DOI: 10.31677/2072-6724-2024-72-3-65-72
УДК 631.861

ЗООГУМУС КАК ПЕРСПЕКТИВНОЕ СРЕДСТВО ПОВЫШЕНИЯ ПЛОДОРОДИЯ СЕЛЬСКОХОЗЯЙСТВЕННЫХ ЗЕМЕЛЬ СИБИРИ

И.Е. Лаврищев, аспирант
А.Ф. Петров, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент
П.Н. Мирошников, исследователь
С.В. Краснов, аспирант
С.А. Рыбцов, бакалавр
М.Е. Староконь, бакалавр
Новосибирский государственный аграрный университет, Новосибирск, Россия
E-mail: lavr_lv@mail.ru

Ключевые слова: зоогумус, органические удобрения, органическое сельское хозяйство, комнатная муха, черная львинка, субстрат, торф.

Реферат. *Одной из важнейших задач современного органического растениеводства является поиск эффективных экологически безопасных органических удобрений. Перспективным решением данной задачи может быть изучение зоогумуса – продукта переработки насекомыми органики. Зоогумус получают как вторичный продукт при выращивании таких хозяйственно полезных насекомых, как, например, комнатная муха (лат. Musca domestica) и черная львинка (лат. Hermetia illucens). Зоогумус обладает высокой концентрацией азота, прошедшего переработку в пищеварительном тракте насекомых, что делает его более доступным для растений и способствует их активному росту и развитию. Он также обладает инсектицидными и фунгицидными свойствами, благодаря собственному микробиому. Также зоогумус способен усиливать влагоудерживающие способности почвы и может применяться как сорбент нефтепродуктов. Фактическое исследование рассматривает использование зоогумуса как обособленной среды для роста растений или как один из компонентов готового субстрата. Произведено исследование и определены содержание азота в аммонийной и нитратной форме, общая кислотность, дана оценка фитотоксичности зоогумуса в смеси с низинным торфом. Исследование показало, что зоогумус обладает приемлемой кислотностью для использования в составе субстрата, а также высоким содержанием азота в двух формах. При высокой концентрации зоогумус начинает проявлять фитотоксичные свойства, поэтому при его применении требуется соблюдать соотношение с другими компонентами субстрата. Таким образом, зоогумус при нормированном внесении может стать эффективным удобрением для всех сельхозтоваропроизводителей, занятых органическим земледелием, в котором инструменты повышения урожайности серьезно ограничены, а все полезные элементы, забираемые из почвы, должны быть восполнены без применения химических удобрений.*

INSECT FRASS AS A PROMISING REMEDY OF INCREASING THE FERTILITY OF AGRICULTURAL LAND IN SIBERIA

I.E. Lavrishchev, graduate student
A.F. Petrov, Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor
P.N. Miroshnikov, researcher
S.V. Krasnov, graduate student
S.A. Rybtsov, bachelor
M.E. Starokon, bachelor
Novosibirsk State Agrarian University, Novosibirsk, Russia
E-mail: lavr_lv@mail.ru

***Keywords*:** insect frass, organic fertilizers, organic agriculture, Musca domestica, Hermetia illucens, substrate, peat.

Abstract. *One of the main tasks of modern organic crop production is the search for effective environmentally friendly fertilizers. A promising approach to this problem could be the study insect frass, a product of organic*

processing by insects. Insect frass is obtained as secondary products from the cultivation of such economic insects as, for example, housefly (Musca domestica) and black soldier fly (Hermetia illucens). Insect frass has a high concentration of nitrogen, which was processed within the digestive tract of insects, which makes it more accessible to plants and contributes to their active distribution and development. It also has insecticidal and fungicidal properties due to its own microbiome. Insect frass can also enhance the moisture-holding capacity of the environment and be used as sorbents for petroleum products. The actual study examines the use of insect frass as a stand-alone growing medium or as one component of a finished substrate. A study was carried out and the nitrogen content in ammonium and nitrate forms, total acidity and the phytotoxicity index of insect frass in mixtures with lowland peat were measured. The study showed that insect frass has acceptable acidity for use as a substrate, as well as a high nitrogen content in two forms. At high concentrations, insect frass is a source of phytotoxic properties, therefore, when using it, it is necessary to maintain the ratio with other components of the substrate. Thus, insect frass, with normal application, can become an effective fertilizer for all household producers engaged in organic farming, where the tools for increasing productivity are seriously limited, and all useful elements taken from the soil must be replenished without the use of chemical fertilizers.

Поиск и изучение эффективных экологически безопасных органических удобрений для повешения урожайности является одной из основных задач органического земледелия [1]. Основным решением данной задачи может быть использование органических удобрений, полученных из побочных продуктов животноводства [2]. Перспективным в этом направлении может стать продукт, получаемый в результате переработки органики личинками насекомых: зоогумус [3]. Зоогумус является вторичным продуктом при выращивании таких хозяйственно полезных насекомых, как, например, комнатная муха (лат. *Musca domestica*) и черная львинка (лат. *Hermetia illucens*). Основными продуктами, ради которых их разводят, являются хитин, кормовые белки и жиры [4]. В современной мировой практике разведение черной львинки все больше популяризируется, и в будущем его значение только будет увеличиваться [5].

Главным плюсом технологии получения зоогумуса является то, что сырье для приготовления кормового субстрата для переработки личинками в виде птичьего помета и навоза животных, по сути, является отходом, требующим утилизации [6]. В объемах данного сырья нет недостатка, при этом сам процесс переработки при достаточном количестве насекомых может занимать не более недели при соблюдении температурного и влажностного режимов [7]. Из этого можно сделать вывод, что технология получения зоогумуса также может использоваться для переработки органических отходов.

Одним из главных преимуществ зоогумуса как органического удобрения является наличие в его составе высокой концентрации азота, важнейшего питательного вещества в почве [8]. Даже на уровне естественных экосистем насекомые играют важную роль в круговороте азота [9]. Насекомым необходимо постоянно регулировать баланс фосфора и азота для поддержания стехиометрического гомеостаза, поэтому излишки данных веществ они выделяют в окружающую среду вместе с экскрементами [10]. Исследование H. Kagata и соавторов показало, что внесение в почву зоогумуса ускорило рост репы огородной, увеличило ее зеленую массу и повысило в ней концентрацию азота [11]. Благодаря предварительной физиологической переработке в организме насекомых питательные вещества зоогумуса переходят в подвижную форму и лучше усваиваются растениями.

Пищеварительный тракт насекомых представлен такими группами микроорганизмов, как протисты, грибы, археи и бактерии. В процессе пищеварения данные микроорганизмы выводятся вместе с зоогумусом, что и объясняет его биологически активные свойства [12]. Попадание в почву хитиноразрушающих бактерий и актиномицетов зоогумуса приводит к снижению количества вредителей вблизи зоны внесения удобрения [13]. Для примера: полив настоем зоогумуса комнатной мухи снижал численность галловой нематоды в 5–10 раз, а гибель гусениц лугового мотылька увеличивалась в 7 раз [14]. Исследование H. Elissen и соавторов показало, что применение зоогумуса черной львинки на сахарной свекле и кресс-салате способно подавлять распространение патогенного гриба *Pythium ultimum* [15]. Согласно представленным выше литературным данным, зоогумус может

быть рекомендован как эффективное биологическое средство защиты с инсектицидными и фунгицидными свойствами.

Согласно источникам, у зоогумуса присутствует еще ряд полезных для агрономии свойств. Как компонент субстрата зоогумус проявляет полезные физико-механические свойства и усиливает влагоудерживающие свойства почвы при добавлении в нее. Такой набор свойств возможно считать удачным для применения в качестве компонента субстрата овощных культур [16]. Согласно исследованию В.П. Зайцева и соавторов, зоогумус может применяться как сорбент нефтепродуктов в почве [17]. Исследования также подтверждают возможность применения зоогумуса черной львинки в кормлении рыб и аквакультуры ввиду наличия в нем большого количества питательных веществ [18].

Несмотря на имеющийся объем исследований, посвященных эффективности применения зоогумуса, как полноценное удобрение он мало распространен и массово на рынке сельскохозяйственных удобрений почти не представлен. Это, в свою очередь, приводит к необходимости формирования фундаментальных знаний о влиянии зоогумуса на отдельные культуры и о соотношениях с другими необходимыми компонентами субстрата, такими как, например, торф при выращивании в закрытых условиях.

Целью исследования было изучить возможность применения зоогумуса как компонента для субстрата.

Для достижения цели были поставлены следующие задачи:

определить содержание азота и общую кислотность в зоогумусе;

определить фитотоксичность зоогумуса.

ОБЪЕКТЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

Зоогумус был получен на базе лаборатории биополимеров Новосибирского государственного аграрного университета. Был использован зоогумус от личинок черной львинки (лат. *Hermetia illucens*) в результате полной переработки ими субстрата на основе зерновых отходов пшеницы (отрубей и некондиционного зерна). Личинки были отделены от субстрата при помощи барабанного сепаратора, затем полученный зоогумус был пропущен через измельчитель кормов «Вихрь ИК 3 в 1» (Россия) для придания ему однородной структуры.

Основные исследования проводились на базе лаборатории фундаментальных и прикладных проблем селекции, генетики и биоинженерии сельскохозяйственных культур Новосибирского государственного аграрного университета.

В опыте по определению содержания азота и кислотности для контроля был использован низинный торф, просеянный на ситах с диаметром ячеек 0,3–0,6 см. Для эксперимента были взяты смеси зоогумуса и торфа в двух соотношениях – ½ и ¼ – из логики одна порция зоогумуса к двум порциям торфа и одна порция зоогумуса к четырем порциям торфа соответственно. Анализируемые образцы брались из трех точек получаемых смесей в каждой из получившихся смесей. Все варианты были повторены не менее чем в трех проворностях. В результате было сформировано 9 образцов:

1–3-й образцы – варианты, зоогумус + торф в пропорции ½;

4–6-й образцы – варианты, зоогумус + торф в пропорции ¼;

7–9-й образцы – чистый торф.

Общие значения содержания азота в форме N-NO3 и N-NH4 были определены по ГОСТ 26488–85 [19], а значения общей кислотности субстратов – по ГОСТ 58594–2019 [20].

Определение степени фитотоксичности субстрата было проведено методом проростков [21]. Метод основан на разнице в количестве проросших семян и общей фитомассе проростков. В основы был добавлен верховой торф, который также использовался в качестве контроля на всех используемых образцах. Для анализа зоогумуса на фитотоксичность были добавлены образцы без включения торфа. Для оценки степени фитотоксичности использовалась следующая шкала:

почва не фитотоксична (ингибирование ростовых процессов проростков до 20 %);

почва фитотоксична в степени:

слабой (ингибирование на 21–30 %);

средней (ингибирование на 31–60 %);

высокой (ингибирование более 60 %).

Полученные данные были обработаны методом дисперсионного анализа на ПК с использованием программы SNEDEKOR.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

По результатам исследования было установлено, что в образцах с добавлением зоогумуса произошло незначительно подщелачивание среды, что сказалось на повышении pH, но общие значения не переходили границ, близких к почвам с нейтральной кислотностью (табл. 1). Так, для торфа, смешанного с зоогумусом в пропорции ¼, среднее значение pH было равно 6,68, а для соотношения ½ оставалось равным 6,81, что соответствовало уровню кислотности нейтральных почв в обоих случаях. Общее содержание азота в амонийной и нитратной форме изначально было повышено, из чего можно сделать вывод, что имеющееся количество азота в двух формах в торфе достаточно для обеспечения роста культур. Используемые пропорции оказались излишними и превышали требуемую норму в среднем в 5–6 раз для субстрата в соотношении ½ и в 3–4 раза для варианта, содержащего зоогумус и торф в соотношении ¼.

Таблица 1

Содержание азота и общая кислотность
Nitrogen content and total acidity

№ образца	Влажность субстрата *W*, %	pH	$N\text{-}NO_3$, мг/кг	$N\text{-}NH_4$, мг/кг
1	48,6	6,8	102	249
2	62,4	6,75	92	169
3	43,59	6,88	102	138,75
4	61,95	6,76	90,2	238,75
5	74,23	6,63	76,2	196,25
6	96	6,67	71,8	211,25
7	44	5,9	22,24	32,25
8	44	6,1	18,68	27,5
9	43	6,1	18,21	28,10
НСР (ошибка опыта 0,55)			4,45	

Высокое содержание азота в зоогумусе обуславливается тем, что он является продуктом переработки органики насекомыми, следовательно, его можно относить к высококонцентрированным по азоту биологическим удобрениям, что особенно ценно для условий открытого грунта [22].

Несмотря на пористую структуру и визуальную схожесть чистого зоогумуса с верховым торфом, его использование в качестве универсального субстрата для горшечного выращивания нецелесообразно в силу его высокой биологической активности. Результаты показали, что повышение содержания зоогумуса пагубно сказывалось на вероятности прорастания семян (табл. 2). Общий результат показал, что зоогумус без добавления торфа демонстрирует высокую фитотоксичность и не может быть использован в чистом виде.

Таблица 2

Оценка фитотоксичности
Phytotoxicity assessment

Показатель	Контроль		½ зоогумус/торф		¼ зоогумус/торф		Зоогумус	
	Овес	Редис	Овес	Редис	Овес	Редис	Овес	Редис
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Количество взошедших проростков, %	90,48	100	89,47	83,33	100	90	100	50

Окончание табл. 2

1	2	3	4	5	6	7	8	9
Средняя длина проростков, см	6,94	3,73	6,12	6,79	6,8	5,56	4,4	2.5
Средняя длина корней, см	5,4	4,3	8	6,79	6,8	5,56	3,9	1,5
Фитомасса, г	12,1	7,4	8,9	4,8	7,5	3,5	7,2	2,6
Общая оценка фитотоксичности	-	-	27 %	36 %	38 %	53 %	41 %	65 %

Прорастание семян в термостате фиксировалось через неделю после закладки опыта (рисунок). На седьмой день, когда производилась фиксация результатов, во всех чашках Петри, где был заложен чистый зоогумус, были обнаружены очаги белой плесени. Также отмечено, что в чашках Петри с торфом фактическая длина корней и стебля была больше, чем в отличных вариантах. Активная среда зоогумуса, включающая в себя большое количество микроорганизмов и плесневых грибов, делает его перспективным компонентом для активизации процесса минерализации органики в почве, однако отрицательно воздействует на сами семена и их активацию [23]. Подобные результаты были получены Е.А. Пушкаревой и соавторами, которые установили, что вытяжки из зоогумуса черной львинки в исследуемых концентрациях проявляли фитотоксическое действие в отношении проростков пшеницы. Выраженность негативных эффектов усиливалась с ростом концентрации. Двадцатипроцентная вытяжка зоогумуса сокращала всхожесть на 40 %, длину корней проростков – на 50 %, индекс прорастания снижался до 30 % по сравнению с контрольными значениями [24]. Таким образом, можно сделать вывод, что при соблюдении правильной концентрации внесения зоогумуса, полезная микрофлора, которую он содержит, способна активизировать деятельность естественного почвенного микробиоценоза, тем самым вытесняя патогенные микроорганизмы, отпугивая вредителей и защищая растения от поражений. Концентрированный же зоогумус может оказать негативный эффект на рост растений.

Подготовка семян и субстрата для оценки фитотоксичности

Seed and substrate preparation for phytotoxicity assessment

Для того, чтобы зоогумус был приемлем для использования в качестве удобрения, необходимо соблюдать его правильное соотношение при смешивании с почвой. Так, согласно С.М. Шинкареву и соавторам, приемлемым объемом является 20–40 г зоогумуса для внесения локально на 1 м погонной длины бороздки или в лунку. Для выращивания рассады на 10 кг почвы возможно внесение 10–50 г зоогумуса. В жидком виде возможно использовать водный настой зоогумуса из расчета 50–200 г на 10 л воды [25]. В своих исследованиях А.М. Тысленко и С.И. Тарасов определили, что наиболее эффективным соотношением торфа и зоогумуса для огурцов, томатов и перцев является 80 % торфа и 20 % зоогумуса, для лука – 70 % торфа и 30 % зоогумуса, для цветов и газонов 75 % торфа и 25 % зоогумуса [26].

ВЫВОДЫ

1. Зоогумус проявляет себя как биологическое удобрение, имеющее среднюю кислотность, приемлемую для использования с другими компонентами субстрата. Высокое содержание азота в двух различных формах в зоогумусе может играть первостепенную роль для развития зеленой массы растений.

2. При высокой концентрации зоогумус начинает проявлять фитотоксичность из-за своей интенсивной биологической активности, поэтому при использовании в составе субстрата зоогумуса его концентрация должна строго регламентироваться. Согласно полученным результатам, предельное соотношение зоогумуса к торфу должно быть менее 25 %. Наибольший показатель фитотоксичности был обнаружен при использовании 100 % концентрации зоогумуса.

3. Исследование показало, что зоогумус можно использовать как компонент субстрата, но необходимо контролировать его внесение из-за высокой биологической активности. Правильное применение зоогумуса может позволить как восполнить запас полезных элементов в почве, так и повысить устойчивость растений к болезням и вредителям.

Работа выполнена при финансовой поддержке гранта Президента Российской Федерации для государственной поддержки ведущих научных школ НШ-1129.2022.2.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Рудой Е.В., Петухова М.С., Лаврищев И.Е.* Улучшение качества питания жителей Сибири путем производства биологизированных функциональных продуктов // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – Т. 36, № 11. – С. 86–90.
2. *Качество* и безопасность стимулятора роста растений, полученного из побочных продуктов птицеводства / П.Н. Мирошников, К.В. Жучаев, О.Н. Сороколетов [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 4 (69). – С. 225–232.
3. *Сороколетов О.Н.* Технологические и экологические аспекты переработки отходов птицеводства и свиноводства личинками *Musca domestica*: дис. … канд. с.-х. наук. – Новосибирск, 2006. – 160 с.
4. *When* a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (Psetta maxima) / S. Kroeckel, A.-G.E. Harjes, I. Roth // Aquaculture. – 2012. – С. 345–352.
5. *The potential* role of insects as feed: A multi-perspective review / G. Sogari, M. Amato, I. Biasato [et al.] // Animals. – 2019. – № 9. – P. 119.
6. *Марцев А.А., Подолец А.А.* Перспективы разведения мухи *Hermetia illucens* в России для утилизации органических отходов сельскохозяйственных предприятий // Владимирский земледелец. – 2017. – № 4 (82). – С. 36–38.
7. *Биотехнология* переработки органических отходов и экология / И.И. Гудилин, А.Ф. Кондратов [и др.]. – Новосибирск, 1999. – 392 С.
8. *Sweetapple P., Barron M.* Frass drop for monitoring relative abundance of large arboreal invertebrates in a New Zealand mixed beech forest // New Zealand Journal of Ecology. – 2016. – N 40 (3). – P. 321–329.
9. *Behie S.W., Bidochka M.J.* Insects as a nitrogen source for plants // Insects. – 2013. – N 4 (3). – P. 413–424.
10. *Grasshoppers* regulate N: P stoichiometric homeostasis by changing phosphorus contents in their frass / Z. Zhang, J.J. Elser, A.J. Cease [et al.] // PLoS. – 2014. – N 9 (8). – P. e103697.

11. *Kagata H., Ohgushi T.* Positive and negative impacts of insect frass quality on soil nitrogen availability and plant growth // Population Ecology. – 2012. – N 54 (1). – P. 75–82.
12. *Pernice M., Simpson S.J., Ponton F.* Towards an integrated understanding of gut microbiota using insects as model systems // J Insect Physiol. – 2014. – N 69. – P. 12–18.
13. *Jang S., Kikuchi Y.* Impact of the insect gut microbiota on ecology, evolution, and industry // Curr Opin Insect Sci. – 2020. – N 41. – P. 33–39.
14. *Бедин Д.П., Токарев В.С., Лисунова Л.И.* Разработка препарата против галловой нематоды на огурце в защищенном грунте [биопрепарат зоогумус]. // Зоокультура и биологические ресурсы / Моск. с.-х. акад. – М., 2005. – С. 82–84.
15. *Disease* suppression in cress and sugar beet seedlings with frass of the Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) / H. Elissen, M. Schilder, J. Postma [et al.] // Wageningen: Wageningen Plant Research. – 2019. – 23 p. (Report WPR; 816).
16. *Тараканов Г.И., Борисов Н.В., Климов В.В.* Овощеводство защищенного грунта. – М.: Колос, 1982. – С. 303.
17. *Зайцев В.П., Клименко М.В., Бочкарева И.И.* Использование зоогумуса на основе личинок *Musca Domestica* в качестве сорбента нефтепродуктов // Вестник СГУГиТ (Сибирского государственного университета геосистем и технологий). – 2016. – № 3 (35). – С. 211–218.
18. *Yildirim-Aksoy M., Eljack R., Beck B.H.* Nutritional value of frass from black soldier fly larvae, *Hermetia illucens*, in a channel catfish, Ictalurus punctatus, diet // Aquaculture Nutrition. – 2020. – N 26. – P. 812–819.
19. *ГОСТ* 26488–85. Почвы. Определение нитратов по методу ЦИНАО. – М.: Московский печатник, 1986. – 4 с.
20. *ГОСТ* Р 58594–2019. Почвы. Метод определения обменной кислотности. – М.: Стандартинформ, 2019. – 9 с.
21. *Определение* фитотоксичности методом проростков / Н.М. Привалова, А.А. Процай, Ю.Ф. Литвиненко [и др.] // Успехи современного естествознания. – 2006. – № 10. – С. 45–45.
22. *Влияние* различных форм и доз минеральных азотных удобрений на продуктивность томата в условиях открытого грунта / А.Ф. Петров, Р.Р. Галеев, Н.В. Гаврилец [и др.] // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 3. – С. 93–100.
23. *Использование* зоогумуса для защиты растений / О.Н. Сороколетов, И.И. Гудилин, А.В. Бгатов, И.Н. Кунавин // Современные наукоемкие технологии. – 2005. – № 3. – С. 73–74.
24. *Исследование* фитотоксичности водных вытяжек зоогумуса *Hermetia illucens L.* на жизнеспособность и развитие пшеницы / Е.А. Пушкарева, Е.В. Коваль, А.А. Лящев [и др.] // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2023. – № 4 (102). – С. 26–33.
25. *Шинкарев С.М., Аксенов А.В., Тарасов С.И.* Применение зоогумуса в качестве органического удобрения в защищенном грунте // Плодородие. – 2008. – № 4. – С. 17–18.
26. *Тысленко А.М., Тарасов С.И.* Питательные грунты на основе зоогумуса // Современные тенденции развития науки и технологий. – 2015. – № 4–2. – С. 85–88.

REFERENCES

1. Rudoj E.V., Petuhova M.S., Lavrishchev I.E., *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2022, T. 36, No. 11, pp. 86–90. (In Russ.)
2. Miroshnikov P.N., ZHuchaev K.V., Sorokoletov O.N. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 4 (69), pp. 225–232. (In Russ.)
3. Sorokoletov O.N., *Tekhnologicheskie i ekologicheskie aspekty pererabotki othodov pticevodstva i svinovodstva lichinkami Musca domestica* (Technological and ecological aspects of processing of poultry and pig waste by Musca domestica larvae), candidates thesis, Novosibirsk, 2006, 160 p.
4. Kroeckel S., Harjes A.-G. E., Roth I., Katz H., Wuertz S., Susenbeth A., Schulz C., When a turbot catches a fly: Evaluation of a pre-pupae meal of the Black Soldier Fly (Hermetia illucens) as fish meal substitute – Growth performance and chitin degradation in juvenile turbot (Psetta maxima), *Aquaculture*, 2012, pp. 345–352.
5. Sogari G., Amato M., Biasato I., Chiesa S., Gasco L., The potential role of insects as feed: A multi-perspective review, *Animals*, 2019, No. 9, pp. 119.

6. Marcev A.A., Podolec A.A., *Vladimirskij zemledelec*, 2017, No. 4(82), pp. 36–38. (In Russ.)
7. Gudilin I.I., Kondratov A.F. i dr., *Biotekhnologiya pererabotki organicheskih othodov i ekologiya* (Biotechnology of organic waste processing and ecology), Novosibirsk, 1999, pp. 392.
8. Sweetapple P., Barron M., Frass drop for monitoring relative abundance of large arboreal invertebrates in a New Zealand mixed beech forest, *New Zealand Journal of Ecology*, 2016, No. 40 (3), pp. 321–329.
9. Behie S.W., Bidochka M.J., Insects as a nitrogen source for plants, *Insects*, 2013, No. 4 (3), pp. 413–424.
10. Zhang Z., Elser J.J., Cease A.J., Zhang X., Yu Q., Han X., Zhang G., Grasshoppers regulate N: P stoichiometric homeostasis by changing phosphorus contents in their frass, *PLoS One*, 2014, No. 9 (8), pp. e103697.
11. Kagata H., Ohgushi T., Positive and negative impacts of insect frass quality on soil nitrogen availability and plant growth, *Population Ecology*, 2012, No. 54 (1), pp. 75–82.
12. Pernice M., Simpson S.J., Ponton F., Towards an integrated understanding of gut microbiota using insects as model systems, *J Insect Physiol*., 2014, No. 69, pp. 12–18.
13. Jang S., Kikuchi Y., Impact of the insect gut microbiota on ecology, evolution, and industry, *Curr Opin Insect Sci*, 2020, No. 41, pp. 33–39.
14. Bedin D.P., Tokarev B.C., Lisunova L.I., *Zookul'tura i biologicheskie resursy*, Mosk. s.-h. akad., Moscow, 2005, pp. 82–84. (In Russ.)
15. Elissen H., Schilder M., Postma J., van der Weide R., Disease suppression in cress and sugar beet seedlings with frass of the Black Soldier Fly (Hermetia illucens), *Wageningen: Wageningen Plant Research*, 2019, 23 p. (Report WPR; 816).
16. Tarakanov G.I., Borisov N.V., Klimov V.V., *Ovoshchevodstvo zashchishchennogo grunta* (Protected ground vegetable growing), Moscow: Kolos, 1982, pp. 303.
17. Zajcev V.P., Klimenko M.V., Bochkareva I.I., *Vestnik SGUGiT (Sibirskogo gosudarstvennogo universiteta geosistem i tekhnologij)*, 2016, No. 3 (35), pp. 211–218. (In Russ.)
18. Yildirim-Aksoy M., Eljack R., Beck B.H., Nutritional value of frass from black soldier fly larvae, Hermetia illucens, in a channel catfish, Ictalurus punctatus, diet, *Aquacult Nutr*, 2020, No. 26, pp. 812–819.
19. GOST 26488-85. *Pochvy. Opredelenie nitratov po metodu CINAO* (Soils. Determination of nitrates by the CINAO method), Moscow: Moskovskij pechatnik, 1986, 4 p. (In Russ.)
20. GOST R 58594-2019. *Pochvy. Metod opredeleniya obmennoj kislotnosti* (Soils. Method for determining exchangeable acidity), Moscow: Standartinform, 2019, 9 p. (In Russ.)
21. Privalova N.M., Procaj A.A., Litvinenko YU.F., Marchenko L.A, Pan'kov V.A., *Uspekhi sovremennogo estestvoznaniya*, 2006, No. 10, pp. 45–45. (In Russ.)
22. Petrov A.F., Galeev R.R., Gavrilec N.V. [i dr.], *Vestnik NGAU (Novosibirskij gosudarstvennyj agrarnyj universitet)*, 2023, No. 3, pp. 93–100. (In Russ.)
23. Sorokoletov O.N., Gudilin I.I., Bgatov A.V., Kunavin I.N., *Sovremennye naukoemkie tekhnologii*, 2005, No. 3, pp. 73–74; (In Russ.)
24. Pushkareva E.A., Koval' E.V., Lyashchev A.A. [i dr.], *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2023, No. 4(102), pp. 26–33. (In Russ.)
25. SHinkarev S.M., Aksenov A.V., Tarasov S.I., *Plodorodie*, 2008, No. 4, pp. 17–18. (In Russ.)
26. Tyslenko A.M., Tarasov S.I., *Sovremennye tendencii razvitiya nauki i tekhnologij*, 2015, No. 4-2, pp. 85–88. (In Russ.)