

Журнал входит в базу данных российских научных журналов Russian Science Citation Index на платформе Web of Science и включен в международную базу данных химических научных журналов Chemical Abstracts (CAS (pt)) и международную исследовательскую базу данных Research Bible.

## СОДЕРЖАНИЕ

<b>АГРОХИМИЧЕСКАЯ СЛУЖБА</b>	
<i>Кобякова Т.И., Уфимцева Л.В.</i> Оценка показателей плодородия почв сельскохозяйственных угодий северной лесостепи Зауралья.....	2
<i>Газиев С.А., Хаджимуратова С.А., Гишкаева Л.С.</i> Оценка плодородия почв и влияние минеральных удобрений на урожайность озимых зерновых культур в Чеченской республике (на примере госхоза «Закан-Юртовский»).....	6
<b>СВОЙСТВА ПОЧВ И ИХ ПЛОДОРОДИЕ</b>	
<i>Шапвалова Н.Н., Годунова Е.И., Менкина Е.А.</i> Влияние последствия применения удобрений на состояние и продуктивность чернозема обыкновенного.....	9
<i>Байров А.Ж., Нуриддинова Х.Т., Жураев Ш.А.</i> Изменения запасов азота почвы и его форм под влиянием минеральных и органических удобрений.....	15
<i>Дзыин А.Г.</i> Динамика кислотности дерново-подзолистой суглинистой почвы в севообороте с удобрениями на разных фонах.....	19
<i>Ильиоенко И.В., Шафран С.А.</i> Оценка почв различной окультуренности при возделывании сахарной свеклы.....	22
<i>Чеботарев Н.Т., Юдин А.А. и др.</i> Изменение плодородия дерново-подзолистой почвы под действием комплексного применения удобрений в условиях Республики Коми.....	26
<b>СИСТЕМЫ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ</b>	
<i>Яппаров И.А., Ильясов М.М. и др.</i> Влияние ресурсосберегающей основной обработки почвы на агрохимические свойства выщелоченного чернозема при возделывании кукурузы.....	29
<i>Богомолова Ю.А., Саков А.П., Ивенин А.В.</i> Влияние систем основной обработки светло-серой лесной почвы и удобрений на ее агрохимические показатели в звене зернового севооборота Нижегородской области.....	32
<i>Ильясов М.М., Алиев Ш.А. и др.</i> Влияние минимализации основной обработки черноземной почвы на химический состав и урожайность однолетних трав.....	40
<b>ВОПРОСЫ ЭКОЛОГИИ</b>	
<i>Надежкина Е.В., Тушавина О.В., Вихрева В.А.</i> Изучение действия свинца, кадмия и селена на ранних этапах онтогенеза яровой пшеницы.....	43
<i>Андреева Н.В., Белова Н.В. и др.</i> Влияние известки на биологическую подвижность <sup>137</sup> Cs в почвах различных типов.....	48
<i>Баланова О.Ю., Ратников А.Н. и др.</i> Влияние органоминерального удобрения СУПРОДИТ-М на накопление <sup>137</sup> Cs кукурузой в условиях радиоактивного загрязнения почв.....	53
<i>Кирейчева Л.В., Ильинский А.В.</i> Оценка фитотоксичности загрязненной дизельным топливом торфяной почвы при реабилитации комплексным мелиорантом Сапросил.....	56
<i>Белоус Н.М., Харкевич Л.П. и др.</i> Продуктивность и качество сена радиоактивно загрязненного пойменного луга в отдаленный период после аварии на ЧАЭС.....	60
<b>РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ</b>	
<i>Деревягина М.К., Васильева С.В. и др.</i> Биологическая и химическая защита картофеля от болезней.....	65
<i>Алырчиков Ф.В., Алибеков М.Б. и др.</i> Возделывание льна в ЦФО РФ при применении регуляторов роста, фунгицидов, гербицидов и их композиций.....	69
<i>Критика и библиография</i> .....	74

## CONTENTS

<b>AGROCHEMICAL SERVICE</b>	
<i>Kobyakova T.I., Ufimtseva L.V.</i> Estimation of fertility indicators of agricultural lands in the northern forest-steppe of the Trans-Urals.....	2
<i>Gaziev S.A., Khadzhimuratova S.A., Gishkayeva L.S.</i> Estimation of soils fertility and the influence of mineral convenients on the crop productivity of winter cereals (based on example of the Government farm «Zakan-Yurtovsky»).....	6
<b>SOIL PROPERTIES AND FERTILITY</b>	
<i>Shapovalova N.N., Godunova E.I., Menkina E.A.</i> Influence of fertilizers application aftereffect on ecological and agrochemical state of chernozem ordinary.....	9
<i>Bairov A.J., Nuriddinova Kh.T., Juraev Sh.A.</i> Changes of soils of nitrogen soil and its forms under influence of mineral and organic fertilizers.....	15
<i>Dzyuin A.G.</i> Dynamics of soddy-podzolic legumine soil acidity in crop rotation with fertilizers at different backgrounds.....	19
<i>Iyushenko I.V., Schafran S.A.</i> Estimation of soils of different completeness in sugar beet cultivation.....	22
<i>Chebotaev N.T., Yudin A.A., Konkin P.I., Oblizov A.V.</i> Changes in soddy-podzolic soil fertility under influence of complex application of fertilizers in the Republic of Komi.....	26
<b>SOIL TREATMENT SYSTEMS</b>	
<i>Yapparov I.A., Ilyasov M.M., Gazizov R.R., Bektimirov R.I.</i> Influence of resource-saving main soil treatment on agrochemical properties of leached chernozem at corn cultivation.....	29
<i>Bogomolova Yu.A., Sakov A.P., Ivenin A.V.</i> Influence of main soil treatment systems for light-grey forest soil and fertilizers on agrochemical parameters in unit of crop rotation in Nizhniy Novgorod region.....	32
<i>Ilyasov M.M., Aliev Sh.A., Sukhanova I.M., Bikkinina L.M.-Kh.</i> Influence of minimalization of main chernozem soil treatment on chemical composition and yield of annual herbs.....	40
<b>ECOLOGY PROBLEMS</b>	
<i>Nadezhkina E.V., Tushavina O.V., Vikhreva V.A.</i> The effect of lead, cadmium and selenium on grain crops at early stages of spring wheat ontogeny.....	43
<i>Andreeva N.V., Belova N.V., Kuznetsov V.K., Sanzharova N.I.</i> Influence of lime on biological movement of <sup>137</sup> CS in soils of various types.....	48
<i>Balanova O.Yu., Ratnikov A.N., Popova G.I., Arysheva S.P., Sviridenko D.G.</i> Influence of organomineral fertilizer SUPRODIT-M on accumulation of <sup>137</sup> Cs by corn in the conditions of radioactive soil pollution.....	53
<i>Kireycheva L.V., Ilinskiy A.V.</i> Estimation of phytotoxicity contaminated by diesel fuel of peat soil in rehabilitation by complex meliorant Saprotil.....	56
<i>Belous N.M., Harkevich L.P., Smolsky E.V., Zholudeva N.K., Sitnov D.M.</i> Efficiency and quality of hay the radioactive polluted inundated meadow during the remote period after accident on the CNPP.....	60
<b>PLANT GROWTH REGULATORS AND PLANT PROTECTION MEANS</b>	
<i>Derevyagina M.K., Vasilyeva S.V., Zeyruk V.N., Belov G.L.</i> Biological and chemical protection of potato from diseases.....	65
<i>Alirchikov F.V., Alibekov M.B., Kudryavtsev A.A., Zaitseva L.A.</i> Flax cultivation in the Central Federal District of the Russian Federation with the rational application of growth regulators, fungicides, herbicides and their compositions.....	69
<i>Critics and bibliography</i> .....	74

Главный редактор: И.С. Прохоров, к.с.-х.н.

Редакция: И.И. Прохорова (директор), М.А. Королькова, Н.В. Куроптева

Редколлегия: А.И. Беленков, д.с.-х.н., С.Л. Белоухов, д.с.-х.н., Н.М. Белоус, д.с.-х.н., Н.В. Войтович, д.с.-х.н., Л.А. Дорожкина, д.с.-х.н., А.А. Завалин, д.с.-х.н., А.Л. Иванов, д.б.н., Л.В. Кирейчева, д.т.н., Н.В. Клебанович, д.с.-х.н. (Беларусь), А.В. Кураков, д.б.н., С.В. Лукин, д.с.-х.н., С.М. Лукин, д.б.н., М.М. Овчаренко, д.с.-х.н., А.В. Пасынков, д.б.н., Т.Ф. Персикова, д.с.-х.н. (Беларусь), А.А. Плотников, к.с.-х.н., О.А. Подколзин, д.с.-х.н., П.Д. Попов, д.с.-х.н., Н.И. Санжарова, д.б.н., В.Г. Сычев, д.с.-х.н., В.И. Титова, д.с.-х.н., П.А. Чекмарев, д.с.-х.н.

Адрес для переписки: 115419, г. Москва, ул. Шаболовка, 65-1-50. Тел/факс: (495) 952-76-25

www.agrochemy.ru e-mail: agrochem\_herald@mail.ru

Отпечатано в ООО «САМ Полиграфист», г. Москва, 109316, Волгоградский пр-т, д. 42, корп. 5

Подписано в печать 02.10.2018 г. Печать цифровая. Формат 60x90/8. Заказ 78873

Журнал зарегистрирован в Министерстве печати и информации Российской Федерации 29 апреля 1997 г. № 011095

## ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ УГОДИЙ СЕВЕРНОЙ ЛЕСОСТЕПИ ЗАУРАЛЬЯ

Т.И. Кобякова, к.б.н., Л.В. Уфимцева, к.б.н.

Станция агрохимической службы «Шадринская», e-mail: [agrohim\\_45\\_2@mail.ru](mailto:agrohim_45_2@mail.ru)

*Проведена оценка плодородия сельскохозяйственных угодий северной лесостепи Курганской области по основным агрохимическим показателям. Общая площадь пахотных угодий составляет 744,5 тыс. га, в том числе 128,8 тыс. га залежи, из которых более 40% не используются больше 10 лет. В 2016 г. 78% почв отнесено к категории слабокислых и близких к нейтральным. Наибольшая доля сильнокислых и среднекислых почв (7,65%) отмечена на залежах, при этом 80% угодий характеризуются низким и средним содержанием подвижного фосфора. Доля угодий с содержанием фосфора выше среднего не превышает 10%, с содержанием обменного калия от повышенного до очень высокого уровня 87%. Содержание гумуса оценивается как среднее и повышенное для 85% сельскохозяйственных угодий. Низким и очень низким содержанием гумуса характеризуется 26% залежей, при этом данные участки характеризуются низким содержанием подвижного фосфора на фоне повышенной кислотности. Следует отметить, что 40% почв имеет повышенное содержание подвижного марганца. Это связано как с естественным геохимическим фоном, так и с техногенным загрязнением. Уровень плодородия пахотных угодий в целом позволяет обеспечивать высокую рентабельность производства сельскохозяйственной продукции.*

**Ключевые слова:** сельскохозяйственные угодья, Курганская область, северная лесостепь, показатели плодородия.

## ESTIMATION OF FERTILITY INDICATORS OF AGRICULTURAL LANDS IN THE NORTHERN FOREST-STEPPE OF THE TRANS-URALS

Ph.D. T.I. Kobyakova, Ph.D. L.V. Ufimtseva

State Station of Agrochemical Service «Shadrinskaya», e-mail: [agrohim\\_45\\_2@mail.ru](mailto:agrohim_45_2@mail.ru)

*Estimation of fertility of farmland Northern forest-steppe of Kurgan region on the main agrochemical indicators presented. The total area of arable land includes 744,5 thousand hectares, including of 128,8 thousand hectares fallow, of which over 40% are not used for more than ten years. In 2016, 78% of the soil is classified as slightly acidic and neutral. The highest proportion of strongly acidic and medium-acidic soils (7.65%) was recorded on fallow, at the same time 80% of the lands are characterized by low and medium content of mobile phosphorus. The share of lands with phosphorus content above the average does not exceed 10%. 87% of agricultural lands are characterized by the content of exchangeable potassium from high to very high level. The humus content is estimated as an average and higher for 85% of agricultural land. 26% of the fallow have a low and very low humus content, at the same time these areas are characterized by a low content of mobile phosphorus on the background of increased acidity. The increased content of mobile manganese is in 40% of the soils. This is due to the natural geochemical background and technogenic pollution. The level of fertility of arable land provides a high profitability of agricultural production.*

**Keywords:** agricultural lands, Kurgan region, northern forest-steppe, fertility parameters, nutrients.

На долю агропромышленного комплекса Курганской области приходится до 15% валового регионального продукта, на селе проживает около 38% населения. Ведущая роль в структуре сельскохозяйственного производства отводится растениеводству. В сложившихся социально-экономических условиях объемы внесения минеральных удобрений в

последнее десятилетие упали более чем в 2 раза по сравнению с восьмидесятыми годами XX в., органические удобрения практически не вносят. Мероприятия по известкованию и фосфоритованию кислых почв проводят локально в крайне недостаточных объемах. В связи с этим вопросы мониторинга плодородия почв приобретают особую значимость.

**Цель исследований** – оценка плодородия сельскохозяйственных угодий северной лесостепной зоны Курганской области.

**Условия, материалы и методы.** В зоне обслуживания ФГБУ САС «Шадринская» в структуре пахотных угодий преобладают черноземы – 74,7%. Из них на долю выщелоченных приходится 63,8%, обыкновенных и солонцеватых 24,3%, обыкновенных солонцеватых в комплексе с солонцом 11,1%, остаточнок-карбонатных 0,6%. Часть пашни расположена на серых лесных почвах (7% от общего фонда), на солонцах – 12,3%. По гранулометрическому составу преобладают глинистые и суглинистые почвы.

Отбор почвенных образцов проводили в соответствии с ГОСТ 28168-89, общее содержание гумуса определяли по Тюрину (ГОСТ 26213-91), обменную кислотность – потенциметрически по методу ЦИНАО (ГОСТ 26483-85), гидролитическую кислотность – по Каппену (ГОСТ 26212-91), содержание подвижных соединений фосфора и калия – по Чирикову в модификации ЦИНАО (ГОСТ 26204-91), содержание обменного кальция и магния – по методу ЦИНАО (ГОСТ 26487-85).

**Результаты и обсуждение.** Общие площади па-

хотных угодий северной лесостепи Курганской области включают 744,5 тыс. га, в том числе 128,8 тыс. га залежи, из которых более 40% не используется больше десяти лет. Часть этих участков заболочена или заросла лесом (табл. 1).

В Белозерском и Катайском районах более половины пахотных угодий не используется, при этом подъем залежи и возврат ее в структуру пахотных угодий практически не проводится. Наиболее благоприятная обстановка сложилась в Щучанском районе, где все пахотные угодья интенсивно используют.

Характер использования почвы существенно влияет на интенсивность и направленность протекающей в ней процессов [1-10]. В связи с этим нами отдельно оценивались агрохимические показатели пашни, залежи, сенокосов и многолетних насаждений. С 1965 по 2016 г. средневзвешенное значение  $pH_{KCl}$  снизилось с 5,82 до 5,30 единиц (табл. 2), что свидетельствует об общей тенденции к подкислению почв. В 2016 г. 78% обследованных сельскохозяйственных угодий относится к категории слабокислых и близких к нейтральным почвам (табл. 3). Наибольшая доля сильнокислых и среднекислых почв (7,65%) отмечена на залежах.

### 1. Наличие неиспользуемой пашни по административным районам зоны обслуживания

Район	Наличие пашни по состоянию на 01.01.2016 по данным Росстат, тыс. га	Неиспользуемая пашня, тыс. га				Пашня, пригодная для введения в оборот, тыс. га
		всего	в том числе			
			до 2 лет	от 2 до 10 лет	более 10 лет	
Белозерский	78,2	39,0	0,7	18,3	20,0	21,5
Далматовский	78,2	7,0	2,4	3,0	1,6	3,0
Каргапольский	91,1	1,7	0	1,7	0	1,7
Катайский	57,6	35,4	2,7	14,5	18,2	20,9
Мишкинский	64,4	13,3	0,1	9,1	4,1	3,9
Шадринский	136,9	8,8	0	0	8,8	0
Шатровский	69,9	6,4	0	6,4	0	6,4
Шумихинский	83,0	17,3	0,1	9,1	8,1	9,1
Щучанский	85,2	0	0	0	0	0
Всего:	744,5	128,9	6,0	62,1	60,8	66,5

### 2. Результаты агрохимического обследования сельскохозяйственных угодий

Годы и циклы обследования	$pH_{KCl}$	Средневзвешенное содержание		
		подвижный $P_2O_5$ , мг/кг	обменный $K_2O$ , мг/кг	гумус, %
1965-1974 – I	5,82	43,8	136,2	н/о
1975-1983 – II	5,76	46,4	126,4	н/о
1984-1989 – III	5,64	60,6	140,9	5,35
1990-1993 – IV	5,63	68,0	143,2	5,45
1994-2002 – V	5,55	61,8	139,9	5,36
2003-2013 – VI	5,44	54,4	133,5	5,20
2013 по н.в. – VII	5,30	62,7	133,7	4,90

### 3. Распределение площади почв по степени кислотности, % от обследованной

Вид угодий	Площадь, тыс. га	Сильнокислые	Среднекислые	Слабокислые	Бликие к нейтральным	Нейтральные
Пашня	750,7	0,09	5,81	59,64	27,40	7,06
Многолетние насаждения	1,5	0	0	73,33	26,67	0
Залежь	242,9	0,08	7,57	81,14	8,19	3,02
Сенокосы	229,9	0,09	5,74	44,98	23,70	25,49
Пастбища	311,6	0,17	5,68	32,57	24,61	36,97
Всего:	1536,6	0,10	6,04	55,36	23,25	15,23

С 1965 по 2016 г. средневзвешенное содержание фосфора в почве по результатам первого цикла агрохимического обследования составляло 43,8 мг/кг, ко второму оно увеличилось лишь на 5,9% (табл. 2). За счет интенсивной химизации сельского хозяйства к 90-м годам XX в. средневзвешенное содержание подвижного фосфора достигло 68,0 мг/кг почвы. Затем произошло снижение применения удобрений, и наметилась тенденция его снижения до 54,4 мг/кг почвы, что соответствует среднему уровню обеспеченности фосфором. Трансформация площади пашни по грациям подвижного фосфора происходит за счет уменьшения площади почв с содержанием подвижного фосфора > 50 мг/кг и увеличения площади с содержанием подвижного фосфора < 50 мг/кг (табл. 4). Порядка 80% угодий характеризуются низким и средним содержанием подвижного фосфора. При этом 12% залежей и 11% пашни имеют очень низкое содержание подвижного фосфора. Доля угодий с содержанием фосфора выше среднего не превышает 10%. Почвы с содержанием подвижного фосфора менее 50 мг/кг нуждаются в фосфоритовании. На почвах со средним содержанием подвижного фосфора (50-100 мг/кг) необходимо локальное (припосевное) внесение минеральных удобрений, содержащих фосфор в составе действующего вещества. Поэтому проведение фосфоритования – важнейший мелиоративный прием, обеспечивающий снижение кислотности и увеличение содержания подвижного фосфора в почве.

В первом цикле агрохимического обследования (1965-1974 гг.) содержание обменного калия в почвах было высоким – 136,2 мг/кг (табл. 2). В период 1975-1993 гг. в пахотные земли были внесены большие объемы извести, доломитовой и фосфоритной муки, органических и минеральных удобрений, что одновременно воздействовало на урожайность и изменило агрохимические показатели почвы. Постепенное увеличение средневзвешенного значения по содержанию обменного калия в почве к четвертому циклу достигло 143,2 мг/кг. Последующее снижение применения удобрений привело к тому, что по результатам пятого цикла (1994-2002 гг.) содержание обменного калия в почвах практически соответствовало первому циклу – 139,9 мг/кг. В настоящее время 87% сельскохозяйственных угодий северной лесостепной зоны Курганской области характеризуются содержанием обменного калия от повышенного до очень высокого уровня (табл. 6). Низкое содержание обменного калия имеют 0,2% угодий.

В органическом веществе почвы сосредоточено 98% запасов минерального азота, 60% фосфора, 80% калия, и содержатся все основные минеральные элементы питания растений в сбалансированном состоянии [2, 7]. Потери органического вещества почвы связаны с выносом урожаем, сжиганием соломы и пожнивных остатков, несоблюдением севооборотов, снижением доли многолетних трав и сидеральных культур, а также естественных процессов минерализации. Все эти причины в итоге ведут к истоще-

#### 4. Распределение почв по содержанию подвижного фосфора, % от обследованной

Вид угодий	Площадь, тыс. га	Очень низкое	Низкое	Среднее	Повышенное	Высокое	Очень высокое
Пашня	750,7	10,96	42,84	38,79	6,00	0,66	0,75
Многолетние насаждения	1,5	0	80,00	20,00	0	0	0
Залежь	242,9	12,47	50,43	32,11	4,40	0,49	0,10
Сенокосы	229,9	16,18	47,19	29,58	4,78	1,13	1,14
Пастбища	311,6	11,8	37,90	34,18	9,85	2,05	4,22
Всего:	1536,6	12,07	43,65	35,38	6,47	1,00	1,43

#### 5. Распределение площади почв по содержанию обменного калия, % от обследованной

Вид угодий	Площадь, тыс. га	Очень низкое	Низкое	Среднее	Повышенное	Высокое	Очень высокое
Пашня	750,7	0	0,09	3,9	33,5	49,3	13,3
Многолетние насаждения	1,5	0	0	33,3	66,7	0	0
Залежь	242,9	0	0,1	16,2	41,7	32,9	9,0
Сенокосы	229,9	0	0,3	14,8	35,8	32,8	16,3
Пастбища	311,6	0	0,3	12,5	30,1	32,4	24,7
Всего:	1536,6	0	0,2	9,2	33,0	41,4	16,2

#### 6. Распределение площади почв по содержанию гумуса, % от обследованной

Вид угодий	Площадь, тыс. га	Очень низкое	Низкое	Среднее	Повышенное	Высокое	Очень высокое
Пашня	750,7	0,85	9,47	64,15	24,56	0,93	0,04
Многолетние насаждения	1,5	0	13,3	86,7	0	0	0
Залежь	242,9	0,37	25,69	62,21	11,73	0	0
Всего:	995,1	0,73	13,43	63,61	21,49	0,7	0,04

**7. Распределение почв по содержанию микроэлементов, %**

Вид угодий	Площадь, тыс. га	Низкое				Среднее				Высокое			
		Cu	Zn	Mn	Co	Cu	Zn	Mn	Co	Cu	Zn	Mn	Co
Пашня	1039,5	94,8	98,8	33,0	91,0	4,9	1,0	37,3	8,5	0,3	0,2	29,7	0,5
Сенокос	211,5	93,1	94,4	32,4	93,3	5,9	3,5	30,6	6,5	1,0	2,1	37	0,2
Пастбище	297,7	92,6	91,1	24,4	92,8	7,1	7,1	30,8	6,8	0,3	1,8	44,8	0,4
Всего:	1548,7	94,2	96,8	24,9	91,6	5,5	2,5	35,1	7,9	0,3	0,7	40,0	0,5

нию запасов гумуса. С третьего цикла началось агрохимическое обследование пашни на содержание гумуса (табл. 2 и 7). Средневзвешенное содержание органического вещества с 1984 по 2002 г. оставалось стабильным и составляло 5,39%. В шестом цикле агрохимического обследования наблюдается снижение его уровня до 5,2%, в седьмом – до 4,9%. Это свидетельствует об отрицательном балансе органического вещества и протекающих в почве деградиционных процессах. Содержание гумуса оценивается как среднее и повышенное для 85% сельскохозяйственных угодий. Следует отметить, что 26% залежей характеризуется низким и очень низким содержанием гумуса. При этом данные участки характеризуются низким содержанием подвижного фосфора на фоне повышенной кислотности. Введение таких залежных участков в сельскохозяйственное производство без предварительного фосфоритования нецелесообразно. Фосфоритование желателно проводить под культуры севооборота, обладающие высокой активностью корневых выделений, таких как рапс и гречиха. Мероприятием окультуривания залежных земель может быть совместное с фосфоритованием введение поля сидеральной культуры, такой как рапс, что будет способствовать наряду с повышением содержания подвижных форм фосфора, накоплению органического вещества, улучшению фитосанитарного состояния за счет высокой степени подавления сорняков и усиления микробиологической активности почвенной биоты.

Микроэлементы необходимы для формирования урожая и повышения его качества. Медь регулирует дыхание и фотосинтез, повышает морозо- и жароустойчивость. Марганец участвует в фотосинтезе и дыхании растений, его недостаток сказывается на развитии корневой системы. Цинк влияет на оплодотворение растений и развитие зародыша. К группе низкого содержания по меди, цинку, кобальту соответственно относятся 94,2, 96,7, 91,6% обследованной площади (табл. 8). Следует отметить, что 40% сельскохозяйственных угодий характеризуются высоким содержанием марганца. Это связано как с естественным геохимическим фоном, так и с техногенным перемещением с выбросами от крупных промышленных предприятий Челябинской и Свердловской области [11].

**Уровень эффективного плодородия сельскохозяйственных угодий северной лесостепи Курганской области позволяет обеспечивать высокую**

**рентабельность производства сельскохозяйственной продукции. При этом очевидной проблемой является наличие неиспользуемых угодий, на которых прогрессируют деградиционные процессы. Воспроизводство плодородия сельскохозяйственных угодий возможно только с внесением норм удобрений и средств химизации на основании данных результатов агрохимических исследований, а также соблюдения севооборотов, включающих многолетние травы и сидеральные культуры, и недопущения сжигания соломы для воспроизводства гумуса.**

**Литература**

1. Глухих М.А., Собянин В.Б., Собянина О.Б. Терентий Семенович Мальцев. Идеи и научные исследования. Часть 2. – Курган: Зауралье, 2005. – 244 с.
2. Уфимцева Л.В. Трансформация гумусовых веществ чернозема выщелоченного лесостепи Зауралья: дисс. к.б.н. – Челябинск, 2002. – 129 с.
3. Еремин Д.И., Притчина Г.Д. Динамика кислотности чернозема выщелоченного под действием длительного использования органоминеральной системы удобрений в условиях лесостепной зоны Зауралья // Аграрный вестник Урала, 2012, № 10. – С. 4-7.
4. Стекольников К.Е., Горб И.С., Кольцова О.М. Влияние длительного применения удобрений и мелиорантов на кислотно-основной режим чернозема выщелоченного // Вестник Воронежского ГАУ, 2013, № 4. – С. 22-31.
5. Иванюшин Е.А. Влияние различных уровней сельскохозяйственного использования земли на урожайность зерновых культур и плодородие выщелоченных черноземов лесостепи Зауралья: дисс. к.с.-х.н. – Курган, 2003. – 159 с.
6. Кобякова Т.И., Уфимцева Л.В. Динамика кислотности черноземных почв северной лесостепи Курганской области // Агрохимический вестник, 2017, № 5. – С. 34-36.
7. Кобякова Т.И., Уфимцева Л.В. Динамика содержания гумуса в черноземных почвах северной лесостепи Курганской области // Актуальные вопросы экологии и природопользования. – Ставрополь, 2017. – С. 166-169.
8. Васильев А.А., Глаз Н.В., Горбунов А.К. Эффективность применения глауконита под картофель // АПК России, 2016, Т. 23, № 2. – С. 447-452.
9. Спицына С.Ф. Экологическая целесообразность применения микроэлементов в Алтайском крае // Агрохимический вестник, 2005, № 5. – С. 2-3.
10. Школьник М.Я. Микроэлементы в жизни растений. – Л.: Наука, 1974. – 324 с.
11. Кобякова Т.И. Экологическая оценка поверхностных, подземных вод и снежного покрова северо-западной техногенной провинции Курганской области: дисс. к.б.н. – Курган, 2005. – 135 с.

## ОЦЕНКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВ И ВЛИЯНИЕ МИНЕРАЛЬНЫХ УДОБРЕНИЙ НА УРОЖАЙНОСТЬ ОЗИМЫХ ЗЕРНОВЫХ КУЛЬТУР В ЧЕЧЕНСКОЙ РЕСПУБЛИКЕ (на примере госхоза «Закан-Юртовский»)

<sup>1</sup>С.А. Газиев, к.с.-х.н., <sup>1</sup>С.А. Хаджимуратова, <sup>2</sup>Л.С. Гишкаева, к.с.-х.н.

<sup>1</sup>Станция агрохимической службы «Чеченская», e-mail: agrohimi\_20@mail.ru

<sup>2</sup>Чеченский государственный университет, e-mail: lima.gishkaeva.66@mail.ru

*Дана агрохимическая оценка плодородия темно-каштановых почв госхоза «Закан-Юртовский» Чеченской республики и показано влияние минеральных удобрений на урожайность озимых зерновых культур. По данным обследования, проведенного в 2012 г., установлено, что содержание гумуса в темно-каштановых почвах составляло 2,0-2,5%, и по градации относится к малогумусным типам почв. Для таких почв накопление аммиачного азота будет способствовать сохранению гумуса и обеспечивать растения доступной формой азотного питания. Для установления степени разложения органического вещества почв было проведено определение нитрификационной способности почв и накопления в них нитратного азота. Результаты исследований показали, что почвы обладают средней нитрификационной способностью, то есть при оптимальных условиях почвы могут накапливать 12-17 мг/кг нитратного азота. При таком уровне нитратного азота можно обеспечить получение урожая до 20 ц/га без применения удобрений. Для увеличения продуктивной урожайности до 40 ц/га на почвах госхоза «Закан-Юртовский» следует дополнительно внести 60-80 кг/га азота в нитратной и аммонийной формах. Наиболее благоприятные условия для обеспечения азотным питанием растений следует считать наличие в почвах двух форм минерального азота: нитратного и аммиачного.*

**Ключевые слова:** плодородие, почва, удобрения, озимые зерновые, урожай, Чеченская республика.

## ESTIMATION OF SOILS FERTILITY AND THE INFLUENCE OF MINERAL CONVENIENTS ON THE CROP PRODUCTIVITY OF WINTER CEREALS IN THE CHECHEN REPUBLIC (based on example of the Government farm «Zakan-Yurtovsky»)

<sup>1</sup>Ph.D. S.A. Gaziev, <sup>1</sup>A.A. Khadzhimuratova, <sup>2</sup>Ph.D. L.S. Gishkaeva

<sup>1</sup>Station of the agrochemical service «Chechen», e-mail: agrohimi\_20@mail.ru

<sup>2</sup>Chechen State University, e-mail: lima.gishkaeva.66@mail.ru

*An agro-chemical assessment of the fertility of dark chestnut soils of the state farm Zakan-Yurtovsky of the Chechen Republic and the effect of mineral fertilizers on and productivity of winter grain crops are given. According to a survey conducted in 2012, it was found that the content of humus in dark chestnut soils was 2.0-2.5%, and by gradation refers to a few humus types of soils. For such soils, the accumulation of ammonia nitrogen will contribute to the conservation of humus and provide plants with an accessible form of nitrogen nutrition. To determine the degree of decomposition of the organic matter of soils, a determination was made of the nitrification capacity of the soils and the accumulation of nitrate nitrogen in them. The results of the studies showed that the soils have an average nitrification capacity, that is, under optimal conditions, the soil can accumulate 12-17 mg/kg of nitrate nitrogen. With this level of nitrate nitrogen, it is possible to ensure a yield of up to 20 centners per hectare without the use of fertilizers. To increase the productive yield to 40 c/ha on the soils of the state farm «Zakan-Yurtovsky», it is necessary additionally to add 60-80 kg/ha of nitrogen in nitrate and ammonium forms. The most favorable conditions for ensuring nitrogen nutrition of plants should be considered the presence in the soil of two forms of mineral nitrogen: nitrate and ammonia.*

**Keywords:** fertility, soil, fertilizers, yield, Chechen Republic.

Земельные фонды Чеченской республики на 01.01.2010 г. составляют 1613,94 тыс. га, из них сельскохозяйственные угодья – 1001,27 тыс. га, в том числе пашня – 350,67 тыс. га, сенокосы – 57,53 тыс.

га, пастбища – 580,88 тыс. га, многолетние насаждения – 12,054 тыс. га [1]. По почвенно-климатическим условиям территория республики крайне разнообразна: северная часть представлена сухими степями,

на которых сформировались каштановые почвы. При движении к югу каштановые почвы сменяются предкавказскими карбонатными черноземами, а еще южнее – выщелоченными черноземами. Это обусловлено тем, что при движении с севера на юг и приближением к Главному Кавказскому хребту, увеличивается количество осадков, изменяется растительность и после выщелоченных черноземов формируются лугово-черноземные почвы. В предлесной зоне формируются дерново-глеевые почвы, в различной степени оподзоленности и оглеения, которые при близком залегании карбонатных пород переходят в дерново-глеевые карбонатные почвы. Такое разнообразие почвенного покрова на протяжении не более 150 км при движении с севера на юг по территории республики определяется вертикальной зональностью. Поэтому для эффективного использования почвенного плодородия различных типов почв, включая применение удобрений, необходим дифференцированный подход [2]. Органическое вещество темно-каштановых почв играет основную роль в плодородии и агрономически важных свойствах почвы: его энергетической значимости, сопряженной с его превращением и проведением комплекса агротехнических мероприятий. Поэтому воспроизводство органического вещества в этих почвах связано с трудностью его сохранения в современных системах земледелия [3]. Актуальное значение, в этих условиях, имеют мероприятия, направленные на накопление и рациональное использование гумуса пахотного слоя и дополнительное вовлечение в полезный сельскохозяйственный оборот гумуса более глубоких слоев черноземных почв [4, 5].

На территории Чеченской республики с 1964 г. Федеральное государственное бюджетное учреждение станция агрохимической службы «Чеченская» осуществляет мониторинг состояния плодородия почв земель сельскохозяйственного назначения с целью формирования научно-обоснованных мероприятий по сохранению и повышению плодородия почв для обеспечения производства высококачественной сельскохозяйственной продукции.

**Цель исследований** – оценка содержания подвижных элементов питания в темно-каштановых почвах госхоза «Закан-Юртовский» и влияние минеральных удобрений на урожайность озимых зерновых культур.

**Условия, материалы и методы.** Территория госхоза «Закан-Юртовский» входит в пятый агроклиматический район республики. Общая земельная площадь хозяйства составляет 3449 га, из них сельскохозяйственная – 3253 га, в том числе пашня 1935 га. [6]. Летний период жаркий с дневной температурой 28-32°C, сумма положительных температур (выше +10°C) за период активной вегетации составляет 3200-3400, гидротермический коэффициент 1,2-1,5. Лабораторные анализы почвенных образцов проводили общепринятыми методами для почв Северного Кавказа

(ГОСТ 28168-89), общее содержание гумуса определяли по Тюрину (ГОСТ 26213-91), подвижный фосфор и обменный калий по Мачигину (ГОСТ 26204-91), нитрификационную способность – по Кравкову.

**Результаты и обсуждение.** По материалам обследования 2012 г. установлено, что содержание гумуса в темно-каштановых почвах составляло 2-2,5% и по градации относится к малогумусным типам почв. Для таких почв накопление аммиачного азота будет способствовать сохранению гумуса и обеспечивать растения доступной формой азотного питания. Для установления степени разложения органического вещества почв было проведено определение нитрификационной способности почв и накопления в них нитратного азота (табл. 1). Результаты исследований показали, что почвы обладают средней нитрификационной способностью, то есть при оптимальных условиях почвы могут накапливать 12-17 мг/кг нитратного азота. При таком уровне нитратного азота можно обеспечить получение урожая до 20 ц/га без применения удобрений. Для увеличения продуктивной урожайности до 40 ц/га на почвах госхоза «Закан-Юртовский» следует дополнительно внести 60-80 кг/га азота в нитратной и аммонийной формах. Наиболее благоприятными условиями для обеспечения азотным питанием растений следует считать наличие в почвах двух форм минерального азота: нитратного и аммиачного.

Содержание подвижного фосфора в почвах госхоза «Закан-Юртовский» характеризует эффективное плодородие почв, а его пополнение возможно только за счет внесения фосфорсодержащих удобрений. Результаты агрохимического обследования показали (табл. 2), что более 80% пашни темно-каштановых почв со слабой солонцеватостью очень бедны подвижным фосфором (33-45 кг/га) и только 14% пашни характеризуется средним содержанием P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> (48-90 кг/га). При низком содержании в почве подвижного фосфора урожайность зерновых может составлять 13-18 ц/га, при высоком 18-28 ц/га.

По содержанию обменного калия почвы хозяйства «Закан-Юртовский» обеспечены лучше, чем фосфором, так как более 90% пашни характеризуется средним и высоким содержанием K<sub>2</sub>O и только 9,8% пашни имеют низкое содержание K<sub>2</sub>O (табл. 2).

### 1. Распределение площадей почв госхоза «Закан-Юртовский» по нитрификационной способности (2012 г.)

Нитрификационная способность	Содержание N-NO <sub>3</sub> , мг/кг почвы	Площадь	
		га	%
Очень низкая	5,0	-	-
Низкая	5-8,0	190	11,2
Средняя	8-15,0	1480	87,6
Повышенная	15-30,0	20	1,2
Высокая	30-60,0	-	-
Очень высокая	60,0	-	-

**2. Распределение площадей пашни по содержанию подвижных элементов питания (2012 г.)**

Обследованная площадь	Содержание элементов питания				
	очень низкое	низкое	среднее	повышенное	высокое
Подвижный фосфор					
1690 га	525	932	233	-	-
100,0%	31,1	55,1	13,8	-	-
Обменный калий					
1690 га	-	165	425	1070	30
100,0%	-	9,8	25,1	63,3	1,8

На таких почвах калийное питание может обеспечить получение урожая зерновых 30-40 ц/га.

На полях хозяйства «Закан-Юртовский» под урожай 2015 г., 2016 г. и 2017 г. под озимые зерновые культуры ежегодно вносили минеральные удобрения: аммиачная селитра в дозе 100 кг/га, или по азоту по 34,4 кг/га, нитроаммофоска в дозе по 200 кг/га или по содержанию питательных элементов N – 20, P – 20, K – 20 кг/га.

Таким образом, удобрения ежегодно вносили по 94,4 кг/га в действующем веществе: N<sub>34,4</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub>. С учетом содержания питательных элементов в почвах и внесенных минеральных удобрений были рассчитаны планируемые величины урожайности по конкретным полям, которые составили от 25 до 50 ц/га зерновых. После этого сравнивали расчетную урожайность с фактической урожайностью зерновых. Под урожай 2014 г. минеральные удобрения под озимые культуры не вносили, поэтому урожайность озимых зерновых 2014 г. отнесена к контрольному варианту (табл. 3). При ежегодном внесении удобрений по N<sub>34,4</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> в 2015-2017 гг. средняя прибавка

урожая зерна озимой пшеницы составила 11,3 ц/га, а урожайность достигла в среднем 34,3 ц/га. Урожайность озимого ячменя за 2015-2017 гг. составила 29,4 ц/га и получена прибавка в среднем за три года 17,3 ц/га. Минеральные удобрения в первые годы не резко повысили урожай зерновых. Рост урожайности происходил постепенно на второй и третий год внесения удобрений. Анализ почвенных образцов, проведенный в 2017 г., показал, что среднее содержание гумуса, по сравнению с 2012 г. возросло с 2,5 до 3,5%; значительно увеличилась площадь пашни со средним содержанием подвижного фосфора и почти вся обследованная пашня хозяйства имеет высокое и очень высокое содержание обменного калия. Повышению содержания гумуса в темно каштановой почве способствовало оставление соломы на полях после уборки урожая в качестве органических удобрений. Повышение калия происходило за счет подтягивания его из нижних горизонтов, так как почвы солонцеватые с остаточным засолением материнской породы.

**3. Урожайность озимых зерновых в госхозе «Закан-Юртовский», ц/га**

Сельскохозяйственная культура	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2017 г.	Средняя за 2015-2017 гг.	Прибавка, +/- ц/га	% прибавки
Озимая пшеница	23,0	24,9	31,4	46,6	34,3	11,3	49
Озимый ячмень	12,1	23,9	30,4	34,0	29,4	17,3	143

**Выводы.** 1. Для планирования урожайности сельскохозяйственных культур необходимо проведение агрохимического обследования почв по основным показателям плодородия, чтобы провести расчет возможной обеспеченности растений питательными элементами и урожайности на конкретном участке поля. 2. При ежегодном внесении минеральных удобрений в дозе N<sub>34,4</sub>P<sub>20</sub>K<sub>20</sub> кг/га под озимые зерновые на темно-каштановых почвах можно повысить урожайность на 50% и более. Наиболее благоприятные условия для обеспечения азотным питанием растений следует считать наличие в почвах двух форм минерального азота: нитратного и аммиачного. 3. Оставление соломы на полях после уборки урожая в качестве органических удобрений способствовало повышению содержания органического вещества в темно каштановой почве за три года на 0,5-1,0%.

**Литература**

1. Джандаров И.А., Абдурахманов Д.Б. Землепользование Чеченской республики. – М.: Книжный дом «Либроком», 2010. – 210 с.
2. Джанаев Г.Г., Кцоев Б.К., Газдиев А.Я. и др. Применение удобрений в Чечено-Ингушетии. – Грозный: Чечено-Ингушское книжное издательство, 1978. – 4 с.
3. Газиев С.А. Влияние зерновых севооборотов, систем удобрений и обработки почвы на количественные и качественные изменения органического вещества дерново-подзолистой почвы и урожайность полевых культур: дисс. к.с.-х.н. – М., 1988. – 25 с.
4. Газиев С.А., Тунтаев А.В., Асламбеков А.М., Альмерзаева Э.А., Маштакова М.Ш., Гишкаева Л.С. Плодородие пахотных почв Чеченской республики // Агрохимический вестник, 2017, № 5. – С. 25-27.
5. Беспланев С.М., Сохроков А.Х., Жамбикова А.А., Татарканова З.Л. Влияние количества органического вещества почвы на содержание микроэлементов в почвах Кабардино-Балкарии // Агрохимический вестник, 2012, № 4. – С. 34-35.
6. Газиев С.А., Тунтаев А.В., Шахбулатов Х.Х. Пояснительная записка к агрохимическим картам госхоза «Закан-Юртовский» Ачхой-Мартановского района Чеченской республики. – Грозный: ФГБУ САС «Чеченская», 2012. – С. 3-7.
7. Пухальская Н.В., Сычев В.Г. Особенности калийного питания сельскохозяйственных растений в оптимальных и неблагоприятных условиях. – М.: Россельхозакадемия, 2009. – 4 с.
8. Красницкий В.М. Диагностика содержания нитратного азота и особенности применения азотных удобрений в 2016 г. – Омск: Литера, 2016. – 12 с.

# СВОЙСТВА ПОЧВ И ИХ ПЛОДОРОДИЕ

УДК 631.95+631.452:631.445.4:631.82  
DOI 10.24411/0235-2516-2018-10036

## ВЛИЯНИЕ ПОСЛЕДЕЙСТВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ НА СОСТОЯНИЕ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ЧЕРНОЗЕМА ОБЫКНОВЕННОГО

**Н.Н. Шаповалова, Е.И. Годунова, д.с.-х.н., Е.А. Менькина, к.с.-х.н.**  
Северо-Кавказский федеральный НАЦ, e-mail: schapovalova.nadejda@yandex.ru

*В длительном опыте, заложенном в 1975 г. на черноземе обыкновенном в условиях неустойчивого увлажнения Центрального Предкавказья, проведены исследования по определению взаимосвязи продуктивности севооборота с показателями плодородия почвы в течение 10 лет после прекращения применения минеральных удобрений. Удобрения вносили под каждую культуру севооборота в дозах от 30 до 150 кг д.в/га в течение 30 лет, что существенно изменило состояние плодородия почвы. Отрицательным результатом действия удобрений стало подкисление почвенного раствора и снижение содержания гумуса, положительным – улучшение условий минерального питания растений и почвенной микрофлоры. Это обеспечило увеличение численности основных физиологических групп микроорганизмов, преобразующих почвенный азот в агроценозах, изменение ферментативной активности почвы и увеличение среднегодовой продуктивности севооборота в период последействия на 13,7-32,0%. Самый высокий прирост продуктивности севооборота был достигнут на вариантах последействия полного минерального удобрения (N<sub>120</sub>P<sub>30-150</sub>K<sub>120</sub>), почва которых характеризовалась лучшими показателями экологического и агрохимического состояния. Продуктивность севооборота находилась в тесной прямой взаимосвязи с содержанием подвижных форм фосфора и калия, количеством микроорганизмов и активностью фермента каталазы (коэффициент корреляции  $r = 0,55-0,68$ ).*

**Ключевые слова:** удобрения, последействие, чернозем, агрохимические свойства, численность микроорганизмов, активность ферментов, продуктивность севооборота.

## INFLUENCE OF FERTILIZERS APPLICATION AFTEREFFECT ON ECOLOGICAL AND AGROCHEMICAL STATE OF CHERNOZEM ORDINARY

**N.N. Shapovalova, Dr. Sci. E.I. Godunova, Ph.D. E.A. Menkina**  
The North Caucasus Federal Agricultural Research Centre, e-mail: schapovalova.nadejda@yandex.ru

*In the long-lived experience put in 1975 on the chernozem ordinary in the conditions of unstable humidification of the Central Ciscaucasia researches carried out for the purpose of determination of interrelation of average annual productivity of a crop rotation with indexes of soil fertility within 10 years after phase-out of mineral fertilizers. Fertilizers brought under each culture of a crop rotation in doses from 30 to 150 kg/hectare of century within 30 years that essentially changed fertility condition of soil. Acidifying of soil solution and decrease in maintenance of a humus, positive – improvement of conditions of a mineral delivery of plants and a soil microflora became the negative result of effect of fertilizers. It provided increase in number of the basic physiological groups of the microorganisms transforming soil nitrogen in agrocoenosis, change of enzymatic activity of the soil and increase in average annual efficiency of a crop rotation in the period of an after-action for 13.7-32.0%. The highest increase of productivity of a crop rotation was reached on options of an after-action of the complete mineral fertilizer (N<sub>120</sub>P<sub>30-150</sub>K<sub>120</sub>) which soil was characterized by the best indexes of an ecological and agrochemical state. The productivity of a crop rotation was in close direct interrelation with the maintenance of the relative frame forms of phosphorus and a potassium, quantity of microorganisms and activity of enzyme of a catalase ( $r = 0.55-0.68$  coefficient of correlation).*

**Keywords:** fertilizers, aftereffect, chernozem, agrochemical properties, the number of microorganisms, activity of enzymes, the productivity of the crop rotation.

Эффективность сельскохозяйственного производства зависит от плодородия почвы, состояние которого определяется, как естественными факторами, так и уровнем применения удобрений. Под действием минеральных удобрений не только улучшаются условия питания растений, но и изменяются свойства почвы, включая жизнедеятельность почвенной микрофлоры. Для функционирования микроорганизмов в конкретных почвенно-климатических условиях большое значение имеет химический состав, форма, доза, способ и кратность внесения удобрений. Исследователи [1, 2] отмечают изменение биогенности почвы при применении удобрений вследствие изменения пищевого режима, а также реакции, концентрации и осмотического давления почвенного раствора. Однако полученные результаты зачастую неоднозначны и свидетельствуют, как об активизации микробиологических процессов, так и об их ослаблении из-за возрастания токсических свойств почвы [3-6]. Микроорганизмы, являясь неотъемлемой частью почвы, обуславливают все протекающие в ней биохимические процессы [7]. При этом прямой пропорциональной зависимости между численностью микроорганизмов в почве и ее плодородием, часто не обнаруживается [8, 9]. Вследствие этого особый интерес представляют данные о взаимосвязи биологических параметров плодородия с агрохимическим состоянием почвы и продуктивностью агроценоза, которые позволяют дать эколого-биологическую оценку эффективности действия минеральных удобрений.

По мнению В.Г. Минеева [10], объективно оценить влияние удобрений на плодородие почвы можно лишь в длительных опытах, в которых отдельные варианты представляют своеобразную систему разных микроагроценозов, различающихся по характеру биологических процессов. Поэтому исследования, проведенные в опыте, в котором под влиянием длительного применения разных видов и доз минеральных удобрений был создан полигон с большим разнообразием агрохимических свойств, представляют большой научный и практический интерес.

**Цель исследования** – изучить влияние агрохимического состояния, численности эколого-трофических групп микроорганизмов, ферментативной активности чернозема обыкновенного на среднегодовую продуктивность севооборота в последствии длительного применения минеральных удобрений.

**Объекты и методы исследования.** Исследования выполнены в трехфакторном опыте, заложенном в 1975 г. в лаборатории агрохимии Ставропольского НИИСХ для изучения влияния систематического внесения высоких доз минеральных удобрений на плодородие почвы, урожайность сельскохозяйственных культур, и качество продукции. Почва опытного участка – чернозем обыкновенный мощ-

ный малогумусный тяжелосуглинистый на лессовидных суглинках. Перед закладкой опыта слой почвы 0-20 см характеризовался низкой обеспеченностью подвижными формами фосфора и калия – 12,9 и 184 мг/кг (по Мачигину), средним содержанием гумуса – 4,30% (по Тюрину) и слабощелочной реакцией среды –  $pH_{H_2O}$  7,3 (ГОСТ 26423-85).

Схема опыта предусматривала внесение удобрений в возрастающих дозах, как отдельно, так и на фоне двух других элементов питания – по 120 кг/га д.в. каждого. Удобрения применяли ежегодно перед посевом в течение 30 лет (пять ротаций севооборота), исключая паровые поля и три года перестроечного периода со сложной экономической ситуацией. Калийное удобрение вносили только в течение первых трех ротаций севооборота. Таким образом, с 1975 по 2007 г. в опыте было проведено 21-кратное наложение азотного и фосфорного и 15-кратное калийного удобрения. По вариантам опыта суммарно было внесено 630-3780 кг/га азота, 630-3780 кг/га фосфора и 450-2700 кг/га калия. В качестве удобрений использовали аммиачную селитру, суперфосфат и 40% калийную соль. С 2006-2008 гг. применение удобрений в опыте было прекращено. В 2015 и 2017 гг. получены данные по продуктивности го- роха в десятый год последствий.

Исследования проводили в шестипольном севообороте, который в течение первых трех ротаций имел следующее чередование культур: 1. Чистый пар; 2. Озимая пшеница; 3. Озимая пшеница; 4. Кукуруза на силос; 5. Озимая пшеница; 6. Овес (яровой ячмень). В IV ротации вместо чистого пара возделывался эспарцет, вместо кукурузы – чистый пар. В V ротации первое поле севооборота занимал чистый пар, четвертое – сидеральный пар.

В течение пяти ротаций севооборота опытное поле паровало 6 раз, озимую пшеницу высевали 15 раз, кукурузу – 3, яровой ячмень – 3, овес – 2, эспарцет – 1 раз. В период последствий удобрений культуры чередовались следующим образом: 1. Чистый пар; 2. Озимая пшеница; 3. Озимый ячмень; 4. Соя; 5. Яровой ячмень; 6. Лен; 7. Озимая пшеница; 8. Чистый пар; 9. Озимая пшеница; 10. Горох.

Опыт изначально проводили на трех полях, последовательно закладываемых во времени с интервалом в один год. К началу изучения последствий в опыте сохранились лишь две временные повторности. Площадь опытной делянки составляет 75 м<sup>2</sup>, учетной – 22 м<sup>2</sup>. Повторность вариантов на каждом поле – четырехкратная.

По завершении 10 лет последствий удобрений проведен отбор почвенных проб из слоя 0-20 см для определения содержания общего гумуса по И.В. Тюрину; подвижного фосфора и калия в 1% углеаммонийной вытяжке по Мачигину и  $pH_{H_2O}$  по ГОСТ 26423-85. С помощью метода подсчета колоний на

плотной питательной среде выявляли микроорганизмы, использующие органические формы азота (мясопептонный агар) и микроорганизмы, способные использовать минеральные формы азота, в том числе актиномицеты (среда Чапека) [11]. Активность почвенных ферментов (каталаза, уреазы, фосфатаза) изучали методами, изложенными в работе Ф.Х. Хазиева [12]. Учет урожая проведен с помощью малогабаритного комбайна Сампо-130. Статистическая обработка данных выполнена с использованием пакета программ Statistica 10.0.

**Результаты.** Длительное применение удобрений привело к существенному изменению агрохимических показателей плодородия почвы, которое наблюдалось и через 10 лет после прекращения внесения удобрений. Прежде всего произошло подкисление почвенного раствора, и почва из слабощелочной перешла в категорию нейтральной. В наибольшей степени значения рН уменьшились при внесении азота, особенно при совместном использовании с другими видами удобрений. Между повышением кислотности почвы и дозой удобрения наблюдалась прямая зависимость. В последствии эти варианты также характеризовались более низкими значениями реакции среды в сравнении с контролем и отдельным применением фосфора (P<sub>30-150</sub>).

За 30-летний период сельскохозяйственного использования чернозема без применения удобрений в слое 0-20 см была утрачена пятая часть от исходного количества гумуса – 0,92%. Положительное влияние удобрений на гумусовое состояние определялось меньшими его потерями в сравнении с контролем. В наибольшей степени уменьшению потерь гумуса способствовало внесение повышенных доз фосфорного и полного минерального удобрений, когда формировался более высокий урожай культур с накоплением большого количества корневых и пожнивных остатков. После прекращения внесения удобрений процесс дегумификации почвы продолжился, но и через 10 лет наиболее высокое содержание гумуса было отмечено на вариантах последствия

полного минерального удобрения, на которых оно было выше контроля на 13,1-19,2 относительных процентов. Такое существенное уменьшение количества гумуса связано с многолетним использованием чистого пара и высокой насыщенностью севооборота зерновыми культурами, а также с вывозом с поля побочной продукции для нужд животноводства, что создало отрицательный баланс элементов питания в почве. Так, уровень компенсации азота и калия в балансе, рассчитанном в сумме за 30 лет действия и 5 лет последствия, даже при использовании высоких доз этих элементов, не превышал 75 и 45,35-49,9% соответственно. По фосфору положительный баланс был достигнут лишь при систематическом внесении 90 кг/га P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. В этом случае его интенсивность составила 113,6-125,6% [13].

Обеспеченность пахотного слоя подвижными формами фосфора и калия определялась количеством внесенного ранее одноименного удобрения. Систематическое применение фосфорного удобрения привело к значительному накоплению остаточных фосфатов в почве. В сравнении с контролем количество подвижных форм при отдельном внесении фосфора увеличилось на 133-406% и на фоне N<sub>120</sub>K<sub>120</sub> – на 106-339% (табл. 1). В зависимости от дозы степень обеспеченности почвы фосфором возросла с низкой до повышенной, высокой и очень высокой. Улучшение фосфатного режима наблюдалось и при внесении азотного удобрения, которое способствовало повышению подвижности слаборастворимых соединений фосфора почвы в результате их кислотного гидролиза. За 10 лет последствия удобрений убыль содержания остаточных фосфатов в слое 0-20 см составила в среднем за год 1,2-3,0 мг/кг. Более высокое содержание остаточных фосфатов отмечалось при отдельном внесении фосфора из-за меньшего выноса его с урожаем культур.

На момент прекращения внесения удобрений на всех вариантах опыта отмечалось снижение содержания подвижного калия относительно контроля на 8,0-21,5%. К наиболее заметным изменениям в калийном

### 1. Агрохимические показатели почвы в слое 0-20 см после 30 лет действия и 10 лет последствия удобрений

Вариант	рН <sub>H2O</sub>		Гумус, %		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг		K <sub>2</sub> O, мг/кг	
	действие	последствие	действие	последствие	действие	последствие	действие	последствие
Исходное	7,3		4,30		12,9		184	
Контроль	7,03	7,07	3,38	2,97	18,0	16,9	237	213
N <sub>30</sub>	6,92	6,86	3,63	3,09	21,4	20,3	219	212
N <sub>90</sub>	6,61	6,66	3,61	3,07	23,4	26,5	219	221
N <sub>150</sub>	6,64	6,61	3,48	2,92	23,9	24,0	215	212
P <sub>30</sub>	7,00	7,04	3,53	3,22	42,3	26,3	195	203
P <sub>90</sub>	6,82	7,01	3,73	3,08	66,8	50,3	197	218
P <sub>150</sub>	6,78	7,00	3,84	3,06	90,8	59,7	190	219
P <sub>30</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	6,61	7,01	3,84	3,54	37,2	23,9	218	259
P <sub>90</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	6,64	6,82	3,76	3,37	65,5	36,9	208	249
P <sub>150</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	6,53	6,75	3,82	3,36	79,2	47,9	205	244
НСР <sub>05</sub>	0,17	0,11	0,17	0,16	10,7	5,5	28	36

## 2. Последствие минеральных удобрений на численность микроорганизмов в черноземе обыкновенном, тыс. КОЕ/1 г почвы

Вариант	Микроорганизмы, трансформирующие соединения азота почвы			K <sub>мин.</sub>
	протеолитические (органические)	амилолитические (минеральные)	сумма	
Контроль	621	828	1449	1,33
N <sub>30</sub>	1113	1350	2463	1,21
N <sub>90</sub>	792	1061	1853	1,34
N <sub>150</sub>	970	1413	2383	<b>1,46</b>
P <sub>30</sub>	600	946	1546	<b>1,58</b>
P <sub>90</sub>	660	1237	1897	<b>1,87</b>
P <sub>150</sub>	1368	1205	2573	0,88
P <sub>30</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	<b>6900</b>	<b>6525</b>	<b>13425</b>	0,95
P <sub>90</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	<b>9753</b>	<b>9523</b>	<b>19276</b>	0,98
P <sub>150</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	<b>14228</b>	<b>17270</b>	<b>31498</b>	1,21
HCP <sub>05</sub>	2381,5	1621,4	-	

ном режиме почвы привело длительное внесение одного фосфорного удобрения. Отклонение составило 14,8-21,5%. Через 10 лет последствия в вариантах опыта, на которых калийное удобрение не применяли, содержание K<sub>2</sub>O соответствовало уровню контроля, а в вариантах с внесением калия в виде фона количество подвижных форм превышало контроль на 5,2-19,9%. Несмотря на то, что внесение калийного удобрения было прекращено намного раньше, чем азотного и фосфорного (по окончании 3-ей ротации севооборота), калий удобрений, фиксированный почвой, легче восполнял подвижные формы, т.е. оставался более доступным растениям, чем унаследованный от материнской породы.

Наиболее чутким индикатором изменения экологического состояния чернозема служит почвенная микрофлора. При этом важную роль играют микроорганизмы, участвующие в трансформации соединений азота в почве. Самая низкая численность микробного пула (сумма протеолитических и амилолитических микроорганизмов) отмечена в контроле и в последствии отдельного внесения как азотного, так и фосфорного удобрений. Результатом последствия полного минерального удобрения, напротив, стало достоверное увеличение численности обеих групп микроорганизмов относительно контроля в 9,3-21,7 раза (табл. 2). С увеличением дозы фосфора в составе NPK в 3 и 5 раз, их сумма возросла в 1,4 и 2,3 раза соответственно. Численность микроорганизмов, использующих минеральный азот, была близкой или немного превосходила количество бактерий, трансформирующих органические формы азота. Это свидетельствует о практически равной скорости протекания иммобилизационных и мобилизационных процессов в почве или несколько более интенсивном проявлении процесса мобилизации азота почвы.

Активность минерализационных процессов характеризует коэффициент минерализации (K<sub>мин.</sub>), представляющий собой соотношение амилолитической и протеолитической групп микроорганизмов.

Низкая (K<sub>мин.</sub> = 0,88-0,98) степень минерализации отмечена в последствии P<sub>150</sub> и N<sub>120</sub>P<sub>30-90</sub>K<sub>120</sub>, в остальных вариантах она была средней – в пределах 1,21-1,87. Одностороннее внесение питательных элементов в почву снижало активность микробиологических процессов, связанных с трансформацией соединений азота в почве, а наиболее высокая биологическая активность почвы отмечается при создании сбалансированного пищевого режима, т.е. в последствии полного минерального удобрения.

Микроорганизмы выделяют ферменты, которые катализируют биохимические реакции превращения питательных элементов почвы и удобрений. Определение активности почвенных ферментов позволяет выявить степень влияния удобрений на биологические процессы и дает возможность судить о скорости мобилизации основных органогенных элементов питания для растений без привлечения микробиологических методов. Специфичность действия ферментов выражается в том, что каждый фермент действует лишь на определенное вещество, или на определенный тип химической связи в молекуле. Уреазы, вызывая гидролитическое расщепление связи между азотом и углеродом в молекулах органических веществ, способствует разложению растительных остатков и удобрений с образованием аммиака и углекислоты. В наших исследованиях активность этого фермента достоверно увеличивалась относительно контроля в вариантах последствия отдельного внесения азотного удобрения – на 0,7-0,9 мг N-NH<sub>4</sub> / 1 г / 1 ч. Несмотря на это, по уреазной активности чернозем обыкновенный характеризовался как очень бедный (табл. 3) [1].

Чернозем обыкновенный имеет среднюю степень обогащенности фосфатазой, катализирующей гидролиз фосфорорганических соединений почвы. Активность этого фермента нередко находится в обратной зависимости от обеспеченности растений подвижным фосфором. Наименьшая (3,7-4,1 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 10 г / 1 ч) активность фосфатазы отмечена в последствии одного фосфорного удобрения и повышен-

## 3. Активность почвенных ферментов

Вариант	Каталаза, мл 0,1н KMnO <sub>4</sub> / 1 г / 20 мин		Уреаза, мг N-NH <sub>4</sub> / 1 г / 1 ч		Фосфатаза, мг P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> / 10 г / 1 ч	
	активность	± к контролю	активность	± к контролю	активность	± к контролю
Контроль	1,4		1,4		3,5	
N <sub>30</sub>	1,3	-0,1	2,2	0,8	6,5	3,0
N <sub>90</sub>	1,8	0,4	2,1	0,7	6,6	3,1
N <sub>150</sub>	1,2	-0,2	2,3	0,9	4,5	1,0
P <sub>30</sub>	1,6	0,2	1,4	0	4,1	0,6
P <sub>90</sub>	1,5	0,1	1,8	0,4	4,0	0,5
P <sub>150</sub>	1,6	0,2	1,7	0,3	3,7	0,2
P <sub>30</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	2,3	0,9	1,5	0,1	8,6	5,1
P <sub>90</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	2,0	0,6	1,6	0,2	9,6	6,1
P <sub>150</sub> + N <sub>120</sub> K <sub>120</sub>	1,8	0,4	1,8	0,4	9,4	5,9
HCP <sub>05</sub>	0,77		0,65		3,19	

ная (4,5-6,5 мг P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> / 10 г / 1 ч) – в последствии отдельного внесения азота. Вместе с тем, наиболее высокие значения этого показателя наблюдались на вариантах с внесением фосфора в составе NPK (выше контроля в 2,5-2,7 раза). Это, по-видимому, связано с высокой численностью микроорганизмов, участвующих в трансформации азота органических соединений, поскольку именно клетки почвенных микробов преимущественно являются продуцентами фосфатаз, а также в результате значительного количества растительных остатков, используемых в качестве субстрата.

В результате активирующего действия каталазы происходит расщепление ядовитой перекиси водорода, образующейся в процессе дыхания живых организмов, на воду и молекулярный кислород. Особенность этого фермента заключается в том, что его активность имеет обратную зависимость от влажности почв и прямую – от температуры. Большое положительное влияние на каталазную активность почвы оказывает растительность с мощной глубоко проникающей корневой системой. В нашем опыте отмечено достоверное увеличение каталазной активности почвы на вариантах последствия NPK с самой высокой продуктивностью возделываемых культур и численностью почвенной микрофлоры. При этом сама почва характеризовалась низкой активностью каталазы.

По завершении 10 лет последствия удобрений численность микроорганизмов, участвующих в

трансформации соединений азота в почве, находилась в сильной прямой взаимосвязи только с содержанием подвижного калия в почве ( $r = 0,84$  и  $r = 0,83$ ). Достоверной связи с другими показателями агрохимического состояния чернозема не установлено (табл. 4). Обнаружена также взаимозависимость средней силы численности протеолитической микрофлоры с активностью почвенных ферментов каталазы и фосфатазы, которые, по-видимому, ею и продуцировались ( $r = 0,57$  и  $r = 0,58$ ).

Суммарным показателем плодородия почвы служит ее продуктивность. За 10 лет изучения последствия длительного применения удобрений наибольший среднегодовой прирост продуктивности севооборота получен на вариантах внесения NPK – 28,4-32,0% к контролю (табл. 5). Данные агроценозы характеризовались самым высоким содержанием гумуса (3,36-3,54%), нейтральной или близкой к ней реакцией почвенного раствора (pH 6,8-7,0), повышенным количеством подвижных форм фосфора и калия (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 24-48 и K<sub>2</sub>O 244-259 мг/кг), самой высокой численностью микроорганизмов, трансформирующих соединения азота в почве, фосфатазной и каталазной активностью. Это свидетельствует о благоприятном эколого-агрохимическом состоянии чернозема после длительного (30 лет) периода систематического применения высоких доз минеральных удобрений.

В течение 10-летнего периода отмечена практически равная отзывчивость культур на последствие

## 4. Взаимосвязь численности микроорганизмов, трансформирующих соединения азота почвы, с параметрами плодородия в слое 0-20 см

Независимая переменная (x)	Численность микроорганизмов, тыс. КОЕ/1 г почвы			
	протеолитические (y)		амилолитические (y)	
	коэффициент корреляции (r)	критерий достоверности $t_r$ при $t_{095} = 2,20$	коэффициент корреляции (r)	критерий достоверности $t_r$ при $t_{095} = 2,20$
pH	-0,38	-1,42	-0,39	-1,47
Гумус, %	0,22	0,79	0,13	0,45
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0,38	1,44	0,43	1,64
K <sub>2</sub> O, мг/кг	<b>0,84</b>	<b>5,36</b>	<b>0,83</b>	<b>5,09</b>
Каталаза	<b>0,57</b>	<b>2,41</b>	0,50	2,03
Уреаза	-0,36	-1,33	-0,39	-1,46
Фосфатаза	<b>0,58</b>	<b>2,49</b>	0,51	2,06

5. Среднегодовая продуктивность севооборота (2007-2017 гг.), т/га зерн.ед.

Вариант	Среднегодовая продуктивность	Прирост		Доля удобрений в урожае, %
		т/га	%	
Контроль	2,78			
N <sub>30</sub>	3,16	0,38	13,7	12,0
N <sub>90</sub>	3,37	0,59	21,2	17,5
N <sub>150</sub>	3,47	0,69	24,8	19,9
P <sub>30</sub>	3,32	0,54	19,4	16,3
P <sub>90</sub>	3,38	0,60	21,6	17,8
P <sub>150</sub>	3,51	0,73	26,3	20,8
N <sub>120</sub> P <sub>30</sub> K <sub>120</sub>	3,57	0,79	28,4	22,1
N <sub>120</sub> P <sub>90</sub> K <sub>120</sub>	3,57	0,79	28,4	22,1
N <sub>120</sub> P <sub>150</sub> K <sub>120</sub>	3,67	0,89	32,0	24,3

6. Взаимосвязь среднегодовой продуктивности севооборота со свойствами почвы в последствии длительного применения удобрений

Независимая переменная (x)	Коэффициент корреляции (r)	Критерий достоверности t <sub>r</sub> при t <sub>095</sub> = 2,20	Уравнение регрессии	Критерий существенности F <sub>факт</sub> при F <sub>095</sub> = 8,7
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	0,66	3,04	Y = 29,096 + 0,1384X	9,23
K <sub>2</sub> O, мг/кг	0,67	3,09	Y = 12,754 + 0,0912X	9,56
Каталаза	0,55	2,30	-	5,27
Протеолитические микроорганизмы	0,68	3,18	Y = 32,0574 + 0,0004X	10,12
Амилолитические микроорганизмы	0,67	3,15	Y = 32,0221 + 0,00035X	9,95

как азотного, так и фосфорного удобрений, применяемых в повышенных дозах 90-150 кг/га. Доля остаточного фосфора и иммобилизованного азота удобрений в урожае составила 17,8-20,8 и 17,5-19,9% соответственно. В вариантах последствия азота среднегодовой прирост сбора зерновых единиц был достигнут за счет увеличения активности минерализационных процессов в почве, включая активность почвенных ферментов – уреазы и фосфатазы, и составил 0,38-0,69 т/га к контролю.

В период последствия наибольшую степень влияния на среднегодовую продуктивность севооборота оказало содержание подвижных форм фосфора и калия, а также численность микроорганизмов, участвующих в трансформации азотных соединений почвы. Согласно критериям достоверности на 5% уровне значимости отмеченная взаимосвязь была сильной, положительной и достоверной с коэффициентами корреляции 0,66-0,68. При этом среднегодовая продуктивность, рассчитанная по уравнениям регрессии, имела высокую степень сходимости с ее фактическими значениями (табл. 6). Достоверная взаимосвязь, но уже средней силы, была установлена также и с активностью почвенного фермента каталазы (r = 0,55), снижающего токсическое действие перекиси водорода, выделяемой при дыхании возрастающей биомассой агроценоза.

Таким образом, систематическое применение минеральных удобрений в течение 30 лет оказало существенное влияние на агрохимическое состо-

яние чернозема обыкновенного, что создало оптимальные условия для питания растений в течение 10 лет последствия и обеспечило среднегодовой прирост сбора зерновых единиц. Наиболее высокий прирост продуктивности севооборота получен на вариантах последствия полного минерального удобрения (N<sub>120</sub>P<sub>30-150</sub>K<sub>120</sub>), почва которых характеризовалась лучшими показателями экологического и агрохимического состояния. Продуктивность севооборота находилась в тесной прямой взаимосвязи с содержанием подвижных форм фосфора и калия, численностью микроорганизмов, участвующих в трансформации азотных соединений почвы, и активностью фермента каталазы (r = 0,55-0,68). В последствии полного минерального удобрения отмечена самая высокая численность микроорганизмов, участвующих в трансформации соединений азота в почве, которая превосходила контроль в 9,3-21,7 раза и зависела от содержания подвижного калия в почве (r = 0,83-0,84). Установлена также взаимосвязь численности протеолитической микрофлоры с активностью почвенных ферментов каталазы и фосфатазы (r = 0,57 и r = 0,58). Полученные результаты свидетельствуют о том, что только применение полного минерального удобрения создает наиболее благоприятные почвенные условия для формирования высокой продуктивности сельскохозяйственных культур в период последствия.

## Литература

1. Джанаев З.Г. Агрохимия и биология почв юга России / Под ред. академика РАСХН В.Г. Минеева. – М.: Изд-во МГУ, 2008. – 528 с.
2. Цховребов В.С., Есаулко А.Н., Новиков А.А. Современные проблемы плодородия почв Ставрополя // Агрохимический вестник, 2017, № 4. – С. 3-7.
3. Зинченко М.К., Стоянова Л.Г., Шукин И.М. Количественная оценка микробного сообщества, трансформирующего соединения азота, в агроценозах серой лесной почвы // Достижения науки и техники АПК, 2013, № 4. – С. 17-19.
4. Мерзлая Г.Е. Биологические факторы в системах удобрения // Агрохимия, 2017, № 10. – С. 24-36.
5. Щербаков А.П., Дудкина А.Г., Кузнецова Г.И. Влияние удобрений на биологическую активность выщелоченного чернозема / Проблемы почвоведения, агрохимии и мелиорации почв. – Воронеж: Воронежское отделение ВОП РАН, 1973. – С. 163-171.
6. Петрова Л.Н., Менькина Е.А. Биологическая активность почв на разных таксонах агроландшафта байрачных лесостепей Ставропольской возвышенности / Устойчивость почв к естественным и антропогенным воздействиям Тезисы докладов Всероссийской конференции, посвященной 75-летию Почвенного института им. В.В. Докучаева. – М., 2002. – С. 242-243.
7. Вернадский В.И. Об участии живого вещества в создании почв / Труды по биогеохимии и геохимии почв. – М.: Наука, 1992. – С. 282-301.
8. Петербургский А.В. Корневое питание растений. – М.: Сельхозгиз, 1957. – 161с.
9. Менькина Е.А. Микробиологическая активность чернозема обыкновенного разного сельскохозяйственного назначения // Известия Оренбургского ГАУ, 2017, № 4 (66). – С. 203-206.
10. Минеев В.Г. Развитие фундаментальных исследований по эколого-функциональной роли агрохимии в агроценозе / Развитие почвенно-экологических исследований. – М.: Изд-во МГУ, 1999. – С. 9-20.
11. Методы почвенной микробиологии и биохимии / Под ред. Д.Г. Звягинцева. – М.: Изд-во МГУ, 1991. – 304 с.
12. Хазиев Ф.Х. Ферментативная активность почв / Методическое пособие. – М.: Наука, 1976. – 180 с.
13. Шустикова Е.П., Шаповалова Н.Н. Действие и последствие длительного внесения минеральных удобрений на продуктивность севооборота и баланс макроэлементов на черноземе обыкновенном // Агрохимия, 2015, № 8. – С. 49-56.

УДК 631.416.1(575.1)

DOI 10.24411/0235-2516-2018-10037

## ИЗМЕНЕНИЯ ЗАПАСОВ АЗОТА ПОЧВЫ И ЕГО ФОРМ ПОД ВЛИЯНИЕМ МИНЕРАЛЬНЫХ И ОРГАНИЧЕСКИХ УДОБРЕНИЙ

**А.Ж. Баиров, к.с.-х.н., Х.Т. Нуриддинова, Ш.А. Жураев**

Узбекский НИИ почвоведения и агрохимии, e-mail: [abdunabi52@yandex.com](mailto:abdunabi52@yandex.com),  
[nuriddinova.hurshida@mail.ru](mailto:nuriddinova.hurshida@mail.ru), [shuxrat.jurayev.87@mail.ru](mailto:shuxrat.jurayev.87@mail.ru)

*В коротко ротационном севообороте «хлопчатник – хлопчатник – озимая пшеница» изучено влияние сочетания различных доз органического удобрения (навоз) с минеральными удобрениями на запасы азота и его форм в орошаемом типичном сероземе. Выявлено, что применение только минеральных удобрений приводит к снижению общих запасов азота в почве, хотя наблюдается увеличение запасов минерального и легкогидролизуемого азота, в основном за счет значительного снижения запаса трудногидролизуемого азота. Сочетание навоза 5 т/га с полным минеральным удобрением также не обеспечивает бездефицитного баланса общих запасов азота. При этом запасы минеральной и легкогидролизуемой форм азота увеличиваются в большей мере, чем при внесении только минеральных удобрений, а дефицит трудногидролизуемой и негидролизуемой форм значительно сокращается. Повышение дозы навоза до 10 т/га обеспечивает положительный баланс общих запасов азота, в основном за счет увеличения запасов минеральной и легкогидролизуемой форм. При дальнейшем повышении дозы навоза до 20 т/га достигается положительный баланс общих запасов азота за счет увеличения запасов всех его форм.*

**Ключевые слова:** орошаемый типичный серозем, севооборот, хлопчатник, озимая пшеница, минеральные удобрения, навоз, запасы азота, урожайность.

## CHANGES OF SOILS OF NITROGEN SOIL AND ITS FORMS UNDER INFLUENCE OF MINERAL AND ORGANIC FERTILIZERS

Ph.D. A.J. Bairov, Kh.T. Nuriddinova, Sh.A. Juraev

Uzbekistan Scientific-Research Institute for Soil Science and Agrochemistry,  
e-mail: abdunabi52@yandex.com, nuriddinova.hurshida@mail.ru, shuxrat.jurayev.87@mail.ru

*In a short rotation «cotton – cotton – winter wheat» studied the effect of a combination of different doses of organic fertilizer (manure) with mineral fertilizers on nitrogen stocks and its forms in irrigated typical serozem (gray soil). It was found that the use of only mineral fertilizers leads to a reduction in the total nitrogen storage in the soil, although there is an increase in mineral and readily hydrolyzable nitrogen reserves, mainly due to a significant reduction in the reserves of hardly hydrolyzable nitrogen. The combination of manure 5 t/ha with full mineral fertilizer also does not ensure a non-deficit balance of total nitrogen reserves. At the same time, the reserves of mineral and easily hydrolyzable forms of nitrogen increase more than when only mineral fertilizers are introduced, and the scarcity of hardly hydrolyzable and non-hydrolyzable forms is significantly reduced. Increasing the manure dose to 10 t/ha provides a positive balance of total nitrogen reserves, mainly due to an increase in the reserves of mineral and easily hydrolyzed forms. With a further increase in the manure dose of up to 20 t/ha, a positive balance of total nitrogen reserves is achieved by increasing the reserves of all its forms.*

**Keywords:** irrigated typical serozem (gray soil), crop rotation, cotton, winter wheat, mineral fertilizers, manure, nitrogen reserves, productivity.

В Узбекистане вместо ранее практиковавшихся хлопково-люцерновых севооборотов внедрены коротко ротационные трехпольные севообороты «хлопчатник – хлопчатник – озимая пшеница», что требует уточнения доз применения минеральных и органических удобрений и их соотношений в целях оптимизации питания культур севооборота и сохранения плодородия почвы. В ряде исследований по изучению влияния систем применения удобрений в севооборотах на плодородие почвы отмечается, что минеральные, органоминеральные и органические системы удобрения по-разному влияют на плодородие почв [1-5]. Органические остатки культур, возделываемых в севообороте, полностью не могут компенсировать минерализацию гумуса в почве, и поэтому без дополнительного внесения органических и минеральных удобрений только одно чередование культур не даст ожидаемого эффекта. Одностороннее же применение минеральных систем удобрения приводит к уменьшению содержания общего углерода почвы, органического вещества и снижению ее плодородия, применение же только навоза приводит к сохранению и некоторому накоплению в ней гумуса.

При высокой насыщенности севооборота удобрениями урожайность культур и вынос элементов питания повышается, но баланс элементов питания в почве складывается отрицательно [6]. Наибольшие потери гумуса и общего азота в почве под сельскохозяйственными культурами, наблюдается на фоне внесения низких доз минеральных удобрений, минимальные – на фоне совместного внесения минеральных удобрений и навоза [7]. Органическая и органоминеральная системы стабилизируют и сохра-

няют содержание гумуса в почве [5]. Проблемы оптимизации минерального питания сельскохозяйственных растений путем регулирования азотного режима почв, как за счет агротехнических приемов, так и активного использования органических и минеральных удобрений, биологического азота и других его источников также актуальна [8-12].

**Цель исследования** – изучение влияния различных доз навоза в сочетании с полным минеральным удобрением (NPK) на запасы азота и его форм, урожайность культур в орошаемом типичном сероземе в условиях коротко ротационного севооборота «хлопчатник – хлопчатник – озимая пшеница».

**Объекты и методы исследования.** Исследования проводили в условиях полевого опыта на среднесуглинистом староорошаемом типичном сероземе в коротко ротационном севообороте «хлопчатник – хлопчатник – озимая пшеница», по схеме 2:1. Высевали сорт хлопчатника С-6524 (1-й и 2-й годы) и озимой пшеницы (3-й год) Замин-1. Варианты опыта: 1)  $N_0P_0K_0$ ; 2)  $N_0P_{140}K_{100}$ ; 3)  $N_{200}P_{140}K_{100}$  (для озимой пшеницы  $N_{180}P_{90}K_{60}$ ) – фон; 4) Фон + навоз, 5 т/га; 5) Фон + навоз, 10 т/га; 6) Фон + навоз, 20 т/га. Полуперепревший навоз КРС в дозах 10 и 20 т/га распределяли в севообороте следующим образом: в первый год опыта под хлопчатник – 5 и 10 т/га и третий под озимую пшеницу также 5 и 10 т/га под зябь. Дозу навоза 5 т/га вносили в два приема в период бутонизации первого года возделывания хлопчатника – 2,5 т/га и третий год, в период трубкувания озимой пшеницы 2,5 т/га в сочетании с минеральными удобрениями. В конце вегетации растений отбирали почвенные образцы, в которых определяли общий азот по методу Кьельдаля, азот – по Воробьеву в модификации Шконде и Королевой.

**Баланс запасов общего азота и его форм в староорошаемом типичном сероземе  
в конце ротации севооборота, кг/га**

Вариант	Глубина, см	Азот				
		общий	минеральный	органический		
				легкогидролизуетый	трудногидролизуетый	негидролизуетый
Исходные запасы	0-30	4408,3	138,2	378,6	1173,5	2718,0
	30-50	2556,8	60,1	213,2	616,1	1667,4
	0-50	6965,1	198,3	591,8	1789,6	4385,4
Баланс запаса азота в конце ротации севооборота (±)						
N <sub>0</sub> P <sub>0</sub> K <sub>0</sub>	0-30	-99,8	-35,7	-11,5	-46,5	-6,1
	30-50	-13,6	-0,3	-8,2	-3,5	-1,6
	0-50	-113,4	-36	-19,7	-50	-7,7
P <sub>140</sub> K <sub>100</sub>	0-30	-122,9	-23,8	-20,4	-73,7	-5
	30-50	-13,6	0	-4,4	-1,9	-7,3
	0-50	-136,5	-23,8	-24,8	-75,6	-12,3
N <sub>200</sub> P <sub>140</sub> K <sub>100</sub>	0-30	-53,8	+7,7	+2,3	-58,4	-5,4
	30-50	+8,2	+5,2	+4,9	-1,4	-0,5
	0-50	-45,6	+12,9	+7,2	-59,8	-5,9
N <sub>200</sub> P <sub>140</sub> K <sub>100</sub> + навоз, 5 т/га	0-30	-23	+9,6	0	-27,6	-5
	30-50	+16,3	+10,6	+4,4	+0,8	+0,5
	0-50	-6,7	+20,2	+4,4	-26,8	-4,5
N <sub>200</sub> P <sub>140</sub> K <sub>100</sub> + навоз, 10 т/га	0-30	+19,2	+16,5	+1,9	+0,4	+0,4
	30-50	+19	+10,6	+5,2	+1,4	+1,9
	0-50	+38,2	+27,1	+7,1	+1,8	+2,3
N <sub>200</sub> P <sub>140</sub> K <sub>100</sub> + навоз, 20 т/га	0-30	+53,8	+24,2	+14,6	+3,8	+11,1
	30-50	+27,2	+18,8	+1,6	+4,1	+2,7
	0-50	+81	+43	+16,2	+7,9	+13,8

**Результаты.** Азотный фонд сероземов представлен в основном органическими соединениями (96-97%) [10]. При этом состав азотного фонда сероземов отличается от черноземов. В сероземах в пахотном слое почвы содержание негидролизуетого азота составляет 59-60%, трудногидролизуетого 18-22%, легкогидролизуетого 16-17%, минерального 3-5% [10]. В черноземах его содержание колеблется в пределах 74-80%, трудногидролизуетого 13-17%, легкогидролизуетого 6-8%, минерального 1,1-3,0% [11, 12].

Как видно из вышеприведенных данных, азотный фонд сероземов отличается значительно меньшим содержанием устойчивых к минерализации трудно- и негидролизуетых соединений азота и существенно большим содержанием легкогидролизуетых соединений и минерального азота.

В наших исследованиях применение минеральных удобрений и их сочетание с навозом в коротко ротационном севообороте «хлопчатник – хлопчатник – озимая пшеница» оказало не одинаковое влияние на запасы общего азота в почве. Перед закладкой опыта запасы общего азота в 0-50 см слое почвы составляли 6965,1 кг/га. Применение навоза в дозах 10 и 20 т/га в сочетании с NPK в конце ротации севооборота обеспечивали прирост запасов общего азота в 0-50 см слое почвы, соответственно на 38,2 и 81,0 кг/га по сравнению с исходным. При дозе

навоза 5 т/га в сочетании с NPK баланс азота складывался не большим дефицитом (-6,7 кг/га), тогда как в варианте только минеральных удобрений (NPK) дефицит азота был значительным – 45,6 кг/га (таблица).

Минеральные и органические удобрения влияли и на запасы форм азота в почве. При применении только минеральных удобрений, несмотря на дефицит (-53,8 кг/га) общего азота в пахотном слое, в конце ротации севооборота запасы минерального и легкогидролизуетого азота имели положительный баланс как в пахотном, так и в подпахотном слоях. Трудногидролизуетая и негидролизуетая формы азота имели дефицитный баланс. При этом в 0-50 см слое наибольшая убыль азота (-59,8 кг/га) наблюдалась в трудногидролизуетой форме, причем основная часть его (-58,4 кг/га) приходилась на пахотный слой. В негидролизуетой форме убыль азота была небольшой как в пахотном (-5,4 кг/га), и так в подпахотном (-0,5 кг/га) слоях.

Применение навоза в дозе 5 т/га в период вегетации растений в сочетании с минеральными удобрениями привело к положительному балансу минеральной и легкогидролизуетой форм как в пахотном, так и в подпахотном слоях. При этом трудногидролизуетая и негидролизуетая формы азота в пахотном – небольшое положительное сальдо.

Применение навоза в дозе 10 т/га в сочетании с минеральными удобрениями обеспечивало положи-

тельный баланс общего, минерального и легкогидролизующего азота, а баланс трудногидролизующей и негидролизующей форм азота уравновесился. В этом варианте запасы минерального азота в пахотном и подпахотном слоях увеличились на 16,5 и 10,6 кг/га, легкогидролизующего соответственно на 1,9 и 5,2 кг/га. Запасы трудногидролизующего и негидролизующего азота увеличились лишь на 1,8 и 2,3 кг/га, соответственно.

Применение навоза в дозе 20 т/га в сочетании с минеральными удобрениями привело к положительному балансу общего азота и всех его форм. Наибольшая прибыль запасов азота наблюдалась в минеральной форме азота как в пахотном (24,2 кг/га), так и в подпахотном (18,8 кг/га) слоях. Прибыль легкогидролизующей, трудногидролизующей и негидролизующей форм азота в пахотном слое составила, соответственно 14,6; 3,8 и 11,1 кг/га, а в подпахотном 1,6; 4,1 и 2,7 кг/га. Таким образом, применение навоза в дозе 20 т/га в сочетании с полным минеральным удобрением увеличивало запасы не только минерального и легкогидролизующего азота, но и стойких к гидролизу трудногидролизующей и негидролизующей форм.

*Таким образом, в условиях короткого ротационного севооборота «хлопчатник – хлопчатник – озимая пшеница» на староорошаемых типичных сероземах применение только минеральных удобрений приводит к дефицитному балансу общих запасов азота, при этом запасы минерального и легкогидролизующего азота увеличиваются в основном за счет трудногидролизующей формы, при небольшом снижении запасов негидролизующей. Сочетание навоза 5 т/га с NPK также не обеспечивает бездефицитного баланса общих запасов азота. В то же время способствует сокращению дефицита трудногидролизующей и негидролизующей форм и значительно увеличивает запасы минерального и легкогидролизующего азота. Повышение дозы навоза до 10 т/га на фоне NPK обеспечивает положительный баланс общих запасов азота в основном за счет увеличения запасов минерального и легкогидролизующего азота и небольшой прибыли трудногидролизующей и негидролизующей форм. Дальнейшее повышение дозы навоза до 20 т/га на фоне NPK приводит к положительному балансу как общих запасов азота, так и всех его форм.*

### Литература

1. Сидоренко, В.И., Столяров А.И., Суетов В.П. Влияние удобрений и обработки почвы на свойства выщелоченного чернозема Кубани. Урожай озимой пшеницы и его качество при орошении // Труды КубГАУ, 1994, Вып. 339 (367). – С. 56-68.
2. Носко Б.С., Бабынин В.И., Гладких Е.Ю. Последствие удобрений на физико-химические и агрохимические свойства чернозема типичного // Агрохимия, 2012, № 4. – С. 3-13.
3. Слюсарев В.Н., Онищенко Л.М., Швец Т.В. Характеристика некоторых аспектов плодородия чернозема выщелоченного Западного Предкавказья // Политематический сетевой электронный научный журнал КубГАУ, 2013, № 89. – С. 916-932.
4. Фаизова В.И., Цховребов В.С., Никифорова А.М., Калугин Д.В. Изменение физико-химических показателей чернозема Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании // Агрохимический вестник, 2017, № 4. – С. 17-19.
5. Завьялова Н.Е. Гумусное состояние дерново-подзолистых почв Предуралья при различном землепользовании / Влияние длительного применения удобрений на органическое вещество почв. – М.: ВНИИА, 2010. – С. 120-130.
6. Мязин Н.Г., Брехов П.Т., Луценко Р.Н. Агроэкологический мониторинг при длительном применении агрохимических средств в севообороте лесостепи ЦЧЗ / Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации. Вып. 2. – М.: ВНИИА, 2012. – С. 246-267.
7. Минакова О.А., Громовик А.И., Александрова Л.В. Прогноз азотного и гумусного состояния чернозема, выщелоченного в зерносвекловичном севообороте лесостепи ЦЧР // Сахарная свекла, 2010, № 1. – С. 19-21.
8. Соловиченко В.Д., Самыкин В.Н., Логвинов И.В. Влияние севооборотов, способов обработки почвы и удобрений на плодородие почвы и продуктивность сельскохозяйственных культур / Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации (К 70-летию Геосети); под ред. В.Г. Сычева. – М.: ВНИИА, 2011. – С. 212-221.
9. Завалин А.А., Благовещенская Г.Г., Шмырева Н.Я., Чернова Л.С., Соколов О.А., Алферов А.А., Самойлов Л.Н. Современное состояние проблемы азота в мировом земледелии // Агрохимия, 2015, № 5. – С. 83-95.
10. Рискиева Х.Т. Азот в почвах зоны хлопкосеяния Узбекистана. – Ташкент: Фан, 1989. – 147 с.
11. Новиков А.А. Формирование азотного фонда основных подтипов черноземов юга России // Научный журнал КубГАУ, 2012, № 78(04). – С. 2-11.
12. Щербаков А.П., Рудай И.П. Плодородие почв, круговорот и баланс питательных веществ. – М.: Колос, 1983. – 189 с.

## ДИНАМИКА КИСЛОТНОСТИ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ СУГЛИНИСТОЙ ПОЧВЫ В СЕВООБОРОТЕ С УДОБРЕНИЯМИ НА РАЗНЫХ ФОНАХ

А.Г. Дзюин, к.с.-х.н.

Удмуртский НИИСХ – филиал Удмуртского ФИЦ УрО РАН, e-mail: ugniish@yandex.ru

*Представлены материалы длительных исследований в стационарном опыте на снижение кислотности среднесуглинистой дерново-среднеподзолистой почвы при ежегодном использовании минеральных удобрений. Установлено, что известкование в дозе по 1 Н<sub>2</sub> оказывает сравнительно кратковременное влияние, всего лишь в течение одной ротации восьмипольного севооборота. Повторное известкование в дозе по 2 Н<sub>2</sub> полностью нейтрализовало кислотность почвы и обеспечило длительное (в течение 32 и более лет) ее пребывание в пятой (нейтральной) группе кислотности. Использование навоза под каждую ротацию севооборота в известково-органоминеральной системе удобрений привело к тенденции снижения темпов подкисления почвы.*

**Ключевые слова:** дерново-подзолистая почва, системы удобрений, известь, навоз, кислотность почвы.

### DYNAMICS OF SODDY-PODZOLIC LEGUMINE SOIL ACIDITY IN CROP ROTATION WITH FERTILIZERS AT DIFFERENT BACKGROUNDS

Ph.D. A.G. Dzyuin

Udmurt Scientific Research Institute of Agriculture – branch of Udmurt FRC RAS, e-mail: ugniish@yandex.ru

*Materials of long-term studies in the steady-state experiment on the decrease in the acidity of medium loamy soddy-medium-podzolic soil are presented with an annual use of mineral fertilizers. It was established that liming in a dose of 1 of hydrolytic acidity has a relatively short-term effect, only during one rotation of the eight-field crop rotation. Repeated liming in a dose of 2 of hydrolytic acidity completely neutralized the acidity of the soil and ensured a long (for 32 or more years) its stay in the fifth (neutral) acidity group. The use of manure for each rotation of the crop rotation in the calc-organomineral fertilizer system has led to a trend of decreasing soil acidification rates.*

**Keywords:** soddy-podzolic soil, fertilizer systems, lime, manure, soil acidity.

В обширной зоне распространения дерново-подзолистых почв наиболее отрицательное влияние на рост и развитие растений оказывает кислотность. Несмотря на то, что природа кислотности и способы раскисления почв достаточно хорошо изучены, проблема химической мелиорации кислых почв – одна из самых актуальных в земледелии. В этой связи, особое место в системе земледелия отводится известкованию. По данным исследований А.И. Исупова [1] известкование суглинистых дерново-подзолистых почв снижает все формы кислотности, приводит к увеличению суммы обменных оснований и степени насыщенности их основаниями. Известь нейтрализует различные почвенные кислоты, уменьшает вредное действие подвижного алюминия и марганца, улучшает азотный режим почвы, способствует активизации полезной микрофлоры, ускоряет разложение растительных остатков и образование гумуса [2]. Верхним оптимальным значением рН<sub>KCl</sub> для большинства полевых культур в условиях Удмуртской Республики считается 5,6. В 1970-1980 гг. в результате проведения интенсивной химизации

эта величина была достигнута [3]. Нижняя граница оптимального значения рН<sub>KCl</sub> для севооборота, по нашим данным, составляет 5,2 [4]. На дерново-подзолистых средне-и сильнокислых слабокультурных почвах Европейского Северо-Востока Н.Т. Чеботарев [5] рекомендует вносить известняковую или доломитовую муку 1 раз в 8-10 лет дозой по 1,0 Н<sub>2</sub> и применять полное минеральное удобрение. А.Ю. Карпова [6] считает, что планировать известкование нужно с учетом содержания подвижного алюминия в почве. При величине его содержания более 2,0 мг/100 г почвы вносить известь в дозе, определенной по 0,75-1,0 Н<sub>2</sub>. Вследствие прекращения известкования в 90-е годы XX в. с рубежа 2000 г. в Республике наблюдается устойчивое подкисление почв, что приведет к ухудшению фосфатного режима, ослаблению процессов накопления доступного азота в почвах и другим негативным процессам [3].

**Цель исследований** – изучить влияние систем удобрений (минеральной, органоминеральной, известково-минеральной, известково-органоминеральной) на изменение физико-химических свойств

дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы в длительном стационарном опыте.

**Материал и методы исследований.** Стационарный опыт заложен в 1971-1972 гг. с чередованием культур в севообороте: пар черный – озимая рожь – картофель в 1-3 ротациях и кукуруза в 4-5 ротациях – яровая пшеница с подсевом клевера – клевер 1 г.п. – клевер 2 г.п. – озимая рожь – ячмень. Опыт состоит из двух факторов. Фактор А – фоны с внесением извести и навоза: 1 – навоз внесли 40 т/га в 1-й ротации севооборота (0); 2 – известь внесли в паровом поле 1-й ротации по 1 Н<sub>г</sub> и 2-й по 2Н<sub>г</sub> (И); 3 – навоз внесли 40 т/га в 1-й ротации и по 60 т/га во 2, 3, 4, 5 ротациях (Н); 4 – известь + навоз внесли так же как в предыдущих фонах (ИН). Фактор В – минеральные удобрения. В 1-й ротации севооборота средняя доза удобрений под культуру составила N<sub>64</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub>, во 2-й – N<sub>92</sub>P<sub>86</sub>K<sub>77</sub>, в 3-й – N<sub>56</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub> и N<sub>77</sub>P<sub>86</sub>K<sub>77</sub>, в 4-й – N<sub>30</sub>P<sub>28</sub>K<sub>17</sub>, N<sub>47</sub>P<sub>46</sub>K<sub>46</sub>, N<sub>64</sub>P<sub>63</sub>K<sub>74</sub>, N<sub>81</sub>P<sub>80</sub>K<sub>102</sub>, в 5-й – NPK по 10, 20, 40, 50, 60 кг д.в./га. На клевере удобрения не вносили. Солому озимой ржи заделывали в почву. Повторность опыта – четырехкратная. Агрохимические показатели почвы до закладки опыта: рН<sub>KCl</sub> 5,0, Н<sub>г</sub> 2,7, S 14,8 ммоль/100 г почвы, V 84,6%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 52 мг/кг, K<sub>2</sub>O 98 мг/кг почвы, гумус 2,5%.

**Результаты исследований и их обсуждение.** На нулевом фоне от действия удобрений после каждой ротации севооборота отмечалось повышение обменной и гидролитической кислотности почвы (табл. 1). Так, исходный показатель обменной кислотности, находящейся в среднекислой группе, перешел в четвертой ротации севооборота в сильнокислую группу. В пятой ее значение вернулось к уровню второй, что объясняется влиянием применения низких доз удобрений по сравнению с предыдущими ротациями. Со-

ответственно увеличилась гидролитическая кислотность от 2,73 до 4,60 Н<sub>г</sub> в четвертой ротации, пятой ее значение также уравнилось со второй (Н<sub>г</sub> – 4).

Внесение извести по 1 Н<sub>г</sub> в качестве фона при использовании минеральных удобрений слабо повлияло на изменение физико-химических показателей почвы. Была заметна лишь тенденция их изменения. К концу ротации севооборота, через восемь лет, обменная кислотность вернулась в исходное состояние, а сдвиг гидролитической кислотности в сторону подкисления по сравнению начальной был более значимым. Заметного влияния навоза как фона в отдельности и в сочетании с известью на кислотность почвы в первой и второй ротациях севооборота не наблюдалось. В дальнейшем, несмотря на использование навоза под каждую ротацию, значение обменной кислотности в третьей и четвертой ротациях также не изменялось по сравнению с первой. И лишь в пятой ротации наблюдалась тенденция снижения кислотности, что было связано с внесением низких доз минеральных удобрений. При всем этом во 2, 3, 4 и 5 ротациях гидролитическая кислотность была выше, чем в первой ротации. Незначительные изменения были адекватны изменениям обменной кислотности. С третьей ротации севооборота отмечалось заметное повышение суммы поглощенных оснований, тогда как со второй – снижение степени насыщенности почвы основаниями. Таким образом, применение навоза под каждую ротацию севооборота не привело к снижению кислотности почвы.

Повторное известкование в начале второй ротации севооборота в дозе 7,5 т/га СаСО<sub>3</sub> снизило кислотность почвы до нейтрального значения. К концу пятой ротации севооборота отмечалось некоторое снижение показателя нейтральной реакции, но лишь в пределах этой группы. Соответствующим образом

**1. Изменения показателей физико-химических свойств почвы за период прохождения пяти ротаций севооборота в зависимости от фонов (среднее по двум закладкам опыта)**

Ротация	рН <sub>KCl</sub>				Н <sub>г</sub> , ммоль/100 г почвы				S, ммоль/100 г почвы				V, %			
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
I	4,8	5,0	4,8	5,0	2,73	2,65	2,78	2,56	12,6	12,7	12,7	13,0	83	83	82	83
II	4,7	6,8	4,9	6,6	4,00	0,82	3,93	0,96	12,5	26,0	12,3	25,6	76	97	76	96
III	4,6	6,6	4,8	6,6	3,89	0,83	3,87	1,00	12,1	21,7	13,0	24,7	76	97	77	96
IV	4,4	6,4	4,8	6,3	4,60	1,00	3,88	1,33	12,5	23,8	14,5	23,6	73	94	78	94
V	4,7	6,2	5,0	6,1	4,00	1,30	3,60	1,60	11,1	18,5	13,9	19,2	74	93	79	92
Среднее	4,64	6,20	4,86	6,12	3,84	1,32	3,61	1,49	12,2	20,5	13,3	21,2	76,4	92,8	78,4	92,2

Примечание. Фоны: 1 – Нулевой (без извести и навоза); 2 – Известь; 3 – Навоз; 4 – Известь + навоз.

**2. Влияние систем удобрений на продуктивность севооборота, т зерн.ед/га**

Ротация	0 + NPK	Известь + NPK	Навоз + NPK	Известь + навоз + NPK
Исходная продуктивность в среднем за 1968-1971 гг. – 1,98 т зерн.ед/га				
I	3,05	2,92	3,05	3,00
II	3,07	3,00	3,22	3,13
III	3,02	2,99	3,59	3,83
IV	3,26	3,33	3,73	3,85
V	2,53	2,49	2,78	2,87
Средняя	2,99	2,95	3,27	3,34

## 3. Урожайность культур в 5-й ротации севооборота, т зерн.ед/га

Система удобрения	рН <sub>ксл</sub>	Урожайность							
		Озимая рожь	Кукуруза	Яровая пшеница	Клевер 1 г.п.	Клевер 2 г.п.	Озимая рожь	Ячмень	Среднее
0 + NPK	4,7	2,90	2,18	2,25	2,47	2,63	2,64	2,35	2,49
Известь <sup>2</sup> + NPK	6,2	2,82	2,15	2,28	2,74	2,58	2,58	2,27	2,49
Навоз <sup>5</sup> + NPK	5,0	2,86	3,21	2,74	2,75	2,61	3,36	1,69	2,74
И <sup>2</sup> Н <sup>5</sup> + NPK	6,1	2,88	2,92	2,80	2,96	2,87	3,14	2,54	2,87
Среднее	5,5	2,86	2,62	2,52	2,73	2,67	2,93	2,21	2,65
НСР <sub>05</sub>	0,18	0,07	0,16	0,08	0,08	0,18	0,14	0,11	0,08

изменялись значения гидролитической кислотности, суммы обменных оснований и степени насыщенности почвы основаниями. Увеличение гидролитической кислотности было заметно лишь к концу четвертой ротации севооборота. Внесение навоза под каждую ротацию севооборота и ежегодное применение минеральных удобрений на известкованном фоне привело к тенденции подкисления почвы по сравнению с известкованным фоном без навоза.

Минеральная система удобрения (0 + NPK) в среднем за пять ротаций повысила продуктивность севооборота в 1,5 раза по сравнению с продуктивностью за четыре года до закладки опыта (табл. 2). На известково-минеральной системе удобрения отмечено практически такое же повышение продуктивности севооборота, как и на минеральной. Соответственно более высокая продуктивность получена от применения органоминеральной и известково-органоминеральной систем удобрений, причем наиболее высокая – в третьей и четвертой ротациях. В первой ротации все сравниваемые системы были равноценны, поскольку влияние известки в дозе по 1 Н<sub>2</sub> было слабым. Со второй ротации периодическое применение навоза обеспечивало закономерное повышение продуктивности севооборота. Со снижением уровня применения минеральных удобрений в пятой ротации снизилась продуктивность севооборота адекватно изучаемым системам.

Из выращиваемых культур озимая рожь менее чувствительна к кислотности почвы. В пятой ротации в зависимости от реакции почвы ее урожайность практически не изменялась. Однако при нейтральной реакции почвы на известково-минеральной системе удобрения отмечено существенное снижение урожайности по отношению к минеральной системе со

среднекислой реакцией почвы (табл. 3). Такая тенденция сохранилась и при размещении ржи шестой культурой в севообороте. С использованием навоза в системе отрицательное влияние нейтральной реакции в почве на урожайность ржи уменьшилось. На других культурах изменения урожайности были обусловлены состоянием общего плодородия почвы.

*Таким образом, минеральная система удобрения в восьмипольном севообороте привела к подкислению почвы. Известкование в дозе по 1 Н<sub>2</sub> оказало недостаточное влияние на снижение кислотности почвы. Двукратное известкование почвы в сумме по 3 Н<sub>2</sub> по мере прохождения пяти ротаций севооборота обеспечило длительное пребывание почвы в группе нейтральной степени кислотности. Использование навоза в качестве фона в первой ротации севооборота не оказало влияния на ее кислотность. При внесении его под каждую ротацию на известкованном фоне выявлена тенденция медленного подкисления почвы.*

*Системы удобрений на почве с исходной среднекислой реакцией значительно повышали продуктивность севооборота: известково-органоминеральная – в 1,7, органоминеральная – 1,6, минеральная и известково-минеральная – 1,5 раза. Озимая рожь на изменения реакции почвы в зависимости от систем удобрений не реагировала, однако нейтральная реакция приводила к тенденции снижения ее урожайности. Урожайность яровой пшеницы, кукурузы, ячменя, клевера, а также и озимой ржи в основном находилась в зависимости от мероприятий, направленных на повышение уровня плодородия почвы.*

## Литература

1. Исупов А.И. Оценка действия известковых мелиорантов на агрохимические свойства дерново-подзолистых среднесуглинистых почв и урожайность полевых культур: автореф. дисс. к.с.-х.н. – Пермь, 2007. – 20 с.
2. Зезин Н.Н., Постников П.А., Огородников Л.П. и др. Адаптивное земледелие на Среднем Урале: состояние, проблемы и пути их решения. – Екатеринбург: Уральский НИИСХ, 2010. – 338 с.
3. Безносков А.И. Известкование почв Удмуртии: монография. – Ижевск: Ижевская ГСХА, 2005. – 68 с.
4. Дзюин Г.П. Подвижный алюминий и продуктивность севооборота / Тезисы докладов VIII Всероссийского съезда почвоведов: Агрохимия и плодородие почв. Кн. 3, IV комиссия. – Новосибирск: Наука-Центр, 1989. – С. 219.
5. Чеботарев Н.Т. Удобрения и нетрадиционное агрохимическое сырье как факторы повышения продуктивности агроценозов Европейского Северо-Востока: автореф. дисс. д.с.-х.н. – М., 2007. – 43 с.
6. Карпова А.Ю. Влияние систем удобрения на содержание подвижного алюминия в дерново-подзолистых почвах и продуктивность полевых культур в Вятско-Камской провинции: автореф. дисс. к.с.-х.н. – Тюмень, 2013. – 17 с.

## ОЦЕНКА ПОЧВ РАЗЛИЧНОЙ ОКУЛЬТУРЕННОСТИ ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ САХАРНОЙ СВЕКЛЫ

**И.В. Ильюшенко, к.б.н., С.А. Шафран, д.с.-х.н.**

*ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова, e-mail: ili.ari@yandex.ru*

*Рассмотрен вопрос по изучению эффективности применения минеральных удобрений под сахарную свеклу на основе данных полевых опытов агрохимической службы. Результаты исследований показали, что действие азотных удобрений зависит от содержания доступных форм азота и подвижного фосфора в почве, фосфорных – от степени обеспеченности  $P_2O_5$ , калийных – только от доз калия. При расчете баланса было установлено, что на низкоокультуренных почвах дефицит элементов питания менее выражен по сравнению с высокоокультуренными и, следовательно, уровень их деградации при недостаточном количестве применения удобрений будет проявляться более отчетливо. В почвах с низкой обеспеченностью подвижным фосфором при внесении фосфорных удобрений в дозе 60 кг/га происходит постепенное увеличение доступного содержания фосфора, а на высокообеспеченных будет способствовать сохранению содержания фосфатов на прежнем уровне.*

**Ключевые слова:** черноземные почвы, агрохимические показатели, минеральные удобрения, азот, подвижный фосфор, сахарная свекла, урожайность.

### ESTIMATION OF SOILS OF DIFFERENT COMPLETENESS IN SUGAR BEET CULTIVATION

**Ph.D. I.V. Ilyushenko, Dr.Sci. S.A. Schafran**

*All-Russian Scientific Research Institute for Agrochemistry named after D.N. Pryanishnikov, e-mail: ili.ari@yandex.ru*

*The issue of studying the effectiveness of the application of mineral fertilizers for sugar beet is considered on the basis of field experience of the agrochemical service. The results of the research showed that the effect of nitrogen fertilizers depends mainly on the content of available forms of nitrogen and mobile phosphorus in the soil, phosphorus – on the degree of  $P_2O_5$ , potassium – only on potassium doses. When calculating the balance, it was found that on low-cultivated soils the deficit of nutrients is less pronounced compared to highly cultivated soils and, consequently, the level of their degradation with insufficient application of fertilizers will be more pronounced. In soils with low availability of mobile phosphorus when phosphorus fertilizers are introduced in a dose of 60 kg/ha, a gradual increase in the available phosphorus content occurs, and on high-income phosphorus, it will help to maintain the phosphate content at the same level.*

**Keywords:** chernozem soils, agrochemical indicators, mineral fertilizers, nitrogen, mobile phosphorus, sugar beet, yield.

По данным демографов в 2015 г. численность населения в мире составила 6,4 млрд. человек, а к 2050 г. на планете будет насчитываться более 9 млрд. человек. При этом площадь пашни на душу населения снизится до 0,07 га, что диктует необходимость постоянно повышать плодородие почв [1]. Для сохранения и повышения плодородия почв важное значение имеет применение удобрений. Ежегодно в Российской Федерации производится 20-21 млн. т минеральных удобрений, из которых на территории России применяется только 3 млн. т, а остальное идет на экспорт [2]. Наибольшее количество минеральных удобрений вносят под сахарную свеклу, среднем по России на каждый гектар посевной площади применяется в несколько раз больше удобрений, чем под другие культуры. В 2011-2015

гг. было внесено NPK 224 кг/га, тогда как под зерновые культуры – только 27 кг/га [3]. Кроме того, сахарная свекла по своим биологическим свойствам более отзывчива на применение удобрений по сравнению с другими культурами, что способствует повышению урожайности и выноса питательных веществ из почвы и более интенсивному отчуждению из нее элементов питания из почвы [4, 5].

В связи с этим представляет интерес изучение вопросов прихода и расхода питательных веществ в агроценозах, где возделывают сахарную свеклу. Это позволяет оценить баланс питательных веществ при различных дозах внесения удобрений и различных уровнях содержания основных элементов питания в почве.

**Цель исследования** – изучение баланса азота, фосфора и калия при внесении различных доз удобрений под сахарную свеклу на выщелоченных черноземах различной степени окультуренности по агрохимическим показателям.

**Объекты и методы исследования.** Научной основой для исследований были результаты полевых опытов агрохимической службы, в которых изучали эффективность азотных, фосфорных и калийных удобрений под сахарную свеклу на выщелоченных черноземах Центрального Федерального округа. В выборки включали варианты, где схемой опыта предусматривалось вычленение действия азотных удобрений на фоне РК, фосфорных на фоне НК и калийных на фоне NP. Для выявления действия азотных удобрений на прибавку урожая и урожайность выбирали опыты, в которых кроме традиционных агрохимических показателей определяли содержание легкогидролизуемого азота по Корнфилду. Обработку данных проводили с помощью метода математического моделирования.

**Результаты и их обсуждение.** Статистическая обработка данных показала, что агрохимические свойства почв весьма существенно влияли на урожайность сахарной свеклы. Содержание азота значимо коррелировало с величиной урожайности, корреляционное отношение равнялось 0,32 и было на уровне (0,001%). Степень обеспеченности почв подвижным фосфором оказывала заметное влияние на урожайность. Эта связь находилась в криволинейной зависимости, корреляционное отношение при этом составило 0,38 при 0,001%-ном уровне значимости. Содержание подвижного калия практически не влияло на урожайность сахарной свеклы. В данном случае связь носила линейный характер, поскольку критерий криволинейности отвергается из-за того, что  $F_t > F_f$ . Коэффициент корреляции 0,2

свидетельствует о слабой зависимости, что подтверждается низким коэффициентом детерминации.

Следовательно, значимыми факторами, влияющими на урожайность сахарной свеклы, были содержание азота и подвижного фосфора. Поэтому в модели эффективности азотных удобрений урожайности включены именно эти показатели, по которым приведены дальнейшие расчеты.

Данные таблицы 1 показывают, что с увеличением содержания легкогидролизуемого азота в почвах возрастала урожайность сахарной свеклы, а прибавка урожая наоборот снижалась. Прирост урожайности при этом составил 34%, а снижение урожайности 56%. Окупаемость азотных удобрений также заметно уменьшалась при улучшении степени обеспеченности почв азотом.

Достоверно значимые связи выявлены между содержанием подвижного фосфора в почвах ( $\eta = 0,32$ ), дозами фосфорных удобрений ( $\eta = 0,52$ ) и прибавкой урожая сахарной свеклы. При увеличении содержания подвижного фосфора в почве от низкого до высокого и очень высокого содержания урожайность возрастала на 47%, а прибавка урожая снижалась на 25% (табл. 2). Реакция почвенной среды, содержание гумуса, доступных форм азота и подвижного калия в почве не влияли на величину прибавки урожая сахарной свеклы от фосфорных удобрений.

Прирост урожая от внесения калия в зависимости от дозы составил 36-44 ц/га, что значительно больше по сравнению с азотными и фосфорными удобрениями (табл. 3).

Из рассмотренных результатов исследований следует, что на урожайность сахарной свеклы и эффективность применения под нее минеральных удобрений оказывает влияние нескольких факторов. Действие азотных удобрений зависит в основном от содержания доступных форм азота и подвижного

### 1. Эффективность азотных удобрений под сахарную свеклу на черноземах выщелоченных Центрального федерального округа

Содержание азота по Корнфилду, мг/кг	Урожай без удобрений, ц/га	Прибавка урожая, ц/га				
		дозы удобрений, кг/га				
		60	90	120	150	180
<100	175	14	25	31	35	37
101-150	194	11	23	29	32	35
151-200	220	10	22	28	31	33
> 200	234	9	21	27	30	33

### 2. Эффективность фосфорных удобрений под сахарную свеклу на черноземах выщелоченных

Содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг	Урожай без удобрений, ц/га	Прибавка урожая, ц/га				
		дозы удобрений, кг/га				
		60	90	120	150	180
< 50	152	20	26	28	30	31
51-100	176	17	23	25	27	28
101-150	209	16	21	24	26	27
151-200	203	15	21	23	25	26
> 200	223	15	20	23	25	26

**3. Эффективность калийных удобрений под сахарную свеклу на черноземах выщелоченных**

Дозы калия, кг/га	Прибавка урожая, ц/га	Окупаемость калия прибавкой урожая, кг/кг
60	36	60
90	40	44
120	42	35
150	43	29
180	44	24

фосфора в почве, фосфорных – от степени обеспеченности  $P_2O_5$ , калийных – только от доз калия. Вместе с тем отмечено, что при этом сохраняется потребность в совместном внесении азотных, фосфорных и калийных удобрений, несмотря на то, что в одних случаях изученные факторы оказывают положительные, а в других – противоположное влияние на эффективность минеральных удобрений. Кроме того, при оценке роли агрохимических показателей плодородия почв в продукционных процессах необходим учет их взаимного влияния, поскольку каждое поле характеризуется индивидуальными свойствами перечисленных показателей.

Результаты статистической обработки показали, что агрохимические свойства почв значительно влияли на урожайность сахарной свеклы. Теснота связи между содержанием азота характеризовалась для метода Корнфилда коэффициентом корреляции 0,37, а между содержанием  $P_2O_5$  корреляционным отношением 0,38 при уровнях значимости 0,001. Содержание подвижного калия практически не влияло на урожайность сахарной свеклы, коэффициент корреляции при этом составлял 0,2. Поэтому в модели урожайности были включены только данные по содержанию легкогидролизуемого азота и подвиж-

ного фосфора. Урожайность сахарной свеклы в зависимости от указанных агрохимических свойств варьировала в широких пределах. Разница между самым низким и самым высоким содержанием питательных веществ составляла двукратную величину, как в варианте без удобрений, так и с их внесением (табл. 4). Эффективность NPK-удобрений также возрастала по мере увеличения содержания питательных веществ в почве. Рост урожайности влечет за собой увеличение выноса питательных веществ и создает угрозу истощения черноземных элементами питания [6]. Для того, чтобы оценить влияние доз удобрений и роль агрохимических свойств почв на изменение содержания питательных веществ в почвах определен баланс азота, фосфора и калия по обобщенным данным многочисленных полевых опытов (табл. 4). Установлено, что без внесения удобрений на выщелоченных черноземах можно получить урожайность сахарной свеклы более 300 ц/га только при высокой степени их обеспеченности легкогидролизуемым азотом и подвижным фосфором. Вынос в этом случае составит: азот 137 кг/га, фосфор 41 и калий 170 кг/га, что в 2 раза больше по сравнению с низкообеспеченными почвами азотом и фосфором (табл. 5).

**4. Влияние содержания щелочногидролизуемого азота и подвижного фосфора на урожайность и эффективность применения минеральных удобрений под сахарную свеклу, ц/га**

Содержание азота (по Корнфилду), мг/кг	Содержание подвижного фосфора, мг/кг				
	< 50	51-100	101-150	151-200	> 200
Без удобрений					
< 100	143	178	196	204	226
101-150	146	198	218	228	252
151-200	192	224	245	257	283
> 200	206	240	263	277	305
$N_{90}P_{90}K_{90}$					
< 100	209	262	288	300	332
101-150	250	291	320	335	370
151-200	282	329	361	378	416
> 200	303	352	387	407	448
Прибавка урожая от удобрений					
< 100	66	89	92	96	106
101-150	104	93	102	107	118
151-200	90	105	116	121	133
> 200	97	112	124	136	143
Окупаемость удобрений прибавкой урожая, кг/кг					
< 100	24	33	34	36	39
101-150	39	34	38	40	44
151-200	33	39	43	45	49
> 200	36	42	46	50	53

### 5. Баланс питательных веществ при возделывании сахарной свеклы на черноземах выщелоченных, кг/га

Содержание легкогидролизуемого азота, мг/кг	Вариант					
	без удобрений		N <sub>90</sub> P <sub>90</sub> K <sub>90</sub>		N <sub>90</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	
	содержание P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг					
	≤ 50	> 200	≤ 50	> 200	≤ 50	> 200
Азот						
< 100	-64	-101	-4	-59	-1	-56
101-150	-65	-113	-22	-76	-19	-74
151-200	-86	-127	-36	-96	-34	-94
> 200	-92	-137	-46	-111	-43	-108
Фосфор						
< 100	-19	-30	61	46	33	16
101-150	-20	-34	57	40	27	11
151-200	-26	-38	52	34	23	5
> 200	-28	-41	49	30	20	1
Калий						
< 100	-84	-133	-33	-105	-29	-102
101-150	-86	-143	-57	-128	-53	-125
151-200	-113	-166	-76	-155	-72	-152
> 200	-121	-170	-88	-173	-85	-170

Применение минеральных удобрений способствовало не только повышению урожайности сахарной свеклы, но и в значительной степени улучшало соотношение между выносом элементов питания урожаем и поступлением их в почву. В первую очередь это относится к фосфору, поскольку выносятся его гораздо меньше по сравнению с азотом и калием. Баланс азота несколько увеличивался в вариантах с внесением N<sub>90</sub>, но все-таки вынос урожаем намного превышал его поступление в почву. При увеличении содержания легкогидролизуемого азота и подвижного фосфора дефицит азота возрастал. На почвах с низкой степенью обеспеченности этими питательными веществами дефицит азота составлял 4 кг/га, при высокой 111 кг/га. Баланс фосфора складывался положительно, т.е. доза P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> превышала его вынос из почвы как при внесении 90 кг/га, так и при дозе 60 кг/га, что позволит существенно сэкономить на применении дорогостоящих фосфорных удобрений и будет способствовать сохранению и, постепенному увеличению содержания подвижного фос-

фора в почвах с низкой обеспеченностью P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>. Вынос калия сахарной свеклой во всех вариантах превышал дозу его внесения. В зависимости от агрохимических свойств почв дефицит калия колебался от 33 до 173 кг/га. Такой дефицит калия может быть оправданным с экономической и экологической точки зрения до определенного предела. Дальнейшее увеличение дисбаланса калия рано или поздно повлияет на снижение урожайности и качества продукции [7].

*Таким образом, баланс питательных веществ при возделывании сахарной свеклы на черноземах выщелоченных зависит от степени их окультуренности по агрохимическим показателям. На низкоокультуренных почвах дефицит элементов питания менее выражен по сравнению с высокоокультуренными и, следовательно, степень их деградации при недостаточном применении удобрений будет проявляться более отчетливо. Это необходимо учитывать при разработке системы удобрений.*

#### Литература

1. Сычев В.Г. От главного редактора // Плодородие, 2018, № 1. – С. 2-3.
2. Сычев В.Г., Милащенко Н.З., Шафран С.А. Агрохимические аспекты получения высококачественного зерна в России // Плодородие, 2018, № 1. – С. 18-19.
3. Шафран С.А., Ильющенко И.В., Козеичева Е.С. Влияние агрохимических свойств почв на окупаемость минеральных удобрений прибавкой урожая сахарной свеклы // Плодородие, 2018, № 2. – С. 1-3.
4. Мельников В.В., Никитин В.В., Вовк А.М. Оптимизация питательного режима сахарной свеклы и озимой пшеницы в условиях Белгородской области // Агрохимический вестник, 2017, № 1. – С. 31-33.
5. Косякин П.А., Боронтов О.К., Манаенков Е.Н. Агроэкологическая оценка плодородия чернозема выщелоченного при различных системах обработки и удобрений в зернопаропропашном севообороте ЦЧР // Сахарная свекла, 2018, № 5. – С. 24-28.
6. Фаизова В.И., Цховребов В.С., Никифорова А.М., Калугин Д.В. Изменение физико-химических показателей черноземов Центрального Предкавказья при сельскохозяйственном использовании // Агрохимический вестник, 2017, № 4. – С. 17-19.
7. Прокошев В.В., Дерюгин И.П. Калий и калийные удобрения. – М.: «Ледум», 2000. – 185 с.

## ИЗМЕНЕНИЕ ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ ПОД ДЕЙСТВИЕМ КОМПЛЕКСНОГО ПРИМЕНЕНИЯ УДОБРЕНИЙ В УСЛОВИЯХ РЕСПУБЛИКИ КОМИ

<sup>1</sup>Н.Т. Чеботарев, д.с.-х.н., <sup>1</sup>А.А. Юдин, к.э.н., <sup>1</sup>П.И. Конкин, <sup>2</sup>А.В. Облизов, к.э.н.

<sup>1</sup>НИИСХ Республики Коми, e-mail: audin@rambler.ru

<sup>2</sup>Коми республиканская академия государственной службы и управления, e-mail: oblizov\_a@mail.ru

*В кормовом шестипольном севообороте на дерново-подзолистой почве (по два поля картофеля, многолетних и однолетних трав) применяли органические удобрения в форме торфонавозного компоста (ТНК) и минеральные удобрения, рассчитанные на планируемый урожай трав (15 т/га зеленой массы) и картофеля (15 т/га клубней). Установлено, что при использовании органической системы удобрений содержание гумуса повысилось на 0,7-0,9%, органоминеральной – на 0,3-0,5%, вместе с тем применение минеральных удобрений способствовало снижению органического вещества на 0,1-0,2%. В почве повысилась кислотность и снизилось количество калия в связи с высоким выносом и вымыванием кальция и калия. Наиболее оптимальным соотношением удобрений была доза ТНК 80 т/га и полная доза НРК. При таком количестве органических и минеральных удобрений получена наибольшая урожайность сельскохозяйственных культур (картофель – 21,4 т/га клубней, многолетние травы 6,6 т/га с.в. и однолетние – 4,4 т/га с.в.). Содержание крахмала в клубнях картофеля повышалось до 13,0-13,6% (в контроле – 11,6%), количество нитратного азота не превышало ПДК.*

**Ключевые слова:** дерново-подзолистая почва, система удобрения, урожайность, картофель, однолетние, многолетние травы, Республика Коми.

## CHANGES IN SODDY-PODZOLIC SOIL FERTILITY UNDER INFLUENCE OF COMPLEX APPLICATION OF FERTILIZERS IN THE REPUBLIC OF KOMI

<sup>1</sup>Dr.Sci. N.T. Chebotarev, <sup>1</sup>Ph.D. A.A. Yudin, <sup>1</sup>P.I. Konkin, <sup>2</sup>Ph.D. A.V. Oblizov

<sup>1</sup>Scientific-Research Institution for agriculture of the Republic of Komi, e-mail: audin@rambler.ru

<sup>2</sup>The Republic of Komi Academy of State Service and Management, e-mail: oblizov\_a@mail.ru

*Organic fertilizers in the form of peat-manure compost (TNK) and mineral fertilizers designed for the planned crop of herbs (15 t/ha of green mass) and potatoes (15 t/ha of tubers) were used in the fodder six-field crop rotation on soddy-podzolic soil (two fields of potatoes, perennial and annual grasses). It is established that at use of organic system of fertilizers the humus content increased on 0.7-0.9%, organomineral – 0.3-0.5%, at the same time application of mineral fertilizers promoted decrease in organic substance on 0.1-0.2%. Increased soil acidity and decreased potassium in the soil due to the high removal and leaching of calcium and potassium. It was found that the most optimal fertilizer ratio is TNK 80 t/ha and the total dose of NQF. With such an amount of organic and mineral fertilizers, the highest yield of agricultural crops (potatoes – 21.4 t/ha of tubers, perennial grasses 6.6 t/ha of SV and annual – 4.4 t/ha of SV) was obtained. The starch content in potato tubers increased to 13.0-13.6% (in control – 11.6%), the amount of nitrate nitrogen did not exceed MPC; the content and collection of crude protein in annual and perennial grasses increased. The positive effect of organic and mineral fertilizers on the amount of organic matter and nutrients in the soil.*

**Keywords:** soddy-podzolic soil, fertilizers system, potato, annual, perennial grasses, the Republic of Komi.

Повышение продуктивности агроценозов Севера невозможно без совершенствования технологий расширенного воспроизводства плодородия почв [1-3]. В почвенном покрове Республики Коми преобладают подзолистые и дерново-подзолистые почвы, которые характеризуются очень низким естественным плодородием, поэтому для его воспроизводства

и повышения продуктивности сельскохозяйственных культур необходимо применять органические и минеральные удобрения [4, 5]. Ресурсы органических удобрений в связи со сложной ситуацией в животноводстве крайне истощены [6], а минеральные удобрения очень дорогие. Для задачи поддержания плодородия почв необходимо расширить посевы бо-

бово-злаковых травосмесей, особенно клеверотимофеечной смеси, как наиболее доступного и низкозатратного способа [7].

**Цель исследований** – установить эффективность влияния органических и минеральных удобрений, а также их комплексное использование на плодородие дерново-подзолистой почвы и урожайность сельскохозяйственных культур в кормовом севообороте.

**Объекты и методы.** Исследования по использованию различных систем удобрений в кормовом севообороте проводили в 1978-2016 гг. на дерново-подзолистой легкосуглинистой среднекультуренной почве. Агрохимические показатели почвы и схема опыта приведены в таблице 1. Кормовой севооборот имел следующее чередование культур: картофель, викоовсяная смесь с подсевом многолетних трав, многолетние травы 1 г.п., многолетние травы 2 г.п., викоовсяная смесь, картофель. Органические удобрения в виде торфомазочного компоста (ТМК) вносили 2 раза за ротацию севооборота, под картофель. Средние агрохимические показатели ТМК: рН<sub>KCl</sub> 7,2-7,6; сухое вещество 24-30%; зольность 20-24%; содержание общего азота 0,52-0,60%; общего фосфора 0,50-0,56%; общего калия 0,42-0,59%. Для восполнения выноса элементов питания сельскохозяйственными культурами ежегодные дозы минеральных удобрений составили: под картофель – N<sub>60</sub>P<sub>30</sub>K<sub>180</sub>, викоовсяную смесь – N<sub>40</sub>P<sub>32</sub>K<sub>116</sub>, многолетние травосмеси – N<sub>40</sub>P<sub>32</sub>K<sub>108</sub>. В опыте использовали также пониженные дозы NPK (1/2 и 1/3 от полной дозы). Планируемая урожайность зеленой массы трав – 15,0 т/га, клубней картофеля – 15 т/га.

**Результаты исследований.** При использовании ТМК содержание гумуса в почве увеличивалось на 0,7-0,9%, при совместном применении с минеральными удобрениями – на 0,2-0,9% по сравнению с исходным количеством. При внесении одних минеральных удобрений (во всех дозах) содержание гумуса в почве снизилось до 2,2-2,4%, что на 0,1-0,2%

ниже, чем в начале испытаний. Это указывает на то, что минерализация гумуса опережала его гумификацию из-за недостаточных объемов поступления в почву органического вещества в виде торфомазочного компоста и пожнивно-корневых остатков возделываемых культур (табл. 1).

Важный положительный результат наших исследований – сохранение исходного содержания гумуса (2,1%) в варианте без удобрений и получение достаточно высокой средней урожайности (2,7 т/га сухого вещества) кормовых культур вследствие поступления в почву значительного объема растительных остатков, в первую очередь многолетних трав, их гумификации и минерализации под воздействием микроорганизмов. Во всех вариантах опыта повысилась обменная и гидролитическая кислотность почвы, что можно объяснить недостаточным поступлением в нее кальция и магния. Обменная кислотность в большей степени возросла в вариантах с минеральными удобрениями (на 1,0-1,2 ед. рН), незначительно – при внесении органических (на 0,6-0,9 ед. рН) и совместно обоих видов удобрений (на 0,5 ед. рН), особенно в высоких дозах ТМК и NPK. Подобная закономерность отмечена по гидролитической кислотности. В варианте без удобрений обменная кислотность увеличилась на 1,4 ед. рН, гидролитическая – на 2,3 ммоль/100 г почвы.

В вариантах ТМК и NPK, а также при совместном их применении содержание подвижных форм фосфора повысилось на 10-30 мг/кг за счет минерализации органического удобрения, пожнивно-корневых остатков культур, а также неполного использования растениями фосфора из удобрений на холодных почвах Севера [3]. Минерализация органического вещества растительных остатков и ТМК под действием микроорганизмов проходила более интенсивно, так как внесенный минеральный азот служил питательной средой для их различных групп, что позволило ускорить переход элементов питания в

**1. Агрохимические свойства дерново-подзолистой почвы в слое 0-20 см при длительном внесении удобрений**

Вариант	Гумус по Гюрину, %		рН <sub>KCl</sub>		Н <sub>г</sub>		S		P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		K <sub>2</sub> O	
					ммоль/100 г почвы				мг/кг почвы			
	1978 г.	2016 г.	1978 г.	2016 г.	1978 г.	2016 г.	1978 г.	2016 г.	1978 г.	2016 г.	1978 г.	2016 г.
1. Контроль	2,1	2,1	5,5	4,1	3,1	5,4	10,3	10,5	223	165	146	86
2. 1/3 NPK	2,3	2,2	5,6	4,4	3,7	5,1	13,6	11,2	193	215	148	106
3. 1/2 NPK	2,5	2,3	5,6	4,5	3,4	5,1	16,8	11,6	187	217	152	115
4. NPK	2,5	2,4	5,4	4,4	3,4	5,3	14,8	12,5	201	235	156	126
5. ТМК, 40 т/га – Ф 1	2,5	3,2	5,2	4,5	3,7	4,8	15,3	12,8	211	217	148	111
6. Фон 1 + 1/3 NPK	2,4	2,6	5,3	4,4	3,7	5,0	13,9	12,3	212	234	162	118
7. Фон 1 + 1/2 NPK	2,4	2,8	5,2	4,5	3,4	5,1	14,6	12,7	246	262	178	126
8. Фон 1 + NPK	2,1	3,0	4,8	4,2	4,2	4,9	13,3	11,8	184	214	181	132
9. ТМК, 80 т/га – Ф 2	2,4	3,3	5,3	4,7	3,8	4,6	15,5	10,9	201	212	170	128
10. Фон 2 + 1/3 NPK	2,0	2,4	5,1	4,6	3,9	4,8	11,7	11,8	180	206	173	140
11. Фон 2 + 1/2 NPK	2,6	2,8	5,2	4,7	4,4	5,3	13,0	12,4	240	274	185	158
12. Фон 2 + NPK	2,3	2,6	5,3	4,8	3,6	4,7	13,2	12,2	227	289	190	178
НСР <sub>05</sub>	0,24	0,27	0,47	0,46	0,31	0,49	1,45	1,25	20,4	26,2	15,8	14,6

**2. Урожайность культур в кормовом севообороте (среднее за 2005-2016 гг.)**

Вариант	Картофель		Многолетние травы		Однолетние травы	
	урожайность клубней, т/га	прибавка, %	урожайность с.м., т/га	прибавка, %	урожайность с.м., т/га	прибавка, %
1	9,3	-	3,0	-	3,1	-
2	10,8	16,1	4,4	46,7	3,4	9,6
3	12	29,0	4,9	63,3	3,7	19,3
4	13,7	47,3	5,7	90,0	4,0	29,0
5	13,2	41,9	3,7	23,3	3,5	12,9
6	14,4	54,8	4,8	60,0	3,7	19,3
7	16,2	74,1	5,6	86,7	3,9	25,8
8	16,6	78,4	6,2	106,6	4,3	38,7
9	16,9	81,7	4,1	36,6	3,8	22,5
10	18,6	100,0	5,2	73,3	4,1	32,2
11	20,2	117,2	5,8	91,4	4,3	38,7
12	21,4	130,1	6,6	120,0	4,4	41,9
НСР <sub>05</sub>	1,6	-	0,49	-	0,42	-

доступную для растений форму [8-12]. Количество обменного калия снизилось во всех вариантах, о чем свидетельствует его высокий вынос урожаем культур севооборота, но в большей степени без применения удобрений.

Внесение ТНК и минеральных удобрений способствовало повышению урожайности сельскохозяйственных культур (табл. 2). Так, в среднем за две ротации севооборота урожайность клубней картофеля была выше, чем в контроле на 16-130%. При увеличении доз минеральных удобрений с 1/3 НРК до полной дозы НРК прибавка к контролю возросла с 16,1 до 47,3%, при увеличении дозы ТНК с 40 до 80 т/га – с 41,9 до 81,7%. Наибольшая (18,6-21,4 т/га) продуктивность

*Работа представлена в рамках программы УрО РАН № 18-8-49-17 «Продуктивность сельскохозяйственных культур с особенностями трансформации и стабилизации почвенного органического вещества в пахотных угодьях Европейского Северо-Востока (на примере средней тайги Республики Коми)».*

**Литература**

1. Чеботарев И.Т. Об эффективности использования удобрений при возделывании кормовых культур в условиях Республики Коми // Кормопроизводство, 2012, № 8. – С. 32-33.
2. Заболоцкая Т.Г., Юдинцева И.И., Кононенко А.В. Северный подзол и удобрения. – Л.: Наука, 1978. – 94 с.
3. Журбицкий З.И. Влияние внешних условий на минеральное питание растений // Агрохимия, 1965, № 3. – С. 65-75.
4. Чеботарев Н.Т., Юдин А.А., Конкин П.И., Облизов А.В. Эффективность применения органических и минеральных удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве Севера // Российская сельскохозяйственная наука, 2017, № 1. – С. 29-33.
5. Чеботарев Н.Т., Юдин А.А., Облизов А.В. Влияние длительного применения минеральных удобрений и извести на плодородие и продуктивность дерново-подзолистой почвы в среднетаежной зоне Евро-Северо-Востока // Пермский аграрный вестник, 2017, № 2. – С. 80-86.
6. Косолапов В.М. Роль кормопроизводства в обеспечении продовольственной безопасности России // Адаптивное кормопроизводство, 2010, № 1. – С. 16-19.
7. Шпаков А. С. Многолетние травы в кормовых севооборотах // Кормопроизводство, 1997, № 12. – С. 9-11.
8. Лапа В.В., Ивахненко Н.Н. Продуктивность севооборотов и изменение плодородия дерново-подзолистой супесчаной почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия, 2012, № 9. – С. 41-48.
9. Босак В.Н. Плодородие и продуктивность дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы при длительном применении удобрений // Агрохимия, 2012, № 9. – С. 14-20.
10. Новоселов С.И., Горохов С.А. и др. Действие и последствие органических удобрений в севообороте // Агрохимия, 2013, № 8. – С. 30-37.
11. Чухина О.В., Жуков Ю.П. Плодородие дерново-подзолистой почвы и продуктивность культур в севообороте при применении различных доз удобрений // Агрохимия, 2013, № 11. – С. 10-18.
12. Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П. и др. Эффективность длительного применения органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве // Агрохимия, 2012, № 2. – С. 37-46.

картофеля получена при совместном внесении органических и минеральных удобрений, что на 100,0-130,1% выше, чем в контроле. Содержание крахмала в клубнях повысилось до 13,0-13,6%, а количество нитратов не превышало ПДК.

Урожайность однолетних трав при внесении одних минеральных удобрений и 2 доз ТНК была выше, чем в контроле на 10-29 и 13-22% и существенно (на 39-42%) возросла при совместном применении органических и минеральных удобрений, особенно в полной дозе. Минеральные удобрения для подкормки многолетних трав увеличили их урожайность на 47-120% по сравнению с контролем.

*Таким образом, в кормовом севообороте на дерново-подзолистой среднеоккультуренной почве эффективно совместное применение торфонавозного компоста (80 т/га 2 раза за 6 лет) и ежегодное внесение минеральных удобрений, в дозах, рассчитанных по выносу НРК планируемым урожаем культур. При таком способе внесения удобрений значительно повышается плодородие почвы, продуктивность и качество возделываемых культур. Данные наших опытов по влиянию систем удобрений на плодородие почв Республики Коми согласуются с результатами многих исследований.*

## ВЛИЯНИЕ РЕСУРСОСБЕРЕГАЮЩЕЙ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ПОЧВЫ НА АГРОХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ВЫЩЕЛОЧЕННОГО ЧЕРНОЗЕМА ПРИ ВОЗДЕЛЫВАНИИ КУКУРУЗЫ

**И.А. Яппаров, д.б.н., М.М. Ильясов, к.с.-х.н., Р.Р. Газизов, к.с.-х.н., Р.И. Бектимиров**  
Татарский НИИАХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН,  
e-mail: niiaxp2@mail.ru

*Приведены результаты по изучению ресурсосберегающей основной обработки почвы под кукурузу на зеленую массу и применению системы удобрений с целью сохранения плодородия земель и разработки приемов повышения урожайности. Установлено, что ярусная вспашка в сочетании с последующей мелкой обработкой улучшала агрохимические свойства черноземной почвы, устойчиво повышала урожайность и качество кукурузы на зеленый корм по сравнению с традиционной ежегодной отвальной вспашкой, особенно при органоминеральной системе удобрений.*

**Ключевые слова:** ресурсосбережение, основная обработка почвы, органоминеральная система удобрений, кукуруза, агрохимические показатели почвы, химический состав зеленой массы, урожайность.

## INFLUENCE OF RESOURCE-SAVING MAIN SOIL TREATMENT ON AGROCHEMICAL PROPERTIES OF LEACHED CHERNOZEM AT CORN CULTIVATION

**Dr.Sci. I.A. Yapparov, Ph.D. M.M. Ilyasov, Ph.D. R.R. Gazizov, R.I. Bektimirov**  
Tatar SRIAC SS – Subdivision of FIC Kazan SC of RAS, e-mail: niiaxp2@mail.ru

*The results on the study of resource-saving basic soil cultivation under maize for green mass and the application of the fertilizer system with the aim of preserving soil fertility and developing techniques for increasing yields are presented. It was established that longline plowing combined with subsequent fine processing improved the agrochemical properties of chernozem soil, steadily increased the yield and quality of maize for green fodder in comparison with the traditional annual dumping of plowing, especially with the organomineral fertilizer system.*

**Keywords:** resource-saving, basic soil cultivation, organomineral fertilizer system, corn, agrochemical soil parameters, chemical composition of green mass, yield.

Анализ исследований по установлению эффективности ресурсосберегающей основной обработки почвы показывает перспективность этого направления [1-3]. Зарубежный и отечественный опыт позволяет уже сравнительно четко сформулировать основные требования к почвам, на которых возможна и целесообразна минимизация обработки с учетом механического состава, устойчивости к уплотнению, мощности корнеобитаемого слоя, дренированности и обеспеченности питательными веществами по профилю, а также с учетом биологических требований различных сельскохозяйственных культур, на что указывают многие исследователи [4-6].

**Цель исследований** – установить оптимальную глубину и строение пахотного слоя, обеспечивающие воспроизводство элементов плодородия и благоприятные условия минерального питания растений.

**Методика.** Полевые исследования проводили в

Буинском районе Республики Татарстан (РТ) в условиях стационарного опыта. Почва – тяжелосуглинистый выщелоченный чернозем. Исходные показатели почвы (2011 г.): гумус 5,9%, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> 111 мг/кг почвы, K<sub>2</sub>O 127 мг/кг почвы, гидролитическая кислотность 3,4 мг-экв/100 г почвы, рН<sub>KCl</sub> 5,4, сумма поглощенных оснований 42,4 мг-экв/100 г почвы.

Стационарный полевой опыт заложен в 2011 г. на чистом пару, где изучали различные системы основной обработки почвы на двух фонах удобрений – минеральная система удобрений (МСУ) и органоминеральная система удобрений (ОМСУ). Варианты опыта: ежегодная отвальная вспашка (вспашка) – контроль; отвальная вспашка, безотвальное рыхление на 32 см, ярусная вспашка, рыхление на 40 см – с последующей мелкой обработкой (МО) в течении севооборота.

В 2015 г. в севообороте высевали кукурузу на зеленую массу, сорт РОСС-20. Агротехника возделывания

вания культуры общепринятая для данной зоны. Кукуруза предъявляет высокие требования к наличию легко усвояемых форм питательных веществ в почве. На протяжении вегетационного периода потребление элементов питания растениями кукурузы происходит неравномерно. Наибольшее их количество (около 70%) усваивается на протяжении относительно короткого периода – 10-15 дней до и 25-30 дней после выметывания метелки. Фосфорно-калийные и часть азотных удобрений вносили под основную обработку почвы.

Подсчет норм минеральных удобрений для фона, компенсирующих вынос питательных элементов, производили расчетно-балансовым методом под запланированную урожайность зеленой массы кукурузы 4,0 т/га – при МСУ N<sub>43</sub>P<sub>45</sub>K<sub>35</sub>. Органические удобрения, в виде навоза КРС в ОМСУ вносили в дозе 60 т/га перед основной обработкой почвы в паровом поле, компенсирующая доза минеральных удобрений 2015 г. составила N<sub>27</sub>P<sub>25</sub>K<sub>20</sub>.

Содержание гумуса в опытах зависело от способов основной обработки почвы (табл. 1). Повышенное содержание (более 6%) при минеральной системе удобрений наблюдалось по варианту с ярусной обработкой – 6,2% (МСУ). Органоминеральный фон удобрений повысил количество гумуса до 6,4-6,7%.

Агрохимические анализы показали слабокислую реакцию почвенной среды – 5,2-5,4 единиц рН. Гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований в пахотном слое резко не менялись, фоны удобрений и способы обработки почвы не существенно влияли на эти показатели.

Содержание нитратного азота в опытах колебалось в зависимости от способов обработки почвы, фона удобрений и слоев почвы. Отмечена тенденция уменьшения нитратного азота в более глубоких слоях (30-40 см) по всем вариантам независимо от фонов удобрений. По обоим фонам удобрений он был выше по ярусной обработке при МСУ – 3,0 мг/кг почвы и

при ОМСУ 3,9. Органоминеральная система повысила содержание в почве нитратного и аммиачного азота в целом, но отмеченная тенденция сохранилась.

Потребность фосфора ощущается с первых этапов жизни растений. В молодом возрасте (от 4 до 10 недель) требуется большое количество фосфатов, однако растения кукурузы плохо усваивают данные вещества из-за слаборазвитой корневой системы. Последствия недостатка фосфора в ранние периоды обычно компенсируется в более поздние сроки, что наблюдалось в наших исследованиях. По вариантам опыта, наиболее лучшая обеспеченность фосфорного режима наблюдалось по ярусной и чизельной обработке – 114 и 112 мг/кг почвы при минеральной системе удобрений, по контрольному варианту – 110 мг/кг почвы. ОМСУ показала аналогичные изменения, но при более высоком его содержании по всем вариантам опыта.

Калийный режим почвы по вариантам подвергался таким же колебаниям, как и фосфатный, но разброс был значителен. Органоминеральная система удобрений способствовала улучшению общего содержания обменного калия, сравнительно увеличивая его при ярусной вспашке. Меньше его наблюдалось по вспашке с мелкой обработкой – 108 мг/кг почвы при МСУ и 130 мг/кг почвы при ОМСУ по сравнению с другими вариантами опыта (122-129 при МСУ, 132-136 мг/кг при ОМСУ).

Технология возделывания кукурузы предусматривает не только обеспечение значительного роста урожайности культуры, но и максимальный сбор питательных веществ с единицы площади, получение высокоэнергетических кормов. Все агротехнические меры, применяемые при возделывании кукурузы на зеленый корм, должны быть направлены на повышение содержания сухого вещества, сахара, макро- и микроэлементов, а также на увеличение доли початков в общем урожае. По мере образования початков и налива зерна в растениях кукурузы

### 1. Влияние различных систем обработки почвы и удобрений на агрохимические показатели почвы в слое 0-40 см

Вариант	Гумус, %	Кислотность почвенной среды, рН	Гидролитическая кислотность	Поглощенных оснований	Нитратный азот	Подвижный фосфор	Обменный калий
			мг-экв/100 г				
Минеральная система удобрений							
Вспашка (контроль)	6,0	5,3	3,6	41,3	2,5	110	125
Вспашка + МО	6,1	5,2	4,3	39,0	2,1	109	108
Рыхление 32 см + МО	6,0	5,4	3,8	40,4	2,4	107	122
Ярусная вспашка + МО	6,2	5,3	3,3	42,1	3,0	114	129
Рыхление 40 см + МО	6,0	6,2	3,3	41,2	2,8	112	127
Органоминеральная система удобрений							
Вспашка (контроль)	6,5	5,2	3,2	41,6	3,1	112	132
Вспашка + МО	6,4	5,3	3,9	41,2	3,3	113	130
Рыхление 32 см + МО	6,5	5,3	3,8	41,4	3,4	114	133
Ярусная вспашка + МО	6,7	5,3	3,1	42,5	3,9	119	136
Рыхление 40 см + МО	6,5	5,3	3,2	42,1	3,2	115	133

Примечание: МО – мелкая обработка почвы на 10-12 см.

## 2. Химический состав зеленой массы кукурузы в зависимости от систем обработки почвы, % абсолютно-сухого вещества

Вариант	Абсолютно-сухое вещество	Сахара	N <sub>общ.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Минеральная система удобрений					
Вспашка (контроль)	91,8	9,0	0,48	0,50	1,20
Вспашка + МО	86,8	5,9	0,50	0,55	1,06
Рыхление 32 см + МО	93,1	8,3	0,44	0,55	1,14
Ярусная вспашка + МО	90,9	11,3	0,66	0,57	1,55
Рыхление 40 см + МО	91,5	10,7	0,53	0,45	1,12
Органоминеральная система удобрений					
Вспашка (контроль)	91,6	10,5	0,80	0,50	1,33
Вспашка + МО	92,7	9,3	0,59	0,32	0,98
Рыхление 32 см + МО	92,4	9,7	0,60	0,33	0,86
Ярусная вспашка + МО	92,1	12,2	1,51	0,59	1,67
Рыхление 40 см + МО	91,6	11,4	0,89	0,52	1,49

## 3. Влияние систем основной обработки и удобрений на урожайность зеленой массы кукурузы, т/га

Вариант	Урожайность	Прибавка
Минеральная система удобрений		
Вспашка (контроль)	1,96	-
Вспашка + МО	1,72	-0,24
Рыхление 32 см + МО	1,86	-0,10
Ярусная вспашка + МО	2,31	+0,35
Рыхление 40 см + МО	2,18	+0,22
НСР <sub>095</sub>	0,16	
Органоминеральная система удобрений		
Вспашка (контроль)	2,15	-
Вспашка + МО	2,10	-0,5
Рыхление 32 см + МО	2,08	-0,7
Ярусная вспашка + МО	2,48	+0,33
Рыхление 40 см + МО	2,36	+0,21
НСР <sub>095</sub>	0,19	

увеличилось содержание сухого вещества, повысился комплекс полезных элементов (табл. 2). При силосовании кукурузы в фазе молочно-восковой и восковой спелости зерна значительно сокращаются потери сухого вещества.

Анализ содержания в растениях кукурузы полезных элементов показал, что абсолютно сухое вещество по вариантам опыта было в одинаковых пределах по фонам удобрений – 90,9-93,1%, ниже всех по отвальной вспашке с последующей мелкой обработкой на фоне с МСУ – 86,8%. Содержание сахаров на фоне с МСУ было выше по двухъярусной вспашке (11,3%). По другим вариантам этот показатель колебался в пределах 5,9-10,7%. Такая же закономерность прослеживалась по органоминеральной системе удобрений.

На содержание макроэлементов в растениях (N<sub>общ.</sub>, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, K<sub>2</sub>O) повлияло в основном применение фона ОМСУ, так как органоминеральная система повышала качество корма по всем изучаемым системам обработки почвы. Наиболее качественная зеленая масса в отношении химических элементов получена при посеве по двухъярусной вспашке по обоим

фонам удобрений. Урожайность зеленой массы кукурузы зависела от систем основной обработки почвы и удобрений (табл. 3).

Следует отметить, что из-за неблагоприятных погодных условий в виде засухи урожайность кукурузы уменьшилась и оказалась значительно ниже планируемой. Выход зеленой массы по МСУ был сравнительно высокий в варианте с ярусной вспашкой – 2,31 т/га, что на 0,35 т/га выше ежегодной отвальной вспашки, при рыхлении на 40 см выше на 0,22 т/га. Органоминеральная система удобрений повысила урожайность по вариантам на 0,17-0,38 т/га, лучшим вариантом в этом отношении была ярусная вспашка (0,33 т/га прибавки к контролю). Двухъярусная вспашка в сочетании с мелкой обработкой даже в неблагоприятных погодных условиях для роста и развития растений устойчиво повышает урожайность зеленой массы кукурузы, особенно при органоминеральной системе удобрений.

*Таким образом, исследования показали хорошую отзывчивость кукурузы к минимизации основной обработки почвы в севообороте, особенно по вспашке двухъярусным плугом с последующей мелкой обработкой.*

### Литература

1. Фетисов Е.П., Сдобников С.С. Минимально-ярусная система обработки почвы // Земледелие, 1989, № 10. – С. 14-15.
2. Хабибрахманов Х.Х. Дифференцировать осеннюю обработку почвы // Земледелие, 1988, № 11. – С. 52-54.
3. Коломинец Н.В., Драган Н.И. Реакция полевых культур на дифференциацию пахотного слоя // Земледелие, 1988, № 8. – С. 27-28.
4. Ильясов М.М., Яппаров А.Х. Влияние минимизации основной обработки почвы на физико-химические свойства выщелоченного чернозема // Агрехимический вестник, 2015, № 6. – С. 2-5.
5. Орлов Д.С. Проблемы контроля и улучшения гумусного состояния почв // Научные доклады Высшей школы, 1981, № 2. – С. 9-20.
6. Яппаров А.Х., Ильясов М.М., Дегтярева И.А. Приемы окультуривания выщелоченного чернозема при ресурсосберегающей основной обработке // Агрехимический вестник, 2010, № 5. – С. 62-64.

## ВЛИЯНИЕ СИСТЕМ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ СВЕТЛО-СЕРОЙ ЛЕСНОЙ ПОЧВЫ И УДОБРЕНИЙ НА ЕЕ АГРОХИМИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ В ЗВЕНЕ ЗЕРНОВОГО СЕВООБОРОТА НИЖЕГОРОДСКОЙ ОБЛАСТИ

Ю.А. Богомолова, к.с.-х.н., А.П. Саков, к.с.-х.н., А.В. Ивенин, к.с.-х.н.

Нижегородский НИИСХ – филиал ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока, e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

Показано влияние различных ресурсосберегающих систем обработки и удобрений на агрохимические свойства светло-серой лесной почвы в звене зернового севооборота горчица; озимая пшеница; соя. Применение традиционной, поверхностной, минимальной и нулевой технологий на светло-серой лесной почве в системе ротации звена зернового севооборота горчица-озимая пшеница-соя обеспечивают рост обменной кислотности с 5,6 до 5,9 ед. рН, снижение гидролитической кислотности с 2,80 до 1,65 мг-экв/100 г почвы, увеличение суммы обменных оснований с 11,5 до 13,3 мг-экв/100 г почвы. Заделки растительных остатков (солома + пожнивно-корневые остатки) недостаточно для поддержания бездефицитного баланса гумуса в рамках трехлетней ротации звена зернового севооборота (дефицит составляет 0,06-0,18%). Нулевая обработка почвы обеспечивает больший прирост подвижного фосфора по сравнению традиционной вспашкой на 29 мг/кг. Традиционная вспашка и нулевая технология на фоне применения минеральных и органических удобрений совместно с аммиачной селитрой (10 кг на 1 т соломы) обеспечивают увеличения содержания обменного калия. Применение минеральных и биоудобрений способствует увеличению урожайности горчицы и сои относительно неудобранных вариантов при всех системах обработки почвы. Биопрепарат Стимикс®Нива не оказал существенного влияния на формирования и налив зерна озимой пшеницы по всем изучаемым вариантам систем обработки почвы.

**Ключевые слова:** зерновой севооборот, система обработки почвы, биопрепарат, минеральные удобрения, агрохимические свойства почвы, урожайность, Нижегородская область.

## INFLUENCE OF MAIN SOIL TREATMENT SYSTEMS FOR LIGHT-GREY FOREST SOIL AND FERTILIZERS ON AGROCHEMICAL PARAMETERS IN UNIT OF CROP ROTATION IN NIZHNIY NOVGOROD REGION

Ph.D. Yu.A. Bogomolova, Ph.D. A.P. Sakov, Ph.D. A.V. Ivenin

Nizhniy Novgorod Scientific-Research Institute for Agriculture –

Branch of North-Eastern Federal Agrarian Scientific Center, e-mail: a.v.ivenin@mail.ru

The influence of various resource-saving processing systems and fertilizers on the agrochemical properties of light-gray forest soil in the grain crop rotation line of mustard is shown; winter wheat; soybeans. The use of traditional, superficial, minimal and zero technologies on light gray forest soils in the rotation system of cereal crop rotation mustard-winter wheat provides an increase in the exchange acidity from 5.6 to 5.9 units. pH, decrease in hydrolytic acidity from 2.80 to 1.65 meq/100 g of soil, an increase in the amount of exchange bases from 11.5 to 13.3 meq/100 g of soil. Crops of plant residues (straw + stubble and root residues) mustard white, winter wheat and soybean are not sufficient to maintain a non-deficit balance of humus within the three-year rotation of grain crop rotation (the deficit is 0.06-0.18%). Zero soil cultivation provides a greater increase in mobile phosphorus compared to traditional plowing by 29 mg/kg. Traditional plowing and zero technology on the background of the use of mineral and organic fertilizers together with ammonium nitrate (10 kg per 1 ton of straw) provide an increase in the content of exchangeable potassium. The use of mineral and biofertilizers promotes an increase in the yield of mustard and soybeans relative to the unfertilized variants in all methods of soil cultivation. The StiMiX®Niva biopreparation had no significant effect on the formation and filling of winter wheat grains on all studied options for soil treatment systems.

**Keywords:** cereal crop rotation, soil cultivation system, biological preparation, mineral fertilizers, field experience, agrochemical properties of soil, productivity, Nizhniy Novgorod region.

В процессе сельскохозяйственной деятельности для обеспечения плодородия почвы необходимо воздействовать на ее агрохимические свойства. Поэтому одна из главных задач современного земледелия заключается в создании наилучших условий для роста и развития сельскохозяйственных культур.

Это даст нам возможность обеспечить более стабильное производство по годам. А это возможно при внедрении ресурсосберегающих технологий производства, при сочетании внесения научно обоснованных доз минеральных и органических удобрений [1-5]. Но внесение «органики» в настоящее время требует большого количества материально-технических затрат, которых не так много в современной России. Поэтому применение в качестве органического удобрения измельченной, в процессе уборки зерновых культур, соломы приобретает актуальное значение. При разложении соломы в почве, под воздействием почвенной биоты, идут два основных процесса трансформации органического вещества – минерализация и гумификация. В среднем из поступившего в почву свежего органического вещества до конечного продукта минерализуется 80-90% и лишь 10-20% участвуют в синтезе гумусовых веществ [6, 7].

**Цель работы** – изучение влияния различных ресурсосберегающих систем обработки и удобрений на агрохимические свойства светло-серой лесной почвы в звене зернового севооборота.

**Объект и методы.** Полевой опыт по изучению ресурсосберегающих систем обработки почвы под посевы сельскохозяйственных культур в зерновом севообороте заложен в 2014 г. на поле отдела земледелия и кормопроизводства ФГБНУ «Нижегородский НИИСХ». Почва опытного участка светло-серая лесная, среднесуглинистая по гранулометрическому составу,  $pH_{KCl}$  5,6, содержание гумуса 1,5%, подвижного фосфора 253 мг/кг, обменного калия 140 мг/кг, гидролитическая кислотность 2,8 мг-экв/100 г почвы, сумма обменных оснований 11,5 мг-экв/100 г почвы. Повторность четырехкратная, общая площадь делянки 192 м<sup>2</sup>, учетная 132 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов систематическое. Использовали сельскохозяйственную технику ПН-3-35, культиватор КБМ-4,2 НУС (Ярославич), стерновой культиватор Pottinger, дисковую борону ХМ 44660 NOTHAD, сеялку Sunflower 9421-20 (No-till). Уборка проведена сплошным способом комбайном с измельчителем соломы Сампо-1500.

Звено зернового севооборота включало следующие культуры: горчица на зерно; озимая пшеница на зерно; соя на зерно. Все растительные остатки после уборки сельскохозяйственных культур оставлены в поле. Минеральные удобрения вносили общим фоном под предпосевную культивацию в дозе (NPK)<sub>60</sub> кг/га д.в. Аммиачную селитру и биопрепарат внесли поверхностно сразу после уборки возделываемых культур

и обработки почвы микробиологическим препаратом серии Стимикс®Нива. Он содержит в своем составе высокоактивные штаммы молочнокислых, азотфиксирующих, фосфатмобилизирующих, фотосинтезирующих и целлюлозолитических и лигнолитических микробов, антагонисты патогенных грибов и бактерий в оптимальных соотношениях, что способствует обогащению почвы агрономически ценными микроорганизмами.

Схема опыта состояла из 5 систем обработки почвы (*фактор А*):

I. Традиционная отвальная обработка (контроль) включала зяблевую вспашку ПН-3-35 на 20-22 см; ранневесеннее боронование; культивацию на глубину 10-12 см; предпосевную обработку на глубину заделки семян и сев.

II. Безотвальная «глубокая» обработка состояла из зяблевой вспашки ПН-3-35 (без отвалов) на 20-22 см, ранневесеннего боронования; культивации на глубину 10-12 см; предпосевной обработки на глубину заделки семян и сев.

III. Безотвальная «мелкая» обработка включала обработку стерновым культиватором Pottinger на глубину 14-16 см; ранневесеннее боронование; культивацию на глубину 10-12 см; предпосевную обработку на глубину заделки семян и сев.

IV. Минимальная обработка состояла из послеуборочную обработку почвы дисковой бороней ХМ 44660 NOTHAD на глубину 10-12 см; ранневесеннего боронования; предпосевной обработки на глубину заделки семян и сев.

V. Нулевая обработка (No-till) включала сев с прикапыванием односеционной сеялкой Sunflower 9421-20;

По каждой системе обработки почвы изучали влияние минеральных удобрений на разложение растительных остатков (*фактор В*) по следующей схеме: 1. Солома (контроль); 2. Солома + N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> (фон); 3. Фон + N (аммиачная селитра, 10 кг/т соломы); 4. Фон + биопрепарат Стимикс®Нива, 2 л/га; 5. Биопрепарат Стимикс®Нива, 2 л/га.

**Результаты и обсуждение.** Перед закладкой опыта в 2014 г. почва опытного участка была известкована из расчета 1,0 гидролитической кислотности. Первой культурой в зерновом севообороте стала горчица белая на семена. Все растительные остатки после уборки горчицы белой были оставлены на поле. Больше всего с биомассой горчицы в почву поступило калия (47,2 кг/га), что обусловлено ее биологическими особенностями. Валовое содержание азота составило 21,6 кг/га, а фосфора 10,4 кг/га. Перед севом озимой пшеницы осенью 2014 г. были отобраны почвенные образцы из слоя 0-20 и 20-40 см для определения агрохимических показателей (табл. 1).

Установлено, что светло-серая лесная среднесуглинистая почва обладает слабкокислой и близкой к нейтральной реакцией почвенной среды (рН 5,4-5,8),

### 1. Агрохимическая характеристика светло-серой лесной почвы на момент закладки опыта осенью 2014 г.

Слой почвы, см	рН <sub>KCl</sub>	мг-экв/100 г почвы			V, %	Гумус, %	мг/кг	
		N <sub>T</sub>	S	ЕКО			P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Традиционная								
0-20	5,6	2,8	11,6	14,4	80,6	1,52	239	140
20-40	5,7	2,8	11,6	14,4	80,6	1,46	232	148
Безотвальная «глубокая»								
0-20	5,6	3,0	11,7	14,7	79,6	1,42	247	146
20-40	5,5	2,9	11,0	12,9	85,3	1,46	241	145
Безотвальная «мелкая»								
0-20	5,4	3,3	11,3	14,6	77,4	1,63	242	138
20-40	5,4	3,0	11,0	14,0	78,6	1,51	223	135
Минимальная								
0-20	5,8	2,3	10,9	13,2	82,6	1,68	248	140
20-40	5,7	2,4	12,6	15,0	84,0	1,53	242	138
Нулевая								
0-20	5,7	2,5	12,0	14,5	82,8	1,44	266	134
20-40	5,7	2,5	12,1	14,6	82,9	1,51	254	125

### 2. Изменение агрохимических свойств светло-серой лесной почвы (0-20 см) под влиянием систем обработок и удобрений после уборки озимой пшеницы осенью 2015 г.

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)					Среднее по фактору А	НСП <sub>05</sub> (фактор А)
	1	2	3	4	5		
рН <sub>KCl</sub>							
Традиционная	6,2	5,4	5,7	5,6	5,3	5,6	0,2
Безотвальная «глубокая»	6,2	5,9	5,7	5,9	5,5	5,8	
Безотвальная «мелкая»	6,0	6,0	5,7	6,0	5,7	5,9	
Минимальная	6,0	6,1	5,7	6,1	6,2	6,0	
Нулевая	6,2	6,2	6,2	6,0	6,3	6,2	
Среднее по фактору В	6,1	5,9	5,8	5,9	5,8	5,9	
НСП <sub>05</sub> (фактор В)	0,2						0,4
Гидролитическая кислотность (Н <sub>T</sub> ), мг-экв/100 г							
Традиционная	1,11	2,16	1,76	1,77	2,36	1,83	0,22
Безотвальная «глубокая»	1,32	1,78	2,07	1,67	2,10	1,79	
Безотвальная «мелкая»	1,51	1,84	2,03	1,62	1,97	1,79	
Минимальная	1,43	1,15	1,88	1,40	1,19	1,41	
Нулевая	1,43	1,24	1,37	1,80	1,23	1,41	
Среднее по фактору В	1,36	1,63	1,82	1,65	1,77	1,65	
НСП <sub>05</sub> (фактор В)	0,22						0,48
Сумма обменных оснований (S), мг-экв/100 г							
Традиционная	15,4	11,4	12,2	11,3	10,6	12,2	0,6
Безотвальная «глубокая»	17,3	13,6	11,5	11,6	10,5	12,9	
Безотвальная «мелкая»	14,4	14,8	13,4	13,4	12,1	13,6	
Минимальная	12,7	13,9	13,3	14,0	14,7	13,7	
Нулевая	14,8	15,7	13,6	13,3	13,6	14,2	
Среднее по фактору В	14,9	13,9	12,8	12,7	12,3	13,3	
НСП <sub>05</sub> (фактор В)	0,6						1,3

средним содержанием суммы поглощенных оснований (10,9-12,1 мг-экв/100 г почвы), высокой степенью насыщенности почв основаниями (77,4-82,9%), высоким содержанием подвижного фосфора (232-266 мг/кг) и повышенным обменного калия (125-148 мг/кг) в обоих исследуемых слоях почвы. Содержание гумуса в почве изменялось следующим образом: в слое 0-20 его значения оценивались как не высокие и составляли 1,46-1,63%, с глубиной количество гумуса снижалось на 0,04-0,15% по всем вариантам.

К осени 2015 г. отмечено заметное улучшение агрохимических свойств почвы (табл. 2). Так, в среднем по опыту значения обменной кислотности возросли с 5,6 до 5,9 ед., гидролитическая кислотность снизилась с 2,80 до 1,65 мг-экв/100 г почвы, а сумма обменных оснований увеличилась с 11,5 до 13,3 мг-экв/100 г почвы. Более детальный анализ показал, что все изучаемые в опыте системы обработок и удобрения оказали влияние на состав и свойства ППК. Лучшим показателем рН<sub>KCl</sub> характеризуется

вариант без применения удобрений (6,0-6,2 ед. рН). Внесение удобрений в дозе 60 кг д.в. снижает данный показатель на 0,3-0,8 ед. рН по глубоким системам обработки почвы (вар. 1 и 2), тогда как применение поверхностной, минимальной и нулевой технологий поддерживают реакцию почвенной среды на уровне контроля. Все изучаемые в опыте системы удобрения увеличивают показатели гидролитической кислотности относительно контроля на 0,27-0,47 мг-экв/100 г почвы. Максимальный уровень отмечался в вариантах с внесением 10 кг аммиачной селитры на 1 т соломы по фону минеральных удобрений и с обработкой растительных остатков биопрепаратом в дозе 2 л/га. Из изучаемых систем обработки почвы наибольший положительный эффект на показатель гидролитической кислотности оказывали минимальная и нулевая технологии (1,41 мг-экв/100 г почвы). Сумма обменных оснований по всем изучаемым направлениям имеет общую тенденцию – устойчивое снижение от варианта без внесения удобрений (14,9 мг-экв/100 г почвы) к варианту с внесением биопрепарата в чистом виде (14,9 мг-экв/100 г почвы) и увеличение от глубоких обработок почвы (12,2-12,9 мг-экв/100 г почвы) к минимальной и нулевой (13,7-14,2 мг-экв/100 г почвы).

К осени 2016 г. в слое 0-20 см значения обменной кислотности почвы варьировали от 5,2 до 6,0 ед. рН; гидролитическая кислотность изменялась в пределах 1,54-2,62 мг-экв/100 г почвы, а сумма обменных

оснований колебалась на уровне 12,8-16,8 мг-экв/100 г почвы (табл. 3). При этом и варианты обработок почвы и удобрения оказали влияние на изучаемые показатели. Происходит улучшение агрохимических свойств светло-серой лесной почвы, лишь показатель суммы обменных оснований несколько сократился. При традиционной обработке наблюдается увеличение кислотности почвы в варианте с  $N_{60}P_{60}K_{60}$ , а также при внесении аммиачной селитры в дозе 10 кг/т соломы по фону удобрений. Значения обменной кислотности снижаются на 0,5-0,6 ед. рН в сравнении с контролем (5,9 ед. рН), а почва переходит в разряд слабокислой. Безотвальная «глубокая» обработка позволяет поддерживать кислотность почвы на первоначальном уровне, даже на удобренных вариантах. Устойчива к изменению реакции среды почва при безотвальной «мелкой» и минимальной обработках (значениями кислотности по изучаемым вариантам – 0,1-0,2 ед. рН). Исключение составляет вариант с внесением аммиачной селитры по фону удобрений, где рН 5,2-5,3 ед., что соответствует слабокислой реакции среды. Аналогичные значения наблюдаются при использовании технологии no-till – в варианте с обработкой растительных остатков биопрепаратом (в дозе 2 л/га) по фону удобрений, а также на контроле. По остальным вариантам опыта рН близкая к нейтральной и составляет 5,7-6,0 ед. Оценивая динамику гидролитической кислотности почвы отмечено снижение показателя

### 3. Изменение агрохимических свойств светло-серой лесной почвы (0-20 см) под влиянием систем обработок и удобрений из под сои осенью 2016 г.

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)					Среднее по фактору А	НСР <sub>05</sub> (фактор А)
	контроль	фон	фон + N <sub>10</sub>	фон + БП	БП		
рН <sub>KCl</sub>							
Традиционная	5,9	5,3	5,4	5,8	5,6	5,6	0,2
Безотвальная «глубокая»	5,9	5,9	5,7	5,7	5,9	5,8	
Безотвальная «мелкая»	5,9	5,7	5,3	5,8	5,7	5,7	
Минимальная	5,7	5,8	5,2	5,7	5,9	5,7	
Нулевая	5,3	5,9	5,7	5,2	6,0	5,6	
Среднее по фактору В	5,7	5,7	5,5	5,6	5,8	5,7	
НСР <sub>05</sub> (фактор В)	0,2						0,5
Гидролитическая кислотность (Н <sub>г</sub> ), мг-экв/100 г							
Традиционная	1,77	2,41	2,33	1,83	2,35	2,14	0,52
Безотвальная «глубокая»	1,92	1,90	2,20	2,16	1,91	2,02	
Безотвальная «мелкая»	1,95	1,89	2,27	1,54	1,94	1,92	
Минимальная	2,01	2,28	2,40	1,75	2,13	2,11	
Нулевая	2,62	1,65	1,89	2,61	1,56	2,07	
Среднее по фактору В	2,05	2,03	2,22	1,98	1,98	2,05	
НСР <sub>05</sub> (фактор В)	0,40						1,16
Сумма обменных оснований (S), мг-экв/100 г							
Традиционная	15,5	13,0	12,8	14,8	14,2	14,1	1,4
Безотвальная «глубокая»	14,8	15,4	14,0	13,0	14,5	14,3	
Безотвальная «мелкая»	15,4	15,2	13,9	15,4	13,8	14,7	
Минимальная	14,8	14,8	14,0	15,4	15,0	14,8	
Нулевая	13,7	16,8	15,7	13,4	16,2	15,2	
Среднее по фактору В	14,8	15,0	14,1	14,4	14,7	14,6	
НСР <sub>05</sub> (фактор В)	1,2						3,0

теля (на 0,41-1,06 мг-экв/100 г почвы) относительно контрольных значений в варианте с безотвальной «мелкой» обработкой (при использовании биопрепарата на фоне удобрений) и в варианте с нулевой обработкой (при использовании удобрений в качестве фона, при внесении аммиачной селитры совместно с удобрениями, а также при обработке растительных остатков биопрепаратом). Здесь значения гидролитической кислотности варьируют в пределах 1,54-1,89 мг-экв/100 г почвы.

При проведении безотвальной «глубокой» обработки почвы изучаемый показатель высокий (1,90-2,20 мг-экв/100 г почвы), но различий по вариантам не наблюдается. В вариантах с традиционной и минимальной технологии, где обработка растительных остатков биопрепаратом на фоне удобрений (наравне с контрольными вариантами) позволяет сдерживать подкисление почвы и стабилизировать значения гидролитической кислотности на уровне 1,75-1,83 мг-экв/100 г почвы. Наибольшие значения суммы обменных оснований наблюдаются в варианте с обработкой почвы по системе no-till, даже при использовании минеральных удобрений (16,8 мг-экв/100 г почвы, что в 1,2 раза выше контроля). Это связано с накоплением на поверхности почвы (при нулевой системе обработки) большого количества растительных остатков, разложение и минерализация которых ведет к насыщению ППК основаниями. Минимальной суммой обменных оснований (12,8 мг-экв/100 г) отличается почва при традиционной обработке, в частности при внесении аммиачной селитры по фону минеральных удобрений в 1,2 раза ниже контроля.

Анализ данных по содержанию гумуса в почве к осени 2015 г. показал, что в среднем по опыту заделка растительных остатков (солома + пожнивно-корневые остатки) горчицы белой и озимой пшеницы оказала положительное влияние на формирование гумуса, в результате чего его значения возросли с 1,50 до 1,56-1,85%. Применение традиционной вспашки обеспечивает содержание гумуса на уровне 1,62% в среднем по вариантам удобрений. При этом снижение отмечается по фону минеральных удобрений в дозе 60 кг д.в. и при их сочетании с 10 кг на 1 т соломы аммиачной селитры и составляет 1,27 и 1,38% соответственно. Обработка растительных остатков биопрепаратом в чистом виде, а также по фону минеральных удобрений способствует процессу гумификации запаханной биомассы, что увеличивает содержание гумуса до 2,10 и 1,83% соответственно. Традиционная вспашка без минеральных удобрений и деструктора соломы поддерживает содержание гумуса на исходном уровне (1,53%). Безотвальные обработки и минимальная технология оказали одинаковое влияние на накопление гумуса в пахотном слое почвы (1,73-1,74% в среднем по вариантам удобрений). Перераспределение количества гумуса по вариантам удобрений при

безотвальной вспашке на глубину 20-22 см было аналогичным традиционной обработке. Безотвальная обработка стерневым культиватором Pottinger на глубину 14-16 см проявила себя несколько иначе: здесь наибольшее содержание гумуса отмечено в контроле (1,80%) и на варианте с биопрепаратом по фону минеральных удобрений (1,95%). Применение минеральных удобрений и биопрепарата в чистом виде (вар. 2, 3 и 5) положительно влияет на минерализацию запаханных растительных остатков, в результате чего содержание гумуса увеличилось на 0,04-0,19% относительно исходного (1,50%). Дискование зяби на глубину 10-12 см по фону минеральных удобрений в сочетании с биопрепаратом обеспечивает содержание гумуса в пахотном слое почвы на уровне 2014 г. – 1,53%, тогда как раздельное их использование увеличивает данный показатель на 0,19-0,23%. Максимальное гумусообразование отмечено в контроле. Нулевая технология обработки почвы оказывает влияние на интенсивность формирования гумуса: в среднем по вариантам удобрений его значение составляет (1,85%). При этом больше всего гумуса содержится в варианте «фон + биопрепарат» (2,10%), а меньше – в вариантах «фон» и «фон + N<sub>10</sub>» (табл. 4).

Содержания гумуса в почве после трехлетнего изучения выявлено, что в среднем по опыту его количество варьирует в пределах 1,32-1,44%, что на 0,06-0,18% ниже в сравнении с исходным содержанием 1,50% в 2014 г. Это говорит о том, что заделки растительных остатков (солома + пожнивно-корневые остатки) горчицы белой, озимой пшеницы и сои недостаточно для поддержания бездефицитного баланса гумуса в светло-серой лесной почве в рамках данного опыта. При традиционной и нулевой системах обработки почвы в 2016 г. значения показателя находятся на уровне 1,38% в среднем по вариантам удобрений. При этом, в первом случае (1 вариант обработки почвы) наблюдается увеличение гумуса в почве в сравнении с контролем, в том числе по фону минеральных удобрений в дозе 60 кг д.в. и при их сочетании с 10 кг аммиачной селитры на 1 т соломы – 1,41-1,43%. Во втором случае (5 вариант обработки почвы) большим содержанием гумуса отличается вариант с обработкой растительных остатков биопрепаратом по фону удобрений – 1,48%, что на 0,15% выше контроля (1,33%). Безотвальная «глубокая» и минимальная обработки почвы поддерживают содержание гумуса в почве на уровне 1,36% в среднем по вариантам удобрений. При проведении вспашки без отвалов на глубину 20-22 см рост количества гумуса в пахотном слое начинается от варианта с удобрениями в качестве фона (1,30%) к варианту с использованием биопрепарата в чистом виде для обработки растительных остатков (1,44%). Обработка почвы дисковой бороной на глубину 10-12 см, наоборот, ведет к снижению гумуса в ряду фон

(1,41%) – фон + N<sub>10</sub> (1,41%) – фон + БП (1,37%) – БП (1,34%). Стоит выделить вариант с безотвальной «мелкой» обработкой почвы стерневым культиватором на глубину 14-16 см, который с одной стороны, отличается максимальным содержанием гумуса при

внесении минеральных удобрений в дозе 60 кг/га д.в. – 1,57%, что на 0,14% выше контроля, с другой стороны, минимальным количеством гумуса при использовании биопрепарата в чистом виде для обработки растительных остатков (1,35%).

#### 4. Влияние систем обработок и удобрений на изменение содержания гумуса (0-20 см) почвы после уборки сельскохозяйственных культур к осени 2015-2016 гг.

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)					Среднее по фактору А
	контроль	фон	фон+N <sub>10</sub>	фон + БП	БП	
I	<u>1,53</u>	<u>1,27</u>	<u>1,38</u>	<u>1,83</u>	<u>2,10</u>	<u>1,62</u>
	1,30	1,43	1,41	1,37	1,39	1,38
II	<u>1,72</u>	<u>1,34</u>	<u>1,60</u>	<u>2,02</u>	<u>2,02</u>	<u>1,74</u>
	1,29	1,30	1,37	1,40	1,44	1,36
III	<u>1,80</u>	<u>1,68</u>	<u>1,54</u>	<u>1,95</u>	<u>1,69</u>	<u>1,73</u>
	1,43	1,57	1,42	1,41	1,35	1,44
IV	<u>1,91</u>	<u>1,74</u>	<u>1,76</u>	<u>1,53</u>	<u>1,72</u>	<u>1,73</u>
	1,26	1,41	1,41	1,37	1,34	1,36
V	<u>1,83</u>	<u>1,76</u>	<u>1,70</u>	<u>2,10</u>	<u>1,84</u>	<u>1,85</u>
	1,33	1,27	1,42	1,48	1,41	1,38
Среднее по фактору В	<u>1,76</u>	<u>1,56</u>	<u>1,60</u>	<u>1,89</u>	<u>1,87</u>	<u>1,73</u>
	1,32	1,40	1,41	1,41	1,39	1,38
НСР <sub>05</sub> (фактор А)	2015 г. – 0,06; 2016 г. – 0,08					
НСР <sub>05</sub> (фактор В)	2015 г. – 0,07; 2016 г. – 0,07					
НСР <sub>05</sub> (факторов АВ)	2015 г. – 0,17; 2016 г. – 0,018					
Примечание: числитель – 2015 г., знаменатель – 2016 г.						

#### 5. Влияние систем обработок и удобрений на изменение элементов питания (0-20 см) почвы после уборки сельскохозяйственных культур к осени 2015-2016 гг.

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)					Среднее по фактору А
	контроль	фон	фон + N <sub>10</sub>	фон + БП	БП	
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> , мг/кг						
I	<u>259</u>	<u>266</u>	<u>269</u>	<u>309</u>	<u>270</u>	<u>275</u>
	280	291	318	377	336	320
II	<u>281</u>	<u>284</u>	<u>290</u>	<u>326</u>	<u>310</u>	<u>298</u>
	264	285	308	348	344	310
III	<u>277</u>	<u>272</u>	<u>278</u>	<u>317</u>	<u>279</u>	<u>285</u>
	260	278	294	366	314	302
IV	<u>286</u>	<u>288</u>	<u>280</u>	<u>314</u>	<u>300</u>	<u>294</u>
	285	288	253	322	320	294
V	<u>287</u>	<u>305</u>	<u>313</u>	<u>331</u>	<u>325</u>	<u>312</u>
	302	348	332	391	372	349
Среднее по фактору В	<u>278</u>	<u>283</u>	<u>286</u>	<u>319</u>	<u>297</u>	<u>293</u>
	278	298	301	361	337	315
НСР <sub>05</sub> (фактор А)	2015 г. – 15; 2016 г. – 12					
НСР <sub>05</sub> (фактор В)	2015 г. – 15; 2016 г. – 11					
НСР <sub>05</sub> (факторов АВ)	2015 г. – 34; 2016 г. – 27					
K <sub>2</sub> O, мг/кг						
I	<u>117</u>	<u>147</u>	<u>131</u>	<u>161</u>	<u>141</u>	<u>139</u>
	154	153	215	189	146	171
II	<u>206</u>	<u>232</u>	<u>235</u>	<u>176</u>	<u>163</u>	<u>202</u>
	134	155	155	134	150	146
III	<u>133</u>	<u>130</u>	<u>163</u>	<u>166</u>	<u>128</u>	<u>144</u>
	111	148	143	165	135	140
IV	<u>153</u>	<u>142</u>	<u>155</u>	<u>147</u>	<u>116</u>	<u>143</u>
	131	143	156	155	126	142
V	<u>194</u>	<u>262</u>	<u>228</u>	<u>294</u>	<u>352</u>	<u>266</u>
	123	183	202	178	142	166
Среднее по факт. В	<u>161</u>	<u>183</u>	<u>182</u>	<u>189</u>	<u>180</u>	<u>179</u>
	131	156	174	164	140	153
НСР <sub>05</sub> (фактор А)	2015 г. – 17; 2016 г. – 23					
НСР <sub>05</sub> (фактор В)	2015 г. – 17; 2016 г. – 21					
НСР <sub>05</sub> (факторов АВ)	2015 г. – 38; 2016 г. – 50					
Примечание: числитель – 2015 г., знаменатель – 2016 г.						

Внесение удобрений, известкование и заделка растительных остатков положительно влияло на содержание подвижного фосфора в пахотном слое почвы (табл. 5). Его значение в среднем по опыту за три года увеличивается на 40 мг/кг почвы и составляет 293 мг/кг. Из изучаемых систем обработки почвы минимальное содержание  $P_2O_5$  отмечается при проведении культурной вспашки на глубину 20-22 см (275 мг/кг). Ресурсосберегающие технологии увеличивают содержание подвижных форм фосфора до 285-312 мг/кг почвы. При нулевой обработке его значение максимально – 312 мг/кг и превысило данный показатель по вспашке на 37 мг/кг ( $НСР_{05} = 15$ ). Применение удобрений улучшает питательный режим по фосфору, достигая наивысших 319 мг/кг почвы значений в варианте с биопрепарата по фону ( $НРК$ )<sub>60</sub>. Использование биопрепарата в чистом виде снижает данный показатель на 22 мг/кг почвы, однако здесь его значения остаются все равно выше, чем в вариантах «фон» и «фон +  $N_{10}$ » (табл. 5).

Согласно данным агрохимического анализа почвы к осени 2015 г. содержание подвижного калия в среднем по опыту увеличилось на 39 мг/кг и составило 179 мг/кг почвы, что соответствует высокому его содержанию. Роль обработок в изменении содержания  $K_2O$  в пахотном слое почвы проявилась аналогичным образом, как и по фосфору: наименьшее количество подвижного калия отмечается по традиционной вспашке (139 мг/кг), а наибольшее – по технологии no-till (266 мг/кг). Вариант с безотвальной «глубокой» обработкой обеспечивает содержание обменного калия 202 мг/кг, что выше, чем по отвальной вспашке и поверхностным обработкам (139-143 мг/кг при  $НСР_{05} = 17$ ). Содержание подвижного калия в варианте без удобрений (контроль) составляет 161 мг/кг почвы. Внесение минеральных удобрений и биопрепарата увеличивает количество данного элемента питания до 180-189 мг/кг почвы, однако различий по вариантам удобрений не отмечается (табл. 5).

Анализ содержания подвижного фосфора в почве за 2016 г. после уборки сои показал, что наблюдается та же тенденция, что и предыдущие годы по его увеличению: в среднем по опыту его количество варьирует от 278 до 361 мг/кг, что на 25-108 мг/кг выше в сравнении с исходным содержанием на момент начала ротации севооборота (253 мг/кг) и соответствует очень высокой степени обеспеченности почвы данным элементом (табл. 5). В варианте с обработкой почвы дисковой бороной на глубину 10-12 см количество подвижного фосфора снижается до 294 мг/кг. При использовании минеральных удобрений наблюдается положительная динамика по фосфору в почве, однако наивысшие значения достигаются в варианте с обработкой растительных остатков биопрепаратом на фоне удобрений ( $N_{60}P_{60}K_{60}$ ) – 361 мг/кг, что в 1,3 раза выше в сравнении с содержанием на контроле и в 1,2 раза выше по отношению

к фону. Применение биодеструктора в чистом виде снижает данный показатель на 24 мг/кг почвы, но все же значения остаются выше, чем в вариантах «фон» и «фон +  $N_{10}$ ».

Обеспеченность пахотного слоя почвы подвижным калием к осени 2016 г. в среднем по опыту оценивается как повышенная и составляет 153 мг/кг. Разница в содержании элемента по отношению к исходной почве невелика (13 мг/кг), что говорит о стабильности изучаемого показателя. Минимальное значение (111 мг/кг) наблюдается на контрольном варианте при безотвальной «мелкой» обработке почвы, а максимальное (202 и 215 мг/кг) – при проведении традиционной и нулевой обработок почвы на фоне минеральных удобрений совместно с аммиачной селитрой (в дозе 10 кг на 1 т соломы). Обработка почвы по безотвальной «глубокой» системе даже при условии использования удобрений и биопрепарата не вносит корректив в изменение содержания подвижного калия в почве (134-155 мг/кг).

Эффективность любых агротехнических приемов можно оценить выходом продукции с гектара пашни. Результаты исследований показали, что различные системы обработки почвы в среднем незначительно сказываются на урожайности сельскохозяйственных культур. Наибольшая урожайность горчицы белой и сои в вариантах без применения удобрений получена по глубоким системам обработки почвы. Неглубокие и поверхностные обработки почвы с применением стерневого культиватора Pottinger и дисковой бороны ХМ 44660 NOTHAD приводят к существенному снижению выхода зерна с 1 га пашни. Отказ от механических обработок (No-till) – значительно ухудшает условия произрастания горчицы и сои. Отмечено увеличение на выход зерна озимой пшеницы с 1 га пашни минимальной обработки, проведенной дисковой бороной ХМ 44660 NOTHAD. Другие изучаемые системы обработки почвы по уровню урожайности зерна озимой пшеницы не уступают традиционной вспашке. Система нулевой обработки почвы под озимую пшеницу обеспечивает урожайность в среднем по вариантам удобрений незначительно уступающей отвальной вспашке (на 0,02 т/га), что связано с конкурентной способностью озимых зерновых культур. Наиболее весомые прибавки урожая получены от удобрений: урожайность горчицы белой 0,41-0,93 т/га, озимой пшеницы 2,91-4,6 т/га и 0,48-2,20 т/га. Возделывание зерновых культур без удобрений (контроль) обеспечивает урожай зерна на уровне 0,25-0,64 т/га горчицы белой, 1,49-2,02 т/га озимой пшеницы и 0,4-1,41 т/га сои. Внесение фоновых удобрений в дозе  $N_{60}P_{60}K_{60}$  увеличивают урожайность сельскохозяйственных культур по каждой изучаемой технологии. Применение минеральных и биоудобрений способствовало увеличению урожайности горчицы и сои относительно неудобранных

### 6. Влияние систем обработок почвы и удобрений на урожайность сельскохозяйственных культур в звене севооборота 2014-2016 гг., т/га

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га		
		горчица белая	озимая пшеница	соя
1. Традиционная	Контроль	0,63	1,65	1,41
	Фон	0,76	2,97	1,86
	Фон + N <sub>10</sub>	0,73	4,60	1,84
	Фон + БП	0,78	2,91	1,75
	БП	0,69	1,91	1,63
2. Безотвальная «глубокая»	Контроль	0,64	1,75	1,39
	Фон	0,79	3,32	1,87
	Фон + N <sub>10</sub>	0,93	4,53	2,04
	Фон + БП	0,82	3,51	1,82
	БП	0,77	1,82	1,63
3. Безотвальная «мелкая»	Контроль	0,52	2,02	1,12
	Фон	0,72	3,47	1,81
	Фон + N <sub>10</sub>	0,76	3,48	1,96
	Фон + БП	0,72	3,22	1,83
	БП	0,69	1,93	1,71
4. Минимальная	Контроль	0,53	1,80	1,15
	Фон	0,66	3,79	1,60
	Фон + N <sub>10</sub>	0,83	4,27	2,17
	Фон + БП	0,84	3,73	2,20
	БП	0,72	2,03	1,77
5. Нулевая	Контроль	0,25	1,49	0,40
	Фон	0,41	3,42	0,48
	Фон + N <sub>10</sub>	0,51	4,18	0,85
	Фон + БП	0,47	3,57	0,70
	БП	0,49	1,30	0,74
HCP <sub>05</sub>	Фактор А	0,02	0,21	0,07
	Фактор В	0,02	0,21	0,07

вариантов на всех способах обработки почвы. При этом наибольшую прибавку урожая этих культур обеспечивают фоновые удобрения и их сочетания с N<sub>10</sub> и биопрепарат. Биопрепарат не оказал существенного влияния на формирования и налив зерна озимой пшеницы по всем изучаемым вариантам систем обработки почвы, кроме вариантов по традиционной вспашке на глубину 20-22 см (0,26 т/га при HCP<sub>05</sub> = 0,21 т/га). Максимальная урожайность зерна озимой пшеницы получена в варианте 3, где кроме фоновых удобрений N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> была внесена аммиачная селитра в дозе 10 кг/т соломы (табл. 6).

**Таким образом, в результате наших исследований выявлено, что в ротации звена зернового севооборота горчица белая- озимая пшеница- соя**

**основные агрохимические свойства светло-серой лесной почвы имеют положительную тенденцию роста в системе обработки при применении фоновых доз минеральных и органических (измельченная солома) удобрений и в сочетании использования биопрепарата Стимикс®Нива. Происходит увеличение содержания подвижного фосфора и обменного калия по всем изучаемым системам обработки почвы. Содержания гумуса за трехлетнюю ротации звена зернового севооборота снижается. Глубокие системы обработки почвы обеспечивают увеличение урожайности горчицы и сои, а минимальная система обработка почвы дисковой бороной под озимую пшеницу способствует увеличению ее урожайности.**

#### Литература

1. Борин А.А., Коровина О.А., Лощинина А.Э. Обработка почвы в севообороте // Земледелие, 2013, № 2. – С. 20-22.
2. Данилов Г.Г. Система обработки почв. – М.: Россельхозиздат, 1982. – 270 с.
3. Заикин В.П., Ивенин В.В., Шаблыкин А.Г. и др. Механическая обработка почвы / под ред. В.П. Заикина. – Н.Новгород, 1996. – 218 с.
4. Куликова А.Х., Карпова А.В., Семенова Н.В. Системы основной обработки и гумусное состояние почвы // Земледелие, 2003, № 5. – С. 26.
5. Скипин Л.Н., Перфильев Н.В., Захарова Е.В., Гаева Е.В. Состояние почвы и урожайность культур при разных системах основной обработки // Плодородие, 2014, № 4. – С. 24-26.
6. Емцев В.Т., Мишустин Е.Н. Микробиология. – 5-е изд., перераб. и доп. – М.: Дрофа, 2005. – 445 с.
7. No-Till – шаг к идеальному земледелию (сберегающее земледелие для России): уч.-метод. пособие. – М.: Народное образование, 2006. – 122 с.

## ВЛИЯНИЕ МИНИМАЛИЗАЦИИ ОСНОВНОЙ ОБРАБОТКИ ЧЕРНОЗЕМНОЙ ПОЧВЫ НА ХИМИЧЕСКИЙ СОСТАВ И УРОЖАЙНОСТЬ ОДНОЛЕТНИХ ТРАВ

**М.М. Ильясов, к.с.-х.н., Ш.А. Алиев, д.с.-х.н., И.М. Суханова, к.б.н., Л.М.-Х. Биккинина, к.с.-х.н.**  
*Татарский НИИ АХП – обособленное структурное подразделение ФИЦ КазНЦ РАН,  
e-mail: niiaxp2@mail.ru*

*Приведены результаты полевых исследований по изучению минимализации основной обработки почвы в севообороте, применения системы удобрений с целью разработки приемов повышения урожайности и качества однолетних трав на выщелоченном черноземе Республики Татарстан. Установлено, что двухъярусная вспашка в сочетании с последующей мелкой обработкой и при применении органоминеральной системы удобрений повышает выход зеленой массы однолетних трав и его качество, дает значительную (0,84 т/га) прибавку урожая по сравнению с традиционной ежегодной отвальной вспашкой.*

**Ключевые слова:** минимализация, основная обработка почвы, органоминеральная система удобрений, однолетние травы, химический состав трав, урожайность.

### INFLUENCE OF MINIMALIZATION OF MAIN CHERNOZEM SOIL TREATMENT ON CHEMICAL COMPOSITION AND YIELD OF ANNUAL HERBS

*Ph.D. M.M. Ilyasov, Dr.Sci. Sh.A. Aliev, Ph.D. I.M. Sukhanova, Ph.D. L.M.-Kh. Bikkinina*  
*Tatar SRIAC SS – Subdivision of FIC Kazan SC of RAS, e-mail: niiaxp2@mail.ru*

*The results of field research on the study of the minimization of basic soil cultivation in crop rotation, the application of the fertilizer system with the purpose of developing methods for increasing the yield and quality of annual grasses in leached chernozem of the Republic of Tatarstan are presented. It has been established that two-tier plowing combined with subsequent fine processing and using the organomineral fertilizer system increases the yield of green grass of annual grasses and its quality, gives a significant (0.84 t/ha) yield increase compared to the traditional annual dumping of plowing.*

**Keywords:** minimalization, basic tillage, organomineral fertilizer system, annual grasses, chemical composition of grasses, yield.

Во всех регионах нашей страны однолетние травы дают хорошую урожайность и имеют особое значение в организации и укреплении кормовой базы любого хозяйства. В ней содержится различные витамины, они богаты клетчаткой, минеральными веществами, обеспечивающими здоровый рацион животных [1, 5].

Тем не менее для выращивания однолетних трав необходимо обеспечить рациональную систему земледелия, которая включает энергоресурсосберегающую обработку почвы и научно обоснованную систему применения удобрений. За последние годы, в следствии повышения цен на горюче-смазочные материалы и на минеральные удобрения научные подходы к основной обработке почвы, становятся особенно актуальны. Известно, что на основную обработку почвы из всех работ, связанных с возделыванием сельскохозяйственных культур, приходится до 40% затрат [4].

При возрастающих объемах применения удобрений каждый процент неправильного их использования означает для хозяйств потери на приобретение лишних питательных веществ или недополучения сельскохозяйственной продукции. Это вызывает необходимость совершенствовать приемы рационального использования удобрений с учетом потребностей растений и особенностей почв [3, 6, 7].

**Цель исследований** – изучение минимализации основной обработки почвы и применения системы удобрений в севообороте в адаптивно-ландшафтном земледелии для разработки приемов повышения урожайности и сохранения плодородия почв при возделывании сельскохозяйственных культур.

**Методика.** Исследования проведены на опытном поле института в Буинском районе РТ с 2011 по 2016 г.

Исследуемая почва – чернозем тяжелосуглинистый выщелоченный: содержание гумуса 5,9%; P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> – 111 мг/кг почвы; K<sub>2</sub>O – 127 мг/кг почвы; гидролитическая кислотность – 3,4 мг-экв/100 г почвы; рН<sub>KCl</sub>

5,4; сумма поглощенных оснований 42,4 мг-экв/100 г почвы. Черноземы выщелоченные – это самый распространенный подтип среди черноземных почв. Они занимают 958 тыс. га пашни, или 27% от общей площади в Республике Татарстан [2].

В 2016 г. высевали однолетние травы, викоовсяную смесь. Закрытие влаги привели в начале мая – боронование в 2 следа тяжелыми боронами БЗТС-1. Проведена предпосевная культивация КПС 10 мая с одновременным боронованием. Посев провели 11 мая сеялкой СП-111 + ЗСЗП-3,6 + шлейфы, на глубину 3-4 см. Высевали викоовсяную смесь из расчета: вики – 100 кг, овса – 80 кг семян на гектар. Провели прикатывание посевов агрегатом СП-11 + ЗКМ-6 вслед за посевом.

Фоны удобрений определяли расчетно-балансовым методом в норме, компенсирующей вынос питательных элементов под запланированную урожайность однолетних трав на зеленую массу – 4 т/га. Навоз КРС вносили в дозе 60 т/га перед основной обработкой почвы в паровом поле в 2011 г. (ОМСУ).

Под урожай 2016 г. перед посевом во всех вариантах опыта было внесено минеральных удобрений  $N_{60}P_{40}K_{40}$ .

Полученные данные обрабатывали методами дисперсионного анализа по Б.А. Доспехову [3] с использованием программы Excel.

В полевом севообороте были изучены разные системы минимализации основной обработки почвы с фонами удобрений – минеральная система удобрений (МСУ) и органоминеральная система удобрений (ОМСУ): 1) ежегодная отвальная вспашка (контроль); 2) отвальная вспашка; 3) плоскорезное рыхление; 4) ярусная вспашка; 5) чизельное рыхление – в сочетании с последующими мелкими обработками (МО) на 10-12 см (табл. 1).

**Результаты.** Установлено, что применение органоминеральных удобрений увеличило значения азота в соломе однолетних трав (0,42-0,48% – МСУ, 0,79-0,85% при ОМСУ). Содержание NPK лучше было по обоим фонам удобрений при применении ярусной системы обработки почвы (табл. 2).

### 1. Система основной обработки почвы в севообороте после уборки культур

Вариант обработки почвы	Чистый пар	Озимая пшеница	Яровая пшеница	Ячмень	Кукуруза	Однолетние травы
	2011 г.	2012 г.	2013 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
Минеральная система удобрений						
1	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25
2	В-25	М-10	М-10	М-10	М-10	В-25
3	Р-32	М-10	М-10	М-10	М-10	Р-32
4	Я-25	М-10	М-10	М-10	М-10	Я-25
5	Ч-40	М-10	М-10	М-10	М-10	Ч-40
Органоминеральная система удобрений						
1	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25	В-25
2	В-25	М-10	М-10	М-10	М-10	В-25
3	Р-32	М-10	М-10	М-10	М-10	Р-32
4	Я-25	М-10	М-10	М-10	М-10	Я-25
5	Ч-40	М-10	М-10	М-10	М-10	Ч-40

Примечание: М-10 – мелкая обработка на 10-12 см; В-25 – отвальная вспашка на 25 см; Р-32 – плоскорезное рыхление на 32 см; Я-25 – двухъярусная вспашка на 25 см, мощность ярусов 0-13 и 13-25 см; Ч-40 – чизельное рыхление на 40 см.

### 2. Содержание NPK в зеленой массе однолетних трав в зависимости от системы основной обработки почвы и удобрений, %

Вариант	Солома		
	Н <sub>общ.</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Минеральная система удобрений			
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	0,45	0,43	1,47
Отвальная вспашка + МО	0,42	0,49	1,42
Плоскорезное рыхление + МО	0,47	0,50	1,47
Ярусная вспашка + МО	0,48	0,53	1,50
Чизельное рыхление + МО	0,44	0,54	1,51
Органоминеральная система удобрений			
Ежегодная отвальная вспашка (контроль)	0,79	0,40	1,36
Отвальная вспашка + МО	0,80	0,43	1,37
Плоскорезное рыхление + МО	0,82	0,39	1,37
Ярусная вспашка + МО	0,85	0,42	1,43
Чизельное рыхление + МО	0,84	0,44	1,42

### 3. Влияние систем основной обработки и удобрений на урожай однолетних трав, т/га

Вариант	Урожайность	Прибавка
Минеральная система удобрений		
1	2,52	-
2	2,57	+0,05
3	2,36	-0,16
4	3,05	+0,53
5	2,80	+0,28
НСР <sub>095</sub>	0,18	
Органо-минеральная система удобрений		
1	2,72	-
2	2,89	+0,17
3	2,56	-0,16
4	3,56	+0,84
5	3,27	+0,55
НСР <sub>095</sub>	0,16	

Примечание: Расшифровка вариантов дана в таблице 2

В условиях резкого дефицита материальных ре-

**Таким образом, в звене севооборота, при возделывании однолетних трав на зеленый корм целесообразно применять минимализацию основной обработки почвы. Однократное проведение двухъярусной вспашки на фоне органических удобрений в начале севооборота дает значительную прибавку урожая трав с хорошими кормовыми качествами.**

#### Литература

1. Данилов Н.Т. Влияние минимальной обработки почвы на элементы плодородия и продуктивность севооборота / Вопросы интенсификации земледелия Нечерноземья. – Саранск: Мордовское кн. изд-во, 1978. – С. 39-44.
2. Ломачко Е.И., Алиев Ш.А. Рекомендации по расчету баланса гумуса в земледелии и потребность в органических удобрениях. – Казань: Наука, 2002. – С. 16-37.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат, 1985. – С. 12-28.
4. Чекмарев П.А. О воспроизводстве плодородия почв и рациональном использовании минеральных удобрений // Проблемы агрохимии и экологии, 2009, № 3. – С. 52-55.
5. Яппаров И.А., Ильясов М.М., и др. Урожайность зеленой массы кукурузы в зависимости от разных систем основной обработки почвы // Вестник Казанского технологического университета, 2017, Т. 20, № 13. – С. 114-116.
6. Яппаров А.Х., Ильясов М.М., Дегтярева И.А., Биккинина Л.М.-Х. Приемы окультуривания выщелоченного чернозема при ресурсосберегающей основной обработке // Агрохимический вестник, 2010, № 5. – С. 62-64.
7. Ильясов М.М. Энергосберегающие системы обработки почвы на выщелоченном черноземе // Агрохимический вестник, 2003, № 2. – С. 18-19.

## ИНФОРМАЦИЯ

27 сентября 2018 г. на факультете почвоведения МГУ им. М.В. Ломоносова состоялась Всероссийская научная конференция с международным участием «Агрохимия в XXI веке», посвященная памяти выдающегося деятеля науки, классика отечественной школы агрохимии, академика РАН **Василия Григорьевича Минеева**.

Участники конференции в основном были представлены членами созданной В.Г. Минеевым в 2006 г. Ассоциации агрохимиков и агроэкологов «Агрохимэкодружество». В начале своих докладов они вспоминали поездки и встречи под эгидой Ассоциации в разных регионах России, стран СНГ и дальнего зарубежья. Для многих участников конференции В.Г. Минеев был научным руководителем кандидатских и докторских диссертаций. Сотрудники кафедры агрохимии и биохимии растений факультета представили видеofilm, подготовленный на основе книги В.Г. Минеева «Тернистый путь к вершине науки», о жизни и научной работе Василия Григорьевича, который заведовал кафедрой 37 лет.

курсов необходим более дифференцированный подход к определению оптимальных доз удобрений в зависимости от почвенных условий, климата и специализации хозяйства. Влияние на урожайность составляет один из главных критериев определения эффективности применяемых систем основной обработки почвы и органо-минеральных удобрений при возделывании однолетних трав (табл. 3).

Результаты подсчета урожайности зеленой массы трав показали, что внесение навоза в начале севооборота под чистый пар на пятый год исследований дало положительные результаты. Разница между минеральной системой удобрений составила 0,2-0,5 т/га. Запашка навоза двухъярусным плугом дала сравнительно лучшие показатели урожайности среди вариантов – 3,56 т/га (0,84 т/га прибавки по сравнению с ежегодной отвальной вспашкой). Достоверная прибавка (0,55 т/га) получена также по глубокому чизельному рыхлению в сравнении с контрольным вариантом.

## ИЗУЧЕНИЕ ДЕЙСТВИЯ СВИНЦА, КАДМИЯ И СЕЛЕНА НА РАННИХ ЭТАПАХ ОНТОГЕНЕЗА ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ

<sup>1</sup>Е.В. Надежкина, д.б.н., <sup>1</sup>О.В. Тушавина, к.т.н., <sup>2</sup>В.А. Вихрева, д.б.н.

<sup>1</sup>Московский авиационный институт (национальный исследовательский университет),  
e-mail: mnoc\_konf@mail.ru

<sup>2</sup>Пензенский государственный аграрный университет, e-mail: penz\_gau@mail

*Определено влияние свинца, кадмия и селена на ростовые процессы сортов яровой мягкой пшеницы в начальные фазы развития (ДК 05-20 по шкале ВВСН). Негативное действие металлов, в первую очередь, проявлялось на развитии корневой системы – уменьшалось количество первичных корней, их длина, масса и абсорбирующая поверхность, снижалась активность деления клеток корня. Селен, внесенный совместно со свинцом и кадмием, снижал стресс у растений. Влияние тяжелых металлов и селена зависело от сортовых особенностей яровой пшеницы.*

**Ключевые слова:** свинец, кадмий, селен, яровая пшеница, корневая система, стресс.

## THE EFFECT OF LEAD, CADMIUM AND SELENIUM ON GRAIN CROPS AT EARLY STAGES OF SPRING WHEAT ONTOGENY

<sup>1</sup>Dr.Sci. E.V. Nadezhkina, <sup>1</sup>Ph.D. O.V. Tushavina, <sup>2</sup>Dr.Sci. V.A. Vikhreva

<sup>1</sup>Moscow Aviation Institute (National research university), e-mail: mnoc\_konf@mail.ru

<sup>2</sup>Penza State Agriculture University, e-mail: penz\_gau@mail

*The influence of lead, cadmium and selenium on growth of the varieties of spring wheat during the initial stages of development (05-20 stage of development on the BBCH-scale). The negative effects of heavy metals mainly manifested on the development of the root system – reduce the number of primary roots, their length, weight and absorbing surface, reduce the activity of root cell division. Selenium applied together with lead and cadmium, reduced stress in plants. The influence of heavy metals and selenium depended on the wheat varietal features.*

**Keywords:** lead, cadmium, selenium, spring wheat, root system, stress.

Загрязнение агроценозов химическими веществами, в том числе свинцом и кадмием, вызывая стресс у сельскохозяйственных растений, снижает их продуктивную способность. Характер и сила воздействия этих металлов на рост, развитие и продуктивность растений определяются в первую очередь их содержанием в корнеобитаемой среде. В относительно низких концентрациях они могут стимулировать ростовые процессы, тогда как в присутствии высоких – ингибируют их. Чаще всего токсическое действие проявляется на ранних этапах онтогенеза зерновых культур [1-4]. Одной из реакций растений на экологический стресс является генерация избыточного количества активных форм кислорода (АФК), которые способны интенсифицировать окислительные повреждения разных компонентов клетки, включая мембранные липиды, белки и нуклеиновые кислоты, что может приводить к повреждению всего растительного организма [5]. Степень ингибирования физиологических процессов и биохимических реакций тяжелыми металлами зависит не только от их

токсичности и концентрации в окружающей среде, но от чувствительности к ним конкретного вида (эко-типа, сорта, генотипа) растений [6, 7].

Обзор литературы свидетельствуют о том, что возможна эффективная интенсификация отдельных процессов, сниженных тяжелыми металлами, путем использования микроэлементов [8-11]. Среди соединений, позитивно влияющих на устойчивость и продуктивность растений в условиях стресса, в последние десятилетия особенно часто отмечают селен (Se) из-за его способности смягчать влияние абиотических стрессоров, обеспечивать усиление адаптивного потенциала растений и реализацию потенциальной продуктивности сельскохозяйственных культур. Вместе с тем многие вопросы, связанные с устойчивостью сортов к действию тяжелых металлов и детоксикации этого действия с помощью Se, остаются дискуссионными.

**Цель исследования** – изучение устойчивости сортов яровой пшеницы на ранних этапах онтогенеза в условиях развития окислительного стресса, инициированного свинцом и кадмием, и детоксикация его селеном.

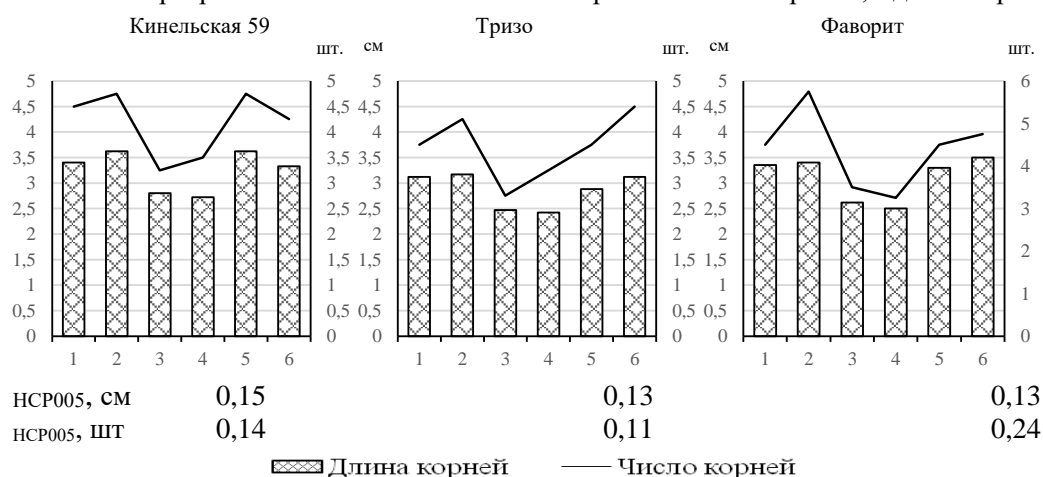
**Методика.** Объектом исследования служила яровая мягкая пшеница (*Triticum aestivum* L.) сортов Кинельская 59, Тризо и Фаворит, отличающихся по продолжительности вегетационного периода, продуктивности и качеству зерна. Изучение действия тяжелых металлов (свинец, кадмий и металлоид селена) проводили в кратковременном лабораторном опыте в Пензенской ГСХА. Стрессовая ситуация была смоделирована обработкой семян растворами уксуснокислого свинца (CH<sub>3</sub>COO)<sub>2</sub>Pb в концентрации 50 мг/л, сульфата кадмия (3Cd(SO<sub>4</sub>) x 8H<sub>2</sub>O) – 3 мг/л, селената натрия (Na<sub>2</sub>SeO<sub>4</sub>) – 2 мг/л.

Схема опыта включала варианты с предпосевной обработкой семян: 1. Вода – контроль; 2. Селен (Se); 3. Свинец (Pb); 4. Кадмий (Cd); 5. Селен + свинец (Se + Pb); 6. Селен + кадмий (Se + Cd). Повторность в опыте шестикратная. Семена промывали в водопроводной воде, подсушивали, затем стерилизовали 3% H<sub>2</sub>O<sub>2</sub> в течение 10 мин и оставляли для набухания на 24 часа. Затем семена проращивали между слоями фильтрованной бумаги, увлажненной водой и соответствующими растворами металлов и селена в течение 3 суток в темноте. После чего растворы разбавляли в 2 раза и 11 дней растения выращивали при фотопериоде 14/10 часов и температуре 20-22°C. На седьмой день определяли всхожесть семян, а в 14-суточном возрасте растений – морфометрические показатели: число, биомассу, длину корней и побегов (ГОСТ 12036-66), адсорбирующую поверхность корней по Сабинину-Колосову [12]; хлорофилл в листьях – спектрофотометрически по [13]; митохондриальную активность оценивали цитологическими методами при анализе не менее 3000 клеток по методике и формулам [14]; содержание свинца, кадмия в наземной массе и корнях – спектрометрически с ИСП на масс-спектрометре Nexion 300D (США); адаптивность сортов к действию тяжелых металлов проводили по [15], все изученные показатели по сортам выражали в баллах. Обработку данных проводили статистическими методами математического анализа [16] с использованием программы Statistica.

**Результаты и обсуждение.** При определении всхожести семян пшеницы выявлено, что семена изучаемых сортов обладают разной устойчивостью к действию металлов. Сильное негативное влияние на прорастание семян всех сортов оказывал кадмий. Это связано с тем, что кадмий сильнее, чем свинец разрушает целостность семенной оболочки, что приводит к быстрому его проникновению в ткани зародыша и тем самым нарушает физиологические процессы, обеспечивающие прорастание семени [17]. В опыте кадмий снижал всхожесть семян сорта Кинельская 59 на 5,5%; Тризо – на 21,9 и Фаворит – на 10,0% к контролю. Свинец уменьшал всхожесть в среднем на 6,2%, при этом наибольшее отрицательное действие испытывал сорт Тризо (на 10,2%). Далее следовали сорта Фаворит (8,1%) и Кинельская 59 (0,3%). Несмотря на негативное влияние тяжелых металлов на прорастание семян, рост растений пшеницы продолжался, что служит результатом действия механизмов детоксикации, в частности, связывания избытка ионов металлов аминокислотами, поступающими из запасующих тканей зародыша [4].

Селен при одностороннем внесении не оказывал влияния на всхожесть семян. Используемый же совместно с металлами он снижал ингибирующее действие свинца в среднем на 6,7%, в том числе сорта Тризо – на 11,1%, Фаворит – на 5,6 и Кинельская 59 – на 3,4%. Достоверного изменения всхожести семян при совместном использовании селена с кадмием, по сравнению с действием только кадмия, не установлено.

Тяжелые металлы (ТМ) вызывали у растений пшеницы замедление роста корневой системы. Выявлено уменьшение количества зачаточных корней, их длины и рабочей адсорбирующей поверхности, а также снижение массы. Металлы ингибировали рост корневой системы растений независимо от сорта, при этом действие свинца и кадмия различалось. Кадмий сильнее, чем свинец подавлял формирование корневой системы. Отмечено уменьшение числа зачаточных корней от кадмия на 21,6%, от свинца – на 17,6% по сравнению с контролем, а длина корней снижалась



**1. Контроль; 2. Se; 3. Pb; 4. Cd; 5. Se + Pb; 6. Se + Cd**  
**Рис. 1. Влияние ТМ и селена на длину и число корней 14-дневных растений яровой пшеницы**

**1. Влияние ТМ и селена на массу первичной корневой системы и ее адсорбирующую поверхность (14-дневные растения)**

Сорт	Вариант						НСП <sub>0,05</sub> сорта
	вода	Se	Pb	Cd	Se + Pb	Se + Cd	
Масса 100 корней, г							
Кинельская 59	0,900	0,893	0,756	0,760	0,890	0,890	0,023
Тризо	0,880	0,881	0,733	0,710	0,890	0,870	0,011
Фаворит	0,880	0,892	0,720	0,720	0,890	0,890	0,042
НСП варианта	0,010	0,040	0,012	0,011	0,063	0,011	
Доля рабочей поверхности в общей адсорбирующей поверхности корней, %							
Кинельская 59	68,7	82,4	66,6	59,2	74,0	56,5	3,45
Тризо	73,4	73,8	65,6	46,8	68,9	47,1	2,98
Фаворит	64,3	70,2	58,0	46,6	63,9	54,0	2,05
НСП варианта	1,91	2,13	1,05	2,04	1,99	1,67	

**2. Митотическая активность корневых меристем сортов яровой пшеницы (М Я., ‰)**

Время прорастания, час	Вариант						НСП
	контроль	Se	Pb	Cd	Se + Pb	Se + Cd	
Кинельская 59							
28	77,2±0,76	78,1±0,82	49,7±0,38	40,4±0,63	61,2±0,61	29,3±0,72	4,21
30	79,3±0,59	80,0±0,61	44,2±0,75	44,8±0,44	62,9±0,58	30,6±0,39	1,34
32	78,6±0,74	117,9±0,30	65,7±0,57	50,3±0,73	68,5±0,15	60,3±0,57	6,15
34	77,0±0,92	102,0±0,90	53,0±0,36	48,1±0,84	61,2±0,46	50,4±0,80	3,75
36	70,2±1,02	91,8±0,79	50,3±0,91	37,4±0,38	57,4±0,58	47,1±0,55	7,86
38	66,1±0,81	87,2±0,57	49,7±0,27	36,9±0,89	54,5±0,33	35,8±0,83	1,27
40	65,2±0,54	87,7±0,48	49,0±0,33	30,1±0,47	51,4±0,47	30,4±0,79	5,34
42	61,8±0,89	81,7±0,67	40,0±0,47	20,0±1,05	49,3±0,19	21,7±0,52	1,47
Тризо							
28	42,1±0,46	54,7±0,64	18,2±0,29	20,9±0,94	21,4±0,90	15,3±0,61	1,05
30	42,2±0,59	54,8±0,81	18,7±0,41	17,6±0,48	22,5±0,54	14,8±0,24	1,17
32	44,3±0,29	45,7±0,93	19,0±0,77	20,5±0,22	28,4±0,71	17,5±0,49	1,02
34	46,0±0,37	45,2±0,28	19,3±0,46	28,4±0,59	29,9±0,55	26,4±0,87	1,31
36	62,3±0,59	68,9±0,62	21,8±0,55	38,9±0,17	40,8±0,47	30,0±0,26	2,04
38	65,2±0,98	69,3±0,81	23,1±0,54	50,6±0,96	46,7±0,18	32,4±0,91	1,92
40	49,0±1,02	54,2±0,54	19,1±0,77	31,4±0,74	27,5±0,66	16,5±0,20	3,15
42	49,0±1,14	46,4±1,01	16,8±0,53	25,9±0,36	24,4±0,48	10,3±0,70	2,54
Фаворит							
28	60,5±0,21	60,9±0,33	30,1±0,13	20,5±0,26	40,8±0,12	24,2±0,30	1,12
30	62,3±0,27	64,8±0,40	34,2±0,32	24,2±0,15	45,5±0,30	30,4±0,12	1,37
32	70,3±0,11	70,8±0,25	39,1±0,24	30,9±0,21	48,9±0,14	35,1±0,18	1,13
34	71,4±0,34	75,5±0,21	42,0±0,12	34,2±0,09	50,0±0,08	38,2±0,39	1,02
36	78,3±0,18	81,5±0,41	58,4±0,24	40,1±0,11	66,5±0,20	42,5±0,14	1,87
38	70,2±0,26	73,5±0,33	50,2±0,15	33,0±0,24	52,0±0,19	30,2±0,27	1,05
40	68,4±0,24	70,1±0,18	49,9±0,31	31,2±0,17	48,2±0,22	30,0±0,24	1,28
42	40,5±0,45	51,0±0,23	30,5±0,12	28,1±0,15	31,4±0,25	15,8±0,17	1,02

соответственно на 22,5 и 20,1% (рис. 1). Селен значительно увеличивал длину корней и сильно влиял на их число. Взаимодействие ТМ, селена и сорта проявлялось специфично и определялось ростовой и физиологической генетически обусловленной активностью корней на изменение режима питания. Селен увеличивал длину корней пшеницы у сорта Кинельская 59 в среднем на 15,8%, но практически не влиял на этот показатель у остальных сортов. При совместном его использовании со свинцом повышалось число корней у всех сортов, а их длина – у сортов Кинельская 59 и Фаворит. У сорта Тризо число корней было большим, а длина корней оказалась меньшей, чем у растений на контроле. При использовании селена с кадмием число корней у сорта Тризо повышалось на 18,6%, у сорта Фаворит – на 3,8%.

По сравнению с контрольными растениями отмечено снижение массы зачаточных корней от свинца на 16,6%, от кадмия на 17,3%, в том числе по сортам: Кинельская 59 соответственно на 14,8 и 15,6%, Тризо – на 16,7 и 19,3 и Фаворит – на 18,2% (табл. 1). Селен при одностороннем использовании не оказывал влияния на массу корней, но снимал негативное действие металлов у всех сортов при совместном внесении. Первые этапы поглощения тяжелых металлов осуществляются посредством физико-химической адсорбции, а также за счет необратимого неметаболического связывания ионов металлов активными участками клеточной стенки и апопласта [18]. Величина же адсорбции зависит от размера общей адсорбирующей поверхности корня и ее составных частей – рабочей и недействующей.

Результаты показали, что кадмий на 17,9%, а свинец на 5,4% уменьшали долю рабочей адсорбирующей поверхности корней к контролю в среднем по сортам (табл. 1). Наибольшее снижение выявлено у сорта Тризо (на 26,6 и 7,8% соответственно), у сорта Фаворит (17,7 и 6,2%) и Кинельская 59 (9,5 и 2,1%).

Полученные данные свидетельствуют о торможении ростовых процессов. Возможно, это связано с прямым действием металлов на деление и растяжение клеток, так как ионы металлов оказывают сильное негативное воздействие на клеточное деление, которое активно происходит в апикальных меристемах корня. Изучение митотической активности в апикальных меристемах корня как одного из наиболее чувствительных к изменяющимся внешним условиям внутриклеточных процессов, свидетельствует о том, что в интервале времени 28-42 часа с момента прорастания семени в корнях растений пшеницы всех сортов митоз был сильно угнетен под воздействием кадмия (табл. 2).

Величина среднего значения митотического индекса уменьшалась по сравнению со значениями контроля при использовании кадмия на 55,0% у сорта Фаворит, на 61,0% у сорта Тризо и на 39,7% у сорта Кинельская 59. Под действием свинца снижение к контролю составило 21,4% у сорта Кинельская 59, на 33,7% у сорта Фаворит и 41,0% у сорта Тризо. При обработке селеном средний митотический индекс превышал значения контрольного варианта у сорта Кинельская 59 на 42,1%, у сорта Фаворит – на 20,2 и у сорта Тризо – на 9,8%. При совместном использовании селена с металлами показатели индекса у всех сортов несколько увеличивались, но они не достигали значений контроля. Полученные данные свидетельствуют о том, что степень ингибирования ростовых процессов зависит от конкретного для растений металла и чувствительности к нему сорта.

Среди физиологических процессов, определяющих рост и продуктивность растений фотосинтез

наиболее важный. Фотосинтетический аппарат растений очень чувствителен к повышению содержания тяжелых металлов в окружающей среде, что проявляется в нарушении параметров его функционирования. Снижение уровня фотосинтеза у растений в присутствии ТМ связано с их негативным влиянием на структуру клетки и фотосинтетические пигменты [9, 19-21].

Определение хлорофиллов «а» и «б» (Хл «а», Хл «б») в листьях опытных растений показало, что концентрация их зависела как от свойств металлов, так и от сортовых особенностей пшеницы. Выявлено снижение содержания Хл «а» к контролю от свинца на 12,5%, в том числе у сорта Кинельская 59 на 6,1%, Тризо – на 19,1; Фаворит – на 11,8%; от кадмия в среднем на 16,8% и соответственно по сортам на: 13,3, 23,1 и 14,0% (рис. 2).

Одновременно происходило увеличение количества Хл «б», особенно значительное под влиянием кадмия (на 21,1%), в том числе в листьях сорта Кинельская 59 на 16,7%, Тризо – на 35,1 и Фаворит – на 11,5%, что привело к уменьшению отношения Хл «а» к Хл «б». В литературе есть предположение, что увеличение концентрации Хл «б» связано с защитной реакцией растения на избыток тяжелых металлов [22, 23]. Это свидетельствует о дисфункции фотосинтеза, что служит основной причиной повышенного накопления активных форм кислорода в клетках и индукции окислительного стресса.

Действие селена в опыте при одностороннем применении определялось сортовыми особенностями пшеницы. Элемент практически не влиял на количество Хл «а» у сортов Тризо и Фаворит, но на 24,4% увеличивал его содержание в растениях сорта Кинельская 59. Ослабление селеном негативного влияния свинца и кадмия было обнаружено у всех сортов, но показатели суммы хлорофиллов оставались ниже, чем в контроле.

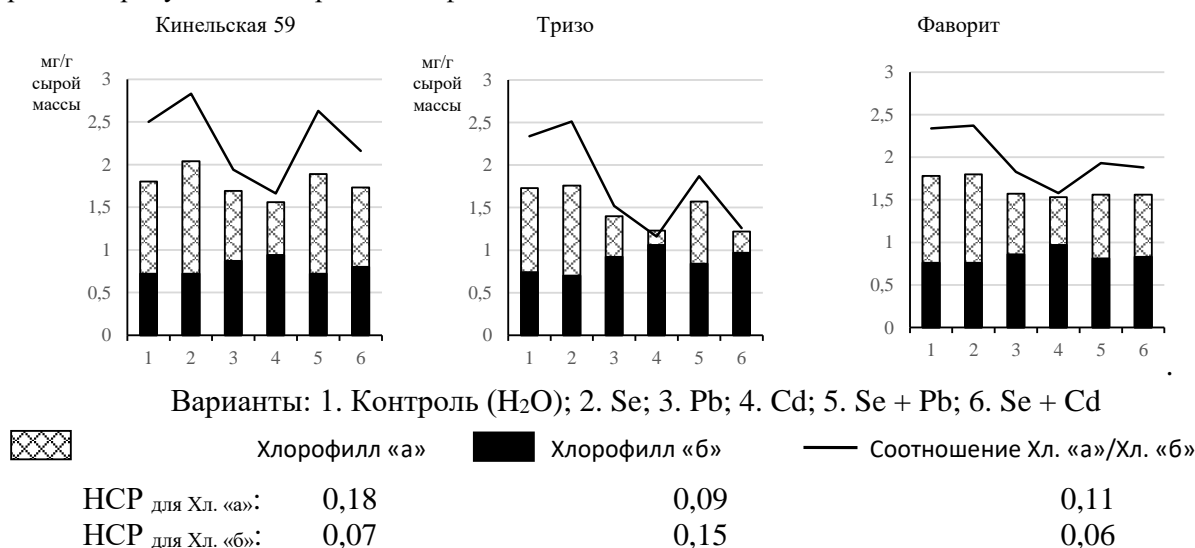


Рис. 2. Влияние ТМ и селена на содержание хлорофиллов и соотношение Хл «а»/Хл «б»

### 3. Содержание свинца и кадмия в растениях пшеницы, мг/кг сухой массы

Элемент	Вариант	Сорт пшеницы					
		Кинельская 59		Тризо		Фаворит	
		1	2	1	2	1	2
Pb	H <sub>2</sub> O	0,63	0,18	0,76	0,26	0,58	0,17
	Se	0,57	0,18	0,78	0,23	0,52	0,14
	Pb	2,02	0,46	3,97	0,72	2,05	0,42
	Cd	0,64	0,21	0,80	0,29	0,67	0,29
	Se + Pb	1,78	0,39	3,79	0,78	1,83	0,40
Se + Cd	0,64	0,46	3,72	0,29	0,69	0,30	
Cd	H <sub>2</sub> O	0,034	0,012	0,037	0,018	0,031	0,017
	Se	0,034	0,013	0,040	0,019	0,030	0,016
	Pb	0,034	0,011	0,036	0,017	0,031	0,014
	Cd	0,219	0,028	0,251	0,046	0,224	0,021
	Se + Pb	0,032	0,014	0,041	0,029	0,031	0,017
	Se + Cd	0,231	0,029	0,299	0,051	0,239	0,023

Примечание. Содержание в: 1 – корнях, 2 – надземной массе (стебли, листья)

Различия в содержании хлорофилла у сортов, возможно, связано с особенностями поглощения ионов металлов корнями, их перемещения из корней

в побеги и накоплением в надземной массе. Определение количества тяжелых металлов в корнях и надземной массе показало, что больше свинца и кадмия содержалось как в корнях, так и надземной части пшеницы сорта Тризо (табл. 3). Вероятно, защитные механизмы и барьеры, функционирующие на уровне клеток и тканей корня, у этого сорта в меньшей степени, чем у других сортов предотвращают попадание тяжелых металлов в надземную часть растения и тем самым влияют фотосинтетические пигменты. Полученные данные подтверждают выводы исследователей о существовании сортовой специфики в действии селена на растения [9, 24, 25].

Комплексная оценка устойчивости яровой мягкой пшеницы к стрессу, вызванному свинцом и кадмием, показала, что металлы по-разному влияют на ростовые процессы и их действие зависит от сортовых особенностей (табл. 4). Наиболее сильно негативное действие отразилось на ростовых процессах сорта Тризо. Суммарный показатель, выраженный в баллах, оказался на 9,4-11,2% ниже, чем у сорта Кинельская 59 и на 2,8-7,9% у сорта Фаворит.

### 4. Оценка устойчивости сортов пшеницы к стрессу, вызванному тяжелыми металлами, балл

Сорт	Всхожесть семян	Суммарный морфометрический показатель	Хлорофилл (a + b)	Адсорбирующая поверхность корней	Сумма
Устойчивость к действию свинца					
Кинельская	106,6	105,1	107,1	105,1	423,9
Тризо	93,6	94,9	95,7	100,0	384,2
Фаворит	99,8	101,3	98,0	94,9	394,9
Устойчивость к действию кадмия					
Кинельская	105,8	105,0	107,1	105,8	422,9
Тризо	91,9	93,7	94,9	99,7	380,2
Фаворит	102,3	101,3	98,0	94,5	390,1
Влияние селена					
Кинельская	100,0	100,0	100,0	100,0	400,0
Тризо	100,0	100,4	97,8	99,1	397,3
Фаворит	100,0	99,6	102,2	100,9	402,7

Примечание. В суммарный морфометрический показатель входили показатели: число корней, их длина и масса.

*Таким образом, действие тяжелых металлов на ранних этапах онтогенеза яровой пшеницы проявлялось в ингибировании или ростовых процессов, в первую очередь корневой системы. Влияние на растения было неравнозначным и определялось конкретным металлом и чувствительностью к нему сорта. Наибольший стресс у изученных сортов пшеницы вызывал кадмий, снижающий всхожесть семян, количество корней, деление клеток меристемы. Селен, внесенный совместно со свинцом и кадмием, уменьшал стресс у растений, но полностью не ликвидировал его.*

#### Литература

- Ильин В.Б., Сысо А.И. Микроэлементы и тяжелые металлы в почвах и растениях Новосибирской области. – Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2001. – 290 с.
- Kabata-Pendias A. Trace elements in soils and plants, 4<sup>th</sup> ed. // CRC Press, Boca Raton, 2011. – P. 287-288.
- Титов А.Ф., Таланова В.В, Казнина Н.М., Лайдинен Г.Ф. Устойчивость растений к тяжелым металлам. – Петрозаводск: Карел. науч. центр РАН, 2007. – 172 с.
- Aroga A., Sairam R.K., Srivastata.GS. Oxidative stress and antioxidative system in plants // Current Science, 2002, V. 82. – P. 1227-1238.
- Asada K. Production and scavenging of reactive oxygen species in chloroplasts and their functions // Plant Physiol., 2006, Vol. 141. – P. 391-396.
- Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений и проблемы агроценоза (теория и практика). – М.: ООО Изд-во «Агрус», 2004. – 1156 с.

7. Черных Н.А., Чиркова Т.В. Физиологические основы устойчивости растений: монография. – СПб: Изд-во СПб ун-та, 2002. – 244 с.
8. Зубкова В.М., Зубков Н.В. Химический состав растений при загрязнении почвы тяжелыми металлами: монография. – М.: Изд-во РГСУ, 2013. – 148 с.
9. Вихрева В.А., Блинохватов А.А., Клейменова Т.В. Селен в жизни растений: монография. – Пенза: РИО ПГСХ, 2012. – 222 с.
10. Скрыпник Л.Н., Чупахина Г.Н. Влияние селена и цинка на устойчивость растений китайской капусты к окислительному стрессу // Вестник РГУ им. И. Канта. Серия Естественные науки, 2007, № 4. – С. 73-79.
11. Головацкая И.Ф., Кулагина Ю.М., Павлова Д.Г., Карначук Р.А. Влияние селена на морфогенез и биохимические параметры растений *Triticum aestivum* L. в зависимости от селективного света // Агрохимия, 2013, № 5. – С. 58-65.
12. Третьяков Н.Н. Практикум по физиологии растений. – М.: Колос, 1980. – 271 с.
13. Lichtenthaler H.K., Wellburn A.R. Determination of total carotenoids and chlorophylls A and B of leaf in different solvents // BiolSoc Trans, 1985, № 11. – P. 591-592.
14. Паушева З.П. Практикум по цитологии растений. – М.: Колос, 1974. – 299 с.
15. Животков Л.А., Морозова З.А., Секутаева Л.И. Методика выявления потенциальной продуктивности и адаптивности сортов и селекционных форм озимой пшеницы по показателю урожайности // Селекция и семеноводство, 1994, № 2. – С. 3-6.
16. Шмидт В.М. Математические методы в ботанике. – Л.: Изд-во ЛГУ, 1984. – 288 с.
17. Серегин И.В., Кожевникова А.Д. Распределение кадмия, свинца, никеля и стронция в набухающих зерновках кукурузы // Физиология растений, 2005, Т. 52, № 4. – С. 635-640.
18. Hart J.J., Welch R.M., Norvell W.A., Sullivan L.A., Kochian L.V. Characterization of cadmium binding, uptake and translocation in intact seedlings of bread and durum wheat cultivars // Plant Physiol., 1998, V. 116. – P. 1413-1420.
19. Верниченко И.В., Яковлев П.А. Изучение протекторного действия Se, Si и Zn на устойчивость зерновых культур к почвенной засухе // Агрохимический вестник, 2014, № 4. – С. 15-17.
20. Серегина И.И., Верниченко И.В., Ниловская Н.Т. Продуктивность и устойчивость яровой пшеницы в условиях окислительного стресса при применении селена // Агрохимия, 2015, № 3. – С. 56-63.
21. Kosobryukhov A.A., Semenova G.A., Fomina I.R., Lyubimov V.Yu., Nadezhkina E.S., Balakhnina T.I. Mesophyll cell ultrastructure of wheat leaves etiolated by lead and selenium // Journal of Plant Physiology, 2017, № 219. – P. 37-44.
22. Балахнина Т.И., Надежкина Е.С. Эффект селена на рост и антиокислительные способности *Triticum aestivum* L. в течение развития окислительного стресса, вызванного свинцом // Физиология растений, 2017, Т. 64, № 2. – С. 215-223.
23. Лукаткин А.С., Егорова И.В., Латюк И.Д., Русяева М.М., Арсланкина Н.Ю. Окислительный стресс в растениях и культурах клеток при действии ксенобиотиков и тяжелых металлов / Тез. док. Всерос. симпозиума «Растения и стресс». – М.: Институт физиологии растений РАН, 2010. – С. 221-223.
24. Серегина И.И. Продуктивность и адаптивность сельскохозяйственных культур при использовании микроэлементов и регуляторов роста: автореф. дисс. д.б.н. – Москва, 2008. – 40 с.
25. Голубкина Н.А., Папаян Т.Т. Селен в питании: растения, животные, человек. – М.: Печатный город, 2006. – 254 с.

УДК 631.42:631.45:631.95

DOI 10.24411/0235-2516-2018-10045

## **ВЛИЯНИЕ ИЗВЕСТИ НА БИОЛОГИЧЕСКУЮ ПОДВИЖНОСТЬ <sup>137</sup>Cs В ПОЧВАХ РАЗЛИЧНЫХ ТИПОВ**

**Н.В. Андреева, Н.В. Белова, к.с.-х.н., В.К. Кузнецов, д.б.н., Н.И. Санжарова, д.б.н.**  
*ВНИИ радиологии и агроэкологии, e-mail: nva2803@yandex.ru*

*В вегетационном и полевом экспериментах на дерново-подзолистой супесчаной и болотно-торфяной почвах изучено влияние извести на накопление <sup>137</sup>Cs в ячмене и овсе. Биологическая подвижность <sup>137</sup>Cs существенно снижалась во всех вариантах опытов. Выявлено, что переход <sup>137</sup>Cs в растения на болотно-торфяной почве в 7 раз выше, чем на дерново-подзолистой супесчаной. Установлено, что влияние мелиоранта повышается при увеличении дозы и времени его последования, максимальный эффект наблюдался на 3-й год после внесения в почву извести. При внесении извести в дозе 2,0 Н<sub>2</sub> коэффициент накопления <sup>137</sup>Cs снижался в 1,5-2,0 раза на дерново-подзолистой супесчаной и болотно-торфяной почвах. Максимальная эффективность снижения накопления <sup>137</sup>Cs в растениях наблюдалась при комплексном применении известковых и минеральных удобрений.*

**Ключевые слова:** почва, <sup>137</sup>Cs, радионуклид, биологическая подвижность, известь.

INFLUENCE OF LIME ON BIOLOGICAL MOVEMENT  $^{137}\text{Cs}$  IN SOILS OF VARIOUS TYPES

N.V. Andreeva, Ph.D. N.V. Belova, Dr.Sci. V.K. Kuznetsov, Dr.Sci. N.I. Sanzharova

All-Russian Scientific-Research Institute of Radiology and Agroecology, e-mail: nva2803@yandex.ru

*The influence of lime on the accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  in barley and oats was studied in vegetation and field experiments on soddy-podzolic sandy loam and marsh-peat soils. Biological mobility of  $^{137}\text{Cs}$  significantly decreased in all variants of experiments. It was revealed that the transition of  $^{137}\text{Cs}$  to plants on marsh-peat soil is 7 times higher than on soddy-podzolic sandy loam. It was found that the effect of meliorant increases with increasing dose and time of its aftereffect, the maximum effect was observed on the 3<sup>rd</sup> year after the introduction of lime into the soil. When lime was applied at a dose of 2.0 Ng, the accumulation coefficient of  $^{137}\text{Cs}$  decreased by 1.5-2.0 times on soddy-podzolic sandy loam and marsh-peat soils. The maximum efficiency of reducing the accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  in plants was observed with the complex use of lime and mineral fertilizers.*

**Keywords:** soils,  $^{137}\text{Cs}$ , radionuclide, biological mobility, lime.

Изучение различных методов, технологий и приемов, уменьшающих опасность загрязнения сельскохозяйственной продукции радиоактивными изотопами, имеет большое практическое значение. Одним из эффективных приемов снижения биологической доступности радионуклидов на кислых почвах является известкование, применение которого снижает переход  $^{137}\text{Cs}$  в сельскохозяйственную продукцию в 1,5-5,4 раза [1-3]. Действие извести основано на нейтрализации кислотности почвенного раствора, вытеснении ионов водорода из почвенно-поглощающего комплекса и насыщении его кальцием [4]. Известковые удобрения слабо растворяются и медленно взаимодействуют с почвой, благоприятная реакция среды после их внесения устанавливается не сразу, поэтому действие извести на улучшение агрохимических свойств почвы проявляется постепенно, максимальный эффект наблюдается только на второй или на третий год после внесения [5]. Применение известковых удобрений оказывает многостороннее действие на почву (снижается кислотность почвенного раствора, повышается сумма обменных оснований, увеличивается содержание обменного кальция и магния), что в свою очередь влияет на распределение в почве форм  $^{137}\text{Cs}$  [6, 7].

**Цель исследований** – изучение изменений, происходящих в почве при внесении извести и их влияние на поведение радионуклидов в системе почва – растение.

**Материалы и методы.** Действие извести изучали в вегетационном и полевом опытах на двух типах почв: дерново-подзолистой супесчаной и на болотно-торфяной. Вегетационный опыт проводили в трехкратной повторности, в сосудах емкостью 3 кг для дерново-подзолистой и 1,5 кг для болотно-торфяной почвы. Агрохимические показатели дерново-подзолистой супесчаной почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  5,7; гидролитическая кислотность 1,9 мг-экв/100 г; подвижный фосфор 102 мг/кг; обменный калий 146 мг/кг; сумма обменных оснований 3,5 мг-экв/100 г; обменный Mg 0,7 мг-экв/100 г; обменный Ca 2,67 мг-экв/100 г; гу-

мус 1,8%; болотно-торфяной почвы:  $\text{pH}_{\text{KCl}}$  4,8; гидролитическая кислотность 26,2 мг-экв/100 г; подвижный фосфор 131 мг/кг; обменный калий 61 мг/кг; сумма обменных оснований 17,1 мг-экв/100 г; обменный Mg 0,8 мг-экв/100 г; обменный Ca 4,0 мг-экв/100 г; органическое вещество 25,5%.

$^{137}\text{Cs}$  был внесен в виде азотнокислого раствора в количестве  $56,4 \times 10^4$  Бк/сосуд и удельной активностью  $18,8 \times 10^4$  Бк/кг для дерново-подзолистой и  $37,6 \times 10^4$  для болотно-торфяной почвы. Известь в виде доломитовой муки вносили в сосуд по истечении двухнедельной инкубации радионуклида в почве.

Схема опыта: 1. Контроль без NPK; 2. Фон ( $\text{N}_{150}\text{P}_{100}\text{K}_{100}$ ); 3. Фон + известь (0,5 Н<sub>Г</sub>); 4. Фон + известь (1 Н<sub>Г</sub>); 5. Фон + известь (2 Н<sub>Г</sub>).

В опыте использовали ячмень сорта Зазерский-85. В течение вегетационного периода влажность почвы в вегетационных сосудах поддерживали на уровне 60% от полной влагоемкости. Последствие извести на переход  $^{137}\text{Cs}$  из почвы в растения оценивали в течение трех лет. Фоновые дозы минеральных удобрений вносили ежегодно.

Полевой опыт проводили на территории СПК «Комсомолец» Новозыбковского района Брянской области, сельскохозяйственные угодья которого в наибольшей степени пострадали от аварии на Чернобыльской АЭС. Почвенный покров экспериментальных участков представлен дерново-подзолистой супесчаной и болотно-торфянистой глеевой супесчаной почвами. Повторность опыта четырехкратная, площадь делянок составляла 1250 м<sup>2</sup>, учетная – 1000 м<sup>2</sup>. Схема опыта: 1. Контроль без удобрений; 2. Известь 1 Н<sub>Г</sub> (3 т/га); 3. Известь 1 Н<sub>Г</sub> (3 т/га) +  $\text{N}_{80}\text{P}_{120}\text{K}_{160}$ .

Агрохимические показатели почвы опытных участков: дерново-подзолистая супесчаная почва  $\text{pH}$  5,7; Н<sub>Г</sub> 2,7 мг-экв/100 г; сумма обменных оснований 15,2 мг-экв/100 г; содержание подвижного фосфора и обменного калия соответственно 109 и 111 мг/кг; обменного Ca и Mg 9,6 и 1,5 мг-экв/100 г; гумус 2,60%; болотно-торфянистая почва:  $\text{pH}$  5,7; Н<sub>Г</sub> 27,1 мг-экв/100 г; сумма обменных оснований 35,7

мг-экв/100 г; содержание подвижного фосфора и обменного калия соответственно 153 и 136 мг/кг; обменного Ca и Mg 23,8 и 2,7 мг-экв/100 г; органическое вещество 25,2%.

Плотность загрязнения почвы опытных участков  $^{137}\text{Cs}$  составляла  $751 \pm 88$  кБк/м<sup>2</sup> для дерново-подзолистой почвы и  $687 \pm 122$  кБк/м<sup>2</sup> – для болотно-торфянистой.

Для определения форм нахождения  $^{137}\text{Cs}$  в почве использовали метод последовательной экстракции [8]. В качестве экстрагентов для определения обменных и легкорастворимых форм  $^{137}\text{Cs}$  использовали раствор 1 н  $\text{CH}_3\text{COONH}_4$  (рН 7,0), а форм, прочно связанных с оксидами железа, алюминия и глинистыми минералами – 1 н  $\text{HCl}$ . Более фиксированные в почве формы  $^{137}\text{Cs}$  извлекались 3 н  $\text{HCl}$ .

Основные агрохимические показатели определяли общепринятыми методами: рН<sub>KCl</sub> – потенциометрическим методом; гидролитическую кислотность – по Каппену; содержание гумуса – по Тюрину; сумму обменных оснований – по Каппену-Гильковицу, содержание подвижного фосфора и калия – по Кирсанову [9]. Содержание  $^{137}\text{Cs}$  в образцах почв и растений определяли гамма-спектрометрическим методом на программируемой спектрометрической системе на базе многоканального программируемого анализатора типа IN-1200 фирмы «Интертехника» в сочетании с полупроводниковым детектором из сверхчистого Ge (High PG) с энергетическим разрешением 1,8 КэВ по  $\gamma$ -линии 1332 КэВ радионуклида  $^{60}\text{Co}$ . Ошибка измерений составляет не более 10%. Концентрацию стабильных элементов K, Ca, Mg в растворах измеряли методом атомной абсорбции в воздушно-ацетиленовом пламени на приборе Varian SpectrAA 250+.

Для оценки накопления  $^{137}\text{Cs}$  в растениях рассчитывали коэффициент накопления  $^{137}\text{Cs}$  как отношение содержания  $^{137}\text{Cs}$  в растениях к его содержанию в почве:  $K_n = (\text{Бк/кг растения}) / (\text{Бк/кг почвы})$ .

Для оценки распределения радионуклида между твердой и жидкой фазами почв определяли коэффициент распределения ( $K_p$ ), который характеризует поведение радионуклида в системе почва – раствор.

Расчет  $K_p$  проводили по соотношению:

$$K_p = \left( \frac{A_n}{A_{H_2O}} \right) \cdot \left( \frac{m_{H_2O}}{m_n} \right)$$

где:  $A_{H_2O}$  – количество радионуклида в почвенном растворе;  $A_n$  – разница между количеством радионуклида в почве в целом и количеством радионуклида в почвенном растворе;  $m_n$  – масса абсолютно сухой почвы;  $m_{H_2O}$  – масса почвенного раствора.

Для определения  $m_{H_2O}$  образцы почв насыщали водой до полной влагоемкости (ПВ), далее медленно в течении нескольких дней высушивали при постоянной температуре (25°C) до влажности 60% от ПВ. Затем образцы выдерживали в эксикаторе в течении 1 суток для равномерного распределения

влаги в почве, после чего они подвергались центрифугированию в течении часа при 3000 об/мин. Содержание радионуклидов в почве и растворе определяли гамма-спектрометрическим методом [7].

Статистическую обработку данных проводили при помощи Excel'00 и Статистика 5.5. Для оценки взаимной связи параметров почв и влияния их на переход радиоцезия в растения рассчитывали коэффициенты парной корреляции между показателями.

**Результаты исследований.** Изучение поведения  $^{137}\text{Cs}$  в системе почва – растение в вегетационном опыте показало, что накопление  $^{137}\text{Cs}$  растениями существенно различалось в зависимости от типа почвы (рис. 1). Переход радионуклида в растения на торфяной почве в 7 раз выше, чем на дерново-подзолистой. Коэффициент накопления  $^{137}\text{Cs}$  в первый год опыта на контроле составил 7,7. Внесение удобрений и мелиоранта снижало этот показатель до 4,0-6,0 раз, а на второй и третий год – до 2,5-4,0 раз.

Внесение доломитовой муки в дерново-подзолистую почву из расчета 0,5 Н<sub>г</sub> уменьшало накопление  $^{137}\text{Cs}$  растениями в первый год в 1,1 раза, повышение дозы до 2,0 Н<sub>г</sub> снижало переход радионуклида в 1,5 раза по сравнению с контролем. Такая зависимость от дозы мелиоранта наблюдалась и в последующие 2 года, а эффективность действия повышалась. Так, на второй год накопление  $^{137}\text{Cs}$  в растениях снижалось в 1,4-1,8 раза в зависимости от дозы извести, на третий год – 1,4-2,0 раза. Действие известкования на торфяной почве было меньше и последствие агро-мелиоранта ниже, чем на дерново-подзолистой почве. В первый год после внесения извести коэффициент накопления  $^{137}\text{Cs}$  снизился до 2,0 раз в зависимости от дозы мелиоранта, на второй год наметилась тенденция повышения перехода радионуклида в растения. Это можно объяснить тем, что на торфяных почвах известкование усиливает разложение органического вещества, которое служит фактором, препятствующим фиксации  $^{137}\text{Cs}$  вследствие экранизации поверхности минеральных частиц, а также образования Cs-органических соединений, которые могут быть более доступны для растений [3]. На третий год опыта отмечается четкая связь между дозой применения извести и коэффициентом накопления  $^{137}\text{Cs}$  растениями. При внесении доломитовой муки в дозах, рассчитанных 0,5, 1,0, 2,0 Н<sub>г</sub>, коэффициент накопления  $^{137}\text{Cs}$  снизился соответственно в 1,2, 1,3, 1,6 раза.

На дерново-подзолистой и на болотно-торфяной почвах известкование приводило к повышению содержания обменных форм калия и кальция, снижению величин  $K_p$ , а также уменьшению содержания подвижных форм цезия в почве. Корреляционный анализ выявил высокое достоверное влияние содержания обменных катионов калия и кальция на наличие радиоцезия в доступной и подвижной формах в почвах (вытяжки 1 н  $\text{AcNH}_4$  и 1 н  $\text{HCl}$  соответственно).

На дерново-подзолистой почве проявилась прямая зависимость коэффициента перехода в растения от количества обменного кальция и обратная зависимость от калия (таблица).

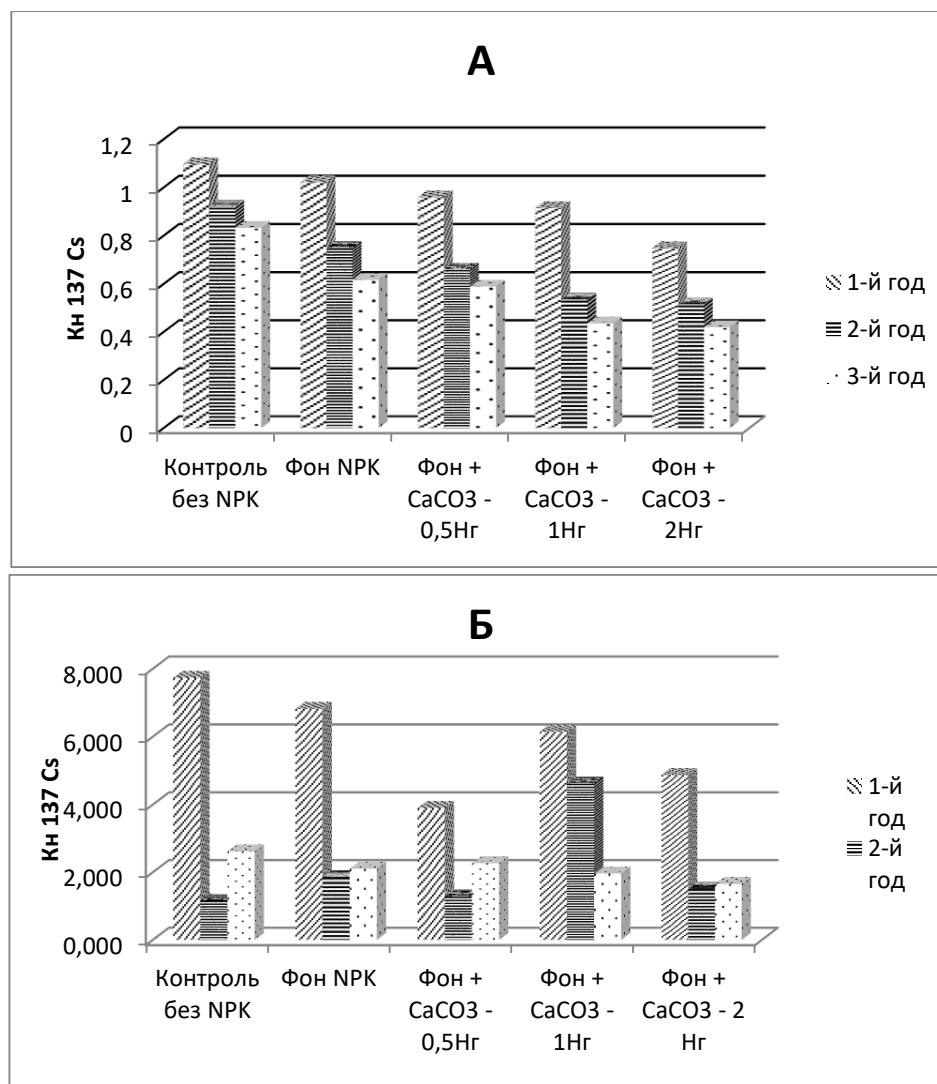
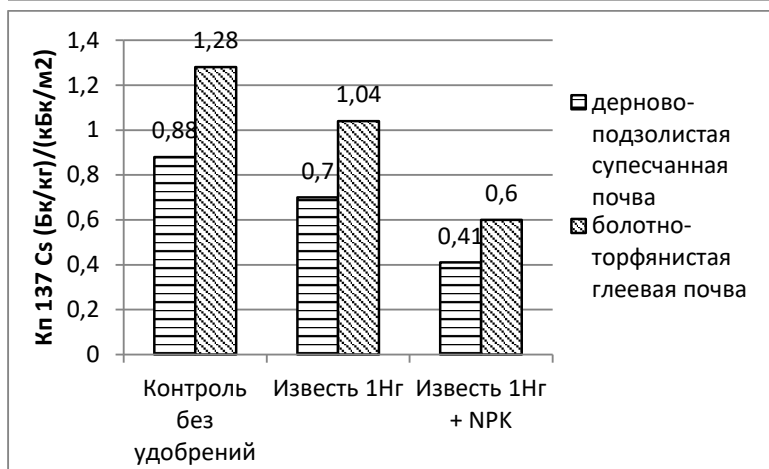


Рис. 1. Накопление <sup>137</sup>Cs в соломе ячменя при внесении извести на дерново-подзолистой (А) и болотно-торфяной (Б) почве

**Коэффициенты корреляции зависимости почвенных характеристик и величины Кн <sup>137</sup>Cs в различных почвах**

Показатель	Кр	Са	К	Обменный <sup>137</sup> Cs	Подвижный <sup>137</sup> Cs	Кн
Дерново-подзолистая глеевая супесчаная почва						
Кр	1					
Са	0,015	1				
К	0,395*	0,412*	1			
Обменный <sup>137</sup> Cs	0,105	0,684*	0,8057*	1		
Подвижный <sup>137</sup> Cs	0,126	0,676*	0,797*	0,786*	1	
Кн	-0,25	0,371*	-0,349*	-0,349	0,543*	1
Болотно-торфяная почва						
Кр	1					
Са	0,137	1				
К	-0,25	0,466*	1			
Обменный <sup>137</sup> Cs	-0,08	0,535*	0,9072*	1		
Подвижный <sup>137</sup> Cs	-0,08	0,542*	0,9297*	0,969*	1	
Кн	0,453*	-0,008	-0,141	-0,141	0,552*	1

\* отмечены значимые корреляции.



**Рис. 2. Коэффициенты перехода <sup>137</sup>Cs в солому овса различных вариантов**

Полученные результаты позволяют сделать вывод о различиях в механизме действия извести на двух типах почв. На дерново-подзолистой почве внесение извести способствует снижению доступности радиоцезия путем снижения содержания его подвижных форм в почве за счет фиксации, при этом катионы кальция в почвенном растворе способствуют этому процессу.

На болотно-торфяной почве переход радионуклидов в растения зависит от Кр, от количества прочно сорбированных в твердой фазе радионуклидов, а также от содержания подвижных форм <sup>137</sup>Cs в почве. На торфяной почве на фиксацию цезия в твердой фазе не влияет концентрация обменного калия и кальция, что показывает отсутствие всяких корреляций между этими параметрами, а вот содержание подвижных форм <sup>137</sup>Cs зависит и от извести, и от калия.

Исследования в полевом эксперименте показали, что накопление <sup>137</sup>Cs в соломе овса при применении известкования и минеральных удобрений существенно ниже, чем на контроле (рис. 2). Внесение извести способствовало снижению накопления <sup>137</sup>Cs в урожае в 1,3 раза на дерново-подзолистой и 1,4 раза на болотно-торфяной глеевой почве по сравнению с контролем. Эффективность известкования проявлялась в течение 4-5 лет, снижаясь с течением времени. Снижение биологической подвижности <sup>137</sup>Cs при известковании происходит как в результате нейтрализации кислотности почвенного раствора, так и конкурентного воздействия ионов Са при поступлении радионуклидов в растения.

Максимальная эффективность снижения накопления <sup>137</sup>Cs в растениях наблюдалась при комплексном применении извести и минеральных удобрений в дозе N<sub>80</sub>P<sub>120</sub>K<sub>160</sub>, что позволяет снизить накопление <sup>137</sup>Cs в 1,9 раза на дерново-подзолистой, а на болотно-торфянистой глеевой почве 2,1 раза.

Высокая эффективность применения удобрений обуславливается оптимизацией агрохимических свойств почв, закреплением <sup>137</sup>Cs в составе почвенно-поглощающего комплекса, созданием максимально возможных конкурентных условий при поступлении <sup>137</sup>Cs в растения со стороны макроэлементов (в первую очередь, калия и кальция) и снижением за счет этих процессов накопления <sup>137</sup>Cs в продукции растениеводства. Выявлено и последствие внесения извести на снижение поступления <sup>137</sup>Cs в растения. Максимум снижения величины Кп на

обоих типах почв пришелся на третий год эксперимента.

Внесение доломитовой муки в дозах 0,5-2,0 Нг снижает подвижность <sup>137</sup>Cs в почве. При этом на болотно-торфяной почве переход <sup>137</sup>Cs был значительно больший (до 7,0 раз) по сравнению с дерново-подзолистой супесчаной. Установлено, что влияние мелиоранта повышается при увеличении дозы и времени последствия, максимальный эффект наблюдался на 3-й год после применения. При внесении извести в дозе 2,0 Нг коэффициент накопления снижался в 1,5-2,0 раза на дерново-подзолистой и болотно-торфяной почвах.

*Таким образом, внесение извести способствует снижению доступности <sup>137</sup>Cs путем уменьшения содержания его подвижных форм в почве за счет фиксации, при этом катионы кальция в почвенном растворе способствуют процессу.*

**Литература**

1. Алексахин Р.М., Моисеев И.Т., Тихомиров Ф.А. Поведение <sup>137</sup>Cs в системе почва-растение и влияние внесения удобрений на накопление радионуклида в урожае // Агрохимия, 1992, № 8. – С. 127-138.
2. Fesenko S., Howard B.J., Sanzharova N., Vidal M. Remediation of Areas Contaminated by Cesium: Basic Mechanisms Behind Remedial Options and Experience in Application. In: Impact Cesium on Plants and the Environment. Eds. K. Gubta, C. Walther. Springer International Publishing Switzerland, 2017. – PP. 265-310.
3. Санжарова Н.И., Панов А.В., Исамов Н.Н., Прудников П.В. Защитные и реабилитационные мероприятия в сельском хозяйстве: к 30-летию аварии на ЧАЭС // Агрохимический вестник, 2016, № 2. – С. 5-9.
4. Шильников И.А., Сычев В.Г., Зеленев Н.А., Аканова Н.И. Известкование как фактор урожайности и почвенного плодородия. – М.: ВНИИА, 2008. – 340 с.
5. Поникарова Т.М., Ефимов В.Н., Дричко В.Ф., Рябцева М.Е. Роль органического вещества и минеральной части торфов в сорбции радиоцезия // Почвоведение, 1995, № 9. – С. 1096-1100.
6. Кузнецов В.К., Санжарова Н.И., Аксенова С.П., Котик Ж.А. Снижение накопления <sup>137</sup>Cs в сельскохозяйственных культурах под воздействием мелиорантов // Агрохимия, 1995, № 4. – С. 74-79.
7. Кузнецов В.К., Санжарова Н.И., Серегин С.В., Грунская В.П., Бровкин В.И. Оценка влияния длительного применения минеральных удобрений на свойства почв, качество продукции и накопление <sup>137</sup>Cs урожаем зерновых культур // Агрохимия, 2017, № 2. – С. 64-72.
8. ОСТ 10 071-95 «Стандарт отрасли, Почвы. Методика определения Cs-137 в почвах сельхозугодий».
9. Агрохимические методы исследования почв. – М.: Наука, 1975. – 656 с.

## ВЛИЯНИЕ ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОГО УДОБРЕНИЯ СУПРОДИТ-М НА НАКОПЛЕНИЕ $^{137}\text{Cs}$ КУКУРУЗОЙ В УСЛОВИЯХ РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕНИЯ ПОЧВ

О.Ю. Баланова, А.Н. Ратников, д.с.-х.н., Г.И. Попова, к.б.н.,  
С.П. Арышева, к.б.н., Д.Г. Свириденко, к.б.н.  
ВНИИ радиологии и агроэкологии, e-mail: animaleco15@rambler.ru

*В условиях вегетационного опыта на серой лесной почве изучено влияние органоминерального удобрения СУПРОДИТ-М на снижение накопления  $^{137}\text{Cs}$  в растениях кукурузы. Установлено, что содержание  $^{137}\text{Cs}$  в почве в вариантах с минеральными удобрениями на 44-53% ниже, чем в контроле. Внесение СУПРОДИТ-М снижало количество  $^{137}\text{Cs}$  на 27-35% по сравнению с использованием азофоски и простых минеральных удобрений. Доля подвижных форм  $^{137}\text{Cs}$  при внесении минеральных удобрений составляет 8,0-8,6%, а СУПРОДИТ-М – 6,8% от суммарного содержания в почве. Суммарное количество  $^{137}\text{Cs}$ , доступного для растений, при внесении СУПРОДИТ-М снижается по сравнению с контролем на 70%, а при внесении минеральных удобрений – на 33-34%. Количество кислоторастворимого  $^{137}\text{Cs}$  в вариантах с минеральными удобрениями в среднем в 2,0 раза выше, чем на удобренной почве. Применение СУПРОДИТ-М заметно влияло на фракционный состав  $^{137}\text{Cs}$ , количество обменного и подвижного  $^{137}\text{Cs}$  в вариантах с СУПРОДИТ-М было на 26,7% ниже, чем в вариантах с азофоской. За счет комплексного сорбента, входящего в состав СУПРОДИТ-М более прочно фиксируется  $^{137}\text{Cs}$  ППК. Прочность фиксации  $^{137}\text{Cs}$  при внесении СУПРОДИТ-М по сравнению с азофоской возрастает на 9,3%. Удобрение СУПРОДИТ-М позволяет получать урожай кукурузы с наименьшим содержанием  $^{137}\text{Cs}$ . Установлено, что эффективность СУПРОДИТ-М по уменьшению накопления  $^{137}\text{Cs}$  в урожае кукурузы в 1,8 раза выше, чем у азофоски.*

**Ключевые слова:** СУПРОДИТ-М, минеральные удобрения,  $^{137}\text{Cs}$ , серая лесная почва, кукуруза, урожайность.

## INFLUENCE OF ORGANOMINERAL FERTILIZER SUPRODIT-M ON ACCUMULATION $^{137}\text{Cs}$ BY CORN IN THE CONDITIONS OF RADIOACTIVE SOIL POLLUTION

O.Yu. Balanova, Dr.Sci. A.N. Ratnikov, Ph.D. G.I. Popova, Ph.D. S.P. Arysheva, Ph.D. D.G. Sviridenko  
All-Russian scientific research institute of radiology and agroecology, e-mail: animaleco15@rambler.ru

*There was studied the influence of organic-mineral fertilizer SUPRODIT-M on the reduction of  $^{137}\text{Cs}$  accumulation in maize plants under the conditions of vegetation experience on the experimental basis of the All-Russian Research Institute of Radiology and Agroecology on gray forest soil. Findings show that the content of exchange  $^{137}\text{Cs}$  in the soil in variants with mineral fertilizers is 44-53% lower than in the control. The introduction of SUPRODIT-M contributed to a decrease in the amount of exchangeable  $^{137}\text{Cs}$  by 27-35% compared to the use of Azofoska and simple forms of mineral fertilizers. The share of mobile forms of  $^{137}\text{Cs}$  when applying mineral fertilizers is 8.0-8.6%, and SUPRODIT-M – 6.8% of the total content in the soil. The total amount of  $^{137}\text{Cs}$  available for plants when applying SUPRODIT-M is reduced by 70% compared to the control, and by 33-34% when applying mineral fertilizers. The amount of acid-soluble  $^{137}\text{Cs}$  in versions with mineral fertilizers is on average 2.0 times higher than on unfertilized soil. The use of SUPRODIT-M had a noticeable effect on the fractional composition of  $^{137}\text{Cs}$ , the amount of exchange and mobile  $^{137}\text{Cs}$  in the SUPRODIT-M variants was 26.7% lower than in the variants with Azofoska. The use of SUPRODIT-M leads to a more stable fixation of  $^{137}\text{Cs}$  of PPC due to the complex sorbent that is part of the fertilizer: the content of the fixed form increases in comparison with the variant with the Azofoska. The fixation strength of  $^{137}\text{Cs}$  when applying SUPRODIT-M is 9.3% higher than in the case of Azofoska. The application of the SUPRODIT-M fertilizer allows obtaining corn yield with the lowest content of  $^{137}\text{Cs}$ . It was established that the efficiency of SUPRODIT-M in reducing the accumulation of  $^{137}\text{Cs}$  in maize yield is 1.8 times higher than in the case of Azofoska.*

**Keywords:** SUPRODITE-M, mineral fertilizers,  $^{137}\text{Cs}$ , gray forest soil, corn, yield.

Загрязнение почв токсикантами различной природы (тяжелыми металлами, радионуклидами, токсическими органическими соединениями) в ряде регионов Российской Федерации значительно превышает безопасные пределы, что служит причиной деградации сельскохозяйственных земель и снижения плодородия почв [1]. При этом получение сельскохозяйственной продукции, соответствующей санитарно-гигиеническим нормативам по содержанию радионуклидов, – главная задача сельского хозяйства. Для ее решения было использовано разработанное во ВНИИРАЭ новое комплексное органоминеральное удобрение пролонгированного действия СУПРОДИТ-М. Удобрение получено на основе трепела, содержит азот, фосфор, калий, активные органические соединения (гуматы калия), микроэлементы и обладает повышенной сорбционной способностью по отношению к тяжелым металлам и радионуклидам ( $^{137}\text{Cs}$ ) техногенного происхождения. Содержание азота составляет 11%; фосфора – 12%; калия – 18; магния – 0,92%; органического вещества – 30%; В – 1200 мг/кг и Мо – 1400 мг/кг. СУПРОДИТ-М защищен патентом РФ № 2426711 от 20.08.2011 г. [2, 3].

**Цель исследования** – изучение влияния органоминерального удобрения СУПРОДИТ-М на подвижность  $^{137}\text{Cs}$  в почве и его накопление в растениях кукурузы.

**Методика исследований.** В условиях вегетационного опыта на серой лесной среднесуглинистой почве, содержащей  $^{137}\text{Cs}$ , изучали действие органоминерального удобрения СУПРОДИТ-М, простых форм минеральных удобрений и азофоски на урожай кукурузы (сорт Катерина), убираемой на силос. Почва до закладки опыта характеризовалась следующими показателями: рН<sub>KCl</sub> 4,7; гидролитическая кислотность 4,2 мг-экв/100 г почвы; гумус 1,8%; содержание подвижного фосфора и обменного калия – 110,0 и 78,0 мг/кг почвы. СУПРОДИТ-М вносили в количестве, сбалансированном по азоту, фосфору и калию ( $\text{N}_{150}\text{P}_{160}\text{K}_{250}$ ), как в варианте с простыми формами минеральных удобрений. Азофоска была внесена в количестве, соответствующем дозе азота 150 г/кг почвы. Радионуклид  $^{137}\text{Cs}$  вносили в виде раствора хлорида в количестве 41,9 кБк/кг почвы.

**Результаты.** Установлено, что применение минеральных удобрений и СУПРОДИТ-М на серой лесной среднесуглинистой почве повышает урожай вегетативной массы кукурузы в 4-6 раза по сравнению с контролем. Применение простых форм удобрений, содержащих N,  $\text{P}_2\text{O}_5$ ,  $\text{K}_2\text{O}$  в легкодоступной для корневого усвоения растениями форме, позволило получить наибольший урожай кукурузы – 375 г/сосуд (табл. 1). Урожайность кукурузы при использовании СУПРОДИТ-М была только на 11% ниже, чем в варианте с NPK. При внесении азофоски в почву из-за недостатка калия в питательной смеси (N:P:K = 1:1:1) сырой вес вегетативной массы сни-

### 1. Продуктивность кукурузы на серой лесной почве с внесением $^{137}\text{Cs}$ при использовании СУПРОДИТ-М

Вариант	Урожай вегетативной массы, г/сосуд	Прибавка урожая за счет удобрений, ± г/сосуд
Без удобрений + $^{137}\text{Cs}$ – контроль	65	-
NPK + $^{137}\text{Cs}$	375	+ 310
СУПРОДИТ-М + $^{137}\text{Cs}$	333	+ 268
Азофоска + $^{137}\text{Cs}$	246	+ 181
НСР <sub>05</sub>	30	

жался на 34,5% по сравнению с использованием простых форм минеральных удобрений, где N:P:K = 1:1,1:1,6. Продуктивность кукурузы при внесении СУПРОДИТ-М увеличилась на 36% по сравнению с применением азофоски.

Агрохимические приемы в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур на радиоактивно загрязненных почвах направлены на повышение плодородия почв и создание почвенных барьеров на пути транспорта радионуклидов из почвы в растения за счет их прочного закрепления в почвенном поглощающем комплексе (ППК). Сорбция радионуклида в почве зависит от реакции среды, емкости поглощения, состава обменных катионов, содержания в почве органического вещества, минералогического и гранулометрического состава почвы. Биологическая доступность  $^{137}\text{Cs}$  определяется содержанием радионуклида в обменной форме (извлекается раствором 1 н  $\text{AcNH}_4$  при рН 7,0), как наиболее легкодоступного для корневого усвоения растениями [3].

Исследования показали, что содержание обменного  $^{137}\text{Cs}$  в почве с удобрениями на 44-53% ниже, чем в контроле. Внесение СУПРОДИТ-М способствовало снижению количества обменного  $^{137}\text{Cs}$  на 27-35% по сравнению с использованием азофоски и простых форм минеральных удобрений. Доля подвижных форм  $^{137}\text{Cs}$  (извлекаются 1 н HCl) при внесении минеральных удобрений составляет 8,0-8,6%, а СУПРОДИТ-М – 6,8% от суммарного содержания в почве (табл. 2). Суммарное количество  $^{137}\text{Cs}$ , доступного для растений (сумма форм  $^{137}\text{Cs}$ , извлекаемых 1 н  $\text{AcNH}_4$  и 1 н HCl), при внесении СУПРОДИТ-М снижается по сравнению с контролем на 70%, а при внесении минеральных удобрений – на 33-34%. Количество кислоторастворимого  $^{137}\text{Cs}$  (извлекается 3н HCl) в вариантах с минеральными удобрениями в среднем в 2,0 раза выше, чем на удобренной почве. Применение СУПРОДИТ-М заметно влияло на фракционный состав  $^{137}\text{Cs}$ : количество обменного и подвижного  $^{137}\text{Cs}$  в вариантах с СУПРОДИТ-М на 26,7% ниже, чем в вариантах с азофоской. Применение СУПРОДИТ-М приводит к

## 2. Формы нахождения <sup>137</sup>Cs в серой лесной почве при внесении СУПРОДИТ-М и минеральных удобрений

Вариант	Содержание <sup>137</sup> Cs, % от суммарного			
	1 н АсNH <sub>4</sub> , рН 7,0	1 н HCl	3 н HCl	остаточная
1	18,1±0,6	9,2±0,4	4,7±0,4	68,0±1,2
2	12,6±0,4	7,9±0,3	9,0±0,7	70,5±1,0
3	9,3±0,5	6,8±0,3	7,6±0,5	76,3±1,1
4	11,8±0,6	8,6±0,4	9,8±0,4	69,8±0,8

## 3. Влияние СУПРОДИТ-М на накопление <sup>137</sup>Cs в урожае кукурузы на серой лесной почве

Вариант	Урожай сухой массы, г/сосуд	K <sub>n</sub> <sup>137</sup> Cs	Вынос <sup>137</sup> Cs с урожаем, Бк/сосуд
1	9,2	0,28	105
2	67,3	0,12	355
3	63,9	0,10	270
4	34,2	0,17	252
НСР <sub>05</sub>	6,5		

более прочной фиксации <sup>137</sup>Cs ППК за счет комплексного сорбента, входящего в состав удобрения: содержание фиксированной (остаточная) формы возрастает по сравнению с вариантом с азофоской (табл. 2). Прочность фиксации <sup>137</sup>Cs при внесении СУПРОДИТ-М по сравнению с азофоской возрастает на 9,3%.

Изменение подвижности <sup>137</sup>Cs в серой лесной почве при внесении СУПРОДИТ-М и минеральных удобрений стало ключевым фактором, определяющим качество урожая кукурузы, убираемой на силос, по содержанию в ней радионуклида. Наибольшее количество <sup>137</sup>Cs накапливает вариант без удобрений, где суммарная доля обменной и подвижной форм радионуклида составила 27,3% (табл. 2). Содержание <sup>137</sup>Cs в вегетативной массе кукурузы при внесении простых форм минеральных удобрений снижается по сравнению с контролем в 1,7 раза, в варианте с азофоской – в 1,6 раза. Накопление <sup>137</sup>Cs в урожае при внесении СУПРОДИТ-М в 2,8 раза ниже, чем в контроле (табл. 3).

Для прогнозирования накопления <sup>137</sup>Cs в урожае и сравнительной оценки эффективности агрохимических приемов по уменьшению перехода радионуклида из почвы в растения используют коэффициент накопления (Бк/кг сухой массы растений)/(Бк/кг почвы). Коэффициент накопления <sup>137</sup>Cs в вегетативной массе кукурузы при применении минеральных удобрений был в 1,2-1,8 раза выше, чем в варианте с СУПРОДИТ-М (табл. 3). Такой эффект связан с тем, что СУПРОДИТ-М обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к <sup>137</sup>Cs и удерживает радионуклид в прочносвязанном состоянии.

Применение агроmeliорантов и минеральных удобрений, содержащих питательный элемент, недостаток которого ограничивает урожай на серой лесной почве, как правило, приводит к увеличению накопления радионуклида в продукции растениеводства.

Применение СУПРОДИТ-М при возделывании кукурузы позволяет уменьшить вынос <sup>137</sup>Cs с зеленой массой в 1,3 раза по сравнению с внесением простых форм минеральных удобрений. Вынос <sup>137</sup>Cs с урожаем кукурузы в варианте с азофоской в 1,4 раза ниже, чем на фоне НРК.

*Таким образом, продуктивность кукурузы на серой лесной почве, содержащей <sup>137</sup>Cs, при внесении СУПРОДИТ-М на 36% выше, чем в варианте с азофоской. СУПРОДИТ-М способствует снижению количества обменного и подвижного <sup>137</sup>Cs в почве на 26,7% и увеличению доли фиксированной формы на 9,3% по сравнению с азофоской. Применение СУПРОДИТ-М позволяет получать урожай кукурузы с наименьшим содержанием <sup>137</sup>Cs, так как он обладает высокими сорбционными свойствами по отношению к радионуклиду, имеет в своем составе гуматы калия и оптимальное соотношение N:P:K = 1,0:1,1:1,6. Эффективность СУПРОДИТ-М по снижению накопления <sup>137</sup>Cs в урожае кукурузы в 1,8 раза выше, чем азофоски.*

### Литература

1. Технологические приемы в растениеводстве, повышающие устойчивость агроценозов в условиях техногенного загрязнения сельскохозяйственных угодий / под ред. Ульяненко Л.Н. и др. – Обнинск: ВНИИСХРАЭ, 2008. – 57 с.
2. Баланова О.Ю., Ратников А.Н., Свириденко Д.Г., Жигарева Т.Л., Попова Г.И., Мазуров В.Н. Новое комплексное удобрение СУПРОДИТ-М – перспективная разработка в современном земледелии / Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: коллективная монография. Книга 2. [под ред. А.И. Еськова]. – Иваново: ПресСто, 2015. – С. 8-15.
3. Ратников А.Н., Санжарова Н.И., Жигарева Т.Л. и др. Разработка и апробация новых комплексных органоминеральных удобрений / Материалы научно-практической конференции «Новые комплексные удобрения для сельскохозяйственного производства». – Калуга-Обнинск: Россельхозакадемия, 2013. – С. 7-23.
4. Ратников А.Н., Сюняев Н.К., Прохоров И.С., Баланова О.Ю., Попова Г.И., Свириденко Д.Г., Петров К.В., Арышева С.П., Сулов А.А. Изучение влияния комплексного удобрения Супродит-М и ООСВ при выращивании сельскохозяйственных культур // Агрохимический вестник, 2017, № 6. – С. 28-31.
5. Методические указания по обследованию почв сельскохозяйственных угодий и продукции растениеводства на содержание тяжелых металлов, остаточных количеств пестицидов и радионуклидов. – М.: Министерство сельского хозяйства и продовольствия Российской Федерации, 1995. – 45 с.

## ОЦЕНКА ФИТОТОКСИЧНОСТИ ЗАГРЯЗНЕННОЙ ДИЗЕЛЬНЫМ ТОПЛИВОМ ТОРФЯНОЙ ПОЧВЫ ПРИ РЕАБИЛИТАЦИИ КОМПЛЕКСНЫМ МЕЛИОРАНТОМ САПРОСИЛ

Л.В. Кирейчева, д.т.н., А.В. Ильинский, к.с.-х.н.

ВНИИ гидротехники и мелиорации им. А.Н. Костякова, e-mail: kireychevalw@mail.ru

*Приведены результаты многолетнего полевого опыта по изучению влияния комплексного мелиоранта Сапросил на фитотоксичность загрязненной дизельным топливом торфяной почвы в процессе ее реабилитации. Экспериментально установлено, что комплексный мелиорант обеспечивает снижение фитотоксичности почвы, загрязненной дизельным топливом. При уровне загрязнения 2,5% использование дозы комплексного мелиоранта 5 т/га устраняет фитотоксический эффект: разница в урожайности на контроле и на опытных вариантах не существенна. Увеличение дозы внесения в почву комплексного мелиоранта усиливало нейтрализацию фитотоксического эффекта от действия нефтепродуктов, наилучший результат достигнут при использовании Сапросила в дозе 10,0 т/га. Комплексный мелиорант, помимо выраженного действия снижения фитотоксичности, обеспечивает удобрительный эффект: при внесении дозы 10 т/га урожайность по сравнению с контролем увеличивается в 1,36 раз.*

**Ключевые слова:** комплексный мелиорант, нефтепродукты, почва, реабилитация, сапропель, торф, фитотоксичность.

## ESTIMATION OF PHYTOTOXICITY CONTAMINATED BY DIESEL FUEL OF PEAT SOIL IN REHABILITATION BY COMPLEX MELIORANT SAPROSIL

Dr.Sci. L.V. Kireycheva, Ph.D. A.V. Ilinskiy

All-Russian research institute for hydraulic engineering and reclamation of A.N. Kostyakov,  
e-mail: kireychvalw@mail.ru

*The results of long-term field experience on the study of the effect of the complex meliorant Saprozil on the phytotoxicity of peat soil contaminated with diesel fuel are presented in the process of its rehabilitation. It has been experimentally established that a complex ameliorant provides a reduction in the phytotoxicity of soil contaminated with diesel fuel. At a pollution level of 2.5%, the use of a dose of a complex meliorant of 5 tons/ha eliminates the phytotoxic effect: the difference in yields in the control and in the experimental variants is not significant. An increase in the dose of introducing a complex ameliorant into the soil increased the neutralization of the phytotoxic effect from the action of petroleum products, the best result was reached when using Saprozil at a dose of 10.0 tons/ha. The complex ameliorant, in addition to the pronounced effect of reducing phytotoxicity, provides a fertilizing effect: when applying a dose of 10 tons per hectare, the yield increases by 1.36 times in comparison with the control.*

**Keywords:** composite ameliorant, oil products, soil, rehabilitation, sapropel, peat, phytotoxicity.

Загрязнение почвенного покрова нефтью и нефтепродуктами происходит на всех этапах хозяйственной деятельности, связанной с добычей, транспортировкой, переработкой, хранением и распределением нефти и нефтепродуктов, особенно в результате аварийных и технологических утечек на магистральных трубопроводах [1-4]. По химическому составу нефтепродукты состоят преимущественно из парафиновых, ароматических, нафтеновых и непредельных углеводородов и вследствие их высокой токсичности принадлежат к числу десяти наиболее опасных загрязнителей окружающей среды [5, 6]. Почва, загрязненная нефтью и нефтепродуктами,

становится не способной выполнять свои экологические функции полноценно [7, 8]. Под фитотоксичностью почвы понимают ее способность подавлять рост и развитие высших растений, обусловленное наличием загрязняющих веществ [9, 10]. Одним из ключевых показателей оценки фитотоксичности почвы служит урожайность тестовых культур [11-13].

Ускорить процессы нейтрализации токсического эффекта от действия нефтепродуктов в почве можно не только путем посева специально подобранных растений, но и созданием условий для их интенсивного роста и повышения метаболической активности их ризосферного микробиоценоза [14-17]. Внесение

органоминеральных удобрений или различных комбинированных мелиорантов пролонгированного действия на основе природных материалов обеспечит, помимо поглощения нефтепродуктов, улучшение структуры почвы и повышение в ней органических веществ, которые снижают токсическое действие на сельскохозяйственные растения [18-25]. В этой связи актуальна разработка для загрязненных нефтепродуктами почв современных, высокоэффективных мероприятий по нейтрализации фитотоксического эффекта. При этом особую роль для снижения токсического действия углеводородов представляет использование многофункционального комплексного мелиоранта пролонгированного действия Сапросил, созданного на основе карбонатного сапропеля [26].

**Цель исследования** – оценка фитотоксичности загрязненной дизельным топливом торфяной почвы при ее реабилитации комплексным мелиорантом пролонгированного действия Сапросил.

**Объекты и методы.** Исследования проводили на маломощной низинной торфяной почве. Почва по кислотности среднекислая, гидролитическая кислотность менее 2,0 мг-экв/100 г, по сумме поглощенных оснований – средняя, содержание органического вещества 19,5%, подвижного фосфора – очень высокое, подвижного калия – среднее. Содержание исследованных поллютантов не превышает установленные санитарно-гигиенические нормативы и распределено следующим образом: кадмий 0,26 мг/кг; свинец 5,81 мг/кг; медь 7,19 мг/кг; цинк 9,58 мг/кг; нефтепродукты 56,1 мг/кг. В полевом опыте выполнено искусственное загрязнение почвы нефтепродуктами путем внесения в опытные делянки дизельного топлива (ДТ) ЕВРО сорт Е, вид III (ДТ-Е-К5) из расчета 2,5% по массе. Эксперимент заложен на микроделянках площадью 1,0 м<sup>2</sup> и промежутками между делянками 1,0 м (повторность опыта трехкратная), размещение вариантов рендомизированное. В качестве комплексного мелиоранта (КМ) при реабилитации загрязненной дизельным топливом торфяной почвы использовали многокомпонентное органоминеральное удобрение многоцелевого назначения Сапросил на основе торфо-сапропелевой смеси с применением аморфного кремнезема

(аэросила) при следующем соотношении компонентов: карбонатный сапропель – 60%, торф – 30%, минеральные удобрения (NPK) – 5%, коллоидный диоксид кремния – 5%. Дозы внесения в почву КМ были установлены на основании результатов ранее проведенных исследований [27, 28]. В качестве тест-культур использованы однолетние травы (горохоовсяная смесь: овес 180 кг/га, горох 120 кг/га) с подсевом многолетних трав (бобово-злаковая травосмесь: клевер красный 20 кг/га, коострец безостый 35 кг/га, тимофеевка луговая 25 кг/га). Агротехника выращивания сельскохозяйственных культур общепринятая для региона.

Варианты закладки и выполнения многолетнего полевого эксперимента были следующие: 1) контроль – почва без загрязнения дизельным топливом и без внесения КМ; 2) загрязненная дизельным топливом почва без КМ (почва + ДТ, 2,5%); 3) почва + ДТ, 2,5% + КМ, 2,5 т/га; 4) почва + ДТ, 2,5% + КМ, 5,0 т/га; 5) почва + ДТ, 2,5% + КМ, 10,0 т/га. Оценку фитотоксичности загрязненной дизельным топливом торфяной почвы при ее реабилитации КМ пролонгированного действия Сапросил осуществляли на основе анализа урожайности тест-культур.

**Результаты исследования.** В первый год эксперимента загрязненность почвы дизельным топливом в концентрации 2,5% без внесения КМ оказала угнетающее действие на развитие однолетних трав (табл. 1): уменьшение урожая сена по сравнению с контрольным вариантом составило 37%. Внесение КМ в дозе 2,5 т/га в загрязненную почву способствовало частичному снижению фитотоксического эффекта от действия поллютанта: уменьшение урожая сена однолетних трав по сравнению с контролем составило 12%. На варианте с КМ в дозе 5 т/га наблюдается нейтрализация фитотоксического эффекта от действия поллютанта: урожай сена однолетних трав превысил урожай, полученный на незагрязненной почве на 0,24 т/га. Наибольшая нейтрализация фитотоксического эффекта зафиксирована при дозе КМ 10 т/га – урожай сена однолетних трав составил 3,0 т/га, что на 0,65 т/га выше контроля. На второй год эксперимента оценивали последствие применения КМ Сапросил на реабилитацию загрязненной нефтепродуктами почвы (табл. 2).

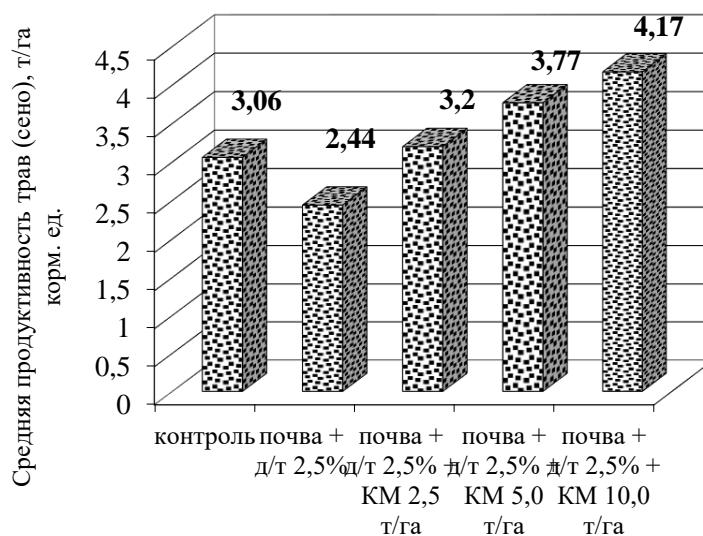
### 1. Влияние различных доз КМ Сапросил на урожайность однолетних трав при выращивании на торфяной почве, загрязненной дизельным топливом (первый год эксперимента)

Вариант	Урожайность однолетних трав (сено), т/га				Прибавка	
	повторность				т/га	% к контролю
	1	2	3	среднее		
1. Контроль	2,48	2,14	2,43	2,35	-	-
2. Почва + ДТ, 2,5%	1,45	1,62	1,40	1,49	-0,86	-37
3. Почва + ДТ, 2,5% + КМ, 2,5 т/га	2,13	2,08	2,03	2,08	-0,27	-12
4. Почва + ДТ, 2,5% + КМ, 5,0 т/га	2,76	2,34	2,67	2,59	0,24	10
5. Почва + ДТ, 2,5% + КМ, 10,0 т/га	2,82	3,15	3,04	3,00	0,65	28
НСР <sub>05</sub>				0,15		

**2. Влияние различных доз КМ Сапросил на урожайность многолетних трав при выращивании на торфяной почве, загрязненной дизельным топливом (второй год эксперимента)**

Вариант	Урожайность мн. трав I укос (сено), т/га			Урожайность мн. трав II укос (сено), т/га			Всего, т/га	Изменение		
	среднее	изменение		среднее	изменение			т/га	т/га	%
		т/га	%		т/га	%				
1.	6,48	-	-	3,52	-	-	10,00	-	-	
2.	5,20	-1,28	-20	3,14	-0,38	-11	8,34	-1,66	-17	
3.	6,27	-0,21	-3	4,56	1,04	30	10,83	0,83	8	
4.	7,39	0,91	14	5,23	1,71	49	12,62	2,62	26	
5.	7,68	1,20	19	6,17	2,65	75	13,85	3,85	39	
НСР <sub>05</sub>	0,13			0,12						

Примечание: расшифровка вариантов дана в таблице 1.



**Оценка средней продуктивности однолетних и многолетних трав с использованием КМ при реабилитации загрязненной дизельным топливом торфяной почвы**

Загрязненная дизельным топливом в концентрации 2,5% почва без КМ продолжила оказывать фитотоксическое действие на развитие растений: уменьшение урожая сена многолетних трав за два укоса по сравнению с контролем составило 17%. На вариантах с КМ наблюдается увеличение урожая по сравнению с контролем на 8-39%, в зависимости от дозы КМ. Увеличение дозы КМ оказало положительный эффект на прибавку урожая сена многолетних трав. Наибольший урожай отмечен на варианте с дозой КМ 10 т/га и составил 13,85 т/га. На варианте с дозой КМ 5 т/га на второй год урожай сена за два укоса превысил урожай контроля на 2,62 т/га. На варианте с КМ в дозе 2,5 т/га на второй год урожай за два укоса превысил контрольный на 0,83 т/га. Средняя за два года продуктивность загрязненной дизельным топливом торфяной почвы показала, что при использовании КМ Сапросил на варианте с дозой 10 т/га зафиксировано ее наибольшее значение, равное 4,17 т/га корм.ед. (рисунок).

При внесении КМ в объеме 5 т/га в почву, загрязненную нефтепродуктами, значение средней продуктивности однолетних и многолетних трав превысило продуктивность в контроле на 0,71 т/га корм.ед. При меньшей дозе (2,5 т/га) продуктивность сопоставима с контролем и составила 3,06-3,20 т/га корм.ед. Самое низкое значение продуктивности (2,44 т/га корм.ед.) зафиксировано на варианте с внесением дизельного топлива без реабилитации КМ.

**Выводы.** Использование для снижения фитотоксичности торфяной почвы, загрязненной нефтепродуктами, комплексного мелиоранта Сапросил показало следующее: при низком уровне загрязненности (2,5%) фитотоксический эффект снижался довольно эффективно: однократное внесение КМ в дозах 5 и 10 т/га способствовало нейтрализации фитотоксичности от действия поллютанта, а также наблюдается удобрительный эффект, выражающийся в прибавке урожайности как однолетних, так и многолетних трав.

**Литература**

1. Черников В.А. и др. Агроэкология. – М.: Колос, 2000. – 536 с.

2. Нейтрализация загрязненных почв: монография / Под ред. Ю.А. Мажайского. – Рязань: Мещерский филиал ГНУ ВНИИГиМ, 2008. – 528 с.
3. Сейдов А., Август С., Пронин Ф. и др. Рынок утилизации нефтешламов в Российской Федерации в 2004-2009 гг. – М.: АТconsulting company, 2010. – 107 с.
4. Лисанов М.В., Печеркин А.С., Сидоров В.И. Декларирование промышленной безопасности опасных производственных объектов магистральных нефтепроводов / VI Всерос. научн. практ. конф. «Управление рисками чрезвычайных ситуаций», Москва, 20-21 марта 2001 г. – М.: Изд-во «Круг», 2001. – С. 243-247.
5. Давыдова С.Л., Тарасов В.И. Нефть и нефтепродукты в окружающей среде: учеб. пособие для вузов. – М.: Изд-во РУДН, 2004. – 163 с.
6. Ильинский А.В., Виноградов Д.В., Гогмачадзе Г.Д. Комплексная нефтеэкологическая оценка загрязненных нефтяными углеводородами почв и грунтов как основа для их эффективной биологической очистки // АгроЭкоИнфо, 2017, №1. [http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/1/st\\_105.doc](http://agroecoinfo.narod.ru/journal/STATYI/2017/1/st_105.doc).
7. Татосян М., Бодня С.Н., Колесников С.И. Влияние загрязнения нефтью и нефтепродуктами на биологическую активность черноземов // Экология и биология почв Юга России. Вып. 2. – Ростов н/Д.: Изд-во ЦВВР, 2003. – С. 60-63.
8. Башкин В.Н., Завалин А.А., Жеребцова Г.П., Прохоров И.С., Карпова Д.В. и др. Программа первоочередных мероприятий по оздоровлению городских почв / Отчет о НИР № 219/03 от 19.12.2003. – М.: Департамент природопользования и охраны окружающей среды города Москвы, 2004. – 198 с.
9. Rogozina E.A. Актуальные вопросы проблемы очистки нефтезагрязненных почв // Нефтегазовая геология. Теория и практика, 2006, Т.1. – <http://www.ngtp.ru/gub/7/02.pdf>.
10. Снакин В.В. Экология и охрана природы. Словарь-справочник / Под ред. А.Л. Яншина. – М.: Academia, 2000. – 384 с.
11. Колесников С.И., Татлок Р.К., Тлехас З.Р. и др. Биодиагностика устойчивости предгорных и горных почв Западного Кавказа к загрязнению нефтью и нефтепродуктами // Доклады РАСХН, 2013, № 1. – С. 30-34.
12. Колесников С.И., Казеев К.Ш., Вальков В.Ф. Экологические последствия загрязнения почв тяжелыми металлами. – Ростов н/Дону: Изд-во СКНЦ ВШ, 2000. – 232 с.
13. Прохоров И.С. Создание системы управления качеством почв в городе Москве / Ресурсный потенциал почв – основа продовольственной и экологической безопасности России: материалы международной научной конференции. под ред. Б.Ф. Апарина. Санкт-Петербург, 1-4 марта 2011. – СПб.: Изд-во Санкт-петербургского университета, 2011. – С. 530.
14. Самосова С.М., Филипчикова В.М. Изыскание путей стимуляции биодеградации нефти в почве / Микробиологические методы борьбы с загрязнением окружающей среды: Тезисы докладов. – Пушкино, 1979. – С. 134.
15. Алонге О.О., Васенев И.И., Селицкая О.В. Влияние биопрепарата Псевдомин на биологическую активность и экологическое состояние нефтезагрязненных окультуренных дерново-подзолистых почв в условиях различного увлажнения // Агрохимический вестник, 2013, № 1. – С. 5-9.
16. Шаронова Н.Л., Яппаров И.А., Ежкова А.М., Рахманова Г.Ф. Эффект фиторемедиации на выщелоченном черноземе, загрязненном жидкими углеводородами // Агрохимический вестник, 2015, № 6. – С. 22-25.
17. Абдурашитов А.Ю., Антипов Б.В., Бельков В.М., Прохоров И.С., Зиновьева Е.В., Певзнер В.А. Методические указания по применению агрохимиката «СК «ПИКСА» для улучшения экологической обстановки в инфраструктуре филиалов ОАО «РЖД». – М.: ВНИИЖТ, 2005. – 53 с.
18. Тимошенко Е.С. Оценка эффективности применения местного торфа как компонента торфогрунта // Агрохимический вестник, 2016, № 5. – С. 51-53.
19. Титова В.И. Особенности системы применения удобрений в современных условиях оценка эффективности применения местного торфа как компонента торфогрунта // Агрохимический вестник, 2016, № 1. – С. 2-7.
20. Леднев А.В., Скворцова И.А. Влияние нефтяного загрязнения и мелиоративных добавок на агрохимические свойства аллювиальных торфяных почв // Агрохимический вестник, 2017, № 3. – С. 49-54.
21. Ильинский А.В., Кирейчева Л.В., Виноградов Д.В. Биоремедиация загрязненных нефтепродуктами почв при помощи карбонатного сапропеля и биопрепарата «Нафтокс» // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2016, № 2 (30). – С. 28-35.
22. Ильинский А.В., Перегудов С.В. Обоснование биологической очистки земель, загрязненных продуктами переработки нефти // Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель. Материалы юбилейной международной научной конференции. – М.: Изд-во ВНИИА, 2014. – С. 69-74.
23. Семенцов А.Ю., Антипов Б.В., Прохоров И.С., Мизгирев Н.С., Башкин В.Н. Применение суперкомпоста «ПИКСА» для очистки загрязненных нефтепродуктами почв // Защита окружающей среды в нефтегазовом комплексе, 2006, № 10. – С. 14-18.
24. Завалин А.А., Василенко Е.С., Прохоров И.С., Семенцов А.Ю. Использование суперкомпоста «ПИКСА» для решения экологических проблем / Международный форум «Земля и урожай», Санкт-Петербург, 5-8 июня 2007. – СПб.: ВО «Фарэкспо». – С. 74-76.
25. Прохоров И.С., Карев С.Ю. Основные аспекты производства и использования искусственных почвогрунтов для озеленения и благоустройства города Москвы / В книге: VI Съезд общества почвоведов им. В.В. Докучаева. Материалы докладов, 13-18 августа 2012. – Петрозаводск: Карельский НЦ РАН, 2012. – С. 565.
26. Патент № 2566684, Российская Федерация, МПК С 05 F 7/00 (2006.01). Многокомпонентное органоминеральное удобрение / Вазыхов И.Т., Кирейчева Л.В., Пуховская Т.Ю., Павлов В.Ю.; заявитель и патентообладатель Общество с ограниченной ответственностью Торгово-производственная компания «Камский сапропель», ООО ТПК «Камский сапропель». № 2014146486/13; заявл. 20.11.14; опубл. 27.10.15. – 5 с.: ил.
27. Кирейчева Л.В., Нефедов А.В., Евсенкин К.Н. и др. Обоснование использования удобрительно-мелиорирующей смеси на основе торфа и сапропеля для повышения плодородия деградированных почв // Вестник Рязанского государственного агротехнологического университета им. П.А. Костычева, 2016, № 3 (31). – С. 12-17.
28. Кирейчева Л.В., Яшин В.М. Эффективность применения органоминерального удобрения на основе сапропеля // Агрохимический вестник, 2015, № 2. – С. 37-40.

## ПРОДУКТИВНОСТЬ И КАЧЕСТВО СЕНА РАДИОАКТИВНОГО ЗАГРЯЗНЕННОГО ПОЙМЕННОГО ЛУГА В ОТДАЛЕННЫЙ ПЕРИОД ПОСЛЕ АВАРИИ НА ЧАЭС

<sup>1</sup>Н.М. Белоус, д.с.-х.н., <sup>1</sup>Л.П. Харкевич, д.с.-х.н., <sup>1</sup>Е.В. Смольский, к.с.-х.н.,

<sup>1</sup>Н.К. Жолудева, <sup>2</sup>Д.М. Ситнов

<sup>1</sup>Брянский государственный аграрный университет, e-mail: bgsha@bgsha.com

<sup>2</sup>Новозыбковская СХОС – филиал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», e-mail: ngsos-vniia@yandex.ru

Представлены результаты исследований по влиянию удобрения и способов обработки почвы на урожай и качество сена многолетних трав, выращенного на пойменном лугу, загрязненном <sup>137</sup>Cs. Установлено, что продуктивность естественного травостоя низкая. Применение удобрений увеличивало урожай сена многолетних трав естественного луга до 5,39 т/га. Проведение только лишь коренной обработки почвы незначительно повышало урожайность сена. Минеральные удобрения, внесенные на фоне коренного улучшения, более полно использовались растениями. Возрастала урожайность, и улучшались показатели качества корма по сравнению с естественным травостоем. Наибольшая урожайность сена за три года исследований отмечена в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Возрастающие дозы минерального удобрения положительно влияли на показатели качества сена многолетних трав. Азотные удобрения способствовали увеличению удельной активности сена. Снижение концентрации <sup>137</sup>Cs в сене обуславливало применение калийного удобрения в последовательно возрастающих дозах.

**Ключевые слова:** естественный травостой, обычная вспашка, двухъярусная вспашка, коренное улучшение, минеральные удобрения, <sup>137</sup>Cs, качество сена.

## EFFICIENCY AND QUALITY OF HAY THE RADIOACTIVE POLLUTED INUNDATED MEADOW DURING THE REMOTE PERIOD AFTER ACCIDENT ON THE CNPP\*

<sup>1</sup>Dr. Sci. N.M. Belous, <sup>1</sup>Dr. Sci. L.P. Harkevich, <sup>1</sup>Ph.D. E.V. Smolsky, <sup>1</sup>N.K. Zholudeva, <sup>2</sup>D.M. Sitnov

<sup>1</sup>Bryansk State Agrarian University, e-mail: bgsha@bgsha.com

<sup>2</sup>Novozybkov Agricultural Experimental Station – Branch of V.R. Williams Forage Institute, e-mail: ngsos-vniia@yandex.ru

Results of researches on influence of fertilizers and ways of processing of the soil for a harvest and quality of hay of long-term herbs are presented. As a result of researches it is revealed that the efficiency of natural herbage is low. Use of mineral fertilizers increased a harvest of hay of long-term herbs of a natural meadow to 5,39 t/hectare. Carrying out only radical processing of the soil slightly increased productivity of hay. The mineral fertilizers introduced against the background of radical improvement were used by plants more fully. As a result, the productivity increased, and indicators of quality of a forage in comparison with natural herbage improved. The greatest productivity of hay in three years of researches is noted in N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> option. The increasing doses of mineral fertilizers positively influenced indicators of quality of hay. Nitrogen fertilizers promoted increase in specific activity of hay of long-term herbs. Decrease in concentration <sup>137</sup>Cs in hay caused use of potash fertilizers in consistently increasing doses.

**Keywords:** natural herbage, radical improvement, mineral fertilizers, <sup>137</sup>Cs, hay quality.

Естественные кормовые угодья характеризуются низкой продуктивностью и не обеспечивают животноводство кормами в достаточных количествах. Около двух третей площадей естественных лугов и пастбищ требуют улучшения по причине низкого качества [1, 2]. В то же время, обладая значительным ресурсным потенциалом, они должны стать одним из важнейших резервов укрепления кормовой базы животноводческой отрасли. Использование приемов аг-

ротехнического и агрохимического улучшения – основной путь повышения эффективности природных кормовых угодий, это позволит получать корма высокого качества и ликвидировать их дефицит [3-7].

На территории Брянской области 491,4 тыс. га сенокосов и пастбищ подверглось радиоактивному загрязнению, поэтому проблемы использования таких угодий особенно актуальны. Проведение агротехнических и агрохимических мероприятий не только

обеспечивают повышение продуктивности естественных лугов и пастбищ, но и получение экологически «чистых» кормов [6-11]. На кормовых угодьях, где не проводили коренное улучшение, основная часть радионуклидов остается в верхнем горизонте почвенного профиля [12-16]. Использование реабилитационных мероприятий позволяет снизить миграцию <sup>137</sup>Cs из почвы в растения и далее по трофической цепи.

**Цель исследований** – изучение действия агротехнических и агрохимических приемов улучшения естественных кормовых угодий на урожайность и качество получаемой продукции.

**Объект и методика исследований.** Исследования проводили с 2014 по 2016 г. в стационарном опыте, заложенном в 1994 г. в пойме реки Ипуть Новозыбковского района Брянской области. Почва опытного участка аллювиальная луговая, песчаная, мощность гумусового горизонта 17-18 см, с глубины 40 см глеевый горизонт. Агрохимическая характеристика почвы: гумус по Тюрину 3,08-3,33%; рН<sub>KCl</sub> 5,2-5,6; гидролитическая кислотность и сумма поглощенных оснований соответственно 2,6-2,8 и 11,3-13,1 мг-экв/100 г почвы; содержание подвижного фосфора и обменного калия по Кирсанову соответственно 620-840 и 133-180 мг/кг; плотность загрязнения <sup>137</sup>Cs 559-867 кБк/м<sup>2</sup>.

Схема опыта предусматривала изучения двух факторов: агротехнический и агрохимический.

Агротехнические приемы включали три варианта: 1. Без применения обработки почвы; 2. Вспашка обычным плугом (ПЛН-3-35); 3. Вспашка двухъярусным плугом (ПЯ-40).

Агрохимические приемы включали следующие варианты системы удобрения: 1. Контроль; 2. P<sub>60</sub>K<sub>45</sub>; 3. P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 4. N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>45</sub>; 5. N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 6. N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub>; 7.

N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub>; 8. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub>; 9. N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. В опыте использовали аммиачную селитру, простой гранулированный суперфосфат, хлористый калий. Удобрения вносили одной дозой под укос.

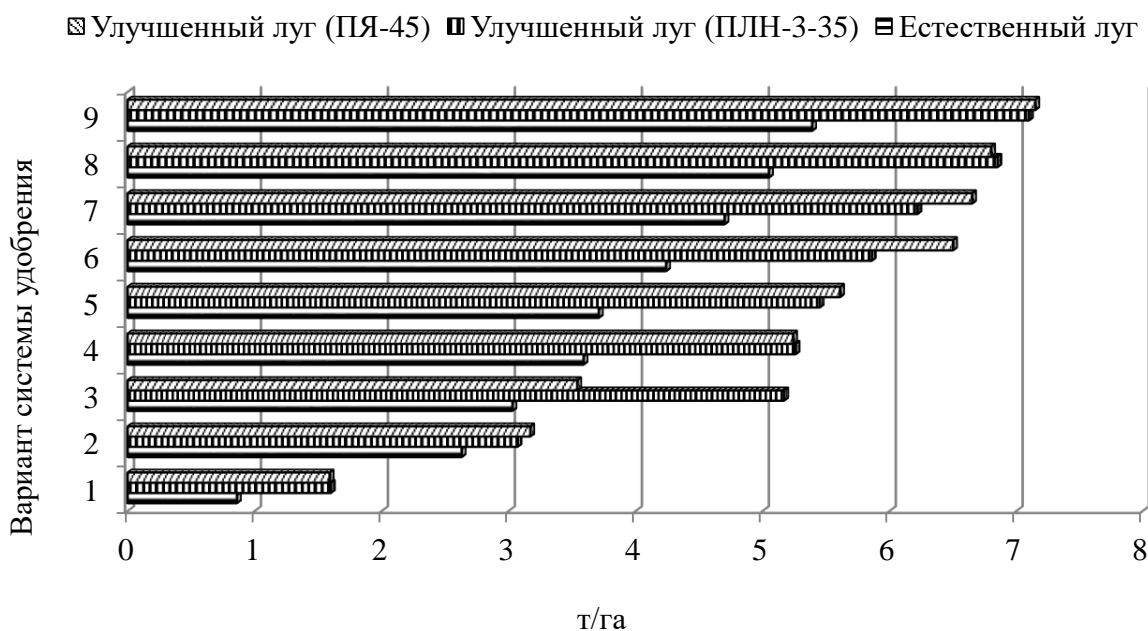
Отбор растительных образцов проводили в середине июня. Урожайность сена определяли, высушивая зеленую массу с 1 м<sup>2</sup> до воздушно-сухого состояния с последующим пересчетом урожая на сено. Для определения удельной активности <sup>137</sup>Cs в сене отбирали пробы, которые анализировали, руководствуясь методическими указаниями по определению радионуклидов в почве и растениях. Измерения проводили на универсальном спектрометрическом комплексе «Гамма плюс» с программным обеспечением «Прогресс-2000».

Повторность опыта трехкратная, площадь делянки 63 м<sup>2</sup>. Расположение вариантов рендомизированное.

Лабораторно-аналитические исследования проводили по общепринятым методикам в центре коллективного пользования научным оборудованием Брянского ГАУ. Статистическая обработка данных проведена дисперсионным методом.

**Результаты.** Самый низкий урожай сена за годы исследований получен в контроле, как на естественном фоне, так и на фонах с коренным улучшением. При коренном улучшении обычная вспашка повышала урожайность сена многолетних трав на 0,74 т/га, двухъярусная – на 0,73 т/га.

Внесение фосфорно-калийного удобрения P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> повышало урожайность сена по сравнению с контролем на всех изучаемых фонах. Дополнительный эффект от обработки почвы на этом варианте составил 0,44 т/га сена на фоне обычной вспашки и 0,54 т/га – на фоне двухъярусной (рис. 1).



**Рис. 1. Продуктивность пойменного луга (среднее за годы исследования), т/га**  
(НСР<sub>05</sub> = 0,63; НСР<sub>05</sub>(агротехника) = 0,21; НСР<sub>05</sub>(удобрения) = 0,36)

Более высокое действие на продуктивность многолетних трав оказало азотное удобрение в составе полного минерального удобрения. Дополнение P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> азотом в дозе 45 кг/га д.в. позволило повысить урожайность сена на естественном травостое по сравнению с фосфорно-калийным удобрением P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> (вар. 2) на 0,96 т/га. Относительно контроля прибавка от внесения полного минерального удобрения в дозе N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> составила 2,73 т/га. На фоне обычной вспашки прибавка от внесения азота в дополнение к P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> была выше в 2,3 раза по сравнению с таким же вариантом на естественном фоне и составила 2,19 т/га. На фоне двухъярусной вспашки уровень прибавки урожая сена от азота составил 2,07 т/га.

Азотное удобрение в дозе N<sub>60</sub> на фоне P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> более заметно повышало урожайность сена. Прибавка от азота по отношению к варианту P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> на естественном фоне составила 1,67 т/га, прибавка к контролю от внесения N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> составила 3,84 т/га. На фоне обычной вспашки прибавки составили соответственно 1,05 и 4,62 т/га, на фоне двухъярусной – 3,11 и 5,06 т/га.

Последовательно возрастающие дозы калия в составе азотно-фосфорного удобрения способствовали повышению урожайности сена. Прибавки в среднем за три года на естественном травостое по отношению к варианту N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> составили 0,12-0,65 т/га, по отношению к варианту N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> – 0,35 и 0,69 т/га. На фоне обычной вспашки эти величины составили 0,19-0,60 и 0,63-0,88 т/га, на фоне двухъярусной соответственно 0,37-1,26 и 0,15-0,50 т/га. Наибольшая урожайность сена получена в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> на всех изучаемых фонах. Следует отметить, что на фоне коренного улучшения действие минерального удобрения на урожайность было более эффективным. Как на фоне обычной вспашки, так и на фоне двухъярусной получены более высокие прибавки урожайности по отношению к контрольному варианту, чем на естественном фоне.

Содержание сырого протеина в сене 1-го укоса в среднем за 3 года в контроле на естественном травостое составило 9,37%, по фону обычной вспашки – 10,12%, по фону двухъярусной – 10,25% (табл. 1).

Фосфорно-калийные удобрения (P<sub>60</sub>K<sub>45</sub>) увеличивали содержание сырого протеина в сене на естественном травостое до 10,12%, на фоне коренного улучшения – до 10,50-11,22% в зависимости от вида обработки почвы. Прибавки к контролю в зависимости от фона составили 0,25-1,10%.

Дополнение фосфорно-калийного удобрения азотом в дозе 45 кг/га д.в. увеличивало содержание сырого протеина в сене естественного травостоя до 10,90%, последовательно возрастающие дозы калия в составе N<sub>45</sub>P<sub>60</sub> также повышали его содержание. В варианте N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub> по сравнению с вариантом N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> содержание сырого протеина увеличилось на естественном травостое на 0,86%. Повышение дозы до P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> увеличивало содержание сырого протеина в сене естественного травостоя до 10,94% по сравнению с вариантом P<sub>60</sub>K<sub>45</sub>. Внесение азота в дозе 60 кг/га в дополнение к P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> и возрастающие дозы калия на фоне N<sub>60</sub>P<sub>60</sub> увеличивали содержание сырого протеина в сене многолетних трав.

На фоне коренного улучшения содержание протеина в целом было выше, чем в сене естественного травостоя. Его рост в сене многолетних трав составил 0,39-3,35% в зависимости от обработки почвы и от дозы минерального удобрения. Содержание сырого протеина в сене многолетних трав в среднем за три года отмечено независимо от вида травостоя при внесении минеральных удобрений в дозе N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> и составило на естественном травостое 14,80%, по фону обычной вспашки – 15,19%, по фону двухъярусной – 15,56%.

Минеральные удобрения увеличивали содержание сырого жира (табл. 1). Наиболее высокое содержание было отмечено при внесении N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub> (3,91% в сене естественного травостоя, по фону обычной вспашки – 3,94%, по фону двухъярусной – 3,96%).

Содержание каротина в сене многолетних трав в среднем за три года по вариантам опыта колебалось от 16,9 до 32,3 мг/кг в зависимости от изучаемого фона и дозы удобрений (табл. 2). На естественном травостое содержание в сене каротина по вариантам опыта варьировало от 16,3 до 28,8 мг/кг, по фону обычной вспашки – от 18,0 до 30,2 мг/кг, по фону

**1. Качественные показатели сена многолетних трав**

Вариант	Сырой протеин, %			Сырой жир, %		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
1. Контроль	9,37	10,12	10,25	3,21	3,35	3,30
2. P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	10,12	11,22	10,50	3,39	3,53	3,51
3. P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	10,94	11,45	11,75	3,55	3,56	3,53
4. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>45</sub>	10,90	12,18	14,25	3,71	3,72	3,74
5. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	11,76	13,49	14,75	3,76	3,77	3,83
6. N <sub>45</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	12,62	13,92	15,12	3,84	3,86	3,91
7. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>60</sub>	13,20	14,24	14,75	3,79	3,82	3,82
8. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>75</sub>	13,85	14,99	15,37	3,86	3,90	3,90
9. N <sub>60</sub> P <sub>60</sub> K <sub>90</sub>	14,80	15,19	15,56	3,91	3,94	3,96
НСР <sub>05</sub>		0,58			0,09	
НСР <sub>05</sub> (обработка почвы)		0,19			0,03	
НСР <sub>05</sub> (удобрения)		0,34			0,05	

2. Качественные показатели сена многолетних трав

Вариант	Каротин, мг/кг			Нитраты, мг/кг		
	2014 г.	2015 г.	2016 г.	2014 г.	2015 г.	2016 г.
1	16,9	18,0	18,7	165	175	186
2	17,7	18,9	19,4	211	221	215
3	17,4	19,2	20,8	221	210	218
4	24,1	25,8	26,1	218	227	236
5	25,5	26,8	29,3	231	234	246
6	26,8	27,9	30,4	240	251	251
7	27,5	29,2	29,3	240	228	253
8	28,0	29,8	31,4	252	262	267
9	28,8	30,2	32,3	274	285	275
НСР <sub>05</sub>	4,5			9		
НСР <sub>05(обработка почвы)</sub>	1,5			3		
НСР <sub>05(удобрения)</sub>	2,6			5		

двухъярусной – 18,7-32,3 мг/кг. Внесение фосфорно-калийного удобрения в дозе P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> повышало содержание каротина в сене на всех изучаемых фонах.

Азотное удобрение в составе N<sub>45</sub>P<sub>60</sub>K<sub>45</sub> способствовало дальнейшему повышению содержания каротина в сене на естественном травостое до 24,1 мг/кг, по фону обычной вспашки – до 25,8, по фону двухъярусной – до 26,1 мг/кг.

Последовательное повышение дозы калия до 60-75 кг/га на фоне дозы азота 45 кг/га увеличивало содержание каротина в сене как естественного травостоя, так на фоне коренного улучшения.

Увеличение дозы фосфорно-калийного удобрения до P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> незначительно сказалось на содержании каротина в сене многолетних трав, а при внесении азота в дозе 60 кг/га на фоне P<sub>60</sub>K<sub>60</sub> отмечено более заметное повышение содержания каротина в сене.

Последовательно возрастающие дозы калия (75-90 кг/га) на фоне N<sub>60</sub>P<sub>90</sub> также способствовали повышению содержания каротина в сене многолетних трав, при этом наиболее высокое содержание отмечено в варианте N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Сле-

дует отметить, что в целом во всех изучаемых вариантах содержание каротина в сене, полученном на фонах с коренным улучшением, было выше, чем в сене естественного травостоя.

Содержание нитратов в сене многолетних трав в среднем за три года было наименьшим в контрольном варианте, как на естественном травостое, так и на сеянном (табл. 2). Применение удобрения повышало содержание нитратов в сене многолетних трав всех изучаемых травостоев. Наиболее высокое содержание в сене независимо от вида травостоя получено в вариантах с N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>75</sub> и N<sub>60</sub>P<sub>60</sub>K<sub>90</sub>. Однако содержание нитратов в сене многолетних трав практически ни в одном из вариантов опыта не приближалось к ПДК (1000 мг/кг). Сено на всех изучаемых травостоях и всех вариантах опыта пригодно к скармливанию без ограничений.

Удельная активность <sup>137</sup>Cs в сене в среднем за годы исследований на контрольном, неудобренном варианте естественного травостоя составила 3508 Бк/кг (рис. 2). Проведение агротехнических приемов и замена естественного травостоя на сеяный снижало удельную активность <sup>137</sup>Cs в сене контрольного варианта до 2312 Бк/кг по фону обычной вспашки (в 1,5 раза по сравнению с естественным травостоем) и 2244 Бк/кг по фону двухъярусной (в 1,6 раза по сравнению с естественным травостоем), однако его уровень значительно превышал норматив (400 Бк/кг). Обычная вспашка способствовала снижению удельной активности <sup>137</sup>Cs в сене от 4 до 1196 Бк/кг в зависимости от варианта внесения минеральных удобрений, двухъярусная – от 26 до 1264 Бк/кг (по отношению к естественному фону).

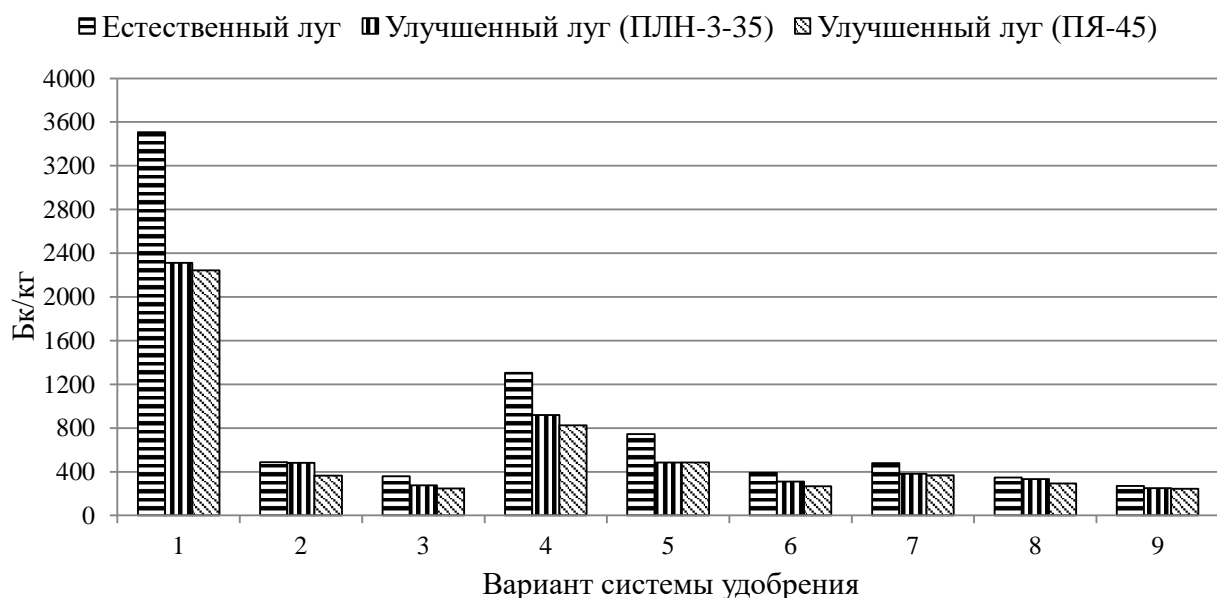


Рис. 2. Удельная активность <sup>137</sup>Cs сена многолетних трав среднее за годы исследования, Бк/кг (НСР<sub>05</sub> = 99; НСР<sub>05(агротехника)</sub> = 33; НСР<sub>05(удобрения)</sub> = 57)

Внесение фосфорно-калийного удобрения в дозе  $P_{60}K_{45}$  значительно снизило удельную активность  $^{137}Cs$  сена многолетних трав по сравнению с контролем (в 7,2 раза на естественном фоне и в 4,8-6,1 раза по фону коренной обработки почвы), однако сено по содержанию  $^{137}Cs$  соответствовало нормативу только на фоне двухъярусной вспашки. Применение азота в дозе 45 кг/га д.в., совместно с  $P_{60}K_{45}$ , повышало удельную активность  $^{137}Cs$  в сене. На всех фонах сено не соответствовало нормативу.

Увеличение дозы калия до 60 кг/га заметно снижало накопление  $^{137}Cs$ , однако сено по содержанию  $^{137}Cs$  не соответствовало нормативу (400 Бк/кг). В варианте  $N_{45}P_{60}K_{75}$  на всех фонах сено было пригодно к скармливанию.

Увеличение дозы фосфорно-калийного удобрения до  $P_{60}K_{60}$  снижало удельную активность до уровня допустимых значений (358 Бк/кг на естественном фоне, 276 Бк/кг на фоне обычной вспашки, 247 Бк/кг на фоне двухъярусной). Внесение  $N_{60}$  в дополнение к  $P_{60}K_{60}$  увеличивало накопление радионуклида в сене на обоих изучаемых фонах. Удельная активность сена

естественного травостоя превышала допустимые значения. Повышение дозы калия до 75 и 90 кг/га д.в. приводило к уменьшению удельной активности. Сено, как естественного травостоя, так и полученное по фону коренного улучшения, соответствовало нормативу.

**Таким образом, проведение коренного улучшения (обычная и двухъярусная вспашка) способствовало росту урожайности и улучшению показателей качества корма. Наибольшая урожайность сена отмечена в варианте  $N_{60}P_{60}K_{90}$ . Минеральные удобрения увеличивали содержание сырого протеина, жира и каротина в корме. Содержание нитратов в сене многолетних трав ни в одном из вариантов опыта не превышало ПДК. Азотные удобрения способствовали увеличению удельной активности сена. Снижение концентрации  $^{137}Cs$  в сене обуславливало применение калийного удобрения в последовательно возрастающих дозах. Гарантированное получение сена, соответствующего нормативу, возможно при применении минерального удобрения с соотношением  $N:K = 1:1,25$  и  $N:K = 1:1,5$ .**

*Исследование выполнено при финансовой поддержке РФФИ и администрации Брянской области в рамках научного проекта № 18-44-320001.*

#### Литература

1. Косолапов В.М., Трофимов И.А. Проблемы и перспективы развития кормопроизводства // Кормопроизводство, 2011, № 2. – С. 4-7.
2. Косолапов В.М., Бондарев В.А., Клименко В.П. Повышение качества кормов – неперемное условие успешного развития животноводства // Аграрная наука, 2008, № 1. – С. 27-29.
3. Михайлова А.Г. Многолетние травы: химический состав и питательная ценность в зависимости от видового состава травостоя и срока скашивания // Кормопроизводство, 2010, № 6. – С. 37-41.
4. Шаповалов В.Ф., Харкевич Л.П., Белоус И.Н. Продуктивность и качество зеленой массы многолетних трав в зависимости от условий минерального питания и способов обработки почвы // Агрехимический вестник, 2011, № 3. – С. 6-8.
5. Харкевич Л.П., Силаев А.Л., Анишина Ю.А., Прищеп Д.Н. Обработка почвы и удобрение многолетних трав в условиях радиоактивного загрязнения // Агрехимический вестник, 2012, № 5. – С. 25-27.
6. Ратников А.Н., Жигарева Т.Л., Петров К.В., Попова Г.И., Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Моисеенко Ф.В. Эффективность окультуривания дерново-подзолистых почв в земледелии на радиоактивно загрязненных территориях // Бюллетень ВИУА, 2001, № 114. – С. 151-152.
7. Белоус Н.М., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В., Чесалин С.В. Радиационная оценка применения минеральных удобрений на естественных кормовых угодьях // Проблемы агрохимии и экологии. 2013. № 1. – С. 9-15.
8. Смольский Е.В., Харкевич Л.П., Чесалин С.Ф., Божин И.А., Бокатуро Н.Н. Эффективность мероприятий по улучшению продуктивности сенокосов // Агрехимический вестник, 2015, № 5. – С. 25-28.
9. Харкевич Л.П., Шаповалов В.Ф., Смольский Е.В., Жолудева Н.К., Сердюкова К.А. Влияние удобрений и агротехнических мероприятий при производстве сена многолетних трав на пойменном лугу в условиях радиоактивного загрязнения // Агрехимический вестник, 2017, № 3. – С. 15-18.
10. Панов А.Ф., Фесенко С.В., Алексахин Р.М. Оптимизация защитных мероприятий в сельских населенных пунктах в зоне аварии на Чернобыльской АЭС // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук, 2005, № 3. – С. 3-7.
11. Харкевич Л.П., Белоус И.Н., Анишина Ю.А. Реабилитации радиоактивно загрязненных сенокосов и пастбищ: монография. – Брянск, 2011. – 211 с.
12. Санжарова Н.И., Фесенко С.В., Лисянский К.Б., Кузнецов В.К., Абрамова Т.Н., Котик В.А. Формы нахождения в почвах и динамика накопления  $^{137}Cs$  в сельскохозяйственных культурах после аварии на Чернобыльской АЭС // Почвоведение, 1997, № 2. – С. 159-164.
13. Воробьев Г.Т. Агрехимические основы реабилитации почв центра Русской равнины, загрязненной радионуклидами: дисс. д.с.-х.н. – М.: МГУ, 1999. – 122 с.
14. Методические указания по проведению исследований в длительных опытах с удобрениями. – М.: ВИУА, 1985. – 175 с.
15. Практикум по агрохимии / Под ред. В.Г. Минеева. – М., 2001. – 512 с.
16. Методические указания по определению естественных радионуклидов в почвах и растениях. – М.: ЦИНАО, 1985. – 22 с.

# РЕГУЛЯТОРЫ РОСТА И СРЕДСТВА ЗАЩИТЫ РАСТЕНИЙ

УДК 635.21:632.934.2:631.811.98(083.13)

DOI 10.24411/0235-2516-2018-10049

## БИОЛОГИЧЕСКАЯ И ХИМИЧЕСКАЯ ЗАЩИТА КАРТОФЕЛЯ ОТ БОЛЕЗНЕЙ

**М.К. Деревягина, к.б.н., С.В. Васильева, к.с.-х.н., В.Н. Зейрук, д.с.-х.н., Г.Л. Белов, к.б.н.**  
*Всероссийский НИИ картофельного хозяйства им. А.Г. Лорха, e-mail: vzeyruk@mail.ru*

*Показана сравнительная оценка эффективности схем применения биофунгицидов и химических препаратов, разрешенных для использования в сельскохозяйственном производстве. Оценка проведена по следующим показателям: энергия прорастания семян, стимуляция роста; влияние на снижение распространения и степени развития основных болезней; повышение урожайности; улучшение качества продукции; снижение химической нагрузки на агроценоз без снижения урожая. Установлено, что в агроклиматических условиях 2015-2016 гг. рентабельность химической (146,91%) и биологической (140,01%) схемы обработок была практически одинаковой.*

**Ключевые слова:** картофель, пестициды, биопрепараты, фитофтороз, альтернариоз, ризоктониоз.

## BIOLOGICAL AND CHEMICAL PROTECTION OF POTATO FROM DISEASES

**Ph.D. M.K. Derevyagina, Ph.D. S.V. Vasilyeva, Dr.Sci. V.N. Zeyruk, Ph.D. G.L. Belov**  
*Lorch Potato Research Institute, Russia, e-mail: vzeyruk@mail.ru*

*A comparative estimation of the effectiveness of the schemes of fungicides and chemicals permitted for use in agricultural production is shown. The assessment was carried out on the following indicators: seed germination energy, growth stimulation; impact on the reduction of the spread and degree of development of major diseases; increase in yield; improvement of product quality; reduction of chemical load on the agro-crop without reducing the yield. It was found that in agro-climatic conditions of 2015-2016 the profitability of chemical (146.91%) and biological (140.01%) treatment schemes was almost the same.*

**Keywords:** potatoes, pesticides, biopreparations, late blight, early blight, black scurf.

Картофель в силу своих биологических особенностей относится к сильно поражаемым болезнями культурам. Наиболее распространенные и вредоносные среди них фитофтороз, альтернариоз и ризоктониоз. Потери урожая особенно в годы эпифитотий могут достигать 30-50% и более, что в большой степени препятствует реализации потенциальной продуктивности картофеля [1]. Вредоносность болезней можно существенно снизить с помощью интегрированной системы защиты, включающей как мероприятия, проводимые в период вегетации, так и предпосадочную обработку клубней химическими и биологическими препаратами [2].

**Цель исследований** – сравнительная оценка эффективности схем применения биологических и химических препаратов, разрешенных для применения в сельскохозяйственном производстве.

**Объекты и методы исследования.** Полевые опыты проводили в 2015-2016 гг. в Центральном регионе России в зоне подзолистых и дерново-подзолистых супесчаных почв (п. Коренево, Люберецкий

район, Московская область) на сорте картофеля Сантэ (среднеранний, относительно устойчив к фитофторозу, альтернариозу, восприимчив к ризоктониозу) по стандартным методикам [3-5]. Клубни вариантов 2 и 3 в количестве 300 шт. перед посадкой обрабатывали ручным опрыскивателем Kwazar препаратом Селест Топ из расчета 10 л рабочего раствора на 1 т. Высаживали по 100 клубней на делянку. Площадь делянки составляла 12,5 м<sup>2</sup>. Размещение делянок рендомизированное. Повторность трехкратная. Площадь одного варианта составляла 37,5 м<sup>2</sup>. В период вегетации проводили опрыскивание растений с помощью ранцевого опрыскивателя Kwazar по вариантам согласно схеме из расчета 300 л рабочего раствора на 1 га (табл. 1).

Для обработки посадок картофеля использовали пестициды Ридомил Голд МЦ, Фитоспорин, Абига Пик, Фитоверм и Прорастин (компания «ГРИНТЕК»).

Агрометеорологические условия вегетационного периода 2015-2016 гг. в целом были удовлетворительными для роста и развития растений картофеля.

## 1. Схема проведения обработок посадок картофеля в опыте

Вариант	Клубни перед посадкой 4.05.2015 6.05.2016	Срок применения препарата в период вегетации					
		15.06.2015 14.06.2016	22.06.2015 23.06.2016	24.06.2015 30.06.2016	29.06.2015 30.06.2016	6.07.2015 7.07.2016	13.07.2015 20.07.2015 14.07.2016 21.07.2016 28.07.2016
1	Без обработки	-	-	-	-	-	-
2	Селест Топ, 0,4 л/т	РГМЦ, 2,5 кг/га	-	-	РГМЦ, 2,5 кг/га	-	Абига Пик, 3,0 кг/га
3	Прорастин, 2,3 л/т	ФСП, 2,5 кг/га	ФСП, 2,5 кг/га	Фитоверм, 0,6 л/га	ФСП, 2,5 кг/га	ФСП, 2,5 кг/га	ФСП, 2,5 кг/га

Примечание. РГМЦ – Ридомил Голд МЦ; ФСП – Фитоспорин; препарат Прорастин – регистрационные испытания.

Гидротермический коэффициент (ГТК) в 2015 г. составил 1,46 (влажная) и в 2016 г. – 2,16 (очень влажная) при климатической норме (1,3-1,4).

**Результаты и обсуждение.** Обработка клубней перед посадкой препаратом Прорастин (вар. 3) не увеличивала количество взошедших растений по сравнению с контролем (табл. 2 и 3).

На варианте 2, где посадочные клубни обрабатывали препаратом Селест Топ, в 2015 г. отмечено существенное снижение количества взошедших растений (60,3% от посаженных). В 2016 г. также отмечено снижение количества взошедших растений на этом варианте, но оно было менее значительным (82,9% растений). Этот факт в дальнейшем оказал влияние на показатели урожайности.

Заселенность кустов картофеля колорадским жуком в 2015-2016 гг. на вариантах 1 и 3 составила около 1%, обработка варианта 3 Фитовермом показала 100% гибель личинок. На варианте 2 с применением препарата Селест Топ в среднем на куст было найдено 0,03 шт. личинок 3-4 возрастов и 0,001 шт. яйцекладок. Следует отметить, что такая численность колорадского жука не могла оказать существенного влияния на снижение урожая картофеля.

Различия по высоте растений и числу основных стеблей находились в пределах ошибки опыта, что говорит об отсутствии влияния изучаемых препаратов на эти показатели (табл. 4).

Количество клубней и их масса в вариантах с применением химических и биологических препаратов была значительно выше контроля. Лучшим был вариант 2, где применяли Селест Топ, Ридомил Голд МЦ и Абига Пик. Однако, следует учесть тот факт, что площадь питания под кустом в этом варианте была больше, т.к. взошедших кустов было меньше.

Погодные условия 2015-2016 гг. способствовали развитию ризоктониоза. Количество пораженных

растений в контроле составило 13,9% (табл. 5). Обработка клубней Прорастином существенно (до 10,4%) снизили процент пораженных растений ризоктониозом. Лучшие результаты были получены на варианте, где предпосадочную обработку проводили препаратом Селест Топ. Количество больных растений в этом варианте составило 6,6%, что ниже варианта с Прорастином на 3,8% и ниже контроля на 7,3%.

Погодные условия 2015-2016 гг. способствовали интенсивному поражению ботвы картофеля альтернариозом. Из данных таблицы 6 видно, что выявлена тенденция снижения распространения и развития альтернариоза в результате предпосадочной обработки клубней препаратом Селест Топ и применения химических препаратов в период вегетации (вар. 2). Процент распространения и развития в этом варианте в конце вегетации составил соответственно 53,3 и 13,6%.

## 2. Влияние схем обработок картофеля на динамику всхожести картофеля, 2015 г., шт/% к контролю

Вариант	01.06	04.06	15.06
1	74,0 (100,0)	96,0 (100,0)	97,3 (100,0)
2	43,0 (58,1)	53,0 (55,2)	58,7 (60,3)
3	77,7 (105,0)	94,7 (98,6)	97,0 (99,7)
НСР <sub>05</sub>	15,3	17,0	14,8

## 3. Влияние схем обработок картофеля на динамику всхожести картофеля, 2016 г., шт/% к контролю

Вариант	26.05	28.05	30.05	8.06
1	11,3 (100,0)	55,0 (100,0)	88,3 (100,0)	95,7 (100,0)
2	9,3 (82,3)	30,3 (55,1)	67,7 (76,7)	79,3 (82,9)
3	10,3 (91,9)	51,0 (92,7)	89,7 (101,6)	98,3 (102,7)
НСР <sub>05</sub>	5,7	4,3	3,3	4,5

## 4. Влияние схем обработок картофеля на биометрические показатели в фазе полного цветения, среднее за 2015-2016 гг., % к контролю в пересчете на 1 куст

Вариант	Высота растений, см	Число основных стеблей, шт.	Количество клубней, шт.	Масса клубней, г	Масса ботвы, г
1	100,0 (34,9 см)	100,0 (4,5 шт.)	100,0 (15,1 шт.)	100,0 (545,5 г)	100,0 (501,1 г)
2	106,9	108,9	131,1	115,7	126,1
3	109,7	102,2	123,8	108,7	104,0
НСР <sub>05</sub>	12,1	14,2	18,3	7,4	16,9

### 5. Влияние схем обработок картофеля на развитие ризоктониоза на растениях

Вариант	Количество больных растений	
	шт.	%
1	9,9	13,9
2	4,0	6,6
3	7,9	10,4
НСР <sub>05</sub>		2,5

### 6. Распространение (Р) и степень развития (R) альтернариоза на растениях при различных схемах обработки картофеля, %

Вариант	1 учет		2 учет		3 учет	
	Р	R	Р	R	Р	R
1	32,5	5,1	77,1	17,7	80,3	25,7
2	16,9	2,3	53,1	11,3	53,3	13,6
3	22,9	3,4	76,1	19,3	78,7	23,7
НСР <sub>05</sub>			7,9		6,1	

### 7. Распространение (Р) и степень развития (R) фитофтороза на растениях при различных схемах обработки картофеля, %

Вариант	1-й учет		2-й учет		3-й учет	
	Р	R	Р	R	Р	R
1	6,8	1,2	21,9	3,7	31,2	6,1
2	1,8	0,3	5,6	0,9	13,6	2,1
3	3,7	0,5	11,3	1,7	18,4	2,9
НСР <sub>05</sub>	3,7	0,6	10,4	2,0	13,1	1,7

Обработка клубней Прорастином и применение Фитоспорина в период вегетации (вар. 3) позволили снизить развитие и распространение альтернариоза только в начале вегетации, в конце вегетационного периода различий между контролем и вариантом не выявлено.

Погодные условия вегетационных периодов 2015-2016 гг. были благоприятными для развития фитофтороза картофеля. На контроле в конце вегетации распространенность болезни составила в среднем за два года 31,2%, степень развития – 6,1% (табл. 7). Обработки Фитоспорином в 2 раза снижали степень развития и распространение фитофтороза с первого до последнего учета по сравнению с контролем, немного уступая химическим препаратам.

Учеты общей урожайности и урожайности товарной фракции (клубни размером более 30 мм) показали, что схемы применения препаратов не оказывали стимулирующего действия на урожайность

картофеля (табл. 8). В контроле валовой урожай в среднем за 2 года составил 25,1 т/га. В варианте, где применяли предпосадочную обработку клубней препаратом Селест Топ, валовая урожайность была ниже в среднем на 11,2%. Снижение валовой урожайности на этом варианте мы объясняем уменьшением количества растений, взошедших на 1 га. Этим же объясняется увеличение количества клубней фракции более 60 мм на этом варианте, т.к. увеличилась площадь питания под кустом. Биологическая урожайность также была на 27,5% больше контрольной. В варианте, где применяли Прорастин для обработки клубней и Фитоспорин в период вегетации все показатели были на уровне контроля.

Клубневой анализ, проведенный через 1,5 месяца после уборки, показал, что меньше было поражено клубней на варианте, где применяли химические препараты (табл. 9). На варианте с Прорастином и Фитоспорином отмечено снижение количества больных клубней фитофторозом по сравнению с контролем. Поражение клубней сухой гнилью не зависело от обработок и было практически одинаково по всем вариантам. Количество клубней, поврежденных совками, хрущами и проволочником было меньшим на химическом варианте и составило 0,8%, в контроле и в биологическом варианте – 1,1%. Наименьшие потери (1,1 т/га) стандартного урожая были отмечены на варианте 2 (Селест Топ, Ридомил Голд МЦ, Абига Пик). На варианте 3 (Прорастин, Фитоспорин) эта цифра составила 4,2 т/га и была практически равна контрольному варианту (4,5 т/га). Однако урожай стандартного картофеля по всем вариантам был одинаков, т.к. этот показатель зависит не только от потерь урожая, но и от валовой урожайности, а в случае применения химических обработок валовая урожайность была меньше из-за ингибирования всхожести.

Результаты экономической эффективности (табл. 10) рекомендуемой химической схемы применения препаратов и разработанной схемы применения биофунгицидов показывают, что в агроклиматических условиях 2015-2016 гг. рентабельность применения химической и биологической схем обработок была практически одинаковой, что доказывает состоятельность применения Прорастина, Фитоспорина и Фитоверма для защиты картофеля от болезней и вредителей на сортах, обладающих относительной устойчивостью к фитофторозу.

### 8. Влияние схем применения препаратов на урожайность картофеля

Вариант	Урожайность (средняя за 2 года)						Фракционный состав, %		
	валовая		биологическая		товарных клубней		30-60 мм	> 60 мм	< 30 мм
	т/га	% к контролю	кг/куст	% к контролю	т/га	% к контролю			
1	25,1	100,0	0,672	100,0	22,2	100,0	62,9	25,3	11,7
2	22,3	88,8	0,857	127,5	20,2	91,0	62,7	27,9	9,4
3	25,5	101,6	0,663	98,7	22,3	100,5	63,7	24,0	12,3
НСР <sub>05</sub>	2,5		0,135		4,7				

## 9. Влияние схем применения препаратов на качество урожая

Вариант	Больных клубней, %						Клубни, поврежденные с.-х. вредителями, %	Потери стандартного урожая,		Урожай стандартного картофеля	
	всего	ризкто-ниозом	фитофторозом	паршой обыкновенной	сухой гнилью	мокрой гнилью		т/га	%	т/га	% к контролю
1	17,9	10,5	4,1	0,5	2,1	0,7	1,1	4,5	20,3	17,7	100,0
2	4,5	0,5	1,7	0	0,8	0	0,8	1,1	5,3	19,1	107,9
3	16,1	10,3	2,9	0,5	2,3	0	1,1	4,2	18,1	18,1	102,2
НСР	1,5	1,0	1,1		0,5		0,2	2,9		1,3	

## 10. Расчет экономической эффективности схем применения препаратов

Показатель	Химические препараты	Биофунгициды
Урожайность, т/га	22,4	25,5
Прибавка урожая, т/га	-2,9	0,3
- доля стандартных клубней (уровень товарности, %)	85,7	72,5
- доля нестандартных клубней, %	14,3	27,5
Производственные затраты (общие для всех вариантов), тыс. руб/га	94,8	94,8
Затраты на препараты, тыс. руб/га	14,2	10,8
Затраты на внесение препаратов, тыс. руб/га	7,6	9,8
Затраты на уборку и транспортировку дополнительной продукции, тыс. руб/га	-	0,2
Итого дополнительных затрат, тыс. руб/га	21,8	20,7
Производственные затраты всего, тыс. руб/га	116,6	115,5
Себестоимость, тыс. руб/га	5,2	4,5
Цена реализации картофеля, тыс. руб/т		
- стандартных клубней	15,0	15,0
- нестандартных клубней	3,0	3,0
Стоимость продукции, тыс. руб/га		
- стандартной	287,9	277,3
- нестандартной	9,6	21,0
Итого	297,6	298,4
Стоимость дополнительной продукции, тыс. руб/га		
- стандартных клубней	-	3,3
- нестандартных клубней	-	0,3
Итого	-	3,5
Уровень рентабельности, %	146,9	140,0

Таким образом, в агроклиматических условиях 2015-2016 гг. среди изучаемых препаратов более высокие результаты показал вариант с предпосадочной обработкой клубней препаратом Селест Топ (0,4 л/т). Системный препарат Ридомил Голд МЦ (2,5 кг/га, дважды) и контактный препарат Абига Пик (3,0 кг/га) были более эффективны при опрыскивании растений в период вегетации. Уровень рентабельности применения химических препаратов и биофунгицидов оказался практически одинаковым.

## Литература

1. Алексеева К.Л., Волков Е.И., Рудаков В.О. Против микозов картофеля // Картофель и овощи, 2015, 3. – С. 27-28.
2. Деревягина М.К., Васильева С.В., Белов Г.Л., Зейрук В.Н. Влияние схем обработок на пораженность картофеля болезнями // Защита картофеля, 2017, 2. – С. 28-33.
3. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Агропромиздат, 1985. – 416 с.
4. Методика исследований по культуре картофеля. – М.: ВНИЭСХ, 1967. – 266 с.
5. Методика исследований по защите картофеля от болезней, вредителей, сорняков и иммунитету. – М.: НИИКХ, 1995. – 108 с.

**ВОЗДЕЛЫВАНИЕ ЛЬНА В ЦФО РФ ПРИ ПРИМЕНЕНИИ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА, ФУНГИЦИДОВ, ГЕРБИЦИДОВ И ИХ КОМПОЗИЦИЙ****<sup>1</sup>Ф.В. Алырчиков, <sup>1</sup>М.Б. Алибеков, <sup>2</sup>Н.А. Кудрявцев, д.с.-х.н., <sup>2</sup>Л.А. Зайцева, к.с.-х.н.**<sup>1</sup>РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, e-mail: soa-18@mail.ru<sup>2</sup>ВНИИ льна, e-mail: zaitsieva@mail.ru

На базе ВНИИ льна проведены исследования по изучению влияния на фитосанитарное состояние и урожай льна-долгунца новых регуляторов роста серии Авибиф и их композиций с фунгицидами и гербицидами для предпосевной обработки семян, а также для применения по вегетирующим растениям. Установлено, что при обработке семян льна новый препарат Авибиф С позволяет снижать на 50% норму применения протравителя ТМТД без снижения и даже с эффектом повышения против бактериальных болезней общего фитосанитарного эффекта. Прорастание семян было более дружным и полным (в лабораторных и полевых условиях) при обработке их Авибиф С в дозе 150 мл/т и его половинной нормой совместно с ТМТД (2,0 л/т) – в сравнении с контролем (без обработки семян) и стандартным вариантом – ТМТД (4,0 л/т). При обработке посевов добавление в гербицидную смесь (Хармони, 10 г/га + Кортес, 5 г/га + Тарга Супер, 1,5 л/га) нового препарата Авибиф П (150 мл/га) ускорило рост растений, увеличило их выживаемость к периоду уборки на 1,6-3,8%. Применение Авибиф (С и П) способствовало формированию большей (на 6,6-10,6%) технической длины стебля и лучшей по качеству льносолемы. Применение Авибиф С для обработки семян как в чистом виде, так и в сочетании с ТМТД обеспечило по отношению к стандартному варианту повышение урожайности льносолемы на 36,0-36,6%, льносемян на 39,6-40,7%. Добавление Авибиф П в гербицидную смесь повышало урожайность льносолемы на 13,5-39,1%, льносемян – на 12,9-38,9%. Стоимость дополнительной льнопродукции, полученной от применения Авибиф С и П превосходила затраты на его реализацию в 11,19 раз.

**Ключевые слова:** лен, регулятор роста, фунгицид, гербицид, эффективность, сохранение урожая.

**FLAX CULTIVATION IN THE CENTRAL FEDERAL DISTRICT OF THE RUSSIAN FEDERATION WITH THE RATIONAL APPLICATION OF GROWTH REGULATORS, FUNGICIDES, HERBICIDES AND THEIR COMPOSITIONS****<sup>1</sup>F.V. Alirchikov, <sup>1</sup>M.B. Alibekov, <sup>2</sup>Dr.Sci. A.A. Kudryavtsev, <sup>2</sup>Ph.D. L.A. Zaitseva**<sup>1</sup>Russian Timiryazev State Agrarian University, e-mail: soa-18@mail.ru<sup>2</sup>All-Russia Research Institute of Flax, e-mail: zaitsieva@mail.ru

On the basis of the All-Union Scientific Research Institute of Flax there were carried out studies on flax fiber to study the effect on the phytosanitary condition and yield of new growth regulators of the Avibif series and their compositions with fungicides and herbicides for pre-treatment of seeds, and also for use on vegetative plants. It has been established that when treating flax seeds with a new preparation of Avibif C allows reducing the application rate of TMTD disinfectant by 50% without decreasing and even with the effect of increasing the overall phytosanitary effect against bacterial diseases. Seed germination was more amicable and complete (in laboratory and field conditions) when treated with Avibif C at a dose of 150 ml/t and its half rate together with TMTD (2.0 l/t) – in comparison with the control (without seed treatment) and the standard option – TMTD (4.0 l/t). In the treatment of crops, the addition of a new preparation Avibif P (150 ml/ha) to the herbicidal mixture (Harmony, 10 g/ha + Cortez, 5 g/ha + Targa Super, 1.5 l/ha) accelerated the growth of plants, increased their survival rate in the harvesting period by 1.6-3.8%. Application of Avibif (C and P) contributed to the formation of a larger (6.6-10.6%) technical length of the stem and flax best quality. The application of Avibif C for seed treatment both in pure form and in combination with TMTD resulted in an increase in the yield of flax straw by 36.0-36.6%, flaxseed by 39.6-40.7% in relation to the standard variant. Addition of Avibif P in herbicidal mixture increased the yield of flax salt by 13.5-39.1%, flax seed – by 12.9-38.9%. The cost of additional flax products obtained from the application of Avibif S and P exceeded the cost of its implementation by 11.19 times.

**Keywords:** flax, growth regulator, fungicide, herbicide, efficiency, crop preservation.

Разработка и освоение ресурсосберегающей технологии производства льна-долгунца, приспособленной к почвенно-климатическим и агроландшафтным условиям региона льносеяния, призвана обеспечить увеличение валовых сборов семян и волокна, улучшение качества и повышение конкурентоспособности льнопродукции, а также уменьшение потерь урожая и сокращение затрат. На основании экспериментов на полях Тверской области мы можем рекомендовать производству модернизированные элементы технологии возделывания льна-долгунца в Северо-Западном регионе, а также на полях Смоленской области в Центральном регионе РФ [1].

Традиционные районы льносеяния характеризуются, как благоприятные для возделывания льна-долгунца: сумма положительных температур воздуха ( $> 10^{\circ}\text{C}$ ) составляет 2000-2200, количество продуктивной влаги за вегетационный сезон, как правило, достаточное для получения высоких урожаев льна. Наиболее неблагоприятное состояние почвы при возделывании льна связано с невысоким содержанием гумуса (51% пашни имеют содержание  $< 2\%$ ) и недостатком микроэлементов. Достаточно большой (32,1%) процент пашни имеет кислотность почвенной среды оптимальную для возделывания льна (5,0-5,5) – и большой (62%) содержание фосфора повышенное и высокое.

В данных условиях, с одной стороны, распространяются менее вредоносные виды патогенов, фитофагов и сорняков; с другой, эффективность пестицидов может быть ниже, чем при оптимальной температуре.

Во многих странах мира использование регуляторов роста считается необходимым приемом, положительно влияющим на устойчивость культурных растений к болезням и другим стрессовым факторам [2-9]. Кроме общих вопросов экологизации при возделывании льна важно учитывать, что волокно и семена этой культуры используют как незаменимое сырье для производства тканей и материалов, имеющих особые гигиенические, стратегические и технологические свойства. Эта продукция должна быть качественной и не содержать выше допустимого уровня остаточных количеств пестицидов [10-13]. Повышение устойчивости культурных растений к болезням и другим стрессовым факторам достигается оптимизацией минерального питания, внедрением сортов, приспособленных к конкретным природным зонам и использованием регуляторов роста растений (РРР) – антистрессовых соединений различной природы [14-16]. Стрессы, возникающие на отдельных этапах органогенеза, приводят к нарушению метаболических функций и генеративного развития, что снижает их продуктивность. Применение соединений, индуцирующих комплекс защитных реакций, нивелирует негативное воздействие неблагоприятных факторов и способствует сохранению

урожая сельскохозяйственных культур [17, 18]. К таким соединениям относятся новые препараты серии Авибиф – полифункциональные полимеры, водорастворимые концентраты. Авибиф С, ВРК (150 г/л) предназначен для предпосевной обработки семян, Авибиф П, ВРК (150 г/л) – для опрыскивания посевов культурных растений. Считается, что базовый препарат Авибиф, ВРК (полидиаллилдиметиламмоний хлорид, 150 г/л) защищает сельскохозяйственные культуры от стрессовых ситуаций, например, смягчает гербицидный стресс. Эффективность его применения обусловлена антибактериальным, фунгипротекторным и ростактивирующим действием, что положительно сказывается на продуктивности сельскохозяйственных культур и улучшении качества урожая. Препарат совместим с пестицидами и минеральными удобрениями, быстро и полностью растворяется, обеспечивая качественное приготовление рабочего раствора.

**Цель работы** – изучение влияния на фитосанитарное состояние и урожай льна-долгунца регуляторов роста серии Авибиф и их композиций с пестицидами и фунгицидами для предпосевной обработки семян и вегетирующих растений.

**Методика исследований.** В 2014-2016 гг. на базе Всероссийского института льна в Торжокском районе Тверской области проведен полевой трехлетний эксперимент. Он предусматривал контроль (без обработки семян), стандартные варианты с обработкой семян ТМТД (4 л/т) и посевов гербицидами без регулятора роста. Методологию эксперимента предписывали методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом [19-21], по регистрационным испытаниям пестицидов [22-25]. Постановка опыта и статистико-агрономическая оценка его результатов уточнялись в соответствии с методикой научной агрономии [20, 21]. Учетная площадь делянки полевого эксперимента 25 м<sup>2</sup>. Расположение делянок рендомизированное, повторность – четырехкратная. Почва на участках опыта дерново-подзолистая, легкосуглинистая, среднекислая, со средним содержанием подвижного фосфора и калия.

Предшественником льна в севообороте были многолетние травы. Основная обработка почвы: после уборки предшественника – лущение жнивья и зяблевая вспашка. Весенняя обработка почвы складывалась из ранней и предпосевной культивации в 1 след с последующим боронованием в 2 следа перед посевом льна. Способ уборки и учет урожая: ручное тербление льна (с вязкой в снопы) со всей учетной площади каждой делянки; сушка снопов; поделачный обмолот, очистка семян; сплошной учет урожая с пересчетом массы продукции после взвешивания на 100% чистоту, 12% влажность семян и 19% влажность льносолумы.

Исследования проводили на сорте льна-долгунца Ленок. Он выведен во ВНИИЛ методом гибридиза-

ции с последующим отбором на инфекционном фоне. Включен в Госреестр по Северо-Западному, Волго-Вятскому и Западно-Сибирскому регионам. Имеет следующие сортовые признаки: лист ланцетный, зеленый; лепесток голубой; пыльник синий; рыльце голубое; коробочка шаровидная, светло-желтая; семена коричневые; масса 1000 семян в среднем 4,8 г. Сорт среднеспелый, высокоурожайный по семенам и волокну, высоковолокнистый (содержание волокна в стебле до 32,4%), считается устойчивым к ржавчине и фузариозу.

Агрометеорологические условия вегетационных периодов 2014-2016 гг. были близкими к оптимальным для возделывания льна: ГТК (по Т.Г. Селянину) составлял 1,4-1,6.

Сроки применения изучаемых средств при обработке: семян – за неделю до посева (в начале мая каждого года); посевов – в фазе «елочки» (в июне 2014-2016 гг.). Способы применения: обработка (инкрустирование) семян растворами (суспензиями) препаратов Авибиф С и ТМТД (стандарт); опрыскивание посевов в фазе «елочки» рабочими растворами композиций регулятора роста Авибиф П с гербицидами (Кортес, 5 г/га + Хармони, 10 г/га + Тарга Супер, 1,5 л/га); в контрольном варианте обработки посевов – опрыскивание теми же гербицидами без регулятора роста. Используемая аппаратура: ручной протравочный аппарат и ранцевый опрыскиватель «Рapid». Расход рабочей жидкости: для обработки семян 10 л/т; для обработки посевов 200 л/га.

Из вредных объектов в процессе исследований проявились болезни льна: антракноз (возб. *Colletotrichum lini* Manns et Bolley), крапчатость / озониоз (возб. *Ozonium vinogradovi* Kudr.), бактериоз (возб. *Bacillus macerans* Schr.).

**Результаты исследований.** Установлено, что общая зараженность болезнями семян после их обработки регулятором роста Авибиф С (0,15 л/га) снизилась на 30% (по сравнению с контролем). Смесь его половинной дозы расхода (0,075 л/га) с традиционным протравителем семян – ТМТД (в сниженной норме 2 л/т) еще более действенно снизила зараженность семян антракнозом и крапчатостью (в сумме дополнительно на 0,5%).

При фитопатологических учетах в поле также выявлена высокая эффективность обработки семян льна Авибифом С и его смесью с ТМТД против болезней льна-долгунца (табл. 1).

Отмечено снижение распространенности антракноза, крапчатости и бактериоза всходов более, чем на 10% при 100% устранении сильной степени поражения растений болезнями.

Прорастание семян ускорилось на 2-3 суток в связи с их обработкой препаратом Авибиф С (0,15 л/т) и этим же препаратом в половинной дозе (0,075 л/т) совместно с ТМТД (2 кг/т) в сравнении с контролем (без обработки семян) и стандартным вариантом (ТМТД, 4 кг/т без добавления Авибиф С).

В эксперименте проявился выраженный ростостимулирующий эффект применения нового препарата на льне-долгунце как в чистом виде, так и в сочетании с ТМТД. В условиях, когда полевая всхожесть в контрольном и стандартном варианте не превышала 35,5-42,9% при обработке семян Авибиф С и его смесью с ТМТД их полевая всхожесть составила 61,1-67,6%. Это позволило получить в новых вариантах близкую к оптимальной густоту стеблестоя.

Опрыскивание вегетирующих растений льна препаратом Авибиф П в сочетании с обработкой семян регулятором роста Авибиф С оказало положительное влияние на сохранность стеблестоя льна к периоду уборки (83-100% против 63-93,8%, где регулятор роста в гербицидную смесь не добавляли).

Для льна-долгунца важным показателем служит длина (высота) растения. При наблюдении за динамикой по фазам роста и развития льна наблюдались различия по высоте растений. После химической обработки более высокие растения были в вариантах, где для предпосевной обработки семян применяли Авибиф С (в чистом виде или в смеси с ТМТД), а затем Авибиф П добавляли в гербицидную смесь. Это на 2-3% повысило эффективность общей композиции против сорняков. К периоду уборки льна сформировался более высокий стеблестой в вариантах, где Авибиф П добавляли в композиционную смесь с гербицидами. Во всех вариантах с добавлением регулятора роста техническая длина растений льна была выше, чем в контроле и стандарте.

Применение нового препарата Авибиф С для предпосевной обработки семян (как отдельно, так и в сочетании с ТМТД) обеспечило достоверное повышение урожайности льносоломки и льносемян (табл. 2).

Наибольшие показатели урожайности льнопродукции получены при сочетании обработки семян Авибифом С в смеси с ТМТД при снижении норм расхода компонентов и посевов – Авибифом П (сов-

### 1. Снижение распространенности болезней всходов льна (в среднем за 2014-2016 гг.)

Вариант	Пораженность болезнями, %			Сильнопораженные, %
	антракнозом	бактериозом	крапчатостью	
Контроль (без обработки)	12,5	11,0	11,5	6,0
ТМТД, ВСК, 4,0 л/т (стандарт)	0,5	2,0	0,5	0,0
Авибиф С, 0,15 л/т	0,5	0,5	0,0	0,0
Авибиф С, 0,075 л/т + ТМТД, 2,0 л/т	0,5	1,0	0,5	0,0
M ± (ошибка полевого учета, %)	5,3	3,4	3,4	1,4

## 2. Влияние регуляторов роста растений (Авибиф С и Авибиф П), протравителя семян (ТМТД) и гербицидов на урожайность льна (среднее за 2014-2016 гг.)

Обработка семян	Обработка посевов	Урожайность, ц/га	
		льносолома	льносемена
Контроль (без обработки)	Контроль (без PPP*)	20,4	1,9
То же	Гербициды + Авибиф П (0,15 л/га)	33,5	3,1
Стандарт, ТМТД, ВСК (4 л/т)	Контроль (без PPP, гербициды)	31,0	3,2
То же	Гербициды + Авибиф П (0,15 л/га)	43,4	4,5
Авибиф С (0,15 л/т)	Контроль (без PPP, гербициды)	48,9	5,4
То же	Гербициды + Авибиф П (0,15 л/га)	<b>56,5</b>	<b>6,2</b>
Авибиф С (0,075 л/т) + ТМТД (2,0 л/т)	Контроль (без PPP, гербициды)	48,4	5,3
То же	Гербициды + Авибиф П (0,15 л/га)	<b>56,9</b>	<b>6,2</b>
НСР <sub>05</sub>		1,271	0,291

\* Посевы в фазе «елочки» по всем вариантам обработаны баковой смесью гербицидов (Хармони, 10 г/га + Кортес, 5 г/га + Тарга Супер, 1,5 л/га).

## 3. Экономическая эффективность применения Авибиф С и Авибиф П

Показатель	Стандарт	Новый вариант
Урожайность льнотресты, ц/га	24,8	45,52
Урожайность льносемян, ц/га	3,2	6,2
Прибавка качества к стандарту, номер тресты	-	Повышение на 1 сортономер
Прибавка урожайности тресты к стандарту, ц/га	-	20,72
Прибавка урожайности семян к стандарту, ц/га	-	3,0
Стоимость дополнительной продукции, руб/га	-	29002,72
Доп. затраты (на пестициды и уборку, реализацию доп. продукции), руб/га	155,8	2391,47
Прибыль от доп. продукции, руб/га	-	<b>26767,05</b>
Окупаемость (на 1 руб. доп. затрат), раз	-	<b>11,19</b>

местно с гербицидами). Применение препарата Авибиф П оказало положительное влияние на качество льносоломы (повысило его на 1 сортономер).

Оценку эффективности препарата Авибиф С (в смеси с ТМТД при снижении норм расхода компонентов) и посевов – Авибифом П (совместно с гербицидами) в сравнении со стандартным вариантом (протравливание семян ТМТД в полной норме расхода и обработка посевов гербицидами без PPP) мы провели по результатам опыта 2014-2016 гг. (табл. 3). Учитывали затраты на проведение защитных мероприятий и дополнительный урожай в стоимостной оценке в фактических ценах реализации, сложившихся на конец анализируемого периода. Цены на препараты следующие: 1 л препарата Авибиф (С и П) 1500 руб., 1 л ТМТД – 389,4 руб.

Стоимость обработки семян (препаратами Авибиф С (0,075 л/т) + ТМТД (2,0 л/т) и добавление Авибифа П (0,15 л/га) при опрыскивании посевов льна в новом варианте составляет 314,1 руб/га. Стандартное протравливание семян ТМТД (4,0 л/т) – 155,8 руб/га. Коэффициент перевода соломы в тресту = 0,8. Цена реализации 1 т тресты № 2,00 – 7800; № 2,50 – 9360 руб., 1 т семян – 15000 руб.

Затраты на производство 1 т тресты – 476 руб.; 1 т семян – 3637 руб. (учтены затраты на уборочные работы).

Стоимость дополнительной льнопродукции, полученной от применения препарата Авибиф (С и П) как нового элемента технологии возделывания льна-

долгунца превосходила затраты на его реализацию в 11,19 раз.

*Таким образом, при обработке семян льна новый препарат Авибиф С позволяет снижать на 50% норму применения протравителя ТМТД без снижения (и даже с эффектом повышения против бактериальных болезней) общего фитосанитарного эффекта. Прорастание семян было более дружным и полным при обработке их Авибифом С (150 мл/т) и его половинной нормой совместно с ТМТД (2,0 л/т) в сравнении с контролем (без обработки семян) и стандартным вариантом (ТМТД, 4,0 л/т). При обработке посевов добавление в гербицидную смесь (Хармони, 10 г/га + Кортес, 5 г/га + Тарга Супер, 1,5 л/га) нового препарата Авибиф П, 150 мл/га ускорило рост растений, увеличило их выживаемость к периоду уборки на 1,6-3,8%. Применение Авибифа (С и П) способствовало формированию большей (на 6,6-10,6%) технической длины стебля, лучшей по качеству льносоломы. Инкрустирование семян Авибифом С (как в чистом виде, так и в сочетании с ТМТД) увеличило урожайность льносоломы на 36,0-36,6%, льносемян на 39,6-40,7%. Добавление Авибифа П в гербицидную смесь повышало урожайность льносоломы на 13,5-39,1% (при дополнительном повышении на 1 сортономер качества тресты), льносемян – на 12,9-38,9%. Стоимость дополнительной льнопродукции, превосходила затраты на его реализацию в 11,19 раз.*

## Литература

1. Зайцева Л.А. Повышения эффективности применения гербицидов на посевах льна-долгунца на основе использования оптимального состава баковых смесей: дисс. к.с.-х.н. – Торжок: ВНИИЛ, 2004. – 132 с.
2. Прусакова Л.Д., Малеванная Н.Н., Белопухов С.Л., Вакуленко В.В. Регуляторы роста растений с антистрессовыми и иммунопротекторными свойствами // *Агрехимия*, 2005, № 11. – С. 76-86.
3. Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С., Сторчевой В.Ф. Активированные защитно-стимулирующие комплексы для обработки семян льна-долгунца // *Научная жизнь*, 2016, № 2. – С. 75-83.
4. Дмитриевская И.И., Белопухов С.Л., Прохоров И.С., Зайцев С.Ю. Влияние нового регулятора роста и развития растений Атоник плюс на химический состав и качество получаемой льнопродукции // *Плодородие*, 2015, № 6(87). – С. 12-14.
5. Дмитриевская И.И., Калабашкина Е.В., Белопухов С.Л., Прохоров И.С., Попова Г.А. Применение биорегуляторов на льне-долгунце (*Linum usitatissimum* L.) сорта Тост 5 // *Проблемы агрохимии и экологии*, 2015, № 3. – С. 34-38.
6. Прохоров И.С., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Гришина Е.А. Перспективные направления переработки отходов льнопроизводства / *Перспективы и проблемы размещения отходов производства и потребления в агроэкосистемах: сборник научных статей по материалам научно-практической конференции (Нижегород, 11-12 декабря 2014 г.)*. – Н.Новгород: Нижегородский институт управления – филиал федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Российская академия народного хозяйства и государственной службы при Президенте Российской Федерации», 2014. – С. 115-119.
7. Ушаповский И.В., Корнеева Е.М., Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С. Изучение биорегуляторов для предотвращения действия гербицидов на посевах льна-долгунца // *Агрехимический вестник*, 2014, № 4. – С. 27-29.
8. Белопухов С.Л., Дмитриевская И.И., Прохоров И.С., Григораш А.И. Влияние биопрепарата Флоравит на рост, развитие и урожайность льна-долгунца // *Агрехимический вестник*, 2014, № 6. – С. 28-30.
9. Белопухов С.Л., Бугаев П.Д., Ламмас М.Е., Прохоров И.С. Влияние биопрепаратов на фотосинтетическую активность посевов ячменя // *Агрехимический вестник*, 2013, № 5. – С. 19-21.
10. Ямалева А.А., Ямалеев А.В. Физико-химическое обоснование биологизированной защиты зерновых культур от болезней / *Пути решения экологических проблем в сельскохозяйственном производстве Урала*. – Екатеринбург: Уральский НИИСХ, 2007. – С. 89-93.
11. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А. Эффективные средства защиты льна и технологии их применения: методические рекомендации. – Тверь: Тверской государственный университет, 2014. – С. 4.
12. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А. Усовершенствованные технологии в льноводстве. – Тверь: Тверской государственный университет, 2016. – С. 23.
13. Кудрявцев Н.А., Зайцева Л.А., Алибеков М.Б., Савоськина О.А. Экологизированное применение регуляторов роста, фунгицидов и гербицидов при возделывании льна / *Сборник научных трудов по материалам V Международной научной экологической конференции, посвященной 95-летию Кубанского ГАУ «Проблемы рекультивации отходов быта, промышленного и сельскохозяйственного производства»*. – Краснодар: Кубанский ГАУ, 2017. – С. 313-317.
14. Рассохин В.В. Действие регуляторов роста на урожайность яровой пшеницы и микрофлору почвы / *Агрехимия и экология: история и современность*. – Н.Новгород: НГСХА, 2008, Т. 2. – С. 176-179.
15. Шаповал О.А., Можарова И.П., Коршунов А.А. Регуляторы роста растений в агротехнологиях // *Защита и карантин растений*, 2014, № 6. – С. 18.
16. Ниловская Н.Т., Осипова Л.В. Приемы управления продукционным процессом яровой пшеницы агрохимическими средствами в условиях засухи. – М.: ВНИИА, 2009. – 175 с.
17. Чирков С.В. Влияние приемов использования регуляторов роста на урожайность яровой пшеницы: автореф. к.с.-х.н. – Пермь, 2009. – 17 с.
18. Вихрева В.А., Лебедева Т.Б., Надежкина Е.В. Применение антистрессовых препаратов при гербицидной обработке в посевах ярового ячменя // *Агрехимия*, 2011, № 5. – С. 46-53.
19. ВНИИЛ. Методические указания по проведению полевых опытов со льном-долгунцом. – Торжок: ВНИИЛ, 1978. – 72 с.
20. Кирюшин Б.Д. Введение в опытное дело и статистическую оценку / *Методика научной агрономии*, ч 1. – М.: МСХА, 2004. – 168 с.
21. Кирюшин Б.Д. Постановка опытов и статистико-агрономическая оценка их результатов / *Методика научной агрономии*, ч. 2. – М.: МСХА, 2005. – 200 с.
22. ВИЗР. Методические указания по регистрационным испытаниям инсектицидов, акарицидов, моллюскоцидов и родентицидов в сельском хозяйстве. – С.-Пб.: ВИЗР, 2009. – С. 152-163.
23. ВИЗР. Методические указания по испытанию фунгицидов в сельском хозяйстве. – С.-Пб.: ВИЗР, 2009 (2). – С. 159-173.
24. ВИЗР. Методические указания по испытанию гербицидов в сельском хозяйстве. – С.-Пб.: ВИЗР, 2013. – 280 с.
25. Государственный каталог пестицидов и агрохимикатов, разрешенных к применению на территории Российской Федерации. Приложение к журналу «Защита и карантин растений», 2014, № 4. – 604 с.

## РЕЦЕНЗИЯ

на учебное пособие А.Х. Шеуджена «Агрохимия. Ч. 3. Экспериментальная агрохимия». – Краснодар: КубГАУ, 2016. – 755 с.

За последние годы академик Шеуджен выпустил два учебных пособия по агрохимии: 1. История и методология агрохимии (Краснодар: КубГАУ. 2011. – 1278 с.); 2. Методика агрохимических исследований (Краснодар: КубГАУ. 2015. – 703 с.). Логическим их продолжением является и этот труд – «Экспериментальная агрохимия» (Краснодар: КубГАУ. 2016. – 755 с.), который включает введение и пять глав: 1. Агрохимия почв; 2. Агрохимия удобрений; 3. Фосфогипс; 4. Цеолиты; 5. Регуляторы роста растений.

Во введении А.Х. Шеуджен пишет: «Практическая деятельность агронома-агрохимика и агрохимика-эколога невозможна без глубокого знания научных основ агрохимии. Плановая подготовка таких специалистов в вузах заключается в последовательном освоении студентами курса фундаментальной, прикладной и экологической агрохимии, а также методики агрохимических исследований. В книге представлены результаты исследований автора, его учеников и коллег.

В первой главе приводится экспериментальный материал, полученный на стационарном полевом опыте кафедры агрохимии Кубанского госагроуниверситета им. И.Т. Трубилина. Обсуждаются результаты исследований по агрохимии черноземов. Представлены результаты исследований по вопросам применения удобрений и плодородия орошаемых земель. Особое внимание уделяется гумусовому статусу почв. Приводятся данные по содержанию микроэлементов и трансформации их соединений в почвах.

Во второй главе представлены результаты исследований отдела прецизионных технологий Всероссийского НИИ риса по теории и практике применения микроудобрений в рисовых агроландшафтах. Представлен экспериментальный материал, показывающий высокую эффективность физических и физико-химических приемов воздействия на посевные качества семян, рост, развитие, минеральное питание, фотосинтетическую деятельность и продуктивность культурных растений.

Третья глава посвящена применению нейтрализованного фосфогипса в качестве поликомпонентного удобрения. Фосфогипс образуется в качестве побочного продукта при производстве фосфорных удобрений. Его основу составляет соль  $\text{CaSO}_4$ , содержание которой достигает 94%, это 36-38 % (на сухое вещество)  $\text{CaO}$  и более 20% серы. По воздействию на почву он практически идентичен природному гипсу. Учитывая огромные объемы образующегося фосфогипса, актуальной проблемой является разработка способов его утилизации. В земледелии накоплен значительный опыт по применению фосфогипса, свидетельствующий о том, что его включение в технологию возделывания сельскохозяйственных культур позволит не только использовать на 100% фосфатное сырье, но и получать высокий положительный эффект, обеспечивающий снабжение почв элементами питания. Автором представлен экспериментальный материал по испытанию фосфогипса на посевах, риса, кукурузы и сои, подтверждающие его высокую эффективность.

Четвертая глава охватывает круг вопросов по агроэкологической оценке цеолитов. Здесь обсуждаются методические подходы применения их в рисоводстве. Повышение эффективности азотных удобрений и, как следствие, ограничение загрязнения окружающей среды их токсичными остатками может быть достигнуто совершенствованием технологии их внесения, а также включением в систему удобрений микроэлементов и регуляторов роста. Важную роль в этом отношении могут сыграть природные цеолиты, которые обладают высокой ионообменной и удерживающей способностью и оказывают существенное влияние на характер распределения азота в системе почва – удобрение – растение. Цеолиты могут поглощать аммоний в количестве свыше 1 мг-экв/г массы и затем постепенно отдавать его в почвенный раствор. Следовательно, их присутствие в почвах может продлевать срок действия азотных удобрений».

В пятой главе представлены оригинальные экспериментальные данные по влиянию регуляторов роста растений на физиолого-биохимические процессы в растениях и продуктивность агроценозов.

А.Х. Шеуджен попытался систематизировать информацию по экспериментальной агрохимии, поместив в данной книге работы по разным направлениям. Следует иметь в виду, и то, что рассматриваемые в книге материалы и вытекающие из них выводы не должны приниматься как правила, установленные раз и навсегда. Понятно, что они должны применяться творчески, с учетом условий агрогенеза почв, введения новых сортов и агротехнологий, уровня механизации, состояния материальных ресурсов, обеспеченности и качества агрохимических средств.

Предлагаемое издание дает представление о подходах, принципах, методологии и результатах исследований агрохимической научной школы Кубани и может быть полезным для аспирантов, магистров и научных работников, заинтересованных в развитии отечественной аграрной науки. Представленный в книге экспериментальный материал значительно пополнит информационный банк данных по агрохимии и будет востребован для разработки научных основ управления продукционным процессом агроценоза и плодородием почв.

Президент НП «Национальный Агрохимический Союз»

**М.М. Овчаренко, д.с.-х.н., профессор**