

ВОЗМОЖНОСТИ БИОКОНВЕРСИИ ВЕГЕТАТИВНОЙ МАССЫ БОРЩЕВИКА СОСНОВСКОГО ЛИЧИНКАМИ ЧЕРНОЙ ЛЬВИНКИ

Резюме. Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi*) представляет собой масштабную экологическую угрозу. Традиционные методы борьбы не обеспечивают долгосрочного результата, в связи с этим требуется разработка технологий утилизации биомассы. Целью данной работы было изучение принципиальной возможности использования вегетативной массы борщевика Сосновского (БС) в качестве субстрата для выращивания личинок черной львинки (*Hermetia illucens*). Эксперимент проводился на базе ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста в 2024–2025 гг. Использовались 6-суточные личинки ($n=3000$ на группу). Сформированы три группы: контроль (10 — пшеничные отруби), смешанный рацион (2ОБС — 50% БС + 50% отрубей) и монодиета (3БС — 100% БС). Оценивались выживаемость, среднесуточный прирост (ССП), масса особи и биоконверсия. Статистическая обработка проводилась методом ANOVA. Наилучшие показатели зафиксированы в группе 2ОБС. Срок развития сократился до 10 дней (против 12 в контроле), выживаемость составила 96%, а СПП достиг максимума — 11,71 мг/сут (+26% к контролю, $p<0,05$). Биоконверсия по СВ в этой группе также была наивысшей (13,07%). Группа 3БС показала низкую жизнеспособность (76%) и замедленный рост (ССП 2,35 мг/сут) из-за дефицита сухого вещества (84,7 г против 227–369 г в других группах) и токсичности фурокумаринов. Таким образом, исследование показало, что использование чистого борщевика в качестве кормового субстрата не является эффективным. Однако комбинирование его с традиционными кормами в пропорции 1:1 создает синергетический эффект, повышая скорость роста личинок и эффективность переработки органики. Ключевым ограничением остается необходимость дальнейшего изучения безопасности конечного продукта на предмет содержания остаточных токсинов.

Ключевые слова: борщевик Сосновского, личинки черной львинки, биоконверсия, биомасса, зоокомпост.

POTENTIAL FOR BIOCONVERSION OF HERACLEUM SOSNOVSKYI VEGETATIVE MASS BY BLACK SOLDIER FLY LARVAE

Abstract. *Heracleum sosnowskyi* represents a large-scale ecological threat. Traditional control methods fail to provide long-term results, necessitating the development of technologies for biomass utilization. The aim was to study the feasibility of using the vegetative mass of *Heracleum sosnowskyi* as a substrate for rearing Black Soldier Fly larvae (*Hermetia illucens*). The experiment was conducted at the Federal Research Center for Animal Husbandry named after L.K. Ernst in 2024–2025. Six-day-old larvae were used ($n=3000$ per group). Three dietary groups were formed: Control (10 — wheat bran), mixed diet (2OBS - 50% *Heracleum sosnowskyi* + 50% bran), and monodiet (3BS - 100% *Heracleum sosnowskyi*). Survival rate, average daily gain (ADG), individual weight, and bioconversion efficiency were evaluated. Statistical processing was performed using ANOVA. The best performance indicators were recorded in group 2OBS. The development period shortened to 10 days (compared to 12 days in the control), survival reached 96%, and ADG peaked at 11.71 mg/day (+26% compared to the control, $p<0.05$). Bioconversion on a dry matter basis in this group was also the highest (13.07%). Group 3BS showed low viability (76%) and retarded growth (ADG 2.35 mg/day) due to dry matter deficiency (84.7 g versus 227–369 g in other groups) and the toxicity of furocoumarins. Thus, the study revealed limitations in using pure hogweed as a feed substrate. However, combining it with traditional feeds in a 1:1 ratio creates a synergistic effect, increasing larval growth rates and organic recycling efficiency. A key limitation remains the need for further safety assessment of the final product regarding residual toxins content.

Key words: *Heracleum sosnowskyi*, black soldier fly larvae, bioconversion, biomass, zoocompost (larval frass).

УДК 631.879.2:595.77

Научная статья

DOI 10.69539/2413-287X-2026-09-3-284

**АЛЕКСЕЙ ИВАНОВИЧ
БУТЕНКО¹,**

ведущий специалист
ORCID: 0000-0002-2729-389X
E-mail: hugo_st@inbox.ru

**РОМАН ВЛАДИМИРОВИЧ
НЕКРАСОВ²,**

доктор сельскохозяйственных наук,
профессор РАН, директор
ORCID: 0000-0003-4242-2239
E-mail: nek_roman@mail.ru

¹ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста

142132, Московская область,
г.о. Подольск, пос. Дубровицы, 60

²ВНИИФБиП — филиал ФГБНУ
ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста

249013, Калужская область, г. Боровск,
пос. Институт

Поступила в редакцию:
06.08.2026
Одобрена после рецензирования:
18.08.2026
Принята в публикацию:
11.08.2026

Работа выполнена при финансовой поддержке
Минобрнауки №124020200032-4.

UDC 631.879.2:595.77

Research article

DOI 10.69539/2413-287X-2026-09-3-284

ALEXEY I. BUTENKO¹,

Leading Specialist
ORCID: 0000-0002-2729-389X
E-mail: hugo_st@inbox.ru

ROMAN V. NEKRASOV²,

Doctor of Agricultural Sciences,
Professor of the Russian Academy
of Sciences, Director
ORCID: 0000-0003-4242-2239
E-mail: nek_roman@mail.ru

¹L.K. Ernst Federal Research Center
for Animal Husbandry

142132, Moscow Region, Podolsk, Dubrovitsy, 60

²All-Russia Research Institute of Animal
Physiology, Biochemistry, and Nutrition —
Branch of the Federal Science Center for
Animal Husbandry named after Academy
Member L.K. Ernst
249013, Borovsk, s. Institute

Received by editor office:
08.06.2026
Approved in revised:
08.18.2026
Accepted for publication:
08.11.2026

This work was supported
by the Ministry of Science and Higher Education
(Grant No. 124020200032-4).



Борщевик Сосновского (*Heracleum sosnowskyi Manden*) классифицируется как инвазивный рудеральный вид, однако исторически он рассматривался в агрономии как перспективная силосная культура. Согласно данным химического анализа сухой вегетативной массы, содержание основных питательных веществ в этом растении составляет: протеин — 15–17%, липиды — 3–5%, безазотистые экстрактивные вещества — 18–20%, сырая клетчатка — 15–17% и зола — 10–12%. Биомасса также богата витаминами А и С [1].

Ключевым технологическим преимуществом данного растения является высокое содержание растворимых углеводов (сахаров), концентрация которых возрастает с 17% в фазе розетки листьев до 31% к началу цветения. Данный показатель обеспечивал эффективное молочнокислое брожение при заготовке силоса, что позволяло использовать борщевик в качестве углеводного компонента в смесях с трудносилосующимися бобовыми и иными культурами (клевер, мальвовые, горец Вейриха и др.) [2].

Многочисленные кумариновые соединения борщевика широко изучены и содержатся в различных его частях [3]. Так например, фурукумарины растениями борщевика накапливаются на ворсинках и листьях. Для кумаринов характерна высокая устойчивость лактонного кольца, которое не раскрывается даже при долгом кипячении в воде. При попадании на кожу эти вещества ослабляют ее устойчивость против ультрафиолетового излучения. После контакта с растением, особенно в солнечные дни, на коже может появиться сильный ожог 1–3 степени. Особая опасность заключается в том, что после прикосновения к растению поражение может проявиться не сразу, а через день–два. Сильные ожоги бывают очень болезненными и долго не заживают.

Усиленная экспансия этого вида объясняется наличием большого числа нарушенных экотопов, открытых для инвазии [4]. За последние годы борщевик Сосновского в нашей стране превратился из локальной проблемы в масштабную экологическую угрозу. По оценкам на 2024–2025 гг., площадь его произрастания составляет от 300 тысяч до почти 1 млн. га. Отмечается, что к наиболее изученным инвазивным видам растений в Европе относится также *Heracleum mantegazzianum* (борщевик Мантегацци) [5].

Можно выделить четыре основные группы методов борьбы с борщевиком Сосновского [4]:

1. Механические методы, основанные на физическом удалении или повреждении растения: выкапывание стеблекорня, подрезание цветоносов, скашивание, мульчирование и укрывание, вспашка и дискование;

2. Агротехнические методы, направленные на создание условий, невыгодных для борщевика, путем изменения растительного покрова: севооборот и интенсивное землепользование, конкурентные посевы, интенсивная культивация пропашных культур;

3. Химические методы, использование гербицидов различного механизма действия;

4. Биологические методы, поиск естественных врагов и возбудителей болезней: микогербициды, энтомофаги (насекомые-вредители).

Следует отметить, что ни один из методов по отдельности не дает долгосрочного результата. Единственным эффективным подходом является интегрированная система мер, включающая предварительное картирование территории, регулярный мониторинг и ежегодное комплексное применение механических, агротехнических и химических средств на протяжении нескольких лет.

Помимо перечисленных классических методов, современная наука и практика предлагают ряд дополнительных подходов. Они направлены на более глубокую переработку биомассы, то есть на превращение проблемы в ресурс. Вместо уничтожения растения его рассматривают как дешевое возобновляемое сырье для производства биогаза — анаэробное сбраживание зеленой массы борщевика позволяет получать биогаз (метан) для энергетики и высококачественные жидкие удобрения (дигестат) в качестве побочного продукта. Возможна также торфо- и углефикация: термическая обработка (пиролиз) сухой биомассы при высоких температурах без доступа кислорода превращает ее в биоуголь (биочар). Из стеблей борщевика получают технические волокна, близкие к тростнику, которые применяют для производства арболита (легкого бетона), прессованных плит и внутренних слоев упаковочного картона. При переработке борщевика вполне реально получение фурукумаринов и эфирных масел. Фурукумарины (например, бергаптен) используются для лечения кожных заболеваний (витилиго, псориаз), а эфирные масла — в косметологии [6].

В то же время, как отмечалось, борщевик Сосновского содержит относительно большое количество протеина, больше всего его содержится в листовых пластинках — 14,1–22,3%. В белке найдено 17 аминокислот, в том числе и незаменимые, среди них лизин, аргинин, треонин, лейцин, фенилаланин, триптофан и метионин. Много незаменимых аминокислот содержится в листьях и значительно меньше в стеблях и соцветиях. Борщевик богат и витаминами: каротином, аскорбиновой кислотой, витамином Е. В совокупности с высоким содержанием БЭВ, вегетативная масса растений может служить питательной средой для биопереработки. Утилизация с помощью личинок насекомых считается одним из наиболее эффективных методов извлечения ресурсов из органических отходов различного происхождения. В последние годы эффективным методом такой конверсии стало использование личинок черной львинки. Данная технология имеет ряд преимуществ перед традиционными методами, поскольку личинки производят безопасный зоокомпост и накапливают питательные вещества (белок, жир) в своем теле [7]. В этом контексте черная львинка может рассматриваться как ключевой инструмент рециклинга растительного сырья, которым вполне может стать скошенная зеленая масса борщевика Сосновского.



Рис. 1. Подготовка борщевика Сосновского к скармливанию
(1— сбор, 2— предварительное измельчение, 3— измельчение для скармливания)

Целью нашего исследования было изучение принципиальной возможности использования вегетативной массы борщевика Сосновского в составе кормового субстрата в технологии выращивания личинки черной львинки.

Эксперимент проводился на базе инсектария ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им Л.К. Эрнста в 2024–2025 гг. В качестве кормовых субстратов использованы отруби пшеничные, как базовый (контрольный) рацион кормления, и вегетативная масса борщевика Сосновского (БС). Биомасса растения (листья) была собрана на территории г.о. Подольск Московской области в августе 2024 года, промыта, высушена и измельчена перед скармливанием на электрической мельнице (AKITAJP MJ150B, Тайвань) (рис. 1).

При постановке на опыт использовали личинку черной львинки (популяция ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им Л.К. Эрнста) 6-суточного возраста. В каждой группе личинок было 3 повторности по 1000 личинок на каждую или 3000 личинок на группу. Кормление личинок подготовленным субстратом производилось однократно: в начале опыта 1 кг кормовой массы (по НВ) на каждый контейнер согласно схеме эксперимента (табл. 1).

Таблица 1. Схема проведения эксперимента

Группа	Личинок в группе	Характеристика кормления (в расчете на каждые 1000 личинок)
1О	1000 х3	Отруби пшеничные 400 г + вода до 1000 г
2ОБС	1000 х3	Отруби пшеничные 200 г + вегетативная зеленая масса БС 500 г + вода до 1000 г
3БС	1000 х3	Вегетативная зеленая масса БС 1000 г

Согласно схеме опыта, личинкам группы 1О скармливали отруби пшеничные, предварительно размешанные с водой, из расчета 400 г сухих отрубей (или 1 кг влажной мешанки) на 1000 личинок. В рационе группы 2ОБС отруби пшеничные 200 г смешивали в той же пропорции с

водой (до 500 г), добавляли измельченную зеленую массу БС в количестве 500 г. Личинкам группы 3БС скармливали измельченную вегетативную массу борщевика в количестве 1000 г на 1000 личинок. Дозирование кормовых субстратов в контейнеры проводили вручную с помощью лабораторных весов (Taylor model 3842, Китай).

Личинки в возрасте 6 дней, предварительно просеянные по размеру, помещались в каждую повторность (пластиковый контейнер) по массе в количестве 1000 личинок на 1 кг кормового субстрата комнатной температуры. Количество личинок определялось путем ручного пересчета, а их общая масса — на лабораторных весах.

Скорость роста личинок характеризовалась количеством дней, затраченных на рост и набор живой массы. Окончанием эксперимента считалось появление предкуколок (почернение единичных личинок в общей массе) среди личинок каждого опытного контейнера.

После завершения опыта личинка была просеяна на сите с ячейкой 4 мм для отделения ее от зоокомпоста. Живая личинка и зоокомпост взвешивались отдельно для определения выхода биомассы. В конце выращивания пробы зоокомпоста и личинки высушивались в дегидраторе (Abat ШС-32-2В-01, Россия) при температуре 70°C в течение 24 часов для определения биоконверсии по сухому веществу. Биоконверсия корма личинками определялась отношением их полученной биомассы к массе корма (на натуральное и сухое вещество, соответственно).

На основе полученных результатов были рассчитаны средние значения всех показателей по каждой группе личинок в начале опыта и в последующее взвешивание, найдены средние значения прироста биомассы и биоконверсия корма. Полученные данные обрабатывали биометрически с использованием однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA) в программе STATISTICA 13 RU («StatSoft, Inc.», США). Вычисляли среднеарифметические значения (M), среднеквадратическую ошибку ($\pm SEM$) и уровень значимости (p). Результаты эксперимента представлены в таблице 2.



Рис. 2. Опытные группы личинок и кормовых субстратов

(1 — группа 10, 2 — группа 20BC, 3 — группа 3BC)

Переработка вегетативной массы борщевика Сосновского личинками черной львинки (*Hermetia illucens*) — одно из перспективных направлений в рамках концепции экономики замкнутого цикла. Технология позволяет преобразовать проблему распространения опасного инвазивного сорняка и утилизации отходов в хозяйственно-полезную задачу получения биомассы, богатой белком и липидами.

По сути, этот процесс представляет собой энтомокомпостирование (биоконверсию). Собранная зеленая масса борщевика измельчается, при необходимости смешивается с другими органическими субстратами для балансировки состава (например, с отрубями) и помещается в контейнеры. Личинки черной львинки обладают мощным ротовым аппаратом и специфической микрофлорой кишечника, что позволяет им эффективно разрушать даже грубую растительную клетчатку.

Личинки на стандартном рационе (отруби) достигли технологической зрелости за 12 дней. В смешанном рационе (20BC) развитие ускорилось до 10 дней, что является значимым улучшением эффективности цикла выращивания. В третьей группе (3BC) цикл развития растянулся до 24 дней. Скорее всего, борщевик содержит вещества, замедляющие метаболизм насекомых, но в смеси с традиционными кормами он выступил как катализатор роста, в том числе благодаря высокому содержанию сахаров и других необходимых для роста личинки нутриентов.

Наилучшая выживаемость зафиксирована в группе 20BC — сохранность составила 96% (958 шт. из 1000 шт.). В контроле (10) — 88%. Худший результат показала монодиета (3BC) — осталось лишь 76% особей ($P < 0,05$ к контролю). Предполагаем, что высокая концентрация фурукумаринов в борщевике токсична для части популяции,

Таблица 2. Основные результаты эксперимента, в среднем ($n = 3, M \pm SEM$)

Показатель	Группа								p-value
	10		20BC			3BC			
	M	SEM	M	SEM	p-value к контролю	M	SEM	p-value к контролю	
Количество дней выращивания	12	0	10	0	—	24	0	—	—
Масса заданного корма в НВ, г	1000	0	1000	0	—	1000	0	—	—
Масса заданного корма по СВ, г	369,2	0	227,0	0	—	84,7	0	—	—
Количество личинок в начале опыта, шт.	1000	0	1000	0	—	1000	0	—	—
Средняя масса особи в начале, мг	6,77	0	6,77	0	—	6,77	0	—	—
Количество особей в конце, шт.	881,33	39,35	958,33	10,37	0,13	758,33	41,99	0,10	0,016
Средняя масса особи в конце, мг	117,86	7,21	123,89	4,36	0,51	63,06	1,85	0,002	< 0,001
ССП, мг	9,26	0,60	11,71	0,44	0,03	2,35	0,08	< 0,001	< 0,001
Масса личинок в НВ, г	103,33	2,19	118,67	3,38	0,02	47,67	1,33	< 0,001	< 0,001
Биоконверсия по сырому веществу, %	10,33	0,22	11,87	0,34	0,02	4,77	0,13	< 0,001	< 0,001
Масса личинок по СВ, г	28,67	0,33	29,67	0,33	0,10	10,00	0,58	< 0,001	< 0,001
Биоконверсия по сухому веществу, %	7,76	0,09	13,07	0,15	< 0,001	11,81	0,68	0,004	< 0,001
% сухого вещества в личинках	27,75	0,28	25,03	0,45	0,01	20,95	0,76	0,001	< 0,001
Масса зоокомпоста по НВ, г	259,00	8,19	285,33	6,06	0,06	154,67	12,00	0,002	< 0,001
Масса зоокомпоста по СВ, г	125,33	4,84	63,00	1,15	< 0,001	34,33	0,33	< 0,001	< 0,001
% СВ в зоокомпосте	48,61	3,48	22,08	0,07	0,002	22,47	1,75	0,003	< 0,001



Рис. 3. Опытные группы личинок (заключительный период выращивания)
(1 — группа 10, 2 — группа 20БС, 3 — группа 3БС)

однако разбавление его традиционными кормами нейтрализовало этот негативный эффект. Вероятно, что низкое содержание питательных веществ (содержание 84,7 г СВ против 227,0–369,2 г), так и их доступность для потребления в группе 3БС в комплексе оказало негативный эффект на рост личинок и процесс биоконверсии в целом. В конце опыта в 10 группе средняя живая масса личинки составила 117,86 мг (ССП 9,26 мг/сут). Личинки группы 20БС оказались крупнее контрольных (+5%), а скорость их роста была максимальной ($P < 0,05$), 123,89 мг и 11,71 мг/сут., соответственно. Масса личинок группы 3БС оказалась почти вдвое меньше контроля ($P < 0,001$), рост оказался крайне медленным, 63,06 мг и 2,35 мг/сут. Таким образом, зеленая масса борщевика богата углеводами, необходимыми для энергии, но дефицитна по белку и минеральным веществам. Но в пропорции компонентов (отруби/борщевик) 50/50 был создан подходящий баланс для ускоренного наращивания биомассы насекомого.

Эффективность биоконверсии — ключевой показатель того, сколько граммов прироста биомассы личинок получается из 100 г потребляемого нативного и сухого вещества. По сухому веществу лучший КПД у группы 20БС — 13,07%. Это значительно выше контроля (7,76%) и чистого борщевика (11,81%). При этом самый высокий процент сухого вещества (и, соответственно, выхода белка и жира) в группе 10 — 27,75%. В группах с борщевиком личинки более водянистые (25,03% и 20,95%). При этом сушка личинок потребует больше энергозатрат из-за высокого начального содержания влаги. Следует отметить, что балансирование рациона кормления личинок борщевиком при достаточно высоком выходе биоконверсии по СВ, предполагает возможное использование борщевика с другими отходами различных производств, с высоким содержанием СВ.

Наибольший объем свежего зоокомпоста (субстрата после личинок) дали группы 20БС и 10 (285–259 г).

Однако в пересчете на сухое вещество лидером стал контроль (10 — 125 г), тогда как в группе 20БС осталось всего 63 г сухого остатка. Это означает, что личинки во второй группе наиболее эффективно переработали органические вещества практически без остатка, оставив минимум неперевариваемых волокон.

Таким образом, можно сделать выводы, что использование борщевика Сосновского в качестве единственного кормового субстрата (группа 3БС) неэффективно из-за высокой смертности, малого количества СВ, питательных веществ и их доступности. Однако комбинирование измельченной вегетативной массы борщевика в количестве 50% рациона (группа 20БС) дает синергетический эффект: сокращает срок выращивания, повышает массу особей и обеспечивает лучшую утилизацию сухого вещества корма по сравнению со стандартным рационом (отруби). Технология выращивания личинок позволяет одновременно получать высокобелковую биомассу (для дальнейшего использования в кормлении сельскохозяйственных животных) и зоогумус, одновременно решая проблему утилизации инвазивного растения.

Представленное исследование является первым пробным шагом по изучению эффективности биоконверсии борщевика Сосновского в биомассу личинок черной львинки. В то же время следует отметить наличие определенных ограничений в данном исследовании.

С учетом положительного результата группы 20БС дальнейшие эксперименты должны быть направлены на решение следующих проблем:

1. Отсутствие анализа безопасности конечного продукта (главное ограничение). Борщевик Сосновского богат фурукумаринами (бергаптен, ксантотоксин). Необходимо установить — накапливаются ли эти токсины в жировой ткани личинок, разрушаются ли они полностью и/или переходят в зоокомпост. Кормовые продукты из биомассы личинок

черной львинки могут оказаться непригодными из-за риска попадания фурукумаринов в пищевую цепь человека.

2. Содержание питательных веществ и их концентрация. Данные показывают значительную разницу в сухом веществе заданного корма: от 369 г (отруби) до 84,7 г (чистый борщевик) при одинаковой массе влажной кормовой смеси (1000 г). При скармливании слишком влажных субстратов внутри контейнера быстро падает уровень кислорода и растет концентрация аммиака. Это одна из причин самой

низкой выживаемости в группе ЗБС (758 особей), где содержание СВ было минимальным.

3. Вегетативная масса борщевика меняет свой химический состав в процессе вегетации. Поэтому необходимо продолжить исследования по изучению биоконверсии вегетативной массы, в том числе с учетом изменений ее питательности, количественного содержания фурукумаринов и перехода их в конечные продукты технологии (белок, жир, зоокомпост).

Литература/Literature

1. Вавилов, П. П. Растениеводство / П. П. Вавилов, В. В. Гриценко, В. С. Кузнецов и др.; Под ред. П. П. Вавилова. — 5-е изд., перераб. и доп. — М.: Агропромиздат, 1986. — 512 с.
2. Основы технологии сельскохозяйственного производства. Земледелие и растениеводство. Под ред. В. С. Никляева. — М.: «Былина», 2000. — 555 с.
3. Дерендяева, А. С. Краткий обзор состава метаболитов борщевика Сосновского / А. С. Дерендяева, З. В. Касьянов // Молодой ученый. — 2023. — №31(478). — С. 67–71.
4. Лунева, Н. Н. Борщевик Сосновского в России: современный статус и актуальность его скорейшего подавления / Н. Н. Лунева // Вестник защиты растений. — 2013. — №1. — С. 29–42.
5. Seebens, H. Biological invasions: a global assessment of geographic distributions, long-term trends, and data gaps / H. Seebens, L. A. Meyerson, D. M. Richardson, B. Lenzner, E. Tricarico et al. / Biol Rev Camb Philos Soc. — 2025. — 100(6): 2542–2583. — DOI: 10.1111/brev.70058.
6. Ткаченко, К. Г. Борщевик Сосновского: экологическая проблема или сельскохозяйственная культура будущего? (Обзор) / К. Г. Ткаченко, А. А. Краснов // Бюллетень Ботанического сада-института ДВО РАН. — 2018. — Вып. 20. — С. 1–22. — DOI: 10.17581/bbgi2002.
7. Liu, T. Black soldier fly larvae for organic manure recycling and its potential for a circular bioeconomy: A review / T. Liu, T. Klammersteiner, A. M. Dregulo, V. Kumar, Y. Zhou, Z. Zhang, M. K. Awasthi // Sci Total Environ. — 2022. — 10. — 833:155122. — DOI: 10.1016/j.scitotenv.2022.155122. ■