

ОРГАНОМИНЕРАЛЬНОЕ УДОБРЕНИЕ НА ОСНОВЕ ЗООКОМПОСТА ЛИЧИНОК МУХИ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ, ЦИТРОГИПСА И ПЫЛИ ОБЖИГОВЫХ ПЕЧЕЙ ЭЛЕКТРОФИЛЬТРОВ ЦЕМЕНТНОГО ПРОИЗВОДСТВА

**Е. А. Пендюрин, Ю. Е. Токач,
А. В. Святченко, П. И. Солнцев**

*ФГБОУ ВО «Белгородский государственный
технологический университет имени В. Г. Шухова»;
ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный
научный центр РАН», Белгород, Россия*

Ключевые слова: глауконитовая глина; зоокомпост личинки мухи Черная львинка (*Hermetia illucens*); органоминеральные удобрения; отходы цементного производства – пыль обжиговых печей электрофильтров; цитрогипс.

Аннотация: Представлены результаты по изучению эффективности органоминерального удобрения на основе зоокомпоста личинок мухи Черной львинки, в качестве минеральных компонентов использовались – гипсосодержащий отход (цитрогипс), глауконитовая глина и отходы цементного производства – пыль обжиговых печей электрофильтров.

Оценка эффективности удобрения проведена на томатах, путем изучения приживаемости рассады и показателей урожайности. Установлено, что внесение разработанного органоминерального удобрения в количестве 1...3 т/га способствует увеличению приживаемости рассады томатов на 16 %, ускорению созревания плодов – на 10 дней, увеличению урожайности – на 52 – 67 %.

Введение

Плодородие почв является частью агрофитоценозов, способное снабжать растения благоприятными питательным, воздушным, водным, тепловым и фитосанитарным режимами. При постоянном использовании почв

Пендюрин Евгений Александрович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры промышленной экологии, e-mail: pendyurina@yandex.ru; Токач Юлия Егоровна – кандидат технических наук, доцент кафедры промышленной экологии; Святченко Анастасия Владимировна – старший преподаватель кафедры промышленной экологии, ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет имени В. Г. Шухова»; Солнцев Павел Иванович – кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий лабораторией защиты растений, ФГБНУ «Белгородский федеральный аграрный научный центр РАН», Белгород, Россия.

способность самообеспечить растения всеми необходимыми питательными веществами снижается, поэтому сохранение запасов органического вещества в сельскохозяйственных районах одна из наиболее актуальных проблем современного земледелия [1].

Внесение органоминеральных удобрений в последнее время сокращается и, как следствие, происходит снижение плодородия почв, и сокращение урожайности сельскохозяйственных культур. Обеспечение положительного баланса гумуса – одна из главных задач сельскохозяйственного землепользования. В решении данного вопроса органическим удобрениям принадлежит основополагающая роль [2, 3].

Снижение применения органоминеральных удобрений является серьезной проблемой современного агрокомплекса. По этой причине в землях сельскохозяйственного значения складывается отрицательный баланс питательных веществ. Потребность в удовлетворении бездефицитного баланса элементов питания обеспечивается внесением разработанного удобрения на 10 – 15 %. Вследствие этого происходит интенсивное уменьшение содержания гумуса, снижение запаса питательных элементов растений и деградация почвенного плодородия [4].

В современное время сохранение агросистем в стабильном состоянии и одновременная поддержка почвенного плодородия является еще одной важной задачей. Для ее решения требуется разработка технологий по использованию местных недорогих удобрений, обеспечивающие высокий экономический и агроэкологический эффект [5]. Сегодня удобрения представляют собой важное средство возврата, активный регулятор питания, круговорота и баланса биогенных элементов для растений, которые усиливают эффективность агроценозов и сохраняют экологическое равновесие в природе.

Органические удобрения являются источником образования органических веществ почв, которые в свою очередь оказывают действия на агрофизическую, биологическую, фитосанитарную, агроэкологическую функции почв, а также на режим минерального питания и количество органического вещества [6, 7].

Для того чтобы препятствовать последующей деградации черноземов, обязателен поиск альтернативных, более экономически выгодных источников органического вещества.

Предполагаемое решение данного вопроса возможно на основе использования новых видов органоминеральных удобрений на основе зоокомпоста личинки мухи Черной львинки (*Hermetia illucens*) с добавлением отходов местных производств лимонной кислоты цитрогипса и отходов цементного производства – пыли обжиговых печей электрофильтров [8]. Разработанные органоминеральные удобрения представляют собой новое поколение удобрений, основные питательные вещества в нем находятся в виде различных легкодоступных органоминеральных соединений. В качестве них выступают удобрения, которые содержат органическое вещество и связанные с ним адсорбционно минеральные и химические соединения. Такие удобрения создаются через оптимизацию технологии получения и широкого применения органоминеральных компостов, способных сохранять почвенное плодородие до 5 лет.

Источником легкоусвояемых форм питательных веществ для растений могут выступать органоминеральные комплексы, которые образуются в процессе производства при взаимодействии минеральных веществ органоминеральных удобрений с гуминовыми соединениями органических веществ. Производство органоминеральных удобрений в сельском хозяйстве имеет большое будущее.

Таким образом, при анализе литературы установлено, что целостных исследований по влиянию органоминеральных удобрений на сельскохозяйственные культуры немного, которые были бы подкреплены экспериментальными данными. Ввиду фрагментарного характера исследований в данной области, изучение эффективности новых форм органоминеральных удобрений на разные сельскохозяйственные культуры является актуальным направлением исследований.

Цель работы – оценка агрономического потенциала органоминерального удобрения на основе компоста личинок мухи Черной львинки с добавлением отходов местных производств лимонной кислоты цитрогипса и отходов цементного производства – пыли обжиговых печей электрофильтров. Для достижения поставленной цели в период с мая по сентябрь 2021 года проведена первичная проверка разработанных органоминеральных удобрений в мелкоделяночном полевом опыте с использованием томатов.

Материалы и методы исследований

Способ получения комплексного органоминерального удобрения представлен в работах [9, 10]. Недостатками данных составов комплексного органоминерального удобрения является обязательное использование дорогостоящих минеральных удобрений и микроэлементов, длительность предварительной подготовки органических компонентов, входящих в состав органоминерального удобрения, а также слишком трудоемкий, сложный и энергетически затратный способ их производства. Изобретение направлено на создание нового органоминерального удобрения, расширяющего ассортимент органоминеральных удобрений, с высокими показателями качества, которые обеспечивают стабильно высокие урожаи.

Это достигается тем, что органоминеральное удобрение содержит зоокомпост личинки мухи Черной львинки, глауконитовую глину, отходы производства лимонной кислоты – цитрогипс, отходы цементного производства – пыль обжиговых печей электрофильтров при следующем содержании компонентов, масс. %: зоокомпост личинки мухи Черной львинки – 55...75, глауконитовая глина – 5...15, цитрогипс – 10...30, отход цементного производства – пыль обжиговых печей электрофильтров – 5 – 10 [11]. В целях соответствия условиям использования в качестве органоминеральных удобрений отдельные компоненты органоминерального удобрения и разработанные образцы органоминеральных удобрений исследовали воздушно-тепловым, спектрофотометрическим, потенциометрическим, титриметрическим, кондуктометрическим методами.

Результаты и обсуждения

Зоокомпост личинки мухи Черной львинки – органическая часть органо-минерального удобрения, представлен переработанными личинками мухи Черной львинки (рис. 1, 2).

Для получения зоокомпоста использовались измельченные опилки, некондиционные пищевые продукты торговых сетей, некондиционное зерно. Перед использованием органические отходы освобождались от упаковки, при необходимости предварительно измельчались до однородной гомогенной массы. В полученную гомогенную массу вносили подросших в инкубаторе личинок, поедающих в течение нескольких дней данный субстрат. После поедания субстрата с помощью просеивания происходило отделение личинок из переработанных органических отходов. Эти переработанные отходы используются в качестве органического компонента в органо-минеральном удобрении (см. рис. 1). Химический состав зоокомпоста личинок мухи Черной львинки следующий, %: N – 2–3; P₂O₅ – 1 – 3; K₂O – 1 – 3; C – 15 – 45; зола – 5–6; микроэлементы – 1 – 6; CaO – 0,7 – 2; MgO – 0,3 – 0,5; H₂O – 20 – 50.

Визуальная оценка роста микроскопических культур на питательных средах выявили присутствие в составе микробиоценоза зоокомпоста личинок *Hermetia illucens* представителей всех видов микроорганизмов. Проведенные расчеты показали, что в 1 г сухого компоста содержится: до $(52...70) \cdot 10^7$ бактериальных КОЕ, свыше $(19...21) \cdot 10^7$ КОЕ дрожжевых и грибных культур.

Глауконитовая глина – минерал, обладающий рядом уникальных ионообменных и молекулярно-сорбционных свойств. За счет наличия в составе большого количества оксида калия и возможности изменять технологические показатели минерала путем химической и структурной модификаций, данная глина может применяться в производстве органо-минерального удобрения. Химический состав глауконитовой глины, %: SiO₂ – 47 – 52; Al₂O₃ – 5,5 – 23; Fe₂O₃ – 6,1 – 23,6; FeO – 0,8 – 8,6; MgO – 2,4 – 4,5; K₂O – 4,4 – 9,4; Na₂O – 0,0 – 3,5; H₂O – 4,9 – 13,5.

Цитрогипс – это отход производства лимонной кислоты. Он содержит необходимые для жизнедеятельности растений элементы, такие как S, Si и Ca, Mg, которые хорошо сочетаются с органической составляющей



Рис. 1. Биопереработка органических отходов



Рис. 2. Зоокомпост мухи Черной львинки

органоминеральных удобрений и усиливают их эффективность. Химический состав цитрогипса, %: SiO_2 – 0,2 – 1,7; SO_3 – 38,3 – 45,5; CaO – 29,7 – 32,6; MgO – 0,1 – 0,4; R_2O – 0,3 – 1,2; потери при прокаливании – 22,0 – 28,4.

Отход цементного производства – пыль обжиговых печей электрофильтров имеет следующий химический состав, масс. %: Fe_2O_3 – 6,4 – 7,1; CaO – 44 – 53,5; SiO_2 – 14,3; Al_2O_3 – 1,3 – 6,2; MgO – 0,5 – 6,3; K_2O – 5,3; Na_2O – 0,3; SO_3 – 2,3; хлориды – 2,3 – 2,6; потери при прокаливании – 4,8 – 6,0. Пыль электрофильтров обжиговых печей цементного производства, например, ЗАО «Белгородский цемент», в основном представлена оксидами кальция 45 – 54 %, кремния 15 %, калия 6 %, железа 6–7 %. Эти элементы необходимы для роста и развития растений.

Условием приготовления органоминерального удобрения является измельчение, механическое перемешивание исходных компонентов с последующей грануляцией. Приготовленные составы органоминерального удобрения представлены в табл. 1.

Глауконитовую глину смешивали с цитрогипсом, отходом цементного производства – пылью обжиговых печей электрофильтров и зоокомпостом в лопастной мешалке в течение 5...7 минут. При необходимости предварительно измельчали в валковой дробилке в течение 3...5 минут. Затем полученную смесь гранулировали в экструдере (рис. 3).

Таблица 1

Компонентный состав органоминерального удобрения, %

Состав	Глауконитовая глина	Пыль обжиговых печей электрофильтров	Цитрогипс	Зоокомпост личинок мухи Черной львинки
1	5	5	15	75
2	10	10	10	70
3	15	10	20	55
4	5	10	25	60
5	10	5	30	55
6	15	5	20	60



Рис. 3. Пример органоминерального удобрения

Первичные качественные характеристики полученных органоминеральных удобрений оценивали в полевом мелкоделяночном опыте. Органоминеральное удобрение вносили в почву осенью в дозе 1...3 т на га, равномерно распределяли по поверхности делянки, заделывая его на глубину 15...25 см штыковой лопатой, размер делянки составлял 1 м². Почва опытного участка представляет собой чернозем типичный среднемощный, малогумусный. В подготовленные экспериментальные делянки во второй декаде мая высаживали рассаду томатов.

Статистический анализ обработки выборки полученных данных организованного повторения осуществлялся с помощью программы NIRSMAIN.EXE.

Климатические условия выращивания томатов в 2021 году характеризуются как относительно благоприятные. Май по показателям среднеголетних данных был нормальным по температуре и дождливым дням, июнь, июль и август – теплее нормы на 2,5...3,2 ° и не обеспечены влагой от среднеголетней нормы, что существенно сказалось на развитии растений табл. 2. Влияние удобрений на рассаду томатов оценивали по ее приживаемости (табл. 3). Отмечено, что органоминеральные удобрения влияют на приживаемость растений томатов в природных условиях, увеличивая ее на 16 %.

Таблица 2

Климатические характеристики развития томатов за 2021 г.

Месяц	Среднемесячная температура, °С	Норма	Отклонение +/-	Сумма осадков, мм	Норма	в % к норме
Май	14,6	14,6	–	69,6	47	148
Июнь	20,4	17,9	2,5	77,7	63	123
Июль	23,1	19,9	3,2	24	69	34,7
Август	21,8	18,8	3,0	51,8	56	92,5
Сентябрь	10,6	13,4	2,8	26,2	40	65,5

Таблица 3

Влияние органоминеральных удобрений на величину приживаемости томатов, %

Повторность эксперимента	Приживаемость томатов, %				Отклонение от контроля
	Дозы органоминерального удобрения, т/га			Без внесения удобрений (контроль)	
	1	2	3		
1	100			75	+16
2				100	
3				76	
Среднее значение	100			84	+16

Примечание. Отклонение от контроля берется по среднему значению. Критерий при наименьшей существенной разности (НСР) 95 % – 11,85.

Томаты на опытных делянках выращивали с мая по сентябрь 2021 г. без полива и дополнительной подкормки другими удобрениями. В целях влияния органоминеральных удобрений на рост и развитие растений томатов определяли их продуктивность и пораженность болезнями.

Первое созревание плодов томатов отмечено на делянках с внесением предлагаемых органоминеральных удобрений 24 июля, на контрольном варианте первый урожай зрелого томата собран 3 августа, на 10 дней позже. Следовательно, разработанное органоминеральное удобрение положительно влияет на созревания плодов томатов (ускоряет созревание на 7 дней). Плоды томатов собирали по мере созревания в среднем 1 раз в 2–3 дня, масса плода колебалась в пределах 19,75...96,04 г.

В целях изучения влияния разработанного органоминерального удобрения на плодообразование томатов проводили подсчет их количества с одного растения. На контрольном варианте было собрано 14 плодов томатов с одного растения, при внесении разработанного органоминерального удобрения на основе зоокомпоста личинки мухи Черной львинки количество плодов увеличивалось с 6 до 9 штук (табл. 4). Наибольшее количество томатов получено при внесении органоминерального удобрения в количестве 3 т на 1 га.

В целях изучения влияния органоминерального удобрения на урожай исследовались показатели урожайности одного растения и средний урожай плодов томатов с делянки (табл. 5). Анализ данных показывает, что внесение органоминерального удобрения положительно влияет на урожай томатов, увеличивая среднюю урожайность. Следует отметить, что максимальная прибавка урожая получена при внесении тройной дозы органоминерального удобрения (3 т на 1 га).

Последний сбор томатов проходил 17 сентября. Анализируя данные урожайности с учетной площади делянки, можно сделать вывод, что прибавка урожая по отношению к контролю находилась в диапазоне 1,760...2,240 кг, что составляет 67 %. Наибольшая прибавка урожая отмечена на опытных делянках с дозой 3 т органоминерального удобрения.

Таблица 4

**Влияние органоминерального удобрения
на количественные показатели плодов томатов**

Повторность эксперимента	Количество томатов, шт./1 растение				
	Дозы органоминерального удобрения, т/га			Без внесения удобрений (контроль)	Отклонение от контроля
	1	2	3		
1	22	23	22	15	+6
2	20	19	23	13	+7
3	22	20	25	14	+9
Среднее значение	21	21	23	14	–

Примечание. Отклонение от контроля берется по среднему значению. НСР 95 % – 4,26.

Таблица 5

Урожайность томатов, кг

Повторность эксперимента	Масса томатов, кг				
	Дозы органоминерального удобрения, т/га			Без внесения удобрений (контроль)	Отклонение от контроля
	1	2	3		
1	5,280	5,520	5,280	3,600	+1,760
2	4,800	4,560	5,520	3,120	+1,770
3	5,280	5,300	6,000	3,360	+2,240
Среднее значение	5,120	5,130	5,600	3,360	–

Примечание. Отклонение от контроля берется по среднему значению. НСР 95 % – 1,28.

Исследования показали, что при внесении разработанных составов органоминерального удобрения в почву, урожайность значительно растет и превосходит показатели контрольных образцов почв без удобрений. Исследования показали, что при внесении разработанных составов органоминерального удобрения в почву, урожайность томатов значительно возрастает по сравнению с показателями сбора с контрольных образцов почв без удобрений. Таким образом, удобрения могут быть использованы для выращивания растений в производственных условиях.

Созданное органоминеральное удобрение способствует созданию мало- и безотходных технологий вследствие повторного вовлечения отходов промышленности в технологический цикл, дополнительно снижая при этом вредное воздействие на окружающую среду посредством исключения хранения отходов на специальных выделенных площадках.

Заключение

В последнее время происходит заметное снижение количества применения минеральных и органических удобрений, что приводит к отрицательному балансу основных элементов питания в почвах. Устойчивое развитие сельского хозяйства невозможно без применения эффективных органоминеральных удобрений. Наиболее перспективными с этой точки зрения являются органоминеральные удобрения, использование которых, в некоторых случаях, поможет решить весь комплекс проблем, за счет присутствия в их составе следующих компонентов: зоокомпоста личинки мухи Черной львинки, глауконитовой глины, отходов производства лимонной кислоты – цитрогипса, отходов мокрой магнитной сепарации. Созданное органоминеральное удобрение способствует созданию мало- и безотходных технологий за счет повторного вовлечения отходов промышленности в технологический цикл, дополнительно снижая при этом вредное воздействие на окружающую среду за счет исключения хранения отходов на специальных выделенных площадках.

В ходе исследования установлено, что внесение разработанного органоминерального удобрения в количестве 1...3 т/га способствует увеличению приживаемости рассады томатов на 16 %, ускорению созревания плодов – на 10 дней, увеличению урожайности – на 52 – 67 %

Список литературы

1. Ягодин, Б. А. Агрохимия / Б. А. Ягодин, Ю. П. Жуков, В. И. Кобзаренко ; под ред. Б. А. Ягодина. – М. : Колос, 2002. – 584 с.
2. Экология применения органических удобрений / В. Г. Сычев, О. А. Соколов, А. А. Завалин, И. Я. Шмырева. – М. : Всерос. науч.-исслед. ин-т агрохимии им. Д. Н. Прянишникова, 2017. – 336 с.
3. Оценка пригодности техногенных грунтов для рекультивации нарушенных территорий / Е. А. Пендюрин, Л. М. Смоленская, В. Г. Рыбин, С. Ю. Рыбина // Вестн. Белгородского гос. технол. ун-та им. В. Г. Шухова. – 2013. – № 3. – С. 151 – 153.
4. Мухина, С. В. Агрохимические и экологические аспекты применения удобрений на черноземах Юго-Востока ЦЧЗ : автореф. дис. ... д-ра с.-х. наук : 06.01.04 / С. В. Мухина. – Воронеж, 2006. – 41 с.
5. Высокоэффективная биоконверсия органических субстратов личинками Черной Львинки (*Hermetia illucens*) / А. И. Бастраков, А. А. Загоринский, А. А. Козлова, Н. А. Ушакова // Биотехнология и качество жизни : материалы Междунар. науч.-практ. конф., 18 – 20 марта 2014 г., Москва. – М., 2014. – С. 418–419.
6. Еськов, А. И. Новые виды органических, органоминеральных удобрений и биокомпостов / А. И. Еськов, С. М. Лукин, С. И. Тарасов // Плодородие. – 2006. – № 5 (23). – С. 20 – 23.
7. Pendyurin, E. A. Research of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Maggots Zoocompost's Influence on Soil Fertility / E. A. Pendyurin, S. Y. Rybina, L. M. Smolenskaya // Lecture Notes in Civil Engineering. – 2021. – Vol. 147. – P. 42 – 49. doi: 10.1007/978-3-030-68984-1_7
8. Пендюрин, Е. А. Использование зоокомпоста культивирования личинок мухи Черная Львинка (*Hermetia illucens*) при выращивании огурцов / Е. А. Пендюрин, Л. М. Смоленская, А. В. Святченко // Вестник аграрной науки. – 2021. – № 1 (88). – С. 56 – 62. doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.1.56
9. Заявка на изобретение 2002108155 Российская Федерация, МПК C05F 3/00. Комплексное органоминеральное удобрение и способ его приготовления / Л. Я. Полянинов. – № 2002108155/12 ; заявл. 01.04.2002 ; опубл. 20.03. 2004.
10. Пат. 2426712 Российская Федерация, МПК C05F 3/00. Способ производства органоминерального удобрения / И. С. Белюченко, Е. П. Добрыднев, В. Н. Гукалов, О. А. Мельник, Л. Н. Ткаченко ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВПО «Кубанский государственный аграрный университет». – № 2010101440/21 ; заявл. 18.01.2010 ; опубл. 20.08. 2011, Бюл. № 23. – 5 с.
11. Пат. 2775279 Российская Федерация, МПК C05F 17/05, C05D 1/00, C05D 3/00, C05D 9/02, C05G 1/00. Органоминеральное удобрение на основе зоокомпоста личинки мухи Черной львинки / Е. А. Пендюрин, С. В. Свергузова, И. В. Старостина, А. В. Святченко ; заявитель и патентообладатель ФГБОУ ВО «Белгородский государственный технологический университет им. В. Г. Шухова». – № 2021134154 ; заявл. 23.11.2021 ; опубл. 29.06.2022, Бюл. № 19. – 11с.

References

1. Yagodin B.A. [Ed.], Zhukov Yu.P., Kobzarenko V.I. *Agrokhimiya* [Agrochemistry], Moscow: Kolos, 2002, 584 p. (In Russ.)
2. Sychev V.G., Sokolov O.A., Zavalin A.A., Shmyreva I.Ya. *Ekologiya primeneniya organicheskikh udobreniy* [Ecology of application of organic fertilizers], Moscow: Vserossiyskiy nauchno-issledovatel'skiy institut agrokhimii imeni D. N. Pryanishnikova, 2017, 336 p. (In Russ.)
3. Pendyurin Ye.A., Smolenskaya L.M., Rybin V.G., Rybina S.Yu. [Assessment of the suitability of technogenic soils for the reclamation of disturbed territories], *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V. G. Shukhova* [Bulletin of the Belgorod State Technological University. V. G. Shukhov], 2013, no. 3, pp. 151-153. (In Russ.)

4. Mukhina S.V. *Extended abstract of Doctor's of agricultural sciences thesis*, Voronezh, 2006, 41 p. (In Russ.)
5. Bastrakov A.I., Zagorinskiy A.A., Kozlova A.A., Ushakova N.A. *Biotehnologiya i kachestvo zhizni* [Biotechnology and quality of life], Proceedings of the International Scientific and Practical Conference, 18 - 20 March, 2014, Moscow, 2014, pp. 418-419. (In Russ.)
6. Yes'kov A.I., Lukin S.M., Tarasov S.I. [New types of organic, organomineral fertilizers and biocomposts], *Plodorodiye* [Fertility], 2006, no. 5 (23), pp. 20-23. (In Russ.)
7. Pandyurin E.A., Rybina S.Y., Smolenskaya L.M. Research of Black Soldier Fly (*Hermetia illucens*) Maggots Zoocompost's Influence on Soil Fertility, *Lecture Notes in Civil Engineering*, 2021, vol. 147, pp. 42-49, doi: 10.1007/978-3-030-68984-1_7
8. Pandyurin Ye.A., Smolenskaya L.M., Svyatchenko A.V. [The use of zoocompost for the cultivation of larvae of the Black Lion fly (*Hermetia illucens*) in growing cucumbers], *Vestnik agrarnoy nauki* [Bulletin of Agrarian Science], 2021, no. 1 (88), pp. 56-62, doi: 10.17238/issn2587-666X.2021.1.56 (In Russ., abstract in Eng.)
9. Polyaniyev L.Ya. *Kompleksnoye organomineral'noye udobreniye i sposob yego prigotovleniya* [Complex organomineral fertilizer and method of its preparation], Russian Federation, 2004, Application for invention 2002108155. (In Russ.)
10. Belyuchenko I.S., Dobrydnev Ye.P., Gukalov V.N., Mel'nik O.A., Tkachenko L.N. *Sposob proizvodstva organomineral'nogo udobreniya* [Method for the production of organomineral fertilizer], Russian Federation, 2011, Patent 2426712. (In Russ.)
11. Pandyurin Ye.A., Sverguzova S.V., Starostina I.V., Svyatchenko A.V. *Organomineral'noye udobreniye na osnove zoo-komposta lichinki mukhi Chernoy l'vinki* [Organo-mineral fertilizer based on zoo-compost of the Black Lion fly larvae], Russian Federation, 2022, Patent 2775279 (In Russ.)

Organomineral Fertilizer Based on Zoocompost of the Black Lion Fly Larvae, Citrogypsum and Dust from Electric Filter Kilns of Cement Production

E. A. Pandyurin, Yu. E. Tokach, A. V. Svyatchenko, P. I. Solntsev

*Belgorod State Technological University named after V. G. Shukhov;
Belgorod Federal Agrarian Scientific Center of the Russian Academy
of Sciences, Belgorod, Russia*

Keywords: glauconite clay; zoocompost of fly larvae Black soldier fly (*Hermetia illucens*); organomineral fertilizers; cement production waste - dust from kilns of electro-filters; citrogypsum.

Abstract: The paper presents the results of the study of the effectiveness of organomineral fertilizer based on the zoocompost of Black Lion fly larvae; gypsum-containing waste (citrogypsum), glauconite clay and cement production waste - dust from electric filter kilns were used as mineral components.

Evaluation of the effectiveness of the fertilizer was carried out on tomatoes, by studying the survival rate of seedlings and yield indicators. It has been established that the application of the developed organomineral fertilizer in the amount of 1...3 t/ha contributes to an increase in the survival rate of tomato seedlings by 16 %, acceleration of fruit ripening - by 10 days, and an increase in yield - by 52 - 67 %.

© Е. А. Пендюрин, Ю. Е. Токач,
А. В. Святченко, П. И. Солнцев, 2022