

## ВЛИЯНИЕ ДЛИТЕЛЬНОГО ПРИМЕНЕНИЯ СИСТЕМ УДОБРЕНИЯ РАЗНОЙ ИНТЕНСИВНОСТИ НА УРОЖАЙНОСТЬ И КАЧЕСТВО ЗЕРНА ОВСА

© 2022 г. Г. Е. Мерзлая<sup>1,\*</sup>, А. Д. Федулова<sup>1</sup>, А. Ю. Гаврилова<sup>2,\*\*</sup>

<sup>1</sup> *Всероссийский научно-исследовательский институт агрохимии им. Д.Н. Прянишникова  
127550 Москва, ул. Прянишникова, 31а, Россия*

<sup>2</sup> *Федеральный научный центр лубяных культур  
214025 Смоленск, ул. Нахимова, 21, Россия*

*\*E-mail: lab.organic@mail.ru*

*\*\*E-mail: a.gavrilova.smi@mail.ru*

Поступила в редакцию 03.03.2022 г.

После доработки 07.04.2022 г.

Принята к публикации 16.05.2022 г.

В длительном полевом опыте, заложенном в 1978 г., изучали влияние минеральных, органических и органо-минеральных систем удобрения различной интенсивности в действии и последствии на урожайность и качественные показатели зерна овса при возделывании в полевом севообороте на окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почве Смоленской обл. Установлено положительное достоверное влияние систем удобрения на продуктивность овса сорта Скакун при оптимизации доз и сочетаний навоза и минеральных азотных, фосфорных и калийных удобрений как в действии, так и в последствии. Наименьшая в опыте урожайность зерна овса сорта Скакун, возделываемого в зернотравяном севообороте, составившая 1.8–2.1 т/га, получена в контроле, где удобрения не применяли. В действии все исследованные варианты систем удобрения обеспечили достоверный рост урожайности зерна овса по отношению к контролю. Высокая урожайность зерна овса с хорошим качеством (на уровне 4 т/га) формировалась при внесении трехкратных доз органо-минеральной (N90P90K90 + навоз 9 т/га) и минеральной (N90P90K90) систем удобрения. В последствии при возделывании овса на зерно эффективными были все системы удобрения, за исключением органо-минеральной системы в низких дозах. Прибавка урожайности зерна к контролю при органической системе составила 20.3, при минеральной – 38.4%, при органо-минеральных системах в 2–5-кратных дозах прибавки варьировали от 35 до 65.5%. Эффективное последствие органических и минеральных удобрений отмечено при применении органо-минеральной системы с четырехкратными дозами (N120P120K120 + + навоз 12 т/га), когда урожайность зерна овса составила 2.75 т/га, что было на 55.3% больше контроля без внесения удобрений. При этом получены высокие показатели качества зерна (массы 1000 семян (30.9 г), содержания белка (7.63%) и калия (0.45%)) при низком уровне содержания тяжелых металлов и мышьяка в зерне.

*Ключевые слова:* системы удобрения, действие и последствие, урожайность овса, качество зерна, белок, тяжелые металлы, мышьяк.

**DOI:** 10.31857/S0002188122080129

### ВВЕДЕНИЕ

В условиях России среди зерновых культур важное место отводится овсу, который используют в продовольственных и фуражных целях. В структуре посевных площадей, занятых овсом, первое место принадлежит Алтайскому краю (14% от всех посевов), затем следует Новосибирская обл. (6.8%), Красноярский край (6.1%), республика Башкортостан (5.6%) и Тюменская область (4.0%). Общий сбор зерна овса в России (по данным за 2018 г.) составил 4.7 млн т [1].

Как следует из ряда научных работ [2–4], высокие урожаи овса в нашей стране и за рубежом получают на почвах при сбалансированном содержании в них питательных веществ. Овес лучше остальных зерновых культур переносит кислую реакцию почвенного раствора, а также усваивает питательные элементы из почвы. Наиболее эффективно внесение удобрений под овес в районах с достаточной влагообеспеченностью. По данным Географической сети опытов с удобрениями, оптимальная годовая доза минеральных удобрений

под овес в среднем в Российской Федерации составляет 171 кг питательных веществ (N68P63K40) [5]. Известно также, что в зависимости от конкретных почвенных и погодных условий дозы удобрений при возделывании овса необходимо дополнительно уточнять и корректировать. В повышении урожайности сельскохозяйственных культур, прежде всего зерновых, решающая роль принадлежит оптимизации доз и сочетаний минеральных и органических удобрений [3, 6, 7]. Немаловажное значение при этом имеет эффект последствия удобрений [3, 5, 8, 9].

Наши исследования в длительном опыте были направлены на агроэкологическое обоснование оптимальных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений при возделывании овса в зернотравяном севообороте в условиях окультуренной дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы Нечерноземной зоны. Цель работы – изучение влияния длительного применения органической, минеральной и органо-минеральной систем удобрения разной интенсивности в действии и последствии на урожайность и качество зерна овса сорта Скакун, содержание в нем белка, тяжелых металлов и мышьяка.

#### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Полевой опыт был заложен в 1978 г. в поселке Ольша Смоленского р-на Смоленской обл. В вариантах опыта при возделывании овса в системе севооборота минеральные и органические удобрения вносили отдельно и в сочетаниях согласно разработанной схеме. Определяли урожайность зерна, проводили отбор проб зерна для их анализа на содержание белка, тяжелых металлов и мышьяка, который выполняли по общепринятым методикам.

Учет урожайности овса вели сплошным методом, массу 1000 зерен определяли по ГОСТ 10842-89, химические анализы растений проводили следующими методами: общий азот – по Кьельдалю (ГОСТ 134964-93), фосфор – по ГОСТ 26657-97, калий – методом пламенной фотометрии (ГОСТ 30504-97). Содержание тяжелых металлов (меди, цинка, свинца, кадмия) в зерне определяли по ГОСТ 30178-96, никеля, хрома, марганца, кобальта – по МУ № 01-19/47-11, ртути – по МУ 5178-90, мышьяка – по ГОСТ 26930-86.

Вносили удобрения в течение 4-х ротаций севооборота общей продолжительностью 30 лет. В севообороте при изучении действия удобрений навоз применяли под картофель в единичной дозе 20 т/га и под озимые зерновые – озимую рожь и озимую пшеницу – по 15 т/га. Минеральные

азотные, фосфорные и калийные удобрения вносили под картофель и озимые зерновые (озимую рожь, озимую пшеницу) в единичных дозах по 45 кг д.в./га, под яровые зерновые (ячмень, овес) – по 30 кг/га. Многолетние травы 2-х лет пользования возделывали без применения удобрений.

Из минеральных удобрений в опыте использовали  $N_{aa}$ ,  $P_{сд}$ ,  $K_x$ . В качестве органического удобрения вносили навоз крупного рогатого скота с использованием подстилки из соломы и древесных опилок влажностью 70% с содержанием на сырое вещество: общего азота – 9.46,  $P_2O_5$  – 0.21,  $K_2O$  – 0.66%. Соотношение C : N в навозе было равно 19. В расчете на сухое вещество подстилочный навоз содержал: цинка – 7.4, кадмия – 0.1, хрома – 1.1, никеля – 0.1, меди – 0.6 мг/кг. Эффект последствия ранее внесенных удобрений изучали в 5-й ротации зернотравяного севооборота при ежегодной подкормке сельскохозяйственных культур, включая овес, азотными минеральными удобрениями в невысокой дозе N45.

Повторность вариантов в опыте трехкратная. Общая площадь делянки 112 м<sup>2</sup>, учетная – 48 м<sup>2</sup>. Исследования вели на 2-х полях.

В работе представлены результаты исследования влияния систем удобрения на завершающую зернотравяную севооборот культуру – овес в 5-й ротации со следующим чередованием культур: однолетние травы, озимая рожь, ячмень, многолетние травы 2-х лет пользования, яровая пшеница и овес, полученные в 2015–2016 гг. Для сравнения использовали данные по действию систем удобрения на овес за 2008–2009 гг. в 4-й ротации севооборота с аналогичным чередованием культур [10].

Закладку и проведение опыта проводили по программе, разработанной методическим отделом ВНИИ агрохимии им. Д.Н. Прянишникова [11]. Схема опыта включала следующие варианты: 1 – контроль без внесения удобрений, 2 – навоз 9 т/га, 3 – минеральные удобрения N90P90K90, 4 – N30P30K30 + навоз 3 т/га, 5 – N60P60K60 + навоз 6 т/га, 6 – N90P90K90 + навоз 9 т/га, 7 – N120P120K120 + навоз 12 т/га, 8 – N150P150K150 + навоз 15 т/га.

В вариантах полевого опыта изучали эффективность последствия систем удобрений разной степени интенсивности, а именно: минеральных азотных, фосфорных и калийных удобрений, подстилочного навоза, а также комплексного применения минеральных удобрений в сочетании с навозом в возрастающих дозах: N30–150P30–150K30–150 + навоз 3–15 т/га.

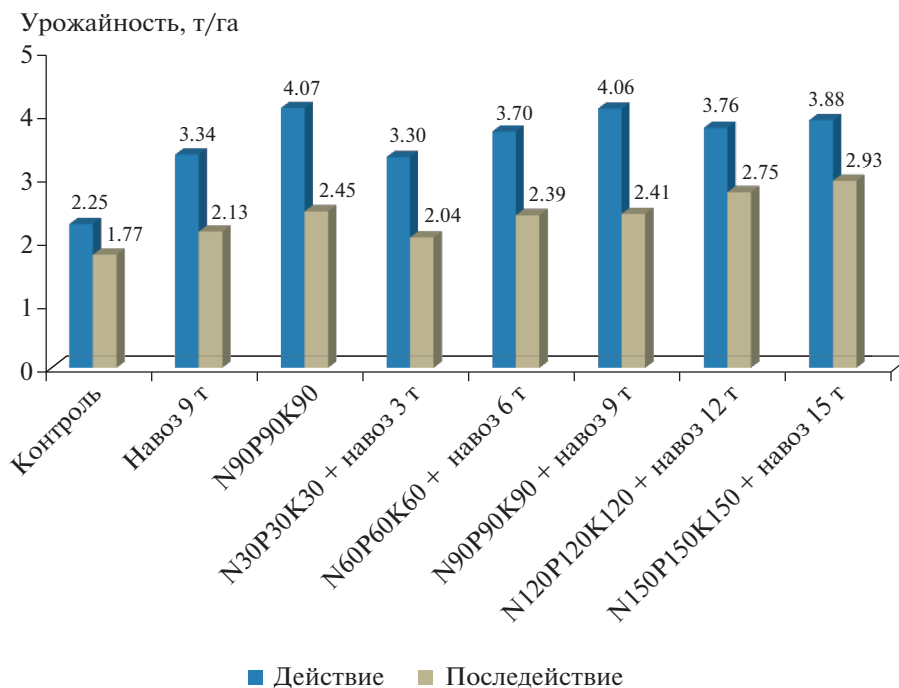


Рис. 1. Урожайность зерна овса в зависимости от действия ( $HCP_{05} = 0.34$  т/га) и последствия ( $HCP_{05} = 0.3$  т/га) систем удобрения разной интенсивности.

Почва опытного участка – дерново-подзолистая окультуренная легкосуглинистая имела следующие агрохимические показатели: pH 5.5, содержание гумуса – 1.3% С, подвижного фосфора ( $P_2O_5$ ) по Кирсанову – 160, калия ( $K_2O$ ) – 130 мг/кг.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Зависимости урожайности зерна овса сорта Скакун, возделываемого в 7-польном севообороте, при действии (при  $HCP_{05} = 0.34$  т/га) и последствии (при  $HCP_{05} = 0.3$  т/га) различных доз и сочетаний органических и минеральных удобрений представлены на рис. 1.

Высокие показатели урожайности зерна овса в зависимости от действия и последствия удобрений были достигнуты в вариантах органо-минеральных систем. При этом в действии удобрений максимальная урожайность овса (4.06 т/га, что на 80.2% больше контроля) отмечена в органо-минеральном варианте с 3-кратными дозами (N90P90K90 + навоз 9 т/га). Дальнейший рост доз навоза и минеральных удобрений до 4–5-кратных в органо-минеральных системах не сопровождался достоверным приростом урожайности зерна овса.

При анализе действия других систем удобрения установлено, что прибавка к контролю при применении органической системы (навоз 9 т/га)

ежегодно составила 48.3%, при минеральной системе (N90P90K90) – 80.9%, при внесении органо-минеральных систем в одно–трехкратных дозах прибавки урожая зерна овса варьировали от 46.0 до 80.2%.

При последствии удобрений наибольший эффект получен в варианте с органо-минеральной системы с более высокими, 4-кратными дозами (N120P120K120 + навоз 12 т/га), где урожайность зерна овса составила 2.75 т/га, или на 55.3% превышала контроль. В этом случае возрастание доз удобрений до 5-кратных (N150P150K150 + навоз 15 т/га) из-за полученной недостоверной прибавки урожая зерна овса оказалось нецелесообразным.

В последствии однократных доз удобрений в органо-минеральном варианте (N30P30K30 + навоз 3 т/га) урожайность зерна овса на легкосуглинистой почве в условиях промывного режима составляла всего 2.04 т/га, т.е. была существенно меньше по сравнению с последствием двукратных (N60P60K60 + навоз 6 т/га) и трехкратных (N90P90K90 + навоз 9 т/га) доз удобрений в органо-минеральных вариантах, где было получено зерна по  $\approx 2.4$  т/га.

При использовании минеральной системы удобрения (N90P90K90) в последствии урожайность зерна овса составила 2.45 т/га, т.е. фактическая разница с вариантом органо-минераль-

**Таблица 1.** Влияние действия и последствий систем удобрения на показатели качества зерна овса, %

Вариант	Сырой протеин	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O
Действие удобрений			
Контроль без удобрений	6.2	0.83	0.66
Навоз 9 т/га	8.4	0.85	0.68
N90P90K90	9.4	0.92	0.56
N30P30K30 + навоз 3 т/га	7.1	0.77	0.72
N60P60K60 + навоз 6 т/га	7.6	0.82	0.60
N90P90K90 + навоз 9 т/га	9.1	0.91	0.65
N120P120K120 + навоз 12 т/га	8.5	0.80	0.66
N150P150K150 + навоз 15 т/га	8.7	0.85	0.60
Последствие удобрений			
Контроль без удобрений	5.7	0.66	0.30
Навоз 9 т/га	10.4	0.69	0.35
N90P90K90	9.9	0.79	0.34
N30P30K30 + навоз 3 т/га	6.3	0.66	0.36
N60P60K60 + навоз 6 т/га	7.8	0.69	0.39
N90P90K90 + навоз 9 т/га	7.8	0.65	0.34
N120P120K120 + навоз 12 т/га	7.6	0.63	0.45
N150P150K150 + навоз 15 т/га	8.4	0.62	0.41

ной системы удобрения с трехкратными дозами (N90P90K90 + навоз 9 т/га) была недостоверной (при  $HCP_{05} = 0.3$  т/га).

Последствие органической системы удобрения при внесении подстилочного навоза в ежегодной дозе 9 т/га в последствии обеспечивало урожайность овса 2.13 т/га, что существенно превышало контроль без удобрений.

В целом при последствии удобрений следует отметить, что все исследованные варианты систем, кроме органо-минеральной в одинарных дозах, обеспечивали достоверный рост урожайности зерна овса. Прибавка к контролю при применении органической системы составила 20.3, минеральной – 38.4%, в вариантах органо-минеральных систем в 2–5-кратных дозах прибавки варьировали от 35 до 65.5%.

Показатели урожайности овса в 4-й ротации севооборота, т.е. при действии удобрений были больше, чем в последствии во всех вариантах опыта. Например, если при действии удобрений они менялись от 46.4 до 80.2%, то при последствии – от 15.3 до 65.5% по отношению к контролю.

При комплексной оценке действия и последствия различных систем удобрения наряду с продуктивностью культур необходимо учитывать

их влияние на качество зерна, включая экологические показатели.

Согласно проведенному исследованию, с внесением удобрений в зерне овса повышалось содержание белка – с 6.2% в контроле до 7.6–9.4% в вариантах удобрения (табл. 1), в большей мере белковость зерна возрастала в варианте с минеральными удобрениями (до 9.4 при 6.2% в контроле) и в варианте с последствием подстилочного навоза (до 10.4 при 5.7% в контроле). Минеральная система удобрения (N90P90K90) повышала содержание фосфора в зерне с 0.83 до 0.92% при действии и с 0.66 до 0.79% при последствии удобрений. При внесении удобрений мало изменялось содержание в зерне калия.

При изучении массы 1000 зерен овса во время действия удобрений отмечено ее увеличение в вариантах органо-минеральных систем с 3–4-кратными дозами, где она составила 39.8–42.3 г. Достаточно высоким (38.7 г) этот показатель был в контроле. При последствии систем удобрения наибольшая масса 1000 зерен овса была достигнута в варианте с максимальными, 5-кратными дозами подстилочного навоза и минеральных удобрений, где она составила 31.8 г при 27.5 г в контроле (рис. 2). Применение одного органического удобрения – навоза 9 т/га фактически повышало массу 1000 зерен. Если рассматривать другие варианты, то следует отметить, что применение минеральной системы (N90P90K90) в последствии формировало зерно, которое по этому показателю не уступало органо-минеральным вариантам в 2–4-кратных дозах.

При комплексной оценке исследованных показателей, т.е. с учетом содержания биофильных элементов, эффективными при последствии следует считать практически все варианты систем удобрения. По содержанию сырого протеина при действии различных систем удобрения наиболее эффективными были все варианты, кроме органо-минерального с низкими дозами навоза и минеральных удобрений. Однако с учетом полученной прибавки урожайности приоритетным, несомненно, был вариант применения органо-минеральной системы в 3-кратных дозах (рис. 1).

Корреляционный анализ данных показал сильную связь между интенсивностью последствия удобрений и урожайностью овса ( $r = 0.94$ ), а также между интенсивностью последствия удобрений и показателем 1000 зерен овса ( $r = 0.85$ ). В то же время коэффициенты парной корреляции между урожайностью зерна овса и содержанием в нем фосфора и калия находились на более низком уровне:  $r = 0.56$  и  $0.71$  соответственно.

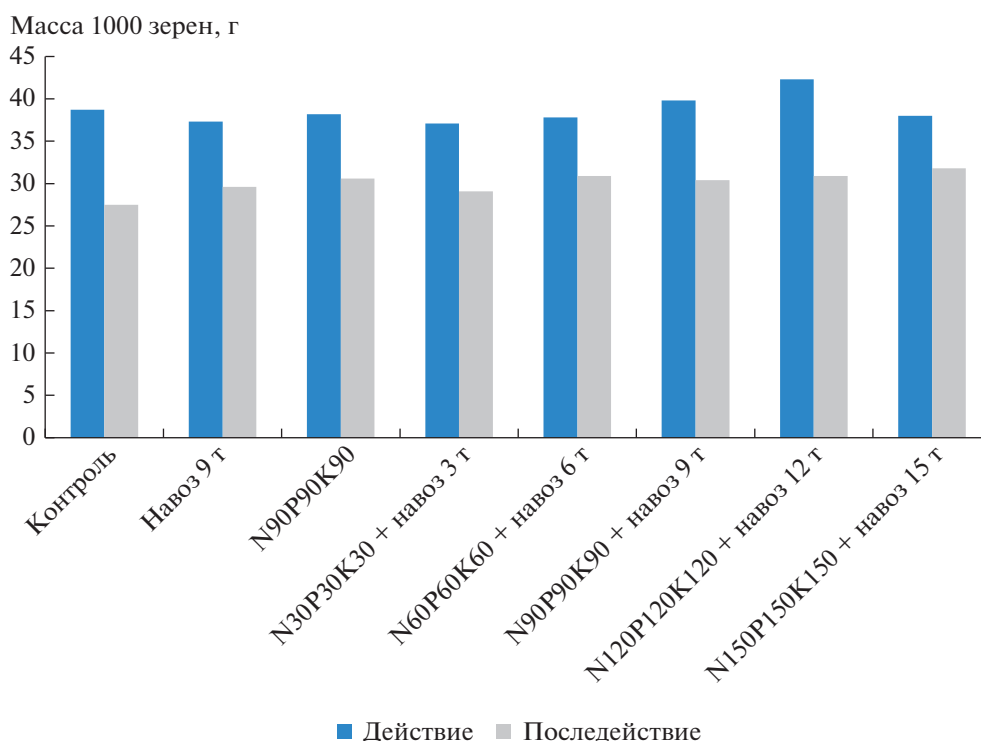


Рис. 2. Масса 1000 зерен овса в зависимости от действия и последействия систем удобрения разной интенсивности.

Полученные данные содержания тяжелых металлов и мышьяка в зерне овса позволили выявить следующие закономерности (табл. 2): наиболее интенсивно свинец, кадмий и мышьяк накапливались в зерне овса в варианте с последствием минеральной системы (N90P90K90) и в варианте с органо-минеральной системой в умеренных дозах (N90P90K90 + навоз 9 т/га). Меньше всего аккумулировалось тяжелых металлов и мышьяка в зерне овса в варианте с последствием органической системы удобрения при внесении навоза 9 т/га, но в этом случае была получена сравнительно небольшая прибавка урожайности зерна (20.3%). Прибавка урожайности зерна по отношению к контролю в варианте N90P90K90 более чем в 2 раза (на уровне 38.4%) превышала органический вариант (навоз 9 т/га) при содержании в зерне мышьяка в количестве 0.05 мг/кг и отличных показателях качества зерна по показателям массы 1000 семян и содержания белка. В целом содержание тяжелых металлов и мышьяка в зерне овса в вариантах исследованных систем удобрения отвечало экологическим требованиям, изложенным в Санитарных правилах СанПиН 2.3.2.1078-01 [12].

Анализ агрохимических свойств почвы в конце 5-й ротации севооборота показал целесообразность длительного применения систем удобре-

ния без риска загрязнить токсикантами растительную продукцию. Кислотность почвы в вариантах последействия навоза, минеральных удобрений и органо-минеральных систем с уме-

Таблица 2. Влияние последействия систем удобрения на содержание тяжелых металлов и мышьяка в зерне овса

Вариант	Содержание, мг/кг			
	Pb	Cd	Hg	As
Контроль без удобрений	0.06	<0.01	<0.005	<0.01
Навоз 9 т/га	0.06	<0.01	<0.005	<0.01
N90P90K90	0.17	0.03	<0.005	0.05
N30P30K30 + навоз 3 т/га	0.05	<0.01	<0.005	<0.01
N60P60K60 + навоз 6 т/га	0.08	<0.01	<0.005	<0.01
N90P90K90 + навоз 9 т/га	0.11	0.03	<0.005	<0.01
N120P120K120 + навоз 12 т/га	0.07	0.01	<0.005	<0.01
N150P150K150 + навоз 15 т/га	0.11	0.02	<0.005	0.02
Допустимые уровни, мг/кг [12]	0.50	0.10	0.030	0.20

ренными дозами повышалась с рН 5.1 в контроле до 5.4. Наименьшая величина рН 4.6 отмечена при последствии органо-минеральной системы удобрений в максимальных дозах (N150P150K150 + навоз 15 т/га). По содержанию гумуса в почве более высокие показатели были при последствии органо-минеральных систем удобрения в 4–5-пятикратных дозах (N120–150P120–150K120–150 + навоз 12–15 т/га), составившие 1.20 и 1.17% С соответственно при 0.93% С в контроле. В этих же вариантах отмечено улучшение фосфатного режима почвы: содержание подвижного фосфора (P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>) в почве повысилось с 64 в контроле до 92 и 318 мг/кг соответственно. В то же время при последствии удобрений в вариантах систем не было отмечено четких закономерностей в содержании почвенного калия (K<sub>2</sub>O).

### ВЫВОДЫ

1. В условиях окультуренной легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы Нечерноземной зоны важным фактором повышения урожайности и качества зерна является рациональное применение органических и минеральных удобрений при оптимизации их доз и сочетаний. При этом установлено, что положительное влияние на продуктивность агроценозов овса оказывали системы удобрения как в действии, так и в последствии.

2. В длительном полевом опыте наименьшая урожайность зерна овса сорта Скакун, возделываемого в зернотравяном севообороте, составившая 1.8–2.1 т/га, получена в контроле, где удобрения не применяли. При действии примененных удобрений во всех вариантах был обеспечен достоверный рост урожайности зерна овса по отношению к контрольному варианту. Высокая урожайность качественного зерна овса – на уровне 4 т/га – формировалась в вариантах применения 3-кратных доз органо-минеральной (N90P90K90 + + навоз 9 т/га) и минеральной (N90P90K90) систем удобрения.

3. В последствии все исследованные варианты систем удобрения, кроме органо-минеральной системы в низких дозах, обеспечивали достоверный рост урожайности зерна овса по отношению к контролю. Прибавка урожайности зерна при органической системе составила 20.3, при минеральной – 38.4%, при применении органо-минеральных систем в 2–5-кратных дозах прибавки варьировали от 35.0 до 65.5%. Эффективное последствие органических и минеральных удобрений отмечено в органо-минеральном варианте с 4-кратными дозами (N120P120K120 + навоз

12 т/га), в котором урожайность зерна овса составила 2.75 т/га, или на 55.3% больше контроля без внесения удобрений. При этом получены высокие показатели качества зерна (массы 1000 семян (30.9 г), содержания белка (7.63%) и калия (0.45%)) при допустимом уровне содержания тяжелых металлов и мышьяка.

4. Корреляционный анализ опытных данных показал сильную связь между интенсивностью последствия удобрений и урожайностью зерна овса ( $r = 0.94$ ), а также между интенсивностью последствия удобрений и показателем массы 1000 зерен овса ( $r = 0.85$ ).

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Экспертно-аналитический центр агробизнеса “АБ-Центр”. [www.ab-centre.ru](http://www.ab-centre.ru). (Дата обращения – 15.02.2021).
2. Державин Л.М., Мерзлая Г.Е., Козлова А.В. Интегрированное применение средств химизации в ресурсосберегающих агротехнологиях производства зерна / Под ред. В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2016. 456 с.
3. Кудин В.В. Система удобрения. М.: РГАУ–МСХА, 2012. 554 с.
4. Merzlaya H.Ye. Agrocenosis stabiliti during long-term applicftion of fertilizers on soddy-podzolic soil // Euras. Soil Sci. 2021. V. 54. № 3. P. 424–430.
5. Результаты длительных исследований в системе Географической сети опытов с удобрениями Российской Федерации / Под ред. В.Г. Сычева. М.: ВНИИА, 2011. 372 с.
6. Кудяров В.Н. Почвенно-биогеохимические аспекты состояния земледелия в Российской Федерации // Почвоведение. 2019. № 1. С. 109–121.
7. Слюсарь И.А., Силаева О.П., Бабурченкова З.П. Динамика показателей почвенного плодородия и использование средств химизации в Смоленской области // Достиж. науки и техн. АПК. 2018. № 4. С. 10–15.
8. Федулова А.Д., Мерзлая Г.Е., Постников Д.А., Гаврилова А.Ю. Агроэкологические аспекты последствия различных систем удобрения в условиях длительного полевого опыта на дерново-подзолистой почве // Достиж. науки и техн. АПК. 2018. № 9. С. 16–20.
9. Postnikov D.A., Merzlaya G.E., Fedulova A.D., Postnikova K.V. Comparative evaluation of the biological activity of the arable layer of sod–podzolic soil in the Non-chernozem zone (Smolensk region) defending on the fertilizer system // IOP Conf. Ser.: Earth Environ. Sci. 2020. № 594. P. 012028.
10. Козлова А.В., Мерзлая Г.Е., Зябкина Г.А., Фомкина Т.П., Понкратенкова И.А. Урожайность и качество зерна овса при возделывании в севообороте и длительном применении органических и минеральных удобрений // Плодородие. 2014. № 1. С. 10–13.

11. Программа и методика исследований в Географической сети опытов по комплексному применению средств химизации в земледелии. М.: ВИАУ, 1990. 188 с.
12. Санитарные правила “Гигиенические требования безопасности и пищевой ценности пищевых продуктов”. СанПиН 2.3.2.1078-01.

## Productivity and Quality of Oat Grain with Long-Term Use of Fertilizer Systems of Different Intensity

G. E. Merzlaya<sup>a,#</sup>, A. D. Fedulova<sup>a</sup>, and A. Y. Gavrilova<sup>b,##</sup>

<sup>a</sup> D.N. Pryanishnikov All-Russian Scientific Research Institute of Agrochemistry  
ul. Pryanishnikova 31a, Moscow 127434, Russia

<sup>b</sup> Federal Research Center for Bast Fiber Crops  
ul. Nahimova 21, Smolensk 214025, Russia

<sup>#</sup> E-mail: lab.organic@mail.ru

<sup>##</sup> E-mail: a.gavrilova.smi@mail.ru

In a long-term field experiment, established in 1978, the influence of mineral, organic and organo-mineral fertilizer systems of varying intensity in action and aftereffect on the yield and quality indicators of oat grain when cultivated in a field crop rotation on cultivated sod-podzolic light loamy soil of the Smolensk region was studied. A positive reliable effect of fertilizer systems on the productivity of oats of the Skakun variety has been established when optimizing doses and combinations of manure and mineral nitrogen, phosphorus and potash fertilizers both in action and in aftereffect (with the exception of the organo-mineral system in low doses). The lowest yield in the experiment of oat grain of the Skakun variety cultivated in the grain–grass crop rotation, amounting to 1.8–2.1 t/ha, was obtained in the control, where fertilizers were not used. In action, all the studied variants of fertilizer systems provided a reliable increase in the yield of oat grain relative to the control. High yield of oat grain with good quality (at the level of 4 t/ha) was formed when applying three-fold doses of organic-mineral (N90P90K90 + manure 9 t/ha) and mineral (N90P90K90) fertilizer systems. In the aftereffect of the cultivation of oats for grain, all fertilizer systems were effective, with the exception of the organo-mineral system in low doses. The increase in grain yield to control with the organic system was 20.3%, with the mineral system – 38.4%, with organo-mineral systems in 2–5-fold doses, the increases ranged from 35 to 65.5%. The effective aftereffect of organic and mineral fertilizers was noted when using an organo-mineral system with four-fold doses (N120P120K120 + manure 12 t/ha), when the yield of oat grain was 2.75 t/ha, which was 55.3% more than the control without fertilization. At the same time, high grain quality indicators were obtained (weight of 1000 seeds (30.9 g), protein content (7.63%) and potassium (0.45%) with a low content of heavy metals and arsenic in the grain.

*Key words:* fertilizer systems, action and aftereffect, oat yield, grain quality, protein, heavy metals, arsenic.