
DOI 10.47737/2307-2873_2021_35_43

631.5: 631.861: 631.816

ВЛИЯНИЕ ЭФФЛЮЕНТА НА РОСТ И РАЗВИТИЕ ЯРОВОГО ЯЧМЕНЯ В УСЛОВИЯХ СЕВЕРО-ВОСТОКА НЕЧЕРНОЗЕМНОЙ ЗОНЫ РОССИИ

Р.Ф. Курбанов, д-р техн. наук, профессор;

А.В. Созонтов, канд. техн. наук, доцент;

Е.С. Лыбенко, канд. с.-х. наук, доцент;

ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ,

Октябрьский проспект, 133, Киров, Россия, 610017

E-mail: a.v.sozontov@yandex.ru

Аннотация. В связи с развитием в России органического земледелия становится актуальной проблема утилизации навоза. Одним из способов его обеззараживания является переработка в биореакторах. При этом виде утилизации образуется биогаз и эффлюент (побочный продукт). В настоящее время проводятся исследования по возможности применения эффлюента как еще одного вида органических удобрений. В ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ проведено изучение влияния эффлюента, полученного в результате переработки навоза КРС. Закладка опыта проведена по традиционной методике. При исследовании влияния эффлюента на яровой ячмень в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны РФ получены следующие результаты: выявлен положительный эффект от применения эффлюента на урожайность ярового ячменя, отмечено сокращение длины вегетационного периода, отрицательное воздействие на элементы структуры продуктивности не выявлено. Использование эффлюента в качестве удобрения как в чистом виде, так и в сочетании с минеральными удобрениями, способствовало сокращению вегетационного периода. По сравнению с контролем уменьшение вегетационного периода у вариантов опытов, сочетающих применение эффлюента с использованием минеральных удобрений на 3-5 сут. Максимальная урожайность ячменя отмечена в варианте внесения при посеве эффлюента в дозе 20 т/га в сочетании с минеральными удобрениями в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ (4,5 т/га) (урожайность контроля составила 2,09 т/га, урожайность при использовании только минеральных удобрений – 3,67 т/га). Продуктивная кустистость по вариантам опыта составила 3-3,5, длина колоса колебалась от 10,0 до 10,1 см. Все исследуемые варианты сформировали более крупные зерна по сравнению с контролем. Наиболее полноценные и выравненные зерна отмечены у вариантов с применением эффлюента в сочетании с минеральными удобрениями. Максимальная масса зерна с главного колоса отмечена в варианте с применением эффлюента в дозе 2 т/га в сочетании с минеральными удобрениями в дозе $(NPK)_{40}$.

Ключевые слова: яровые зерновые культуры, яровой ячмень, эффлюент, питание растений, органические удобрения, урожайность.

Введение. В соответствии с федеральным классификационным каталогом отходов, навоз любого происхождения относится к отходам животноводства и является одним из факторов загрязнения окружающей среды. Для юридических лиц предусмотрены административные штрафы или административное приостановление деятельности, штрафы за несоблюдение требований в области охраны окружающей среды при сборе, накоплении, транспортировании, обработке, утилизации или обезвреживании отходов животноводства. Согласно положениям пункта 2.3.1 Санитарных правил СП 1.2.1170-02 «Гигиена, токсикология, санитария. Гигиенические требования к безопасности агрохимикатов» навоз и куриный помет перед внесением в почву должны подвергнуться предварительному обезвреживанию.

Утилизировать навоз необходимо в соответствии с санитарными нормами. Кроме того, длительное хранение навоза в целях обезвреживания и утилизации требует большого количества площадей. На сегодняшний день существуют различные научно-обоснованные подходы к рациональной утилизации данного вида отхода [1-6].

Одним из способов утилизации навоза является переработка его в биогаз, которая осуществляется в биореакторах при помощи комплекса бактерий. При этом основным продуктом является газ, используемый предприятиями на собственные нужды. В большом количестве образуется также побочный продукт – эффлюент, представляющий собой органическое удобрение, полученное в результате метангенерации навоза (помета).

Эффлюент содержит азот в аммонийной и органической формах, фосфор в форме фосфатов и нуклеопротеидов, а калий – в виде усвояемых солей. В связи с этим он представляет собой источник легкоусвояемых для растений питательных веществ.

В настоящее время проводятся различные исследования по изучению влияния эффлюента на сельскохозяйственные культуры [7-10].

Однако из-за большого разнообразия сырья, используемого в процессе бактериальной переработки, у ученых не сложилось единого мнения о степени влияния эффлюента на сельскохозяйственные культуры и на почвы, на которых они возделываются. Ранее в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России подобные исследования не проводили. В связи с этим изучение влияния биогазового эффлюента являются актуальным.

Цель исследований – изучить влияние эффлюента на рост и развитие ярового ячменя в условиях центральной зоны Кировской области. Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

- изучить влияние эффлюента на особенности роста и развития растений ячменя;
- определить степень влияния различных доз эффлюента на урожайность ярового ячменя;
- выделить элементы структуры продуктивности, на изменение которых эффлюент оказывает наибольшее воздействие.

Методика. Объектом исследования является яровой ячмень сорта Родник Прикамья и биогазовый эффлюент, полученный путем переработки навозных стоков КРС.

Опыт закладывали на территории учебно-опытного поля ФГБОУ ВО Вятский ГАТУ в 2019-2020 гг. Почвы участка дерново-среднеподзолистые среднесуглинистые. Обеспеченность почв фосфором средняя (104,8 мг/кг почвы), калием – средняя 129,6 мг/кг почвы. Содержание органического вещества 2,1%. Глубина пахотного слоя в среднем составляет 22 см. Реакция почвенного раствора слабокислая: рН – 5,3. Предшественник – озимая рожь. Предпосевная обработка почвы – типичная для региона: ранневесеннее боронование, культивация, комбинированная обработка. Расположение делянок – рендомизированное. Способ посева – рядовой с междурядьями 15 см. Опыт заложен в соответствии с методикой полевого опыта [11]. Посев проведен в начале второй декады мая.

Площадь делянки составила 50 м². Опыт был заложен в 4-кратной повторности. Посев семян ярового ячменя проведен на глубину 6 см с одновременным внесением минеральных удобрений при помощи селекционной сеялки ССФК-7. Эффлюент вносили внутривиточвенно на глубину 8 см с помощью культиватора-инъектора VIBRO INJECTOR VI 2011 в комплекте с бочкой-цистерной. Задействованы были 4 центральных выводов.

Схема опыта:

- контроль (К) – без внесения удобрений;

- вариант 1 (В₁) – припосевное внутривиточвенное внесение жидкого биоудобрения на основе эффлюента в дозе 20 т/га;

- вариант 2 (В₂) – припосевное внутривиточвенное внесение жидкого биоудобрения на основе эффлюента в дозе 40 т/га;

- вариант 3 (В₃) – припосевное внутривиточвенное внесение жидкого биоудобрения на основе эффлюента в дозе 10 т/га в сочетании с минеральным удобрением в дозе N₂₀P₂₀K₂₀ кг д.в./га;

- вариант 4 (В₄) – припосевное внутривиточвенное внесение жидкого биоудобрения на основе эффлюента в дозе 20 т/га в сочетании с минеральным удобрением в дозе N₄₀P₄₀K₄₀ кг д.в./га;

- вариант 5 (В₅) – внесение при посеве минеральных удобрений в дозе N₈₀P₈₀K₈₀ кг д.в./га.

В качестве вносимого минерального удобрения использовали нитрофоску с соотношением N:P:K 17:17:17. Эффлюент был предоставлен ООО «Сельхозбиогаз».

В таблицах 1 и 2 представлены значения, характеризующие физико-химические показатели и показатели безопасности эффлюента. Данные предоставлены ООО «Сельхозбиогаз» на основе протоколов испытаний, проведенных ИЦ ФГБУ ГЦАС «Кировский».

Физико-химические показатели эффлюента, полученного из коровьего навоза
(данные анализа предоставлены ООО «Сельхозбиогаз»)

Наименование показателя	Нормативная документация на методы испытаний	Результат испытаний	Нормы по нормативной документации
Массовая доля влаги, %	ГОСТ 26713	96,8	-
Массовая доля общего азота в абсолютно сухом веществе, %, не менее	ГОСТ 26715-85	3,7	0,2
Массовая доля аммонийного азота с исходной влажностью, %, не менее	ГОСТ 26715-85	0,10	-
Азот нитратный (натуральная влага), мг/кг	МУ 5048-89	21	
Массовая доля общего фосфора в абсолютно сухом веществе, %, не менее	ГОСТ 226717-85	2,6	0,1
Массовая доля общего калия в абсолютно сухом веществе, %, не менее	ГОСТ 26715-85	9,4	0,2
Массовая доля органического вещества в пересчете на углерод, %	ГОСТ 27980-88	39,1	-
Массовая доля золы, %	ГОСТ 26714-85	21,8	-
Показатель активности водородных ионов, ед. рН	ГОСТ 27979-88	7,7	6,0-8,0

Удобрение имеет щелочную реакцию среды, и при внесении подщелачивает почву, что является особенно актуальным для кислых почв. Несмотря на то, что содержание действующих веществ ниже, чем в минеральных удобрениях, действие эффлюента безопаснее, так как он не содержит большого количества балластных веществ, тяжёлых металлов, и других опасных загрязнителей (таблица 1, 2).

Таблица 2

Показатели безопасности эффлюента, полученного из коровьего навоза
(данные анализа предоставлены ООО «Сельхозбиогаз»)

Наименование показателя	Нормативная документация на методы испытаний	Результат испытаний	Нормы по нормативной документации
Массовая концентрация примесей отдельных токсичных элементов, мг/кг сухого вещества, не более: свинец (натуральная влага)	ФР.1.31.2007.04106	менее 2,0	6,0
кадмий (натуральная влага)	ФР.1.31.2007.04106	менее 0,10	2,0
ртуть (натуральная влага)	МИ 2740-2002	0,002	2,1
мышьяк (натуральная влага)	ФР.1.31.2009.06624	менее 0,10	10,0
Массовая концентрация Cs-137, Бк/кг	МИ ВНИИФТРИ 07.05.96	менее 1,0	-
Массовая концентрация Sr-90, Бк/кг	МИ ВНИИФТРИ 05.05.96	менее 4,0	-
Массовая концентрация остаточных количеств отдельных видов пестицидов, мг/кг сухого вещества, не более:			
α - β - γ -ГХЦГ (натуральная влага)	МУ 2142-80 МЗ СССР	не обнар.	0,1
ДДТ, ДДЭ, ДДД	МУ 2142-80 МЗ СССР	не обнар.	0,1

Соединения, содержащиеся в биогазовом эффлюенте в виде органического вещества, макро- и микроэлементов, стабилизируют рост

и развитие сельскохозяйственных культур, положительно влияют на почву и состав почвенной микрофлоры.

Учеты и наблюдения проведены по общепринятым методикам, а также в соответствии с методическими указаниями по проведению производственных демонстрационных испытаний средств и методов защиты зерновых культур от болезней [12]. Уборка проведена при помощи селекционного комбайна TERRION-SAMPO SR2010 в фазе полной спелости ячменя.

Статистическая обработка результатов исследований выполнена с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты. Наблюдение за ростом и развитием растений на протяжении вегетационного периода позволяет сделать выводы об особенностях прохождения фаз развития различными вариантами опыта.

Во время фенологических наблюдений отмечали фазы: всходы, кущение, колошение, полное созревание зерна. На основании продолжительности межфазных периодов (всходы-колошение и колошение-созревание) оценивали изучаемые варианты. Наряду с этим оценивали общую продолжительность вегетационного периода (таблица 3).

Таблица 3

Продолжительность межфазных вегетационного периода ярового ячменя при применении биогазового эффлюента, (в среднем за 2019-2020 гг.)

Вариант	Продолжительность периода, сут.		Вегетационный период, сут.
	всходы-колошение	колошение-созревание	
Контроль	40	37	77
Вариант 1	40	34	74
Вариант 2	40	34	74
Вариант 3	39	33	72
Вариант 4	39	33	72
Вариант 5	40	35	75

В среднем за годы исследований продолжительность у ячменя межфазного периода всходы-колошение у контроля составила 40 сут. У вариантов опыта с использованием жидкого биоудобрения на основе эффлюента этот период оказался на уровне контроля. Продолжительность межфазного периода колошение-созревание у изучаемых вариантов оказалась короче на 3-4 сут по сравнению с контролем (37 сут.).

Общая продолжительность вегетационного периода на посевах ячменя составила у контроля – 77 сут., у варианта с применением исключительно минеральных удобрений –

75 сут., у вариантов с применением только эффлюента – 74 сут., у вариантов с применением эффлюента в сочетании с минеральным удобрением – 71-72 сут. Таким образом, можно отметить сокращение вегетационного периода у всех вариантов опытов с использованием эффлюента на 3-5 сут., что особенно актуально в уборочный период при неустойчивой погоде.

Как известно, урожайность любой сельскохозяйственной культуры зависит от количества и формы применяемого удобрения. В таблице 4 приведена урожайность вариантов опыта.

Урожайность зерна ярового ячменя

Вариант	Урожайность, т/га			Отклонение от контроля, %
	2019 год	2020 год	в среднем	
Контроль	1,98	2,19	2,09	-
Вариант 1	2,57*	2,51*	2,54*	21,8
Вариант 2	2,97**	3,14**	3,06**	46,5
Вариант 3	3,93***	4,21***	4,07***	95,2
Вариант 4	4,15***	4,84***	4,50***	115,6
Вариант 5	3,47***	3,86***	3,67***	75,6
НСР ₀₅	0,27	0,19	0,32	

Примечание 1: * – уровень вероятности $P > 0,95$; ** – уровень вероятности $P > 0,99$; *** – уровень вероятности $P > 0,999$

У контроля средняя урожайность зерна составила 2,09 т/га, она колебалась по годам от 1,98 до 2,19 т/га. У всех изучаемых вариантов внесение минеральных удобрений и эффлюента привело к росту урожайности. Использование исключительно минеральных удобрений при выращивании ячменя позволило достичь уровня урожайности 3,67 т/га в среднем за годы исследований. Применение эффлюента в дозе 20 т/га достоверно увеличило урожайность на 21,8% по сравнению с контролем. В варианте с внесением эффлюента в дозе 40 т/га урожайность составила 3,06 т/га в среднем. Однако больший эффект проявился от применения эффлюента совместно с минеральными удобрениями. Максимальная урожайность отмечена в варианте 4 – внесение при посеве эффлюента в дозе 20 т/га в сочетании с минеральными

удобрениями в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в./га (4,50 т/га).

Величина урожайности складывается из ее структуры. В таблице 5 приведены элементы структуры продуктивности ярового ячменя в среднем за годы исследований.

Продуктивная кустистость ячменя колебалась от 2,5 до 3,5. У контроля продуктивная кустистость – 2,5 штук стеблей. Во всех вариантах с применением эффлюента растения сформировали достоверно большее число плодоносящих стеблей на одном растении. Максимальное количество продуктивных стеблей отмечено в варианте с применением эффлюента в дозе 10 т/га, что на 36,8% выше по сравнению с контролем. Снижение продуктивной кустистости не отмечено ни в одном варианте.

Таблица 5

Элементы структуры продуктивности ярового ячменя в среднем за 2019-2020 гг.

Вариант	Количество продуктивных стеблей на 1 м ² , шт.	Продуктивная кустистость	Длина колоса, см	Число зерен с колоса, шт.	Масса зерна с колоса, г	Масса 1000 зерен, г
Контроль	397	2,5±0,24	9,5±0,17	19,6±0,40	1,00±0,019	45,7
Вариант 1	457***	3,3±0,23*	10,1±0,19*	19,7±0,38	1,10±0,013***	45,9
Вариант 2	461***	3,5±0,17**	10,0±0,20*	19,5±0,31	1,12±0,015***	45,6
Вариант 3	465***	3,4±0,19**	10,1±0,19*	20,5±0,38*	1,17±0,005***	47,1
Вариант 4	483***	3,0±0,20*	10,1±0,22*	21,5±0,39	1,20±0,009***	47,4
Вариант 5	464***	3,4±0,18*	10,1±0,19*	20,3±0,41	1,19±0,012***	46,9
НСР ₀₅	17,0	0,47	0,43	0,76	0,17	-

Примечание 2: * – уровень достоверности 0,95 (95,0%); ** – уровень достоверности 0,99 (99,0%);

*** – уровень достоверности 0,999 (99,9%)

Количество продуктивных стеблей на 1 м² в варианте без применения удобрений

составило 397 штук. Наибольшее количество продуктивных стеблей отмечено в варианте 4

– припосевное внутривпочвенное внесение жидкого биоудобрения на основе эффлюента в дозе 20 т/га в сочетании с минеральным удобрением в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в./га и составило 483 шт./м².

Длина колоса у контроля составила 9,5 см. У вариантов с использованием эффлюента длина колоса выше контроля на 6,3% и составила 10,0-10,1 см.

Число колосков в колосе ячменя у контроля составило 20,0 шт. Все изучаемые варианты находятся на уровне. Наибольшее число колосков в колосе отмечено у варианта 3 – с применением эффлюента в дозе 40 т/га – 22,6 шт.

Число полноценных зерен у контроля составило 19,6 шт. Все изучаемые варианты превысили контроль по этому показателю. Наибольшее число полноценных зерен сформировалось в варианте 3 и 4.

Все исследуемые варианты сформировали более крупные зерна по сравнению с контролем. Наиболее полноценные и выравненные зерна отмечены у вариантов с применением эффлюента в сочетании с минеральными удобрениями. Зерна, сформированные на растениях, выросших в этих условиях, обладали большей массой 1000 зерен (47,1-47,4 г) по сравнению с контролем (45,7 г). Максимальная масса зерна с главного колоса отмечена в варианте 4 – с применением эффлюента в дозе 20 т/га в сочетании с минеральными удобрениями в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в./га. Варианты с применением эффлюента в чистом виде также отличались

большой массой зерна с главного колоса – на 9,5-11,6 % по сравнению с контролем.

Выводы. При изучении влияния эффлюента биогазовой установки на рост и развитие ярового ячменя в условиях Северо-Востока Нечерноземной зоны России выявлен положительный эффект от применения эффлюента на урожайность ярового ячменя. Максимальная достоверная прибавка урожайности отмечена в варианте с внесением при посеве жидкого биоудобрения на основе эффлюента в дозе 20 т/га в сочетании с минеральным удобрением в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в./га. Во всех вариантах с применением эффлюента отмечено сокращение длины вегетационного периода. Отрицательное воздействие на элементы структуры продуктивности не выявлено. Применение эффлюента увеличивает количество продуктивных стеблей на 20,0-36,8 %, длину колоса на 6,3 %, способствует формированию более полновесного зерна. Наибольший эффект от использования жидкого биоудобрения отмечен при совместном применении эффлюента с минеральными удобрениями. Для производственных условий можно рекомендовать применять эффлюент при посеве в дозе 20 т/га в сочетании с минеральным удобрением в дозе $N_{40}P_{40}K_{40}$ кг д.в./га.

Источник финансирования. Исследования проведены при поддержке Правительства Кировской области, Министерства экономического развития и поддержки предпринимательства Кировской области в рамках реализации национального проекта «Малое и среднее предпринимательство и поддержка индивидуальной предпринимательской инициативы».

Литература

1. Комякова Е.М., Антонова О.И. Состав навоза КРС и свиней, особенности использования и перспективы переработки // Вестник Алтайского государственного аграрного университета. 2020. N 6 (188). С. 63-68.
2. Uvarov R., Shalavina E., Briukhanov A., Vasilev E. Aerobic solid-state fermentation of the solid fraction of pig slurry // Agronomy research. 2020. Vol.18, N S2. P. 1537-1546. DOI: 10.15159/AR.20.071

3 Пилип Л.В., Ашихмина Т.Я. Отходы свиноводческих комплексов – проблемы, пути решения // Биодиагностика состояния природных и природно-техногенных систем: материалы XV Всероссийской научно-практической конференции с международным участием. Вятский государственный университет, Институт биологии Коми научного центра Уральского отделения Российской академии наук, 2017. С. 180-183.

4 Терентьев Ю.Н., Сырчина Н.В., Ашихмина Т.Я., Пилип Л.В. Снижение эмиссии запахообразующих веществ в условиях промышленных свиноводческих предприятий // Теоретическая и прикладная экология. 2019. № 2. С. 113-120.

5 Ciganek M., Neca J. Chemical characterization of volatile organic compounds on animal farms // Veterinary medicine. 2008. Vol. 53. № 12. P. 641–651.

6 Сырчина Н.В., Пилип Л.В. Влияние навозных стоков свиноферм на содержание в почвах подвижных соединений фосфора // Экология родного края: проблемы и пути их решения: материалы XVI Всероссийской научно-практической с международным участием конференции. Киров, 2021. С. 274-277.

7 Kuszal M., Lorencowicz E. Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizers // Agriculture and Agricultural Science Procedia. 2015. V. 7. P. 119-124.

8 Тарасов С.И., Ковалев Д.А., Караева Ю.В. Применение эффлюента биогазовой установки в качестве удобрения для органического земледелия // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии. 2018. № 3 (43). С. 91-97.

9 Фальчевская Ю.А., Бояркин Е.В., Константинович В.К. Влияние эффлюента на посевные качества овощных культур // Актуальные вопросы аграрной науки. 2019. № 31. С. 31-38.

10 Ильинский А.В. Влияние различных доз внесения эффлюента на урожай ячменя // Аграрные ландшафты, их устойчивость и особенности развития: сб. науч. тр. по материалам Международ. науч. эколог. конф. Краснодар: Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина, 2020. С. 551-554.

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

12 Методические указания по проведению производственных демонстрационных испытаний средств и методов защиты зерновых культур от болезней. Приложение к журналу «Защита и карантин растений». 2004. 25 с.

INFLUENCE OF AN EFFLUENT ON GROWTH AND DEVELOPMENT OF SPRING BARLEY IN THE CONDITIONS OF THE NORTH-EAST OF THE NON-CHERNOZEM ZONE OF RUSSIA

R.F. Kurbanov, Dr. Tech. Sci., Professor;

A.V. Sozontov, Cand. Tech. Sci., Assistant Professor;

E.S. Lybenko, Cand. Agr. Sci., Assistant Professor;

FSBEI HE Vyatka SATU,

133, Oktyabrsky Prospekt, Kirov, Russia, 610017

E-mail: a.v.sozontov@yandex.ru

ABSTRACT

In connection with the development of organic farming in Russia, the problem of manure utilization becomes urgent. One of the ways of its disinfection is processing in bioreactors. This type of disposal produces biogas and effluent (by-product). Currently, studies are being conducted on the possibility of using effluent as another type of organic fertilizers. The influence of the effluent obtained as a result of processing of cattle manure was studied at the Vyatka State Technical University. The experiment was

carried out according to the traditional method. When studying the effect of the effluent on spring barley in the conditions of the North-East of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation, the following results were obtained: a positive effect of the use of the effluent on yield of spring barley was revealed, a reduction in the length of the growing season was noted, no negative effect on the elements of the productivity structure was revealed. The use of the effluent as a fertilizer, both in its pure form and in combination with mineral fertilizers, contributed to the reduction of the growing season compared with the control, a decrease in the growing season in the variants of experiments combining the use of the effluent with the use of mineral fertilizers for 3-5 days. The maximum yield of barley was noted in option 4-application of the effluent at a dose of 20 t / ha in combination with mineral fertilizers at a dose of $N_{40}P_{40}K_{40}$ kg a.s./ha (45.0 c/ha) (the yield of the control was 20.9 c/ha, the yield when using only mineral fertilizers was 36.7 c/ha). The productive bushiness of the experimental variants was 3-3.5 pcs., the length of the ear ranged from 10.0 to 10.1 cm. All the studied variants formed larger grains compared to the control. The most complete and balanced grains were noted in the variants with the use of the effluent in combination with mineral fertilizers. The maximum weight of grain from the main ear was noted in option 4 – with the use of the effluent at a dose of 2 t / ha in combination with mineral fertilizers at a dose of $N_{40}P_{40}K_{40}$ kg a. s./ha.

Key words: spring crops, spring barley, effluent, plant nutrition, organic fertilizers, yield.

References

1. Komyakova E.M., Antonova O.I. Sostav navoza KRS i svinei, osobennosti ispol'zovaniya i perspektivy pererabotki (The composition of cattle and pig manure, features of use and processing prospects), Vestnik Altaiskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta, 2020, No. 6 (188), Pp. 63-68.
2. Uvarov R., Shalavina E., Briukhanov A., Vasilev E. Aerobic solid-state fermentation of the solid fraction of pig slurry, Agronomy research. 2020. Vol.18, N S2. P. 1537-1546. DOI: 10.15159/AR.20.071
3. Pilip L.V., Ashikhmina T.Ya. Otkhody svinovodcheskikh kompleksov – problemy, puti resheniya (Waste from pig-breeding complexes – problems, solutions), Biodiagnostika sostoyaniya prirodnykh i prirodno-tekhnogennykh sistem: materialy KhV Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi konferentsii s mezhdunarodnym uchastiem. Vyatskii gosudarstvennyi universitet, Institut biologii Komi nauchnogo tsentra Ural'skogo otdeleniya Rossiiskoi akademii nauk, 2017, Pp. 180-183.
4. Terent'ev Yu.N., Syrchina N.V., Ashikhmina T.Ya., Pilip L.V. Snizhenie emissii zapakhoobrazuyushchikh veshchestv v usloviyakh promyshlennykh svinovodcheskikh predpriyatii (Reducing the emission of odor-forming substances in the conditions of industrial pig breeding enterprises), Teoreticheskaya i prikladnaya ekologiya, 2019, No. 2, Pp. 113-120.
5. Ciganek M., Neca J. Chemical characterization of volatile organic compounds on animal farms // Veterinary medicine. 2008. Vol. 53. No. 12. P. 641-651.
6. Syrchina N.V., Pilip L.V. Vliyanie navoznykh stokov svinofarm na sodержanie v pochvakh podvizhnykh soedinenii fosfora (Influence of manure runoff from pig farms on the content of mobile phosphorus compounds in soils), Ekologiya rodnogo kraia: problemy i puti ikh resheniya: materialy XVI Vserossiiskoi nauchno-prakticheskoi s mezhdunarodnym uchastiem konferentsii. Kirov, 2021, Pp. 274-277.
7. Kuszel M., Lorencowicz E. Agricultural use of biogas digestate as a replacement fertilizers, Agriculture and Agricultural Science Procedia, 2015, V. 7, P. 119-124.
8. Tarasov S. I., Kovalev D. A., Karaeva Yu. V. Primenenie efflyuenta biogazovoi ustanovki v kachestve udobreniya dlya organicheskogo zemledeliya (Application of biogas plant effluent as fertilizer for organic farming), Vestnik Ul'yanovskoi gosudarstvennoi sel'skokhozyaistvennoi akademii, 2018, No. 3 (43), Pp. 91-97.
9. Fal'chevskaya Yu.A., Boyarkin E.V., Konstantinovich V. K. Vliyanie efflyuenta na posevnye kachestva ovoshchnykh kul'tur (Effect of the effluent on the sowing quality of vegetable crops), Aktual'nye voprosy agrarnoi nauki, 2019, No. 31, Pp. 31-38.

10. Il'inskiy A.V. Vliyanie razlichnykh doz vneseniya efflyuenta na urozhai yachmenya (Effect of different doses of effluent application on barley yield), Agrarnye landshafty, ikh ustoichivost' i osobennosti razvitiya, sb. nauch. tr. po materialam Mezhdunarod. nauch. ekolog. konf. Krasnodar, Kubanskii gosudarstvennyi agrarnyi universitet imeni I.T. Trubilina, 2020, Pp. 551-554.

11. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniy) (Field experiment methodology (with the basics of statistical processing of research results), M, Kniga po Trebovaniyu, 2012, 352 p.

12. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu proizvodstvennykh demonstratsionnykh ispytaniy sredstv i metodov zashchity zernovykh kul'tur ot boleznei. Prilozhenie k zhurnalu «Zashchita i karantin rastenii» (Methodical instructions for conducting production demonstration tests of means and methods for protecting grain crops from diseases. Appendix to the journal "Plant Protection and Quarantine"), 2004, 25 p.

DOI 10.47737/2307-2873_2021_35_52

УДК 632.112:582.683.2

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ И ПРОДУКТИВНОСТЬ ГОРЧИЦЫ БЕЛОЙ ПРИ ИНОКУЛЯЦИИ СЕМЯН АССОЦИАТИВНЫМИ РИЗОБАКТЕРИЯМИ ПРИ НОРМАЛЬНОМ УВЛАЖНЕНИИ И ПОЧВЕННОЙ ЗАСУХЕ

В.Н. Лебедев, канд. с.-х. наук, доцент;

Г.А. Воробейков, д-р с.-х. наук, профессор;

ФГБОУ ВО «Российский государственный педагогический университет им. А. И. Герцена»,

Набережная реки Мойки, д.48, Санкт-Петербург, Россия, 191186

E-mail: antares-80@yandex.ru

Г.А. Ураев, канд. экон. наук, доцент;

ФГБОУ ВО «Петербургский государственный университет путей сообщения Императора

Александра I»,

Московский пр., д. 9, Санкт-Петербург, Россия, 190031

E-mail: uraev.ga@yandex.ru

Аннотация. В условиях вегетационных опытов проведено изучение влияния предпосевной инокуляции горчицы белой (*Sinapis alba* L.) сорт Рапсодия (к-4278) ассоциативными ризобактериями, стимулирующими рост и развитие растений (PGPR) в условиях нормального увлажнения и кратковременной почвенной засухи, вызванной в критический период (в фазе бутонизации). В работе использовались четыре бактериальных препарата: агрофил (*Agrobacterium radiobacter*, шт. 10), мизорин (*Arthrobacter mysorens*, шт. 7), флавобактерин (*Flavobacterium sp.*, шт. 30) и экстрасол (*Pseudomonas fluorescens*, шт. ПГ-5). Проведенные исследования показали, что при помощи ризобактерий можно повысить водоудерживающую спо-