

Оригинальная научная статья  
УДК 633.16: 631.811.982: 631.445.2  
<https://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01>



## Влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве

Юлия Евгеньевна Гусева, Алексей Максимович Пронин,  
Галина Алексеевна Смолина

Российский государственный аграрный университет –  
МСХА имени К.А. Тимирязева, Москва, Россия

Автор, ответственный за переписку: Юлия Евгеньевна Гусева;  
[uguseva@rgau-msha.ru](mailto:uguseva@rgau-msha.ru)

### Аннотация

Кофейная гуща богата питательными веществами, содержит высокое количество белков, масел, волокон, фенольных и других соединений. Она может быть перспективным источником элементов питания для растений, улучшить водный, воздушный, тепловой режимы почв, повысить плодородие сельскохозяйственных угодий. Центральное место в структуре мирового и национального сельскохозяйственного производства занимает яровой ячмень, который является одной из ведущих зерновых культур с широким спектром применения в продовольственной, кормовой и технической сферах. Ячмень играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности, особенно в условиях роста мирового населения и изменения климата. В связи с этим целью исследований было в условиях вегетационных опытов установить влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. В результате проведенных исследований определено, что внесение кофейного жмыха в чистом виде оказывает отрицательное действие на рост и развитие ярового ячменя, причем фитотоксичность выщелоченного остатка кофейного напитка увеличивается с повышением норм его применения. Однако при совместном внесении кофейного жмыха и минеральных удобрений выход зерна сельскохозяйственной культуры увеличился в 1,9 раза по сравнению с применением отхода в чистом виде и не уступал урожаю основной продукции, полученному в варианте NPK. Внесение кофейного жмыха в чистом виде привело к снижению содержания и сбора сырого протеина основной продукцией зерновой культуры. Наиболее высокий сбор крахмала зафиксирован при совместном применении кофейного отхода и минерального удобрения, составив 8 г/сосуд, превысив контроль в 1,2 раза. Использование кофейного жмыха в чистом виде снижало сбор крахмала зерном ярового ячменя на 2,3-6,2 г/сосуд, или на 35,5-95,8% по отношению к контролю. Наибольший сбор жира основной продукцией сельскохозяйственной культуры отмечен при применении полного минерального удобрения и в варианте с добавлением к NPK кофейного жмыха, когда составил 211-212 г/сосуд, превышая контроль в 1,3 раза.

### Ключевые слова

кофе, жмых, кофейная гуща, удобрения, дерново-подзолистая почва, яровой ячмень, влияние кофейного жмыха на урожай

### Благодарности

Работа выполнена за счет средств Программы развития университета в рамках Программы стратегического академического лидерства «Приоритет-2030».

### Для цитирования

Гусева Ю.Е., Пронин А.М., Смолина Г.А. Влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя (*Hordeum vulgare* L.) при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве // *Тимирязевский биологический журнал*. 2025. Т. 3, № 2. С. 202532601. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01>



## Effect of coffee grounds on spring barley (*Hordeum vulgare* L.) yield on sod-podzolic medium loamy soil

Julia E. Guseva, Alexei M. Pronin, Galina A. Smolina

Russian State Agrarian University –  
Moscow Timiryazev Agricultural Academy, Moscow, Russia

Corresponding author: Julia E. Guseva; [uguseva@rgau-msha.ru](mailto:uguseva@rgau-msha.ru)

### Abstract

Coffee grounds are rich in nutrients, containing high levels of proteins, oils, fibers, phenolic compounds, and other beneficial substances. Coffee grounds can be a promising source of nutrients for plants, improving water, air, and thermal regimes in soils and increasing the fertility of agricultural lands. Spring barley holds a central place in global and national agricultural production, as it is a leading grain crop with diverse applications in food, animal feed, and industrial sectors. Barley plays a key role in ensuring food security, especially in the context of global population growth and climate change. Therefore, the goal of this research was to determine the effect of coffee grounds on the yield of Vakula spring barley grown on sod-podzolic medium loamy soil in vegetation experiments. Our studies have shown that applying pure coffee grounds has a negative effect on the growth and development of spring barley. The phytotoxicity of the leached coffee residue increased with higher application rates. However, when coffee grounds were applied in combination with mineral fertilizers, the grain yield increased 1.9-fold compared to the application of pure coffee grounds and was comparable to the yield obtained with the NPK fertilizer treatment. Applying pure coffee grounds decreased both the crude protein content and its total yield in the grain crop. The highest starch yield was observed with the combined application of coffee grounds and mineral fertilizer, reaching 8 g/vessel, which was 1.2 times greater than the control. Applying pure coffee grounds reduced the starch yield in spring barley grain by 2.3-6.2 g/vessel, or 35.5-95.8%, compared to the control. The highest fat yield was observed with complete mineral fertilizer and with the combined application of coffee grounds and NPK fertilizer, reaching 211-212 g/vessel, 1.3 times greater than the control.

### Keywords

Coffee, coffee puck, coffee grounds, fertilizers, sod-podzolic soil, spring barley, effect of coffee cake on the yield

### Acknowledgments

The work was carried out using funds from the University Development Program within the framework of the Strategic Academic Leadership Program “Priority 2030”.

### Conflict of interests

The authors declare no relevant conflict of interests.

### For citation

Guseva J.E., Pronin A.M., Smolina G.A. Effect of coffee grounds on spring barley (*Hordeum vulgare* L.) yield on sod-podzolic medium loamy soil. *Timiryazev Biological Journal*. 2025;3(2):202532601. <http://doi.org/10.26897/2949-4710-2025-3-2-6-01>

### Введение

#### Introduction

Ежегодно во всем мире выпивается более 500 млрд чашек кофе. При этом остается большое количество кофейного жмыха – отхода после экстракции кофейного напитка или масла из зерен, который является ценным материалом для сельского хозяйства. Кофейная гуща богата питательными веществами [1], содержит высокое количество белков, масел, волокон, фенольных и других соединений [2]. Она может быть перспективным источником элементов питания для растений, улучшить

водный, воздушный, тепловой режимы почв, повысить плодородие сельскохозяйственных угодий. Применение кофейного жмыха способствует активации микробиоценоза почвы, стимулирует деятельность азотфиксирующих и фосфатмобилизирующих бактерий – таких, как *Azotobacter* spp. и *Bacillus* spp., что увеличивает доступность питательных веществ для растений [3, 4]. Использование большого количества синтетических удобрений – проблема глобального масштаба ввиду их отрицательного действия на окружающую среду [5], поэтому необходимо найти эффективную замену химических удобрений. Применение кофейного

жмыха, который содержит высокое количество питательных веществ, может улучшить структуру почвы, ее плодородие, а также увеличить продуктивность возделываемых сельскохозяйственных культур [4, 6].

Центральное место в структуре мирового и национального сельскохозяйственного производства занимает яровой ячмень, который является одной из ведущих зерновых культур с широким спектром применения в продовольственной, кормовой и технической сферах [7]. Ячмень играет ключевую роль в обеспечении продовольственной безопасности, особенно в условиях роста мирового населения и изменения климата. Экономическое значение зерновой культуры усиливается ее экспортным потенциалом. Россия является одним из крупнейших экспортеров ячменя, поставляя его значительные объемы на рынки Ближнего Востока, Северной Африки и Азии.

**Цель исследований:** установить влияние кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве.

### Методика исследований

#### Research method

На кафедре агрономической, биологической химии и радиологии РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева были проведены два вегетационных опыта по изучению влияния разных доз кофейного жмыха, а также сочетания выщелоченного остатка кофейного напитка с минеральными удобрениями на продуктивность ярового ячменя сорта Вакула. Дерново-подзолистую среднесуглинистую почву отбирали с пахотного горизонта опытного поля РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. Агрохимическая характеристика почвы была следующей: содержание гумуса по Тюрину – 1,8% (ГОСТ 26213-2021);  $pH_{KCl}$  – 5,4 ед. (ГОСТ 26483-85);  $N_T$  – 1,8 ммоль-экв/100 г почвы (ГОСТ 26212-2021);  $S$  – 12,2 ммоль-экв/100 г почвы (ГОСТ 27821-2020);  $V$  – 87%; содержание подвижного фосфора – 353 мг/кг почвы, подвижного калия – 251 мг/кг почвы (по Кирсанову, ГОСТ Р 54650-2011).

Объектом исследований являлся яровой ячмень сорта Вакула. Это сорт универсального назначения, отличающийся высокой урожайностью и устойчивостью к полеганию.

Опыты проводили по общепринятым методикам в 4-кратной повторности. Растения ярового ячменя выращивали в сосудах Митчерлиха, вмещающих 5,2 кг почвы.

Схема первого опыта состояла из четырех вариантов: 1. Контроль (без удобрений). 2. NPK. 3. Кофейный жмых. 4.  $\frac{1}{2}$  NPK +  $\frac{1}{2}$  кофейного жмыха.

Дозы удобрений (г питательного вещества/кг почвы) в вегетационных опытах с почвенными культурами были взяты согласно рекомендациям для зерновых (по Журбицкому): 0,15 г N/кг; 0,10 г  $P_2O_5$ /кг; 0,10 г  $K_2O$ /кг [8]. Азот вносили в виде аммиачной селитры в дозе 0,454 г (150 мг N) на 1 кг почвы. Фосфорные удобрения применяли в виде монофосфата калия в дозе 0,192 г/кг почвы (100 мг  $P_2O_5$ /кг почвы). В качестве калийных удобрений использовали смесь монофосфата калия и хлористого калия из расчета 0,192 г  $KH_2PO_4$  и 0,05 г KCl (100 мг  $K_2O$ ) на 1 кг почвы. Содержание питательных веществ в кофейном жмыхе определяли после мокрого озоления: азота – по методу Кьельдаля, фосфора – по Е. Труогу и А. Мейеру, калия – пламенно-фотометрическим методом [8]; в кофейном жмыхе: N – 2,16%,  $P_2O_5$  – 0,1%,  $K_2O$  – 0,5%. С учетом 6 группы обеспеченности почвы подвижными формами фосфора и калия доза кофейного жмыха рассчитывалась по содержанию в нем азота. Содержание макроэлемента в кофейном жмыхе составляло 2,16%. Для внесения требуемого количества азота (0,15 г N/кг почвы) с отходом было необходимо 6,9 г кофейного жмыха на 1 кг почвы, при применении половины от полной нормы – 3,45 г/кг почвы.

Схема второго опыта состояла из 6 вариантов: контроля (без удобрений) и вариантов с применением кофейного жмыха в нормах 20 г/сосуд, 36, 60, 120 и 180 г/сосуд. В связи с недостаточностью данных дозы отхода на уровне низких значений были выбраны для определения оптимальной нормы кофейного жмыха для роста и развития ярового ячменя, на уровне высоких значений – для установления токсичного для культуры количества выщелоченного остатка кофейного напитка.

Посев ярового ячменя проводили сухими семенами в оптимальные для Московской области сроки. После появления всходов в каждом сосуде оставляли по 25 растений. Уборку урожая ярового ячменя проводили в августе при полной спелости зерна. Содержание общего азота в зерне и соломе ярового ячменя определяли после мокрого озоления по Кьельдалю [8]; содержание сырого протеина, крахмала, жира в основной продукции зерновой культуры устанавливали на анализаторе ИК-Фурье МРА II. Математическую обработку результатов проводили с помощью дисперсионного анализа [8].

### Результаты и их обсуждение

#### Results and discussion

Проведенные исследования показали, что применение кофейного жмыха влияет на урожай ярового ячменя сорта Вакула при возделывании на дерново-подзолистой среднесуглинистой почве. Результаты действия минеральных удобрений и кофейного жмыха на урожай зерновой культуры

и вынос азота растениями (опыт 1) представлены в таблице 1.

Полученные данные показывают четкую зависимость величины урожая ярового ячменя и применяемых удобрений. Наибольший выход зерна и соломы сельскохозяйственной культуры отмечен в варианте с внесением только минеральных удобрений. Так, урожай зерна в варианте NPK составляет 13,4 г/сосуд, соломы – 16,4 г/сосуд, что выше контроля на 23 и 87,5% соответственно. Применение кофейного жмыха в чистом виде оказывает отрицательное действие на рост и развитие зерновой культуры: урожай основной продукции – на 36,3% ниже контроля, соломы – на 27,4%. При совместном внесении кофейного жмыха и минеральных удобрений получен высокий урожай зерна, как и в варианте с применением только минеральных удобрений, причем соотношение зерна и соломы составляло 1,2:1, то есть урожайность зерна превосходила массу соломы в 1,2 раза.

При применении кофейного жмыха с низким содержанием  $P_2O_5$  в чистом виде зерновая культура испытывала недостаток фосфора, задерживался рост растений, снижался урожай ярового ячменя. Добавление к отходу минеральных удобрений улучшило фосфорное питание растений, позволило культуре более полно использовать азот и калий и из самого кофейного жмыха, в связи с чем выход зерна и соломы находился в данном варианте на достаточно высоком уровне. Также снизилась доза

вносимого кофейного отхода, а в связи с этим – и количество поступивших в почву кофеина, фенольных веществ, которые могут подавлять рост и развитие сельскохозяйственной культуры [9, 10].

Общий вынос азота растениями ярового ячменя сорта Вакула в первом опыте колебался от 108 до 437 мг/сосуд. Наибольшие значения выноса макроэлемента отмечены при внесении только минеральных удобрений, превышение контроля составляет 116%. В данном варианте отмечается высокое содержание азота в зерне и соломе ярового ячменя. Применение выщелоченного остатка кофейного напитка в чистом виде снижает содержание органического элемента питания в основной продукции на 21%, в побочной – на 9%, а также его вынос сельскохозяйственной культурой на 49 и 34% соответственно по сравнению с контролем. Совместное внесение кофейного жмыха и минеральных удобрений позволяет не только повысить урожай зерновой культуры, но и увеличить вынос азота растениями ярового ячменя на 23% по сравнению с вариантом без применения удобрений. При сочетании отхода изготовления кофе и минеральных удобрений также отмечается достоверное увеличение содержания азота в соломе зерновой культуры.

Результаты действия повышающихся доз кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула и вынос азота растениями (опыт 2) представлены в таблице 2.

Таблица 1

**Влияние минеральных удобрений и кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула, содержание и вынос азота растениями (опыт 1)**

Вариант опыта	Урожай, г/сосуд			Содержание азота, %		Вынос азота, мг/сосуд		
	зерно	солома	всего	зерно	солома	зерно	солома	всего
Контроль	10,9	8,7	19,6	1,50	0,45	163	39	202
NPK	13,4	16,4	29,8	2,48	0,64	332	105	437
Кофейный жмых	6,9	6,3	13,3	1,19	0,41	82	26	108
1/2 Кофейный жмых + 1/2 NPK	13,4	11,1	24,5	1,43	0,51	191	57	248
$HCp_{05}$	0,9	0,7	0,9	0,09	0,03	11	4	18

Table 1

**Effect of mineral fertilizers and coffee grounds on the yield of Vakula spring barley, nitrogen content and yield by plants (experiment 1)**

Experiment Option	Yield, g/vessel			Nitrogen content, %		Nitrogen yield, mg/vessel		
	corn	straw	total	corn	straw	corn	straw	total
Control	10.9	8.7	19.6	1.50	0.45	163	39	202
NPK	13.4	16.4	29.8	2.48	0.64	332	105	437
Coffee grounds	6.9	6.3	13.3	1.19	0.41	82	26	108
½ Coffee grounds + ½ NPK	13.4	11.1	24.5	1.43	0.51	191	57	248
NSR <sub>05</sub>	0.9	0.7	0.9	0.09	0.03	11	4	18

Таблица 2

**Влияние повышающихся доз кофейного жмыха на урожай ярового ячменя сорта Вакула, содержание и вынос азота растениями (опыт 2)**

Вариант	Урожай, г/сосуд			Содержание азота, %		Вынос азота, мг/сосуд		
	зерно	солома	всего	зерно	солома	зерно	солома	всего
Контроль	10,9	8,7	19,6	1,50	0,45	163	39	202
Кофейный жмых 20 г/сосуд	4,0	7,9	11,9	1,42	0,49	57	38	96
Кофейный жмых 36 г/сосуд	6,9	6,3	13,3	1,19	0,41	82	26	108
Кофейный жмых 60 г/сосуд	2,1	4,3	6,4	1,43	0,52	31	22	53
Кофейный жмых 120 г/сосуд	0,5	2,5	2,9	0,00	0,60	0	15	15
Кофейный жмых 180 г/сосуд	0,0	1,8	1,8	0,00	0,84	0	15	15
НСР <sub>05</sub>	0,9	0,5	0,9	0,10	0,05	6	2	7

Table 2

**Effect of increasing doses of coffee grounds on the yield of Vakula spring barley, nitrogen content and yield by plants (experiment 2)**

Experiment Option	Yield, g/vessel			Nitrogen content, %		Nitrogen yield, mg/vessel		
	corn	straw	total	corn	straw	corn	straw	total
Control	10.9	8.7	19.6	1.50	0.45	163	39	202
Coffee grounds 20 g/vessel	4.0	7.9	11.9	1.42	0.49	57	38	96
Coffee grounds 36 g/vessel	6.9	6.3	13.3	1.19	0.41	82	26	108
Coffee grounds 60 g/vessel	2.1	4.3	6.4	1.43	0.52	31	22	53
Coffee grounds 120 g/vessel	0.5	2.5	2.9	0.00	0.60	0	15	15
Coffee grounds 180 g/vessel	0.0	1.8	1.8	0.00	0.84	0	15	15
NSR <sub>05</sub>	0.9	0.5	0.9	0.10	0.04	6	2	7

Согласно результатам проведенного вегетационного опыта применение только свежего кофейного жмыха снижает рост и ухудшает развитие ярового ячменя сорта Вакула, причем фитотоксичность выщелоченного остатка кофейного напитка зависит от нормы его внесения. Так, дозозависимый токсический эффект кофейного жмыха на продуктивность ярового ячменя обусловлен, вероятно, содержанием в нем таких соединений, как кофеин, свободные фенолы, полифенолы, органические кислоты, которые могут угнетать рост и развитие сельскохозяйственной культуры [9, 10].

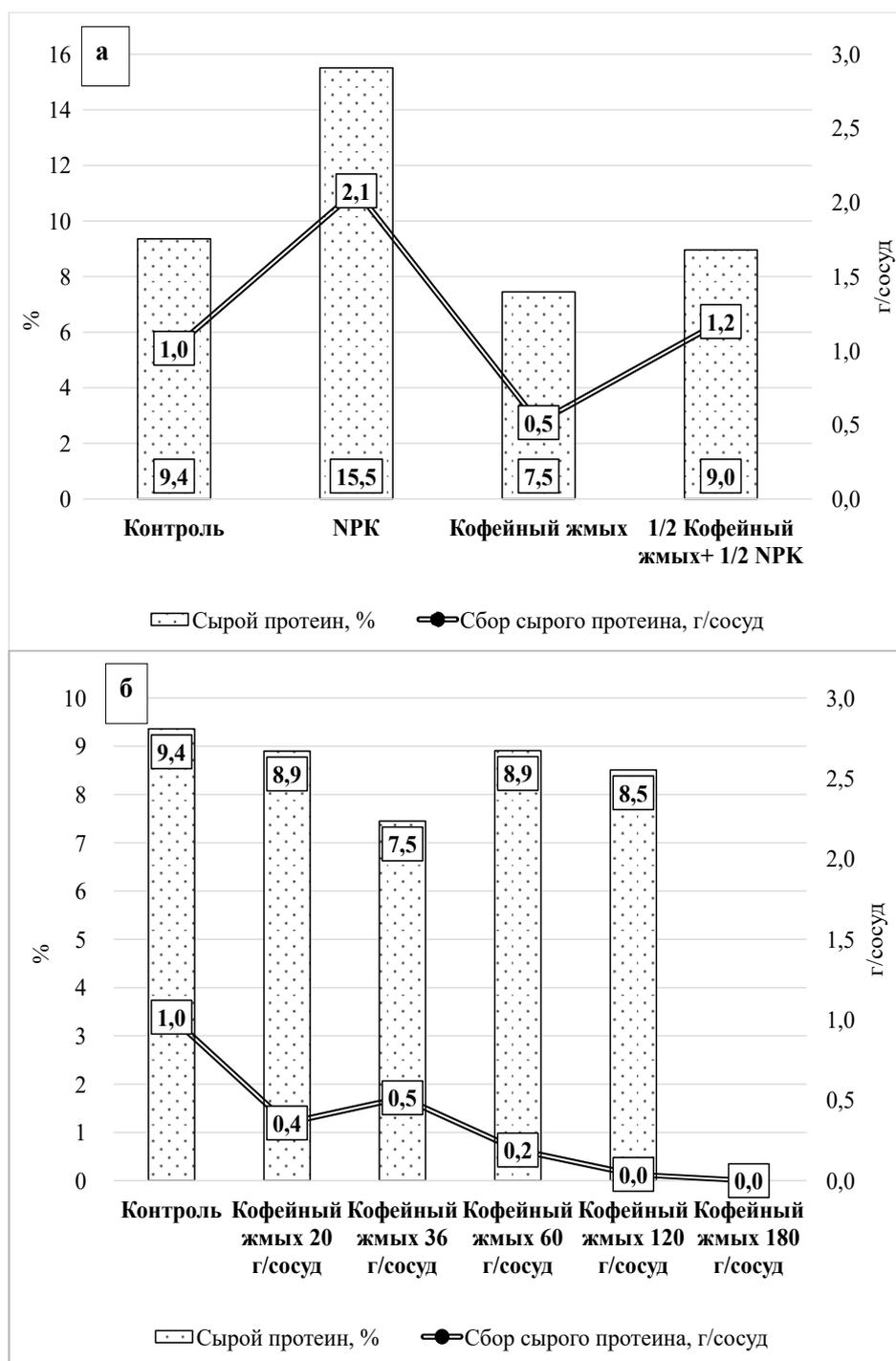
Общий вынос азота растениями ярового ячменя сорта Вакула во втором опыте находился в пределах от 15 до 202 г/сосуд. По данному показателю прослеживается та же закономерность: с увеличением нормы внесения кофейного жмыха вынос

зерновой культурой макроэлемента снижается. Так, наибольший вынос азота растениями сельскохозяйственной культуры отмечен в варианте без применения удобрений, составив 202 г/сосуд.

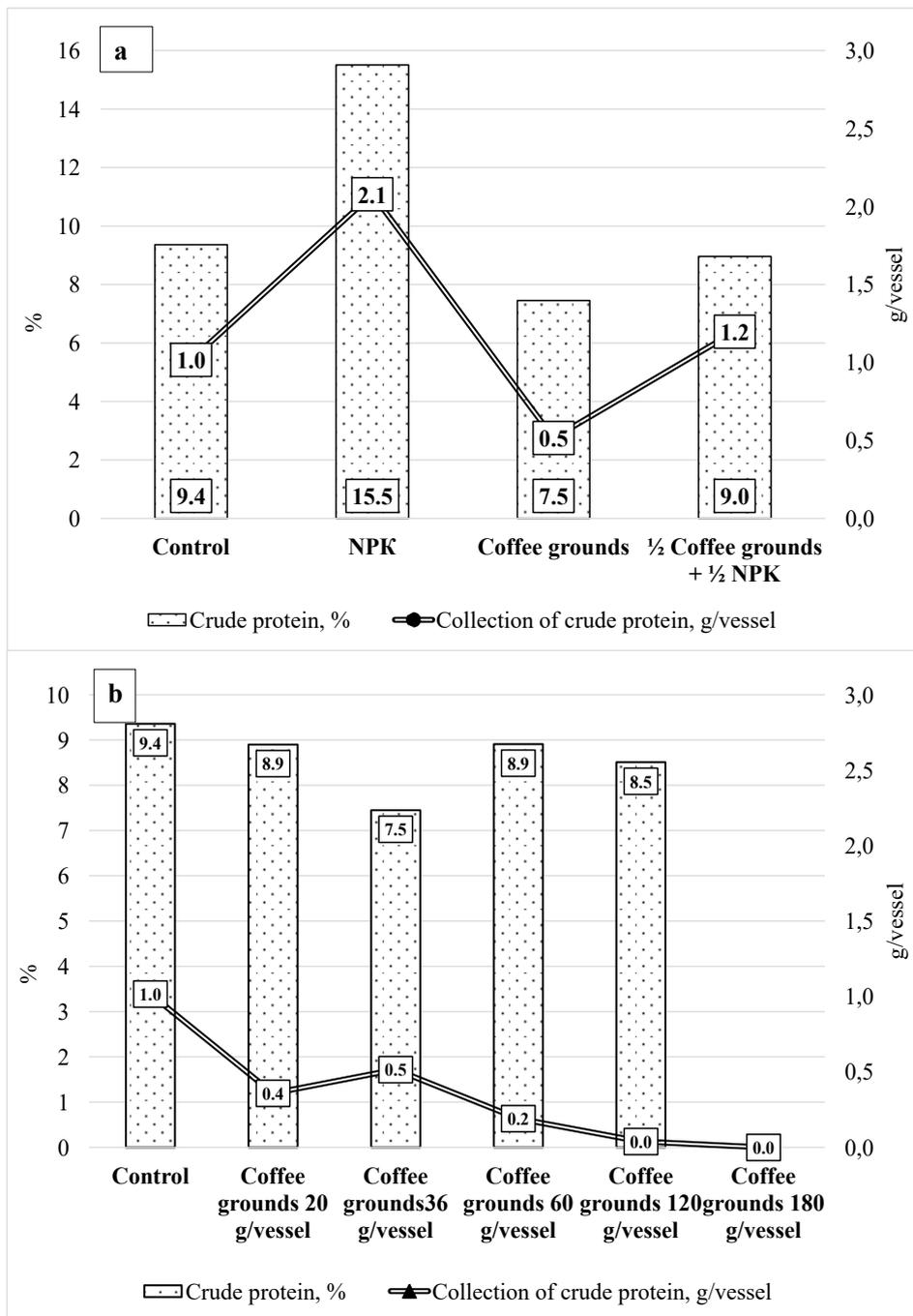
Внесение кофейного жмыха в нормах 20-60 г/сосуд снижает вынос органогенного элемента питания на 46-74%, при увеличении дозы отхода изготовления кофе до 120-180 г/сосуд показатель уменьшается на 93% по сравнению с контролем. С повышением норм вносимого выщелоченного остатка кофейного напитка отмечается увеличение содержания азота в соломе зерновой культуры; достоверное превышение контроля зафиксировано при применении кофейного жмыха в нормах 60 г/сосуд, 120 и 180 г/сосуд; содержание органогенного элемента выше показателя в варианте без внесения удобрений – на 16, 33 и 87% соответственно.

Применение кофейного жмыха влияет на содержание органических веществ в зерне ярового ячменя сорта Вакула (рис. 1-3). Внесение полного минерального удобрения улучшало азотное питание растений зерновой культуры, содержание в основной продукции ячменя сырого протеина составляло 15,5%, превышая контроль на 6,2% (рис. 1). Применение кофейного жмыха в чистом виде привело к снижению содержания

и сбора сырого протеина зерном ярового ячменя. Достоверное уменьшение показателя зафиксировано при применении отхода приготовления кофе в дозе 36 г/сосуд, содержание сырого протеина ниже контроля на 20,4%, сбор питательного вещества – на 49,3%. Добавление кофейного жмыха к NPK несущественно снизило содержание сырого протеина в зерне ярового ячменя по сравнению с вариантом без удобрений.



**Рис. 1.** Влияние кофейного жмыха на содержание, % (гистограмма по левой шкале), и сбор, г/сосуд (график по правой шкале), сырого протеина зерном ярового ячменя: опыт 1 (а); опыт 2 (б) (расчеты авторов)



**Fig. 1.** Effect of coffee grounds on the content (%) (histogram on the left scale) and yield (g/vessel) (graph on the right scale) of crude protein in spring barley grain: experiment 1 (a), experiment 2 (b) [author's calculations]

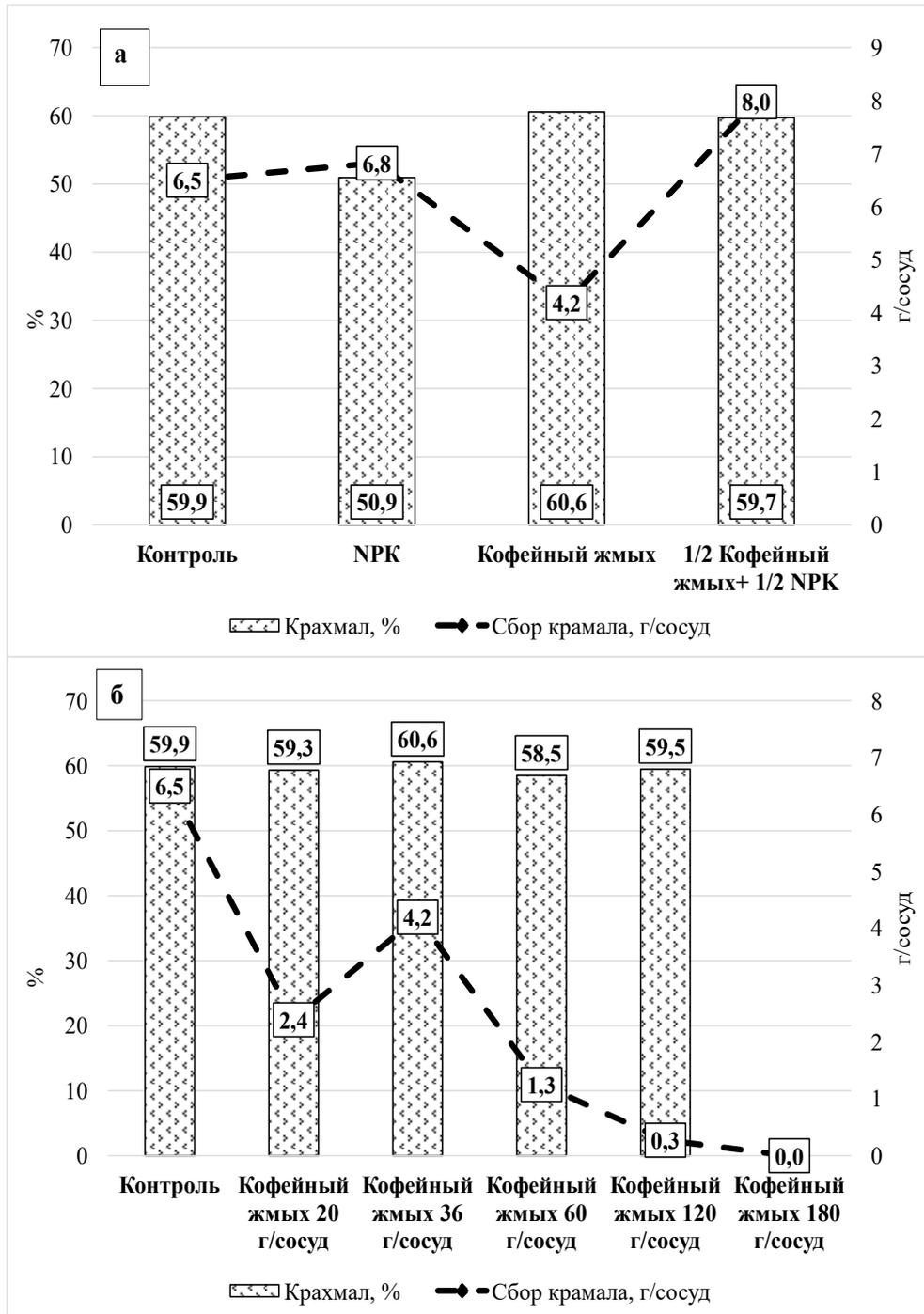
Содержание крахмала в зерне ярового ячменя зависело от вида удобрений и нормы внесения кофейного жмыха (рис. 2). Применение полного минерального удобрения снизило содержание питательного вещества в основной продукции зерновой культуры на 8,9% по сравнению с контролем. Это может быть связано с перераспределением ассимилятов в сторону белкового синтеза, что подтверждается увеличением содержания сырого протеина в зерне в этом же варианте. Добавление к минеральному удобрению кофейного жмыха

или внесение остатка приготовления кофе в чистом виде в дозах 20-120 г/сосуд несущественно изменяли содержание крахмала в зерне ярового ячменя. Однако стоит отметить, что наиболее высокий сбор крахмала зафиксирован при совместном внесении кофейного отхода и минерального удобрения, составив 8 г/сосуд, превысив контроль в 1,2 раза. Применение кофейного жмыха в чистом виде снижало сбор крахмала зерном ярового ячменя на 2,3-6,2 г/сосуд, или на 35,5-95,8% по отношению к контролю.

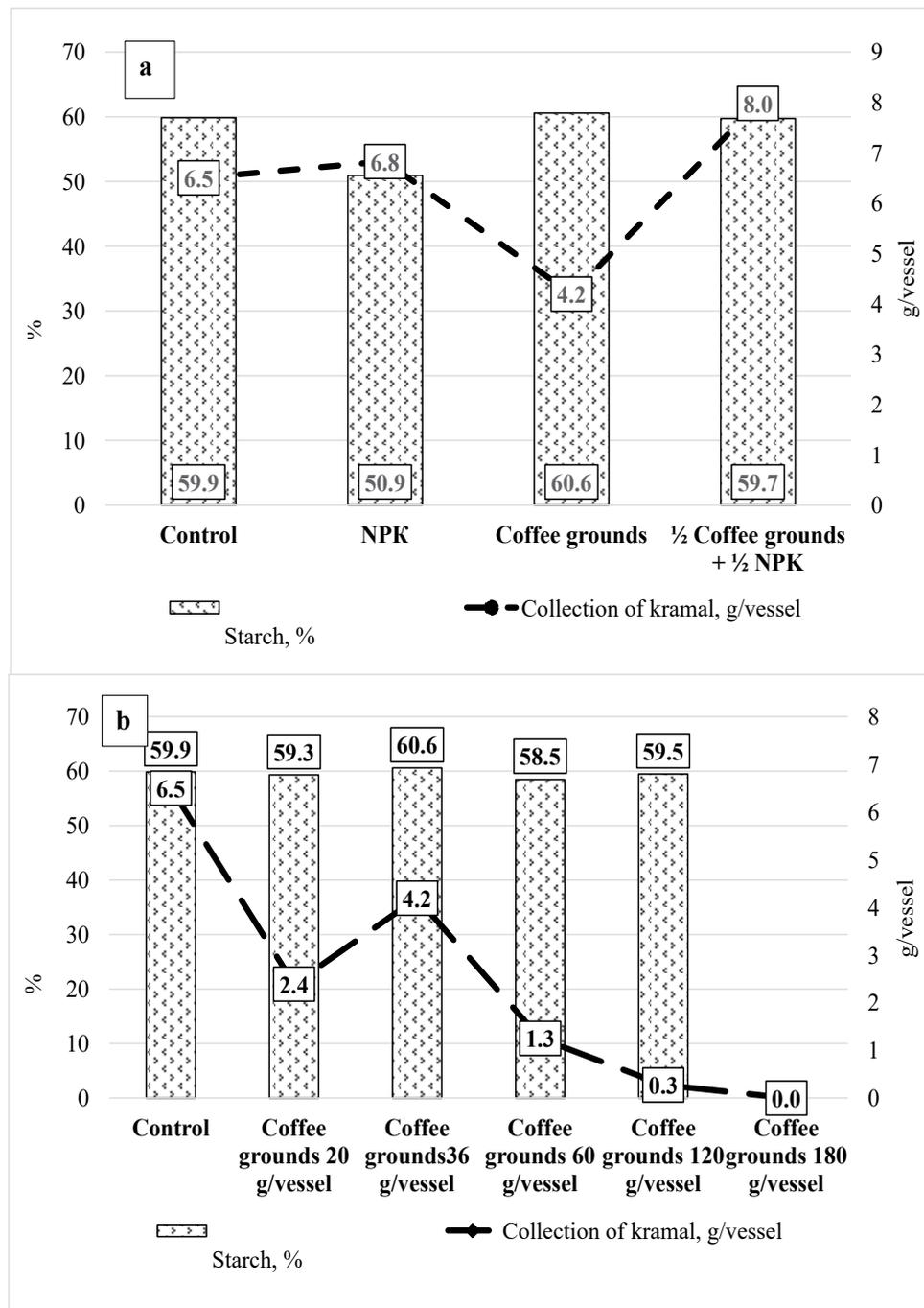
Внесение кофейного жмыха не оказало существенного влияния на содержание в зерне ярового ячменя жира. Однако сбор питательного вещества зависел от вносимых удобрений (рис. 3). Наибольший сбор жира зерном сельскохозяйственной культуры отмечен при применении полного минерального удобрения и в варианте с добавлением к NPK кофейного жмыха, составив 211-212 г/сосуд, превысив контроль в 1,3 раза. Внесение выщелоченного остатка

кофейного напитка в чистом виде снижало сбор питательного вещества на 35-95% по сравнению с контролем.

При применении кофейного жмыха в дозе 180 г/сосуд содержание и сбор питательных веществ в основной продукции зерновой культуры не определялись в связи с отсутствием материала для проведения анализа на фоне угнетения развития генеративных органов сельскохозяйственной культуры.



**Рис. 2.** Влияние кофейного жмыха на содержание, % (гистограмма по левой шкале), и сбор, г/сосуд (график по правой шкале), крахмала зерном ярового ячменя: опыт 1 (а), опыт 2 (б) (расчеты авторов)



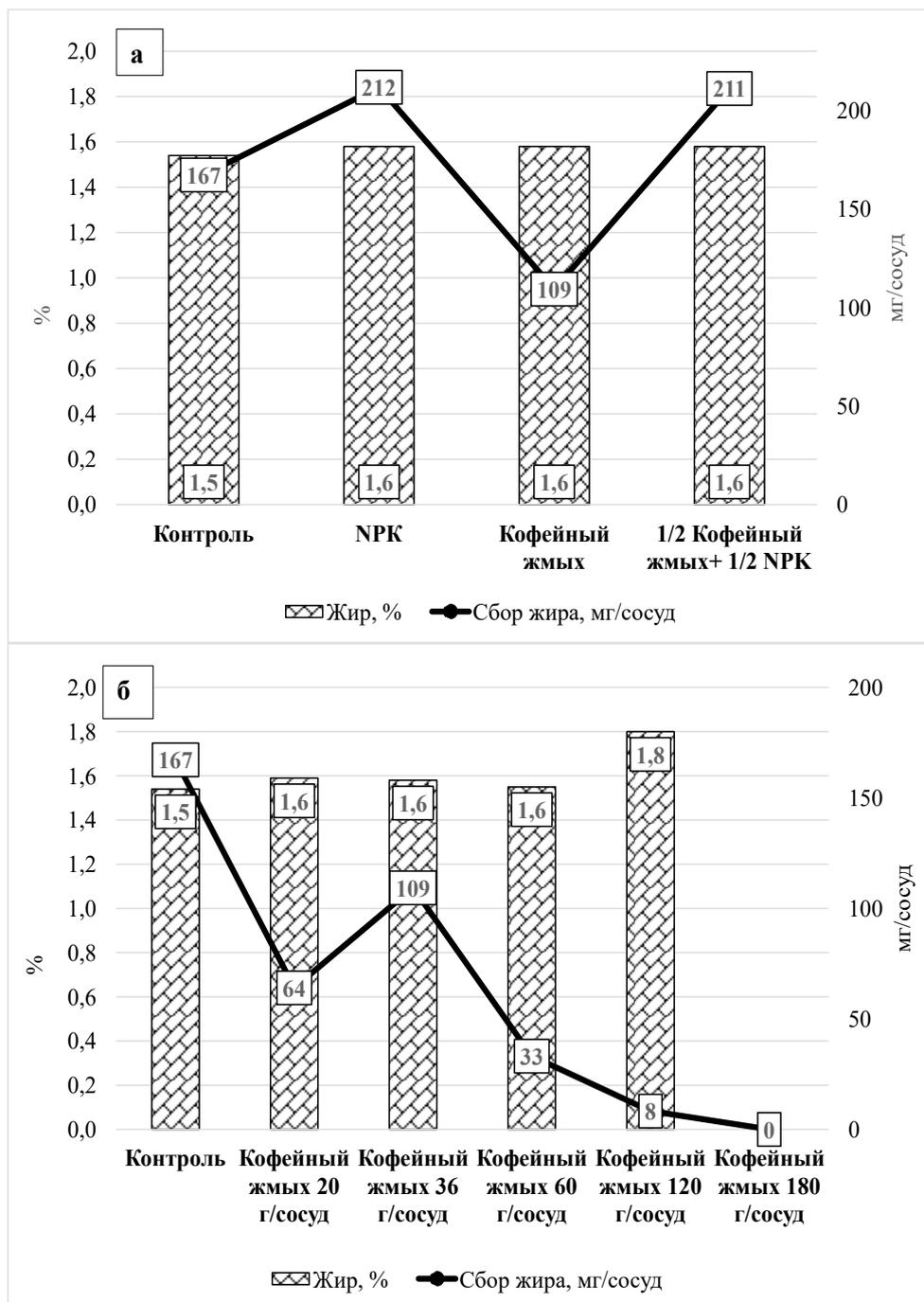
**Fig. 2.** Effect of coffee grounds on the content (%) (histogram on the left scale) and yield (g/vessel) (graph on the right scale) of starch in spring barley grain: experiment 1 (a), experiment 2 (b) [author's calculations]

Таким образом, в связи с содержанием в выщелоченном остатке кофейного напитка кофеина, свободных фенолов и полифенолов, влияющих на многие биохимические реакции и физиологические процессы [11-14], внесение кофейного жмыха в чистом виде угнетает рост и развитие растений. Так, фенольные аллелохимические вещества могут повышать проницаемость клеточной мембраны и активность мембраносвязанных ферментов, что приводит к изменениям в энергетических

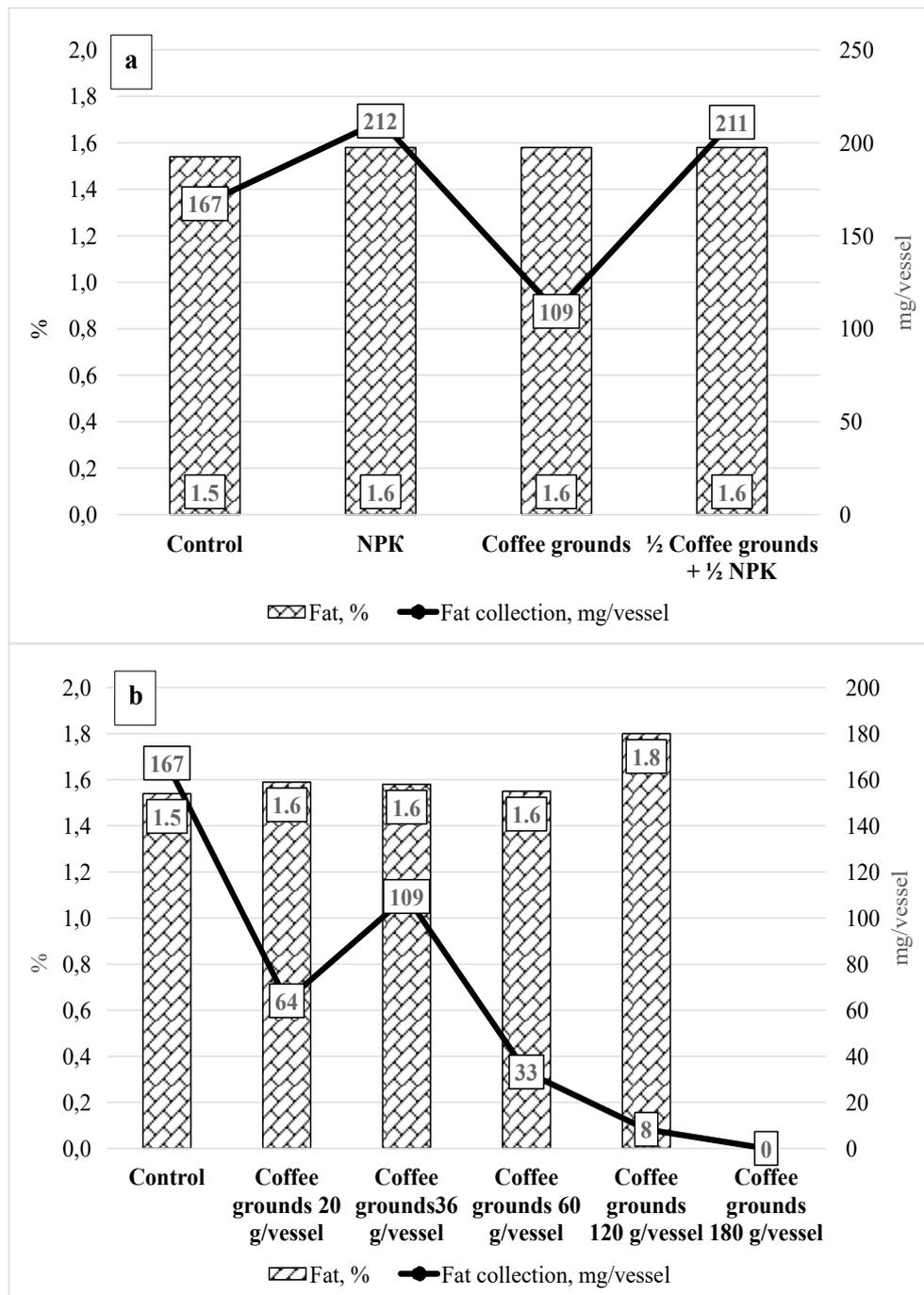
и метаболических процессах, потере клетками содержимого и к повышению уровня перекисного окисления липидов [15]. Фенолы, полифенолы и продукты их окисления действуют как метаболические «яды». В результате влияния фенольных веществ на деление и элонгацию клеток, а также деструктивные изменения рост клеток замедляется, растительная ткань погибает [12, 16], что и наблюдалось при внесении кофейного жмыха, особенно в высоких дозах (табл. 1, 2, рис. 1-3).

Урожай и качество зерна ярового ячменя во многом зависят от минерального питания растений – в частности, от обеспеченности сельскохозяйственной культуры фосфором [17]. При недостатке макроэлемента в тканях растений накапливается нитратный азот, а синтез белков замедляется, что и наблюдалось при применении кофейного жмыха с низким содержанием фосфора; вынос азота культурой (табл. 1, 2), а также содержание и сбор сырого протеина зерном ярового ячменя (рис. 1) снижались. С участием фосфора осуществляется также

углеводный обмен в растениях. Сбор крахмала при внесении кофейного жмыха уменьшался с увеличением дозы отхода (рис. 2). При недостатке фосфора приостанавливается рост стеблей, листьев, резко снижается семенная продуктивность (что также было отмечено); с увеличением норм внесения выщелоченного остатка кофейного напитка понижался урожай зерновой культуры, уменьшался вынос азота растениями; при внесении 180 г/сосуд кофейного жмыха отмечалось отсутствие основной продукции культуры.



**Рис. 3.** Влияние кофейного жмыха на содержание, % (гистограмма по левой шкале), и сбор, мг/сосуд (график по правой шкале), жира зерном ярового ячменя: опыт 1 (а), опыт 2 (б) (расчеты авторов)



**Fig. 3.** Effect of coffee grounds on the content (%) (histogram on the left scale) and yield (mg/vessel) (graph on the right scale) of fat in spring barley grain: experiment 1 (a), experiment 2 (b) [author’s calculations]

### Выводы

### Conclusions

Внесение кофейного жмыха в чистом виде оказывает отрицательное воздействие на рост и развитие ярового ячменя сорта Вакула, причем фитотоксичность выщелоченного остатка кофейного напитка увеличивается с повышением норм его применения. При внесении 20 г/сосуд кофейного

жмыха урожай зерна сельскохозяйственной культуры снизился на 62,9% по сравнению с контролем; при внесении 60 г/сосуд – на 80,3; 120 г/сосуд – на 95,8%. При применении 180 г/сосуд отхода изготовления кофе наблюдалась полная потеря основной продукции ярового ячменя. Однако при совместном внесении кофейного жмыха и минеральных удобрений выход зерна сельскохозяйственной культуры увеличился в 1,9 раза по сравнению с применением отхода в чистом виде и не уступал

урожаю основной продукции, полученному в варианте NPK.

С повышением нормы внесения кофейного жмыха вынос зерновой культурой азота снижается. Применение отхода изготовления кофе в нормах 20-60 г/сосуд уменьшало вынос органического элемента питания на 46-74%, при увеличении дозы кофейного жмыха до 120-180 г/сосуд показатель снижался на 93% по сравнению с контролем.

Внесение кофейного жмыха в чистом виде привело к снижению содержания и сбора сырого протеина зерном ярового ячменя сорта Вакула. Наиболее высокий сбор крахмала зафиксирован при совместном применении кофейного отхода и минерального удобрения, составив 8 г/сосуд, превысив контроль в 1,2 раза. Использование кофейного жмыха в чистом виде снижало сбор крахмала зерном ярового ячменя на 2,3-6,2 г/сосуд,

или на 35,5-95,8% по отношению к контролю. Наибольший сбор жира основной продукцией сельскохозяйственной культуры отмечен при применении полного минерального удобрения и в варианте с добавлением к NPK кофейного жмыха, составив 211-212 г/сосуд, превысив контроль в 1,3 раза. Внесение выщелоченного остатка кофейного напитка в чистом виде снижало сбор жира на 35-95% по сравнению с контролем.

Таким образом, применение кофейного жмыха в чистом виде ухудшает условия питания растений, снижает урожай и качество получаемой продукции. Однако совместное внесение отхода изготовления кофе с минеральными удобрениями, особенно фосфорными, позволит получить высокий урожай ярового ячменя, снизить нагрузку на окружающую среду и сократить затраты на покупку синтетических агрохимикатов.

#### Список источников

1. Кутузов А.А., Ткаченко Е.С. Использование кофейной гущи пищевых сортов как источник инновационных продуктов в сфере утилизации органических отходов // *Вестник евразийской науки*. 2023. Т. 15, № 3. EDN: WOZMJR
2. Вирабян Д.Г., Войтик В.И. Кофейный жмых как источник биологически активных веществ и биоэнергии // *Альманах научных работ молодых ученых Университета ИТМО: Материалы XLIX научной и учебно-методической конференции, Санкт-Петербург, 29 января 2020 г.* Санкт-Петербург: Национальный исследовательский университет ИТМО, 2020. Т. 1. С. 30-34. EDN: YGASGL
3. G. Begna Sisay Ts. Belege Atisme Y. Admassu Workie Z. Worku Negie et al. Mg/Zr modified nanobiochar from spent coffee grounds for phosphate recovery and its application as a phosphorous release fertilizer. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. 2023;19:100766. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100766>
4. Сюняева О.И., Леонова Ю.В., Спасская Т.А., Тютюнкova М.В. Влияние отходов кофейного производства на агрохимические и биологические свойства дерново-подзолистой супесчаной почвы и урожайность овса // *Земледелие*. 2022. № 5. С. 7-10. <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-5-7-10>
5. Бузетти К.Д., Иванов М.В. Воздействие минеральных и органических удобрений на экосистему, качество сельскохозяйственной продукции и здоровье

#### References

1. Kutuzov A.A., Tkachenko E.S. Using of food grades coffee grounds as a source of innovative products in the field of organic waste disposal. *Vestnik evraziyskoy nauki*. 2023;15(3). (In Russ.)
2. Virabyan D.G., Voytik V.I. Coffee drounds as a source of biologically active substances and bioenergy. *XLIX nauchnaya i uchebno-metodicheskaya konferentsiya 'Almanakh nauchnykh rabot molodykh uchonykh Universiteta ITMO'. January 29 – February 01, 2020*. St. Petersburg, Russia: Saint-Petersburg National Research University of Information Technologies, Mechanics and Optics, 2020;1:30-34. (In Russ.)
3. G. Begna Sisay Ts. Belege Atisme Y. Admassu Workie Z. Worku Negie et al. Mg/Zr modified nanobiochar from spent coffee grounds for phosphate recovery and its application as a phosphorous release fertilizer. *Environmental Nanotechnology, Monitoring and Management*. 2023;19:100766. <https://doi.org/10.1016/j.enmm.2022.100766>
4. Syunyaeva O.I., Leonova Yu.V., Spasskaya T.A., Tyutyunkova M.V. Influence of coffee production waste on agrochemical and biological properties of soddy-podzolic sandy loamy soil and oat yield. *Zemledelie*. 2022;(5):7-10. (In Russ.) <https://doi.org/10.24412/0044-3913-2022-5-7-10>
5. Buzetti K.D., Ivanov M.V. The impact of mineral and organic fertilizers on the ecosystem, the quality of agricultural products and human health. *Agrarian*

- человека // *Аграрная наука*. 2020. № 5. С. 80-84.  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-80-84>
6. Белопухов С.Л., Сюняев Н.К., Сюняева О.И., Прохоров И.С. Применение отходов производства кофе для удобрения овса на дерново-подзолистой супесчаной почве // *Агрехимия*. 2016. № 2. С. 65-70. EDN: VXJ TAR
7. Репко Н.В., Сухинина К.В., Сердюков Д.Н., Смирнова Е.В. и др. Динамика мирового производства ячменя // *Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета*. 2022. № 179. С. 222-231.  
<https://doi.org/10.21515/1990-4665-179-013>
8. Кидин В.В., Дерюгин И.П., Кобзаренко В.И. и др. *Практикум по агрохимии: Учебное пособие*. Москва: КолосС, 2008. 599 с.
9. Mussatto S.I., Machado E.M.S., Martins S., Teixeira J.A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*. 2011;4:661-672.  
<https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
10. Hardgrove S.J., Livesley S.J. Applying spent coffee grounds directly to urban agriculture soils greatly reduces plant growth. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016;18:1-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.015>
11. Yakubu S., Zheng H., Chen J. et al. Development of a bilayer biodegradable packaging material enriched with coffee waste extract for cake preservation. *Food Bioengineering*. 2023;2(3):212-222  
<https://doi.org/10.1002/fbe2.12058>
12. Кондратьев М.Н., Ларикина Ю.С. Фенолы в аллелопатических отношениях между растительными видами // *Фенольные соединения: функциональная роль в растениях: Сборник научных статей по материалам X Международного симпозиума, Москва, 14-19 мая 2018 г.* Москва: PRESS-BOOK.RU, 2018. С. 199-204. EDN: XVK CXJ
13. Janissen B., Huynh T. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018;128:110-117.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
14. Silva R.M.G., Brigatti J.G.F., Santos V.H.M., Mecina G.F. et al. 2013. Allelopathic effect of the peel of coffee fruit. *Scientia Horticulturae*. 2013;158:39-44.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.028>
15. Манакова Ю.С. Оценка возможности использования кофейного жмыха *Science*. 2020;(5):80-84. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.32634/0869-8155-2020-338-5-80-84>
6. Belopukhov S.L., Syunyaev N.K., Syunyaeva O.I., Prokhorov I.S. The using of coffee production waste as fertilizer for oats on soddy-podzolic sandy loam soil. *Agrohimia*. 2016;(2):65-70. (In Russ.)
7. Repko N.V., Sukhinina K.V., Serdyukov D.N., Smirnova E.V. et al. Dynamics of world barley production. *Polythematic Online Scientific Journal of Kuban State Agrarian University*. 2022;(179):222-231. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.21515/1990-4665-179-013>
8. Kidin V.V., Deryugin I.P., Kobzarenko V.I. et al. *Practical training in agrochemistry: a training manual*. Moscow, Russia: KolosS, 2008:599. (In Russ.)
9. Mussatto S.I., Machado E.M.S., Martins S., Teixeira J.A. Production, composition, and application of coffee and its industrial residues. *Food and Bioprocess Technology*. 2011;4:661-672.  
<https://doi.org/10.1007/s11947-011-0565-z>
10. Hardgrove S.J., Livesley S.J. Applying spent coffee grounds directly to urban agriculture soils greatly reduces plant growth. *Urban Forestry & Urban Greening*. 2016;18:1-8.  
<https://doi.org/10.1016/j.ufug.2016.02.015>
11. Yakubu S., Zheng H., Chen J. et al. Development of a bilayer biodegradable packaging material enriched with coffee waste extract for cake preservation. *Food Bioengineering*. 2023;2(3):212-222  
<https://doi.org/10.1002/fbe2.12058>
12. Kondrat'ev M.N., Larikova Yu.S. Phenols in allelopathic relationships between plant species. *X Mezhdunarodniy simpozium 'Fenolnye soedineniya: fundamentalnye i prikladnye aspekty'*. May 14-19, 2018. Moscow Russia: PRESS-BOOK.RU, 2018:199-204. (In Russ.)
13. Janissen B., Huynh T. Chemical composition and value-adding applications of coffee industry by-products: A review. *Resources, Conservation and Recycling*. 2018;128:110-117.  
<https://doi.org/10.1016/j.resconrec.2017.10.001>
14. Silva R.M.G., Brigatti J.G.F., Santos V.H.M., Mecina G.F. et al. 2013. Allelopathic effect of the peel of coffee fruit. *Scientia Horticulturae*. 2013;158:39-44.  
<https://doi.org/10.1016/j.scienta.2013.04.028>
15. Manakova Yu.S. Assessment of the possibility of using coffee cake as a substrate

- в качестве субстрата для выращивания сельскохозяйственных культур // *Агрохимический вестник*. 2025. № 2. С. 98-102.  
<https://doi.org/10.24412/1029-2551-2025-2-019>
16. Пояркова Н.М., Сапарклычева С.Е. Физиологическая роль фенольных соединений // *Аграрное образование и наука*. 2019. № 4. С. 14. EDN: JOSBTG  
<https://doi.org/10.24412/1029-2551-2025-2-019>
17. Налиухин А.Н., Кирпичников Н.А., Бижан С.П., Гусева Ю.Е. Эффективность фосфорных удобрений: результаты исследований в длительных полевых опытах России, Великобритании и Китая // *Агрохимия*. 2024. № 12. С. 89-100.  
<https://doi.org/10.31857/S0002188124120128>
- for growing crops. *Agrochemical Herald*. 2025;(2):98-102. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.24412/1029-2551-2025-2-019>
16. Poyarkova N.M., Saparklycheva S.E. The physiological role of phenolic compounds. *Agrarnoe obrazovanie i nauka*. 2019;(4):14. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.24412/1029-2551-2025-2-019>
17. Naliukhin A.N., Kirpichnikov N.A., Bizhan S.P., Guseva Yu.E. Efficiency of phosphorus fertilizers: research results in long-term field experiments in Russia, Great Britain and China. *Agrohimia*. 2024;(12):89-100. (In Russ.)  
<https://doi.org/10.31857/S0002188124120128>

#### Сведения об авторах

**Юлия Евгеньевна Гусева**, доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, кандидат биологических наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [uguseva@rgau-msha.ru](mailto:uguseva@rgau-msha.ru);  
<https://orcid.org/0000-0002-5307-421X>

**Алексей Максимович Пронин**, магистр, направление подготовки 35.04.03. Агрохимия и агропочвоведение, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [alex.poganel@mail.ru](mailto:alex.poganel@mail.ru);  
<https://orcid.org/0009-0002-1201-9094>

**Галина Алексеевна Смолина**, доцент кафедры агрономической, биологической химии и радиологии, кандидат биологических наук, Российский государственный аграрный университет – МСХА имени К.А. Тимирязева; 127434, Россия, г. Москва, ул. Тимирязевская, 49; e-mail: [gsmolina@rgau-msha.ru](mailto:gsmolina@rgau-msha.ru);  
<https://orcid.org/0000-0002-2730-4595>

Статья поступила в редакцию 12.05.2025  
Одобрена после рецензирования 17.06.2025  
Принята к публикации 26.06.2025

#### About the authors

**Julia E. Guseva**, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: [uguseva@rgau-msha.ru](mailto:uguseva@rgau-msha.ru);  
<https://orcid.org/0000-0002-5307-421X>

**Alexei M. Pronin**, master, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: [alex.poganel@mail.ru](mailto:alex.poganel@mail.ru);  
<https://orcid.org/0009-0002-1201-9094>

**Galina A. Smolina**, CSc (Bio), Associate Professor at the Department of Agronomic, Biological Chemistry and Radiology, Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 49 Timiryazevskaya St., Moscow, 127434, Russian Federation; e-mail: [gsmolina@rgau-msha.ru](mailto:gsmolina@rgau-msha.ru);  
<https://orcid.org/0000-0002-2730-4595>

The article was submitted to the editorial office  
May 12, 2025  
Approved after reviewing June 17, 2025  
Accepted for publication June 26, 2025