

ДИНАМИКА ИЗМЕНЕНИЯ ПРОДУКТИВНОСТИ СЕВООБОРОТА И ПЛОДОРОДИЯ ДЕРНОВО-ПОДЗОЛИСТОЙ ПОЧВЫ В УСЛОВИЯХ ДЛИТЕЛЬНОГО ПОЛЕВОГО СТАЦИОНАРА

© 2024. А. Ю. Гаврилова, А. М. Конова

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

Цель работы заключалась в изучении влияния возрастающих доз минеральных удобрений на продуктивность севооборота и динамику базовых агрохимических показателей почвы за восемь ротаций севооборота. Особенности действия длительного применения удобрений изучали в поле-вом стационаре ОП Смоленский НИИСХ ФГБНУ ФНЦ ЛК с 1967 по 2018 гг. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая среднекислая с низким содержанием гумуса и подвижного фосфора и средним калия. Изучали 9 последовательно возрастающих доз азотных, фосфорных и калийных минеральных удобрений и их различные сочетания. В I, II, IV, V и VIII ротациях севооборота систематически применяли все виды изучаемых удобрений в полных дозах. В III ротации изучали последствие ранее внесенного двойного суперфосфата и калия хлористого на оптимальном азотном фоне на всех культурах, а в VI ротации – только на последних трёх. В VII ротации единичная доза для каждого удобрения была уменьшена в два раза. В среднем за восемь ротаций севооборота наибольшая урожайность была получена при внесении минеральных удобрений на варианте 888. Она составила 35,0 ц/га зерновых единиц, прибавка к контролю – 75%. Удобрения также благоприятно влияли на накопление гумуса в почве. Кислотность почвы при увеличении минеральных доз, наоборот, снизилась до 4,3 единицы. Повышенные дозы удобрений улучшили фосфорный и калийный почвенный фон до 180 и 129 мг/кг почвы соответственно.

Ключевые слова: севооборот, удобрения, дерново-подзолистая почва, продуктивность, агрохимические показатели.

Благодарности: работа выполнена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2024-0004).

Для цитирования: Гаврилова А.Ю., Конова А.М. Динамика изменения продуктивности севооборота и плодородия дерново-подзолистой почвы в условиях длительного полевого стационара. Технические культуры. Научный сельскохозяйственный журнал. 2024; 3(4):(12-18). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.20.31.002

Поступила: 05.04.2024 Принята к публикации: 10.09.2024 Опубликована: 27.09.2024

DYNAMICS OF CHANGES IN CROP ROTATION PRODUCTIVITY AND FERTILITY OF SOD-PODZOLIC SOIL IN LONG-TERM FIELD STATION CONDITIONS

© 2024. A. Yu. Gavrilova, A. M. Konova

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

The aim of the work was to study the effect of increasing doses of mineral fertilizers on crop rotation productivity and the dynamics of basic agrochemical soil parameters over eight crop rotations. The effects of long-term use of fertilizers were studied on the experimental field of the Smolensk Research Institute of the Federal State Budgetary Research Institution “Federal Research Center for Bast Fiber Crops” from 1967 to 2018. The soil of the experimental plot is sod-podzolic, light loamy, moderately acidic with a low content of humus, mobile phosphorus and average potassium. The authors studied 9 successively increasing doses of nitrogen, phosphorus and potassium mineral fertilizers and their various combinations. In the I, II,

IV, V and VIII crop rotations, all types of studied fertilizers were systematically applied in full doses. In the III rotation, the authors studied the aftereffect of previously applied double superphosphate and potassium chloride on an optimal nitrogen background on all crops, and in the VI rotation – only on the last three. In the VII rotation, the single dose for each fertilizer was reduced by half. On average, over eight crop rotations, the highest yield was obtained in the variant with the application of mineral fertilizers at the maximum dose of 888. The yield was 35.0 c/ha of grain units, an increase over the control of 75%. Fertilizers also had a beneficial effect on the accumulation of humus in the soil. Soil acidity, on the contrary, decreased to 4.3 units with an increase in mineral doses. Increased doses of fertilizers improved the phosphorus and potassium soil background to 180 and 129 mg/kg of soil, respectively.

Keywords: crop rotation, fertilizers, sod-podzolic soil, productivity, agrochemical indicators.

Acknowledgments: the research was carried out with the support of the Ministry of Education and Science of the Russian Federation within the framework of the State Assignment of the Federal Research Center for Bast Fiber Crops (topic No. FGSS-2024-0004).

For citation: Gavrilova A.Yu., Konova A.M. Dynamics of changes in crop rotation productivity and fertility of sod-podzolic soil in long-term field station conditions. Technical crops. Scientific agricultural journal. 2024; 3(4):(12-18). DOI: 10.54016/SVITOK.2024.20.31.002

Received: 05.04.2024 Accepted for publication: 10.09.2024 Published: 27.09.2024

Введение. Исследованиями ученых установлено, что дерново-подзолистые почвы низкоплодородны. Наиболее существенным приемом, позволяющим улучшить не только плодородие почв, но и их продуктивность, является применение минеральных удобрений. Система удобрения полевых севооборотов разрабатывается с тем расчетом, чтобы не только компенсировать вынос основных макроэлементов с урожаем, но и повысить их запасы в почве [5, 8, 12]. Важное значение имеет продолжительность действия остаточных количеств удобрений, которые не были использованы растениями, а закрепились в пашне. Рядом авторов отмечено, что на высоком фосфорно-калийном минеральном фоне повышенная доза азота способствует получению не только высоких урожаев, но и мобилизации почвенных запасов фосфора и калия, при отказе от применения фосфорных и калийных удобрений [1-2, 10].

Внесение минеральных удобрений определяет не только интенсивность процессов, происходящих в почве, урожайность и объем получаемой продукции, но также и ее качество. Разработка научно-обоснованных систем применения удобрений способствует оптимизации условий для протекания биохимических процессов в растениях, и как следствие, повышению качества продукции [3, 7, 9, 11].

Цель работы заключалась в изучении влияния применения удобрений на продуктивность севооборота и динамику изменения плодородия почвы за восемь ротаций севооборота.

Методика исследований. Исследования по изучению возрастающих доз минеральных удобрений были начаты в 1967 году на полях ОП Смоленский НИИСХ [6]. Почва опытного участка дерново-подзолистая легкосуглинистая с низким содержанием гумуса (2,0%), среднекислая ($pH_{KCl} - 4,9$), с низким содержанием P_2O_5 (25-50 мг/кг почвы) и средним K_2O (70-100 мг/кг почвы).

В I - IV ротациях севооборот состоял из следующих культур: 1) ячмень + клевер луговой; 2) клевер 1-го года пользования; 3) озимые зерновые; 4) яровые зерновые; 5) картофель; 6) овес на зерно. С V ротации было введено ещё второе поле многолетних трав. С VI ротации картофель заменили гречихой, а с VII - на овес на зеленый корм.

В опыте изучали 9 последовательно возрастающих доз азотных (аммиачная селитра), фосфорных (двойной суперфосфат) и калийных (калий хлористый) удобрений. В таблицах указаны зашифрованные варианты, где первое число означает азот, второе - фосфор, третье - калий. В I и II ротациях севооборота применяли все виды изучаемых удобрений, где единичная доза азота и фосфора составила 20 кг, калия - 25 кг/га д.в. В

III ротации изучали последствие ранее внесенного двойного суперфосфата и калия хлористого на оптимальном азотном фоне. В IV и V ротациях севооборота продолжали изучение систематического применения минеральных удобрений по схеме. В VI ротации на последних трёх культурах изучали остаточное влияние ранее внесённого фосфора и калия на оптимальном азотном фоне. С VII ротации севооборота единичная азота, фосфора и калия составила 10, 10 и 15 кг/га д.в. соответственно, а с VIII ротации – была вновь увеличена до исходной.

Посевная площадь делянок в первом поле составила 115 м² (23х5), во втором – 88 м² (22х4). Расположение делянок – рендомизированное, повторность – двухкратная. Территория, занятая опытом – 4 га. Учёт урожая – сплошной по делянкам. Почвенные образцы

отбирали после окончания каждой ротации севооборота. Статистическую обработку полученных данных проводили методом регрессионного анализа [4].

Результаты и их обсуждение. Урожайность культур за 8 ротаций севооборота представлена на рисунке 1. Удобрения являлись важным фактором повышения их продуктивности. Наименьший сбор основной продукции был получен в III и VI ротации, где изучали последствие ранее внесённых фосфорно-калийных удобрений. Несколько выше (на 1,2 – 7,4 ц/га з.ед.) продуктивность севооборота была в VII ротации, при использовании половинчатых минеральных доз. Внесение полных доз минеральных удобрений значительно способствовало увеличению урожайности (до 40,7 ц/га з.ед.).

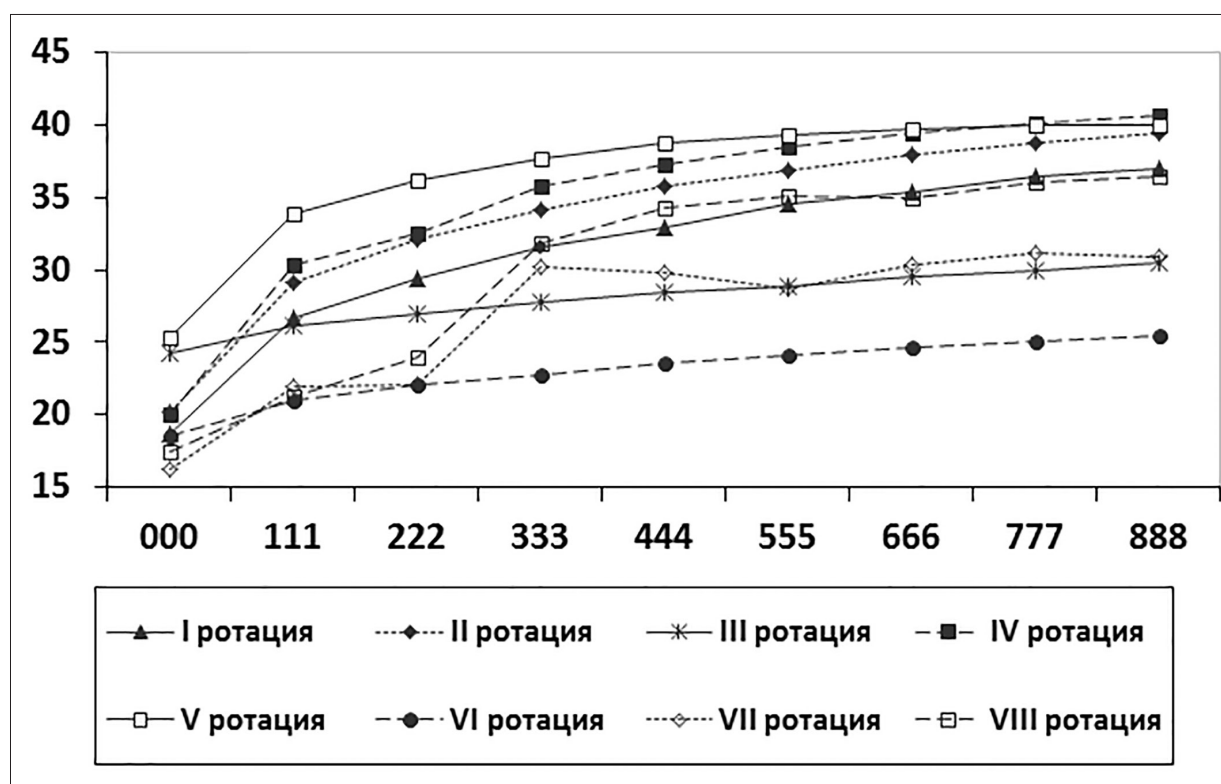


Рисунок 1. Влияние доз минеральных удобрений на урожайность основной продукции севооборота

Сравнительный анализ эффективности различных минеральных доз в среднем за 51 год (1967 – 2018 гг.) показал, что наименьшая прибавка урожая была получена при внесении однократных доз удобрений (31%

к контролю) (рис. 2). При увеличении минеральной дозы наблюдался рост продуктивности сельскохозяйственных культур на 75% относительно контроля.

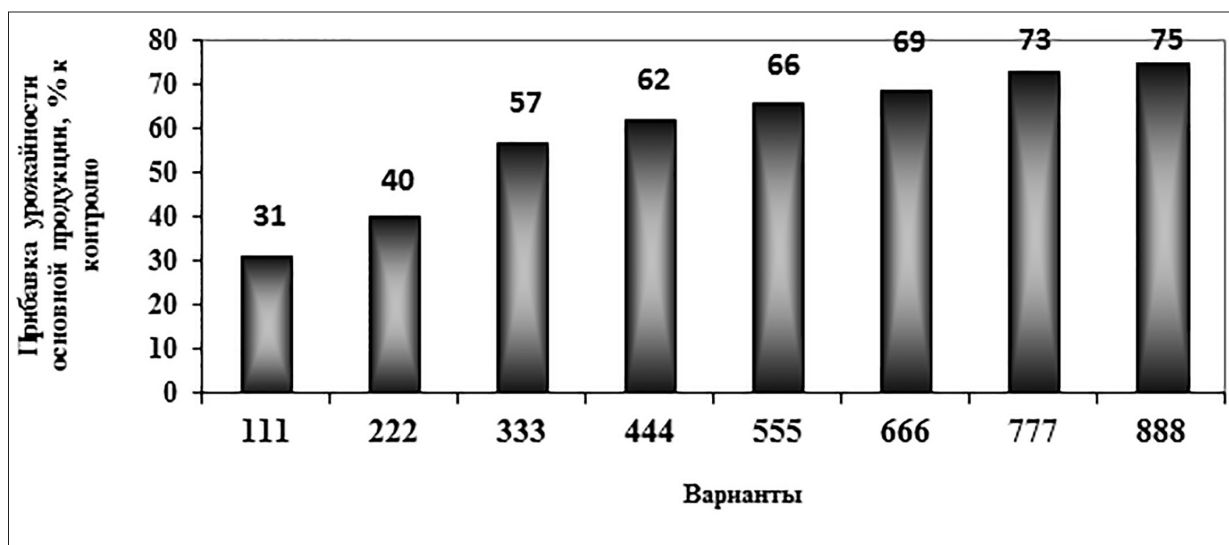


Рисунок 2. Прибавка урожайности основной продукции культур севооборота в зависимости от дозы удобрения (в среднем за 51 год), % к контролю

В целях установления количественной зависимости урожайности от изучаемых доз при помощи программы STRAZ были получены уравнения регрессии. Их анализ показал, что формирование урожайности сельскохозяйственных культур в первых двух ротациях происходило под влиянием всех видов внесенных минеральных удобрений, но с ростом уровней удобренности их действие ослабевало. Также, по мере окультуривания почвы, во II ротации наблюдалось положительное взаимодействие между изучаемыми удобрениями. В ходе третьей ротации, где изучалось влияние последействия минерального фосфора и калия на оптимальном азотном фоне, отмечено действие ранее внесенных калийных удобрений, а также взаимодействие внесенного в текущей ротации минерального азота с запасами фосфора в почве. В IV и V ротациях севооборота, где было возобновлено внесение фосфора и калия, формирование урожая культур проходило под влиянием всех видов изучаемых удобрений. Тем не менее с ростом дозы минеральных удобрений их эффективность постепенно снижалась, что подтверждает ко-

эффициент 0,5 для азота, фосфора и калия. В VI ротации, где только на последних трех культурах изучалось последействие удобрений, на продуктивность севооборота влияли ранее внесенные азот и фосфор. Повышение урожайности в VII и VIII ротациях обусловлено использованием всех видов внесенных минеральных удобрений. При этом наиболее эффективными были калийные удобрения: каждые 15 кг/га калия обеспечивали прибавку до 0,78 ц/га з.ед. основной продукции.

Динамика изменения основных агрохимических показателей почвы в зависимости от применения минеральных удобрений представлена в таблице 1. При выращивании сельскохозяйственных культур без удобрений содержание органического вещества в почве снизилось на 17% относительно его количества до закладки опыта. К концу восьмой ротации применение минеральных удобрений в трех-, четырёх- и семикратных дозах сводило потери гумуса к нулю. Бездефицитное содержание гумуса в почве достигалось только при внесении максимальной дозы удобрений (888).

Таблица 1 – Показатели плодородия дерново-подзолистой почвы при длительном применении минеральных удобрений

Вариант	Гумус, % С								pH _{КСЛ}								P ₂ O ₅ , мг/кг								K ₂ O, мг/кг							
	II*	III	IV	V	VI	VII	VIII	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	II	III	IV	V	VI	VII	VIII				
000	1,8	1,7	1,7	1,6	1,6	1,6	1,7	5,3	5,2	5,2	5,2	5,2	4,7	4,5	34	33	40	46	23	27	83	80	84	79	66	74						
111	2,0	1,8	1,9	1,6	1,6	1,9	1,9	5,3	5,3	5,2	5,3	4,6	4,4	51	48	58	95	88	90	95	92	96	81	102	112							
222	2,1	1,9	2,0	1,7	1,8	1,9	1,9	5,4	5,3	5,2	5,0	4,5	4,3	72	68	89	107	73	94	108	101	108	75	81	98							
333	2,2	1,9	2,0	1,7	2,0	2,0	2,0	5,5	5,4	5,3	5,2	4,6	4,4	97	90	128	141	63	102	120	111	118	91	112	129							
444	2,2	2,0	2,1	1,8	1,9	1,9	2,0	5,6	5,8	5,7	5,6	4,5	4,4	127	120	134	146	120	128	133	130	136	163	71	100							
555	2,3	1,9	2,0	2,0	1,8	1,9	1,9	5,7	5,6	5,4	5,3	4,7	4,6	162	151	158	71	69	89	145	141	148	110	94	111							
666	1,9	1,7	1,8	1,8	1,8	1,9	1,9	5,6	5,5	5,3	5,0	4,3	4,2	201	196	200	93	63	90	157	148	154	115	74	114							
777	2,2	2,0	2,1	1,8	1,9	1,9	2,0	5,6	5,5	5,2	4,5	4,6	4,4	244	210	218	111	85	108	170	152	157	80	112	122							
888	2,4	2,1	2,2	1,9	2,1	2,1	2,2	5,7	5,2	5,1	4,8	4,5	4,3	200	190	195	142	171	180	182	164	169	118	115	125							
Среднее по опыту	2,1	1,9	2,0	1,8	1,8	1,9	1,9	5,5	5,2	5,2	5,1	4,5	4,4	132	123	135	106	83	101	132	124	130	101	91	110							
Исходная почва	2,0								4,9								25-50								70-100							

Примечание: II* - вторая ротация, III - третья ротация, IV - четвертая ротация, V - пятая ротация, VI - шестая ротация, VII - седьмая ротация, VIII - восьмая ротация.

Через 51 год после закладки опыта без внесения удобрений кислотность почвы, по отношению к исходному уровню, увеличилась незначительно — на 0,2 ед. Систематическое применение минеральных удобрений привело к сильному подкислению почвы - до 4,2 ед. В результате почва к концу восьмого цикла севооборота из среднекислой передвинулась в группу сильнокислых почв.

Содержание подвижных форм фосфора на контроле снизилось по сравнению с исходным значением, что можно объяснить большим выносом элемента с урожаем возделываемых культур и высоким уровнем его минерализации в почве. Применение минеральных удобрений способствовало улучшению фосфорного фона, вследствие чего почвы перешли из разряда с низким содержанием подвижного фосфора в группу со средним и повышенным его содержанием. Ежегодное насыщение севооборота удобрениями на варианте 888 привело к значительному увеличению фосфатов в почве (в 3,6 раза) и переводу её в группу почв с высоким содержанием подвижного фосфора.

Длительное использование легкосуглинистой дерново-подзолистой почвы в сево-

обороте без применения удобрений к концу восьмой ротации практически не изменило количество обменного калия по сравнению с исходным уровнем (70 мг/кг почвы). Применение удобрений в малых дозах поддерживало концентрацию калия на первоначальном уровне. С увеличением минеральных доз накопление подвижного калия в почве шло возрастающими темпами. Так, внесение повышенных доз удобрений вывело почвы по концентрации этого элемента из группы со средним насыщением в группу с повышенным содержанием калия.

Выводы. Система удобрений на варианте 888 способствовала увеличению продуктивности севооборота на 75%, обеспечив получение наибольшей урожайности основной продукции на уровне 35 ц/га з.ед. Систематическое применение минеральных удобрений сохраняло бездефицитный уровень гумуса в почве, а также способствовало накоплению в ней подвижных форм фосфора и калия (в 3,6 и 1,8 раза соответственно) относительно исходных значений. Однако длительное использование повышенных минеральных доз привело к сильному подкислению почвы с 4,9 до 4,2 ед.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бортник Т.Ю., Карпова А.Ю., Клековкин К.С. Агроэкологическое состояние дерново-среднеподзолистой среднесуглинистой почвы после 40-летнего применения различных систем удобрения // Агротехнический вестник. — 2023. — № 1. — С. 3-10.

2. Гаврилова А.Ю., Конова А.М., Понкратенкова И.В., Мёрзлая Г.Е., Самойлов Л.Н. Эффективное использование органических и минеральных удобрений на дерново-подзолистых почвах Смоленской области // Итоги выполнения программы фундаментальных научных исследований государственных академий на 2013-2020 гг.: материалы Всероссийского координационного совещания научных учреждений-участников Географической сети опытов с удобрениями. — Москва, 2018. — С. 63-72.

3. Дедов А.В., Несмеянова М.А. Изучение влияния севооборотов на содержание орга-

нического вещества почвы и урожайность культур // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. — 2020. — Т. 13. — №1(64). — С. 50-60.

4. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). — М.: Книга по требованию, 2012. — 352 с.

5. Ермакова Л.И., Новиков М.Н. Оценка эффективности различных систем удобрения в полевом севообороте в Нечерноземной зоне // Агротехника. — 2019. — №10. — С. 39-45.

6. Иванова Т.И. Прогнозирование эффективности удобрений с использованием математических моделей. — М.: Агропромиздат, 1989. — 235 с.

7. Качмар О.И., Вавринович О.В., Щерба М.М. Продуктивность короткоротационных севооборотов в зависимости от систем удо-

брения // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2019. – № 2. – С. 88-93.

8. Конова А.М., Гаврилова А.Ю. Продуктивность севооборота при длительном применении возрастающих доз минеральных удобрений // Инновационные технологии возделывания сельскохозяйственных культур в Нечерноземье: материалы Всероссийской научно-практической конференции, посвященной 75-летию образования Владимирского НИИСХ Россельхозакадемии. – Суздаль, 2013. – С. 146-150.

9. Мамбетов К.Б., Ахматбеков М.А., Дуйшембиев Н.Д., Акималиева Ж.А. Система удобрений культур полевого севооборота и продовольственная безопасность // Вестник Кыргызского национального аграрного университета им. К.И. Скрябина. – 2021. – № 4 (58). – С. 76-82.

10. Никитина Л.В. Влияние длительного применения различных систем удобрения на продуктивность севооборота и калийный режим дерново-подзолистой почвы // Актуальные проблемы науки и образования в области естественных и сельскохозяйственных наук. – 2018. – № 1. – С. 155-159.

11. Парамонов А.В., Федюшкин А.В. Влияние систем обработки почвы и доз удобрений на урожайность культур семипольного кормового севооборота // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2019. – № 4 (78). – С. 22-26.

12. Чеботарёв Н.Т., Юдин А.А., Конкин П.И., Булатова Н.В. Эффективность длительного применения удобрений в кормовом севообороте на дерново-подзолистой почве // Кормопроизводство. – 2018. – №11. – С. 19-22.

СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

Гаврилова Анна Юрьевна, кандидат биол. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр лубяных культур, 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6340-8439>, e-mail: a.gavrilova.sml@fncl.ru

Коновая Аминат Мсостовна, кандидат с.-х. наук, ведущий научный сотрудник, Федеральный научный центр лубяных культур, 17/56, Комсомольский проспект, г. Тверь, Российская Федерация, 170041, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3719-573X>, e-mail: a.konova.sml@fncl.ru

Anna Yu. Gavrilova, PhD in Biology Sciences, leading researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6340-8439>, e-mail: a.gavrilova.sml@fncl.ru

Aminat M. Konova PhD in Agricultural Sciences, leading researcher, Federal Research Center for Bast Fiber Crops, 17/56, Komsomolsky pr., Tver, Russian Federation, 170041, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3719-573X>, e-mail: a.konova.sml@fncl.ru