

## ДИНАМИКА ПЛОДОРОДИЯ ПОЧВЫ И ПРОДУКТИВНОСТИ ЛЬНЯНОГО СЕВОБОРОТА ПО РЕЗУЛЬТАТАМ ДЛИТЕЛЬНОГО ОПЫТА

© 2024. Н. Н. Кузьменко

ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур»,  
г. Тверь, Российская Федерация

*В длительных исследованиях (1948-2018 гг.) проведена количественная оценка и изучена динамика плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности льняного севооборота под влиянием систем удобрений с разной насыщенностью навозом и минеральными удобрениями. Внесение на 1 га севооборотной площади удобрений в дозе 67,5 и 135 кг д.в. не обеспечило сохранение исходного уровня плодородия почвы. Наибольшее снижение запасов гумуса (до 34%) и продуктивности севооборота (на 16%) отмечали при минеральной системе удобрения. Применение органической системы удобрения улучшило качественный состав гумуса и повысило продуктивность севооборота на 11%. Снижение запасов гумуса было наименьшим – 24%. Органоминеральная система удобрения обеспечила более высокое содержание элементов питания в почве, наибольший агрономический эффект – до 39,3 ц зерновых единиц/га, при росте продуктивности в сравнении с исходным уровнем на 16%. Снижение запасов гумуса составило 31%. Для сохранения плодородия дерново-подзолистой почвы с высоким и очень высоким содержанием подвижного фосфора и высоким калия достаточно вносить 230 и 280 кг д.в. на 1 га севооборотной площади (навоз 10 т + NPK 100 и навоз 10 т + NPK 150 кг д.в.), что позволит получить положительный баланс NPK +21 и +30 кг/га, баланс гумуса в размере +0,45 и +0,30 т/га в год и продуктивность севооборота 33,7 и 35,7 ц зерновых единиц/га.*

**Ключевые слова:** плодородие, гумус, льняной севооборот, система удобрения.

**Благодарности:** работа выполнена при поддержке Минобрнауки России в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» по теме №FGSS-2024-005.

**Для цитирования:** Кузьменко Н.Н. Динамика плодородия почвы и продуктивности льняного севооборота по результатам длительного опыта. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2024; 2(4):(27-35). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.28.17.004

Поступила: 09.04.2024 Принята к публикации: 28.05.2024 Опубликована: 27.06.2024

## DYNAMICS OF SOIL FERTILITY AND PRODUCTIVITY OF FLAX ROTATION BASED ON THE RESULTS OF LONG-TERM EXPERIMENT

© 2024. N. N. Kuzmenko

Federal Research Center for Bast Fiber Crops,  
Tver, Russian Federation

*In long-term studies (1948-2018), a quantitative assessment was carried out and studied the change in the level of fertility of sod-podzolic soil and the productivity of flax crop rotation under the influence of fertilizer systems with different saturations of manure and mineral fertilizers. The application of fertilizers at a dose of 67.5 and 135 kg of active substance to 1 hectare of crop rotation area did not ensure the preservation of the initial level of soil fertility. The greatest decrease in humus stocks (up to 34%) and crop rotation productivity (by 16%) was noted with the mineral fertilizer system. The use of an organic fertilizer system improved the qualitative composition of humus and increased crop rotation productivity by 11%. The decrease in humus stocks was the smallest - 24%. The organo-mineral fertilization system provided a higher content of nutrients in the soil, the greatest agronomic effect - up to 39.3 centners of grain units/ha, with an increase in productivity compared to the initial level by 16%. The decrease in humus stocks was 31%. To preserve the*

*fertility of sod-podzolic soil with a high and very high content of mobile phosphorus and high potassium, it is enough to apply 230 and 280 kg of active substance per 1 hectare of crop rotation area (manure 10 t + NPK 100 and manure 10 t + NPK 150 kg of active substance), which will allow to obtain a positive balance of NPK +21 and +30 kg/ha, humus balance of +0.45 and +0.30 t/ha per year and crop rotation productivity of 33.7 and 35.7 kg of grain units/ha.*

**Key words:** fertility, humus, flax crop rotation, fertilization system.

**Acknowledgement:** the research was carried out within the framework of the State Assignment of the Ministry of Science and Higher Education of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops on the topic №FGSS-2024-005.

**For citation:** Kuzmenko N.N. Dynamics of soil fertility and productivity of flax rotation based on the results of long-term experiment. Technical crops. Scientific agricultural journal. 2024; 2(4):(27-35). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.28.17.004

Received: 09.04.2024 Accepted for publication: 28.05.2024 Published: 27.06.2024

**В**ведение. Проблема почвенного плодородия в земледелии России в настоящее время является актуальной и требует информации, необходимой для контроля и прогноза возможного изменения плодородия почв во времени и разработки комплекса мероприятий для его сохранения [3, 9]. Наиболее существенным фактором, способствующим сохранению и повышению плодородия почв, является разработка научно обоснованных систем применения удобрений [10]. Оценить количественно изменения почвенных процессов, протекающих с малой скоростью, таких как трансформация углерода и азота, изменение минералогического и гранулометрического состава почвы, выявить влияние факторов при одновременном воздействии природных и антропогенных воздействий возможно только при неоднократном их повторении и регулярном наблюдении за ними [1, 8]. В этом плане данные многолетних опытов представляют большой научный и практический интерес. В условиях интенсивного использования почвы особенно важно не допустить дальнейшего снижения почвенного плодородия, поэтому изучение трансформации гумуса в почве, как под влиянием удобрений, так и с учетом природных факторов представляется актуальным. В настоящее время научных исследований в направлении контроля и возможного изменения плодородия дерново-подзолистых почв в льняных севооборотах практически не проводится.

Цель исследований – проведение мониторинга плодородия дерново-подзолистой почвы и продуктивности льняного севооборота

при применении разных систем удобрений в условиях Нечерноземной зоны России.

**Методика исследований.** Исследования начаты в 1948 году во ВНИИ льна (в настоящее время это обособленное подразделение НИИЛ в структуре ФНЦ ЛК) в стационарном опыте, заложенном в Тверской области на дерново-подзолистой легкосуглинистой почве в льняном севообороте. В течение 1948–1955 гг. исполнителем опыта был канд. с.-х. наук А.Д. Костюченко, в 1956–1996 гг. – канд. с.-х. наук Л.И. Петрова и в течение 1997–2023 гг. – канд. с.-х. наук Н.Н. Кузьменко – автор статьи. Опыт был зарегистрирован в реестре аттестатов длительных опытов Геосети ВНИИА Российской Федерации.

В течение 1-8 ротаций севооборот был 8-польным: 1. чистый пар, 2. озимая рожь с подсевом многолетних трав (клевер красный и тимофеевка), 3. многолетние травы 1 г.п., 4. многолетние травы 2 г.п., 5. лен-долгунец, 6. картофель, 7. ячмень, 8. овес. В 9 ротации из севооборота был исключен картофель и севооборот стал 7-польным.

Схема опыта включала 21 вариант и в течение исследуемых лет менялась в зависимости от поставленных целей и задач. Основным направлением исследований было изучение влияния разных систем удобрений (органической, минеральной, органоминеральной), эквивалентных по количеству NPK за севооборот, на изменение показателей плодородия дерново-подзолистой почвы, продуктивности севооборота и определение оптимальной насыщенности севооборота удобрениями при разном сочетании навоза и минеральных удобрений с целью

сохранения плодородия почвы и получения высокой продуктивности севооборота. Без изменения в течение I-VIII ротаций изучали 5 вариантов: 1. Без удобрения (контроль), 2. Органическая система (навоз 5 т/га = 67,5 кг д.в. NPK/га), 3. Органическая система (навоз 10 т/га = 135 кг д.в. NPK/га), 4. Минеральная система (NPK 67,5 кг д.в./га), эквивалентно 5 т навоза, 5. Органоминеральная система (NPK 135 кг д.в./га), эквивалентно 10 т навоза. В VIII-IX ротациях изучали насыщенность севооборота от 150 до 370 кг д.в. NPK/га при разных дозах навоза и минеральных удобрений. Дозы навоза (Н) приведены в тоннах, минеральных удобрений (NPK) – в кг д.в. на 1 га севооборотной площади.

Навоз в I-VIII ротациях вносили два раза за севооборот в равных дозах в чистом пару и под картофель, в IX-X ротациях – один раз в чистом пару. Минеральные удобрения (аммиачную селитру, суперфосфат, калий хлористый, азофоску) вносили под все культуры в рекомендованных дозах исходя из биологических потребностей. Общая площадь деланки составляла 72-90 м<sup>2</sup>, учетная – 36-50 м<sup>2</sup>, повторность 3-, 4-кратная, расположение

деланок - рендомизированное. Исследования в опыте проводили по методическим указаниям для длительных опытов [6]. Агрохимические анализы выполнены по общепринятым методикам [7]. Агротехника возделываемых культур – общепринятая в данной почвенно-климатической зоне.

**Результаты и их обсуждение.** Многолетние наблюдения показали, что разные системы удобрения оказывали неодинаковое влияние на изменение основных агрохимических свойств почвы (табл. 1). Длительное применение удобрений без известкования привело к ухудшению кислотного режима почвы. Органическая система удобрения сдерживала подкисление, но невысокие дозы навоза (5 и 10 т на 1 га севооборотной площади) были недостаточными. При минеральной и органоминеральной системе удобрения подкисление происходило примерно одинаковыми темпами. Содержание подвижного фосфора от исходного уровня без применения удобрений снизилось с повышенного до среднего (113 и 82 мг/кг), содержание калия - со среднего до низкого (90 и 66 мг/кг).

**Таблица 1 – Влияние удобрений при длительном применении на показатели плодородия почвы**

Ротация, период определения	Без удобрения	Н (5 т/га)	Н (10 т/га)	NPK (67,5 кг д.в./га) = Н (5 т/га)	Н (5 т/га) + NPK (67,5 кг д.в./га) = Н (10 т/га)
<b>pH<sub>KCl</sub></b>					
I (1948 г.)	5,5	5,4	5,2	5,3	5,5
V (1987 г.)	3,9	4,4	4,8	3,7	4,0
VIII (2011 г.)	5,4	4,8	4,8	4,4	4,4
<b>P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>, мг/кг</b>					
I (1948 г.)	113	113	113	113	113
V (1987 г.)	54	62	88	101	117
VIII (2011 г.)	82	118	106	154	154
<b>K<sub>2</sub>O, мг/кг</b>					
I (1948 г.)	90	90	90	90	90
V (1987 г.)	24	56	105	48	88
VIII (2011 г.)	66	78	88	99	115
<b>Содержание гумуса, %</b>					
I (1956 г.)	1,95	1,90	1,77	1,68	1,84
II (1963 г.)	1,71	1,84	2,29	1,99	2,25
III (1970 г.)	1,44	1,55	1,56	1,26	1,54
V (1987 г.)	1,22	1,42	1,50	1,16	1,47
VIII (2011 г.)	1,00	1,25	1,35	1,06	1,27

Баланс, ± т/га в год					
1956-1963 гг.	-1,03	-0,26	2,23	1,33	1,76
1956-1970 гг.	-1,18	-0,81	-0,49	-0,97	-0,69
1970-1987 гг.	-0,41	-0,24	-0,11	-0,19	-0,13
1987-2011 гг.	-0,28	-0,29	-0,19	-0,13	-0,25
1956-2011 гг.	-0,52	-0,39	-0,23	-0,34	-0,31
Изменение запасов гумуса, ± % к исходному уровню					
1956-2011 гг.	- 49	- 34	- 24	- 37	- 31

Изучаемые системы удобрения при насыщенности 67,5 и 135 кг д.в./га (среднегодовая доза  $N_{25}P_{12,5}K_{30}$  и  $N_{50}P_{25}K_{60}$ ) не возмещали вынос элементов питания культурами севооборота с урожаями. Дефицит азота в VIII ротации составил от -2 до -28 кг/га, калия от -18 до -45 кг/га. Баланс фосфора был более благоприятный – от -7 до +4 кг/га. При этом баланс систем удобрений, эквивалентный по количеству элементов за севооборот (органической и минеральной, органической и органоминеральной) был близким. Менее благоприятный баланс калия в сравнении с балансом фосфора можно объяснить наличием в севообороте калиелюбивых культур (многолетние травы, картофель, лен) и большей мобилизацией калия в почве за счет физических и биологических факторов. Интенсивность баланса азота при насыщенности удобрениями в дозе 67,5 кг д. в./га в среднем составила 47%, фосфора – 64% и калия – 45%, в дозе 135 кг д. в./га интенсивность баланса азота и калия оставалась низкой – 66 и 72%, а фосфора – оптимальной для сохранения его запасов - 105%.

Почва опытного участка характеризовалась низким содержанием гумуса – 1,68-1,95%. Результаты мониторинга по динамике гумуса показали, что применение удобрений во II ротации повысило запасы гумуса на 1,33-2,23 т/га. Возделывание культур в севообороте без применения удобрений привело к снижению гумуса уже во II ротации севооборота. За одну ротацию с 1956 по 1963 г. запасы гумуса уменьшились на 1,03 т/га, за период 1956-2011 гг. содержание гумуса снизилось с 1,95 до 1,00% (на 0,95% абсолютных), запасы гумуса уменьшились на 49%, дефицит составил -0,52 т/га в год. Длительное применение удобрений при среднегодовом внесении 67,5 и 135 кг д.в. NPK на 1 га

севооборотной площади также не обеспечило сохранение исходного уровня гумуса. При этом наименьшие потери - 24% за весь период наблюдений и самое высокое содержание гумуса в VIII ротации – 1,35% (абсолютных) отметили при длительном применении навоза в дозе 10 т/га. При минеральной системе удобрения (NPK = 67,5 кг д. в./га) потери гумуса были наибольшими – 37%. При органоминеральной системе удобрения (H=5 т/га+ NPK=67,5 кг д. в./га) темпы снижения запасов гумуса были выше, чем при равной ей органической системе удобрения (H=10 т/га) и составили 31% (табл. 1).

Наиболее существенную информацию дает не общая величина потерь органического вещества в почве, а ее динамика. Наибольшее снижение запасов органического вещества отмечали в III ротации (1964-1971 гг.), что возможно связано не только с усилением процессов минерализации гумуса, но и проведенным углублением пахотного горизонта почвы и механическим перемешиванием пахотного и подзолистого горизонтов. За период 1956-1970 гг. (II-III ротации) потери составили 0,49-0,97 т/га ежегодно, за период 1987-2011 гг. (VI-VIII ротации) потери снизились независимо от системы удобрения и составили 0,13-0,29 т/га (табл. 1). Для почв с низким содержанием гумуса, которым характеризуется почва опытного участка и большинство почв льноводной зоны, характерно с течением времени снижение минерализации процессов гумуса до состояния стабилизации, когда в почве устанавливается равновесное состояние между процессами минерализации и гумификации, что и наблюдается в данной почве в настоящее время.

Наряду со снижением общих запасов гумуса в почве за истекший период существенно

изменился и состав гумуса, который является типичным для дерново-подзолистых почв с ярко выраженным преобладанием фульвокислот над гуминовыми кислотами. Подобные результаты отмечают в своих работах и другие исследователи [1, 2]. Соотношение гуминовых и фульвокислот (Сгк:Сфк) в период 1956-1970 гг. было в пределах 0,46-0,67, в 1984-1987 гг. – 0,51-0,86 [4]. В 2003 г. суммарное количество трех фракций гуминовых кислот находилось в пределах 7,3-11,3%, соотношение Сг:Сфк – 0,11:0,20. Самым низким оно было при минеральной системе удобрений. Известкование почвы, проведенное впервые в этих вариантах в 2004 г. в паровом поле, улучшило качественный состав гумуса и повысило долю гуминовых кислот до 13,8-19,7% и соотношение Сг:Сфк до 0,26:0,50. Наибольшее содержание гуминовых кислот в составе гумуса отмечали при применении навоза в дозе 10 т/га. Соотношение Сг:Сфк все равно осталось низким, что характерно для почв фульватного типа гумуса.

Продуктивность севооборота различалась как по вариантам опыта, так и во времени, что связано не только с применяемыми системами удобрений, но и метеорологическими условиями, которые складывались в год учета, введением в севооборот новых более продуктивных сортов и изменением уровня агротехники [5]. Снижение плодородия почвы повлекло за собой и снижение продуктивности культур. В варианте без применения удобрений продуктивность севооборота за 8 ротаций снизилась в среднем на 16%. При минеральной системе удобрений снижение составило тоже 16%, хотя в I ротации продуктивность была самой высокой – 36,2 ц з.ед./га. При применении органической системы удобрений продуктивность начала снижаться только в 2-х последних ротациях, рост продуктивности составил 7 и 15% соответственно дозе навоза 5 и 10 т/га. Органо-минеральная система удобрений в течение длительного периода обеспечивала наибольший агрономический эффект, в среднем 39,3 ц з.ед./га при росте продуктивности на 16% (табл. 2).

Насыщенность севооборота удобрениями в дозе 150-370 кг д.в. NPK на 1 га севооборотной площади обеспечила в почве высо-

кое и очень высокое содержание подвижного фосфора (185-306 мг/кг), повышенное и высокое содержание калия (122-203 мг/кг) (табл. 3). Насыщенность 150 и 200 кг д.в./га (среднегодовая доза  $N_{46-51}P_{29-59}K_{68-92}$  и  $N_{62}P_{51}K_{120}$ ) при разном сочетании навоза и минеральных удобрений как в VIII, так и в IX ротации севооборота не обеспечивала сохранение запасов азота и калия. Баланс азота находился в пределах от +1 до -12 кг/га, калия от -2 до -37 кг/га, интенсивность баланса в среднем составила 96% и 81%. Баланс фосфора был положительным от +1 до +33 кг/га, интенсивность баланса 134%. Насыщенность удобрениями 230 и 280 кг д.в./га ( $N_{62-78}P_{61-98}K_{111-141}$ ) обеспечила положительный баланс всех элементов питания: азота от +5 до +8 кг/га, фосфора от +29 до +48 кг/га, калия от +25 до +37 кг/га. Интенсивность баланса азота составила в среднем 113%, фосфора 230% и калия 125%. Более высокая насыщенность севооборота удобрениями 330-370 кг д.в./га ( $N_{78-117}P_{74-104}K_{130-179}$ ) обеспечила баланс азота от +15 до +52 кг/га, фосфора от +46 до +72 кг/га, калия от +45 до +70 кг/га. Интенсивность баланса азота составила 140%, калия 150% и излишне высокая интенсивность баланса фосфора – 312% (табл. 3). С целью сохранения плодородия почвы интенсивность баланса азота должна быть на уровне 100%, фосфора на почве с высоким и очень высоким его содержанием 80-100% и калия на почве с повышенным и высоким содержанием 100-120%. Высокий баланс элементов питания в почве способствует воспроизводству плодородия почвы, но и одновременно приводит к непроизводительному расходу удобрений, особенно на почвах легкого гранулометрического состава и снижению коэффициентов использования элементов питания из удобрений.

Наиболее высокий баланс гумуса +0,45 т/га в VIII ротации получили при насыщенности 230 кг д.в./га (N=10 т/га + NPK=100 кг д. в./га), продуктивность севооборота составила 33,7 ц з.ед./га. При 280 и 330 кг д.в./га (N=10 т/га + NPK=150 кг д. в./га и N=10 т/га + NPK=200 кг д. в./га) баланс гумуса снизился и составил +0,30 т/га, а продуктивность повысилась до 35,7 и 39,7 ц з.ед./га (табл. 3).

Таблица 2 — Изменение продуктивности льняного севооборота при длительном применении разных систем удобрений (1948-2011 гг.)

Ротация севооборота, годы	Без удобрения		Н (5 т/га)		Н (10 т/га)		NPK (67,5 кг д. в./га) Н (5 т/га)		Н (5 т/га) + NPK (67,5 кг д. в./га) = Н (10 т/га)	
	ц з.ед./га	± %	ц з.ед./га	± %	ц з.ед./га	± %	ц з.ед./га	± %	ц з.ед./га	± %
I (1948-1955 гг.)	25,2	100	30,6	100	33,1	100	36,2	100	34,6	100
II (1956-1963 гг.)	20,1	-20	28,2	-8	32,8	-1	32,1	-11	36,0	4
III (1964-1971 гг.)	22,6	-10	31,9	4	35,4	7	31,1	-14	37,3	8
IV (1972-1979 гг.)	23,9	-5	31,9	4	35,0	6	28,8	-20	37,6	9
V (1980-1988 гг.)	23,4	-7	36,7	20	42,3	28	32,0	-12	45,4	31
VI (1989-1995 гг.)	20,6	-18	48,3	54	60,2	81	33,1	-9	58,0	68
VII (1996-2003 гг.)	15,0	-40	24,7	-19	29,7	-10	23,7	-35	30,1	-13
VIII (2004-2011 гг.)	21,9	-13	28,9	-6	28,2	-9	31,7	-12	35,7	3
Среднее за I-VIII ротации (НСР <sub>05</sub> = 4,9)	21,6	-16	32,5	7	37,1	15	31,1	-16	39,3	16

Таблица 3 – Влияние разной насыщенности севоборота удобрениями на показатели плодородия и продуктивности севоборота

Вариант	Содержание, мг/кг			Баланс, кг/га ежегодно			Содержание гумуса, %	Баланс, ± т/га в год	Продуктивность, ц з.ед./га
	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	K <sub>2</sub> O	N	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	N	K <sub>2</sub> O			
VIII ротация (2004-2011 гг.) НСР <sub>05</sub> = 3,6 ц з.ед./га									
Без удобрения	82	66	-37	-14	-48	1,05	-0,11	21,9	
Н (5 т/га) + NPK (135 кг д. в./га) = 200 кг д.в.	253	161	-12	+33	-2	1,38	-0,30	37,7	
Н (10 т/га) + NPK (100 кг д. в./га) = 230 кг д.в.	199	178	+8	+29	+25	1,56	+0,45	33,7	
Н (10 т/га) + NPK (150 кг д. в./га) = 280 кг д.в.	272	167	+5	+48	+37	1,63	+0,30	35,7	
Н (10 т/га) + NPK (200 кг д. в./га) = 330 кг д.в.	301	203	+15	+68	+45	1,35	+0,11	35,7	
Н (12 т/га) + NPK (200 кг д. в./га) = 360 кг д.в.	306	173	+23	+72	+56	1,38	+0,30	39,7	
Н (20 т/га) + NPK (100 кг д. в./га) = 370 кг д.в.	278	166	+52	+46	+70	1,45	+0,08	36,6	
IX ротация (2012-2018 гг.) НСР <sub>05</sub> = 2,7 ц з.ед./га									
<b>Без удобрения</b>	87	59	-33	-15	-38	1,00	-0,21	22,7	
Н (11,4 т/га) = 150	254	122	+1	+1	-23	1,41	-0,13	38,9	
NPK (150 кг д. в./га)	185	139	+2	+1,3	-12	нет данных	нет данных	36,6	
Н (5,7 т/га) + NPK (77 кг д. в./га) = 150 кг д. в.	250	126	-1	+1	-37	1,41	-0,13	40,3	
Н (5,7 т/га) + NPK (120 кг д. в./га) = 200 кг д. в.	241	130	-9	+18	-17	1,42	нет данных	42,4	
Н (5,7 т/га) + NPK (170 кг д. в./га) = 250 кг д. в.	204	124	+10	+34	+11	1,45	нет данных	41,9	

**Выводы.** Результаты длительных исследований показали, что применение систем удобрения, эквивалентных по количеству элементов питания за севооборот с насыщенностью 67,5 и 135 кг д.в. на 1 га севооборотной площади, не обеспечило сохранение плодородия дерново-подзолистой легкосуглинистой почвы в льняном севообороте. Длительное применение минеральной системы удобрений (NPK=67,5 кг д.в.) привело к наибольшим потерям гумуса – на 37%, снижению его качества и общей продуктивности севооборота на 16%. Органическая система удобрения (5 и 10 т навоза) отличалась более длительным последствием, повышала количество гуминовых кислот в составе гумуса и продуктивность севооборота на 7 и 15%, темпы снижения запасов гумуса ниже – 24%, чем при минеральной и органо-минеральной системе удобрения. Органо-минеральная система удобрения (N=5 т/га + NPK=67,5 кг д.в./га) обеспечила более высокое содержание подвижных элементов питания в почве, в течение длительного периода времени наибольший агрономический эффект, в среднем за 8 ротаций 39,3 ц з.ед./га,

при росте продуктивности в сравнении с исходным уровнем на 16%. Снижение запасов гумуса составило 31%.

Положительный баланс основных элементов питания и гумуса в почве обеспечило внесение на 1 га севооборотной площади 230 и 280 кг д.в. на 1 га севооборотной площади (N=10 т/га + NPK=100 кг д. в./га и N=10 т/га + NPK=150 кг д.в./га). Баланс азота составил +8 кг/га, фосфора +35 кг/га, калия +24 кг/га в среднем, что соответствует интенсивности баланса 113, 230 и 125%, соответственно. Баланс гумуса за ротацию севооборота составил +0,45 и +0,30 т/га в год, продуктивность севооборота – 33,7 и 35,7 ц з.ед./га. Насыщенность севооборота удобрениями 330-370 кг д.в. на 1 га севооборотной площади (N=10-20 т/га + NPK=100-200 кг д.в./га) обеспечила более высокую продуктивность севооборота – 35,7-39,4 ц з.ед./га, положительный баланс азота и калия (140 и 150%), способствующего повышению уровня плодородия почвы, но излишне высокий баланс фосфора (312%). При этом не происходило заметного прироста запасов гумуса.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Гладышева О.В., Свирина В.А., Артюхов О.А. Влияние севооборотов и минеральных удобрений на гумусное состояние почвы в длительном стационарном опыте // Аграрная наука. – 2020. – №342 (10). – С. 83-87.
2. Иванов И.А., Иванов А.И. Гумусное состояние пахотных дерново-подзолистых почв Северо-Запада России и его трансформация в современных условиях // Агрохимия. – 2020. – №2. – С. 22-26.
3. Кирейчева Л.В., Шевченко В.А. Состояние пахотных земель Нечерноземной зоны Российской Федерации и основные направления повышения плодородия почв // Международный сельскохозяйственный журнал. – 2020. – №2 (374). – С. 12-16. DOI: 10.24411/2587-6740-2020-12021.
4. Кузьменко Н.Н. Оценка плодородия дерново-подзолистой почвы при применении разных систем удобрений в севообороте // Вестник РГАУ им. П.А. Костычева. – 2019. – №1(41). – С. 38 – 44.
5. Кузьменко Н.Н. Влияние систем удобрений на продуктивность льняного севооборота, урожайность и качество льнопродукции / Инновационные направления научных исследований в земледелии и животноводстве как основа развития сельскохозяйственного производства: материалы Всероссийской научно-практической конференции с международным участием и Всероссийской школы молодых ученых. – Белгород: КОНСТАНТА, 2021. – С. 53-56.
6. Совершенствование методики проведения длительных полевых опытов и математические методы обработки экспериментальных данных. – М.: Агроконсалт, 2003. – 275 с.
7. Почвы. Методы анализа. ГОСТ 26204-84-ГОСТ-26213-84. – Москва: Изд-во стандартов, 1984. – С. 55.
8. Сычев В.Г., Рухович О.В., Беличенко М.В. Географическая сеть опытов с удобрениями (Состояние, перспективы и современное состояние).



менные вызовы) / Материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений – участников Географической сети с удобрениями. – М.: ВНИИА, 2018. – С. 4-11.

9. Сычев В.Г., Шафран С.А., Виноградова С.Б. Плодородие почв России и пути его ре-

гулирования // Агрохимия. – 2020. – №6. – С. 3-13.

10. Чекмарев П.А. Воспроизводство плодородия – залог стабильного развития агропромышленного комплекса России // Плодородие. – 2018. – №1. – С. 4-7.

### СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРЕ

**Кузьменко Наталья Николаевна**, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур», 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, e-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru

**Natalia N. Kuzmenko**, PhD in Agricultural Sciences, leading researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komso-molsky pr., Tver, Russian Federation, 1700041, e-mail: kuzmenko.nataliya2010@mail.ru