



УДК 658.567.1:631. 147(470.56)

DOI:10.31677/2311-0651-2023-40-2-57-64

ЭФФЕКТИВНОСТЬ УТИЛИЗАЦИИ ОРГАНИЧЕСКИХ ВЕЩЕСТВ, ПОЛУЧЕННЫХ ИЗ ОРГАНИЧЕСКИХ ОТХОДОВ, НА ЧЕРНОЗЕМАХ ОБЫКНОВЕННЫХ

Т.А. Гамм, доктор сельскохозяйственных наук, доцент

Е.В. Гривко, кандидат педагогических наук, доцент

Б.Б. Идигенов, аспирант

Оренбургский государственный университет

E-mail: hammtam@mail.ru

Ключевые слова: жидкие органические удобрения, твердые органические удобрения, метановое брожение отходов, метод компостирования, отходы сельскохозяйственного производства, эффективность внесения органических удобрений, всхожесть яровой пшеницы, черноземы обыкновенные.

Реферат. *Приведены результаты изучения влияния твердых и жидких органических удобрений, полученных на собственной установке, и при компостировании из отходов сельскохозяйственного производства, на урожайность и качество яровой пшеницы в лабораторном эксперименте на черноземах обыкновенных Оренбургской области. Проведена оценка эффективности применения полученных веществ в виде жидких и твердых органических удобрений. Обосновано, что по всем вариантам исследований норм и видов органических удобрений в почве увеличивалось содержание органического вещества, аммонийного азота, подвижных фосфора и калия. Приведены данные о количестве зеленой массы яровой пшеницы по всем вариантам исследований в лабораторном опыте. Установлено, что при внесении в почву жидких органических удобрений аммонийный азот хорошо подвижен и доступен растениям, поэтому растения становятся более высокими на начальном этапе вегетации. Определена меньшая эффективность внесения твердых органических удобрений в краткосрочных лабораторных исследованиях. Установлено, что наиболее эффективно внесение 4 т/га для твердых органических удобрений и 8 т/га для жидких органических удобрений. При такой норме внесения жидких органических удобрений всхожесть яровой пшеницы достигает 98,7 %, а урожайность зеленой массы растений увеличивается в 3 раза по сравнению с контролем. Отмечена тенденция к наибольшей эффективности внесения жидких органических удобрений по сравнению с твердыми.*

EFFICIENCY OF UTILIZATION OF ORGANIC SUBSTANCES PRODUCED FROM ORGANIC WASTE ON ORDINARY CHERNOZEM

T.A. Gamm, Doctor of Agricultural Sciences, Associate Professor

E.V. Grivko, PhD in Pedagogical Sciences, Associate Professor

B.B. Idigenov, PhD student

Orenburg State University

Keywords: liquid organic fertilisers, solid organic fertilisers, methane fermentation of waste, composting method, agricultural waste, organic fertiliser application efficiency, spring wheat germination, ordinary chernozems.

Abstract. *The authors presented in the article the results of studying the effect of solid and liquid organic fertilisers obtained at their installation and when composting from agricultural waste on spring wheat yield and quality in a laboratory experiment on ordinary chernozems of the Orenburg region. The effectiveness of using the obtained substances as liquid and solid organic fertilisers was assessed. The authors substantiated that according to all options for studying the norms and types of organic fertilisers in the soil, the content of organic matter, ammonium nitrogen, mobile phosphorus and potassium increased. The data on the green mass of spring wheat for all research options in the laboratory experiment are given. It has been established that when liquid organic fertilisers are applied to the soil, ammonium nitrogen is highly mobile and available to plants, so plants become taller at the initial vegetation stage. The authors determined the lower efficiency of applying solid organic fertilisers in short-term laboratory studies. As a result, it has been established that 4 t/ha for solid organic fertilisers and 8 t/ha for liquid organic fertilisers is the most effective. With such a rate of application of liquid organic fertilisers, the germination of spring wheat reaches 98.7%, and the yield of green mass of plants increases by three times compared to the control. In addition, the trend of the highest efficiency of applying liquid organic fertilisers compared to solid ones was noted.*

В настоящее время в мире озабочены выбросами парниковых газов при разведении животных, хранении навоза, выделением биогаза с поверхности почвы, поэтому рассматриваются экологические и энергетические аспекты переработки органических отходов в реакторах в Польше [1] и выработки метана животными при разведении на фермах [2]. Страны Европы ориентированы на точное земледелие и альтернативные источники энергии [3]. Современные исследования сводятся к изучению вопросов получения биогаза в энергетических целях, поэтому рассматриваются вопросы повышения выхода биогаза в реакторах. Концентрация метана в реакторе рассматривалась с точки зрения замедления процесса метаногенеза [4], в Украине для увеличения выхода биогаза использовали органические добавки к навозу в биореактор [5], обобщали результаты исследований, новейшие достижения в применении различных метаногенов для увеличения выхода биогаза [6]. В то же время при исследовании метанового разложения органического вещества на установке не рассматривали вопрос использования полученных органических удобрений [7], несмотря на то, что навоз повышает плодородие почвы лучше, чем минеральные удобрения [8].

Агроэкосистемы России являются ценным природным ресурсом [9, 10]. Проблемой является то, что в настоящее время интенсивное земледелие в зоне черноземов способствует загрязнению и истощению почв, разрушающие процессы эрозии приводят к потере гумусового слоя почвы и ее плодородия, что нарушает целостность агроэкосистем. Черноземы Оренбургской области имеют высокое потенциальное плодородие [11]. Однако можно отметить, что в последние 50 лет идет стабильное снижение содержания в почвах Оренбургской области азота и фосфора как элемента питания растений в агроценозе [12]. Малоплодородные почвы не дают высоких урожаев, поэтому сохранение плодородия почв является актуальной проблемой [13, 10]. Решение этой проблемы может быть достигнуто применением органических удобрений, что создает благоприятные условия для сохранения пищевых цепей организмов.

С органическими удобрениями в почву поступают минеральные макро- и микроэлементы питания растений, микроорганизмы, которые разлагают растительные остатки в почве, что поставляет углерод для построения биомассы растений. Органические удобрения улучшают водный и воздушный режим почвы, ее структуру, регулируют ее pH. Источником получения органического вещества для внесения в почву служат органические отходы животноводства, птицеводства, растительные остатки, пищевые отходы. Проблема утилизации этих отходов не решена в настоящее время, в то же время в агроценозе наблюдается дефицит органического вещества, и плодородие

почв повсеместно падает. Переработка органических отходов позволит решить сразу несколько задач: обеспечить благоприятное качество окружающей среды, получить ценные материалы для народного хозяйства и органические удобрения для повышения плодородия почв и урожайности сельскохозяйственных культур.

Целью наших исследований было изучение эффективности жидких органических веществ, полученных на установке методом метанового брожения, в качестве органических удобрений и твердых органических удобрений, полученных методом компостирования из органических отходов сельского хозяйства, на урожайность яровой пшеницы, выращенной на черноземе обыкновенном, для дальнейших рекомендаций по применению в производстве.

Объектом исследований были жидкие и твердые органические удобрения. Исследование их эффективности проведено в лаборатории на кафедре экологии и природопользования Оренбургского государственного университета. Для этого была отобрана почва на пашне Саракташского района Оренбургской области. Схема эксперимента направлена на исследование полученных веществ из органических отходов сельского хозяйства: контроль – без удобрений; твердые органические удобрения – 1, 2, 3, 4 и 5 т/га; жидкие органические удобрения – 4, 6, 8 и 10 т/га. Твердые и жидкие органические удобрения заделывали в почву перед посевом. Содержание общего азота в твердых органических удобрениях составляло 2 %, в жидких органических удобрениях – 1 %.

Посев яровой пшеницы и фенологические исследования проведены в сосудах площадью 314 см² в соответствии с установленными требованиями по Б.А. Доспехову [14]. В одном сосуде было 20 растений яровой пшеницы. Повторность опыта трехкратная. Поливали растения по мере иссушения почвы. Оценка качества почвы и урожая проведена инструментальным методом: определение органического вещества – по ГОСТ 26213–91, нитратного и аммиачного азота – по методу ЦИНАО, подвижных форм фосфора и калия – по Мачигину в модификации ЦИНАО по ГОСТ 26205 – 91, рН почвы – в водной суспензии по ГОСТ 26423–85. Статистическая обработка экспериментальных данных осуществлялась методом дисперсии и регрессионно-корреляционного анализа [14], учет урожая – методом ручной уборки по методике Госсортоиспытания (1971, 1983). Исследования выполнены в 2020 г.

Жидкие органические удобрения с содержанием воды 60 % получены из органических отходов сельскохозяйственного производства на собственной установке. Твердые органические удобрения с содержанием воды 30 % получены методом компостирования органических отходов сельскохозяйственного производства с добавлением полученных на установке жидких органических удобрений в качестве источника микроорганизмов для увеличения скорости разложения органического вещества. Реакция среды жидких и твердых органических удобрений была близка к нейтральной. Данные удобрения были использованы также и в полевых исследованиях.

Чернозем обыкновенный, взятый на землях Саракташского района Оренбургской области, до закладки лабораторного опыта имел следующие показатели: содержание органического вещества 6,9 %, азота нитратного – 3,5 мг/100 г почвы, азота аммонийного – 1,1, подвижного фосфора – 1,68, подвижного калия – 351 мг/100 г, рН – 6,91.

Твердые и жидкие органические удобрения вносили в почву в сосудах перед посевом яровой пшеницы. Норма внесения принята в соответствии с содержанием питательных веществ в удобрениях. Растения выращивали до фазы выхода в трубку (стеблевания), срезали и определяли зеленую массу растений.

Испытание эффективности предпосевного внесения удобрения проводили согласно схеме эксперимента из расчета внесения удобрений на 1 га пашни. Пересчет проведен исходя из площади сосуда. Норма внесения азота общего была откорректирована в зависимости от содержания его в удобрении.

Химический состав почвы в сосудах представлен в табл. 1. После внесения в почву органических удобрений в почве увеличивалось содержание подвижного фосфора, подвижного калия, азота аммонийного. Наблюдалась тенденция к снижению рН почвенного раствора.

Таблица 1

Химический состав почвы в сосудах, мг/100 г почвы
Chemical composition of soil in vessels, mg/100 g of soil

Вариант	pH	Подвижный фосфор	Обменный калий	Азот аммонийный
Контроль – без удобрений	6,90	1,68	35,1	1,1
Твердые органические удобрения				
1 т/га	6,82	2,90	35,2	3,7
2 т/га	6,80	3,04	36,0	4,3
3 т/га	6,77	3,11	36,5	5,2
4 т/га	6,70	3,21	38,2	5,8
5 т/га	6,68	3,31	39,8	5,9
Жидкие органические удобрения				
2 т/га	6,70	2,03	37,6	6,0
4 т/га	6,73	2,37	35,6	6,4
6 т/га	6,74	2,76	38,2	6,9
8 т/га	6,75	2,89	38,6	7,7
10 т/га	6,77	2,98	39,4	7,9

В варианте с внесением жидких органических удобрений нормой 8 т/га удобрения в наибольшей степени повлияли на всхожесть яровой пшеницы, она составила 98,7 %. Высота растений по вариантам представлена в табл. 2.

Растения имели разную высоту по лучшим вариантам внесения органических отходов. После появления всходов высота растений в варианте с внесением жидких органических удобрений была в 3,5 раза выше, чем в контроле, а в варианте с внесением твердых органических удобрений – в 1,6 раза. В конце эксперимента в варианте с внесением жидких органических удобрений высота растений была в 2,8 раза выше, чем в контроле, с внесением твердых органических удобрений – в 2,1 раза.

Таблица 2

Высота растений в сосудах при внесении твердых и жидких органических удобрений, см
Height of plants in vessels when applying solid and liquid organic fertilizers, cm

Даты наблюдений	Контроль – без удобрений	Жидкие органические удобрения, 8 т/га	Твердые органические удобрения, 4 т/га
25.04.2022	0	0	0
02.05.2022	2,9	10,2	4,7
09.05.2022	4,5	17,5	13,6
16.05.2022	8,2	24,7	21,0
23.05.2022	15,1	43,2	32,6
t - критерий Стьюдента			3,7

Полученное эмпирическое значение t (3,7) при математической обработке данных высоты растений по вариантам внесения жидких органических удобрений находится в зоне неопределенности.

Зеленая масса яровой пшеницы была наибольшей при норме внесения жидких органических удобрений 8 т/га и больше по сравнению с подобным вариантом с твердыми органическими удобрениями (табл. 3).

Число прямостоячих растений яровой пшеницы увеличивалось с 92,2 % в контроле до 96,4 % в варианте жидких органических удобрений при норме их внесения 8 т/га.

Таблица 3

Зеленая масса яровой пшеницы при внесении жидких органических удобрений, кг/га
Weight of green mass of spring wheat when applying liquid organic fertilisers, kg/ha

Вариант	Среднее по вариантам	Прибавка к контролю
Контроль – без удобрений	566,7	–
2 т/га	760,0	193,4
4 т/га	1334,0	767,4
6 т/га	1405,6	839,0
8 т/га	2082,0	1515,4
10 т/га	1405,3	838,7
t - критерий Стьюдента		5,7

Прибавка урожая по вариантам внесения жидких органических удобрений является значимой.

При внесении твердых органических удобрений нормой 4 т/га всхожесть растений возросла по сравнению с контролем на 3,6 %, при внесении 2 т/га – на 2,2 %, а сохранность растений соответственно до 96,8 и 95,8 %. Наибольшая прибавка зеленой массы яровой пшеницы по отношению к контролю была получена в варианте внесения твердых органических удобрений нормой 4 т/га (табл. 4).

Таблица 4

Зеленая масса яровой пшеницы в варианте с внесением в почву твердых органических удобрений, кг/га
Green mass of spring wheat in the variant with the introduction of solid organic fertilisers into the soil, kg/ha

Вариант	Среднее по вариантам	Прибавка к контролю
Контроль – без удобрений	566,7	–
1 т/га	1206,6	640,0
2 т/га	1420,6	854,0
3 т/га	1466,0	899,0
4 т/га	1946,6	1380,0
5 т/га	1441,3	874,7
t - критерий Стьюдента		7,4

Прибавка урожая по вариантам внесения твердых органических удобрений также является значимой.

Число прямостоячих растений увеличивалось с 92,2 % в контроле до 95,8 % в варианте твердых органических удобрений в конце эксперимента.

При метановом брожении органических сельскохозяйственных отходов на установке образуются твердая и жидкая фаза. Жидкая фаза содержит азот не только нитратный, но и аммонийный, причем в большом количестве, который хорошо подвижен в летучем состоянии, находится в поровом пространстве почвы и легко доступен растениям после посева. Это объясняет тот факт, что растения имели большую высоту на начальном этапе вегетации.

Твердые органические удобрения были получены при компостировании, но при этом бурт был накрыт полиэтиленовой пленкой. Это создавало условия для получения не только нитратной, но также и аммонийной формы азота. Но при внесении в почву твердых органических удобрений растения получали меньше аммонийных форм азота на начальном этапе развития после посева и больше нитратных, поэтому в краткосрочных лабораторных исследованиях эффект твердых органических удобрений проявился не в полной мере. Однако по всем вариантам исследований органические удобрения увеличивали содержание

в почве подвижных фосфора и калия. Тенденция к снижению рН почвенного раствора была благоприятна для растений.

В целом внесение жидких органических удобрений было более эффективным.

Нормы органических удобрений рассматривались от 1 до 5 т/га для твердых удобрений и от 2 до 10 т/га для жидких. Нормы внесения были откорректированы по содержанию азота. Ранжирование норм органических удобрений позволило установить, что наиболее эффективной является норма внесения 4 т/га для твердых органических удобрений и 8 т/га для жидких. Полученные результаты исследований не противоречат данным других авторов [9, 12, 13].

Таким образом, исследование эффективности жидких органических удобрений, полученных методом метанового брожения при утилизации отходов сельскохозяйственного производства, и твердых органических удобрений, полученных при компостировании и утилизации отходов сельскохозяйственного производства, показало в лабораторном эксперименте, что при их применении повышается прирост зеленой массы яровой пшеницы на фоне увеличения подвижных элементов питания в почве.

В лабораторном эксперименте менее эффективным оказалось применение твердых органических удобрений по сравнению с жидкими.

Был сделан вывод, что наиболее эффективной нормой внесения удобрений для твердых органических удобрений является 4 т/га, а для жидких – 8 т/га.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. *Sustainable development of environment and energy aspects of methane fermentation on family farms in Poland* / J. Barwicki, A. Marczuk, D. Góral [et al.] [Электронный ресурс] // *Agricultural Science Euro-North-East*. – 2022. – Vol. 23 (1). – P. 110–116. – URL: https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/944?locale=en_US (дата обращения: 15.03.2023).

2. *Mebrate G., Tewodros A., Dawit A. Methane Production in Ruminant Animals: Implication for Their Impact on Climate Change*. [Электронный ресурс] // *Con Dai & Vet Sci*. – 2019. – Vol. 2 (4). – P. 204–211. – CDVS. MS.ID.000142. – URL: <https://lupinepublishers.com/dairy-veterinary-science-journal/pdf/CDVS.MS.ID.000142.pdf> (дата обращения: 04.03.2023).

3. *Precision agriculture and the future of farming in Europe* [Электронный ресурс] // *Scientific Foresight Study*. – IP/G/STOA/FWC/2013-1/Lot 7/SC5. – December 2016. – N 38. – P. 581–892. – URL: <https://lupinepublishers.com/dairy-veterinary-science-journal/pdf/CDVS.MS.ID.000112.pdf> (дата обращения: 02.02.2023).

4. *Mesophilic methane fermentation of chicken manure in a wide range of ammonia concentrations: stability, inhibition and recovery* / Q. Niu, W. Qiao, H. Qiang [et al.] [Электронный ресурс] // *Bioresourcetechol.* – 2013. – Vol. 7, N 137. – P. 358–671. – URL: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23597764/10> (дата обращения: 18.03.2023).

5. *Polischuk V.N., Titova L.L., Shvorov S.A. Estimation of Biogas Yield and Electricity Output during Cattle Manure Fermentation and Adding Vegetable Oil Sediment as a Co-substrate* [Электронный ресурс] // *Problemela Energetico Regeonale*. – 2019. – Vol. 2, N 43. – P. 117–132. – URL: <https://zenodo.org/record/3367054#.Y57VFyPP10w> (дата обращения: 04.03.2023).

6. *Enzmann F., Mayer F., Rother M. Methanogens: biochemical prerequisites and biotechnological applications* [Электронный ресурс] // *Journal that brings together research in the area of Applied and Industrial Microbiology (AMB Express)*. – 2018. – Vol. 8, N. 1 – P. 22. – URL: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-017-0531-x> (дата обращения: 22.03.2023).

7. *Study of Methane Fermentation of Cattle Manure in the Mesophilic Regime with the Addition of Crude Glycerine* / W. Romaniuk, I. Rogovskii, V. Polishchuk [et al.] [Электронный ресурс] // *Energies*. – 2022. – Vol. 15, N. 3439. – P. 1–13. – URL: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/9/3439> (дата обращения: 02.02.2023).

8. *Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility* / Andong Caia, Minggang Xua, Boren Wanga [et al.] // *Soil & Tillage Research*. – 2019. – Vol. 189 – P. 168–175.

9. Березнев А.П. Изменение основных показателей плодородия почвы в Оренбургской области // Достижения науки и техники АПК. – 2014. – № 1. – С. 11–14.
10. Сохранение плодородия и защита почвы от эрозии в степной зоне Южного Урала / В.Ю. Скороходов, Н.А. Максюттов, А.А. Зоров [и др.] // Плодородие. – 2021. – № 6. – С. 22–25. – DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06.
11. Достова Т.М. Влияние длительного сельскохозяйственного использования на гумусное состояние почв Южного Урала // Вестник ОГУ. – 2013. – № 10 (159). – С. 213–216.
12. Гамм Т.А. Оценка динамики агрохимических и экологических показателей почв в центральной части Оренбургской области / Т.А. Гамм, Е.С. Сермягина // Известия Оренбургского государственного аграрного университета. – 2018. – № 1 (69). – С. 14–16.
13. Максюттов Н.А., Жданов В.М., Лактионов О.В. Биологическое и ресурсосберегающее земледелие в степной зоне Южного Урала. – Оренбург, 2008. – 230 с.
14. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – 5-е изд., доп. и перераб. – М.: Агропромиздат, 1985. – 351 с.

REFERENCES

1. Barwicki J., Marczuk A., Góral D., Góral-Kowalczyk M., Nazarewicz S., Sustainable development of environment and energy aspects of methane fermentation on family farms in Poland [Elektronnyj resurs], *Agricultural Science Euro-North-East*, 2022, Vol. 23 (1), P. 110–116, Available at: https://www.agronauka-sv.ru/jour/article/view/944?locale=en_US (Accessed 15.03.2023).
2. Mebrate G., Tewodros A., Dawit A., Methane Production in Ruminant Animals: Implication for Their Impact on Climate Change [Elektronnyj resurs], *Con Dai & Vet Sci*, 2019, Vol. 2 (4), P. 204–211, CDVS. MS.ID.000142, Available at: <https://lupinepublishers.com/dairy-veterinary-science-journal/pdf/CDVS.MS.ID.000142.pdf> (Accessed 04.03.2023).
3. Precision agriculture and the future of farming in Europe [Elektronnyj resurs], *Scientific Foresight Study*, IP/G/STOA/FWC/2013-1/Lot 7/SC5, December 2016, N 38, P. 581–892, Available at: <https://lupinepublishers.com/dairy-veterinary-science-journal/pdf/CDVS.MS.ID.000112.pdf> (Accessed 02.02.2023).
4. Niu Q., Qiao W., Qiang H., Hojo T., Li Yy, Mesophilic methane fermentation of chicken manure in a wide range of ammonia concentrations: stability, inhibition and recovery [Elektronnyj resurs], *Bioresourcetechnol*, 2013, Vol. 7, N 137, P. 358 – 671, Available at: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23597764/10> (Accessed 18.03.2023).
5. Polischuk V.N., Titova L.L., Shvorov S.A., Estimation of Biogas Yield and Electricity Output during Cattle Manure Fermentation and Adding Vegetable Oil Sediment as a Co-substrate [Elektronnyj resurs], *Problemela Energetico Regeonale*, 2019, Vol. 2, N 43, P. 117–132, Available at: <https://zenodo.org/record/3367054#.Y57VFyPP10w> (Accessed 04.03.2023).
6. Enzmann F., Mayer F., Rother M., Methanogens: biochemical prerequisites and biotechnological applications [Elektronnyj resurs], *Journal that brings together research in the area of Applied and Industrial Microbiology (AMB Express)*, 2018, Vol. 8, N. 1, P. 22, Available at: <https://amb-express.springeropen.com/articles/10.1186/s13568-017-0531-x> (Accessed 22.03.2023).
7. Romaniuk W., Rogovskii I., Polishchuk V., Titova L., Borek K., Jan Wardal W., Shvorov S., Dvornyk Y., Sivak I., Drahniev S., Derevjanko D., Roman K., Study of Methane Fermentation of Cattle Manure in the Mesophilic Regime with the Addition of Crude Glycerine [Elektronnyj resurs], *Energies*, 2022, Vol. 15, N. 3439, P. 1 – 13, Available at: <https://www.mdpi.com/1996-1073/15/9/3439> (Accessed 02.02.2023).
8. Caia Andong, Xua Minggang, Wanga Boren, Zhanga Wenju, Liangb Guopeng, Houc Enqing, Luob Yiqi, Manure acts as a better fertilizer for increasing crop yields than synthetic fertilizer does by improving soil fertility [Elektronnyj resurs], *Soil & Tillage Research*, 2019, Vol. 189, P. 168–175.
9. Bereznev A.P. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*, 2014, No. 1, pp. 11–14. (In Russ.)
10. Skorohodov V.Yu., Maksyutov N.A., Zorov A.A., Mitrofanov D.V., Kaftan Yu.V., *Plodorodie*, 2021, No. 6, pp. 22–25, DOI: 10.25680/S19948603.2021.123.06. (In Russ.)
11. Dostova T.M. *Vestnik OGU*, 2013, No. 10 (159), pp. 213–216. (In Russ.)

12. Gamm T.A., Sermyagina E.S., *Izvestiya Orenburgskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2018, No. 1 (69), pp. 14–16. (In Russ.)
13. Maksyutov N.A., Zhdanov V.M., Laktionov O.V. *Biologicheskoe i resursosberegayushchee zemledelie v stepnoj zone Yuzhnogo Urala* (Biological and resource-saving agriculture in the steppe zone of the Southern Urals), Orenburg, 2008, 230 p.
14. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovanij)* (Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)), 5-e izd., Moscow: Agropromizdat, 1985, 351 p.