

УДК 631.51

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-81-86>

Тип статьи: оригинальное исследование
Type of article: original research

Ивенин А.В.,
Саков А.П.

Нижегородский научно-исследовательский институт сельского хозяйства — филиал ФГБ-НУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»

п. Селекционной станции, д. 38, Кстовский район, Нижегородская область, Россия, 607686

E-mail: a.v.ivenin@mail.ru, nnovniish@rambler.ru

Ключевые слова: корнеобеспеченность, урожайность, удобрение, солома, биопрепарат, звено севооборота, система обработки почвы.

Для цитирования: Ивенин А.В., Саков А.П. Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы и применения удобрений и биопрепарата на корнеобеспеченность и урожайность сельскохозяйственных культур в звене зернового севооборота в Волго-Вятском регионе. *Аграрная наука*. 2020; 336 (3): 81–86.

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-81-86>

Конфликт интересов отсутствует

Alexey V. Ivenin,
Alexander P. Sakov

Nizhny Novgorod research Institute of agriculture – branch of the Federal agrarian research center of the North-East named after N.V. Rudnitsky

38, Selektionnaya station, Kstov district, Nizhny Novgorod region, Russia, 607686

E-mail: a.v.ivenin@mail.ru, nnovniish@rambler.ru

Key words: root availability, yield, fertilizer, straw, biological product, crop rotation link, soil treatment system.

For citation: Ivenin A.V., Sakov A.P. The influence of light gray forest soil cultivation systems and the use of fertilizers and biological product on the root supply and crop yields in the crop rotation link in the Volga-Vyatka region. *Agrarian Science*. 2020; 336 (3): 81–86. (In Russ.)

<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-336-3-81-86>

There is no conflict of interests

Влияние систем обработки светло-серой лесной почвы и применения удобрений и биопрепарата на корнеобеспеченность и урожайность сельскохозяйственных культур в звене зернового севооборота в Волго-Вятском регионе

РЕЗЮМЕ

Актуальность и методика. Изучено влияние ресурсосберегающих систем обработки светло-серой лесной почвы, применения удобрений и биопрепарата Стимикс®Нива на величину корнеобеспеченности и урожайность зерновых культур в звене севооборота яровая пшеница — горох — овес в Волго-Вятском регионе.

Результаты. Применение минимальной обработки почвы и технология No-till увеличивают среднее значение показателя корнеобеспеченности растений яровой пшеницы сорта Эстер до 59,2–59,6%. Применение деструкторов соломы (аммиачной селитры и Стимикс®Нива) по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ при выращивании гороха сорта Красивый по технологии No-till снижает показатель корнеобеспеченности (17,4 и 16,6%) по сравнению с отдельным их применением (27,6 и 29,7%) и использованием фона $N_{60}P_{60}K_{60}$ (25,2%). Самая низкая корнеобеспеченность растений овса сорта Яков при применении нулевой технологии его производства — 30,8%. Самая высокая урожайность яровой пшеницы получена в варианте с безотвальной «мелкой» обработкой почвы с совместным применением $N_{60}P_{60}K_{60}$ и аммиачной селитры в качестве деструктора соломы — 3,99 т/га. Самая высокая урожайность гороха сорта Красивый получена в варианте, где в качестве основной обработки почвы применяли зяблевую вспашку плугом с отвалами с использованием в качестве деструктора соломы аммиачной селитры, как по удобренному фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2,76 т/га), так и по неудобренному (2,70 т/га). Самая высокая средняя урожайность овса сорта Яков получена при традиционной системе обработки почвы под него — 4,12 т/га. Применение технологии прямого посева обеспечивает самую низкую урожайность зерновых культур в звене севооборота яровая пшеница — горох — овес: яровая пшеница — 1,17–3,28 т/га, горох — 0,74–2,24 т/га, овес — 1,15–3,78 т/га.

The influence of light gray forest soil cultivation systems and the use of fertilizers and biological product on the root supply and crop yields in the crop rotation link in the Volga-Vyatka region

ABSTRACT

Relevance and methods. The article deals with the impact of resource-saving systems for processing light-gray forest soil, the use of fertilizers and the biological product Stimix®Niva on the value of root availability and yield of grain crops in the link of the spring wheat — pea — oats rotation in the Volga-Vyatka region.

Results. The use of minimal tillage and No-till technology increases the average value of the root availability index of spring wheat plants of the ester variety to 59.2–59.6%. The use of straw destructors (ammonium nitrate and Stimix®Niva) on the background of $N_{60}P_{60}K_{60}$ when growing peas of the Krasiviy variety using No-till technology reduces the rate of root availability (17.4 and 16.6%) compared to their separate use (27.6 and 29.7%) and the use of the background $N_{60}P_{60}K_{60}$ (25.2%). The lowest root security of Yakov variety of oat plants when using zero technology for its production is 30.8%. The highest yield of spring wheat was obtained in the variant with non-soil "shallow" tillage with the joint use of $N_{60}P_{60}K_{60}$ and ammonium nitrate as a straw destructor — 3.99 t/ha. The highest yield of peas of the variety Krasiviy was obtained where the main tillage was used by plowing with a plow with dumps with the use of ammonium nitrate as a straw destructor, both on the fertilized background $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2.76 t/ha), and on not fertilized (2.70 t/ha). The highest average yield of Yakov variety of oats was obtained with the traditional system of soil treatment for it — 4.12 t/ha. The use of direct sowing technology provides the lowest yield of grain crops in the link of the crop rotation spring wheat – peas – oats: spring wheat 1.17–3.28 t/ha, peas 0.74–2.24 t/ha, oats 1.15–3.78 t/ha.

Поступила: 19 февраля
После доработки: 25 февраля
Принята к публикации: 1 марта

Received: 19 february
Revised: 25 february
Accepted: 1 march

Введение

Перед агропромышленным комплексом Российской Федерации стоит задача получения не только высоких, но и стабильных и экономически оправданных по годам урожаев сельскохозяйственных культур. Для решения этой задачи необходимо разрабатывать и внедрять в сельскохозяйственное производство новые ресурсосберегающие технологии с учетом современной почвообрабатывающей техники, как отечественного, так и импортного производства; современных средств защиты растений, как химических, так и биологических; расчетных доз минеральных и органических удобрений с большим использованием соломы в качестве таковых [1, 2, 3].

К факторам, повышающим урожайность зерновых культур, также относится и внедрение в производство научно-обоснованных севооборотов, которые позволяют более полно и рационально использовать естественное плодородие почв [5, 6, 7].

Выбор той или иной системы обработки почвы, как и остальных составляющих системы земледелия, зависит от особенностей природной зоны, конкретных почвенно-климатических и ландшафтных условий местности, а также особенностей самих выращиваемых сельскохозяйственных культур [8, 9].

Одним из показателей, характеризующих устойчивость растений к абиотическим факторам внешней среды, является отношение массы надземной части к массе корней — корнеобеспеченность. Степень развития корневой системы играет решающую роль в поглощении растениями питательных веществ и влаги из почвы. Ее формирование, как и образование надземных частей растения, протекает под совместным влиянием окружающей среды и генетических факторов самих растений.

В связи с этим, изучение вопросов совместного применения в севообороте систем обработки почвы, удобрений, биопрепаратов и их влияние на корнеобеспеченность и в итоге на урожайность сельскохозяйственных культур имеет актуальное значение.

Цель исследований — изучить влияние различных ресурсосберегающих систем обработки светло-серой лесной почвы и применения удобрений и деструкторов соломы на корнеобеспеченность культур в звене зернового севооборота (яровая пшеница — горох — овес) и их урожайность в условиях Волго-Вятского региона.

Материал и методы

Полевой опыт был заложен в 2014 году на поле отдела земледелия и кормопроизводства Нижегородского НИИСХ — филиала ФГБНУ ФАНЦ Северо-Востока. Почва опытного участка светло-серая лесная среднесуглинистая по гранулометрическому составу, обменного калия — 140 мг/кг, подвижного фосфора — 253 мг/кг, pH_{KCl} — 5,6, гумуса — 1,5%. Общая площадь делянки — 192 м², учетная — 132 м². Расположение вариантов систематическое. Повторность четырехкратная. Учет урожая сельскохозяйственных культур сплошным методом, поделочно с пересчетом на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность.

Исследования проводили в зерновом севообороте: 1) горчица; 2) озимая пшеница; 3) соя; 4) яровая пшеница; 5) горох; 6) овес.

В статье представлены результаты исследований, проведенных в 2016–2019 годах в звене севооборота: яровая пшеница — горох — овес. Исследуемые сорта: яровая пшеница Эстер, горох Красивый, овес Яков.

Все растительные остатки после уборки предшествующих культур измельчали комбайном Сампо-1500 и оставляли в поле. Внесение деструкторов соломы (аммиачная селитра в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы и биопрепарат Стимикс®Нива в дозе 2 л/га) проводили поверхностно сразу после уборки предшествующей культуры. Биопрепарат СтимиксНива содержит в своем составе живые штаммы микроорганизмов, антагонистов патогенов, способствующих переводу недоступных растениям элементов питания в доступные.

Минеральные удобрения вносили согласно схеме исследований в варианты 4, 5, 6 (по фактору В) под весеннюю культивацию в дозе $N_{60}P_{60}K_{60}$ кг д.в. /га.

Схема полевого опыта включала следующие системы обработки почвы (фактор А), отличающиеся по основной ее обработке:

I. Традиционная обработка (контроль) — зяблевая вспашка плугом ПЛН-3–35 на 20–22 см.

II. Безотвальная «глубокая» обработка — зяблевая вспашка ПЛН-3–35 без отвалов на 20–22 см.

III. Безотвальная «мелкая» обработка — зяблевое чизелевание культиватором Pottinger Synkro на 14–16 см.

IV. Минимальная обработка — зяблевое дискование бороной Discover XM 44660 на 10–12 см.

V. Нулевая обработка (No-till) — посев сеялкой Sunflower 9421–20.

Система предпосевной обработки почвы была одинакова во всех изучаемых вариантах (кроме вариантов No-till) и включала: ранневесеннее боронование БЗСС-1,0 на 4–6 см; культивацию КБМ-4,2 на 10–12 см; предпосевную обработку КБМ-4,2 на 4–6 см; посев.

По каждой системе обработки почвы изучали влияние минеральных удобрений на разложение растительных остатков (фактор В) по следующей схеме:

1. Солома без удобрений (контроль).
2. Солома + N_{10} .
3. Солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$.
4. Солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + N_{10} .
5. Солома + $N_{60}P_{60}K_{60}$ + Стимикс®Нива.
6. Солома + Стимикс®Нива.

Корнеобеспеченность посевов сельскохозяйственных культур определяли согласно методике И.И. Колосова (1962) в фазу полных всходов изучаемой культуры; учет урожайности — сплошной, поделочно с пересчетом на 100%-ную чистоту и 14%-ную влажность; математическая обработка результатов исследований — по Б.А. Доспехову, с использованием программы статистической обработки Statist.

Результаты и их обсуждение

При оценке влияния изучаемых систем обработки почвы на корнеобеспеченность растений яровой пшеницы отмечено, что применение минимальной и нулевой технологии обработок почвы увеличивает ее среднее значение до 59,2–59,6%. Это обусловлено слабым развитием вегетативной массы растений. Традиционная обработка почвы плугом с отвалами снижает изучаемый показатель до 39,5%, но при этом масса надземной части растений в данном варианте полевого опыта в 2–4 раза превышает массу корневой системы. Та же тенденция характерна и для растений яровой пшеницы, выращенных по минеральному фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ совместно с изучаемыми деструкторами соломы (аммиачной селитрой в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы и биопрепарата Стимикс®Нива в дозе 2 л/га). Несмотря на низкую корнеобеспеченность (48,7–49,2%), масса вегетативной массы растений в фазу полных всходов высокая (0,25–

Таблица 1. Влияние систем обработки почвы, удобрений и деструкторов соломы на корнеобеспеченность растений яровой пшеницы в период всходов, %

Table 1. The influence of soil tillage systems, fertilizers and straw destructors on the root supply of spring wheat plants during seedlings, %

Система обработки (фактор А)	Отношение вегетативной массы и массы корневой системы по вариантам удобрений, г						Процентное отношение массы корней к вегетативной массе растений, %						Среднее по фактору А
	Удобрения (фактор В)*												
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
I. Традиционная (контроль)	0,22 0,12	0,23 0,10	0,31 0,11	0,27 0,12	0,29 0,09	0,25 0,07	54,5	43,5	35,5	44,4	31,0	28,0	39,5
II. Безотвальная «глубокая»	0,23 0,13	0,26 0,16	0,27 0,16	0,27 0,16	0,18 0,09	0,22 0,15	56,5	61,5	59,3	59,3	50,0	68,2	59,1
III. Безотвальная «мелкая»	0,26 0,09	0,21 0,10	0,23 0,10	0,26 0,11	0,14 0,07	0,19 0,11	34,6	47,6	43,5	42,3	50,0	57,9	46,0
IV. Минимальная	0,14 0,08	0,16 0,10	0,15 0,13	0,25 0,11	0,20 0,10	0,20 0,11	57,1	62,5	86,7	44,0	50,0	55,0	59,2
V. Нулевая (No-till)	0,19 0,11	0,17 0,12	0,23 0,11	0,25 0,14	0,16 0,10	0,16 0,10	57,9	70,6	47,8	56,0	62,5	62,5	59,6
Среднее по фактору В							52,1	57,1	54,6	49,2	48,7	54,3	-
HCP ₀₅ (фактор А) 6,0; HCP ₀₅ (фактор В) 5,8; HCP ₀₅ (фактор АВ) 14,2													
* Примечание: 1. Солома без удобрений (контроль). 2. Солома + N ₁₀ . 3.Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ . 4.Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀ . 5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива. 6. Солома + Стимикс®Нива.													

Таблица 2. Влияние систем обработки почвы, удобрений и деструкторов соломы на корнеобеспеченность растений гороха в период всходов, %

Table 2. The effect of soil tillage systems, fertilizers and straw destructors on the root supply of pea plants during seedlings, %

Система обработки (фактор А)	Отношение вегетативной массы и массы корневой системы по вариантам удобрений, г						Процентное отношение массы корней к вегетативной массе растений, %						Среднее по фактору А
	Удобрения (фактор В)*												
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
I. Традиционная (контроль)	2,19 0,34	2,39 0,37	2,22 0,48	2,52 0,39	2,24 0,56	2,27 0,51	15,5	15,5	21,6	15,5	25,0	22,5	19,3
II. Безотвальная «глубокая»	2,16 0,39	3,04 0,45	2,80 0,36	2,70 0,53	2,43 0,44	2,20 0,35	18,1	14,8	12,9	19,6	18,1	15,9	16,6
III. Безотвальная «мелкая»	2,52 0,35	2,46 0,63	2,24 0,49	2,65 0,34	3,49 0,44	2,16 0,33	13,9	25,6	21,9	12,8	12,6	15,3	17,0
IV. Минимальная	2,32 0,46	2,15 0,55	2,47 0,53	2,90 0,51	2,40 0,57	2,60 0,46	19,8	25,6	21,5	17,6	23,8	17,7	21,0
V. Нулевая (No-till)	2,16 0,47	1,56 0,43	2,50 0,63	2,47 0,43	2,96 0,49	2,12 0,63	21,8	27,6	25,2	17,4	16,6	29,7	23,1
Среднее по фактору В							17,8	21,8	20,6	16,6	19,2	20,2	-
HCP ₀₅ (фактор А) 5,6; HCP ₀₅ (фактор В) 6,1; HCP ₀₅ (фактор АВ) 13,7													
* Примечание: 1. Солома без удобрений (контроль). 2. Солома + N ₁₀ . 3.Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ . 4.Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀ . 5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива. 6. Солома + Стимикс®Нива.													

Таблица 3. Влияние систем обработки почвы, удобрений и деструкторов соломы на корнеобеспеченность растений овса в период всходов, %

Table 3. The influence of soil tillage systems, fertilizers and straw destructors on the root supply of oat plants during the seedling period, %

Система обработки (фактор А)	Отношение вегетативной массы и массы корневой системы по вариантам удобрений, г						Процентное отношение массы корней к вегетативной массе растений, %						Среднее по фактору А
	Удобрения (фактор В)*												
	1	2	3	4	5	6	1	2	3	4	5	6	
I. Традиционная (контроль)	2,50 1,03	2,50 0,75	3,20 0,93	3,10 0,93	2,98 0,90	2,70 1,05	41,2	30,0	28,9	29,8	30,2	38,9	33,2
II. Безотвальная «глубокая»	2,33 0,88	2,68 0,70	3,05 0,90	2,85 0,90	3,05 1,08	2,63 0,85	37,6	26,1	29,5	31,6	35,2	32,3	32,1
III. Безотвальная «мелкая»	2,78 0,95	2,30 0,65	2,75 1,00	2,78 0,98	2,55 0,95	2,40 0,73	34,5	28,3	36,4	35,3	37,3	30,2	33,7
IV. Минимальная	2,70 0,90	2,48 0,90	2,95 1,00	2,68 0,95	2,95 0,85	2,55 0,78	33,3	36,3	33,9	35,4	28,8	30,4	33,0
V. Нулевая (No-till)	1,80 0,63	2,03 0,70	2,28 0,55	2,43 0,65	2,73 0,65	1,85 0,75	35,0	34,5	24,1	26,7	23,8	40,5	30,8
Среднее по фактору В							36,3	31,0	30,7	31,8	31,1	34,4	-
HCP ₀₅ (фактор А) 3,1; HCP ₀₅ (фактор В) 3,4; HCP ₀₅ (фактор АВ) 7,6													
* Примечание: 1. Солома без удобрений (контроль). 2. Солома + N ₁₀ . 3.Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ . 4.Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀ . 5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива. 6. Солома + Стимикс®Нива.													

0,27 г — в 4-м варианте фактора В и 0,16–0,29 — в 5-м варианте фактора В) в сравнении с массой корней (0,11–0,16 г — в 4 варианте фактора В и 0,07–0,10 — в 5-м варианте фактора В). Это связано с тем, что минеральный азот, поступающий в растение, в результате активизации процессов разложения соломы под воздействием изучаемых деструкторов соломы активизирует, прежде всего, рост листовой массы, а не корневой системы растений яровой пшеницы. Это влечет увеличение доли надземной части в общей массе растения (табл. 1).

Применение чизельного культиватора снижает корнеобеспеченность гороха в фазу полных всходов до 13,9% по сравнению с обработкой почвы дисковой боронкой (19,8%) и нулевой технологией (21,8%). Между другими изучаемыми системами обработки почвы различий по данному показателю обнаружено не было. Применение в вариантах зяблевой вспашки, проведенной плугом с отвалами, Стимикс®Нива обеспечивает более высокий показатель корнеобеспеченности по сравнению с использованием аммиачной селитры в качестве деструктора соломы, как по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$, так и по неудобренному фону. Использование аммиачной селитры и биопрепарата по фону удобрений при выращивании гороха по технологии No-till снижает показатель корнеобеспеченности (17,4 и 16,6%) по сравнению с отдельным их применением (27,6 и 29,7%) и фона $N_{60}P_{60}K_{60}$ (25,2%) (табл. 2).

При рассмотрении средних показателей корнеобеспеченности растений овса по изучаемым системам обработки почвы отмечено: нулевая технология выращивания овса обеспечивает значения данного показателя на уровне 30,8%; безотвальная вспашка плугом без отвалов — 32,1%; обработка чизельным культиватором — 33,7%; зяблевая вспашка плугом с отвалами — 33,2%; минимальная основная обработка — 33,0% (табл. 3).

При традиционной системе обработки почвы и нулевой технологии применение Стимикс®Нива на естественном плодородии почвы позволяет повысить показатель корнеобеспеченности растений овса по сравнению с применением аммиачной селитры, как по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$, так и по неудобренному фону. При минимальной системе обработки почвы применение аммиачной селитры в качестве деструктора соломы как по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$, так и по неудобренному фону позволяет повысить показатель корнеобеспеченности по сравнению с применением в качестве деструктора соломы Стимикс®Нива. При этом применение изучаемых деструкторов соломы совместно с минеральными удобрениями не влияет на изменение показателя корнеобеспеченности растений овса (табл. 3).

Урожайность — это важный показателей эффективности сельскохозяйственного производства, который определяет значимость той или иной технологии возделывания.

Традиционная обработка почвы и безотвальная «глубокая» позволяют получить урожайность яровой пшеницы по неудобренному фону (контроль по фактору В) 1,78–1,87 т/га. Внесение $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличивает данный показатель в 1,3–1,9 раза — до 3,28–3,73 т/га. Минимальная и нулевая системы обработки почвы на естественном плодородии почвы приводят к снижению урожайности яровой пшеницы на 0,18–0,64 т/га по сравнению с традиционной обработкой почвы. Применение дискования по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ позволяет получить 3,68 т/га зерна яровой пшеницы, что на 0,27 т/га выше в сравнении с применением безотвальной «глу-

бокой» и традиционной обработок почвы. Применение Стимикс®Нива в качестве деструктора соломы более эффективно при совместном использовании с фоном $N_{60}P_{60}K_{60}$, чем по естественному плодородию почвы, вне зависимости от изучаемых систем обработки почвы (табл. 4).

Самая высокая урожайность гороха получена в вариантах по традиционной системе обработки почвы совместно с аммиачной селитрой в качестве деструктора соломы, как по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2,76 т/га), так и без применения минеральных удобрений (2,70 т/га). С уменьшением глубины обработки урожайность гороха снижается: при применении технологии No-till она самая низкая — 0,74–2,24 т/га. Основные обработки почвы дисковой боронкой и чизельным культиватором обеспечивают уровень урожайности гороха: при дисковании — 1,86–2,68 т/га, при чизельной культивации — 1,82–2,58 т/га. Применение удобрений способствует увеличению урожайности гороха в среднем по изучаемым системам обработки — с 1,80–1,95 т/га (средняя урожайность гороха по фактору В по неудобренному фону) до 2,25–2,41 т/га (средняя по фактору В с применением $N_{60}P_{60}K_{60}$). При выращивании гороха по нулевой технологии (No-till) применение биопрепарата Стимикс®Нива по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ увеличивает его урожайность до 2,24 т/га по сравнению с внесением лишь фона $N_{60}P_{60}K_{60}$ (1,38 т/га) (табл. 4).

Рассматривая среднюю урожайность овса, выявлено, что нулевая обработка почвы в среднем обеспечивает самую низкую урожайность — 2,35 т/га; выращивание по традиционной и безотвальной «глубокой» системам обработки почвы позволяет получать урожайность 4,11–4,12 т/га; применение чизельного культиватора (безотвальная «мелкая») или дисковой бороны (минимальная) для проведения основной обработки почвы — 3,70–3,82 т/га. Применение аммиачной селитры в качестве деструктора соломы по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ способствует увеличению урожайности овса по сравнению с остальными вариантами применения минеральных удобрений и биопрепарата по всем изучаемым системам обработки почвы (при традиционной системе обработки почвы урожайность овса по этому варианту не превышает вариант с применением фона $N_{60}P_{60}K_{60}$), кроме нулевой технологии (No-till). При нулевой обработке самая высокая урожайность получена при возделывании по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$ с применением биопрепарата Стимикс®Нива — 3,78 т/га. Применение деструкторов соломы более эффективно по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$, чем по неудобренному фону по всем изучаемым системам обработки почвы (в т.ч. и по технологии No-till) (табл. 4).

Выводы

1. Применение минимальной и нулевой технологии (No-till) обработки почвы увеличивают среднее значение показателя корнеобеспеченности растений яровой пшеницы до 59,2–59,6%, что обусловлено слабым развитием вегетативной массы растений. Традиционная обработка почвы плугом с отвалами снижает изучаемый показатель до 39,5%, но при этом масса надземной части растений в данном варианте полевого опыта в 2–4 раза превышает массу корневой системы. Применение аммиачной селитры и биопрепарата Стимикс®Нива по фону минеральных удобрений при выращивании гороха по технологии No-till снижает показатель корнеобеспеченности (17,4 и 16,6%), по сравнению с отдельным их применением (27,6 и 29,7%) и фона $N_{60}P_{60}K_{60}$ (25,2%). Получены средние показатели корнеобеспеченности

Таблица 4. Влияние систем обработки почвы, удобрений и деструкторов соломы на урожайность сельскохозяйственных культур в звене севооборота, т/га

Table 4. The influence of soil treatment systems, fertilizers and straw destructors on crop yields in the crop rotation link, t/ha

Система обработки (фактор А)	Удобрения (фактор В)	Урожайность, т/га		
		яровая пшеница	горох	овес
I. Традиционная (контроль)	1. Солома (контроль)	1,87	2,31	3,34
	2. Солома + N ₁₀	2,45	2,70	3,85
	3. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,41	2,49	4,65
	4. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀	3,13	2,76	4,82
	5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	3,02	2,48	4,42
	6. Солома + Стимикс®Нива	2,06	2,58	3,64
	Среднее по фактору А	2,66	2,55	4,12
II. Безотвальная «глубокая»	1. Солома (контроль)	1,78	1,96	3,18
	2. Солома + N ₁₀	2,27	2,55	3,88
	3. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,41	2,54	4,58
	4. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀	3,32	2,48	4,89
	5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	3,28	2,38	4,36
	6. Солома + Стимикс®Нива	1,93	1,92	3,75
	Среднее по фактору А	2,67	2,31	4,11
III. Безотвальная «мелкая»	1. Солома (контроль)	1,87	2,04	2,81
	2. Солома + N ₁₀	2,26	2,18	3,54
	3. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,73	2,40	4,14
	4. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀	3,99	2,58	4,56
	5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	3,37	2,55	3,93
	6. Солома + Стимикс®Нива	1,84	1,82	3,23
	Среднее по фактору А	2,84	2,26	3,70
IV. Минимальная	1. Солома (контроль)	1,69	1,88	2,93
	2. Солома + N ₁₀	2,32	1,86	3,33
	3. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,68	2,43	4,07
	4. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀	3,44	2,68	4,74
	5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	3,52	2,42	4,11
	6. Солома + Стимикс®Нива	1,89	1,95	3,76
	Среднее по фактору А	2,76	2,20	3,82
V. Нулевая (No-till)	1. Солома (контроль)	1,23	0,86	1,67
	2. Солома + N ₁₀	1,48	0,48	1,53
	3. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀	3,28	1,38	2,87
	4. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + N ₁₀	2,99	1,21	3,12
	5. Солома + N ₆₀ P ₆₀ K ₆₀ + Стимикс®Нива	2,69	2,24	3,78
	6. Солома + Стимикс®Нива	1,17	0,74	1,15
	Среднее по фактору А	1,14	1,15	2,35
HCP ₀₅	Фактор А	0,24	0,15	0,29
	Фактор В	0,22	0,17	0,32
	Фактора АВ	2,56	2,31	0,72

растений овса по изучаемым системам обработки почвы: при нулевой технологии (No-till) выращивания овса — 30,8%; при безотвальной «глубокой» вспашке плугом без отвалов — 32,1%; при зяблевой вспашке плугом с отвалами — 33,2%; при минимальной основной обработке — 33,0%; при обработке чизельным культиватором — 33,7%.

2. Самая высокая урожайность яровой пшеницы сорта Эстер получена на фоне безотвальной «мелкой» обработки почвы при совместном применении минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ и аммиачной селитры в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы в качестве деструктора соломы — 3,99 т/га. Наибольшая урожайность гороха сорта Красивый получена в варианте, где в качестве основной обработки почвы применяли зяблевую вспашку с оборотом пласта с использованием в качестве деструктора соломы

аммиачной селитры, как по фону минеральных удобрений $N_{60}P_{60}K_{60}$ (2,76 т/га), так и по неудобренному фону (2,70 т/га). Самая высокая средняя урожайность овса сорта Яков получена при традиционной системе обработки почвы под него — 4,12 т/га. Применение деструкторов соломы — аммиачной селитры в дозе 10 кг д.в. на 1 т соломы и биопрепарата Стимикс® Нива — более эффективно по фону $N_{60}P_{60}K_{60}$, чем по неудобренному фону по всем изучаемым системам обработки почвы.

3. Применение технологии No-till в условиях Волго-Вятского региона обеспечивает самую низкую урожайность зерновых культур в звене севооборота яровая пшеница — горох — овес: яровая пшеница — 1,17–3,28 т/га, горох — 0,74–2,24 т/га, овес — 1,15–3,78 т/га.

ЛИТЕРАТУРА/ REFERENCES

1. Козлова Л.М., Попов Ф.А., Носкова Е.Н., Иванов В.Л. Улучшенная ресурсосберегающая технология обработки почвы и применения биопрепаратов под яровые зерновые культуры в условиях центральной зоны Северо-Востока европейской части России. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2017;3(58): 43-48. Режим доступа: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/130> [Дата обращения 10.10.2019]. [Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N., Ivanov V. L. Improved resource-saving technology of soil treatment and application of biological products for spring crops in the conditions of the Central zone of the North-East of the European part of Russia. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2017; 3(58): 43-48. Available from: <https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/130> [Accessed October 10, 2019] (In Russ.).]

2. Козлова Л.М., Попов Ф.А., Носкова Е.Н., Денисова А.В. Применение основных элементов ресурсосберегающих экологически безопасных технологий при выращивании яровых зернофуражных культур в центральной зоне Северо-Востока европейской части России. Проблемы интенсификации животноводства с учетом охраны окружающей среды и производства альтернативных источников энергии, в том числе биогаза. Сб. статей. Варшава: Институт технологических и естественных наук в Фалентах. 2018. с. 67-74. [Kozlova L. M., Popov F. A., Noskova E. N., Denisova A.V. Application of the main elements of resource-saving environmentally safe technologies in the cultivation of spring grain crops in the Central zone of the North-East of the European part of Russia. Problems of intensification of animal husbandry taking into account environmental protection and production of alternative energy sources, including biogas. Collection of articles. Warsaw: Institute of technology and science Valenth. 2018. p. 67-74. (In Russ.).]

3. Черкасов Г.Н., Пыхтин И.Г., Гостев А.В. Современный подход к систематизации обработок почвы в агротехнологиях нового поколения. Достижения науки и техники АПК. 2016; 30(1): 5-8. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-podhod-k-sistematizatsii-obrabotok-pochvy-v-agrotekhnologiyah-novogo-pokoleniya> [Дата обращения 8.10.2019]. [Cherkasov G. N., Pykhtin I. G., Gostev A.V. Modern approach to systematization of soil treatments in agrotechnologies of the new generation. *Achievements of science and technology of agriculture*. 2016;30 (1): 5-8. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/sovremennyy-podhod-k-sistematizatsii-obrabotok-pochvy-v-agrotekhnologiyah-novogo-pokoleniya> [Accessed October 8, 2019] (In Russ.).]

4. Ивенин В.В., Ивенин А.В., Шубина К.В., Минеева Н.А. Сравнительная эффективность технологий возделывания зер-

новых культур в звене севооборота на светло-серых лесных почвах Волго-Вятского региона. Вестник Чувашской государственной сельскохозяйственной академии. 2018; 3(6): 27-31. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36759589> [Дата обращения 8.10.2019]. [Ivenin V. V., Ivenin A.V., Shubina K. V., Mineeva N. A. Comparative efficiency of technologies for cultivation of grain crops in the link of crop rotation on light-gray forest soils of the Volga-Vyatka region. *Vestnik of the Chuvash state agricultural Academy*. 2018; 3(6): 27 - 31. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=36759589> [Accessed October 8, 2019] (In Russ.).]

5. Антонов В.Г., Ермолаев А.П. Эффективность длительного применения минимальных способов обработки почвы в севооборотах. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2018;4 (65): 87-92. Режим доступа: DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92> [Дата обращения 9.10.2019]. [Antonov V. G., Ermolaev A. P. Efficiency of long-term application of minimal methods of soil treatment in crop rotations. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2018; 4 (65): 87-92. Available from: DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2018.65.4.87-92> [Accessed October 9, 2019] (In Russ.).]

6. Борин А.А., Коровина О.А., Лощинина А.Э. Обработка почвы в севообороте. Земледелие. 2013; 2: 20-22. Режим доступа: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrabotka-pochvy-v-sevooborote> [Дата обращения 9.10.2019]. [Borin A. A., Korovina O. A., Loschinina A. E. Soil Treatment in crop rotation. *Agriculture*. 2013; 2: 20-22. Available from: <https://cyberleninka.ru/article/n/obrabotka-pochvy-v-sevooborote> [Accessed October 9, 2019] (In Russ.).]

7. Пегова Н.А., Холзаков В.М. Ресурсосберегающая система обработки дерново-подзолистого почвы. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2015;1(44): 35-40. Режим доступа: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22856649> [Дата обращения 10.10.2019]. [Pegova N. A., Kholzakov V. M. Resource-Saving system for processing sod-podzolic soil. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2015; 1(44): 35-40. Available from: <https://elibrary.ru/item.asp?id=22856649> [Accessed October 10, 2019] (In Russ.).]

8. Жуйкова О.А., Баталова Г.А. Адаптивность линий и сортов овса голозерного в условиях Кировской области. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2019; 20 (2): 118-125. Режим доступа: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125> [Дата обращения 10.10.2019]. [Zhuikova O. A., Batalova G. A. Adaptability of lines and varieties of naked oats in the conditions of the Kirov region. *Agrarian science of the Euro-North-East*. 2019; 20 (2): 118-125. Available from: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2019.20.2.118-125> [Accessed October 10, 2019] (In Russ.).]

ОБ АВТОРАХ:

Ивенин Алексей Валентинович, кандидат с.-х. наук, доцент, ст. научный сотрудник

Саков Александр Петрович, кандидат с.-х. наук, директор

ABOUT THE AUTHORS:

Alexey V. Ivenin, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Senior Researcher

Alexander P. Sakov, Candidate of Agricultural Sciences, Director