование в различных погодных условиях в ЦЧР: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. Рамонь, 2014. 22 с.

13. Якименко А.С. Без плуга // Земледелие. 1988. № 7. С. 45.

14. Шульмейстер К.Г., Сухов А.Н., Журбенко А.К. Разноглубинная минимальная основная обработка почв Нижнего Поволжья // Земледелие. 1985. № 4. С. 41–43.

15. Дубовик Д.В., Ермаков В.В. Влияние последействия органических удобрений на качество зерна в агроландшафте // Достижения науки и техники АПК. 2005. № 11. С. 39.

16. Дериглазова Г.М. Эффективность действия удобрений в агроландшафте в зависимости от вида севооборота // Сахарная свекла. 2011. № 6. С. 24–27.

17. Дериглазова Г.М., Проценко Е.П. Урожайность и качество зерна ячменя в зависимости от типа севооборота и внесения удобрений // Достижения науки и техники АПК. 2005. № 105. С. 38.

18. Васюков П.П., Чуварлеев Г.В., Цыганков В.И. Влияние предшественников и минеральных удобрений на урожай и качество зерна озимой пшеницы // Земледелие. 2006. № 1. С. 26–27.

19. Дёмин В.А., Свиридов Д.А. Влияние расчетных систем удобрения на величину урожая и качество продукции яровых и озимых зерновых культур в севообороте на темно-серой лесной почве Центрального района России // Агрохимия. 2000. № 5. С. 24–33.

Quality of Crops Depending on Agronomical Practices and Climatic Conditions

D.V. Dubovik, O.G. Chuyan
All-Russian Research Institute of Farming and Soil Protection from Erosion, ul. Karla Marksa, 70b, Kursk, 305021, Russian Federation

Abstract. *In the long-term investigation a dependence of the quality of winter wheat and spring barley grain, as well as of sugar beet roots on the level of the territory moistening and agronomical practices was established. In a grain-fallow-row crop rotation, the highest content of gluten in the grain of winter wheat was at optimal moistening (29.1%), in a grain-grass-row crop rotation – at excessive moistening (28.3%), in a grain-grass crop rotation – at insufficient moistening (26.4%). The highest content of protein in barley grain in the grain-fallow-row crop rotation is accumulated at insufficient and optimal moistening, in the grain-grass-row crop rotation – at insufficient moistening and in the grain-grass crop rotation – at optimal moistening. Sugar content in the sugar beet roots in all years of the studies was higher by 1.2% on average in the grain-fallow-row crop rotation than that in the grain-grass-row crop rotation. The content of gluten in the winter wheat grain in the grain-fallow-row crop rotation at any level of moistening was higher at moldboard plowing (by 1.6%). In the grain-grass-row crop rotation and in the grain-grass crop rotations at optimal moistening, the gluten content was higher by 1.6% when subsurface tillage was used. Barley grain answering to brewing standards at any level of moistening is formed mainly when subsurface tillage is used. Under any conditions of moistening independent of the type of crop rotation sugar content in the roots of sugar beets is higher when moldboard plowing is used. The greatest residual effect of organic fertilizers on the quality indicators of all crops are noted at optimal moistening. The highest increase in the content of gluten in the winter wheat grain from the effect of mineral fertilizers is revealed under the conditions of excessive moistening when it is grown in the grain-fallow-row and grain-grass-row crop rotations and under the conditions of insufficient moistening in the grain-grass crop rotation. A large increment of protein in the barley grain from mineral fertilizers is noted in the years with insufficient moistening, moreover, the effect reduced from the grain-fallow-row crop rotation to the grain-grass crop rotation. The reduction of sugar content from mineral fertilizers under any conditions of moistening in the grain-grass-row crop rotation is lower than that in the grain-fallow-row crop rotation.*

Keywords: *winter wheat; barley; sugar beet; moistening conditions; crop rotation; tillage; organic fertilizers; mineral fertilizers.*

Author Details: *D.V. Dubovik, D. Sc. (Agr.), acting director (e-mail: vniizem@mail.ru); O.G. Chuyan, D. Sc. (Biol.), head of laboratory.*

For citation: *Dubovik D.V., Chuyan O.G. Quality of Crops Depending on Agronomical Practices and Climatic Conditions. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 9-13 (in Russ.).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10203
УДК 631.432:631.5

Водный режим выщелоченного чернозема в зависимости от предшественника и приема основной обработки

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

В севообороте пар – пшеница – овес – пшеница – горох – пшеница и бессменных посевах пшеницы в лесостепи Алтайского Приобья в 2001-2017 гг. изучали влияние предшественников и приемов основной обработки на водный режим выщелоченного чернозема на юго-восточном склоне крутизной 1-2°. Запасы продуктивной влаги в почве осенью определялись влиянием предшественника: в метровом слое после пара 116 мм, гороха – 87, овса – 72, бессменной пшеницы – 64 мм, и мало зависели от обработки (78-88 мм). Весной после схода снега запасы влаги зависели от обоих факторов, составляя по предшественникам после пара 172 мм, гороха – 154 овса – 145, бессменной пшеницы – 133 мм, а по обработкам почвы на фоне глубокой – 176 мм, мелкой – 148, поверхностной – 137, нулевой – 116 мм. К всходам пшеницы запасы влаги в почве после пара снижались до 123 мм, гороха – до 118, овса – до 111, бессменной пшеницы – до 117 мм, а на фоне глубокой обработки до 130 мм, мелкой – до 117, поверхностной – до 112, нулевой – до 93 мм, или с учетом весенних осадков непродуктивные потери влаги по предшественникам составили соответственно 98, 85, 83 и 65 мм (44, 42, 43 и 36%), а по приемам обработки почвы – 95, 80, 75 и 71 мм (42, 41, 40 и 43%). Уменьшение глубины обработки, или переход на No-till технологии, сопровождается сокращением запасов влаги к всходам после пара на 4-32 мм (3-32 %), гороха – на 11-35 мм (9-37 %), овса – на 8-36 мм (7-41 %), бессменной пшеницы – на 23-46 мм (20-51 %).

Ключевые слова: *водный режим, продуктивная влага, запасы влаги, выщелоченный чернозем, предшественник, приемы обработки почвы, No-till технология.*

Для цитирования: *Усенко В.И., Усенко С.В. Водный режим выщелоченного чернозема в зависимости от предшественника и приема основной обработки // Земледелие. 2018. № 2. С. 14-18.*

В последние годы все большее распространение получают технологии возделывания сельскохозяйственных культур без обработки почвы [1]. В частности, в Ставропольском крае, в условиях неустойчивого увлажнения на такие технологии с успехом переходят целые хозяйства, отказываясь от чистых паров [2], хотя даже здесь эффективность No-till технологий не всегда однозначна и зависит от способности почв к самоуплотнению [3].

Отдельные авторы [4] прямо высказывают сомнение в том, что технологии No-till – это шаг к идеальному земледелию и их применение должно иметь ограниченное использование. По данным ВНИИ земледелия и защиты почв от эрозии [5], поверхностная обработка почвы может с успехом применяться в качестве основной под озимые и яровые зерновые культуры в большинстве регионов страны, тогда как эффективное использование прямого посева на большинстве сельскохозяйственных площадей Европейской части ограничивает сложность природно-климатических условий, а для Сибири, Дальнего Востока и Республики Крым необходимо проведение специальных исследований по этой проблеме.

В опыте Красноярского ГАУ на высокогумусном тяжелосуглинистом черноземе лесостепи [6] при кратковременном переходе на прямой посев наиболее чувствительным параметром оказалась плотность сложения почвы, фактические значения которой превысили равновесную.

В опытах СибНИИЗиХ [7, 8] на выщелоченных среднесуглинистых черноземах лесостепи Новосибирского Приобья отмечено улучшение обеспеченности почвы подвижным азотом, фитосанитарного состояния посевов и более высокая урожайность при выращивании пшеницы по No-till технологии, в сравнении с традиционной, как на экстенсивном фоне, так и при комплексном применении удобрений и средств защиты растений.

В опытах ВНИИ сои [9] на луговой черноземовидной почве возделывание сои по No-till технологии, несмотря на несколько меньшую урожайность, обеспечивало более высокую экономическую эффективность и рентабельность при меньшей себестоимости семян сои, в сравнении с традиционной вспашкой. В то же время, в опытах Сибирского НИИСХ [10] урожайность пшеницы, возделываемой по нулевой технологии на тяжелосуглинистых выщелоченных черноземах Омской области, заметно уступала традиционной отвальной технологии или периодическому глубокому рыхлению, что авторы связывают с ухудшением водопроницаемости и усвоения вневегетационных осадков и в целом водного режима почвы. В свою очередь башкирские исследователи отмечают мезофитизацию флористического состава сорных сообществ пропашных культур на фоне технологии No-till (доля мезофитов в ядре ценофлоры возрастает с 61 % при классическом земледелии до 88 %), которую они объясняют, в том числе наличием слоя пожнивных остатков, сохраняющих почвенную влагу при использовании этой технологии [11].

В опытах Алтайского НИИСХ [12] содержание подвижных форм азота, фосфора и калия в выщелоченном черноземе и урожайность яровой пшеницы по всем предшественникам как на неудобренном, так и удобренном фонах снижались в направлении от глубоких к мелким плоскорезным, минимальным и нулевым основным обработкам.

Наличие таких противоречивых данных свидетельствует, как о необходимости поиска новых подходов к изучению технологии No-till [13], так и об актуальности проведения более детальных и долгосрочных исследований по вопросам ее эффективности в различных почвенно-климатических условиях.

Цель наших исследований – изучение влияния предшественника и приема основной обработки почвы под яровую пшеницу на формирование водного режима выщелоченного чернозема в условиях лесостепи Алтайского Приобья.

Исследование проводили в 2001-2017 гг. на опытном поле Алтайского НИИСХ ФГБНУ «Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий» в стационарном полевом опыте, заложенном в севообороте пар – пшеница – овес – пшеница – горох – пшеница и бессменном посеве пшеницы. Схема опыта предусматривала изучение следующих вариантов:

предшественник (фактор А) – пар; горох; овес; бессменная пшеница;

прием основной обработки почвы (фактор В) – глубокая (25-27 см) плоскорезная (ГПО); мелкая (14-16 см) плоскорезная (МПО); поверхностная (6-8 см) обработка (ПО), с 2011 г. – без основной обработки почвы (БО).

В связи с переходом от поверхностной основной обработки почвы к нулевой на этом фоне чистый пар с 2011 г. заменен на занятый (рапс на семена) с применением до посева глифосатсодержащего гербицида сплошного действия.

Севооборот развернут во времени и пространстве на юго-восточном

1. Сумма атмосферных осадков в годы проведения исследований, мм

Сельскохозяйственный год	Осень (IX-X)	Зима (XI-III)	Весна (IV-V_{1-2})*	Лето				Всего за год
				V_3-VIII	в том числе			
					V_3-VI	VII	VIII	
2001	78,3	195,7	77,7	194,6	94,1	71,3	29,2	546,3
2002	50,1	152,6	36,6	250,9	142,6	83,8	24,5	490,2
2003	53,3	140,0	36,5	124,0	63,5	45,0	15,5	353,8
2004	51,6	127,0	98,0	203,7	123,0	46,6	34,1	480,3
2005	66,1	116,1	23,6	228,4	89,1	66,7	72,6	434,2
2006	42,6	130,3	49,3	201,4	34,3	131,2	35,9	423,6
2007	68,6	138,7	43,1	141,9	88,6	29,0	24,3	392,3
2008	49,2	122,8	54,5	174,1	87,5	62,1	24,5	400,6
2009	45,0	148,8	49,9	202,5	85,9	60,7	55,9	446,2
2010	66,7	142,6	32,1	307,3	70,6	149,3	87,4	548,7
2001-2010	57,2	141,5	50,1	202,8	87,9	74,6	40,4	451,6
2011	46,8	151,7	40,5	135,6	57,4	42,4	35,8	374,6
2012	57,7	71,1	31,3	156,9	15,8	97,1	44,0	317,0
2013	79,2	189,8	78,7	256,2	36,0	99,4	120,8	603,9
2014	76,5	127,4	25,9	229,4	59,0	107,6	62,8	459,2
2015	141,0	151,8	56,3	179,7	65,6	63,6	50,5	528,8
2016	82,0	120,0	59,0	196,0	52,0	116,0	28,0	457,0
2017	89,7	166,8	44,1	255,0	60,5	138,2	56,3	555,6
2011-2017	81,8	139,8	48,0	201,3	49,5	94,9	56,9	470,9
2001-2017	67,3	140,8	49,2	202,2	72,1	83,0	47,2	459,5
Средняя многолетняя	70,0	112,0	53,0	174,0	61,0	64,0	49	409,0

**V_{1-2} – май, первая и вторая декады; V_3 – май, третья декада*

склоне крутизной 1-2°. Почва опытного участка – чернозем выщелоченный среднемощный малогумусный среднесуглинистый с содержанием в пахотном слое гумуса – 3,8 %, подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 300-315 и 190-215 мг/кг, с близкой к нейтральной реакцией среды ($pH_{сол.}$ 6,15). Общая площадь делянок последнего порядка 128-218 м², повторность – 3-кратная для полей севооборота и 2-кратная для бессменных посевов пшеницы.

Отбор почвенных образцов проводили осенью перед уходом в зиму, весной после схода снега, после появления всходов и после уборки урожая в трехкратной повторности на экстенсивных (без применения удобрений и средств защиты растений) и интенсивных (азотно-фосфорные удобрения, гербициды против двудольных и однодольных сорняков, инсектициды и фунгициды) фонах с расчетом по ним средних значений. Подробная методика проведения эксперимента и агротехника, применяемая в опыте, изложены ранее [12, 14].

Условия влагообеспеченности за 2001-2010 (до изменения схемы опыта) и за 2011-2017 (после замены поверхностной основной обработки прямым посевом) были практически одинаковыми по количеству зимних (142 и 140 мм, или 127 и 125 % по отношению к средним многолетним значениям), весенних (50 и 48 мм, или 91-94 %) и летних (203 и 201 мм, или 117 и 116 %) осадков (табл. 1), а преимущество последних лет по среднему количеству осадков за год (452 и 471 мм, или 111 и 115 %) было обусловлено в основном различиями осеннего увлажнения (57 и 82 мм, или 81 и 117 % от нормы).

Вместе с тем, распределение осадков в течение вегетации по периодам исследований было неодинаковым – если первый характеризовался хорошим увлажнением июня и июля при близком к норме (82 %) количестве осадков в августе практически во все годы, то второй отличался острым дефицитом осадков в первой половине лета в 43 % случаев, в том числе острой засухой в 2012 г., при обилии осадков в середине вегетации в 71 % случаев, особенно в 2014, 2016 и 2017 гг. с суммой осадков 169-216 % от нормы.

Результаты исследований показали, что перед уходом в зиму запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в среднем по предшественникам и фонам основной обработки составляли 84 мм, в том числе в верхнем полуметре 65 %, в нижнем – 35 % (табл. 2). В целом по опыту они определялись в основном влиянием предшественника и меньше – обработки почвы. Если по предшественникам величина этого показателя изменялась от 116 мм после пара до 87 мм после гороха, 72 мм после овса и 64 мм при бессменном возделывании пшеницы, или от 100 до 75, 62 и 55 % соответственно, то в зависимости от приема обработки – от 88 мм на фоне глубокой обработки до 85 мм на фоне

2. Влияние предшественника и приема основной обработки почвы на запасы продуктивной влаги (мм) в почве 2001-2017 гг.

Обработка (В)	Глубина, см	Предшественник (А)																			
		Пар				Горох				Овес				Бессменная пшеница				Средние В			
		XI*	IV	VI	IX	XI	IV	VI	IX	XI	IV	VI	IX	XI	IV	VI	IX	XI	IV	VI	IX
ГПО	0-50	75	114	66	23	56	99	66	22	49	98	63	22	47	93	72	21	56	101	67	22
	50-100	49	86	65	14	31	75	63	17	21	75	60	19	27	63	65	27	32	75	63	19
	0-100	124	200	131	37	87	174	129	39	70	173	123	41	74	156	137	48	88	176	130	41
МПО	0-50	71	102	63	23	58	92	64	21	49	87	64	22	39	83	61	20	55	91	63	21
	50-100	46	67	59	14	31	61	54	15	22	45	51	18	22	53	53	21	30	57	54	17
	0-100	117	169	122	37	89	153	118	36	71	132	115	40	61	136	114	41	85	148	117	38
ПО (2001-2010)	0-50	69	105	66	16	56	92	67	12	42	89	61	16	36	72	63	13	51	90	64	14
	50-100	47	62	61	16	28	47	47	15	17	46	41	14	15	32	43	11	27	47	48	14
	0-100	116	167	127	32	84	139	114	27	59	135	102	30	51	104	106	24	78	137	112	28
БО (2011-2017)	0-50	65	81	56	27	64	80	53	29	61	77	51	28	43	73	51	27	58	78	53	28
	50-100	24	36	43	18	26	40	41	17	28	41	36	17	17	36	40	13	24	38	40	16
	0-100	89	117	99	45	90	120	94	46	89	118	87	45	60	109	91	40	82	116	93	44
Средние А	0-50	72	104	64	22	58	93	64	21	50	90	61	22	42	83	64	20	55	93	65	20
	50-100	44	68	59	15	29	61	54	16	22	55	50	17	22	50	53	20	29	60	56	18
	0-100	116	172	123	37	87	154	118	37	72	145	111	39	64	133	117	40	84	153	121	38
$НСР_{05}$ для факторов, мм (срок определения – после схода снега) для слоя почвы 0-100 см: А (предшественник) = 9,6; В (обработка почвы) = 9,1; АВ = 16,4																					

**сроки отбора образцов: XI – перед уходом в зиму (конец октября-начало ноября); IV – после схода снега (апрель); VI – появление всходов (конец мая-начало июня); IX – после уборки (конец августа-начало сентября)*

мелкой, 78 мм при поверхностной и 82 мм на необработанном фоне, или от 100 до 97, 89 и 93 %.

В пределах конкретных предшественников влияние приемов обработки на запасы продуктивной влаги в почве перед уходом в зиму проявлялось по-разному. Так, если в паровом поле замена глубокой обработки на мелкую или поверхностную практически не сказывалась на запасах влаги (124, 117 и 116 мм, или 100, 94 и 94 %), снижение которых (до 89 мм, или 72 % к глубокой обработке) отмечено лишь в занятом пару на необработанном фоне, а после гороха на всех фонах с обработкой почвы или без нее запасы влаги были одинаковыми, то после овса их снижение отмечено лишь на фоне поверхностной обработки (с 70 до 59 мм, или со 100 до 84 %), а на необработанном фоне они были даже выше (89 мм, или 127 %).

При бессменном возделывании пшеницы переход от глубокой плоскорезной обработки к мелкой или поверхностной приводил к уменьшению запасов влаги перед уходом в зиму с 74 до 61 и 51 мм, или со 100 до 82 и 69 % соответственно, а на необработанном фоне их количество было таким же, как и на фоне мелкой плоскорезной обработки.

Весной после схода снега запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы возрастали, по отношению к осенним запасам, в среднем по опыту на 69 мм (82 %), в том числе по предшественникам после пара на 56 мм (48 %), гороха – на 67 мм (77 %), овса – на 73 мм (101 %), бессменной пшеницы – на 69 мм (108 %), а по приемам обработки на фоне глубокой – на 88 мм (100 %), мелкой – на 63 мм (74 %), поверхностной – на 59 мм (76 %), на необработанном фоне – на 34 мм (41 %), достигая в разрезе предшественников 172, 154, 145 и 133 мм соответственно, а в разрезе приемов основной обработки – 176 и 148, 137 и 116 мм. Коэффициент использования зимних осадков почвой составил после пара 0,40, гороха – 0,48, овса – 0,52, бессменной пшеницы – 0,49, на фоне глубокой плоскорезной – 0,63, мелкой 0,45, поверхностной – 0,42, на необработанном фоне – 0,24.

Различия по эффективности усвоения зимних осадков между обработками еще более возрастали на фоне конкретных предшественников. Так, после пара перед уходом в зиму запасы продуктивной влаги в метровом почвы составляли 124 мм на фоне глубокой плоскорезной обработки, 117 мм – на фоне мелкой, 116 мм – на фоне поверхностной и 89 мм – на необработанном фоне при примерно одинаковом распределении влаги по почвенному профилю. Весной к периоду схода снега после пара запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы возросли на фоне глубокой обработки на 76, мелкой – на 52, поверхностной – на 51, на необработанном фоне – на 28 мм, или соответственно на 61, 44, 44 и 31 %, в том числе в слое 0-50 см их увеличение на фоне глубокой обработки составило 39 мм (52 %), мелкой – 31 мм (44 %), поверхностной – 36 мм (52 %), нулевой – 16 мм (25 %), а в слое 50-100 см – соответственно 37, 21, 15 и 12 мм, или 76, 46, 32 и 50 % по отношению к осени. То есть, при уменьшении глубины обработки после пара эффективность усвоения зимних осадков почвой снижалась в 1,4 раза, а при отказе от обработки – в 2,7 раза, в том числе в верхнем полуметре в 1,1-1,3 и 2,4 раза, в нижнем – в 1,8, 2,5 и 3,1 раза. Коэффициент использования зимних осадков почвой после пара на фоне глубокой обработки составил 0,54, мелкой – 0,37, поверхностной – 0,36, на необработанном фоне – 0,20.

После гороха перед уходом в зиму запасы продуктивной влаги в метровом почвы мало зависели от обработки, составляя 84-90 мм при одинаковом распределении по профилю почвы. Ко времени схода снега на фоне глубокой обработки они возросли на 87 мм, на фоне мелкой – на 64, поверхностной – на 55 мм, нулевой – на 30 мм, или соответственно на 100, 72, 65 и 33 %, в том числе в слое 0-50 см их увеличение на фоне глубокой обработки составило 43 мм (77 %), мелкой – 34 мм (59 %), поверхностной – 36 мм (64 %), на необработанном фоне – 35 мм (60 %), а в слое 50-100 см – соответственно 44, 30, 19 и 14 мм, или 142, 97, 68 и 54 %, по отношению к осени. То есть, замена глубокой обработки на мелкую, поверхностную или нулевую после гороха приводила к снижению эффективности усвоения зимних осадков почвой в 1,4, 1,6 и 2,9 раза, в том числе в верхнем полуметре в 1,2-1,3, а в нижнем – в 1,5, 2,3 и 3,3 раза. Коэффициент использования зимних осадков почвой после гороха на фоне глубокой обработки составил 0,62, мелкой – 0,45, поверхностной – 0,39, нулевой – 0,21.

После овса перед уходом в зиму запасы продуктивной влаги в метровом почвы на фоне глубокой плоскорезной обработки составляли 70 мм, мелкой – 71 мм, поверхностной – 59 мм, на необработанном фоне – 89 мм. Ко времени схода снега весной они возросли на фоне глубокой обработки на 103 мм, мелкой – на 61, поверхностной – на 76, нулевой – на 29 мм, или соответственно на 147, 86, 129 и 33 %, в том числе в слое 0-50 см их увеличение составило соответственно 49 мм (100 %), 38 мм (78 %), 47 мм (112 %) и 16 мм (26 %), а в слое 50-100 см – 54, 23, 29 и 13 мм, или 257, 105, 171 и 46 %, по отношению к осеннему сроку. Замена глубокой основной обработки на мелкую, поверхностную или отказ от обработки после овса приводил к снижению эффективности усвоения зимних осадков почвой в 1,4, 1,7 и 3,6 раза, в том числе в верхнем полуметре в 1,3, 1,1 и 3,1, а в нижнем – в 2,3, 1,9 и 4,2 раза соответственно. Коэффициент использования зимних осадков почвой после овса на фоне глубокой обработки составил 0,73, мелкой – 0,43, поверхностной – 0,54, нулевой – 0,21.

При бессменном возделывании пшеницы перед уходом в зиму запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы на фоне глубокой основной обработки составляли 74 мм, мелкой – 61, поверхностной – 51, нулевой – 60 мм. В период схода снега весной на фоне глубокой обработки они возросли в метровом слое почвы на 82 мм, мелкой – на 75, поверхностной – на 53, нулевой – на 49 мм, или на 111, 123, 104 и 82 %, в том числе в слое 0-50 см их увеличение составило 46 мм (98 %), 44 мм (113 %), 36 мм (100 %) и 30 мм (70 %), а в слое 50-100 см – 36, 31, 17 и 19 мм, или 133, 141, 113 и 112 % соответственно. Замена глубокой основной обработки на мелкую, поверхностную или отказ от обработки при бессменном возделывании пшеницы приводил к снижению эффективности усвоения зимних осадков почвой в 1,1, 1,5 и 1,7 раза, в том числе в верхнем полуметре в 1,1, 1,3 и 1,3, в нижнем – в 1,2, 2,1 и 1,9 раза. Коэффициент использования зимних осадков почвой при бессменном возделывании пшеницы на фоне глубокой обработки составил 0,58, мелкой – 0,53, поверхностной – 0,37, нулевой – 0,35.

За весенний период запасы влаги в метровом слое почвы после пара снизились на 49 мм, гороха – на 36, овса – на 34, бессменной пшеницы – на 16 мм, или на 28, 23, 23 и 12 %. С учетом весенних осадков потери почвенной влаги на испарение после пара составили 98 мм (44 %), гороха – 85 мм (42 %), овса – 83 мм (43 %), бессменной пшеницы – 65 мм (36 %), или снижались по мере удаления предшественника от пара.

В зависимости от приема основной обработки сокращение запасов влаги в почве от схода снега к всходам пшеницы на фоне глубокой обработки составило 46 мм, или 26 %, на фоне мелкой – 31 мм (21 %), поверхностной – 25 мм (18 %), нулевой – 23 мм (20 %). С учетом весенних осадков потери влаги на испарение на фоне глубокой обработки составили 95 мм, или 42 %, мелкой – 80 мм (41 %), поверхностной – 75 мм (40 %), нулевой – 71 мм (43 %).

По паровому предшественнику снижение запасов продуктивной влаги в метровом слое почвы на фоне глубокой плоскорезной обработки составило 69 мм, или 34 %, мелкой – 47 мм (28 %), поверхностной – 40 мм (24 %), нулевой – 18 мм (15 %), а с учетом весенних осадков потери влаги на испарение на фоне глубокой обработки были рав-

ны 118 мм, или 47 %, мелкой – 96 мм (44 %), поверхностной – 90 мм (41 %), нулевой – 66 мм (40 %), или снижались от глубокой к поверхностной, мелкой и нулевой обработкам.

После гороха уменьшение запасов продуктивной влаги в почве на фоне глубокой плоскорезной обработки составило 45 мм, или 26 %, мелкой – 35 мм (23 %), поверхностной – 25 мм (18 %), нулевой – 26 мм (22 %), а с учетом выпавших весенних осадков потери влаги на фоне глубокой обработки было равно 94 мм, или 42 %, мелкой – 84 мм (42 %), поверхностной – 75 мм (40 %), нулевой – 74 мм (44 %). В абсолютном выражении они сокращались от глубокой к поверхностной, мелкой и нулевой обработкам, а в относительном мало изменялись.

После овса снижение запасов продуктивной влаги в почве на фоне глубокой обработки составило 50 мм, или 29 %, мелкой – 17 мм (13 %), поверхностной – 33 мм (24 %), нулевой – 31 мм (26 %), а с учетом выпавших весенних осадков потери влаги на фоне глубокой обработки достигали 99 мм, или 45 %, мелкой – 66 мм (36 %), поверхностной – 83 мм (45 %), нулевой – 79 мм (48 %). В абсолютном выражении они уменьшались от глубокой к поверхностной, мелкой и нулевой обработкам, а в относительном даже несколько возрастали.

После бессменной пшеницы сокращение запасов продуктивной влаги в почве на фоне глубокой плоскорезной обработки составило 19 мм, или 12 %, мелкой – 22 мм (16 %), нулевой – 18 мм (17 %), на фоне поверхностной они увеличились на 2 мм (2 %). С учетом весенних осадков потери влаги на фоне глубокой обработки составили 67 мм, или 33 %, мелкой – 71 мм (38 %), поверхностной – 48 мм (31 %), нулевой – 66 мм (42 %), или снижались от глубокой к поверхностной и мелкой, но возрастали к нулевой обработке.

В период всходов пшеницы запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы в зависимости от предшественника составляли после пара 123 мм, гороха – 118, овса – 111, бессменной пшеницы – 117 мм, то есть преимущество пара над горохом составляло 5 мм (4 %), бессменной пшеницей – 6 мм (5 %), овсом – 12 мм (11 %). Различия в запасах продуктивной влаги по предшественникам были обусловлены неодинаковым их распределением по профилю почвы. Так, если в слое 0-50 см преимущество пара отмечено лишь над овсом (на 3 мм, или на 5 %), то в слое 50-100 см – его превосходство над другими предшественниками варьировало от 5 до 9 мм, или от 9 до 18 %.

Еще более значительные различия по запасам продуктивной влаги в почве к периоду всходов отмечены в зависимости от приемов основной обработки. Так, в метровом слое на фоне глубокой плоскорезной обработки они составляли 130 мм, на фоне мелкой – 117, поверхностной – 112, нулевой – 93 мм, в том числе в слое 0-50 см – 67, 63, 64 и 53 мм, а в слое 50-100 см – 63, 54, 48 и 40 мм соответственно. То есть уменьшение глубины или отказ от обработки приводило к снижению накопления влаги в метровом слое почвы на 13, 18 и 37 мм (10, 14 и 28 %), в том числе в верхнем полуметре – на 4, 3 и 14 мм (6, 4 и 21 %), в нижнем – на 9, 15 и 23 мм (14, 24 и 37 %).

Преимущество глубокой плоскорезной обработки над мелкой, поверхностной и нулевой по влиянию на запасы продуктивной влаги в почве по предшественникам усиливалось от пара к гороху, овсу и бессменной пшенице. Если после пара на фоне глубокой обработки запасы влаги в метровом слое к всходам были выше, чем на фоне мелкой, поверхностной и нулевой на 9, 4 и 32 мм (7, 3 и 32 %), а после гороха – на 11, 15 и 35 мм (9, 13 и 37 %), то после овса – на 8, 21 и 36 мм (7, 21 и 41 %), а под бессменной пшеницей – на 23, 31 и 46 мм (20, 29 и 51 %) соответственно.

В свою очередь, с уменьшением глубины основной обработки почвы возрастала роль предшественника в накоплении и сохранении влаги в почве. Так, если на фоне глубокой плоскорезной обработки в метровом слое почвы к всходам пшеницы они снижались от бессменной пшеницы (137 мм) к пару (131 мм), гороху (129 мм) и овсу (123 мм) на 4, 6 и 10 % соответственно, а на фоне мелкой – от пара (122 мм) к гороху (118 мм), овсу (115 мм) и бессменной пшенице (114 мм) на 3, 6 и 7 %, то на фоне поверхностной – от пара (127 мм) к гороху (114 мм), бессменной пшенице (106 мм) и овсу (102 мм) на 10, 17 и 20 %, а на необработанном фоне – от пара (99 мм) к гороху (94 мм), бессменной пшенице (91 мм) и овсу (87 мм) на 5, 8 и 12 %

К периоду уборки урожая пшеницы запасы продуктивной влаги в почве по фонам и вариантам опыта сокращались, по отношению к таковым во время всходов культуры, в соответствии со степенью влияния изучаемых факторов на рост и развитие яровой пшеницы, определяющих расход влаги на формирование урожая.

Таким образом, в условиях лесостепи Алтайского Приобья на землях с уклоном 1-2° усвоение зимних осадков выщелоченным черноземом возрастает, а потери влаги из него весной снижаются в направлении от пара и гороха к овсу и бессменной пшенице. При уменьшении глубины основной обработки почвы уменьшается как усвоение осадков, так и их потери в допосевной период.

Запасы продуктивной влаги в метровом слое почвы к периоду всходов пшеницы на фоне глубоких плоскорезных обработок мало зависели от предшественника, а на фоне мелких, минимальных или нулевых обработок закономерно снижались от пара к гороху, бессменной пшенице и овсу с 99-127 до 94-118, 91-114 и 87-115 мм.

Замена глубокой на мелкую плоскорезную и поверхностную обработки или переход на нулевую сопровождались снижением запасов влаги ко времени всходов пшеницы после пара на 4-32 мм (3-32 %), после гороха – на 11-35 мм (9-37 %), после овса – на 8-36 мм (7-41 %), в бессменных посевах пшеницы – на 23-46 мм (20-51 %).

Литература.

1. Дридигер В.К. Ошибки при освоении технологии No-till // Земледелие. 2016. № 3. С. 5–9.

2. Экономическая эффективность технологии No-till в засушливой зоне Ставропольского края / В.К. Дридигер, А.Ф. Невечеря, И.Д. Токарев и др. // Земледелие. 2017. № 3. С. 16–19.

3. Дридигер В.К., Стукалов Р.С., Матвеев А.Г. Влияние типа почвы и ее плотности на урожайность озимой пшеницы, возделываемой по технологии No-till в зоне неустойчивого увлажнения Ставропольского края // Земледелие. 2017. № 2. С. 19–22.

4. Пыхтин И.Г. Обработка почвы: действительность и мифы // Земледелие. 2017. № 1. С. 33–36.

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

6. Кураченко Н.Л., Картавых А.А. Агрофизическое состояние черноземов Красноярской лесостепи в условиях ресурсосберегающих технологий основной обработки // Земледелие. 2017. № 2. С. 17–19.

7. Власенко А.Н., Власенко Н.Г. Влияние технологии No-till на содержание питательных элементов в черноземе выщелоченном лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2016. № 3. С. 17–19.

8 Власенко А.Н., Слободчиков А.А., Власенко Н.Г. Роль сорта в формировании фитосанитарной ситуации в посевах и продуктивности яровой пшеницы, выращиваемой по No-till технологии // Земледелие. 2017. № 3. С. 20–23.

9. Гайдученко А.И., Сюмак А.В., Коротенко Б.А. Экономическая эффективность возделывания сои в зависимости от применяемых технологий // Земледелие. 2017. № 2. С. 23–25.

10. Юшкевич Л.В, Голованов Д.А. Водопроницаемость черноземных почв южной лесостепи Западной Сибири // Земледелие. 2017. № 5. С. 30–32.

11. Хасанова Г.Р., Сафин Х.М., Ямалов С.М. Оценка уровня засоренности агрофитоценозов при системе нулевой обработки почв (No-till) // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 11. С. 26-30.

12. Усенко В.И., Усенко С.В. Эффективность применения минеральных удобрений под яровую пшеницу в зависимости от предшественника, обработки почвы и средств защиты растений в лесостепи Алтайского Приобья // Земледелие. 2016. № 8. С. 4–8.

13. Дридигер В.К. О методике исследований технологии No-till // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 4. С. 30-32.

14. Усенко С.В. Оптимизация основной обработки почвы под яровую мягкую пшеницу в условиях лесостепи Алтайского Приобья: автореф. … канд. с.-х. наук. Барнаул, 2011. 17 с.

Water Regime of Leached Chernozem Depending on Forecrops and Tillage Methods

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

Abstract. *The influence of forecrops and tillage methods on the water regime of leached chernozem on the southeast slope with a steepness of 1–2 degrees was studied in a crop rotation "fallow, wheat, oat, wheat, pea, wheat" and in monoculture of wheat in the forest-steppe of the Altai Ob region. The reserve of productive moisture in the soil in autumn was changed under the influence of the forecrop: in a meter layer it was 116 mm after fallow, 87 mm after pea, 72 mm after oat, 64 mm in wheat monoculture, and it weakly depended on the soil tillage (78–88 mm). In the spring, available water capacity depended on both factors, and over the forecrops it was 172 mm after fallow, 154 mm after pea, 145 mm after oat, 133 mm in monoculture of wheat; over the tillage methods it was 176 mm against the background of deep tillage, 148 mm – shallow tillage, 137 mm – surface cultivation, 116 mm – no-till cultivation. To the moment of appearance of wheat sprouts, the reserve of productive moisture in the soil decreased to 123 mm after fallow, 118 mm after pea, 111 mm after oat and 117 mm in wheat monoculture; and against the background of deep tillage it decreased to 130 mm, shallow – 117 mm, surface – 112 mm, no-till – 93 mm. Taking into account the spring precipitation the unproductive loss of soil moisture over the forecrops were respectively 98, 85, 83 and 65 mm (44, 42, 43 and 36%), and over the soil tillage methods – 95, 80, 75 и 71 mm (42, 41, 40 and 43%). The decrease in the tillage depth or application of no-till was followed by reduction of available water capacity to the sprout appearance after fallow by 4–32 mm (3–32%), pea – by 11–35 mm (9–37%), oat – by 8-36 mm (7–41%), wheat monoculture – by 23–46 mm (20–51%).*

Keywords: *water regime, productive moisture, available water capacity, leached chernozem, forecrop, tillage methods, no-till.*

Author Details: *V.I. Usenko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: aniish@mail.ru); S.V. Usenko, Cand. Sc. (Agr.), leading research fellow.*

For citation: *Usenko V.I., Usenko S.V. Water Regime of Leached Chernozem Depending on Forecrops and Tillage Methods. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 14-18 (in Russ.).*

Признанная классика в защите свеклы

Сахарная свекла, в силу своих биологических особенностей, обладает низкой конкурентоспособностью и на ранних этапах развития (до смыкания ботвы в междурядьях) требует защиты от сорняков. При ранних сроках посева период от всходов до образования первой пары настоящих листьев у растений свеклы сильно затягивается и может занимать 15 и более дней. На этом этапе засоренность возрастает в три-пять раз, поскольку сорные растения значительно опережают всходы свеклы и быстро начинают использовать пространство, влагу и питательные вещества.

Посевам свеклы вредят около 30 видов двудольных и 14 видов однодольных сорняков. Из двудольных наиболее распространенны и вредоносны сорняки семейства сложноцветных. Значительный вред наносят щирица, щетинники, овсюг и осот полевой. Встречаются также вьюнок полевой, чистец однолетний, несколько видов однолетних горцев, бодяк полевой, марь белая, подмаренник цепкий. Свою активность сорняки проявляют в мае, когда начинается потепление и почва прогревается.

Гербицидная защита на свекле

Грамотное чередование культур на поле позволяет избежать проблем излишней засоренности, а своевременно проведенные обработки почвы осенью, после уборки предшественника и весной перед посевом свеклы уничтожают сорную растительность в период ее прорастания. Однако при высокой засоренности, если технология производства интенсивная, а хозяйство нацелено на эффективное использование всех ресурсов и высокий урожай, без применения гербицидов обойтись невозможно. Гербицидные обработки при выращивании свеклы – признак высокой агротехники производства. Химическая прополка снижает количество механических обработок почвы, а сельхозпроизводитель получает дополнительную возможность для экономии времени и средств.

Обработка сахарной свеклы против сорняков может проводиться как почвенными, так и послевсходовыми гербицидами, возможны также их комбинации. Каждый вариант обработки имеет свои особенности и характерный ряд гербицидов. Учитывая растянутый период всходов свеклы, рационально на ранних сроках посева вносить почвенные гербициды, работающие при низких температурах воздуха. Самым оптимальным вариантом является проведение гербицидной обработки в фазе развития сорняков «белая ниточка» — до всходов, что дает возможность контролировать как однолетние злаковые (на ранних этапах развития), так и почти все виды двудольных сорняков.

50 лет на рынке

Настоящей классикой в системе защиты сахарной свеклы стали Бетаналы. Эти препараты не просто успешно выдерживают конкуренцию на рынке уже 50 лет, но и оказывают влияние на развитие технологии возделывания свеклы, обеспечивая высокий уровень новых стандартов качества и инновационный подход. Так, например, за период применения Бетаналов в технологии возделывания сахарной свеклы произошел качественный рывок – переход от довсходовой системы гербицидной обработки к послевсходовой. Кроме того, существенно сократился объем ручного труда, а такое понятие как ручная прополка свеклы и вовсе навсегда ушло в прошлое.

При применении Бетанала большая часть сорняков погибает за 5-6 дней после обработки, остальные значительно отстают в росте или прекращают его совсем, давая возможность растениям свеклы успешно преодолеть критическую фазу развития и сформировать хороший урожай. Эти препараты действительно работают с гарантией. И 50 лет успеха – лучшая рекомендация их эффективности.

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10204
УДК 631.5:523.72:632.123:633.11 «324»

Влияние основных элементов системы земледелия на эффективность использования солнечной энергии и влаги посевами озимой пшеницы

В.Г. КУТИЛКИН, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: kutilkin_vg 65@ mail.ru)
С.Н. ЗУДИЛИН, доктор сельскохозяйственных наук, зав. кафедрой
Самарская государственная сельскохозяйственная академия, ул. Учебная, 2, пгт. Усть-Кинельский, Самарская обл., 446442, Российская Федерация

Исследования проводили в 1977-2016 гг. на трёх опытных полях в Самарской области с целью изучения влияния основных элементов системы земледелия на эффективность использования ресурсов солнечной энергии и влаги посевами озимой пшеницы. Схемы опытов предусматривали изучение следующих факторов: предшественники (чистый, занятый и сидеральный пар), системы удобрения (органо-минеральная рекомендуемая, органо-минеральная интенсивная и органическая), различные способы основной обработки на разную глубину под пар. Наблюдения и учёты проводили по общепринятым методикам. Почва участков – чернозем обыкновенный и типичный среднемощный тяжелосуглинистый (содержание гумуса от 6,0 до 8,3 %, доступных форм фосфора и калия – от 90 до 155 мг/кг и от 129 до190 мг/кг соответственно, $pH_{сол.}$ от 6,3 до 6,8 %). Наименьший коэффициент водопотребления (762) отмечен при размещении культуры по чистому пару. После занятого и сидерального пара он увеличивался на 21,4-42,5 %. Применение органо-минеральных систем удобрения повышало эффективность использования влаги и снижало коэффициент водопотребления растений с 958 до 853-869, по сравнению органической системой. Ресурсы солнечной энергии растения озимой пшеницы также лучше использовали при размещении культуры по чистому пару и органо-минеральным системам удобрения. После занятого и сидерального пара КПД ФАР снижался на 11,6-29,5 %, по сравнению с чистым паром. Под влиянием органо-минеральных систем удобрения КПД ФАР увеличился на 10,0-13,1 %, по сравнению с органической системой. Способы и глубина основной обработки почвы не оказали существенного влияния на эффективность использования солнечной энергии и влаги.

Ключевые слова: *вид пара, системы удобрения, основная обработка почвы, КПД ФАР, коэффициент водопотребления.*

Для цитирования: *Кутилкин В.Г., Зудилин С.Н. Влияние основных элементов системы земледелия на эффективность использования солнечной энергии и влаги посевами озимой пшеницы // Земледелие. 2018. № 2. С. 19-22.*

Среднее Поволжье – крупнейший регион – производитель товарного зерна озимой пшеницы. В структуре посевных площадей зерновых на её долю приходится около 25 %. Лидирующая роль этой культуры в общем производстве зерна предопределяется погодно-климатическими условиями региона. Повышение температуры и осадков в предзимние, зимние и ранневесенние периоды благоприятно сказывается на росте и продуктивности озимых. По данным Минсельхоза РФ, в 2016 г. площадь сева озимых культур в Самарской области составила 431 тыс. га, в основном они были представлены озимой пшеницей (около 90 %).

В засушливых условиях главное требование к выращиваемым сельскохозяйственным культурам заключается в максимальном использовании солнечной энергии и экономном расходовании почвенной влаги [1].

Коэффициент водопотребления – количество влаги, израсходованной на транспирацию и непродуктивное испарение с поверхности почвы. Величина этого показателя зависит от культуры, сорта, уровня плодородия почвы, метеоусловий и агротехники. В засушливые годы непроизводительный расход влаги на испарение увеличивается.

Солнечная энергия затрачивается на испарение влаги, разложение углекислого газа и воды в процессе фотосинтеза. Ее использование растениями характеризует коэффициент полезного действия фотосинтетически активной радиации (КПД ФАР) – отношение количества запасаемой энергии фотосинтетически активной радиации к количеству, поглощаемому растениями [2].

Существует ряд приемов, обеспечивающих повышение КПД ФАР и наиболее эффективное использование влаги, а, следовательно, увеличение урожайности сельскохозяйственных растений. Среди них важную роль играют правильное чередование культур, эффективные системы удобрения и основной обработки почвы [3].

Повышение интенсивности фотосинтеза благодаря лучшему использованию поступающей энергии – одна из важнейших задач будущего земледелия при решении продовольственной проблемы. Величина КПД ФАР в условиях Самарской области во многом зависит от обеспеченности растений влагой, так как этот фактор в регионе часто лимитирует их продуктивность.

Таким образом, адаптация агротехнологий к климатическим условиям – один из ведущих императивов современного земледелия [4].

Цель наших исследований – изучение эффективности использования посевами озимой пшеницы ресурсов влаги и активной солнечной радиации в зависимости от предшественника, системы удобрения и основной обработки почвы под паровые поля.

Экспериментальную часть исследований осуществляли на трёх опытных полях кафедр земледелия и землеустройства, почвоведения и агрохимии Самарской ГСХА.

В первом эксперименте работу проводили в 1977-1992 гг. в шестипольном полевом севообороте (опытное поле «5-й севооборот») на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом с содержанием гумуса в пахотном слое (по Тюрину) – 8,3 % , подвижного фосфора и калия (по Чирикову) – соответственно 153 и 170 мг/кг, $pH_{сол.}$ – 6,3-7,3 (ГОСТ 26483-85).

В качестве предшественника озимой пшеницы использовали чистый и занятый (горох) пар. Исследования проводили на удобренном фоне: $N_{60}P_{60}K_{60}$ под основную обработку, P_{10} – при посеве, N_{30} – подкормка ранней весной.

Схема опыта предусматривала изучение 5 вариантов системы основной обработки почвы под паровые поля: вспашка на 28-30 см (контроль); плоскорезная обработка на 20-22 см; мелкая обработка плоскорезами на 10-12 см; мелкая обработка тяжелой дисковой бороной на 8-10 см; без осенней механической обработки («нулевая обработка»), вместо которой после уборки урожая предшественника применяли гербицид 2,4Д аминная соль в дозе 5 л/га.

Во втором опыте (опытное поле «Пчёлка», 1992-2001 гг.) озимую пшеницу размещали в трёх шестипольных севооборотах на черноземе обыкновенном тяжелосуглинистом. Перед закладкой опыта почва в пахотном слое характеризовалась следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса (по Тюрину) 7,9-8,3 %, подвижного фосфора и калия

(по Чирикову) – соответственно 145-155 и 155-190 мг/кг, $pH_{сол.}$ – 6,8 (ГОСТ 26483-85).

В качестве предшественников изучали различные виды пара: чистый, занятый (горох) и сидеральный (викоовсяная смесь). В звеньях севооборота пар – озимая пшеница применяли следующие системы удобрения: органо-минеральная, рекомендуемая для центральной зоны Самарской области (внесение навоза в дозе 40 т/га, а также минеральных удобрений в следующих дозах – $N_{30}P_{65}K_{45}$ с чистым паром, $N_{30}P_{85}K_{45}$ с горохом, $N_{105}P_{130}K_{90}$ с викоовсом); органо-минеральная интенсивная, рассчитанная на получение максимально возможного урожая по влагообеспеченности (внесение навоза в дозе 40 т/га, а также минеральных удобрений в дозах – N_{145} $P_{20}K_{135}$ с чистым паром, $N_{190}P_{40}$ K_{65} с горохом, N_{120} $P_{80}K_{90}$ с викоовсом); органическая в дозах, рассчитанных на получение максимально возможного урожая по влагообеспеченности (внесение навоза в чистом пару 75 т/га, в занятом – 40 т/га, в сидеральном – 20 т/га и оставление на полях измельченной соломы предшественников).

Схема стационарного опыта под различные виды паров включала следующие варианты основной обработки почвы: лущение стерни БДТ-3 на 6-8 см и рыхление плугом со стойками СибИМЭ на 20-22 м (контроль); лущение стерни БДТ-3 на 6-8 см и обработка АКП-2,5 на 10-12 см; двукратная обработка почвы БДТ-3 на 6-8 см. Предпосевные и весенне-летние обработки почвы во всех вариантах были одинаковыми и общепринятыми для условий Самарской области.

Третий эксперимент (опытное поле «Угорье») был заложен в 2002 г. на черноземе типичном среднегумусном среднемощном тяжелосуглинистом. Содержание гумуса (по Тюрину) в слое 0-30 см – 6-7 %, обеспеченность подвижным фосфором и калием (по Чирикову) – 90 и 129 мг/ кг соответственно, $pH_{сол.}$ – 6,8 (ГОСТ 26483-85).

Исследования проводили в пятипольном полевом севообороте, в котором предшественниками озимой пшеницы были чистый пар и сидеральный пар (горчица).

Основная обработка под пар включала следующие варианты: вспашка на 20-22 см (контроль); мелкая обработка тяжелой дисковой бороной на 10-12 см; без осенней механической обработки («нулевая обработка»). В первых двух вариантах, как и в первом и во втором опытах, сразу после уборки предшественника проводили предварительное лущение дисковыми орудиями на глубину 6-8 см, в третьем применяли только гербицид сплошного действия.

Исследования проводили на фоне минимальных доз минеральных удобрений: P_{15} при посеве культур, N_{30} – подкормка озимой пшеницы ранней весной.

Повторность во всех опытах трёхкратная. Наблюдения и учёты (густота стояния растений, влажность почвы, засоренность посевов, учёт урожая и математическая обработка результатов) проводили по общепринятым методикам [5, 6, 7].

Для выявления наиболее приемлемого варианта технологий возделывания озимой пшеницы по паровым предшественникам проведена их экономическая и энергетическая оценка. Экономическую эффективность определяли на основе технологических карт и складывающихся рыночных цен на продукцию и основные средства производства осенью 2016 г. [8], а энергетическую – по общепринятым методикам [9, 10].

Метеоусловия в годы проведения исследований существенно различались, что позволяет объективно оценить результаты исследований.

За 1977-1992 гг. средняя сумма осадков за год составила 523 мм при норме 410 мм, среднегодовая температура воздуха превышала климатическую норму (3,8 ^{0}С) на 1,0 ^{0}С. За летний период (июнь–август) выпало 158 мм осадков при норме 134 мм. Сумма осадков за август превысила среднемноголетнее значение на 7 мм, однако в 56 % лет они были меньше климатической нормы, а в 19 % лет месяц был острозасушливым. В сентябре в 38 % лет количество осадков было меньше среднемноголетнего.

Во второй период исследований в среднем за год выпадало 522 мм осадков при среднегодовой температуре воздуха 4,9 ^{0}С. За июнь – август сумма осадков составила 122 мм с уменьшением их количества в августе, по сравнению с климатической нормой, на 4 мм. Анализ изменения суммы осадков в августе показал, что месяц стал более засушливым (число лет с количеством осадков ниже среднемноголетнего значения увеличилось с 19 до 27 %). Количество засушливых лет в сентябре возросло с 38 до 55 %.

В течение третьего периода осадков в среднем за год выпадало 498 мм при среднегодовой температуре воздуха 6,1 ^{0}С. Сумма осадков за летние месяцы составила 134 мм. В июне и июле их количество превышало климатическую норму, в августе было меньше нормы на 6 мм. При этом в течение 62 % лет в августе сумма осадков была меньше среднемноголетних значений. Одновременно число лет с явным дефицитом атмосферной влаги в этом месяце увеличилось с 27 до 38 %. В сентябре количество осадков меньше климатической нормы отмечали в 50 % лет.

Таким образом, в регионе август стал более сухим и жарким, увеличилось число лет с неблагоприятными условиями в предпосевной и послепосевной периоды озимых культур, а также число лет с дефицитом осадков в сентябре. Это снижает возможность размещения озимых культур по занятым парам, а в экстремальные годы и по чистому пару, что необходимо учитывать при разработке адаптивно-ландшафтных систем земледелия.

Количество продуктивной влаги, расходуемой растениями на формирование урожая (W), определяли по формуле:

$$W = W_0 + P \cdot \alpha + W_г - W_у,$$

где W_0 – запасы продуктивной влаги в почве при посеве и возобновлении вегетации озимых культур, мм; P – количество осадков, выпавших за период вегетации культуры, мм; α – коэффициент полезного использования осадков (для озимых культур 0,7-0,9 [2, 11]); $W_г$ – количество влаги, поступившей от грунтовых вод (при глубине залегания более 3 м в расчёт не принимали); $W_у$ – запасы влаги в период уборки, мм.

Коэффициент водопотребления (*Kw*) рассчитывали по формуле:

$$Kw = \frac{W}{Y},$$

где *W* – количество продуктивной влаги, расходуемое растениями на водопотребление культурой, м^3/га; *Y* – урожайность, т/га.

Эффективность использования солнечной радиации (КПД) определяли по Х. Г. Тооминг [12]:

$$\eta = \frac{g \cdot Y \cdot 100}{\sum Qф},$$

где *g* – калорийность растения, ккал/г, *Y* – биологический урожай общей сухой биомассы, г/см^2, $\sum Qф$ – сумма ФАР за вегетационный период, ккал/см^2.

В результате многолетних исследований установлено, что различные элементы технологии возделывания озимой пшеницы неодинаково влияли на запасы доступной влаги в почве, засоренность и урожайность культуры, а, следовательно, на эффективность использования ресурсов солнечной энергии и влаги.

В засушливых условиях Среднего Поволжья один из основных факторов формирования высоких и устойчивых урожаев сельскохозяйственных культур – влагообеспеченность растений. В наших опытах вид пара оказал существенное влияние на запасы продуктивной влаги в пахотном и метровом слоях почвы. Наибольшее ее количество перед посевом озимой пшеницы отмечено по чистому пару: в слое 0-30 см – 39,9 мм, 0-100 см – 143 мм, что

на 19,5-23,5 мм и 67,9-64,0 мм больше, чем по занятому и сидеральному парам соответственно. Это оказало заметное влияние на полевую всхожесть и густоту стояния растений. Так, наибольшее число растений озимой пшеницы наблюдали при размещении её по чистому пару – 422 шт./м^2, что в среднем на 15, 1 % больше, чем после занятого и сидерального пара. При этом следует отметить, что хорошие и удовлетворительные посевы культуры перед уходом в зиму удалось получить только по чистым парам, что в дальнейшем положительно сказалось на продуктивности растений. По остальным предшественникам (занятый и сидеральный пар) запасы влаги в почве в период посева озимых не всегда обеспечивали гарантированные своевременные и дружные всходы. Причем в последние годы отмечается систематическое повторение периодов отсутствия атмосферных осадков, особенно во второй половине вегетационного периода, что не позволяет сеять озимые культуры по занятому пару и его разновидностям.

Системы удобрения и основная обработка почвы не оказали существенного влияния на запасы продуктивной влаги и густоту стояния растений.

Урожайность озимой пшеницы по занятому и сидеральному парам в среднем за все годы исследований снижалась, по сравнению с чистым паром, на 4,6-8,7 ц/га, или 15,7-29,8 % (см. табл.). Менее заметное влияние на сбор зерна культуры оказали системы удобрения. Использование органо-минеральных систем удобрения увеличивало урожайность озимой пшеницы, по сравнению с органической, на 10,5-12,3 %.

Способы и глубина основной обработки оказывали близкое влияние на урожайность пшеницы. Основной причиной такой ситуации, на наш взгляд, следует считать то, что за период парования все основные параметры почвы, зависящие от основной обработки (влажность, плотность и др.) выравниваются. Однако более стабильные урожаи по годам наблюдали по вспашке. В среднем по опытам размах вариации по минимальным и нулевым обработкам был на 0,40-0,75 т/га больше, чем по отвальной.

Коэффициент водопотребления менялся по годам в зависимости не только от метеоусловий, но и от изучаемых факторов. Сильнее всего он был связан с видом пара и системой удобрения. Влияние основной обработки почвы на эффективность использования влаги было незначительным.

Самый низкий коэффициент водопотребления во все годы исследований наблюдали при размещении озимой пшеницы по чистому пару, в среднем по трем опытам он составил 762. Худшее обеспечение доступной влагой растений пшеницы, размещенных по занятому и сидеральному парам в начальный период роста и развития, способствовало повышению коэффициента водопотребления в среднем на 21,4-42,5 %.

При улучшении условий минерального питания в вариантах с органо-минеральными системами удобрения коэффициент водопотребления снижался, по сравнению с органической системой, с 958 до 853-869.

КПД ФАР также изменялся по годам в зависимости от метеоусловий и исследуемых факторов. Хуже всего солнечную энергию использовали растения озимой пшеницы, размещенные по занятому и сидеральному парам, а наиболее эффективно – в варианте с чистым паром. КПД ФАР в среднем по всем опытам после чистого пара составил 1,29. При размещении культуры по занятому и сидеральному парам он снижался на 11,6-29,5 %. Это связано, по нашему мнению, с различной густотой стояния растений и неодинаковой площадью листовой поверхности.

Значительное влияние на эффективность использование ресурсов солнечной энергии оказали и системы удобрения. Применение органо-минеральных систем повышало КПД ФАР, по сравнению с органической, на 10,0-13,1 %. Способы основной обработки паровых полей не оказали существенного влияния на величину этого показателя.

Худшее развитие растений по занятому и сидеральному парам, а также при органической системе удобрения способствовало не только снижению продуктивности культуры, но и ухудшению фитосанитарного состояния посевов, прежде всего, увеличению засоренности агрофитоценоза. Так, при замене чистого пара на занятый и сидеральный количество сорняков и их масса увеличилась в посевах пшеницы в первом опыте соответственно в 1,9 и 2,1 раза, во втором – в 1,4-1,6 раза и в 1,4-1,8 раза. Только в третьем эксперименте различия по засоренности посевов между видами пара были незначительными, что обеспечило применение современных высокоэффективных гербицидов. Система удобрения и основная обработка почвы в меньшей степени влияли на засоренность агроценозов озимой пшеницы. При этом следует отметить, что органическая система и минимализация обработки почвы способствовали увеличивали количества многолетних корнеотпрысковых сорняков на 46,7-63,1 и 24,5-41,4 % соответственно.

Результаты расчётов экономических показателей возделывания озимой пшеницы по различным предшественникам свидетельствуют, что в первом опыте, когда количество атмосферных осадков и запасы продуктивной влаги в период сева озимых были вполне достаточными для получения своевременных всходов растений и их нормального развития в осенний период, некоторое преимущество было за занятым паром благодаря большему

Влияние предшественников, систем удобрения и основной обработки почвы на эффективность использования солнечной энергии и влаги посевами озимой пшеницы

Изучаемый фактор и годы	Вариант опыта	Урожайность, ц/га	Kw, м^3/га	КПД ФАР, %
	Опытное поле «5-й севооборот»			
Вид пара (1978-1992 гг.)	чистый	3,18	706	1,41
	занятый	2,89	800	1,28
Основная обработка почвы (1978-1992 гг.)	вспашка на 28-30 см	2,99	737	1,33
	рыхление на 20-22 см	3,05	755	1,35
	мелкая на 10-12 см	3,04	753	1,35
	мелкая дисками на 8-10 см	3,10	733	1,38
	без осенней механической обработки	3,00	749	1,33
	Опытное поле «Пчёлка»			
Вид пара (1992-2001 гг.)	чистый	3,05	678	1,35
	занятый	2,02	1049	0,90
	сидеральный	2,08	1078	0,92
Система удобрения (1992-2001 гг.)	органо-минеральная рекомендуемая	2,48	869	1,10
	органо-минеральная интенсивная	2,53	853	1,12
	органическая	2,22	958	0,99
Основная обработка почвы (1992-2001 гг.)	рыхление на 20-22 см	2,42	882	1,07
	мелкая на 10-12 см	2,40	899	1,07
	поверхностная на 6-8 см	2,40	923	1,07
	Опытное поле «Угорье»			
Вид пара (2004-2010 гг.)	чистый	2,52	901	1,12
	сидеральный	2,02	1094	0,90
Основная обработка почвы (2003-2016 гг.)	вспашка на 20-22 см	2,45	937	1,09
	мелкая на 10-12 см	2,43	954	1,08
	без осенней механической обработки	2,45	938	1,08

$НСР_{05}$: в первом опыте – предшественник – 0,13; обработка почвы – 0,23; во втором опыте – предшественник – 0,22; система удобрения – 0,30; обработка почвы – 0,10; в третьем опыте – предшественник – 0,25; обработка почвы – 0,30 т/га.

выходу зерна (на 1,42 т/га) с единицы площади звена севооборота (горох – озимая пшеница). Это способствовало увеличению стоимости продукции на 11444,00 руб./га, условного чистого дохода – на 5315,75 руб./га, рентабельности производства зерна – на 14,6 %, по сравнению со звеном с чистым паром.

Однако во втором и третьем опытах погодные условия в августе – сентябре были жестче, чем в первый период исследований. Это способствовало формированию более высоких и стабильных урожаев озимой пшеницы после чистого пара, чем после занятого и сидерального, а также снижению урожайности гороха на 0,7 т/га. В результате только в варианте с чистым паром возделывание озимой пшеницы было экономически выгодным, рентабельность производства зерна по этому предшественнику находилась в пределах 39,1- 62,1 %.

Показатели энергетической и экономической эффективности не всегда совпадают между собой по направлению и степени изменчивости, но энергетическая оценка более объективна, чем экономическая, благодаря отсутствию влияния механизма ценообразования, связанного с постоянно меняющимися курсами валют, стоимостью материальных ресурсов [13].

Оценка энергетической эффективности возделывания озимой пшеницы по разным предшественникам показала, что в первых двух опытах наименьшие совокупные затраты на её возделывание отмечаются по занятому пару 23570,89 и 31199,10 МДж/га соответственно. Однако на окупаемость энергии большое влияние оказало ее содержание в зерне. По величине этого показателя по результатам трех опытов в звеньях севооборота наблюдали существенные различия. В первом опыте размещение пшеницы по гороху способствовало повышению накопления энергии, по сравнению с чистым паром, в 1,42 раза, во втором – небольшое преимущество было за чистым паром (на 776,2 МДж/га). В вариантах сидеральным паром величина этого показателя была ниже, чем в севооборотах с чистым и занятым паром, на 12959, 2 и 6680,0 МДж/га соответственно.

Наименьшая окупаемость энергии, как и следовало ожидать, отмечена в звене севооборота с сидеральным паром – энергетический коэффициент находился в пределах 0,54-1,05. Коэффициент энергетической эффективности возделывания озимой пшеницы в паровых звеньях первого опыта при размещении культуры по чистому пару составил 1,62, по гороху – 1,48, во втором – 1,13 и 0,83 соответственно. Низкий коэффициент окупаемости связан с большими совокупными затратами энергии прежде всего на производство и внесение минеральных и органических удобрений, которые в среднем по трем опытам составляли 31,2-37,8 % (максимальное значение 50,4%) от общих затрат на возделывание озимой пшеницы.

В третьем опыте окупаемость совокупных затрат при возделывании озимой пшеницы по чистому пару составила 1,91, по сидеральному – 1,05.

Таким образом, размещение озимой пшеницы по чистому пару на фоне органо-минеральных систем удобрения способствует более эффективному использованию солнечной энергии на 11,6-29,5 и 10,0-13,1 %, а влаги – на 21,4-42,5 и 10,2-12,3 % соответственно, по сравнению с посевом культуры по занятому и сидеральному парам и органической системе удобрения. КПД ФАР и коэффициент водопотребления озимой пшеницы практически не зависят от основной обработки паровых полей.

Литература.

1. Тулайков Н.М. Избранные произведения. М.: Сельхозиздат, 1963. 312 с.
2. Системы земледелия / А.Ф Сафонов, А.М. Гатаулин, И.Г. Платонов и др. / под ред. А.Ф. Сафонова. М.: КолосС, 2006. 447 с.
3. Немцев С.Н. Адаптация земледелия к природным и рыночным условиям. Ульяновск: ОГУП Областная типография «Печатный двор», 2004. 128 с.
4. Ресурсы адаптации агротехнологий в различные по погодным условиям года / А.А. Корчагин, Л.И. Ильин, М.А. Мазиров и др. // Земледелие. 2017. № 1. С. 16–20.
5. Практикум по земледелию / И.П. Васильев, А.М. Туликов, Г.И. Баздырев и др. М.: Колос, 2004. 424 с.
6. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. Общая часть. М.: Колос, 1971. Вып. 248 с.
7. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Колос, 1968. С. 256–281.
8. Энергетическая эффективность полевых агрофитоценозов в Среднем Поволжье. Учебное пособие / В.Г. Васин, А.А. Толпекин, С.Н. Зудилин и др. Самара: ОАО «ЧИПО», 2005. 124 с.
9. Несмеянов В.И. Методические указания по экономическому обоснованию технологий возделывания сельскохозяйственных культур. Кинель, СГСХА, 2008. 40 с.
10. Рабочев Г.И., Кутилкин В.Г., Рабочев А.Л. Биоэнергетическая оценка технологических процессов в растениеводстве. Учебное пособие. Самара: СГСХА, 2004. 112 с.
11. Агроэкологическая оценка земель, проектирование адаптивно-ландшафтных систем земледелия и агротехнологий. Методическое руководство. М.:ФГНУ «Росинформагротех», 2005. 784 с.
12. Тооминг Х.Г. Солнечная радиация и формирование урожая. Л.: Гидрометеоиздат, 1977. 200 с.
13. Теоретические основы эффективного применения современных ресурсосберегающих возделывания зерновых культур / И.Г. Пыхтин, А.В. Гостев, Н.Б. Нитченко и др. // Земледелие. 2016. № 6. С. 16–19,

Influence of Main Elements of Agriculture System on the Efficiency of Utilization of Solar Energy and Moisture by Winter Wheat Crops

V.G. Kutilkin, S.N. Zudilin
Samara State Agricultural Academy , ul. Uchebnaya, 2, pgt. Ust'-Kinel'skii, Samarskaya obl., 446442, Russian Federation

Abstract. *The investigations were carried out in 1977–2016 on three experimental fields in Samara region in order to study the influence of main elements of the farming system on the efficiency of utilization of solar energy and moisture by winter wheat crops. Schemes of the tests included the following variants: forecrops (bare, seeded and green manure fallow), fertilizer systems (organic and mineral recommended, organic and mineral intensive, organic), various methods and depths of tillage before fallow. Observations and stocktaking were conducted according to the generally accepted methods. The soil of the plots was ordinary and typical chernozems, medium thick, heavy loamy (the content of humus was from 6.0 to 8.3%, of available forms of phosphorus and potassium – from 90 to 155 mg/kg and from 129 to 190 mg/kg, respectively; pH(KCl) was from 6.3 to 6.8%). The lowest coefficient of water consumption (762) was noted when the culture was placed after bare fellow. After seeded and green manure fallows, it increased by 21.4–42.5%. The use of organic and mineral fertilizer systems increased the efficiency of moisture utilization and reduced the water consumption coefficient of plants from 958 to 853–869 compared to the organic fertilizer system. Winter wheat plants better used the resources of solar energy resources, when they were placed after bare fallow and with organic and mineral fertilizer systems. After seeded and green manure fallow the coefficient of efficiency of photosynthetically active radiation (PAR) decreased by 11.6–29.5% compared to the bare fallow. Under the influence of organic and mineral fertilizer systems, the efficiency of PAR increased by 10.0–13.1% compared to the organic fertilizer system. The methods and depth of tillage did not have a significant effect on the efficiency of utilization of solar energy and moisture.*

Keywords: *fallow type, fertilizer systems, tillage, efficiency of photosynthetically active radiation, coefficient of water consumption.*

Author Details: *V.G. Kutilkin, Cand. Sc.(Agr.), assoc. prof. (e-mail: kutilkin_vg 65 @ mail.ru); S.N. Zudilin, D. Sc. (Agr.), prof., head of department.*

For citation: *Kutilkin V.G., Zudilin S.N. Influence of Main Elements of Agriculture System on the Efficiency of Utilization of Solar Energy and Moisture by Winter Wheat Crops. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 19-22 (in Russ.).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10205
УДК 631.4

Изменение свойств осушенных торфяно-подзолисто-глеевых почв при длительном использовании

А.В. НЕФЕДОВ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
А.В. ИЛЬИНСКИЙ[1], кандидат сельскохозяйственных наук, директор (e-mail: vniigm@vniigm.ryazan.ru)
А.Е. МОРОЗОВ[2], кандидат биологических наук, директор (e-mail: agrohim_62_1b@mail.ru)
[1]Мещерский филиал Всероссийского научно-исследовательского института гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, ул. Мещерская (Солотча), 1а, Рязань, 390021, Российская Федерация
[2]Станция агрохимической службы «Рязанская», ул. Щорса, 38а, Рязань, 390025, Российская Федерация

Исследования проводили с целью оценки изменения свойств осушенной торфяно-подзолисто-глеевой почвы при её длительном использовании в сельскохозяйственном производстве. Наблюдения проводили на мелиоративном объекте «Тинки-2» (Рязанский район, Рязанская область). Под влиянием многолетнего использования в сельском хозяйстве (с 1962 по 2016 гг.) ускоряются процессы минерализации органического вещества. В результате торфяно-подзолисто-глеевая почва, подстилаемая древнеаллювиальными песками, эволюционно претерпевает следующие изменения: торфяной слой уплотняется, гумифицируется и минерализуется, что приводит к его трансформации в перегнойный горизонт. За первые 21 год интенсивного сельскохозяйственного использования мощность торфяного слоя уменьшилась до 14 см (на 74,5 %), за последующие 20 лет – до 3 см, а затем за еще 14 лет он превратился в однородный перегнойно-гумусовый горизонт, содержащий трудно различимые растительные остатки. За полувековой период сельскохозяйственного использования плотность сложения увеличилась в 6 раз, полная влагоемкость почвы уменьшилась в 3,6 раза. Зольность за первые 21 год возросла с 11,2 до 18,5 %, а к 2002 г. достигла 27,5 %. Этому способствовало смешивание пахотного горизонта с минеральным песчаным горизонтом при вспашке. Содержания общего азота в почве снизилось с 1982 по 2016 гг. на 1,13 %, углерода органического вещества – на 15,3 %. Динамика изменения кислотности почвы, содержания фосфора и калия была напрямую связана с внесением известковых, органических и минеральных удобрений.

Ключевые слова: *торфяники, трансформация, Рязанская Мещера, осушение, перегно-гумусовый горизонт, агрохимические свойства, водно-физические свойства.*

Для цитирования: *Нефедов А.В., Ильинский А.В., Морозов А.Е. Изменение свойств осушенных торфяно-подзолисто-глеевых почв при длительном использовании // Земледелие. 2018. №2. С. 23-35.*

После осушения и окультуривания торфяных почв наблюдается развитие ряда негативных процессов: осадка торфа и его консолидация (уплотнение) в результате удаления гравитационной влаги; активация биохимического разложения органогенной массы до углекислоты, воды и нитратов. Темпы разложения торфяных почв обусловлены тремя факторами: глубиной залегания грунтовых вод, характером сельскохозяйственного использования и климатическими условиями. Так, в лесостепи европейской территории разложение освоенных в сельскохозяйственном производстве торфяных почв протекает весьма интенсивно – до 2-3 см/год, что делает возможным сработку метровой толщи торфа до минерального дна менее чем за 40-50 лет [1, 2, 3, 4].

Рязанская Мещера, охватывает южную часть Мещерской низменности, занимая приблизительно треть территории Рязанской области. По данным С.Р. Тараниной, к 1990 г. лучшие кормовые угодья внепойменных территорий Рязанской Мещеры относятся к урочищам на низинных перегнойно-торфянистых и торфяно-глеевых, а также подзолисто-болотных глеевых суглинисто-песчаных почвах [5, 6, 7]. Помимо этого широкое распространение получили болотно-подзолистые или подзолисто-глеевые почвы, образовавшиеся при заболачивании дерново-подзолистых почв. При этом дерново-подзолистая почва трансформируется в торфяно-подзолисто-глеевую [8, 9, 10].

В результате осушения и длительного использования торфяных почв в сельскохозяйственном производстве отмечается значительное уменьшение торфяного слоя от 30 до 80 % и более [4, 11]. Бессистемная длительная эксплуатация торфяных почв приводит к полной потере плодородия [3, 4, 12, 13, 14]. Таким образом, особую актуальность приобрела проблема изучения трансформации длительно используемых в сельскохозяйственном производстве осушенных торфяных почв, решение которой позволит в дальнейшем разработать современные рекомендации по поддержанию и восстановлению их плодородия.

Цель исследований – оценка изменения свойств осушенной торфяно-подзолисто-глеевой почвы при её длительном использовании в сельскохозяйственном производстве.

Исходная информация для изучения и оценки изменения свойств, осушенных торфяно-подзолисто-глеевых почв (период наблюдений 1962-2016 гг.) представляет собой архивные материалы Рязанского филиала Центрального Государственного проектного института по землеустройству (Центргипрозем), а также результаты периодических обследований станцией агрохимической службы «Рязанская» и Мещерского филиала ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова».

Мелиоративная система «Тинки-2» расположена на землях ОПХ «Полково» Рязанского района Рязанской области, ранее ее активно использовали для торфоразработки, а с 1962 г. в качестве экспериментальной базы Мещёрской зональной опытно мелиоративной станции (МЗОМС). По проекту осушено закрытой сетью 166 га, открытой сетью – 150 га. Почвы преимущественно торфянистые. Мелиоративная система «Тинки-2» расположена в границах водосборного участка на второй надпойменной террасе реки Оки. Поверхность водо-

1. Динамика изменения мощности горизонтов, степени разложения, зольности и водно-физических свойств почвы

Показатель	1962 г.	1982 г.	2002 г.	2016 г.
Длительность эксплуатации, лет	–*	20	40	55
Мощность, см: перегнойного горизонта,	0	22	25	24
торфяного горизонта	55	14	3	0
Степень разложения, %	22,4	49	–	–
Зольность, %	11,2	18,5	27,5	–
Полная влагоемкость, % (от массы)	352	274	140,5	98
Наименьшая влагоемкость, % (от массы)	–	–	100	76
Плотность твердой фазы, т/ м^3	–	–	1,84	2,17
Плотность сложения, т/ м^3	0,11	0,13	0,46	0,66

*«-» – данные отсутствуют

сборного участка представляет собой слабовыположенную равнину. По механическому составу, пищевому, тепловому и водному режимам почв участок типичен для Мещерской низменности. Исследуемая территория находится в области Московского артезианского бассейна. Водоупором служат глины верхнеюрского и каменноугольного возраста. Верхнечетвертичный водоносный горизонт и нижне-среднечетвертичный водоносный комплекс образуют единый грунтовый поток, направленный от водораздела к магистральному каналу объекта «Тинки-2». Водовмещающие породы – пески светло-серые с желтым оттенком, средне и мелко-тонкозернистые, местами глинистые. Коэффициент фильтрации разнозернистых песков колеблется от 4,9 до 1,92 м/сут (нижне-среднечетвертичные отложения), а мелкозернистых песков – от 0,71 до 1,25 м/сут (верхнечетвертичный комплекс). Воды пресные, гидрокарбонатно-натриевые [5, 15].

В результате обследования проведенного Центргипрозем в 1962 г. на объекте «Тинки-2» почва участка площадью 50 га – торфяно-подзолисто-глеевая легкосуглинистая, подстилаемая древнеаллювиальными песками. По визуальным наблюдениям торф древесно-травянистый. Коэффициент фильтрации около 1,0 м/сут.

С 1962 г. участок использовали в 6-польном севообороте (однолетние травы с подсевом клевера – клевер I и II года пользования – ячмень на зерно – кукуруза на силос – кукуруза на силос). Средняя урожайность (1984-1988 гг.) ячменя – 2,67 т/га; кукурузы на силос – 40,4; многолетних трав на сено – 7,6; однолетних трав на зеленый корм – 21,3 т/га. В период 1984-1988 гг. в среднем ежегодно вносили 60 кг д.в./га азотных удобрений; 40 кг/га фосфорных; 80 кг/га калийных, а также по 30 т/га навоза КРС. В 1987 г. внесли доломитовую муку нормой 4,5 т/га. В 1990-1995 гг. на поле выращивали горохоовсяную смесь на зеленый корм (урожайность 20 т/га зеленой массы), клевер (10 т/га зеленой массы), кукурузу на силос (25 т/га). Удобрения в этот и последующий период не вносили. В 2003 г. после зяблевой вспашки на глубину 23-25 см и весенней культивации на глубину 7-10 см провели посев овса на зеленый корм в смеси с кострецом безостым (*Bromus inermis* L.). Затем до 2013 г. участок использовали под сенокос и пастбище. Осенью 2013 г. провели вспашку и до 2016 г. выращивали яровые зерновые культуры (ячмень, овес).

Агрохимические и водно-физические свойства почвы определяли в слое 0-20 см с использованием следующих методов: $pH_{(KCl)}$ – ГОСТ 27979; гидролитическая кислотность (ммоль/100 г почвы) – ГОСТ 27894.1-88; подвижный калий и фосфор (мг/кг) – ГОСТ 27894.6-88; сумма поглощенных оснований (ммоль/100 г почвы) – ГОСТ 27821-88; азот общий (%) – ГОСТ 26715-85; зольность (%) – ГОСТ 11306-83; плотность сложения (т/м^3), полная влагоемкость (%, от массы); наименьшая влагоемкость (%, от массы); плотность твердой фазы (т/м^3) – общепринятыми методами.

За первые 21 год интенсивного сельскохозяйственного использования мощность торфяного слоя торфяно-подзолисто-глеевых легкосуглинистых на древнеаллювиальных песках почв мелиоративного объекта «Тинки-2» уменьшилась на 74,5 % до 14 см, за последующие 20 лет – до 3 см, а затем еще за 14 лет он превратился в однородный перегнойно-гумусовый горизонт, содержащий трудно различимые растительные остатки (табл. 1). Существенно изменились и другие показатели почвы. Так, зольность за первый период увеличилась с 11,2 до 18,5 %, а к 2002 г. достигла 27,5 %. Этому способствовало уменьшение торфяного слоя и смешивание его с минеральным песчаным горизонтом при вспашке.

Плотность сложения почвы, во многом зависящая от степени разложения и зольности, за 55 летний период возросла в 6 раз и составила 0,66 т/м^3, что соответствует плотности перегнойного слоя. Увеличение плотности сложения приводит к снижению пористости и связанной с ней влагоемкости. В результате за более чем полувековой период использования объекта, полная влагоемкость уменьшилась в 3,6 раза.

Многие авторы отмечают, что при степени разложения более 50 %, зольности более 14,5 %, объемной массе более 0,20 г/см^3 торфяная почва превращается в гумифицированную массу, которая при дальнейшем использовании деградирует в бесструктурную массу с трудно различимыми растительными остатками [3, 11, 13].

В результате изучения агрохимических свойств длительно используемых торфяно-подзолисто-глеевых легкосуглинистых на древнеаллювиальных песках почв мелиоративного объекта «Тинки-2» (табл. 2) установлено уменьшение кислотности почвы участка в 2002 г., по сравнению с 1982 г., на 1,2 ед. pH, что связанно с последействием проведенного в 1987 г. известкования. Увеличение содержания фосфора к 2002 г., по сравнению с 1962 г., на 32,7 мг/кг и калия – на 13,4 мг/кг почвы обусловлено актив-

2. Динамика изменения агрохимических свойств почвы

Показатель	1962 г.	1982 г.	2002 г.	2016 г.
Длительность эксплуатации, лет	–	20	40	55
Подвижный калий, мг/кг	5,2	14,3	18,6	12
Подвижный фосфор, мг/кг	9,3	16,8	42	38
Валовое содержание углерода, % от органической массы	76,3	42,7	28,6	12,2
Азот общий, %	2,4	2,2	1,4	1,07
pH (KCl), ед. pH	–*	4,3	5,5	4,8
Гидролитическая кислотность, ммоль/100 г почв	–	–	1,9	3,1
Сумма поглощенных оснований, ммоль/100 г почвы	–	–	31,7	22,1
Степень насыщенности почвы основаниями, %	–	–	94,3	87,7

*«-» – данные отсутствуют

syngenta®

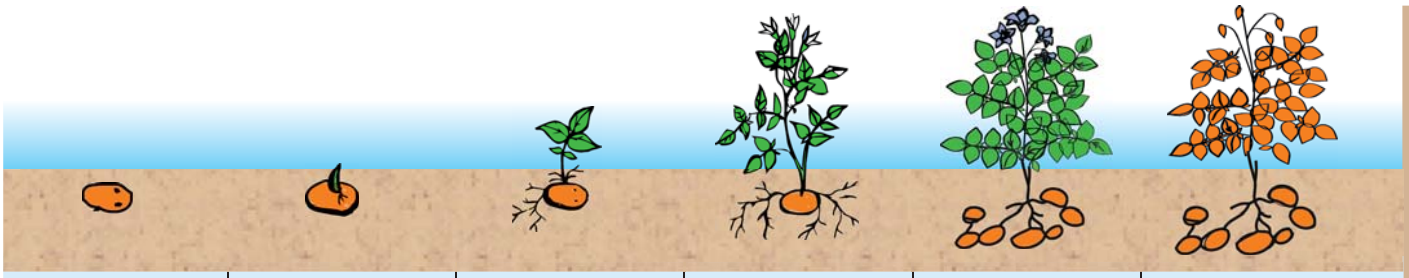
Узнайте больше о продукции по телефону горячей линии агрономической поддержки 8 800 200–82–82, а также на сайте www.syngenta.ru

®

СИСТЕМЫ ПИТАНИЯ
сельскохозяйственных культур

ПРОГРАММА ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ
КАРТОФЕЛЬ

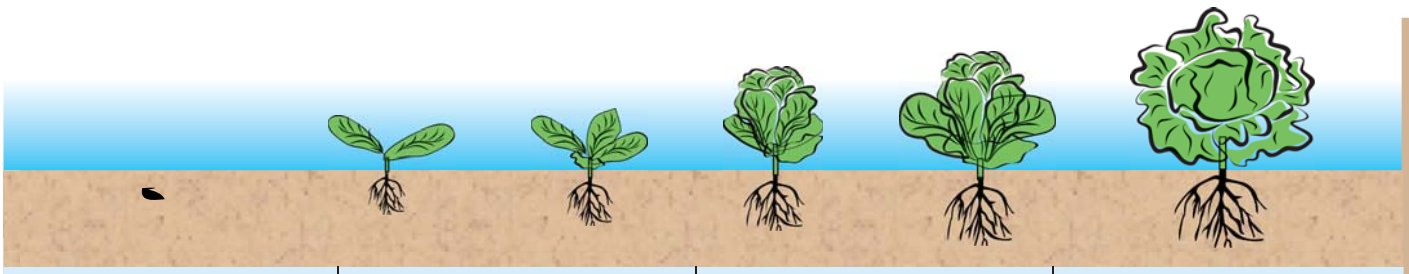
БУЙСКИЕ УДОБРЕНИЯ



ПОСАДКА	ВСХОДЫ	ВЕГЕТАТИВНЫЙ РОСТ	БУТОНИЗАЦИЯ	ЦВЕТЕНИЕ	СОЗРЕВАНИЕ
АКВАМИКС 100 г/тн ОМУ КАРТОФЕЛЬНОЕ 2-3 цн/га КАЛИМАГНЕЗИЯ 1-4 цн/га НА ПОЧВАХ С НИЗКИМ СОДЕРЖАНИЕМ К и Mg	КАЛЬЦИЕВАЯ СЕЛИТРА 100-200 кг/га	КАЛИЙ МЕТАБОРАТ 0,1-0,4 кг/га АКВАРИН 5 3-5 кг/га		АКВАРИН 12 1-2 кг/га	

ПРОГРАММА ОПТИМИЗАЦИИ МИНЕРАЛЬНОГО ПИТАНИЯ
КАПУСТА

БУЙСКИЕ УДОБРЕНИЯ



ПОСЕВ	ВЫСАДКА РАССАДЫ	НАРАСТАНИЕ РОЗЕТКИ ЛИСТЬЕВ	ФОРМИРОВАНИЕ КАЧАНА
ОМУ УНИВЕРСАЛЬНОЕ 100-300 кг/га	АКВАРИН 13 0,6-2 кг/га	АКВАРИН 5 3 кг/га КАЛЬЦИЕВАЯ СЕЛИТРА марка Б 100-150 кг/га	АКВАРИН 5 3 кг/га

ОМУ
„Универсальное"
КОМПЛЕКСНОЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ

Органоминеральное комплекное гранулированное удобрение „Универсальное" производится на основе низинного торфа и содержит в своем составе гуминовые соединения, азот, фосфор, калий, магний и микроэлементы. В технологическом процессе получения ОМУ минеральные элементы питания образуют с гуминовыми соединениями органоминеральные комплексы, позволяющие закреплять азот и калий в обменной форме и уменьшать их подвижность, а фосфор переводить в форму, легко усвояемую растениями. За счёт этого действия удобрения, происходит пролонгирование и коэффициент использования питательных элементов из ОМУ в 1,5 раза выше по сравнению с минеральными удобрениями.

Для обеспечения увеличения продуктивности культуры и восстановления плодородия почвы органоминеральное удобрение модифицировано микробиологическими препаратами на основе ризосверных бактерий.

СОСТАВ, %:

Марка	N общ.	P_2O_5	K_2O	MgO	S	Na	Cu	Zn	Fe	Mn	B	Mo	C гум.
Универсал	7	7	8	1,5	3,92	-	0,01	0,01	0,02	0,05	0,02	-	2,6
Картофельное	6	8	9	2,0	4,69	-	0,01	0,01	0,06	0,1	0,025	-	2,0
Газонное	10	7	7	1,5	3,57	-	0,01	0,01	0,01	0,07	0,02	-	1,9
Пшеничное	7	7	8	1,7	4,34	-	0,1	0,4	0,06	0,08	0,1	0,06	1,9
Свекловичное	4	6	5	1,0	3,16	1,0	0,01	0,01	0,15	-	0,4	0,05	3,4
Подсолнечное	7	10	5	0,5	1,97	-	0,2	0,2	0,1	-	0,25	-	2,4
Кукурузное	7	10	4	0,4	2,9	-	-	0,5	0,01	-	-	-	2,9

* с составом всех 14 марок органоминеральных удобрений можно познакомиться на сайте **www.bhz.ru**

ПРЕДНАЗНАЧЕНО:

Для полноценного питания полевых, садовых, огородных и декоративных культур, а также для выращивания рассады.

ОБЕСПЕЧИВАЕТ:

- высокий урожай с отличными вкусовыми качествами
- отсутствие в плодах нитратного азота,
- морозоустойчивость и сопротивляемость растений болезням
- увеличение содержания гумуса в корнеобитаемом слое
- улучшает структуру почвы и её водопроницаемость

БУЙСКИЙ ХИМИЧЕСКИЙ ЗАВОД

www.bhz.ru

Желаете получить **ЗДОРОВЫЙ УРОЖАЙ?**

Обеспечьте эффективную защиту семян от семенной и почвенной инфекций, с помощью качественных протравителей!

- Максимальный синергетический эффект
- Высокая скорость проникновения препарата
- Длительное профилактическое и защитное действие
- Полностью уничтожает болезни внутри и на поверхности семени
- Создает оптимальные условия роста и развития озимых культур

ТОРГОВЫЙ ДОМ
Кирово-Чепецкая Химическая Компания

www.kccc.ru

Алтайский край
altai@kccc.ru
+7-922-927-68-80
+7-922-927-70-60

Амурская область
amur.region@kccc.ru
+7-922-900-74-40

Белгородская область
belgorod@kccc.ru
+7-922-927-80-90

Калининградская область
kaliningrad@kccc.ru
+7-922-966-64-34

Краснодарский край
krasnodar@kccc.ru
+7-922-900-74-41

Новосибирская область
novosibirsk@kccc.ru
+7-922-900-74-64

Омская область
omsk@kccc.ru
+7-922-900-74-73

Оренбургская область
orenburg@kccc.ru
+7-922-966-65-00

Республика Башкортостан
bashkortostan@kccc.ru
+7-922-900-74-77

Республика Мордовия
mordoviya@kccc.ru
+7-922-900-75-85

Ростовская область
rostov@kccc.ru
+7-922-966-59-77

Ставропольский край
stavropol@kccc.ru
+7-922-966-60-16

Тамбовская область
tambov@kccc.ru
+7-922-966-59-88

Тюменская область
tyumen@kccc.ru
+7-922-966-60-04

Челябинская область
chelyabinsk@kccc.ru
+7-922-747-26-46

Центральный офис
td@kccc.ru
8 (83361) 5-20-67,
5-40-60, 9-28-73

ным применением на обследованном объекте минеральных удобрений в восьмидесятые годы двадцатого века. В период с 1989 по 2016 гг. удобрения и мелиоранты не вносили. Кроме того, заиление магистрального канала и подпор воды в дренах привели к поднятию уровня грунтовых вод в весенний и осенний периоды до 50 см, что способствует заболачиванию, а в условиях активного водообмена и выносу плохо закрепляемых на легких почвах катионов. В комплексе это вызвало подкисление почвы к 2016 г., по сравнению с 2002 г., на 0,7 ед. pH (до 4,8 ед. pH). Одновременно содержание подвижных форм фосфора уменьшилось на 4 мг/кг, калия – на 6,6 мг/кг почвы. Также следует отметить снижение содержания общего азота с 1982 г. по 2016 г. в почве на 1,13 % и углерода органического вещества на 30,5 %.

При выращивании многолетних трав (с 2003 по 2013 гг.) и зерновых культур (с 2014 по 2016 гг.) без внесения органических, минеральных удобрений и мелиорантов степень насыщенности почвы основаниями уменьшилась на 6,5 %, гидролитическая кислотность увеличилась на 1,2 ммоль/100 г почвы.

Анализ представленных результатов многолетнего мониторингового исследования показывает, что торфяно-подзолисто-глеевая почва в процессе осушения и длительного использования в сельскохозяйственном производстве эволюционно претерпела следующие изменения. Торфяный слой уплотнился, гумифицировался и минерализовался. Это в конечном итоге привело к его трансформации в перегнойный горизонт. При использовании таких почв в сельскохозяйственном производстве необходимо разрабатывать и внедрять современные мелиоративные технологии и приемы, направленные на повышение продуктивности длительно используемых мелиорированных сельскохозяйственных земель.

Литература.

1. Данчеев Д.В., Ильинский А.В. К проблеме использования органических отходов урбанизированных территорий при решении вопросов рационального природопользования // Экологические аспекты мелиорации, гидротехники и водного хозяйства АПК: материалы международной научно-практической конференции. М.: Изд. ВНИИГиМ, 2017. С. 184–187.

2. Зайдельман Ф.Р. Мелиорация почв: учебник. М.: Изд-во МГУ, 1987. 304 с.

3. Костяков А.Н. Основы мелиорации: учебник. 6-е изд. М.:, Сельхозгиз, 1960. 662 с.

4. Томин Ю.А., Мажайский Ю.А., Лисютин В.А. Экологические аспекты использования торфяных почв в сельскохозяйственном производств // Современные энерго- и ресурсосберегающие, экологически устойчивые технологии и системы сельскохозяйственного производства: сб. науч. трудов. Рязань: РГХСА, 2003. № 7. С. 121–125.

5. Ильинский А.В., Побединская Г.В., Игнатенок В.А. Экологические аспекты мониторинга мелиорируемых земель в условиях техногенеза на примере объекта «Тинки-2» Рязанской области // Мелиорация и водное хозяйство: проблемы и пути решения: материалы международной научной конференции. М.: Изд. ВНИИА, 2016. Т. II. С. 144–148.

6. Кузин А.В., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. Экологическое состояние осушительных мелиоративных систем в Рязанской области // 68-я Международная научно-практическая конференция «Принципы и технологии экологизации производства в сельском, лесном и рыбном хозяйстве». Рязань: Издательство РГАТУ, 2017. Ч. 1. С. 376–380.

7. Таранина С.Р. Сельскохозяйственные ресурсы ландшафтов Мещерской низменности в пределах Рязанской области // Природные и хозяйственные ресурсы Рязанской области и оценка их перспектив. Тезисы Рязанской областной научно-практической конференции, РГПИ 26-27 февраля. Рязань, 1990. С. 119–123.

8. Виленский Д.Г. Почвоведение: учебник. М.: Государственное учебно-педагогическое издательство Министерства просвещения РСФСР, 1957. 455 с.

9. Кауричев И.С. Почвоведение: учебник. Изд. 2-е. М.: Колос, 1975. 496 с.

10. Ушаков Р.Н., Нефедов А.В., Иванникова Н.А. Изменение агрохимических свойств дерново-подзолистых почв в процессе длительного сельскохозяйственного использования // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета имени П.А. Костычева. 2017. № 3 (35). С. 78–83.

11. Коршунова Е.Г., Томин Ю.А., Лисютин В.А. К вопросу эффективного использования длительно эксплуатируемых торфяных почв // Проблемы устойчивого развития мелиорации и рационального природопользования: материалы юбилейной международной научно-практической конференции. М.: изд. ВНИИА, 2007. Т. 2. С. 55–58.

12. Бондарев А.Г., Кузнецова И.В. К оценке степени деградации почвенного покрова и меры ее предупреждения // Антропогенная деградация почвнного покрова и меры ее предупреждения: тез. докл. Всеросс. конф. Почв. ин-т им. В.В. Докучаева. М.: РАСХН, 1998. Т. 1. С. 28–30.

13. Гулюк Г.Г. Томин Ю.А., Лисютин В.А. Почвенно-экологические особенности использования торфяных почв в сельскохозяйственном производстве // Мелиорация и окружающая среда. М.: изд. ВНИИА, 2004. Т. 1. С. 69–71.

14. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв / Л.В. Кирейчева, А.В. Нефедов, К.Н. Евсенкин и др. // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева. 2016. № 3 (31). С.12–17.

15. Информационный бюллетень о состоянии недр на территории Рязанской области за 2012 год. 2013. № 18. 148 с.

Change in the Properties of Drained Peaty-Podzolic-Gley Soils during Prolonged Use

A.V. Nefedov[1], A.V. Ilinskiy[1], A.E. Morozov[2]

[1]Tara Branch of All-Russian research institute for hydraulic engineering and reclamation of A.N. Kostyakov, Ryazan, 390021, ul. Meshcherskaya (Solotcha), 1a, Ryazan', 390021, Russian Federation

[2]Station of Agrochemical Service "Ryazanskaya", ul. Shchorsa, 38a, Ryazan', 390025, Russian Federation

Abstract. *The aim of the study was to assess the changes in the properties of drained peaty-podzolic-gley soil during its long-term use in agricultural production. Observations were carried out at the ameliorative facility "Tinky-2" (Ryazan district, Ryazan region). Under the influence of long-term use of the soil in agriculture (from 1962 to 2016), the processes of mineralization of organic matter accelerated. As a result, peaty-podzolic-gley soil, underlain by ancient alluvial sands, evolutionally undergoes the following changes: the peat layer compressed, humifies and mineralizes, which leads to its transformation into a humus horizon. For the first 21 years of intensive agricultural use, the thickness of the peat layer decreased to 14 cm (by 74.5%). Over the next 20 years, it reduced to 3 cm. Then for 14 years, it turned into a homogenous humous-humic horizon containing indistinct plant remains. Over a half-century of agricultural use, the density of the soil increased six times, the total moisture capacity of the soil decreased 3.6 times. The ash content for the first 21 years increased from 11.2% to 18.5%, and by 2016 it reached 27.5%. This was facilitated by the mixing of the arable horizon with the mineral sand horizon during plowing. The content of total nitrogen in the soil decreased by 1.13% from 1982 to 2016, of total carbon – by 15.3%. Dynamics of changes in soil acidity, phosphorus and potassium content correlated with the application of lime, organic and mineral fertilizers.*

Keywords: *peatland, transformation, Ryazan Meshchera, drainage, humous-humic horizon, agrochemical properties, water-physical properties.*

Author Details: *A.V. Nefedov, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; A.V. Ilinskiy, Cand. Sc. (Agr.), director (e-mail: vniigm@vniigm.ryazan.ru); A.E. Morozov, Cand. Sc. (Biol.), director (e-mail: agrohim_62_1b@mail.ru).*

For citation: *Nefedov A.V., Ilinskiy A.V., Morozov A.E. Change in the Properties of Drained Peaty-Podzolic-Gley Soils during Prolonged Use. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 23-25 (in Russ.).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10206
УДК 551.4:634.958

Влияние контурных стокорегулирующих лесных полос из дуба на эрозионно-гидрологические показатели на Среднерусской возвышенности

А.И. ПЕТЕЛЬКО[1], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: zaglos@mail.ru)
А.Т. БАРАБАНОВ[2], доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник (e-mail: a.barabanov2011@yandex.ru)
[1]Новосильская зональная агролесомелиоративная опытная станция – филиал Федерального научного центра агроэкологии РАН, ул. Семашко, 2А, Мценск, Орловская обл., 303035, Российская Федерация
[2]Федеральный научный центр агроэкологии РАН, просп. Университетский, 97, Волгоград, 400062, Российская Федерация

Исследования проводили с целью изучения влияния однорядных контурных стокорегулирующих лесных полос из дуба разных конструкций на природные факторы и эрозионно-гидрологические процессы. По результатам многолетних исследований пронализировано влияние различных противоэрозионных приёмов на формирование весеннего стока талых вод, в частности контурных лесополос продуваемой, плотной и комбинированной конструкции (на полевом стационарном опыте в 1926 г. посажена однорядная контурная стокорегулирующая лесная полоса из дуба) на снегоотложение, промерзание и влажность почвы, водопоглощение, сток и смыв почвы. За основу изучения водорегулирующей и противоэрозионной роли контурных лесополос и агротехнических приёмов был принят балансовый метод с использованием стоковых площадок, согласно методике Г.П. Сурмача. Роль защитных лесных насаждений недостаточна, если они расположены прямолинейно без учёта рельефа местности. Мелиоративная эффективность системы лесополос может быть повышена путем их размещения по горизонталям. Более равномерное распределение снежного покрова происходило в зоне влияния лесной полосы продуваемой конструкции, из самой лесополосе снег выдувался. Лесополоса плотной конструкции способствовала некоторому накоплению снега, как в межполосном пространстве, так и возле самого насаждения. В варианте со стокорегулирующей комбинированной лесополосой отложение снежного покрова было несколько меньше, чем при плотной конструкции. В продуваемой лесополосе высота снега составила 17 см, в плотной – 24 см и в комбинированной – 21 см.

Ключевые слова: *почва, эрозия, конструкция лесополос, контурная стокорегулирующая однорядная лесополоса, зяблевая вспашка, снегоотложение, промерзание и влажность почвы, снеготаяние, водопоглощение, снегозапасы, сток талых вод.*

Для цитирования: *Петелько А.И., Барабанов А.Т. Влияние контурных стокорегулирующих лесных полос из дуба на эрозионно-гидрологические показатели на Среднерусской возвышенности // Земледелие. 2018. № 2. С. 26-29.*

Водная эрозия почвы наносит большой ущерб сельскому хозяйству. Решать эту сложную проблему необходимо с использованием разработанного комплекса противоэрозионных мероприятий. На Новосильской ЗАГЛОС впервые стали размещать лесные полосы по контуру с 1926 г. Широкое распространение получает способ размещения лесных полос строго вдоль горизонталей или близко к ним. За многолетний период научных исследований разработаны новые способы борьбы с эрозией почв, дана оценка технологий создания контурных лесных полос, предложены направления совершенствования противоэрозионных лесомелиоративных предприятий [1].

Вопрос о размещении контурных лесополос на местности один из важнейших в лесной мелиорации. От правильности его решения зависит полнота использования мелиоративных функций насаждений и, следовательно, степень защиты территорий от вредоносных явлений. Следует отметить, что в гидрологическом и противоэрозионном отношении наилучший способ расположения лесополос – контурный (горизонтальный). Он обеспечивает благоприятные условия для ввода поверхностного стока в лесополосы, равномерного распределения воды по поверхности почвы в лесополосе и максимального её поглощения [2].

Современное интенсивное земледелие на склонах немыслимо без защиты почвы от водной эрозии и повышения продуктивности эродированных земель. Охрана почв от эрозий – одна из главных задач природопользования. Актуальность её возрастает в связи со всё более интенсивным использованием старопахотных земель, вовлечением в сельскохозяйственный оборот ранее малопригодных размытых земель. В Орловской области в последние годы идёт поэтапное освоение и распашка заброшенных земель.

Для успешной защиты почв от смыва необходимо знать закономерности эрозионных процессов и особенности их проявления в зависимости от совокупности природных факторов.

Цель исследований – изучение поверхностного стока талых вод, смыва и размыва почвы на различных агрофонах в системе контурных лесополос для оценки их водозадерживающей и противоэрозионной роли.

На Новосильской зональной агролесомелиоративной опытной станции с 1921 г. проводят разносторонние исследования процессов эрозии и испытание противоэрозионных приёмов. На сегодняшний день накоплен значительный научный материал, характеризующий эффективность комплекса противоэрозионных мероприятий.

Используя традиционные методы и средства научных исследований, в учреждении были заложены стационарные многофакторные опыты, позволяющие получать наиболее полные характеристики взаимосвязей изучаемых природных факторов.

Научный объект заложен на склоне западной и юго-западной экспозиции, крутизной от 1,5° в верхней до 3,5° в нижней части склона. Пять однорядных дубовых (10Д) контурных стокорегулирующих лесных полос размещены через 100 м вдоль горизонталей. Почвы опытного участка смытые серые лесные тяжелосуглинистые с содержанием гумуса в слое 0-30 см в среднем 2,1-2,6 %. Реакция почвенной среды слабо- и среднекислая. На опытном участке каждый год осенью закладываются стоковые площадки размером 20×100 м (см. рисунок).

Для решения программных вопросов изучали комплексное влияние контурных однорядных стокорегулирующих лесополос на природные факторы на различных агрофонах и без них (контроль), определяли снегоотложение, промерзание и сток талых вод, смыв почвы, оттаивание её, влажность, проводили ряд сопутствующих наблюдений. В исследованиях использовали труды Г.П. Сурмача [3, 4], Е.А. Гаршинёва [5], А.Т. Барабанова [6], А.И. Петелько [7], Н.Е. Петелько [8], С.И. Небольсина [9] и др.

Снегомерную съёмку проводили на стоковых площадках по двум профилям через 2 м в пятикратной повторности. Плотность снега определяли весовым снегомером ВС-43 на каждой стоковой площадке в шести точках, повторность – двукратная. Запасы воды в сне-

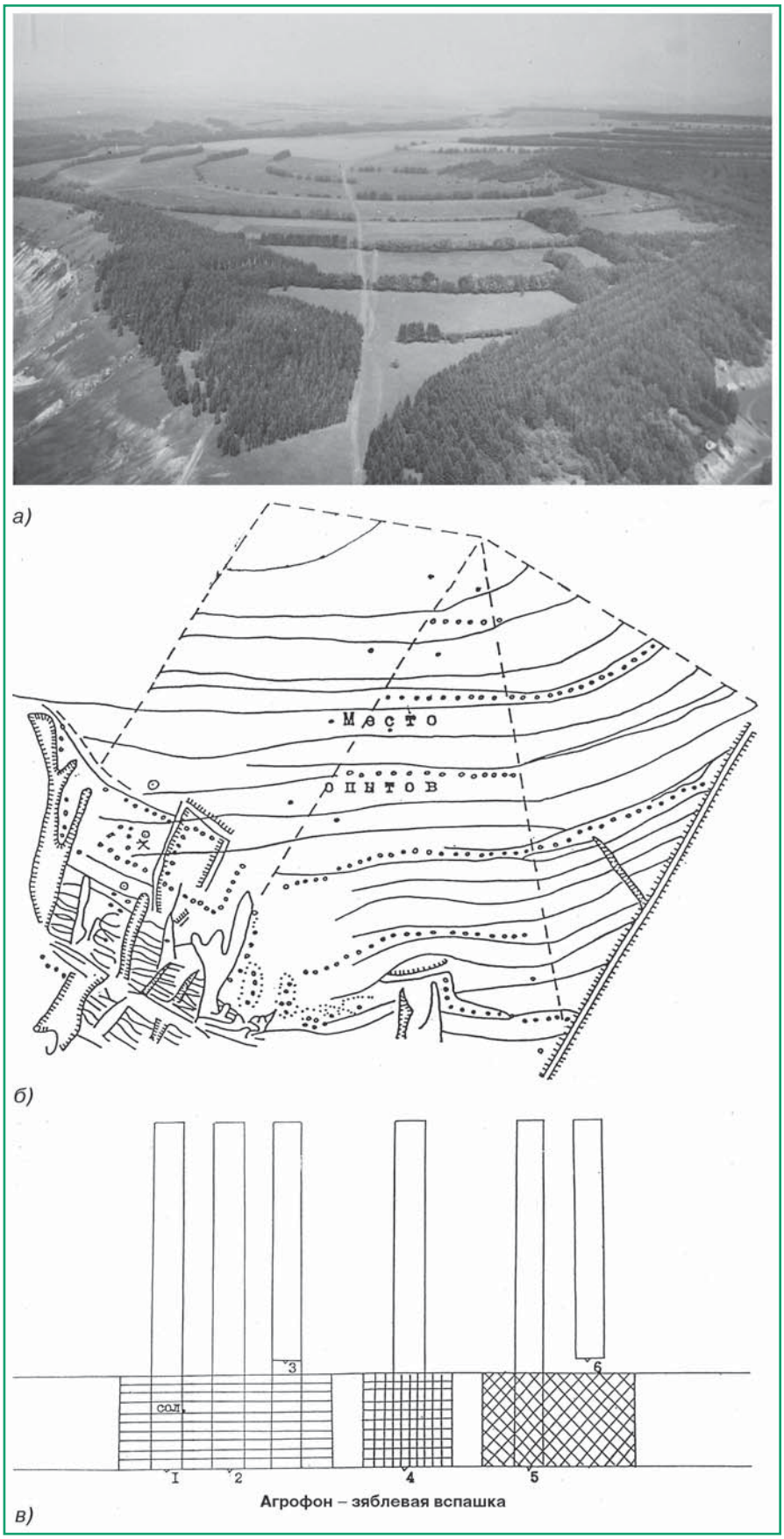


Рисунок. *Стационарный многофакторный опыт на Новосильской ЗАГЛОС: а) объекты исследований; б) размещение объектов исследований; в) схема расположения вариантов опыта на стоковых площадках: – лесополоса продуваемой конструкции; – лесополоса плотной конструкции; – лесополоса комбинированной конструкции.*

ге (Q) вычисляли по формуле Q=10Hd, где H – высота снежного покрова, см; d – плотность снега, г/см^3. Перед снеготаянием отбирали почвенные образцы на влажность, по наличию кристаллов льда в них определяли глубину промерзания почвы. Замеры воды на пороге водослива проводили линейкой с миллиметровыми делениями через каждый час. При наблюдении за оттаиванием почвы использовали металлическую шпильку с делениями.

В многофакторном опыте были заложены различные конструкции контурной стокорегулирующей лесополосы из дуба: плотная, продуваемая и комбинированная. Продуваемые лесополосы (крупные просветы между стволами и практически без просветов в кронах) обеспечивают, в основном, равномерное распределение снега на полях, но он выдувается из самих насаждений, и почва глубоко промерзает.

Лесополосы ажурной конструкции (небольшие просветы по всему профилю) занимают промежуточное положение по характеру снегоотложения, но не обеспечивают нужного снежного покрова и не предохраняют почву от промерзания.

Лесополоса комбинированной конструкции обеспечивает предохранение почвы от глубокого промерзания. Достигается это тем, что в нижней части примерно до 50 см от земли она плотная, выше до 1,5-2 м – продуваемая (без сучьев), а ещё выше – ажурная или плотная. Плотная конструкция в нижней части формируется из низкорослого кустарника или подрезного высокорослого. Лесополоса такой конструкции будет работать следующим образом: при первом же снегоотложении в ней будет накапливаться снег и предохранять почву от промерзания. После накопления снега до 50 см (этого достаточно для полного предотвращения почвы от промерзания) он будет хорошо продуваться и откладываться в поле.

Схема полевого опыта на стоковых площадках предусматривала следующие варианты:

зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса продуваемой конструкции с мульчей соломы;

зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса продуваемой конструкции;

зяблевая вспашка (контроль);

зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса плотной конструкции;

зяблевая вспашка + контурная лесная полоса комбинированной конструкции;

зяблевая вспашка (контроль).

Два контроля были заложены для большей достоверности. Солому в соотвествующем варианте завозили и разбрасывали в лесной полосе. Мульча из соломы способствует задержанию влаги и медленному ее перераспределению в нижележащие горизонты.

Сложившиеся погодные условия зимнего периода с частой сменой от-

1. Влияние контурных стокорегулирующих лесополос разных конструкций на характер снегоотложения (в среднем за 1997-2009 гг.)

Конструкция	Высота снега (в числителе), см; длина шлейфов и межшлейфовых частей (в знаменателе), м			
	лесополоса	верхний шлейф	нижний шлейф	межшлейфовая часть
Продуваемая с мульчей соломы	19 / 6	33 / 16	27 / 15	31 / 45
Продуваемая	17 / 7	31 / 14	27 / 16	30 / 50
Плотная	24 / 7	30 / 15	31 / 19	30 / 50
Комбинированная	21 / 8	26 / 17	26 / 16	29 / 51
Контроль без лесополосы		27 / 14	27 / 15	27 / 16

рицательных и положительных температур, неглубокое промерзание почвы, медленное таяние снега днём при пасмурной погоде и другие факторы обеспечили впитывание всей талой воды в почву. В 1997-2002 и 2004-2009 гг. поверхностного стока не наблюдали. В 2003 г. сформировался весенний сток от слабого до умеренного.

Многолетние наблюдения показали, что на снегоотложение оказывает влияние агрофон, вид угодья, элементы рельефа и другие факторы. В холодный период происходит перераспределение снега во время ветров и метелей. Направление ветров менялось в широких пределах. Контурные стокорегулирующие лесные полосы способствовали накоплению и сохранению снега в межполосных пространствах. Перед весенним снеготаянием в опыте средняя высота покрова в разных вариантах колебалась от 17 до 33 см (табл. 1).

В лесной полосе продуваемой конструкции происходило выдувание снега, и высота снежного покрова в среднем составляла 17 см. В зоне влияния насаждения плотной конструкции отмечали наносы снега. В самой лесополосе его высота была наибольшей 24 см. В насаждении комбинированной конструкции величина этого показателя составляла 21 см. У лесополос образовались снежные шлейфы длиной от 6 до 19 м. В зоне влияния насаждения плотной конструкции на зяби высота снежного покрова была больше, чем в зонах влияния лесных полос продуваемой и комбинированной конструкций. В межшлейфовом пространстве снег откладывался более или менее равномерно. Высота снежного покрова в лесных полосах продуваемой конструкции была несколько меньше, чем на прилегающих участках. Это объясняется тем, что в однородных контурных лесных полосах продуваемой конструкции снег сдувался.

2. Промерзание почвы на склоне перед снеготаянием в зависимости от высоты снежного покрова за 1997-2009 гг.

Вариант	Место определения (поле)	Высота снега, см	Глубина промерзания, см
Фон + контурная стокорегулирующая лесная полоса продуваемой конструкции с мульчей соломы	верх	34	11
	середина	33	12
	лесополоса	19	11
Фон (контроль)	верх	30	14
	середина	30	15
	лесополоса	32	14
Фон + контурная стокорегулирующая лесная полоса плотной конструкции	верх	33	14
	середина	32	14
	лесополоса	29	10
Фон + контурная стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции	верх	29	15
	середина	30	12
	лесополоса	24	15
$НСР_{05}$		4,9	

Глубина промерзания почвы зависит, с одной стороны, от толщины снежного покрова, с другой – от суммы отрицательных температур зимнего периода и других факторов. За период наблюдений зимы в основном были нехолодными, с оттепелями, поэтому почва промерзала неглубоко. На различных агрофонах перед снеготаянием промерзание составляло 10-15 см при высоте снежного покрова 24-34 см (табл. 2).

Для характеристики стока важно определить влажность почвы перед снеготаянием. Наблюдения показали, что в этот период они в большинстве случаев выше, чем после снеготаяния, например, в слое 0-30 см разница варьировала от 9,4 до 38,6 мм (табл. 3). Следует отметить, что неравномерное снегоотложение приводит к неоднородному увлажнению почвы.

Перед весенним снеготаянием в 30-сантиметровом слое почвы в лесной полосе продуваемой конструкции под соломой влагозапасы составляли 136,1 мм, а в насаждении плотной конструкции 117,0 мм, или на 19,1 мм меньше (см. табл. 3). Наибольшие влагозапасы в середине межполосного пространства в этом слое (133,3 мм) отмечены в варианте с контурной лесополосой плотной конструкции.

В метровом слое почвы (0-100 см) влагозапасы во всех вариантах опыта находились в пределах от 366,7 до 416,4 мм. После снеготаяния они претерпевали изменения в сторону умень-

3. Влияние стокорегулирующих контурных лесополос на распределение влагозапасов (в среднем за 13 лет), мм

Вариант	0-30 см			0-50 см			50-100 см			0-100 см		
	перед снеготаянием	после снеготаяния	разница	перед снеготаянием	после снеготаяния	разница	перед снеготаянием	после снеготаяния	разница	перед снеготаянием	после снеготаяния	разница
Зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса продуваемой конструкции с мульчей соломы												
Верх	122,8	93,9	28,9	204,7	167,9	36,8	174,4	174,2	0,2	397,4	339,7	57,7
Середина	132,5	103,4	29,1	212,2	173,8	38,4	186,2	176,9	9,3	409,6	352,1	57,5
В лесополосе под соломой	136,1	118,4	17,7	215,2	195,3	15,5	166,3	173,9	-7,6	416,4	386,8	29,6
Зяблевая вспашка (контроль)												
Верх	121,3	95,3	26,0	201,7	168,7	33,0	170,0	172,3	-2,3	392,7	345,7	47,0
Середина	120,9	93,0	27,9	204,7	169,1	35,6	182,7	182,8	-0,1	406,7	338,2	68,5
Низ	118,1	87,9	30,2	200,4	170,2	30,2	176,7	178,2	-1,5	394,1	350,9	43,2
Зяблевая вспашка + контурная лесная полоса плотной конструкции												
Верх	116,8	94,1	22,7	197,2	167,7	29,5	171,9	174,3	-2,4	386,0	347,7	38,3
Середина	133,3	99,0	34,3	207,2	177,1	30,1	171,4	178,5	-7,1	396,5	359,1	37,4
В лесополосе	117,0	107,8	9,4	186,7	182,7	4,0	158,0	171,4	-13,4	366,7	364,0	2,7
Зяблевая вспашка + контурная стокорегулирующая лесная полоса комбинированной конструкции												
Верх	121,5	92,7	28,8	202,3	165,5	36,8	174,1	172,3	1,8	396,4	342,1	54,3
Середина	130,9	92,3	38,6	203,6	168,8	34,8	172,7	173,8	-1,1	396,5	345,7	50,8
В лесополосе	131,5	118,7	12,8	207,6	199,4	28,2	156,3	174,5	-18,2	402,9	380,1	22,8

4. Влияние ландшафта на эрозионно-гидрологические показатели за 1997-2009 годы

Вариант опыта	Фактор			Водопоглощение, мм	Сток, мм
	влажность почвы в слое 0-100 см перед снеготаянием, %	общие снегозапасы + осадки за период снеготаяния, мм	глубина промерзания почвы перед снеготаянием, см		
Фон (контроль)	26,3	89	17	86,8	1,7
Фон + контурная лесополоса продуваемой конструкции с мульчей соломы	27,0	96	15	94,7	1,3
Фон + контурная лесополоса плотной конструкции	26,2	105	14	103,9	1,1
Фон + контурная лесополоса комбинированной конструкции	27,1	99	16	97,6	1,4
Среднее	26,7	97	16	96,0	1,5
$НСР_{05}$		6,1		8,2	

шения. Наблюдалось варьирование влажности почвы. В метровом слое (0-100 см) в лесной полосе плотной конструкции запасы влаги составляли 366,7 мм, а в полосе комбинированной конструкции они были больше на 36,2 мм. Здесь очевидно влияние контурных насаждений различных конструкций на распределение влагозапасов перед снеготаянием. Самыми высокими в слое 0-100 см они были в лесной полосе под соломой – 416,4 мм, что на 13,5 мм больше, чем в варианте с комбинированной лесополосой.

На стационарном опыте за 13 лет наблюдений среднегодовой весенний сток составил 1,5 мм, просочилось в почву – 96,0 мм. Факторы, которые способствовали высокому водопоглощению – слабое промерзание почвы (14-17 см) при общих снегозапасах – 89-105 мм и влажности почвы – 26,2-27,1%. На контрольном агрофоне определённые снегозапасы всегда были самыми низкими и составляли 89 мм, а в варианте с лесной полосой плотной конструкции наибольшими – 105 мм.

Снегозапасы в вариантах с контурными лесополосами разных конструкций были выше, чем в контроле, на 7-16 мм, водопоглощение – на 7,9-17,1 мм.

Таким образом, перераспределение запасов влаги в метровом слое почвы происходит от поверхности к нижним слоям. В слое 0-100 см ее увлажнение в среднем во всех вариантах колебалось перед снеготаянием от 366,7 до 416,4 мм. После прохождения снеготаяния влажность почвы претерпевала изменения в сторону уменьшения. Разность составила 2,7-68,5 мм.

За годы наблюдений более равномерное отложение снега на поле наблюдали в зоне влияния лесополосы продуваемой конструкции. Защитные насаждения плотной конструкции способствовали накоплению снега в самой полосе. В лесной полосе продуваемой конструкции происходило некоторое выдувание снега.

Весенний сток талых вод от слабого до умеренного сформировался только в 2003 г. и проходил в спокойном русле, не вызывая эрозии. Поэтому в среднем за годы исследований в контроле в межполосном пространстве он составил 1,7 мм, а в вариантах с лесополосами снижался на 0,3-0,6 мм, с минимальными значениями в поле, защищенном плотной лесной полосы.

Литература.

1.Петелько А.И. Агролесомелиорация в адаптивно-ландшафтном земледелии в лесостепи Центрального Нечерноземья: автореф. дис. ... доктора с.-х. наук. Волгоград, 2012. 39 с.

2.Гаршинёв Е.А. Выбор способа размещения лесополос на водосборах с учётом направления вредоносных ветров // Лесомелиорация при контурном земледелии: сборник научных трудов. Волгоград, 1988. Вып. 1 (93). С. 30–42.

3. Методика изучения водорегулирующей и противоэрозионной роли лесных полос и агротехнических приёмов / Сурмач Г.П. и др. Волгоград, 1967. 39 с.

4.Сурмач Г.П. Классификация смытых почв и её применение при составлении крупномасштабных почвенно-эрозионных карт // Почвоведение. 1954. № 1. С. 71–80.

5.Гаршинёв Е.А. Эрозионно-гидрологический процесс и лесомелиорация: Теория и модели. Волгоград: ВНИАЛМИ, 1999. 196 с.

6.Барабанов А.Т. Изучение водозадерживающих приёмов обработки светлокаштановых почв на склоновых землях Волгоградской области: автореф. дис. ... канд. с.-х. наук. М., 1968. 17 с.

7.Петелько А.И., Новиков Н.Е. Предложения по защите почв от водной эрозии в Центральных районах Нечерноземья. Орёл, 1999. 31 с.

8. Зыков И.Г., Зайченко К.И., Петелько Н.Е. Влияние противоэрозионной лесомелиорации на свойства смытых серых лесных почв Центральной лесостепи // Лесомелиорация склонов: сборник научных трудов. Волгоград, 1985. Вып. 3 (86). С. 29–43.

9.Небольсин С.И., Надеев П.П. Элементарный поверхностный сток. Л.; М.: Гидрометеоиздат, 1937. 63 с.

Influence of Contour Flow Regulating Oak Forest Belts on Erosion and Hydrological Indicators at the Central Russian Upland

A.I. Petelko[1], A.T. Barabanov[2]

[1]Novosil'skaya Zonal Agroforestal Experimental Station – the branch of the Federal Scientific Center of Agroecology of the RAS, ul. Semashko, 2A, Mtsensk, Orlovskaya obl.', 303035, Russian Federation

[2]Federal Scientific Center of Agroecology of the RAS, pr. Universitetskii, 97, Volgograd, 400062, Russian Federation

Abstract. *The aim of the study was to determine the influence of one-row contour flow regulating oak forest belts of different designs on the natural factors and on the erosion and hydrological process. Based on the results of many years of the research, we analyzed the effect of various erosion control methods on the formation of spring runoff of melt water, in particular contour forest belts of a blown, dense and combined structure, on snow accumulation, freezing and humidity of soil, water absorption, runoff and washout of soil. One-row contour flow regulating oak forest belt was planted in a field stationary experiment in 1926. The balance method with the use of stock areas according to the methodology of G.P. Surmach served as the basis for studying the water-controlling and anti-erosion role of contour forest belts and agrotechnical techniques. The studies showed that the role of protective forest plantations was insufficient if they were located in a straight line without taking the relief into consideration. Reclamation effectiveness of the system of forest belts can be enhanced by placing according to horizontals. A more uniform distribution of snow cover occurred in the area of influence of the forest belt of the blown construction; in the forest belt itself, the snow was blown out beyond it. The forest of the dense structure contributed to some snow accumulation, both in the space between belts and near them. In the variant with the flow regulating forest belt of the combined type, the accumulation of snow cover was slightly less than for the dense structure. In the blown forest the snow depth was 17 cm, in the dense one – 24 cm, in the combined belt – 21 cm.*

Keywords: *soil, erosion, construction of forest belts, contour flow regulating one-row forest belt, autumn plowing, snow accumulation, freezing and moisture content of soil, snowmelt, water absorption, snow reserves, runoff of melt water.*

Author Details: *A.I. Petelko, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: zaglos@mail.ru); A.T. Barabanov, D. Sc. (Agr.), chief research fellow (e-mail: a.barabanov2011@yandex.ru).*

For citation: *Petelko A.I., Barabanov A.T. Influence of Contour Flow Regulating Oak Forest Belts on Erosion and Hydrological Indicators at the Central Russian Upland. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 26-29 (in Russ.).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10207
УДК: 631.416.8 +581.5

Агроэкологические особенности содержания и миграции тяжелых металлов в почве лесополосы и защищаемого поля

С.В. ПУГАЕВ, кандидат биологических наук, старший научный сотрудник (e-mail: niish-mordovia@mail.ru)
Мордовский научно-исследовательский институт сельского хозяйства, ул. Мичурина, 5, р.п. Ялга, Саранск, Республика Мордовия, 430904, Российская Федерация

Исследования проводили в 2001-2008 гг. в пригородной зоне г. Саранска Республики Мордовия на черноземе выщелоченном тяжелосуглинистом. Возраст насаждений лесополосы более 50 лет. Точки отбора проб почвы: лесополоса, 10, 30, 50, 100, 150 и 250 м (фон) от полосы в сторону защищаемого поля на заветренную сторону в слоях почвы 0-20 см, 30-40 см, 50-60 см. Максимальная концентрация Fe (до 60214 мг/кг) установлена в слое 30-40 см в 10 м от полосы; Mn (до 1084,75 мг/кг) – в слое 0-20 см в 100 м от полосы и Cr (128,77 мг/кг) – в слое 0-20 см почвы лесополосы. В лесополосе слой 0-20 см оказался загрязнен тяжелыми металлами (ТМ) в 1,1-1,9 раз больше, чем на пашне геохимического района, в котором расположено поле. Суммарное содержание ТМ изменялось в слоях почвы поля и, как следствие, произошло перераспределение максимумов их относительных долей на разном удалении от полосы в зависимости от металла: в 10 м для Fe, в 30 м для Mn, в 250 м для Cr. По элювиально-аккумулятивному коэффициенту выявлены аэральный, гидрогенный и промежуточные типы загрязнения почвы, связанные с перераспределением атмосферных осадков в защищаемом полосой поле. Учитывая значимость воздействия лесополосы на распределение металлов в слоях почвы поля, можно рекомендовать особое размещение культур для выращивания более качественной продукции.

Ключевые слова: *поле, лесополоса, почва, тяжелые металлы.*

Для цитирования: *Пугаев С.В. Агроэкологические особенности содержания и миграции тяжелых металлов в почве лесополосы и защищаемого поля // Земледелие. 2018. № 2. С. 30-32.*

Полезащитные лесные полосы занимают особое место в земледелии. В антропогенно-измененных биогеоценозах они создают микроклимат для более благоприятного роста и развития растений, воздействуя на ветровой и водный режимы, регулируя потоки атмосферных осадков и пыли [1]. Вместе с тем, известно, что под антропогенным прессингом изменяется химический состав осадков, в том числе содержание тяжелых металлов (ТМ) [2]. Соединения металлов антропогенного происхождения наиболее подвижны в первые месяцы и годы после попадания в биогеоценозы. Транслокация ТМ из почвы в растения во многом определяется не только их формами в почве, но и биологическими особенностями растений. В связи с особым влиянием лесополос на атмосферные потоки представляется возможным выявить их участие в распределении ТМ в агроценозе. Однако вопросы содержания и миграции ТМ в почве лесополос и защищаемого поля мало изучены.

Цель исследования – изучить распределение ТМ в слоях почвы лесополосы и защищаемого поля и определить типы их накопления для совершенствования агротехнических приемов возделывания сельскохозяйственных культур.

Работа выполнена в 2001-2008 гг. в ТОО «Свердловское», пригороде г. Саранска. Почва опытного поля – чернозем выщелоченный тяжелосуглинистый. По общепринятым в агрохимслужбе методикам определено, что кислотность почвы – нейтральная, высокое содержание гумуса (до 10 %) в пахотном слое снижалось по мере увеличения глубины отбора проб, а содержание P_2O_5 было одинаковым в слоях точек отбора, но снижалось при удалении от полосы с 15,5 до 10,5 мг/кг. Исследования выполнены рентгенофлуоресцентным методом, позволяющим выявлять валовое содержание металлов в нативном состоянии [3]. Глубина отбора почвенных проб 0-20, 30-40 и 5-60 см. Индивидуальные образцы брали почвенным буром методом конверта из 5 скважин в точке отбора и объединяли в смешанную пробу. Точки отбора располагались в лесополосе и на расстоянии от неё в 10, 30, 50, 100, 150 и 250 м (фоновая площадка, на которой воздействие насаждения не проявляется). Растительность лесополосы представлена лиственными древесно-кустарниковыми видами возрастом более 50 лет

Результаты исследований подвергали математической обработке с использованием статистических программ STAT 3 и DISMAN. Определяли средние величины и НСР при *p=0,05*. Рассчитывали элювиально-аккумулятивный коэффициент ($K_{эа}$) насыщения почвы ТМ – отношение содержания элемента в горизонте почвы к величине этого показателя в почвообразующей породе [4].

Содержание Fe было самым высоким, по сравнению с Mn и Cr (табл. 1). В лесополосе слой почвы 0-20 см отличался наибольшей величиной этого показателя, по сравнению с другими слоями. Концентрация элемента оказалась максимальной на обследованном участке и равновеликой в изучаемых слоях на расстоянии 10 м от полосы. При дальнейшем удалении она снижа-

1. Влияние лесных полос на содержание ТМ в слоях почвы

Расстояние от полосы	Слой почвы, см	Содержание*					
		Fe		Mn		Cr	
		мг/кг	%	мг/кг	%	мг/кг	%
Кларк района размещения поля [6]	0-20	44747,35		868,75		66,89	
Полоса	0-20	55025	38,4	953,45	36,6	128,77	39,7
	30-40	43158	30,1	852,6	32,8	85,67	26,4
	50-60	45157	31,5	796,7	30,6	109,97	34,9
10 м	0-20	58620	32,8	794,10	33,8	118,17	33,9
	30-40	60214	33,7	754,10	32,1	114,55	32,9
	50-60	59998	34,5	801,35	34,1	115,9	33,2
30 м	0-20	54777	34,1	889,37	31,0	116,37	34,5
	30-40	51034	31,9	949,27	33,1	107,07	31,8
	50-60	54337	34,0	1025,9	35,9	113,57	33,7
50 м	0-20	45316	34,0	1080,2	40,7	113,65	33,9
	30-40	45127	33,9	829,62	31,2	114,3	34,1
	50-60	42545	32,1	745,12	28,1	107,22	32,0
100 м	0-20	45103	34,0	1084,75	39,6	96,67	33,6
	30-40	41816	31,6	816,0	29,8	92,52	32,2
	50-60	45613	34,4	837,05	30,6	98,3	34,2
150 м	0-20	47502	32,6	975,17	34,0	101,27	33,6
	30-40	49033	33,6	944,85	32,0	104,2	34,6
	50-60	49157	34,8	944,70	33,0	96,1	31,8
250 м (контроль)	0-20	45873	34,2	900,12	34,6	99,2	31,8
	30-40	45805	34,2	893,67	34,3	117,87	37,8
	50-60	42390	31,6	808,07	31,1	94,8	30,4
$НСР_{05}$	0-20	305,7	–	10,9	–	3,2	–
	30-40	86,9	–	8,6	–	7,2	–
	50-60	201,0	–	10,2	–	3,4	–

**мг/кг – на воздушно-сухую массу; % – доля слоя от суммы содержания металла в слоях.*

лась по всему профилю, а, начиная с отметки 100 м, не изменялась. Высокий уровень Fe оказывает положительное воздействие на закрепление соединений ТМ, так как его гидроксиды создают геохимические барьеры в виде пленочной поверхности с высокой эффективностью их поглощения [5].

Содержание Mn достоверно снижалось в почве лесополосы по мере углубления, в 10 м от полосы – от слоя 0-20 см к слою 30-40 см, возвращаясь в слое 50-60 см к уровню 0-20 см. В 30 м от насаждения отмечен один из суммарных максимумов общего содержания металла в слоях с ростом его аккумуляции по мере заглубления. Наибольшее и одинаковое накопление Mn в слое 0-20 см отмечено на расстояниях 50 и 100 м от лесополосы, которое при дальнейшем удалении от насаждения снижалось. В слоях 30-40 см и 50-60 см в 50-150 м выявлено, в основном, повышение уровня металла, по сравнению с предыдущими точками отбора. При различиях абсолютных величин содержания Mn в первом и третьем слоях точки 50 м до 50 %, его относительные величины разнились на 12,6 %, но закономерность снижения концентрации от слоя к слою оставалась ярко выраженной.

Таким образом, повышенное содержание Mn выявлено на расстоянии 50-150 м от лесополосы. Вероятно, это обусловлено влиянием опада листьев насаждения, виды которого характеризуются высоким уровнем накопления этого металла [7]. Дифференциация слоев изменялась к 10 м от полосы, в 30 м она приобретала противоположную направленность, по сравнению с лесополосой, а в более удаленных точках отбора распределение металла было таким же, как в насаждении.

Максимальное на обследованной территории содержание Cr отмечено в слое 0-20 см в почве лесополосы, затем оно достоверно снижалось в 10 м от нее и на расстоянии до 50 м оставалось на одном уровне. В 100 м отмечено его значимое уменьшение, которое далее варьировало слабо. В слое почвы 30-40 см в точке 10 м концентрация этого элемента увеличивалась, по сравнению с лесополосой, а далее, достоверно изменяясь (снижаясь и/или увеличиваясь), во всех точках в поле была больше, чем в лесополосе. В слое 50-60 см содержание Cr существенно возрастало в приполосном пространстве (10 и 30 м), но в 100 м снижалось, в сравнении с предыдущими точками отбора. В более удаленных точках уровень металла не изменялся и был значимо ниже, чем в лесополосе. Несмотря на достоверные различия содержания Cr в слоях почвы поля, соотношение его величин по слоям в изучаемых точках отбора было практически одинаковым, кроме лесополосы и фоновой площадки, в которых

2. Элювиально-аккумулятивные коэффициенты обогащения почвенных слоев ТМ

Слой почвы, см	Расстояние от полосы						
	полоса	10 м	30 м	50 м	100 м	150 м	250 м
			Fe				
0-20	1,10	1,17	1,10	0,91	0,90	0,95	0,92
30-40	0,86	1,20	1,02	0,90	0,84	0,98	0,92
50-60	0,90	1,20	1,09	0,85	0,91	0,98	0,85
			Mn				
0-20	2,13	1,77	1,99	2,41	2,42	2,18	2,01
30-40	1,91	1,69	2,12	1,85	1,82	2,11	2,00
50-60	1,78	1,79	2,29	1,67	1,87	2,11	1,81
			Cr				
0-20	1,72	1,58	1,56	1,52	1.29	1,35	1,33
30-40	1,15	1,53	1,43	1,53	1,24	1,39	1,58
50-60	1,47	1,55	1,52	1.43	1,31	1,28	1,27

количество металла в слоях оказалось диаметрально противоположным.

Таким образом, содержание Cr в почвенных слоях лесополосы было сильно дифференцировано. При максимуме в слое 0-20 см слой 30-40 см существенно выделялся как самый обедненный. Во всех слоях почвы поля происходило обогащение почвы этим элементом на расстоянии до 50 м. Начиная со 100 м, содержание Cr снижалось также во всех слоях, на фоновой площадке и в лесополосе его количество, дифференциация и соотношение величин по слоям было противоположным.

В целом в лесополосе максимальными концентрациями ТМ на обследованной территории выделялся слой почвы 0-20 см, по мере увеличения глубины отбора они снижались. В поле выявлено обогащение слоев почвы Fe в 10 м и Mn – в 30-150 м от лесополосы. Соотношение содержания ТМ в слоях в сторону перераспределения экстремальных величин на противоположные значения резко изменялось: по Fe – с 10 м; по Mn – с 30 м. Вероятно, снег, накопленный под влиянием полосы, оказал большее влияние на миграцию ТМ в почве до 30 м от неё, чем фильтрующее воздействие насаждений на воздушные массы [1]. Для Cr перераспределение содержания выявлено в точке фона.

Сравнение величин накопления ТМ в изучаемой почве с их кларками геохимического района, в котором размещено поле, показало, что они одинаковы или выше величин кларка района: для Mn в 10 м от полосы, а для Fe и Cr во всех точках поля и в насаждении [6]. Так, слой почвы полосы 0-20 см содержит больше Mn, чем в среднем пахотный слой геохимического района, до 1,09 раз, но в сравнении с ОДК – в 0,70 раз. В литературе отмечено снижение концентрации Pb в почве под влиянием лесополос до 65 %, но с наибольшим загрязнением до 15 м от полосы [8]. Особое загрязнение почвы лесной полосы металлами может свидетельствовать о ее способности задерживать аэротехногенные потоки ТМ.

Особенности накопления и миграции ТМ в полосе, приполосном пространстве и на фоновой площадке (250 м) ярко выражены при анализе элювиально-аккумулятивного коэффициента – $K_{эа}$. За основу его расчетов взято содержание ТМ в подстилающих породах и почва считается обогащенной элементом, если $K_{эа}$ > 1,0 [4, 9]. Переход от максимальной концентрации ТМ в поверхностном слое к уменьшению в нижележащих трактуется как аэральный тип загрязнения, а при увеличивающемся загрязнении с углублением – как гидрогенный [10].

В гумусном слое почвы лесополосы выявлены самые высокие величины $K_{эа}$ металлов, которые уменьшались по мере углубления (табл. 2). Так, в слое 0-20 см почвы насаждения для железа $K_{эа}$ =1,10. Глубже он имел более низкие и практически одинаковые величины. Максимальные коэффициенты зафиксированы в 10 м от полосы. В заглубленных слоях они оказались одинаковыми, а в слое 0-20 см были несколько меньше. В 30 м $K_{эа}$ был повышенным (более 1,0), но в слое 30-40 см он оказался ниже, чем в двух других, в которых величина коэффициента была практически одинаковой. В точках отбора от 50 до 250 м $K_{эа}$ по слоям варьировал в диапазоне 0,84-0,91 с более высокими значениями в слое 0-20 см.

Таким образом, лесополоса влияла на аэротехногенные поток Fe и обогащала им гумусные слои почвы (0-20 см) на расстоянии до 30 м во всех слоях. Частично аэральный тип загрязнения [10] железом выявлен в лесополосе, 30, 50, 100 и 250 м от неё. В 10 и 150 м он оказался частично гидрогенным, что может быть связано как с фильтрующим действием лесополосы на воздушные потоки, так и с распределением пыли и атмосферных осадков на заветренной стороне насаждения.

Величины $K_{эа}$ для Mn уменьшались в слоях почвы лесополосы по мере заглубления. В 10 м они заметно снизились в двух верхних слоях, но остались неизменными в самом глубоком. В 30 м от насаждения коэффициенты увеличивались по мере углубления. На еще большем расстоянии от лесополосы в гумусовом слое почвы поля они возрастали до максимума в точке 100 м. Вероятно, здесь оказывают влияние как почвообразующие породы, так и аэральное

загрязнение и листовой опад деревьев, листья которых богаты этим металлом [7]. В точке 50 м миграция Mn уменьшалась с глубиной, как и в насаждении. По мере приближения к фоновой площадке, различия в заглубленных слоях сокращались. Однако величины $K_{эа}$ для слоя 0-20 см на расстоянии 50-250 м были всегда больше, чем для нижележащих.

Таким образом, в почвах лесополосы и в 50 м от нее выявлен аэральный тип загрязнения Mn, тогда как на расстоянии 30 м – гидрогенный. Частично аэральным он оказался в точках 10, 100, 150 и 250 м. Ближе к фоновой площадке влияние насаждения на природные почвообразовательные процессы, в том числе аккумуляцию и миграцию Mn, нивелировалось.

Максимальная на обследованной территории величина $K_{эа}$ для Cr отмечена в гумусном слое почвы лесополосы, в заглубленных слоях она была ниже. Во всех остальных точках коэффициенты были равновелики по слоям и близкими в точках отбора: 10 и 50 м (1,43-1,58); 100 и 150 м (1,24-1,39). Вероятно, накопление Cr гумусным слоем почвы связано с его аккумулятивными свойствами по отношению к аэральному поступлению металла под воздействием фильтрующего фактора лесополосы.

Таким образом, самый высокий $K_{эа}$ Fe и Cr отмечен в слое 0-20 см почвы лесополосы. Аналогичный характер миграции со снижением коэффициента от первого слоя ко второму установлен в 30 м от насаждения. На фоновой площадке происходило противоположное накопление Cr: оно было больше во втором слое. Для Mn самый высокий $K_{эа}$ установлен в гумусных слоях точек отбора 50 и 100 м. Аэральный тип загрязнения Mn характерен в лесополосе и в 50 м.

Для некоторых металлов значения $K_{эа}$ оказались низкими и практически равновеликими: для Fe в слоях 30-40 и 50-60 см на расстоянии 10 и 150 м от полосы; для Cr во всех слоях в 10 и 50-150 м. В некоторых точках аккумуляцию ряда металлов можно было бы охарактеризовать как частично гидрогенный тип накопления (для Fe – в 10 и 150 м, для Cr – в 50, 150 и 250 м) или частично аэральный (для Fe – в лесополосе, 30, 50 и 100 м, для Mn – в 10, 100, 150 и 250 м, для Cr – в лесополосе, 10, 30 и 100 м). Вероятно, это связано с периодически промывным типом водного режима чернозема выщелоченного тяжелосуглинистого и перераспределением атмосферных осадков насаждением [1, 11]. Применение на такой почве средств химизации не вызывало закономерных изменений содержания ТМ в инфильтрационных водах, прошедших метровый профиль почвы, и, как следствие, перераспределения ТМ [12].

Таким образом, в условиях неравномерного распределение атмосферных осадков на межполосном пространстве поля и агрохимических свойств его почвы ТМ проявляют неодинаковую миграционную активность и по-разному накапливаются в слоях почвы. На этот фактор накладывается воздействие почвообразующих пород, обогащающих почвенные горизонты металлами с преобладанием природных почвообразовательных процессов на фоновой площадке. Следовательно, содержание ТМ в почвах определяется не только техногенным прессингом или природными процессами, но и их сочетанием с особенностями агроландшафтов, в частности наличием лесополос, с превалированием того или иного фактора в разных точках изучаемой территории. Выявлены аэральный и гидрогенный типы накопления элементов в почве насаждения и защищаемого поля в зависимости от удаления от лесополосы. Это будет способствовать пониманию процессов аккумуляции ТМ в окружающей среде, которые происходят постоянно и особенно важны в связи с повышенной подвижностью свежих выбросов [13]. Учитывая распределение металлов, на заветренной стороне поля, особенно ближе к лесополосе, можно рекомендовать расположение культур, потребляющих повышенное количество минеральных веществ. Например, это могут быть посевы технических культур.

Литература.

1. Засуха и борьба с ней: ретроспектива и современность / И.Ф. Каргин, С.Н. Немцев, В.И. Каргин и др. / под ред. Каргина И.Ф. Саранск: ООО «Научный мир», 2011. 712 с.

2. Каргин И.Ф., Игонов И.И. Химический состав атмосферных осадков и содержание в них тяжелых металлов // Российский научный мир. 2013. № 1 (1). С. 49–55.

3. Методика определения содержания металлов в порошковых пробах почв методом рентгенофлуоресцентного анализа. СПб.: НПО «Спектрон», 1994. 11 с.

4. Золотарева Б.Н., Скрипниченко И.И. Геохимические аспекты мониторинга тяжелых металлов в почвах // Региональный экологический мониторинг. М.: Наука, 1983. С. 93–114.

5. Водяницкий Ю.Н. Роль соединений железа в закреплении тяжелых металлов и металлоидов в почвах // Почвоведение. 2010. № 5. С. 558–572.

6. Пугаев С.В. Геохимическое районирование пахотных почв Республики Мордовия по содержанию тяжелых металлов // Достижения науки и техники АПК. 2015. Т. 29. № 3. С. 28–32.

7. Пугаев С.В., Лукаткин А.С. Накопление тяжелых металлов в почве и листовом аппарате растений дендрария Ботанического сада Мордовского Государственного Университета им. Н.П. Огарёва // Агрохимия. 2015. № 5. С. 82–89.

8. Недикова Е.В. Укрепление нарушенных связей внутри эколого-ландшафтных систем // Земледелие. 2003. № 5. С. 25.

9. Мажайский Ю.А. Региональные особенности распределения тяжелых металлов в профилях почв // Докл. Россельхозакадемии. 2003. № 2. С. 25–28.

10. Водяницкий Ю.Н., Яковлев А.С. Оценка загрязнения почвы по содержанию тяжелых металлов в профиле // Почвоведение. 2011. № 3. С. 329–335.

11. Ахметов Ш.И., Смолин Н.В. Влияние средств химизации на вымывание минерального азота из выщелоченного чернозема // Агрохимия. 1996. № 12. С. 3–9.

12. Ахметов Ш.И., Смолин Н.В., Пугаев С.В. Влияние средств химизации на содержание тяжёлых металлов в почве, растениях и промывных водах // Интеграция образования. 2000. № 2. С. 57–60.

13. Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants. 4th ed. CRC Press, Taylor & Fracis Group, 2011. 505 p.

Agroecological Features of the Content and Migration of Heavy Metals in the Soil of Forest Belts and Protected Fields

S.V. Pugaev
Mordovia Research Institute of Agriculture, ul. Michurina, 5, r.p. Yalga, Saransk, Respublika Mordoviya, 430904, Russian Federation

Abstract. *The research was carried out in 2001–2008 in the suburban zone of the city of Saransk in the Republic of Mordovia on leached heavy loamy chernozem. The age of plantations of forest belts is more than 50 years. The sampling points of the soils: forest belts, 10, 30, 50, 100, 150 and 250 m (background) from the belt towards the protected field on the windward side in the soil layers 0–20 cm, 30–40 cm, 50–60 cm. The maximum concentration of iron (up to 60214 mg/kg) was established in the layer of 30–40 cm in 10 m from the belt; of manganese (up to 1084.75 mg/kg) – in the 0–20 cm layer at a point 100 m from the belt, and chromium (128.77 mg/kg) – in the 0–20 cm layer of soil of the belt. In the forest belt, the 0–20-cm layer was contaminated with heavy metals 1.1–1.9 times higher than in the plowland of the geochemical region where the field is located. The total content of heavy metals varied in the soil layers of the field and, as a result, the redistribution of the maxima of their relative proportions in the layers at different distances from the belt occurred, depending on the metal: 10 m for iron, 30 m for manganese, and 250 m for chromium. According to the eluvial-accumulative coefficient, the aerial, hydrogenic and intermediate types of soil pollution associated with the redistribution of atmospheric precipitation in the field, protected by the strip, were identified. Given the significance of the impact of the forest belt on the distribution of metals in the soil of the field, we can recommend the special placement of crops to cultivate high-quality products.*

Keywords: *field, forest belt, soils, heavy metals.*

Author Details: *S.V. Pugaev, Cand. Sc. (Biol.), senior research fellow (e-mail: niish-mordovia@mail.ru).*

For citation: *Pugaev S.V. Agroecological Features of the Content and Migration of Heavy Metals in the Soil of Forest Belts and Protected Fields. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 30-32 (in Russ.).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10208
УДК 631.41:631.811.

Влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы

М.А. МАЗИРОВ, доктор биологических наук, профессор (e-mail: mazirov@mail.ru)
Н.С. МАТЮК, доктор сельскохозяйственных наук, профессор (e-mail: nsmatukzem@gmail.com)
В.Д. ПОЛИН, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент (e-mail: polinwd4@gmail.com)
Н.В. МАЛАХОВ, аспирант
Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А.Тимирязева, ул. Тимирязевская, 49, Москва, 127550, Российская Федерация

В многолетнем многофакторном стационарном опыте определяли роль систем обработки почвы и удобрений разной степени интенсивности в изменении плодородия дерново-подзолистой почвы, а также в накоплении, распределении и скорости минерализации растительных остатков культур зернопропашного севооборота. Исследования проводили в 1969-2015 гг. Почва экспериментального участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Пахотный слой мощностью 20-22 см перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,6 %, общего азота – 0,098 %, подвижного фосфора – 40, обменного калия – 60 мг/кг почвы, pH – 5,0, Нг – 1,3 мг-экв./100 г почвы, сумма обменных оснований – 11,8 мг-экв./100 г почвы. Известкование проводили в 1969 г., повторное – в 1987 г. Схема опыта включала следующие варианты систем обработки: отвальная – ежегодная вспашка на 20-22 см, предпосевная обработка на 6-8 см (контроль); минимальная ресурсосберегающая – ежегодное дискование на 10-12 см, предпосевное фрезерование на 6-8 см; интенсивная глубокая – трехъярусная вспашка на 38-40 см под однолетние травы и картофель, дискование на 10-12 под зерновые, предпосевное фрезерование на 6-8 см. Исследования проводили на разных фонах питания: без удобрений (контроль), минеральная система удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$), органо-минеральные системы ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + 2,8 т/га соломы и $N_{60}P_{60}K_{90}$ + 14 т/га навоза ежегодно). Возрастающие дозы минеральных и органических удобрений приводят к большему накоплению растительных остатков (30-40 %), по сравнению с вариантами без удобрения, а замена вспашки приемами безотвальной разноглубинной обработки – к их сосредоточению в верхней (0-10 см) части корнеобитаемого слоя, что сопровождается изменением содержания гумуса и элементов питания по слоям корнеобитаемого горизонта.

Ключевые слова: *плодородие почвы, удобрения, растительные остатки, обработка почвы, элементы питания.*

Для цитирования: *влияние разных систем обработки и удобрений на плодородие дерново-подзолистой почвы / М.А. Мазиров, Н.С. Матюк, В.Д. Полин, Н.В. Малахов // Земледелие. 2018. № 2. С. 33-36.*

В условиях широкого распространения ресурсосберегающих экологически безопасных технологий возделывания полевых культур важная задача – создание оптимальной системы питания растений, обеспечивающей полную реализацию генетического потенциала конкретного сорта и формирование экологически оправданного урожая заданного качества [1, 2].

Основа оптимизации питательного режима – применение удобрений в полном соответствии с биологическими особенностями возделываемых сельскохозяйственных культур, уменьшение непроизводительных потерь питательных веществ вносимых удобрений и накопленных растительных остатков, повышение коэффициента использования элементов питания из почвы и удобрений. Важная роль в оптимизации режима питания растений принадлежит приемам обработки почвы, определяющим глубину заделки и интенсивного перемешивания удобрений и растительных остатков в обрабатываемом слое почвы, параметры водно-воздушного и теплового режимов, а следовательно и скорость протекания биохимических процессов [3, 4].

Цель исследований – оценка эффективности действия и последействия минеральных и органических удобрений при их размещении в различных частях обрабатываемого слоя на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах ЦРНЗ.

Исследования проводили в 1969-2015 гг. в трехфакторном стационарном полевом опыте (9×7×2), предусматривающем изучение воздействия обработок, удобрений и гербицидов на плодородие дерново-подзолистой почвы. Эксперимент был заложен под руководством профессора Б.А. Доспехова методом расщепленных делянок в трехкратной повторности с рендомезированным размещением вариантов. Площадь делянок первого порядка (фактор А – обработка почвы) составляет 1260 м^2, второго порядка (фактор В – удобрения) – 180 м^2 [5].

На опытном участке развернут во времени зернопропашной севооборот: однолетние травы – озимая пшеница – ячмень – картофель – ячмень – овес.

Почва экспериментального участка – дерново-подзолистая среднесуглинистая. Пахотный слой мощностью 20-22 см перед закладкой опыта характеризовался следующими агрохимическими показателями: содержание гумуса – 1,6 %, общего азота – 0,098 %, подвижного фосфора – 40, обменного калия – 60 мг/кг почвы, pH – 5,0, Нг – 1,3 мг-экв./100 г почвы, сумма обменных оснований – 11,8 мг-экв./100 г почвы. Известкование проводили в 1969 г., повторное – в 1987 г.

В опыте возделывали районированные в ЦРНЗ сорта полевых культур. Агротехника, кроме изучаемых в опыте вариантов обработки и удобрений, была общепринятой.

Схема опыта включала следующие варианты систем обработки:

отвальная – ежегодная вспашка на 20-22 см, предпосевная обработка на 6-8 см (контроль);

минимальная ресурсосберегающая – ежегодное дискование на 10-12 см, предпосевное фрезерование на 6-8 см.

интенсивная глубокая – трехъярусная вспашка на 38-40 см под однолетние травы и картофель, дискование на 10-12 под зерновые, предпосевное фрезерование на 6-8 см.

Эти системы обработок исследовали на разных фонах питания: без удобрений (контроль), минеральная система удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$), органо-минеральные системы ($N_{60}P_{60}K_{90}$ + 2,8 т/га соломы и $N_{60}P_{60}K_{90}$ + 14 т/га навоза ежегодно).

Повышенная кислотность дерново-подзолистых почв, в большинстве случаев, создавая неблагоприятные условия для роста и развития растений, служит главным фактором, который ограничивает уровень урожаев сельскохозяйственных культур. Определение pH_{KCl} показало, что на фоне без удобрений и NPK при отвальной и интенсивной глубокой обработке почва пахотного и подпахотного слоев характеризуется слабокислой реакцией солевой вытяжки, а при минимальной ресурсосберегающей – близкой к нейтральной, особенно в нижней части пахотного слоя (табл. 1).

Постоянная концентрация минеральных удобрений в поверхностном слое при минимальной обработке приводила к его подкислению на 0,3 единицы, по сравнению с вариантом без удобрений. Эффект соломы в снижении кислотности сильнее всего проявлялся при ежегодной отвальной обработке на 20-22 см, pH в слое 0-30 см составил 5,7-5,9 единиц.

1. Влияние технологий заделки извести и удобрений на pH_{KCl} дерново-подзолистой почвы

Система обработки	Слой почвы, см	Без удобрений	NPK	NPK+ солома	NPK+ навоз	В среднем по обработке*
Отвальная (контроль)	0-10	5,3	5,2	5,9	5,8	5,6
	10-20	5,2	5,3	5,8	5,8	5,5
	20-30	5,3	5,4	5,7	5,9	5,6
Минимальная ресурсосберегающая	0-10	5,5	5,2	5,6	5,9	5,6
	10-20	5,5	5,7	5,6	6,2	5,8
	20-30	5,2	5,8	5,5	6,1	5,8
Интенсивная глубокая	0-10	5,2	5,2	5,2	5,7	5,4
	10-20	5,2	5,2	5,3	5,9	5,5
	20-30	5,3	5,3	5,4	6,0	5,6
В среднем по удобрениям**	0-10	5,4	5,2	5,6	5,8	
	10-20	5,4	5,4	5,6	6,0	
	20-30	5,3	5,5	5,5	6,0	

** $НСР_{05}$: 0-10 см = 0,06; 10-20 см = 0,03; 20-30 см = 0,07*
*** $НСР_{05}$: 0-10 см = 0,2; 10-20 см = 0,3; 20-30 см = 0,3*

На фоне NPK+навоз реакция солевой вытяжки была ближе всего к нейтральной независимо от системы обработки почвы.

Важный критерий оценки систем обработки почвы и норм удобрений – содержание в почве гумуса и элементов питания [6, 7]. В наших исследованиях обработка почвы в зернопропашном севообороте, предусматривающая использование приемов глубокой вспашки или трехъярусной обработки, приводила к созданию сравнительно однородного по гумусированности отдельных частей пахотного слоя благодаря, как механическому перемешиванию почвенных горизонтов, так и более равномерному распределению органических остатков и удобрений в обрабатываемой части почвенного профиля. Система минимальной обработки почвы без оборачивания и перемешивания всего пахотного слоя способствовала большему накоплению гумуса в верхнем (0-10 см) слое почвы и уменьшению его содержания в слое 20-30 см, по сравнению с системой отвальной обработки. Так, если количество гумуса в слое 0-10 см при отвальной обработке принять за 100 %, то в слое 10-20 см в среднем по всем вариантам удобрений оно составляло 88 %, в слое 20-30 см – 77 %. Распределение гумуса по слоям почвы, по отношению к слою 0-10 см контроля, при минимальной обработке было равно 121, 86 и 59 %, а при интенсивной глубокой – 105, 92 и 84 % (табл. 2).

Наиболее эффективной в регулировании содержания органического вещества была минимальная система обработки почвы, которая способствовала увеличению количества гумуса в слое 0-20 см в вариантах без удобрений на 0,08 %, на фоне внесения NPK с соломой – на 0,37 %, NPK+навоз – на 0,31 %, по сравнению с отвальной обработкой, что связано с замедлением темпов разложения растительных остатков и органических удобрений.

Длительное (более 40 лет) внесение минеральных, а также минеральных и органических удобрений при системах минимальной обработки дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы в зернопропашном севообороте привело к увеличению содержания P_2O_5 в слое 0-10 см в среднем в 1,2 раза, по сравнению с аналогичным слоем в контроле (табл. 3). В подпахотном слое 20-30 см в вариантах с минимальной обработкой различия были еще заметнее и составили 108 мг/кг почвы, но с превосходством варианта с отвальной системой. При ежегодной вспашке на глубину 20-22 см распределение подвижного фосфора по частям корнеобитаемого слоя было более выровненным, а при сочетании периодической трехъярусной вспашки на глубину 38-40 см с дискованием – он сильнее аккумулировался в поверхностном слое 0-10 см.

На фоне применения минеральных удобрений ($N_{60}P_{60}K_{90}$) содержание подвижного фосфора при отвальной обработке в слое 0-30 см увеличилось, по сравнению с контролем, в 5,7 раза, а при минимальной и интенсивной глубокой – в 3,9 и 3,8 раза соответственно. При этом в вариантах с отвальной обработкой оно было выше на 55 мг/кг почвы, чем при минимальной, и на 36 мг/кг, чем при глубокой. Дополнительное внесение на этом фоне соломы зерновых незначительно повышало содержание фосфора при всех системах обработки (13-18 мг/кг почвы). Наилучший эффект в стабилизации фосфатного режима обеспечивало совместное применение минеральных ($N_{60}P_{60}K_{90}$) удобрений и навоза (13,8 т/га в год), содержание подвижных форм этого элемента возрастало на 43 мг/кг почвы.

В среднем по всем системам обработки содержание фосфора в слоях 0-10 и 20-30 см увеличилось в 4,9 раза, а в слое 10-20 см – в 5,2 раза, по сравнению с аналогичными слоями в контроле. Эффективность навоза проявилась в повышении содержания подвижного фосфора в слое 0-20 см на 56 мг/кг почвы при отвальной системе обработки, на 129 мг/кг при минимальной ресурсосберегающей и на 14 мг/кг почвы при интенсивной глубокой.

Оценивая роль различных систем удобрений и приемов их заделки в регулировании калийного режима

2. Влияние обработки и удобрений на содержание гумуса (2014 г.), %

Система обработки почвы	Слой почвы, см	Без удобрений	NPK	NPK +солома	NPK + навоз	В среднем по обработке*
Отвальная (контроль)	0-10	1,46	2,32	2,24	2,52	2,14
	10-20	1,25	1,93	2,14	2,24	1,89
	20-30	1,00	1,71	1,84	1,99	1,64
Минимальная ресурсосберегающая	0-10	1,72	2,37	3,12	3,21	2,60
	10-20	1,41	1,74	2,01	2,17	1,83
	20-30	0,81	1,38	1,41	1,48	1,27
Интенсивная глубокая	0-10	1,71	2,05	2,34	2,85	2,24
	10-20	1,38	1,91	2,25	2,33	1,97
	20-30	1,31	1,88	1,96	2,01	1,79
В среднем по удобрениям**	0-10	1,63	2,25	2,56	2,86	
	10-20	1,35	1,86	2,13	2,25	
	20-30	1,04	1,66	1,74	1,83	

**$НСР_{05}$: 0-10 см = 0,12 %; 10-20 см = 0,11 %; 20-30см = 0,14 %.*
***$НСР_{05}$: 0-10 см = 0,19 %; 10-20 см = 0,16 %; 20-30 см = 0,21 %.*

3. Содержание подвижного фосфора при разных системах обработки почвы и удобрений (2014 г.), мг/кг почвы

Система обработки почвы	Слой почвы, см	Без удобрений	NPK	NPK +солома	NPK + навоз	В среднем по обработке*
Отвальная (контроль)	0-10	48	261	286	322	229
	10-20	42	255	269	305	218
	20-30	38	221	244	288	198
Минимальная ресурсосберегающая	0-10	64	288	301	386	260
	10-20	50	184	210	282	182
	20-30	34	101	109	118	90
Интенсивная глубокая	0-10	59	244	265	286	214
	10-20	46	202	222	210	170
	20-30	42	186	199	210	159
В среднем по удобрениям**	0-10	57	264	284	331	
	10-20	46	214	234	266	
	20-30	38	169	184	205	

**$НСР_{05}$: 0-10 см = 40; 10-20 см = 17; 20-30 см = 23 мг/кг почвы*
***$НСР_{05}$: 0-10 см = 110; 10-20 см = 88; 20-30 см = 85 мг/кг почвы*

4. Содержание обменного калия при разных по интенсивности системах обработки и удобрений (2014 г.), мг/кг почвы

Система обработки почвы	Слой почвы, см	Без удобрений	NPK	NPK +солома	NPK +навоз	В среднем по обработке*
Отвальная, контроль	0-10	70	205	278	280	208
	10-20	74	207	289	259	207
	20-30	65	195	222	228	178
Минимальная ресурсосберегающая	0-10	85	306	344	342	269
	10-20	57	188	240	259	186
	20-30	54	89	123	96	91
Интенсивная глубокая	0-10	77	235	277	266	214
	10-20	75	189	208	206	170
	20-30	78	186	210	184	165
В среднем по удобрениям**	0-10	77	249	300	296	231
	10-20	69	195	246	241	188
	20-30	66	157	185	169	144

**НСР$_{05}$: 0-10 см = 40; 10-20 см = 23; 20-30 см = 29 мг/кг почвы*
***НСР$_{05}$: 0-10 см = 90; 10-20 см = 67; 20-30 см = 58 мг/кг почвы*

дерново-подзолистой среднесуглинистой почвы необходимо отметить, что на фоне естественного плодородия почвы наиболее эффективной была периодическая трехъярусная вспашка на глубину 38-40 см (раз в три года) с дискованием, где содержание обменного калия в слое 0-30 см было выше на 5 мг/кг почвы, чем при отвальной, и на 12 мг/кг, чем при минимальной. Это связано с вовлечением в обрабатываемый слой 0-40 см подпахотного горизонта A_2B богатого калием (табл. 4).

Внесение калийных удобрений в вариантах NPK увеличивало содержание подвижного калия в 2,7-3,1 раза при всех системах обработки. При этом в пахотном слое 0-20 см наибольшее его количество (248 мг/кг почвы) накапливалось при минимальной системе обработки, по сравнению с отвальной (206 мг/кг) и интенсивной глубокой (212 мг/кг почвы).

Внесение соломы, богатой калием, в отличие от фосфора, обеспечивало дальнейшее повышение содержания этого элемента питания при всех системах обработки, но особенно заметно (45 мг/кг почвы) при минимальной. В среднем по всем системам обработки эффект соломы проявился в увеличении содержания подвижного калия в 1,2 раза в слое почвы 0-10 см, в 1,3 раза в слое 10-20 см и в 1,2 раза в слое 20-30 см.

Внесенный навоз при системах минимальной интенсивной глубокой обработки не намного превосходил солому, что проявилось в увеличении содержания обменного калия лишь на 25-30 мг/кг почвы во всех слоях корнеобитаемой зоны (НСР$_{05}$=58-90).

Таким образом, применение различных норм минеральных и органических удобрений при разных способах и глубине их заделки повышало уровень окультуренности дерново-подзолистой средне-суглинистой почвы. При этом поверхностные обработки на глубину 10-12 см обусловливали гетерогенное содержание гумуса, фосфора и калия в корнеобитаемом слое с более высоким накоплением доступных форм в верхней его части (0-10 см), а отвальные и глубокие – обеспечивали сравнительно выровненный по степени окультуренности слой почвы 0-30 см.

По результатам 45-летних исследований влияние удобрений на улучшение условий роста и развития растений, а следовательно, и увеличение накопления общей биомассы озимой пшеницы, было более значительным, чем изменение интенсивности обработки. Так, в среднем по всем вариантам обработки на делянках без удобрений накапливалось 7,85 т/га абсолютно сухого вещества, а внесение ($N_{60}P_{60}K_{90}$) повышало величину этого показателя на 69,2 %. Последействие навоза проявилось в увеличении биомассы лишь на 7,1 %.

Действие систем обработки и удобрений отразилось также на соотношении между компонентами биомассы (корни – солома – стерня – зерно). В среднем по всем вариантам удобрений при минимальной системе обработки на долю зерна приходилось 30 %, соломы – 45, корней – 16 и послеуборочных остатков – 9 % (рис. 1), а при более интенсивных (отвальная и глубокая) обработках 29, 48, 14 и 9 % соответственно, то есть улучшение агрофизических свойств дерново-подзолистой почвы сопровождалось снижением доли основной и увеличением части побочной продукции.

Еще заметнее было влияние удобрений. Так, на делянках без их использования на долю зерна приходилось 32,4 %, соломы – 37,4, корневой системы – 19,4 и остатков в виде стерни и листового опада – 10,8 %. С улучшением условий питания доля зерна, корней и послеуборочных остатков уменьшалась, а соломы – резко возрастала. На фоне NPK доля зерна уменьшалась в относительном выражении, по сравнению с вариантами без удобрений, на 7,7 %, накопление корневой системы – на 25,3, а остатков – на 22,3 % при увеличении доли соломы на 25,4 %. Совместное внесение минеральных и органических удобрений приводило к еще более заметному снижению доли зерна на 11,8 % и увеличению доли соломы на 35,3 %.

Если массу корней в слое 0-10 см при отвальной обработке на делянках без удобрений (абсолютный контроль) принять за 100 %, то их масса в слое 10-20 см составляла 90 %, 20-30 см – 58 %. При минимальной системе обработки в слое 0-10 см находилось 200 % массы корней, 10-20 см – 42 % и 20-30 см – лишь 10 %, при глубокой – 130, 52 и 62 % соответственно (рис. 2). В варианте с интенсивной глубокой обработкой, включающей периодическую (раз в 3 года) вспашку трехъярусным плугом и дисковую обработку на 10-12 см, в последующие два года распределение корневой системы в нижележащих слоях 10-20 и 20-30 см по вариантам удобрений было выровненным – 25 и 21 % соответственно.

Изучаемые в опыте системы обработки почвы и удобрений оказали не одинаковое влияние на рост, развитие и урожайность озимой пшеницы. По нашим данным, ни одна из систем об-

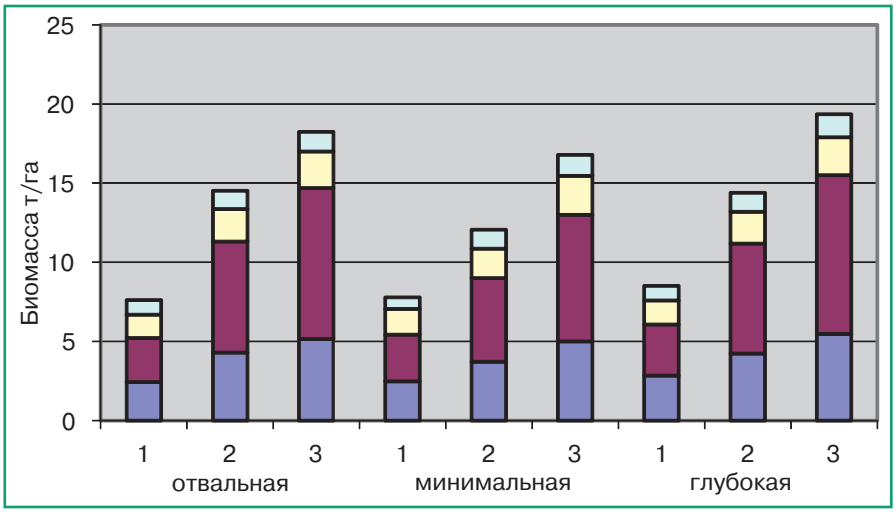


Рис. 1. *Влияние систем обработки и удобрений на изменение соотношения между компонентами биомассы озимой пшеницы: 1 – без удобрений, 2 – NPK, 3 – NPK+ навоз: ☐ – стерня; ☐ – корни; ☐ – солома; ☐ – зерно.*

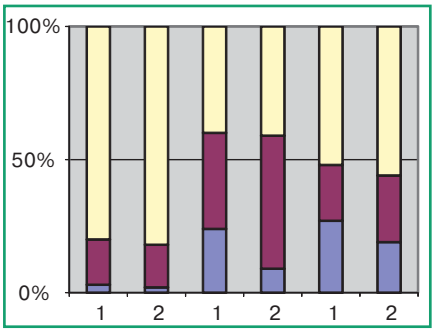


Рис. 2. Распределение корневой системы озимой пшеницы по слоям корнеобитаемой зоны при разных системах обработки и удобрений, % от массы в слое 0-30 см: 1 – без удобрений, 2 – NPK + навоз: ☐ – слой 0-10 см; ■ – слой 10-20 см; ■ – слой 20-30 см.

работки не имела достоверного преимущества, но более глубокие (отвальная и интенсивная глубокая) повышали сбор зерна культуры – на 3,3 и 11,1 %, по сравнению с минимальной (табл. 5).

5. Влияние обработки и удобрений на урожайность озимой пшеницы (в среднем за 6 ротаций севооборота), т/га

Система обработки почвы	Удобрения				В среднем по обработке (НСР05 = 0,52)
	без удобрений	NPK	NPK+C	NPK +H	
Отвальная (контроль)	2,45	4,84	5,14	5,44	4,46
Минимальная ресурсосберегающая	2,65	4,35	5,04	5,25	4,32
Интенсивная глубокая	2,84	4,96	5,52	5,86	4,80
В среднем по удобрениям (НСР05 = 0,45)	2,65	4,72	5,23	5,52	

Применяемые в опыте системы удобрений обеспечивали достоверное повышение урожайности озимой пшеницы, по сравнению с вариантами без их внесения. В среднем по всем системам обработки использование минеральных удобрений в дозе $N_{60}P_{60}K_{90}$ повышало сбор зерна в 1,78 раза. Совместное внесение этой дозы с навозом или соломой обеспечивало прибавку урожая 0,51 и 0,81 т/га соответственно.

Таким образом, по результатам многолетних исследований по оценке влияния систем обработки почвы и удобрений в Центральных районах Нечерноземной зоны на дерново-подзолистых среднесуглинистых почвах можно сделать следующие выводы.

Системы обработки, включающие приемы глубокой вспашки приводят к созданию однородного по гумусированности отдельных частей пахотного слоя с содержанием гумуса 1,8-2,6 %, а минимальные – к большему накоплению его в слое 0-10 см (3,2 %) и уменьшению содержания гумуса в подпахотном слое 20-30см (1,27 %). Минеральные удобрения обеспечивают стабилизацию запасов гумуса, а органно-минеральные их увеличение на 0,42-0,74 т/га.

Наилучший эффект в стабилизации фосфатного режима обеспечивает совместное внесение минеральных ($N_{60}P_{60}K_{90}$) удобрений и навоза (13,8 т/га в год) на фоне ежегодной вспашки на глубину 20-22 см, при котором содержание подвижного фосфора в слое 0-30 см увеличилось, по сравнению с вариантом без удобрений, на 198 мг/кг почвы.

Внесение калия в дозе 90 кг/га д.в. повышало содержание подвижных форм этого элемента в 2,88 раза. В пахотном слое 0-20 см наибольшее его количество накапливалось при минимальной обработке (247 мг/кг почвы), по сравнению с отвальной (206 мг/кг почвы)

Виды и дозы удобрений определяют массу корневой системы озимой пшеницы, а способы и глубина их заделки – распределение по слоям корнеобитаемой зоны 0-30 см. С усилением фона питания доля зерна, корней и послеуборочных остатков уменьшается, а соломы – резко возрастает. На фоне NPK доля зерна снизилась на 7,7 %, корневой системы – на 25,3 %, остатков – на 22,3 % при увеличении доли соломы на 25,4 %, по сравнению с вариантами без удобрений. Совместное внесение минеральных удобрений с органическими приводит к еще более заметному снижению доли зерна (11,8 %) и увеличению доли соломы (35,3 %).

Литература.

1. Кирюшин В.И. Минеральные удобрения как ключевой фактор развития сельского хозяйства и оптимизации природопользования // Достижения науки и техники АПК. 2016. Т. 30. № 3. С. 19-25.

2. Чуян О.Г. Модель системы удобрений в адаптивно-ландшафтном земледелии Центрального Черноземья // Достижения науки и техники АПК. 2017. Т. 31. № 12. С. 5-8.

3. Матюк Н.С., Полин В.Д., Абрашкина Е.Д. Урожайность культур и плодородие почвы в зависимости от ее обработки и удобрения // Плодородие. 2008. № 1(70). С. 38–40.

4 Матюк Н.С., Полин В.Д. Агроэкологические функции растительных остатков культур зернопропашного севооборота в регулировании плодородия дерново-подзолистой почвы // АгроЭкоИнфо. 2008. № 2. С. 8.

5. Доспехов Б.А., Панов И.М., Пупонин А.И. Минимальная Обработка почвы в Нечерноземной зоне // Сборник докладов Международной научной конференции «Агротехнологии XXI века». М.: РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2007. С. 179–196.

6. Нормативы затрат минеральных удобрений для повышения плодородия в дерново-подзолистой почве / И.Г. Платонов, А.Ф. Сафонов, В.Д. Полин и др. // Агрохимический вестник. 2010. № 5. С. 9–11.

7. Пупонин А.И. Научные и практические основы минимальной обработки почвы // Ресурсосберегающие технологии обработки почвы в адаптивном земледелии: материалы Всероссийской научно-практической конференции. М.: Изд-во РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2010. С. 13–29.

Influence of Different Cultivation Systems and Fertilizers on Fertility of Sod-Podzolic Soil

M.A. Mazirov, N.S. Matyuk, V.D. Polin, N.V. Malakhov
Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy, ul. Timiryazevskaya, 49, Moskva, 127550, Russian Federation

Abstract. *In a long-term multifactor stationary experiment, we determined the role of tillage systems and fertilizers of different intensity in the change of fertility of the sod-podzolic soil and in the accumulation, distribution and mineralization rate of plant residues in a grain-fallow crop rotation. The research was carried out in 1969–2015. The soil of the experimental plot was sod-podzolic medium loamy. The thickness of the arable layer was 20–22 cm. Before the test it had the following agrochemical indicators: the content of humus was 1.6%, of total nitrogen – 0.098%, of mobile phosphorus – 40 mg/kg, of exchange potassium – 60 mg/kg; pH was 5.0; hydrolytic acidity was 1.3 mg-eq/100 g of soil; S-value was 11.8 mg-eq/100 g of soil. Liming was carried out in 1969, the second one was in 1987. The experiment scheme included three variants of cultivation. The first one was moldboard cultivation: annual plowing at 20–22 cm with a presowing treatment at 6–8 cm (the control). The second variant was minimal resource-saving cultivation: annual disking at 10–12 cm, presowing milling at 6–8 cm. The third variant was intensive deep cultivation: three-tier plowing at 38–40 cm for annual grasses and potato, disking at 10–12 cm for cereals, presowing milling at 6–8 cm. The studies were carried out against different nutrition backgrounds: fertilizer free (the control), mineral fertilizer system (N60P60K90), organic and mineral systems (N60P60K90 + 2.8 t/ha of straw and N60P60K90 + 14 t/ha of manure annually). Increasing doses of mineral and organic fertilizers result in greater accumulation of plant residues (30–40%) compared to the variants without fertilizers, and the substitution of plowing by nonmoldboard processing at different depth led to their concentration in the upper (0–10 cm) part of the root layer. This is accompanied by a change in the content of humus and nutrients in the layers of the root horizon.*

Keywords: *soil fertility, fertilizers, plant residues, tillage, nutrients.*

Author Details: *M.A. Mazirov, D. Sc. (Biol.), prof. (e-mail: mazirov@mail.ru); N.S. Matyuk, D. Sc. (Agr.), prof. (e-mail: nsmatukzem@gmail.com); V.D. Polin, Cand. Sc. (Agr.), assoc. prof. (e-mail: polinwd4@gmail.com); N.V. Malakhov, post graduate student.*

For citation: *Mazirov M.A., Matyuk N.S., Polin V.D., Malakhov N.V. Influence of Different Cultivation Systems and Fertilizers on Fertility of Sod-Podzolic Soil. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 33-36 (in Russ.).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10209
УДК 631.8

Эффективность длительного систематического внесения удобрений в зернопаротравяном севообороте на дерново-подзолистых почвах севера Томской области

Ю.Н. АНКУДОВИЧ, научный сотрудник (e-mail: yuliya.ankudovich@mail.ru)
Сибирский научно-исследовательский институт сельского хозяйства и торфа – филиал Сибирского федерального научного центра агробиотехнологий РАН, ул. Гагарина, 3, Томск, 634050, Российская Федерация

В многолетнем опыте (1948-2010 гг.) на стационаре Сибирского научно-исследовательского института сельского хозяйства и торфа было изучено влияние 15 систем удобрений на урожайность культур в зернопаротравяном севообороте. В среднем за 8 ротаций внесение навоза в количестве 2,9, 5,7 и 8,6 т на 1 га севооборотной площади повышало продуктивность сельскохозяйственных культур, относительно естественного фона, на 22,2-58,5 %; минеральных удобрений в небольшой дозе ($N_{19}P_{19}K_{19}$) – на 18,0 %; совместное применение различных видов органических удобрений (торф, компост, перегной, навоз) в количестве 0,4-5,0 т и минеральных удобрений ($N_{27-47}P_{25-47}K_{25-47}$) – на 40,1-55,2 %. Максимальный в опыте прирост продуктивности севооборота на 65,1-82,5 % обеспечивало внесение 5,7 т навоза и минеральных удобрений в дозе $N_{19-42}P_{19-42}K_{20-42}$. В этих же вариантах отмечена самая высокая окупаемость минеральных удобрений – 8,6-14,6 кг зерна на 1 кг д.в. По эффективности применение торфа и компоста уступало внесению навоза – 3,2 %, 21,0 % и 28,2 % к контролю соответственно. Оптимальный приём удобрения культур на дерново-подзолистых почвах – совместное применение навоза и минеральных туков в умеренных дозах. Возделывание сельскохозяйственных культур в зернопаротравяном севообороте без удобрений в течение 60 лет обеспечивало сохранение почвенного плодородия, содержание органического вещества в пахотном слое почвы увеличивалось на 0,2 %. При внесении на 1 га севооборотной площади 5,7 т навоза + $N_{26-42}P_{27-42}K_{27-42}$ отмечено повышение содержания углерода на 0,4-0,5 %. Внесение органоминеральных удобрений способствовало увеличению содержания фосфора на 0,7-14,1 мг/100 г почвы, калия – на 0,6-2,3 мг/100 г почвы, в сравнении с не удобренным фоном. Длительное использование органических и органоминеральных удобрений способствовало снижению подвижности алюминия на 0,3-2,6 мг/100 г почвы.

Ключевые слова: *минеральные удобрения, навоз, компост, торф, органоминеральная смесь, севооборот, продуктивность.*

Для цитирования: *Анкудович Ю.Н. Эффективность длительного систематического внесения удобрений в зернопаротравяном севообороте на дерново-подзолистых почвах севера Томской области // Земледелие. 2018. № 2. С. 37-40.*

Восстановление, сохранение и повышение плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения – приоритет для современного земледелия [1]. Мощным средством для этого было и останется в ближайшем будущем применение удобрений. Для нечернозёмной зоны Западной Сибири с её резко континентальными климатическими условиями и малоплодородными почвам вопрос применения удобрений очень актуален. Исследования сибирских учёных доказывают высокую эффективность минеральных и традиционных органических удобрений [2-6]. Их систематическое применение способствует поддержанию агрохимических параметров почвы на более высоком уровне, в сравнении с естественным плодородием, и оказывает устойчивое положительное действие на продуктивность полевых культур [7]. Органические удобрения обеспечивают возврат в почву биогенных элементов, способствуют сохранению гумусового состояния пашни и восстановлению процесса почвообразования, нарушенного при длительном сельскохозяйственном использовании почвы. Систематическое применение минеральных удобрений в умеренных нормах не создаёт экологических проблем в агроценозе, не загрязняет окружающую среду и не ухудшает качество сельскохозяйственной продукции [8].

Обеспечение продовольственной безопасности страны невозможно без повышения и стабилизации урожайности сельскохозяйственных культур в Сибири. Для управления продуктивностью агроценозов в сибирском земледелии необходимо активное применение и всестороннее изучение удобрений, направленное на повышение эффективности их использования в сельском хозяйстве.

Цель исследования – изучение влияния различных систем удобрения на продуктивность культур в зернопаротравяном севообороте на дерново-подзолистых почвах севера Томской области.

В 1948-2010 гг. в стационарном опыте Нарымской государственной селекционной станции (с 2006 г. Нарымского отдела селекции и семеноводства СибНИИСХиТ – филиала СФНЦА РАН) определяли влияние 15 систем удобрений на продуктивность культур в зернопаротравяном севообороте. Севооборот имел следующую структуру: в первой и второй ротации – чистый пар (14 %), многолетние травы (29 %), зерновые (57 %); с третьей по восьмую ротации – занятый пар (14 %), многолетние травы (14 %), зерновые (71 %). Занятый пар в третьей ротации – картофель, в дальнейшем – горохоовсяная смесь на зелёный корм.

Опыт заложен в 1947 г., развёрнут на семи полях в 3-кратной повторности. Контроль (вариант 1) – без применения удобрений (табл. 1). Схема эксперимента предусматривала изучение эффективности органической (варианты 2-4), минеральной (вариант 10) и органоминеральной (варианты 5-9 и 11-15) систем удобрения.

По ротациям происходили изменения в схеме применения удобрений в расчете на 1 га севооборотной площади (см. табл. 1). В варианте 5 в первой ротации вносили торф, во второй – компост, в дальнейшем навоз и минеральные удобрения; в варианте 8 в первой ротации – зеленую массу,

1. Схема опыта по изучению влияния систем удобрения на продуктивность севооборота (количество удобрений в расчёте на 1 га севооборотной площади)

Вариант	1 ротация (1948-1960 гг.)	2 ротация (1955-1967 гг.)	3 ротация (1963-1975 гг.)	4 ротация (1970-1982 гг.)	5-8 ротации (1977-2010 гг.)	В среднем (1948-2010 гг.)
1	0	0	0	0	0	0
2	2,9 т навоза	2,9 т навоза	2,9 т навоза	2,9 т навоза	2,9 т навоза	2,9 т навоза
3	5,7 т навоза	5,7 т навоза	5,7 т навоза	5,7 т навоза	5,7 т навоза	5,7 т навоза
4	8,6 т навоза	8,6 т навоза	8,6 т навоза	8,6 т навоза	8,6 т навоза	8,6 т навоза
5	5,7 т торфа	5,7 т компоста	2,9 т навоза + $N_6P_6K_6$	2,9 т навоза + $N_{51}P_{51}K_{51}$	2,9 т навоза + $N_{51}P_{51}K_{51}$	3,6 т органического вещества**** + $N_{33}P_{33}K_{33}$
6	5,7 т торфа*	5,7 т компоста	5,7 т компоста + $N_{26}P_{26}K_{26}$	5,7 т компоста*	$N_{77}P_{77}K_{77}$	2,9 т органики + $N_{42}P_{42}K_{42}$
7	5,7 т компоста	5,7 т компоста	5,7 т компоста	5,7 т компоста	$N_{94}P_{94}K_{94}$	2,9 т компоста + $N_{47}P_{47}K_{47}$
8	**	1,4 т перегной + $N_{13}P_{13}K_{13}$	1,4 т перегной + $N_6P_{13}K_{13}$	$N_{51}P_{51}K_{51}$	$N_{51}P_{51}K_{51}$	0,4 т перегноя + $N_{34}P_{35}K_{35}$
9	***	5,7 т навоза**	5,7 т навоза	5,7 т навоза + $N_{43}P_{43}K_{43}$	5,7 т навоза + $N_{43}P_{43}K_{43}$	5,0 т навоза + $N_{27}P_{27}K_{27}$
10	***	$N_6P_6K_6$	$N_{13}P_{13}K_{13}$	$N_{26}P_{26}K_{26}$	$N_{26}P_{26}K_{26}$	$N_{19}P_{19}K_{19}$
11	5,7 т навоза + N_{13}	$N_{13}P_{13}K_{13}$	$N_{19}P_{19}K_{19}$	$N_{34}P_{34}K_{34}$	$N_{34}P_{34}K_{34}$	0,7 т навоза + $N_{27}P_{25}K_{25}$
12	5,7 т навоза + P_{13}	$N_{13}P_{19}K_{19}$	$N_{26}P_{26}K_{26}$	$N_{43}P_{43}K_{43}$	$N_{43}P_{43}K_{43}$	0,7 т навоза + $N_{32}P_{34}K_{33}$
13	5,7 т навоза + K_{13}	5,7 т навоза + $N_6P_6K_6$	5,7 т навоза + $N_{13}P_{13}K_{13}$	5,7 т навоза + $N_{26}P_{26}K_{26}$	5,7 т навоза + $N_{26}P_{26}K_{26}$	5,7 т навоза + $N_{19}P_{19}K_{20}$
14	5,7 т навоза + $N_{13}P_{13}K_{13}$	5,7 т навоза + $N_{13}P_{13}K_{13}$	5,7 т навоза + $N_{13}P_{19}K_{19}$	5,7 т навоза + $N_{34}P_{34}K_{34}$	5,7 т навоза + $N_{34}P_{34}K_{34}$	5,7 т навоза + $N_{26}P_{27}K_{27}$
15	5,7 т навоза + $N_{13}P_{13}K_{13}$*	5,7 т навоза + $N_{13}P_{13}K_{13}$*	5,7 т навоза + $N_{19}P_{19}K_{19}$*	5,7 т навоза + $N_{34}P_{34}K_{34}$*	5,7 т навоза + $N_{64}P_{64}K_{64}$	5,7 т навоза + $N_{42}P_{42}K_{42}$

**известь из расчёта ½ Нг. один раз в ротацию: 1, 2 ротации – в паровое поле; 3, 4 ротации – под 2-ю культуру севооборота;*
***занятый пар: овёс + горох;*
****сидеральный пар: вар. №9 – люпин, вар. №10 – клевер.*
*****в 1 ротации вносили – торф, во 2 – компост, с 3 по 8 ротации – навоз.*

выращенную в занятом пару, затем в течение двух ротаций применяли органоминеральную смесь (ОМС – перегной + $P_{45}K_{45}$), в дальнейшем минеральные удобрения; в вариантах 9 и 10 в первой ротации – зеленая масса, выращенная в сидеральном пару, затем в 9-ом навоз и минеральные удобрения, в 10-м – только минеральные удобрения; в вариантах 11 и 12 – в первой ротации вносили навоз, затем только минеральные удобрения.

Органические удобрения – навоз, торф, торфонавозный компост (1:1) и органоминеральную смесь вносили под основную обработку почвы, минеральные – перед посевом зерновых культур и в подкормку: фосфор в виде суперфосфата, калий – хлористого калия (60 %), азот – аммиачной селитры и карбамида. Кроме того, применяли комплексные удобрения – азотно-фосфорные (аммофос 12:52) и азотно-фосфорно-калийные (азофоска 16:16:16).

Климат Томской области резко континентальный характеризуется холодной длительной зимой, значительным снежным покровом (40-70 см) и довольно влажным, коротким, тёплым летом, с непродолжительными переходными и безморозными периодами, со среднегодовой температурой воздуха ниже нуля от -1,4 до -2,0 ^{0}С и количеством осадков 475 мм [9, 10]. В этой зоне преобладают дерново-подзолистые почвы в сочетании с болотными, которые отличаются низким уровнем плодородия – содержат в пахотном слое до 2,2 % гумуса, слабо обеспечены азотом – 0,7 мг/100 г, в средней степени фосфором – 3,8-8,8 мг/100 г и калием – 6,5-9,7 мг/100 г, имеют кислую реакцию раствора – pH_{KCl} 4,0-4,4, характеризуются избыточным содержанием подвижного алюминия – до 8,0 мг/100 г и высокой гидролитической кислотностью – 4,2-6,5 мг-экв/100 г [11]. Содержание органического углерода в почве опытного участка перед началом опыта составляло 2,0 %, подвижных форм фосфора и калия – 8,0 и 6,0 мг/100 г почвы соответственно, алюминия – 3,4 мг/100 г, pH_{KCl} – 4,7 (табл. 2).

Агротехника возделывания сельскохозяйственных культур – рекомендуемая для зоны. Сорта – районированные [12].

При определении показателей плодородия использовали принятые для дерново-подзолистых почв методы: гумус – по Тюрину; подвижный фосфор – по Кирсанову; подвижный калий – по Пейве; подвижный алюминий – по Соколову; солевую кислотность – по Алямовскому; гидролитическую кислотность – по Каппену [13]. Урожайность зерновых и зернобобовых культур учитывали при поделяночной уборке комбайном Сампо 500, многолетних трав и горохоовсяной смеси – методом пробных площадок. Математическую обработку урожайных данных осуществляли методом дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [14].

Содержание органического углерода в пахотном слое почвы (0-20 см) через 60 лет в зернопаротравяном севообороте без применения удобрений увеличивалось в абсолютном выражении на 0,2 %. Внесение на 1 га севооборотной площади средней дозы навоза 5,7 т и малой дозы навоза 0,7 т в сочетании с $N_{32}P_{34}K_{33}$ позволяло

2. Агрохимические параметры дерново-подзолистой почвы через 60 лет (слой 0-20 см)

Параметр	Исходное содержание	Вариант опыта					
		1	3	7	12	14	15
P_2O_5, мг/100 г	8,0	26,2	21,6	40,3	26,9	32,3	31,2
K_2O, мг/100 г	6,0	7,5	6,6	9,6	9,0	9,8	8,1
pH_{KCl}	4,7	3,9	4,1	3,9	3,8	3,8	3,9
Нг, мг-экв/100 г	4,2	5,1	5,3	5,7	5,9	5,7	5,1
Al^{3+}, мг/100 г	3,4	1,6	1,1	3,1	2,8	1,3	0,8
С орг., %	2,0	2,2	1,9	1,9	1,9	2,4	2,5

поддерживать величину этого показателя на близком к исходному уровне, также как и 2,9 т компоста + $N_{47}P_{47}K_{47}$. В вариантах 5,7 т навоза + $N_{26}P_{27}K_{27}$ и 5,7 т навоза + $N_{42}P_{42}K_{42}$ отмечено повышение содержания органического углерода на 0,4-0,5 %.

Содержание подвижного фосфора и обменного калия в варианте без применения удобрений так же увеличивалось на 18,2 и 1,5 мг/100 г почвы соответственно, что связано, скорее всего, с горизонтальным переносом питательных веществ, при механической обработке почвы. Внесение только органических удобрений не приводило к росту величин этих показателей, по сравнению с контролем. Использование органоминеральных удобрений способствовало повышению содержания фосфора на 0,7-14,1 мг/100 г почвы, калия – на 0,6-2,3 мг/100 г почвы.

За 60 лет произошло некоторое изменение кислотных свойств почвенного раствора: возросла актуальная (показатель pH_{KCl} снизился на 0,6-0,9 единиц) и гидролитическая кислотность (на 0,9-1,7 мг-экв). Наименьшее снижение pH_{KCl} отмечали при внесении 5,7 т навоза, $H_г$ – в варианте 5,7 т навоза + $N_{42}P_{42}K_{42}$ (вар. 15), в котором в течение четырёх ротаций вносили известь.

Длительное применение органических и органоминеральных удобрений способствовало снижению подвижности алюминия на 0,3-2,6 мг/100 г почвы. Максимальное в опыте его осаждение произошло в варианте с применением извести (вар. 15).

В среднем за 8 ротаций севооборота продуктивность сельскохозяйственных культур без применения удобрений составляла 1,3 тыс. зерн. ед./га (табл. 3). Наибольшее увеличение относительно контроля отмечали от совместного использования средней дозы навоза 5,7 т с минеральными удобрениями $N_{19}P_{19}K_{20}$, $N_{26}P_{27}K_{27}$ и $N_{42}P_{42}K_{42}$ – 0,8, 0,9 и 1,0 т/га соответственно, а также в варианте с большой дозой навоза 8,6 т – 0,7 т/га. Самыми низкими были прибавки при использовании только минеральных удобрений $N_{19}P_{19}K_{19}$ – 0,2 т/га и небольшой дозы навоза 2,9 т – 0,3 т/га ($НСР_{05}$ 0,2 т/га).

В среднем в первой ротации (1948-1960 гг.) прибавки продуктивности к контролю от разных доз навоза составляли 15,3-40,3 %; внесения 5,7 т компоста – 21,0%; наименьшее увеличение отмечено от применения 5,7 т торфа – 3,2 % и 9,7 %, а также в варианте с занятым паром – 13,7 % (вар. 8). Неэффективным оказалось внесение биомассы сидеральных удобрений (вар. 9, 10). Совместное использование навоза в количестве 5,7 т и небольших доз минеральных удобрений $N_{13}P_{13}K_{13}$ обеспечивало рост продуктивности на 32,3-53,2 %.

Во второй ротации (1955-1967 гг.) продуктивность севооборота при внесении только навоза увеличивалась на 23,6-52,7 %; 5,7 т компоста – на 6,4-35,5 %; небольших доз минеральных удобрений ($N_{6-13}P_{6-19}K_{6-19}$) – на 1,8-50,9 %. Сочетание различных органических и минеральных удобрений (1,4 т перегноя + $N_{13}P_{13}K_{13}$, 5,7 т навоза + $N_{6-13}P_{6-13}K_{6-13}$) обеспечивало прибавку на уровне 40,0-73,6 %.

За третью ротацию (1963-1975 гг.) отмечены наибольшие прибавки продуктивности за период исследований при органической системе удобрения: при внесении навоза – на 35,3-78,2 %; 5,7 т компоста – на 54,1 %. Минеральные удобрения ($N_{13-26}P_{13-26}K_{13-26}$) повышали величину этого показателя на 36,8-60,9 %, различные сочетание органических (1,4 т перегноя, 5,7 т компоста, 2,9 и 5,7 т навоза) и минеральных ($N_{6-26}P_{6-26}K_{6-26}$) удобрений – на 51,1-94,0 %.

В четвёртой ротации (1970-1982 гг.) органические удобрения повышали продуктивность культур севооборота на 22,7-64,8 %; минеральные ($N_{26-51}P_{26-51}K_{26-51}$) – на 37,5-83,6 %. Совместное внесение навоза (2,9 и 5,7 т) и минеральных удобрений ($N_{26-51}P_{26-51}K_{26-51}$) позволило получить наибольшие прибавки за весь период наблюдений – 86,7-104,7 %.

В среднем за пятую-восьмую ротации (1977-2010 гг.) внесение навоза увеличивало продуктивность на 14,4-54,7 %; средние дозы минеральных удобрений ($N_{26-51}P_{26-51}K_{26-51}$) – на 20,1-59,7 %; повышенные ($N_{77-94}P_{77-94}K_{77-94}$) – на 62,6-72,7 %; совместное использование навоза (2,9 и 5,7 т) и минеральных удобрений ($N_{26-64}P_{26-64}K_{26-64}$) – на 61,2-84,2%.

В целом продуктивность 7-польного севооборота была самой низкой в первой ротации. Замена во второй ротации торфа на компост, сидерального и занятого пара на ОМС и навоз, а также повышение доз минеральных удобрений позволило увеличить ее до максимальных в опыте значений в третьей и четвёртой ротации. Дальнейшее насыщение севооборота минеральными удобрениями в повышенных дозах не влекло за собой роста продуктивности сельскохозяйственных культур. Это связано, в том числе и со снижением плодородия дерново-подзолистых почв при длительной антропогенной нагрузке [15]. Применение извести (вар. 6, 15) позволяло в большей мере повышать продуктивность культур, по сравнению с аналогичными вариантами без химической мелиорации (в среднем на 0,1 т/га). При сопоставлении равных доз различных органических удобрений в первой ротации наибольшую эффективность имел навоз – 28,2 %, применение компоста повышало урожайность на 21,0 %, а наименьшие прибавки обеспечило внесение торфа – 3,2 % к контролю.

Окупаемость удобрений урожаем в среднем за 8 ротаций севооборота была высокой – 4,4-14,6 кг зерна на 1 кг д.в. (табл. 4). Самая низкая величина этого показателя была выявлена при внесении минеральных удобрений в малой дозе

3. Влияние систем удобрения на продуктивность 1 га севооборотной площади(1948-2010 гг.)*

Вариант**	1 ротация	2 ротация	3 ротация	4 ротация	5-8 ротации	В среднем
1	1,2/-	1,1/-	1,3/-	1,3/-	1,4/-	1,3/-
2	1,4/15,3	1,4/23,6	1,8/35,3	1,6/22,7	1,6/14,4	1,6/22,2
3	1,6/28,2	1,5/38,2	2,1/60,9	1,9/48,4	1,9/36,0	1,8/42,6
4	1,7/40,3	1,7/52,7	2,4/78,2	2,1/64,8	2,2/54,7	2,0/58,5
5	1,3/3,2	1,2/6,4	2,4/78,9	2,5/97,7	2,4/72,7	2,0/53,9
6	1,4/9,7	1,2/5,5	2,1/55,6	2,1/60,2	2,4/72,7	1,8/42,6
7	1,5/21,0	1,5/35,5	2,1/54,1	1,9/50,8	2,3/62,6	1,9/45,6
8	1,4/13,7	1,5/40,0	2,0/51,1	2,4/83,6	2,2/59,7	1,9/50,3
9	1,3/1,6	1,4/29,1	2,2/65,4	2,5/91,4	2,4/70,5	1,9/53,0
10	1,1/-	1,1/1,8	1,8/36,8	1,8/37,5	1,7/20,1	1,5/18,0
11	1,6/32,3	1,5/36,4	1,9/43,6	2,0/58,6	1,8/29,5	1,8/40,1
12	1,7/37,1	1,7/50,9	2,1/60,9	2,3/79,7	2,0/46,8	2,0/55,2
13	1,7/40,3	1,7/58,2	2,4/77,4	2,4/86,7	2,2/61,2	2,1/65,1
14	1,7/40,3	1,7/56,4	2,5/89,5	2,6/102,3	2,4/74,1	2,2/73,3
15	1,9/53,2	1,9/73,6	2,6/94,0	2,6/104,7	2,6/84,2	2,3/82,5

**в числителе – продуктивность, тыс. зерн. ед./га; в знаменателе – прибавка к контролю, %;*
***см. схему опыта в табл. 1.*

4. Окупаемость 1 кг д.в. минеральных удобрений урожаем при длительном их использовании в севообороте (1948-2010 гг.)

Вариант	Внесено NPK за 62 года, кг д.в./га	Суммарный урожай, тыс. зерн. ед./га	Прибавка	Оплата 1 кг NPK урожаем, з.ед.
0 (контроль)	0	73,6	–	–
3,6 т органики + $N_{33}P_{33}K_{33}$	5535	118,6	45,0	8,1
2,9 т органики + $N_{42}P_{42}K_{42}$	7020	113,6	40,0	5,7
2,9 т компоста + $N_{47}P_{47}K_{47}$	7920	112,0	38,4	4,8
0,4 т перегноя + $N_{34}P_{35}K_{35}$	5895	113,4	39,8	6,7
5,0 т навоза + $N_{27}P_{27}K_{27}$	4500	117,7	44,2	9,8
$N_{19}P_{19}K_{19}$	3105	87,4	13,8	4,4
0,7 т навоза + $N_{27}P_{25}K_{25}$	4365	99,9	26,3	6,0
0,7 т навоза + $N_{32}P_{34}K_{33}$	5490	111,8	38,2	7,0
5,7 т навоза + $N_{19}P_{19}K_{20}$	3195	120,3	46,7	14,6
5,7 т навоза + $N_{26}P_{27}K_{27}$	4500	127,8	54,2	12,0
5,7 т навоза + $N_{42}P_{42}K_{42}$	7065	134,7	61,1	8,6

$N_{19}P_{19}K_{19}$, самая высокая – при совместном использовании 5,7 т навоза и небольших доз минеральных удобрений $N_{19}P_{19}K_{20}$. Повышение дозы минеральных удобрений до $N_{26-42}P_{27-42}K_{27-42}$ на фоне 5,7 т навоза оказалось менее эффективны, окупаемость понизилась до 8,6-12,0 кг зерна на 1 кг д.в.

Таким образом, на дерново-подзолистых почвах севера Томской области наиболее эффективный приём удобрения культур в севообороте – совместное применение средних доз навоза и минеральных туков. Органоминеральная система удобрения обеспечивает наибольшие прибавки продуктивности севооборота (65,1-82,5%) и высокую окупаемость удобрений (8,6-14,6 кг зерна). Возделывание сельскохозяйственных культур в зернопаротравяном севообороте без применения удобрений в течение 60 лет позволяло сохраненять почвенное плодородие, содержание органического вещества в пахотном слое почвы увеличивалось на 0,2 %. При внесении на 1 га севооборотной площади 5,7 т навоза + $N_{26-42}P_{27-42}K_{27-42}$ отмечено повышение содержания углерода на 0,4-0,5 %. Длительное внесение органических и органоминеральных удобрений способствовало снижению подвижности токсичного для большинства сельскохозяйственных растений алюминия на 0,3-2,6 мг/100 г почвы.

Литература.

1. Иванов А.Л., Завалин А.А. Приоритеты научного земледелия // Земледелие. 2010. № 7. С. 3–6.

2. Влияние удобрений на химические свойства дерново-подзолистой почвы в зернотравяном севообороте в длительном полевом опыте / Н.Б. Наумова, Р.П. Макарикова, О.А. Савенков и др. // Агрохимия. 2012. № 3. С. 3–11.

3. Храмцов И.Ф., Пунда Н.А. Эффективность удобрений при возделывании кукурузы на зерно на чернозёмных почвах лесостепи Западной Сибири // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 3. С. 24–25.

4. Проблемы экспериментальной агрохимии. Научно-педагогическая агрохимическая школа академика Россельхозакадемии Г.П. Гамзикова. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. аграр. ун-та, 2013. 448 с.

5. Титова Э.В., Сорокин И.Б. Фосфор в земледелии Томской области // Достижения науки и техники АПК. 2014. № 10. С. 8–10.

6. Анкудович Ю.Н., Литвинчук О.В. Нарымскому стационару – 70. История создания и основные результаты // Научные стационары: реалии, научная проблематика и инновации: матер. науч. практич. конф. с междунар. участ. Томск: Изд-во ООО «Графика», 2017. С. 15–38.

7. Холмов В.Г., Юшкевич Л.В. Интенсификация и ресурсосбережение в земледелии лесостепи Западной Сибири / Омск: Изд-во ФГОУ ВПО ОмГАУ, 2006. 395 с.

8. Гамзиков Г.П. Агрохимия азота в агроценозах. Новосибирск: Изд-во Новосиб. гос. аграр. ун-та, 2013. 790 с.

9. Агроклиматические ресурсы Томской области. Л.: Гидрометеоиздат, 1975. 147 с.

10. Реестр длительных стационарных полевых опытов государственных научных учреждений Сибирского отделения Россельхозакадемии. 1-е изд. / Л.Ф. Ашмарина, А.И. Ермохина, Т.А. Галактионова / под. ред. Н.И. Кашеварова. Новосибирск: Изд-во ИИЦ ЦНСХБ СО Россельхозакадемии, 2009. С. 270–275.

11. Вервайн О.Д., Анкудович Ю.Н. Длительное применение средств химизации на холодных дерново-подзолистых почвах. Томск: Изд-во «Ветер», 2009. 10 с.

12. Сигов В.И., Жукова Т.И. Методические указания по проведению научных исследований в земледелии, растениеводстве и агрохимии / под ред. Г.Ф. Никитенко. М.: Изд-во печатно-множительная группа ВМК, 1976. 161 с.

13. Петербургский А.В. Практикум по агрохимии. 2-е изд. М.: Государственное изд-во с.-х. лит-ры, 1952. 439 с.

14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. М.: Изд-во Колос, 1973. 336 с.

15. Сорокин И.Б. Органическое вещество в адаптивно-ландшафтных системах земледелия Томской области. Томск: Изд-во «Ветер», 2007. С. 9–32.

Effectiveness of Long-Term Systematic Fertilization for Grain-Fallow-Grass Crop Rotation in Sod-Podzolic Soils in the North of Tomsk Region

Y.N. Ankudovich
Siberian Research Institute of Agriculture and Peat – the branch of the Siberian Federal Agrobiotechnology Research Center of the Russian Academy of Sciences, ul. Gagarina, 3, Tomsk, 634050, Russian Federation

Abstract. *A long-term experiment (1948–2010) was conducted at the station of the Siberian Research Institute of Agriculture and Peat to study the influence of 15 fertilization systems on crop yields in a grain-fallow-grass crop rotation. On average for eight crop rotations, the application of 2.9, 5.7 and 8.6 t of manure per hectare of the rotation area increased the productivity of crops by 22.2–58.5% (relative to a natural background). The application of mineral fertilizers in a small dose (N19P19K19) increased the productivity by 18.0%. The combination of different organic fertilizers (peat, compost, humus, manure) in a dosage of 0.4–5.0 t/ha and mineral fertilizers (N(27–47) ФР(25–47)K(25–47)) increased the productivity by 40.1–55.2%. The maximum increase in the productivity of crop rotation (65.1–82.5%) was ensured by the application of manure in a dose of 5.7 t/ha and mineral fertilizers in the dose of N(19–42)P(19–42)K(20–42). This option also demonstrated the highest rate of return to mineral fertilizers: 8.6–14.6 kg of grain per kg of the active substance. Peat and compost were less effective than manure: 3.2%, 21.0% and 28.2% as compared to the control group, respectively. The optimal fertilization method for crops in sod-podzolic soils is to use a combination of manure and mineral fertilizers at moderate doses. As a result of the 60-year cultivation of crops in a grain-fallow-grass crop rotation without fertilization, soil fertility was preserved: the organic matter content in the topsoil increased by 0.2%. The application of 5.7 t/ha of manure with N(26–42)P(27–42) K(27–42) increased the carbon content by 0.4–0.5%. The application of organic mineral fertilizers contributed to an increase in the phosphorus content (by 0.7–14.1 mg/100 g) and the potassium content (by 0.6–2.3 mg/100 g) as compared to the unfertilized background. The long-term application of organic and organic mineral fertilizers contributed to a decrease in the mobility of aluminum (by 0.3–2.6 mg/100 g).*

Keywords: *mineral fertilizers; manure; compost; peat; organic mineral mixture; crop rotation; productivity.*

Author Details: *Y.N. Ankudovich, research fellow (e-mail: yuliya.ankudovich@mail.ru).*

For citation: *Ankudovich Y.N. Effectiveness of Long-Term Systematic Fertilization for Grain-Fallow-Grass Crop Rotation in Sod-Podzolic Soils in the North of Tomsk Region. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 37-40 (in Russ.).*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10210
УДК 633. 853. 78

Влияние насыщения севооборотов масличным подсолнечником на развитие и распространение болезней культуры в Кулундинской степи

А.А. ГАРКУША, кандидат сельскохозяйственных наук, директор (e-mail: aniish@mail.ru)
П.Н. НАЗАРЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, старший научный сотрудник
Д.В. ПУРГИН, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
В.И. КРАВЧЕНКО, кандидат сельскохозяйственных наук, зав. лабораторией
Федеральный Алтайский научный центр агробиотехнологий,
Научный городок, 35, Барнаул, 656910, Российская Федерация

Исследования проводили с целью определения возможности увеличения насыщенности полевых севооборотов масличным подсолнечником с учетом степени распространения и развития гнилей корзинки в аридных условиях Западной Кулунды Алтайского края. В работе изучены и обобщены результаты длительного стационарного опыта Кулундинской сельскохозяйственной опытной станции за 2011-2016 гг. Почва опытного участка супесчаная каштановая малогумусная (2,1 %), pH близкий к нейтральному, содержание подвижного фосфора 150-180 мг/кг, калия – 300-360 мг/кг. За третью декаду августа и первую декаду сентября в среднем за шесть лет выпадало 11,7 мм осадков при относительной влажности воздуха 40-50 %. Исследования проводили в 5 полевых севооборотах (пар чистый – пшеница – пшеница – овес; пар чистый – пшеница – пшеница – подсолнечник; пар чистый – пшеница – пшеница – овес – пшеница – подсолнечник; пар чистый – пшеница – пшеница – овес – пар чистый – подсолнечник – подсолнечник; пшеница – подсолнечник – овес – подсолнечник) и в бессменных посевах пшеницы. В засушливых условиях степи раннеспелые сорта подсолнечника Енисей и Кулундинский 1 поражаются болезнями в малой степени и практически не снижают урожайность. Развитие наиболее вредоносного грибкового заболевания – гнилей корзинки подсолнечника незначительно и не превышает 1,3-1,9 %. Наибольшее распространение болезни отмечено при размещении культуры после пара (3,7 %). Трансформация зернопаровых севооборотов в зернопаропропашные и зернопропашные с увеличением количества полей до 5-7 и насыщение их подсолнечником способствует росту выхода зерна и маслосемян на 46-63 %, а условно чистого дохода – в 1,3-3,2 раза.

Ключевые слова: *подсолнечник, зернопаровой, зернопаропропашной, зернопропашной севообороты, гнили, болезни, зерно, маслосемена, экономический эффект.*

Для цитирования: *Влияние насыщения севооборотов масличным подсолнечником на развитие и распространение болезней в кулундинской степи / А.А. Гаркуша, П.Н. Назаренко, Д.В. Пургин и др. // Земледелие. 2018. № 2. С. 41-43.*

Подсолнечник – одна из самых низкозатратных и экономически выгодных сельскохозяйственных культур в России. В Западной Сибири масличный подсолнечник наиболее распространен в Алтайском крае. В районах Западной Кулунды сосредоточено до 60 % от общей краевой площади посевов культуры [1]. Рентабельность ее возделывания на маслосемена достигает 200 %, на кондитерские цели – 300-400 % [2]. По этой причине площади подсолнечника в полевых севооборотах достигли 30-50 %, тогда как в 70-90 гг. XX в. он, как правило, занимал 5-7 % посевных площадей и располагался в последнем поле 5-7-польных зернопропашных севооборотов, чтобы сократить поражение болезнями.

Увеличение доли подсолнечника в структуре посевных площадей обусловливает необходимость модернизации зернопаропропашных севооборотов в зернопропашные и даже паропропашные, в которых он занимает до 25-60 % площади севооборота. Однако это грозит экологической катастрофой из-за заражения почвы и растительных остатков грибной инфекцией и массового поражения подсолнечника болезнями, особенно гнилями корзинки – делающими масло горьким. В Кулунде 70-90 % площади посевов подсолнечника занимают раннеспелые сорта Енисей, Кулундинский 1 и Кулундинский 3, которые в отличие от позднеспелых гибридов, как правило, менее подвержены заболеваниям, так как в предуборочный период стоит сухая погода и они быстрее высыхают. Но опасность их поражения все-таки сохраняется.

Низкая затратность технологии возделывания, высокая ликвидность маслосемян, устойчивая цена, удачная согласованность по срокам посева и уборки, идентичность уборочной техники с используемой при выращивании основной сельскохозяйственной культуры – пшеницы, делают подсолнечник особо привлекательным для более широкого распространения в Западной Кулунде, что создает опасность массового поражения болезнями. Как разрешить это противоречие?

Цель исследований – определение возможности насыщения полевых севооборотов масличным подсолнечником с учетом степени распространения и развития гнилей корзинки в аридных условиях Западной Кулунды Алтайского края.

Исследования проводили в 2010-2016 гг. на многолетнем стационаре Кулундинской СХОС ФГБНУ Алтайский НИИСХ. Климат Западно-Кулундинской зоны резко континентальный, отличается изменчивостью погоды как по сезонам, так и по годам. Почва опытного участка супесчаная каштановая малогумусная (2,1 %), pH близкий к нейтральному, достаточно обеспечена калием (300-360 мг/кг), средне – фосфором (150-180 мг/кг) и недостаточно азотом (7,8-8,5 мг/кг), что типично для почв Кулундинской степи.

Исследования проводили в 5 полевых севооборотах и одном варианте с бессменной культурой:

пар чистый – пшеница – пшеница – овес (контроль);

пар чистый – пшеница – пшеница – подсолнечник;

пар чистый – пшеница – пшеница – овес – пшеница – подсолнечник;

пар чистый – пшеница – пшеница – овес – пар чистый – подсолнечник – подсолнечник;

пшеница – подсолнечник – овес – подсолнечник;

бессменная пшеница.

В качестве контроля выбран четырехпольный зернопаровой севооборот без подсолнечника, который был общепринятым в Кулундинской степи. Повторность трехкратная, размещение вариантов последовательное.

Распространение и развитие гнилей корзинки подсолнечника определяли согласно методике проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами [3]. Сравнительную оценку севооборотов осуществляли по методике экономической оценки продуктивности сельскохозяйственных культур ВАСХНИЛ [4].

Осадков в период активной вегетации растений в годы исследований

1. Поражение гнилями корзинок подсолнечника (белая, серая и сухая), среднее за 2011-2016 гг., %

Вариант	Распространение болезни	Развитие болезни
Подсолнечник по пшенице	3,0	1,9
Подсолнечник по овсу	2,8	1,7
Подсолнечник по пару	3,7	1,9
Подсолнечник по подсолнечнику	2,5	1,3
$НСР_{05}$	0,7	0,4

выпадало около среднемноголетней нормы, средняя температура воздуха была ниже среднемноголетнего уровня. Агротехника выращивания сельскохозяйственных культур общепринятая в степи с включением новых элементов, изученных на станции.

В засушливой степи могут развиваться 5 основных видов болезней подсолнечника: гнили корзинки, фузариоз, альтернариоз, ложная мучнистая роса и фомопсис. Все они грибного происхождения. Болезни подсолнечника бактериального и вирусного происхождения встречаются очень редко и развиваются слабо. Последние четыре вида перечисленных грибковых болезней поражают в основном стебель, листовую поверхность или корни, слабо развиваются и практически не оказывают влияния на урожайность подсолнечника. Самая вредоносная болезнь культуры в условиях сухой степи – гнили корзинки (белая, сухая, серая). Они могут поражать до 70-100 % площади тыльной стороны корзинок подсолнечника, доходить до семенной камеры, что в последствие вызывает горечь масла, которое становится некондиционным и хозяйственно малоценным.

Грибковая инфекция болезней подсолнечника интенсивно развивается при длительной влажной и прохладной погоде. К уборочному периоду корзинки растений наклоняются вниз и в углублениях накапливается влага, что создает условия для роста и развития гнилей. В среднем за 6 лет исследований наибольшее распространение гнилей (3,7 %) отмечено при размещении подсолнечника по пару, наименьшее (2,5 %) – в повторных посевах (табл. 1).

За третью декаду августа и первую декаду сентября в среднем за шесть лет выпало 11,7 мм осадков при относительной влажности воздуха 40-50 %. Поэтому распространение и развитие гнилей корзинки подсолнечника по различным предшественникам было практически одинаковым. Даже в повторных посевах поражение оказалось не значительным. Это позволяет увеличивать долю культуры в севооборотах в условиях Кулундинской степи до 30-50 %.

Выход зерна пшеницы в контрольном севообороте составил 0,41 т/га. В 4-х и 6-польных зернопропаропропашных севооборотах с насыщенностью подсолнечником 17 и 25 % он был не меньше – 0,40 и 0,43 т/га соответственно. По выходу суммарной продукции (зерна и маслосемян) зернопаропропашные севообороты на 47 % превышают 4-польный контрольный зернопаровой (табл. 2).

Из-за большого насыщения подсолнечником и чистым паром выход зерна в 7-польном зернопаропропашном и 4-польном зернопропашном севооборотах был на 50 % ниже, но совокупный выход зерна и маслосемян на 46 и 63 % выше, чем в 4-польном котрольном зернопаровом. Бессменная пшеница по продуктивности превышала контрольный зернопаровой севооборот на 17 %.

Выход белка в севооборотах с подсолнечником варьировал от 135,2 до 236,8 кг на 1 га севооборотной площади, в то время как в контрольном зернопаровом севообороте он составлял всего 78,4 кг. Это связано с тем, что в 1 кг подсолнечника содержится 357 г белка, а в 1 кг пшеницы только 140 г. Наибольший выход масла (0,24 т/га) отмечен в зернопропашном севообороте с 50 %-ным насыщением подсолнечником. В семипольном севообороте с двумя полями подсолнечника он составил 0,16 т/га. Наименьшая величина этого показателя отмечена в 6-польном зернопаропропашном севообороте с одним полем подсолнечника – 0,07 т.

Трансформация зернопарового севооборота в зернопаропропашные и зернопропашной (насыщение их подсолнечником) повышала условно чистый доход в 1,4-3,3 раза. Экономический эффект в этих севооборотах составлял от +1294 до + 7153 руб. на 1 га севооборотной площади.

Высокая доля подсолнечника в полевых севооборотах вынуждает изучать его в качестве предшественника для зерновых культур. В среднем за 6 лет (2011-2016 гг.) урожайность пшеницы по пшенице и овса по пшенице в 4-польном зернопаровом севообороте составила 0,76 и 1,01 т/га, а в 6-польном зернопаропропашном севообороте по такому же предшественнику – 0,83 и 1,12 т/га. Подсолнечник иссушает почву на значительную глубину, но высокая стерня после уборки позволяет накапливать в зимний период большой снежный покров и восстанавливать содержание влаги. Поэтому в качестве предшественника для зерновых культур его эффективность находится на одном уровне с пшеницей и овсом.

2. Продуктивность и экономические показатели полевых севооборотов с различной насыщенностью подсолнечником в среднем за 2016-2017 гг., с 1 га севооборотной площади

Севооборот	Выход				Условно чистый доход, руб.	Экономический эффект, руб.
	зерна, т	зерна и маслосемян, т	белка, кг	масла, т		
Пар чистый – пшеница – пшеница – овес (контроль)	0,41	0,41	78,4	–	3105	0
Пар чистый – пшеница – пшеница – овес – пшеница – подсолнечник	0,43	0,77	135,2	0,07	4399	+1294
Пар чистый – пшеница – пшеница – подсолнечник	0,40	0,77	188,1	0,15	7555	+3155
Пар чистый – пшеница – пшеница – овес – пар чистый – подсолнечник – подсолнечник	0,21	0,75	176,4	0,16	5471	+2366
Пшеница – подсолнечник – овес – подсолнечник	0,20	1,1	236,8	0,24	10258	+7153
Бессменная пшеница	0,56	0,56	78,2	–	2670	- 434

Положительная роль подсолнечника как предшественника заключается еще и в том, что после его уборки в поле остается в 1,3-1,5 раза больше органического вещества, чем при выращивании пшеницы и овса.

Таким образом, в засушливых условиях Кулундинской степи распространение и развитие наиболее вредоносного грибкового заболевания культуры – гнилей корзинки незначительно и не превышает 1,3-3,7 %. Это предопределяет возможность увеличения доли посевов раннеспелых сортов подсолнечника Енисей, Кулундинский 1 в структуре полевых севооборотов.

Трансформация зернопаровых севооборотов в зернопаропропашные и зернопропашные с увеличением количества полей до 5-7 и насыщением их подсолнечником способствует росту выхода зерна и маслосемян на 46-63 %, что в итоге повышает экономические показатели.

Установившаяся в западной подзоне Кулундинской степи структура посевных площадей с равноправным

включением в нее, наряду с пшеницей, подсолнечника позволяет считать его второй стратегической культурой. Высокая ликвидность и большая цена маслосемян, идентичность уборочной техники делают подсолнечник особо привлекательным и способствуют улучшению экономического состояния сельскохозяйственных предприятий.

Литература.

1. Лихачев Н.И. Подсолнечник в Сибири // Современные проблемы сельского хозяйства и пути их решения: сб. науч. тр. Барнаул: ООО Азбука, 2014. С. 188–195.
2. Лихачев Н.И. Масличный подсолнечник в западной Сибири // Современные проблемы сельского хозяйства и пути их решения: сб. науч. тр. Барнаул: ООО Азбука, 2000. С. 123–133.
3. Лукомец В. М. Методика проведения полевых агротехнических опытов с масличными культурами. Краснодар: Всероссийский научно-исследовательский институт масличных культур им В.С. Пустовойта, 2010. С. 175–180.
4. Методика определения экономической эффективности использования в сельском хозяйстве результатов научно-исследовательских и опытно-конструкторских работ, новой техники, изобретений и рационализаторских предложений. М.: Колос, 1980. 112 с.

Influence of Saturation of Crop Rotations with Oil Sunflower on the Development and Spread of Diseases in the Kulunda Steppe

A.A. Garkusha, P.N. Nazarenko, D.V. Purgin, V.I. Kravchenko
Federal Altai Scientific Center of Agrobiotechnologies, Nauchnyi gorodok, 35, Barnaul, 656910, Russian Federation

Abstract. *The study was carried out to determine the possibility of saturation of field crop rotations with oil sunflower, taking into account the spread and development of sunflower rots under the arid conditions of the Western Kulunda of Altai Krai. The paper studies and summarizes the results of the long-term stationary experiment of the Kulunda Agricultural Experimental Station for 2011–2016. The soil of the experimental plot was sabulous chestnut with low humus content (2.1 %), pH was close to neutral, the content of mobile phosphorus was 150–180 mg/kg, potassium – 300–360 mg/kg. During the third decade of August and the first decade of September, it was 11.7 mm of precipitation at a relative humidity of air of 40–50% on average over six years. The study was performed in five field crop rotations: bare fallow, wheat, wheat, oat; bare fallow, wheat, wheat, sunflower; bare fallow, wheat, wheat, oat, wheat, sunflower; bare fallow, wheat, wheat, oat, bare fallow, sunflower, sunflower; wheat, sunflower, oat, sunflower, and wheat monoculture. Under the arid conditions of the steppe, early ripening varieties of sunflower 'Yenisei' and 'Kulundinskii 1' are affected by diseases to an insignificant degree and practically do not reduce its productivity. The development of the most harmful fungal disease – the rots of sunflower anthodium is insignificant and do not exceed 1.3–1.9%. The most spread of the disease was at its placement after fallow (3.7%). The transformation of grain-fallow crop rotations into grain-fallow-row and grain-row crop rotations with an increase in the number of fields to 5–7 and their saturation by sunflower promotes the growth of production of grain and oilseeds on 46–63%, and conditionally net income – 1.3–3.2 times.*

Keywords: *sunflower, grain-fallow, grain-fallow-row, grain-row crop rotations, rots, diseases, grain, oilseeds, economic effect.*

Author Details: *A.A. Garkusha, Cand. Sc. (Agr.), director (e-mail: aniish@mail.ru); P.N. Nazarenko, Cand. Sc. (Agr.), senior research fellow; D.V. Purgin, Cand. Sc. (Agr.), head of laboratory; V.I. Kravchenko, Cand. Sc. (Agr.), head of laboratory.*

For citation: *Garkusha A.A., Nazarenko P.N., Purgin D.V., Kravchenko V.I. Influence of Saturation of Crop Rotations with Oil Sunflower on the Development and Spread of Diseases in the Kulunda Steppe. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp. 41-43 (in Russ.).*

Оценка эффективности применения препарата АгроСтимул на луке репчатом*

Орошение сельскохозяйственных культур в регионах с недостаточным увлажнением – общепринятый прием, один из способов которого – капельный полив, имеющий ряд преимуществ перед дождеванием и поверхностным орошением.

Сегодня капельному поливу уделяют большое внимание не только сельскохозяйственные товаропроизводители, но и коммерческие структуры. Так, в 2017 г. компанией ООО «АГРУСХИМ» было принято решение о проведении оценки эффективности применения препарата АгроСтимул через систему капельного полива.

Препарат АгроСтимул представляет собой водную эмульсию с содержанием действующего вещества (дигидрокверцетин в нативной форме) 50 г/л. Применение дигидрокверцетина обеспечивает повышение стрессоустойчивости и укрепление иммунитета растений, что способствует снижению поражения культур грибковыми и бактериальными болезнями и, в конечном счете, приводит к увеличению урожая. Многолетнее использование препарата, как в регистрационных, так и в производственных испытаниях доказали его высокую эффективность.

Исследования проводили в Харабалинском районе Астраханской области на луке репчатом.

Схема опыта предусматривала следующие варианты:

без применения препарата (контроль);

трехкратное внесение препарата АгроСтимул через систему капельного полива (вариант I) – в период всходов, в фазе 5-6 листьев, через 14 дней после 2-ого внесения (норма расхода препарата 0,2 л/га);

трехкратное внесение препарата АгроСтимул путем опрыскивания (вариант II) – в период всходов, в фазе 5-6 листьев, через 14 дней после 2-ого опрыскивания (норма расхода препарата 0,1 л/га, расход рабочей жидкости 200 л/га).

Агротехника возделывания лука репчатого общепринятая для зоны проведения исследований. В течение вегетационного периода осуществляли фенологические наблюдения за ростом и развитием культуры. Уборку проводили вручную с каждой повторности в начале массового полегания листьев. Образцы почвы и растений отбирали по стандартной методике, агрохимические анализы осуществляли в аккредитованной лаборатории. Экспериментальные данные обрабатывали методами математической статистики.

Таблица. Влияние препарата АгроСтимул на формирование структуры урожая лука репчатого

Вариант	Количество луковиц, шт./м^2	Диаметр луковицы, см	Средняя масса луковицы, г	Урожайность, кг/м^2	Прибавка	
					кг/м^2	%
Без обработки	74,0	5,8	109,7	8,1	–	–
Вариант I	74,3	6,3	133,7	9,9	2	22,4
Вариант II	73,0	8,1	164,3	12,0	4	47,8
НСР$_{05}$	3,2	0,5	20,2	1,4	–	–

Почва опытного участка аллювиальная (пойменная) легкосуглинистого гранулометрического состава, типичная для района проведения исследований. Такие почвы имеют хорошую водопроницаемость, обладают благоприятными тепловым и воздушным свойствами, легко обрабатываются, но бедны гумусом и элементами минерального питания.

Препарат АгроСтимул более 5 лет показывал эффективность на различных сельскохозяйственных культурах и опыт на луке репчатом в 2017 г. в условиях Астраханской области не стал исключением. Под его воздействием значительно увеличились диаметр и средняя масса луковиц, вследствие чего заметно повысилась урожайность культуры (см. табл.).

В сравнении с контролем, в варианте I (трехкратное применение препарата методом внесения с поливной водой) диаметр луковиц увеличился на 8 %, их средняя масса – на 22 %, а урожайность составила 99,4 т/га, что выше контроля на 22,4 %. Наилучшие результаты были отмечены в варианте II (трехкратное применение препарата путем опрыскивания), в котором диаметр луковиц увеличился на 40 %, их средняя масса – на 50 %, а урожайность – на 47,8 %.

Анализ качества продукции показал повышение уровня сахаров во всех вариантах с применением препарата, которое в отдельных случаях было практически двухкратным. По содержанию клетчатки достоверных различий выявлено не было.

Результаты проведенных испытаний подтверждают эффективность применения препарата АгроСтимул, как методом опрыскивания, так и с поливной водой через систему капельного орошения. Использование его в технологии возделывания лука репчатого способствует увеличению урожая и улучшению качества выращиваемой продукции.

А.Ю. Шатохин, Н.Н. Киселева, Ю.А. Гарипов, ООО «АГРУСХИМ»

** Публикуется на правах рекламы.*

DOI: 10.24411/0044-3913-2018-10211
УДК 633.254 + 633.352

Возделывание агрофитоценоза озимой ржи и вики мохнатой при двуукосном использовании на зеленую массу и зерно

Т.А. ВОЛОШИНА,
научный сотрудник
(e-mail: fe.smc_ rf@mail.ru)
Приморский научно-исследовательский институт сельского хозяйства,
ул. Воложенина, 30,
пос. Тимирязевский, Уссурийск,
Приморский край, 692539,
Российская Федерация

В статье представлены результаты исследований, проведенных в степной климатической зоне Приморского края в 2014-2016 гг. Почва опытного участка лугово-бурая, отбеленная, тяжелая по механическому составу. Цель исследований – оценка совместных посевов озимой ржи и вики мохнатой по урожайности зеленой массы, ее питательности и энергетической ценности, определение оптимального количества укосов и возможности получения урожая зерна во втором укосе. В качестве стандарта выступал одновидовой посев озимой ржи (St_1) и совместный посев овса с викой яровой (St_2). Погодные условия в период исследований были крайне противоположными по температурному режиму и количеству выпавших осадков, что позволило более полно изучить реакцию растений на экстремальные климатические условия края. Укосная спелость изучаемой смеси наступает в III декаде мая, что позволяет начинать ее использование на 41 сутки раньше овсяно-виковой смеси. Урожайность зеленой массы первого укоса озимой ржи в смеси с викой мохнатой на 13,8 т/га ниже, чем в контроле (St_2). Озимая рожь во втором укосе формирует дополнительно 2,1 т/га зерна, в смеси с викой мохнатой – 2,9 т/га. Совместный посев озимой ржи с викой мохнатой превосходит одновидовой посев озимой ржи по выходу сухого вещества на 0,5 т/га, обменной энергии – на 8,5 ГДж/га, переваримого протеина – на 0,1 т/га и кормовых единиц – на 0,9 тыс/га; овсяно-виковую смесь по сбору сухого вещества – на 0,7 т/га,обменной энергии – на 11,3 ГДж/га. Совместные посевы вики мохнатой с озимой рожью в местных условиях испытывали впервые, и по результатам исследований они проявили ряд таких положительных качеств, как ранняя укосная спелость и высокая питательность зеленой массы, но для дальнейшего использования необходимо отработать ряд важных элементов технологии (сроки посева, нормы высева, зимостойкость).

Ключевые слова: *озимая рожь, вика мохнатая, агрофитоценоз, урожайность, зеленая масса, зерно, питательность, энергетическая эффективность.*

Для цитирования: *Волошина Т.А. Возделывание агрофитоценоза озимой ржи и вики мохнатой при двуукосном использовании на зеленую массу и зерно // Земледелие. 2018. № 2. С. 45-47,*

В Приморском крае озимую рожь используют в основном в качестве зеленого корма для крупного рогатого скота в весенне-летний период. Приступать к ее скашиванию можно в третьей декаде мая при высоте растений около 50 см, с фазы начала выхода в трубку до колошения. В этот период она обладает наилучшими кормовыми достоинствами, однако в такой зеленой массе не достаточно протеина для полноценного кормления. Повысить продуктивность озимой ржи, продлить период использования и одновременно обогатить зеленую массу белком можно путем выращивания ее в смеси с викой мохнатой (озимой). В раннее проведенных исследованиях установлено, что урожайность зеленой массы ржано-виковой смеси выше, чем у одновидового посева ржи начинать, в 2-5 раз [1], а содержание переваримого протеина в сухой массе при посеве в соотношении 1:1 увеличивается в 6-7 раз [2]. Важный аспект при возделывании подобной смеси – правильный подбор соотношения компонентов. По данным НИИСХ Северо-Востока, для увеличения сбора сырого протеина посев можно проводить с нормой высева семян озимой ржи 4,2 млн/га, вики мохнатой – 1,2 млн/га, при этом сбор сухого вещества возрастает, по сравнению с одновидовым посевом озимой ржи, на 0,52 т/га [3].

Отличительная особенность озимой ржи – хорошая способность к отрастанию после основного скашивания. Если первый укос проведен в оптимальные сроки, то появляется возможность получения с этого же поля дополнительно до 1,5 т/га зерна, при позднем скашивании – до 0,8 т/га [4].

Цель исследований – в условиях Приморского края дать оценку совместным посевам озимой ржи и вики мохнатой по урожайности зеленой массы, ее питательности и энергетической ценности, определить оптимальное количество укосов и возможность получения урожая зерна во втором укосе.

Исследования проводили в 2014-2016 гг. в степной климатической зоне Приморского края на землях ФГБНУ «Приморский НИИСХ» в кормовом севообороте после гречихи на сидерат.

Климат Приморского края носит муссонный характер. Годовая сумма положительных температур выше 10 ^{0}С составляет от 2600 до 2700 ^{0}С, сумма осадков – 550-700 мм. По сезонам они распределяются крайне неравномерно. Основное количество осадков (до 90 %) приходится на теплый период, при этом большая их часть выпадает в июле и августе. Обеспеченность растений влагой весной составляет 46 %, продолжительность безморозного периода – 130-160 суток [5].

Почва участка лугово-бурая, отбеленная, тяжелая по механическому составу, pH солевой вытяжки 5,7, содержание гумуса – 5,9 %, подвижного фосфора – 8,5, калия – 13,7 мг на 100 г почвы (по данным лаборатории агрохимических анализов института). Мощность пахотного слоя 20-22 см.

В годы проведения исследований метеоусловия складывались поразному. В 2014-2015 гг. они были благоприятными для роста и развития озимой ржи. Хороший снежный покров установился в первой декаде декабря и сохранялся на протяжении всего зимнего периода. Осадки, выпавшие в ноябре, декабре и марте, превышали среднемноголетнее значение на 20,6; 17,5 и 14,6 мм соответственно. Это способствовало хорошей перезимовке растений. Среднемесячная температура воздуха весной и летом находилась на уровне климатической нормы. Благоприятный температурный режим и достаточное увлажнение почвы позволили сформировать высокий урожай озимой ржи. В 2015-2016 гг. отмечали пониженный температурный режим и избыточное увлажнение почвы. Это привело к полеганию растений озимой ржи и значительному снижению урожая.

Схема опыта предусматривала 3 варианта в 4-х кратной повторности. Площадь делянки 26 м^2, опыта – 317 м^2. За стандарт приняты два варианта: одновидовой посев озимой ржи (St_1) – для сравнения питательной ценности зеленой массы чистого посева озимой ржи и смешанного с викой мохнатой; и овес в смеси с викой яровой (St_2) – для сравнения кормовых показателей качества традиционно высеваемой в крае злаково-

1. Урожайность кормовых культур по укосам, т/га

Вариант	Дата уборки		2015 г.		2016 г.		Всего продукции в среднем за 2 года
	I укос (зеленая масса)	II укос (зерно)	I укос (зеленая масса)	II укос (зерно)	I укос (зеленая масса)	II укос (зерно)	
Рожь озимая (St_1)	26.05	30.07	37,5	1,5	33,2	2,6	35,4/2,1*
Овес + вика яровая (St_2)	06.07	–	48,2	–	49,0	–	48,6
Рожь + вика мохнатая	26.05	30.07	43,3	3,8	26,3	2,0	34,8/2,9*
$НСР_{05}$			4,2	0,3	1,6	0,3	

** – в числителе урожайность зеленой массы, в знаменателе – зерна*

бобовой травосмеси и ржано-виковой смеси. Изучаемый вариант – озимая рожь в смеси с викой мохнатой.

Срок посева озимой ржи и вики мохнатой – 10 сентября предшествующего испытанию года, овса в смеси с викой яровой – 5 мая текущего года. Посев проводили селекционной сеялкой СН-16, рядовым способом (15 см). Нормы высева оптимальные для изучаемых культур: рожь в чистом виде – 5,5 млн всхожих зерен на 1 га, в смеси – 3,2 млн озимой ржи и 2,5 млн вики мохнатой; овес с викой яровой – 2,4 млн/га овса и 1,5 млн/га вики.

В опыте использовали районированные сорта озимой ржи Спасская местная, вики озимой Фортуна, овса Тигровый, вики яровой Льговская 31/292.

Планирование эксперимента осуществляли на основе методики полевого опыта Б.А. Доспехова [6], учеты и наблюдения, определение зимостойкости проводили согласно действующим методическим указаниям [7], для расчета обменной энергии и биоэнергетической эффективности возделывания зеленой массы использовали рекомендации Ю.К. Новоселова [8].

В процессе учетов в каждом варианте отбирали растительные образцы для определения в них содержания сухого вещества (СВ), сырого протеина (СП), сырой клетчатки (СК), на основании которых в дальнейшем рассчитывали концентрацию обменной энергии (ОЭ), содержание переваримого протеина (ПП) и кормовых единиц (КЕ) в 1 кг сухого вещества с учетом процентного соотношения злакового и бобового компонентов.

В крае смешанные посевы озимой ржи с викой мохнатой испытывали впервые. Первый укос зеленой массы проводили в фазе начала колошения, второй – на зерно – по мере созревания основной культуры.

Первый укос зеленой массы ржано-виковой смеси осуществляли в третьей декаде мая, это на 41 сутки раньше, чем в варианте с овсяно-виковой смесью. При этом урожайность зеленой массы смеси озимых культур в среднем за годы испытаний была ниже, чем в контроле (St_2), на 13,8 т/га. Отчасти такие различия обусловлены тем, что в 2016 г. сложились крайне неблагоприятные погодные условия для роста и развития вики мохнатой. Из-за длительного переувлажнения почвы в весенний период она почти полностью погибла и доля этой культуры в общей массе травосмеси была незначительной. Урожайность зеленой массы в этот год в основном формировала озимая рожь. Посевы вики с овсом не пострадали от весеннего переувлажнения, наоборот, это способствовало увеличению урожая на 0,8 т/га, по сравнению с 2015 г. (табл. 1).

По отношению к контрольному варианту St_1, ржано-виковая смесь в благоприятных метеоусловиях 2015 г. сформировала урожайность первого укоса выше на 5,8 т/га, а в неблагоприятном 2016 г. – ниже на 6,9 т/га. Главная причина уменьшения продуктивности – сильная изреженность посева (на 42 %), вызванная гибелью вики мохнатой. В среднем за 2 года разница по урожайности первого укоса между этими вариантами была не существенной.

2. Содержание вики в зеленой массе злаково-бобовых смесей в среднем за два года (2015-2016 гг.)

Вариант	Урожайность, т/га		Доля вики в урожае, %
	всего зеленой массы	в том числе вики	
Овес + вика яровая (St_2)	48,6	4,4	9,1
Рожь + вика мохнатая	34,8	1,0	2,9

Как было отмечено, вика мохнатая плохо сохранялась в посевах с рожью, доля ее в зеленой массе первого укоса была на 6,2 % ниже, чем вики яровой в контрольном варианте St_2, в весовом выражении это составило – 3,4 т/га (табл. 2). Основная причина низкой урожайности вики мохнатой – отсутствие агротехнологии возделывания культуры в условиях края (не изучены сроки посева, нормы высева, соотношение компонентов в смеси и др.), что привело к снижению потенциальной продуктивности всего посева.

В наших исследованиях установлено, что в вариантах с первым подкашиванием на зеленую массу и вторым на зерно в контроле (St_1) было получено дополнительно 2,1 т/га зерна, в посевах с викой мохнатой и рожью – 2,9 т/га, что на 0,8 т/га выше. При этом доля второго укоса составляла 5,6 и 7,7 % от всего урожая, полученного за сезон, соответственно. Вика яровая и овес после скашивания не отрастали, в результате в контрольном варианте (St_2) был собран урожай только одного укоса.

Для того чтобы сопоставить различные виды продукции по вариантам и дать экономическую оценку, необходимо привести их к единым эквивалентным показателям. Такими могут быть энергетические единицы. Они дают возможность сравнить между собой смешанные посевы с различным набором кормовых культур по суммарному выходу энергии зеленой массы, зерна, сухого вещества и др. с 1 гектара.

В практике кормопроизводства обменную энергию для крупного рогатого скота ($ОЭ_{крс}$) рассчитывают по содержанию в растительном сырье сухого вещества, а также сырой клетчатки (СК) и сырого протеина (СП) [8].

В вариантах с озимыми выход сухого вещества в сумме урожаев был значительно выше, чем у однолетних культур, благодаря формированию двух укосов и в большей степени за счет второго – в виде зерна. Так, вы-

3. Содержание основных питательных веществ в урожае зеленой массы и зерна по укосам (среднее за два года)

Вариант	СВ, %	СП, %	СК, %	в 1 кг СВ		
				ОЭ, МДж	ПП, г	КЕ
Рожь (St_1):						
I укос*	15,50	11,37	29,27	9,73	96	0,77
II укос	85,00	12,31	2,15	12,30	91	1,22
Овес + вика яровая (St_2)						
I укос	14,46	14,80	26,87	10,16	127	0,84
Рожь + вика мохнатая:						
I укос*	15,26	12,08	28,17	9,92	110	0,80
II укос	85,06	12,75	2,36	12,34	92	1,22

**I укос – зеленая масса, II укос – зерно*

4. Выход основных питательных веществ и энергии с 1 га в среднем за два года (2015-2016 гг.)

Вариант	СВ, т	ОЭ, ГДж	ПП, т	Корм. ед., тыс.
Рожь (St_1):				
I укос*	5,5	53,0	0,6	4,2
II укос	1,8	21,4	0,2	2,2
Всего	7,3	74,4	0,8	6,4
Овес + вика яровая (St_2)	7,1	71,6	0,9	6,0
Рожь + вика мохнатая				
I укос*	5,3	52,6	0,6	4,3
II укос	2,5	30,3	0,3	3,0
Всего	7,8	82,9	0,9	7,3

**I укос – зеленая масса, II укос – зерно*

ход сухого вещества в I укосе у них был выше на 0,80-1,04 %, а дополнительный сбор во II укосе составил 85 % (табл. 3). Между St_1 и изучаемым вариантом существенных отличий по величине этого показателя не наблюдали. Таким образом, общее содержание ОЭ в 1 кг сухого вещества в сумме двух укосов в этих вариантах было выше, чем в контроле St_2, на 11,9-12,1 МДж.

Наибольшее содержание переваримого протеина в 1 кг сухого вещества отмечено в варианте St_2 – 127 г, что на 17-35 г больше, чем у ржано-виковой смеси. Такая ситуация объясняется тем, что в изучаемом варианте бобовый компонент практически отсутствовал.

Наибольший выход сухого вещества, обменной энергии и кормовых единиц с 1 га отмечен в варианте рожь + вика озимая, в котором эти величины в сумме за два укоса были выше, чем в варианте St_2, на 0,7 т, 11,3 ГДж и 1,3 тыс. соответственно (табл. 4). Из-за низкого содержания вики мохнатой в общей массе изучаемой смеси сбор переваримого протеина в экспериментальном варианте находился на уровне контроля (St_2) и составлял 0,9 т/га.

Превосходство варианта с изучаемой смесью над одновидовым посевом озимой ржи по выходу сухого вещества составило 0,5 т/га, обменной энергии – 8,5 ГДж/га, переваримого протеина – 0,1 т/га, кормовых единиц – 0,9 тыс./га.

Таким образом, совместный посев озимой ржи с викой мохнатой представляет большой интерес для кормопроизводства Приморского края. Включая его в зеленый конвейер, уже во II-III декаде мая можно получать первый укос травяной массы, что на 41 сутки раньше, чем при посеве однолетних злаково-бобовых смесей. Благодаря наличию бобового компонента урожайность зеленой массы в благоприятных погодных условиях увеличивается, по сравнению с однокомпонентным посевом озимой ржи, на 5,8 т/га, содержание сырого протеина – на 0,7%.

Озимые культуры после раннего основного скашивания, в последующих укосах могут дополнительно формировать урожай не только зеленой массы, но и в среднем до 2,1-2,9 т/га зерна. При этом доля второго укоса может составлять 5,6-7,7 % от всего урожая, полученного за сезон.

Ржано-виковая смесь превосходит овсяно-виковую по сбору сухого вещества, обменной энергии и кормовых единиц на 0,7 т/га,11,3 ГДж/га и 1,3 тыс. соответственно, одновидовой посев озимой ржи – по выходу сухого вещества на 0,5 т/га, обменной энергии – на 8,5 ГДж, переваримого протеина – на 0,1 т, кормовых единиц – на 0,9 тыс.

Для эффективного использования потенциала ржано-виковой смеси в регионе необходима доработка таких элементов ее агротехники, как сроки посева, нормы высева, соотношение компонентов в смеси и др.

Литература.

1. Елсуков М.П., Тютюнников А.И. Однолетние кормовые культуры в смешанных посевах. М.: Сельхозиздат, 1959. 312 с.
2. Озимая рожь. Возделывание, использование на пищевые, кормовые и технические цели. Проблемы и решения / науч. рук. В.А. Сысуев, Л.И. Кедрова. М.: Росинформагротех, 2007. 172 с.
3. Фигурин В.А. Выращивание озимой ржи в смеси с озимой викой на корм // Достижения науки и техники АПК. 2012. № 6. С. 59–61.
4. Коломейченко В.В. Кормопроизводство: учебник. СПб.: Лань, 2015. 656 с.
5. Агроклиматические ресурсы территории / Г.И. Шапавалов, В.К. Храмцова, Л.Г. Гладких и др. //Агроклиматические ресурсы Приморского края. Л.: Гидрометиздат, 1973. С. 5–67.
6. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). 5-е изд., доп. и перераб. М.: Агропромиздат, 1985. 352 с.
7. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / сост. Ю.К. Новоселов, В.Н. Киреев, Г.П. Кутузов и др. М.: Россельхозакадемия, 1997. 155 с.
8. Методические рекомендации по биоэнергетической оценке севооборотов и технологий выращивания кормовых культур / сост. Ю.К. Новоселов, Г.Д. Харьков, А.С. Шпаков и др. М.: ВАСХНИЛ, 1989. 72 с.

Cultivation of an Agrophytocenosis of *Secale cereale* L. and *Vicia villosa* Roth. at Double Cutting for Green Mass and Grain

T.A. Voloshina
Primorsky Research Agricultural Institute, ul. Volozhenina, 30, pos. Timiryazevskii, Ussuriisk, Primorskii krai, 692539, Russian Federation

Abstract. *The article presents results of research conducted in the steppe climatic zone of Primorsky Krai in 2014–2016. The soil of the experimental plot was meadow brown, bleached, heavy-textured. The goal of the research was to test combined crops of Secale cereale L. and Vicia villosa Roth. according to the yield of green mass, its nutritional and energy values, to determine the optimal number of mowing and the possibility to obtain grain harvest at the second mowing. A single-crop sowing of winter rye (St1) and a combined sowing of Avena sativa with the spring vetch (St2) were used as standards. Weather conditions during the period of the research were extremely different for the temperature and amount of precipitation. It allowed studying more fully the reaction of plants to the extreme climatic conditions of the region. The harvesting maturity of the studied mixture appears in the third decade of May, which makes it possible to use it earlier by 41days than the oat-vetch mixture. The yield of the green mass of the first cutting of winter rye in the mixture with Vicia villosa was less by 13.8 t/ha than in the control (St2). Winter rye in the second mowing additionally forms 2.1 t/ha of grain, in the mixture with Vicia villosa – 2.9 t/ha. The crop of Secale cereale with Vicia villosa exceeds the single crop of winter rye by 0.5 t/ha in dry matter content, by 8.5 GJ/ha in the content of exchange energy, by 0.1 t/ha in the content of digestible protein and by 900 fodder units per hectare. It also exceeds the oat-vetch mixture by 0.7 t/ha in the dry matter output, and by 11.3 GJ/ha in the exchange energy. The combined crops of Vicia villosa with Secale cereale was tested for the first time under the local conditions and, according to the results, they have some positive traits, such as early cutting ripeness, the high nutrient value of green mass. But for its further usage, it is necessary to develop such important elements of the technology as sowing terms, seeding rates and winter hardiness.*

Keywords: *Secale cereale, Vicia villosa, agrophytocenosis, productivity, green mass, grain, nutrition, energy efficiency.*

Author Details: *T.A. Voloshina, research fellow (e-mail: fe.smc_rf@mail.ru).*

For citation: *Voloshina T.A. Cultivation of an Agrophytocenosis of Secale cereale L. and Vicia villosa Roth. at Double Cutting for Green Mass and Grain. Zemledelie. 2018. No. 2. Pp 45-47 (in Russ.).*

Качество зерна в фокусе

Листостебельные инфекции – настоящий бич для производителей зерна. Фузариозы, септориозы, ржавчины и другие подобные заболевания, активно развиваясь в период вегетации, значительно ослабляют растения, приводя к катастрофическому снижению урожая или ощутимо ухудшая качество зерна. Так, изначальные потери урожая в поле при поражении **фузариозом колоса** составляют до 30 %, что может показаться не очень большой проблемой. Однако почти всегда оставшиеся 70 % даже при незначительном присутствии микотоксинов (продуктов жизнедеятельности фузариев) делают зерно абсолютно непригодным для использования. Ни содержание белка, ни показатели ИДК, ни натура не имеют значения, если зерно содержит ничтожное количество микотоксинов. Часто такую партию не примет даже спиртзавод.

При поражении **септориозом колоса** значительно ухудшаются технологические показатели качества зерна. Зерно в колосе такого растения становится щуплым или вовсе отсутствует. Такая недоразвитость колоса приводит к потерям урожая в 20-30 % и более.

Невидимый фузариоз

Фузариоз колоса – самое опасное заболевание зерновых колосовых. Накопление микотоксинов может происходить в колосе, даже если нет видимых симптомов массового повреждения растений. Поскольку полевая диагностика не дает полной картины, чтобы быть уверенным, что зерно пригодно на экспорт или для использования в качестве фуража, необходим анализ на микотоксины.

Контроль фузариоза колоса

Поскольку будущий урожай закладывается уже в момент опыления, выбор времени и технологии фунгицидной обработки имеет решающее значение. Пыльники служат входными воротами для возбудителя болезни, следовательно, фунгицидную обработку против фузариоза колоса необходимо проводить, когда полностью появилось 75 % колосьев на главном стебле. И заканчивать до фазы, когда 50 % колосьев отцвели (BBCH 55-65). Более ранние или более поздние обработки неэффективны.

Без сомнения, важными факторами в заражении фузариозом колоса являются погодные условия в период цветения, запас инфекции в поле, применяемая агротехника и сортовой состав растений. Не забывайте, что грамотное применение фунгицидов способно лишь снизить риски серьезного накопления микотоксинов. Для снижения запаса инфекции патогенов, в том числе и возбудителей фузариоза, необходимо проводить заделку пожнивных остатков, уничтожать падалицу, а также использовать биодеструкторы стерни в севооборотах, насыщенных колосовыми. К примеру, ускорению разложения растительных остатков способствует внесение аммиачной селитры (10 кг д. в. / га) или триходермина (5,0 л/га) сразу после уборки.

Представляем вашему вниманию МАГНЕЛЛО® – инновационный фунгицид, созданный специально для защиты колоса!

МАГНЕЛЛО® обладает следующими преимуществами:

- защита от фузариоза колоса – критического элемента получения качественного зерна;
- усиленный контроль септориоза колоса;
- снижение уровня микотоксинов в зерне;
- полная защита от комплекса поздних листостебельных инфекций (септориоз, ржавчина и др.);
- длительный период защиты;
- отличная дождестойкость.

3 золотых правила для контроля качества зерна с помощью МАГНЕЛЛО®.

Фаза обработки. Для эффективного контроля фузариоза колоса и других колосовых инфекций МАГНЕЛЛО® необходимо применить не ранее фазы полностью развернутого флагового листа и не позднее начала цветения! Оптимальный период для обработки – за 1-2 дня до выбрасывания пыльников.

Норма расхода. Применяйте МАГНЕЛЛО® против фузариоза в норме 1,0 л/га при расходе рабочей жидкости не менее 200 л/га, используя специальные распылители для защиты колоса!

Наличие симптомов фузариоза. Не применяйте МАГНЕЛЛО®, если вы уже увидели симптомы фузариоза в поле! Любые обработки в этом случае бесполезны!

Компания «Сингента», аккумулируя мировой опыт в области сельского хозяйства, предлагает наиболее эффективные и экологичные приемы и методы для получения урожая и сохранения его качества. Благодаря внедрению современных технологий и слаженной работе специалистов компании, «Сингента» обеспечивает своим партнерам стабильно высокий результат. Это и повышение урожайности культур, и рост рентабельности производства продукции, и возможность постоянного совершенствования и роста в бизнесе.

Требования патогенов к температуре и влажности

Заболевание	Где и на какой стадии зимует	Длительность сохранения инфекции	Температура и влажность		Длина инкубационного периода, дней
			начала заражения	для эпифитотии	
Септориоз колоса	Споры на пораженных растительных остатках; пикниды и мицелий на всходах озимых культур	Пикноспоры – до 3 месяцев	4-10 °С 80-100 %	20-25 °С капельная влага в течение 17-19 дней	6-9
Фузариоз колоса	Споры и мицелий на зерне; покоящиеся структуры на пораженных растительных остатках	Хламидоспоры, склероции – до 4 лет	15-16 °С 70-71 %	22-25 °С осадки в фазу колошения и молочно-восковой спелости	3-12

Узнайте больше о продукции компании «Сингента» по телефону горячей линии агрономической поддержки 8 800 200-82-82, а также на сайте www.syngenta.ru

syngenta®
www.syngenta.ru

Урожай в сильных руках!

Бицепс® гарант

десмедифам, 70 г/л +
+ фенмедифам, 90 г/л +
+ этофумезат, 110 г/л

Трехкомпонентный базовый гербицид на посевы сахарной свеклы. Благодаря наличию трех действующих веществ уничтожает наиболее широкий спектр сорняков – более 40 видов однолетних двудольных, включая виды щирицы, и наиболее распространенных однолетних злаковых. Обеспечивает высокую чистоту посевов при дробном внесении по семядолям сорняков. Является основой для составления баковых смесей с гербицидами, применяемыми для борьбы с осотами и многолетними злаками.

С нами расти легче

www.avgust.com

avgust
crop protection

КЕЙРАС

СРЕДНЕРАННИЙ

СТАБИЛЬНЫЙ УРОЖАЙ В РАЗЛИЧНЫХ ЗОНАХ

- Невысокое растение с мощным стеблем
- Легкость в уборке
- Стабильный результат

АРКАНСЕЛЬ

СРЕДНЕРАННИЙ

ИДЕАЛЬНОЕ СОЧЕТАНИЕ УРОЖАЙНОСТИ, СТАБИЛЬНОСТИ И РАННЕСПЕЛОСТИ

- Невысокое растение с мощным стеблем
- Легкость в уборке
- Стабильный результат

EC АЛИЗЕ

СРЕДНЕПОЗДНИЙ

ЧЕМПИОН ПО УРОЖАЙНОСТИ В СТРЕССОВЫХ УСЛОВИЯХ С ОТЛИЧНОЙ УСТОЙЧИВОСТЬЮ К ФУЗАРИОЗУ

- Быстрая влагоотдача
- Отличная опыляемость
- Очень хорошая устойчивость к фузариозу
- Невысокое растение удобное для уборки

EC АРМАТТАН

СРЕДНЕСПЕЛЫЙ

УРОЖАЙНОСТЬ И ВЫСОКИЕ КОРМОВЫЕ КАЧЕСТВА

- Высокая переваримость и содержание крахмала
- Большие листья и мощное растение
- Высокая устойчивость к полеганию
- Белое зерно

на правах рекламы

BAYER

ДИСТРИБЬЮТОР НА ТЕРРИТОРИИ РФ «БАЙЕР»

Горячая линия Bayer 8 (800) 234-20-15 *для аграриев

www.cropscience.bayer.ru

EURALIS

ISSN 0044-3913. Земледелие. 2018. № 2.1 - 48. Индекс 70329.