



Научная статья

УДК 633.2

doi: 10.55186/25876740_2026_69_1_116

ПОДБОР НОВЫХ КОРМОВЫХ КУЛЬТУР ДЛЯ УСЛОВИЙ КРИОЛИТОЗОНЫ

В.В. Осипова, В.В. Устинова, А.З. Платонова, М.И. КардашевскаяАрктический государственный агротехнологический университет,
Октёмский филиал, Якутск, Россия

Аннотация. В условиях криолитозоны на мерзлотных пойменных почвах Якутии в период 2023-2025 гг. проводились опыты по изучению формирования листовой поверхности в посевах нетрадиционных кормовых культур на кормовую продуктивность. Цель исследований — установить особенности формирования листовой поверхности в посевах нетрадиционных кормовых культур на кормовую продуктивность в условиях мерзлотных почв Республики Саха (Якутия). Объектами изучения являлись виды нетрадиционных кормовых культур: могоар Алтайский 23, пайза Стапайз, сорго сахарное Галия, сорго-суданковый гибрид Гвардеец, просо посевное Барнаульское 98. Посев проводился в три срока: первая декада июня (02.06, 04.06, 06.06), вторая декада июня (12.06, 14.06, 16.06) и третья декада июня (22.06, 24.06, 26.06). Учетная площадь опытных делянок 25 м², повторность четырехкратная. Размещение вариантов рендомизированное. Способ посева рядовой с междурядьем 30 см. Установлено, что по всем срокам посева изучаемые культуры развиваются в условиях криолитозоны медленно, пайза Стапайз и сорго сахарное Галия достигают осенью фазы выхода в трубку, сорго-суданковый гибрид Гвардеец — фазы начала колошения, Могоар Алтайский 23 и просо посевное Барнаульское 98 — фазы цветения растений. Наивысшие показатели площади листьев отмечены во втором сроке посева на посевах проса Барнаульское 98 (125,8 см²/раст), сорго сахарного Галия (125,4 см²/раст) и сорго-суданкового гибрида Гвардеец (140,0 см²/раст). Максимальный индекс листовой поверхности (3,4 и 3,1), высокий фотосинтетический потенциал (2230,0 и 1918,7 тыс.м² х дни/га) стимулировали наибольший выход зеленой массы на посевах пайзы Стапайз и проса Барнаульское 98 — 24,6 т/га и 27,5 т/га соответственно по культурам. Травостой пайзы Стапайз и проса Барнаульское 98 во втором сроке посева (2 декада июня) синтезируют за сутки в среднем за вегетацию по 2,62 и 2,33 г (м² х дни).

Ключевые слова: криолитозона, нетрадиционные кормовые культуры, площадь листьев, индекс листовой поверхности, фотосинтетический потенциал, чистая продуктивность фотосинтеза, урожайность, кормовая масса

Original article

SELECTION OF NEW FORAGE CROPS FOR CRYOLITHOZONE CONDITIONS

V.V. Osipova, V.V. Ustinova, A.Z. Platonova, M.I. Kardashevskaya

Arctic State Agrotechnological University, Oktinsky branch, Yakutsk, Russia

Abstract. Experiments to study leaf surface formation in non-traditional forage crops for forage productivity were conducted in the permafrost zone on permafrost floodplain soils of Yakutia from 2023 to 2025. The objective of the study was to establish the characteristics of leaf surface formation in non-traditional forage crops for forage productivity in the permafrost soils of the Republic of Sakha (Yakutia). The objects of study were non-traditional forage crops: Altayskiy 23 mogoar, Stapayz paiza, Galiya sweet sorghum, Gvardeets sorghum-sudangrass hybrid, and Barnaulskoye 98 millet. Sowing was carried out in three terms: the first ten days of June (02.06, 04.06, 06.06), the second ten days of June (12.06, 14.06, 16.06) and the third ten days of June (22.06, 24.06, 26.06). The accounting area of the experimental plots was 25 m², fourfold replication. The placement of variants was randomized. The sowing method was row with an inter-row spacing of 30 cm. It was found that, for all sowing terms, the studied crops developed slowly in the cryolithozone conditions, Stapayz paiza and Galiya sweet sorghum reached the booting phase in autumn, the sorghum-sudangrass hybrid Gvardeets — the beginning of heading phase, Mogoar Altayskiy 23 and Barnaulskoye 98 millet — the flowering phase of plants. The highest leaf area values were noted in the second sowing period for the crops of Barnaulskoye 98 millet (125.8 cm²/plant), Galiya sugar sorghum (125.4 cm²/plant) and the sorghum-sudak hybrid Gvardeets (140.0 cm²/plant). The maximum leaf area index (3.4 and 3.1) and high photosynthetic potential (2230.0 and 1918.7 thousand m² x days/ha) stimulated the highest yield of green mass in Stapayz paiza and Barnaulskoye 98 millet crops — 24.6 t/ha and 27.5 t/ha, respectively. The grass stands of Stapayz paiza and Barnaulskoye 98 millet in the second sowing period (2nd ten-day period of June) synthesize an average of 2.62 and 2.33 g (m² x days) per day during the growing season.

Keywords: cryolithozone, non-traditional forage crops, leaf area, leaf area index, photosynthetic potential, net photosynthetic productivity, yield, forage mass

Создание прочной кормовой базы для животноводства, основного направления сельского хозяйства в Якутии, представляет одну из самых сложных задач [2]. Виды кормовых трав, возделываемых в Якутии, не в полной мере отвечают требованиям современного сельскохозяйственного производства. Сдерживающим фактором широкого внедрения новых видов трав в производство является отсутствие высокоурожайных сортов, хорошо приспособленных к конкретным почвенно-климатическим условиям. В этой связи изучение альтернативных однолетних трав является весьма актуальным.

Многочисленными исследованиями ученых дана оценка нетрадиционным кормовым культурам по хозяйственно-ценным признакам: урожайности зеленой и сухой массы, фотосинтетической деятельности листовой поверхности [1, 5, 6, 7, 11, 12, 13]. Учеными Якутии было установлено, что гибрид сорго-суданковой травы, обладая высокой способностью приспосабливаться в неблагоприятных почвенно-кли-

матических условиях, способен давать высокие урожаи зеленой массы с хорошей питательностью [8].

Общеизвестно, что урожай растений определяется размерами их ассимиляционной поверхности, при этом представления об оптимальной площади для семенных и кормовых посевов сельскохозяйственных культур разноречивы [10]. Характеризуя взаимосвязь площади листьев, чистой продуктивности фотосинтеза и урожая, исследователи считают, что существует прямая связь между площадью листьев и урожаем. С возрастанием площади листовой поверхности ЧПФ посевов снижается, что дает основание говорить об оптимальной площади, при которой интенсивность фотосинтеза имеет высокие показатели и формирует максимальный урожай [3, 10]. Установлено также, что ЧПФ является более стабильным показателем по сравнению с площадью листьев. При больших различиях в площади листовой поверхности у разных сельскохозяйственных

культур и в разных агроэкологических условиях показатели интенсивности фотосинтеза могут быть весьма близкими. Тем не менее, ЧПФ посева является показателем, который характеризует рациональность его структуры, способность эффективно использовать солнечную энергию [3, 10].

Нами была поставлена **цель** — установить особенности формирования листовой поверхности в посевах нетрадиционных кормовых культур на кормовую продуктивность в условиях мерзлотных почв Республики Саха (Якутия).

Задачи исследований заключались в следующем:

1. Изучить влияние разных сроков посева на рост и развитие нетрадиционных кормовых культур.
2. Определить площадь листовой поверхности нетрадиционных кормовых культур.
3. Установить урожайность кормовой массы и продуктивность фотосинтеза изучаемых видов культур.



Объектами изучения являлись виды нетрадиционных кормовых культур:

1. Могар Алтайский 23;
2. Пайза Стапайз;
3. Сорго сахарное Галия;
4. Сорго-суданковый гибрид Гвардеец;
5. Просо посевное Барнаульское 98.

Условия, материалы и методы. Годы исследований — 2023-2025 гг. 2023 год — по обеспеченности влагой и теплом был сравнительно благоприятным для роста и развития сельскохозяйственных культур. Гидротермический коэффициент составил 0,94.

2024 год — по обеспеченности влагой и теплом характеризовался как неблагоприятный для роста и развития полевых культур. Гидротермический коэффициент составил около 0,27, что характеризует вегетационный период как сухой и жаркий в середине лета и относительно прохладный в конце вегетационного периода.

2025 год — обеспеченности влагой и теплом характеризовался как благоприятный для роста и развития полевых культур по сравнению с предыдущим годом. Гидротермический коэффициент был равен 0,7.

Исследования проводились в учебном хозяйстве Октёмского филиала ФГБОУ ВО Арктический ГАТУ, расположенном в Хангаласском районе Республики Саха (Якутия).

Почвы участка мерзлотно-пойменные луговые супесчаные. Агрохимический состав почвы характеризуется низким содержанием гумуса 2,0%, подвижного фосфора 189 мг/кг, подвижного калия 44 мг/кг, pH 8,3.

Посев проводился в три срока: первая декада июня (02.06, 04.06, 06.06), вторая декада июня (12.06, 14.06, 16.06) и третья декада июня (22.06, 24.06, 26.06).

Учетная площадь опытных делянок 25 м², повторность четырехкратная. Размещение вариантов рендомизированное. Способ посева рядовой с междурядьем 30 см. Учеты и наблюдения проводились по общепринятым методикам [4, 9].

Результаты и обсуждение. Необходимо отметить, что первая декада июня в Центральной

Якутии отличается недостатком активных температур и засушливостью, осадки практически отсутствуют, что характерно для местных условий. Действие этих факторов неблагоприятно сказывается в начальных фазах развития растений. Во второй декаде июня прослеживается повышение среднесуточных температур воздуха, однако осадки в достаточном количестве выпадают редко. В третьей декаде июня достаточное количество осадков способствуют быстрому и дружному появлению всходов, но растения развиваются медленнее, чем в предыдущие сроки посева по причине понижения среднесуточных температур в августе месяце.

Растения пайзы Стапайз и сорго сахарного Галия развиваются медленно по всем срокам посева, остаются осенью в фазе выхода в трубку; сорго-суданковый гибрид Гвардеец развивается до фазы начала колошения. Могар Алтайский 23 и просо посевное Барнаульское 98 в условиях мерзлотных пойменных почв достигают фазы цветения.

Тем не менее, изучаемые виды нетрадиционных кормовых культур формируют для условий криолитозоны листовую поверхность довольно эффективно. Так, разница в площади листьев по срокам посева кормовых культур варьировала в первом сроке от 108,4 до 136,8 см²/раст, во втором сроке — от 114,4 до 140,0 см²/раст и в третьем сроке посева — от 110,8 до 125,5 см²/раст.

Наивысшие показатели площади листьев отмечены в ценозах кормовых трав второго срока посева, когда растения были наиболее обеспечены теплом и влагой. В среднем за годы исследований максимальные значения площади листьев во втором сроке посева отмечены на посевах проса Барнаульское 98 (125,8 см²/раст), сорго сахарного Галия (125,4 см²/раст) и сорго-суданкового гибрида Гвардеец (140,0 см²/раст) (табл. 1). Однако, учитывая количество растений на единице площади, было установлено, что наивысший индекс листовой поверхности имеют пайза Стапайз (3,4) и просо Барнаульское 98 (3,1).

Оценивая влияние листовой поверхности на выход надземной массы растений, можно

отметить, что с увеличением индекса листовой поверхности повышается выход кормовой массы однолетних трав. Как видно из данных таблицы 2, второй срок посева (2 декада июня) способствует получению наивысших показателей урожайности кормовой массы нетрадиционных кормовых культур, при этом максимальный выход зеленой массы обеспечивают посевы с высоким индексом листовой поверхности — Пайза Стапайз (24,6 т/га) и просо Барнаульское 98 (27,5 т/га).

Как известно, площадь листовой поверхности определяет фотосинтетическую активность растений. В наших опытах обнаружена связь между площадью листовой поверхности и фотосинтетического потенциала (ФП) нетрадиционных кормовых трав, где с увеличением фотосинтетического потенциала растений возрастает урожайность кормовой массы по видам изучаемых культур. Из данных таблицы 3 видно, что наивысшие показатели ФП имеют травостои второго срока посева (2 декада июня), при этом кормовые культуры с наибольшей урожайностью зеленой массы Пайза Стапайз (24,6 т/га) и просо Барнаульское 98 (27,5 т/га) обладают высоким фотосинтетическим потенциалом — 2230,0 и 1918,7 тыс.м² х дни/га. У остальных видов изучаемых культур во втором сроке посева этот показатель варьирует в пределах от 1156,2 тыс. м² х дни/га у сорго-суданкового гибрида Гвардеец до 1312,8 тыс. м² х дни/га у сорго сахарного Галия.

Чистая продуктивность фотосинтеза (ЧПФ), характеризующая интенсивность фотосинтеза агроценозов, представляет собой количество сухой массы растений в граммах, синтезируемое 1 м² листовой поверхности за сутки [10]. По результатам наших наблюдений у видов нетрадиционных культур, имеющих высокие показатели индекса листовой поверхности и ФП посевов, отмечается наибольшая интенсивность фотосинтеза (табл. 3). Так, посевы пайзы Стапайз и проса Барнаульское 98 во втором сроке посева (2 декада июня) синтезируют за сутки в среднем за вегетацию по 2,62 и 2,33 г (м² х дни).

Таблица 1. Листовая поверхность однолетних кормовых культур (в среднем за 2023-2025 гг.)
Table 1. Leaf area of annual forage crops (average for 2023-2025)

№	Вид, сорт	Сроки посева					
		1 декада июня		2 декада июня		3 декада июня	
		Площадь листьев, см ² /раст	Индекс листовой поверхности	Площадь листьев, см ² /раст	Индекс листовой поверхности	Площадь листьев, см ² /раст	Индекс листовой поверхности
1	Могар Алтайский 23	118,4	2,4	120,2	2,4	110,8	2,2
2	Пайза Стапайз	113,8	3,4	114,4	3,4	111,0	3,3
3	Просо Барнаульское 98	120,6	3,0	125,8	3,1	114,6	2,9
4	Сорго сахарное Галия	108,4	2,2	125,4	2,5	120,8	2,4
5	Сорго-суданковый гибрид Гвардеец	136,8	2,0	140,0	2,1	125,5	1,8

Таблица 2. Выход кормовой массы однолетних кормовых культур, т/га (в среднем за 2023-2025 гг.)
Table 2. Forage yield of annual forage crops, t/ha (average for 2023-2025)

№	Вид, сорт	Сроки посева					
		1 декада июня		2 декада июня		3 декада июня	
		Урожайность					
		Зеленой массы	Абс. сухой массы	Зеленой массы	Абс. сухой массы	Зеленой массы	Абс. сухой массы
1	Могар Алтайский 23	16,0	6,08	16,5	6,60	15,1	5,74
2	Пайза Стапайз	22,0	8,80	24,6	9,10	20,1	7,44
3	Просо Барнаульское 98	23,0	8,74	27,5	10,45	21,5	5,38
4	Сорго сахарное Галия	13,1	4,92	18,5	7,03	17,4	6,61
5	Сорго-суданковый гибрид Гвардеец	14,6	5,11	15,8	5,85	15,0	5,70
	НСР ₀₅	-	0,65	-	0,80	-	0,68



Таблица 3. Фотосинтетический потенциал однолетних кормовых культур, (в среднем за 2023-2025 гг.)
Table 3. Photosynthetic potential of annual forage crops, (average for 2023-2025)

№	Вид, сорт	Сроки посева					
		1 декада июня		2 декада июня		3 декада июня	
		ФП, тыс.м ² х дни/га	ЧПФ, г (м ² х дни)	ФП, тыс.м ² х дни/га	ЧПФ, г (м ² х дни)	ФП, тыс.м ² х дни/га	ЧПФ, г (м ² х дни)
1	Могар Алтайский 23	1285,0	1,56	1290,3	1,74	1186,8	1,63
2	Пайза Стапайз	2210,6	2,40	2230,0	2,62	2152,1	2,27
3	Просо Барнаульское 98	1824,4	2,06	1918,7	2,33	1752,5	1,86
4	Сорго сахарное Галия	1196,3	1,41	1312,8	1,62	1275,6	1,49
5	Сорго-суданковый гибрид Гвардеец	1080,6	1,23	1156,2	1,57	1052,9	1,15

Таким образом, опыты по изучению разных видов нетрадиционных кормовых культур показали целесообразность их выращивания в условиях криолитозоны для получения надземной массы на корм.

Выводы. В условиях мерзлотных пойменных почв Якутии растения пайзы Стапайз и сорго сахарного Галия во всех сроках посева достигают осенью фазы выхода в трубку; сорго-суданковый гибрид Гвардеец развивается до фазы начала колосения, Могар Алтайский 23 и просо посевное Барнаульское 98 остаются в фазе цветения растений.

Посев нетрадиционных кормовых культур во второй декаде июня способствует получению наибольшей урожайности зеленой массы на пайзе Стапайз (24,6 т/га) и просе Барнаульское 98 (27,5 т/га), которые обладают высоким фотосинтетическим потенциалом — 2230,0 и 1918,7 тыс.м² х дни/га и синтезируют за сутки по 2,62 и 2,33 г (м² х дни) листовой поверхности.

Для получения наивысших показателей урожайности зеленой массы нетрадиционных кормовых культур достижения высокой интенсивности фотосинтеза рекомендуется проводить посев во второй декаде июня.

Список источников

- Болдырева Л.Л., Бритвин В.В., Юдина В.Н. Оценка комбинационной способности сорго сахарного по урожайности зелёной массы методом неполного топкросса // Известия сельскохозяйственной науки Тавриды. 2020. № 22 (185). С. 5-11.
- Государственная программа Республики Саха (Якутия) «Комплексное развитие сельских территорий на 2020-2025 годы» // Якутск, 2021. 190 с.
- Денисов Г.В., Осипова В.В. Фотосинтетическая деятельность посевов люцерны в условиях криолитозоны // Известия Международной академии аграрного образования. 2013. № 16. Т.1. С. 19-22.
- Доспехов Б.А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). М.: Агропромиздат, 1985. 351 с.

Информация об авторах:

- Осипова Валентина Валентиновна**, доктор сельскохозяйственных наук, доцент, заведующий кафедрой агрономии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7738-5485>, luzerna_2008@mail.ru
Устинова Васена Васильевна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1155-2244>, vasyona_8@mail.ru
Платонова Агафья Захаровна, кандидат сельскохозяйственных наук, доцент кафедры агрономии, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4999-8097>, agafya.platonova.2016@mail.ru
Кардашевская Мария Иннокентьевна, аспирант, marikar1982@mail.ru

Information about the authors:

- Valentina V. Osipova**, doctor of agricultural sciences, associate professor, head of the agronomy department, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-7738-5485>, luzerna_2008@mail.ru
Vasena V. Ustinova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agronomy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-1155-2244>, vasyona_8@mail.ru
Agafya Z. Platonova, candidate of agricultural sciences, associate professor of the department of agronomy, ORCID: <http://orcid.org/0000-0003-4999-8097>, agafya.platonova.2016@mail.ru
Maria I. Kardashevskaya, postgraduate student, marikar1982@mail.ru

5. Капустин С.И., Володин А.Б., Кравцов В.В., Капустин А.С. Могар — ценная кормовая культура // Таврический вестник аграрной науки. 2018. № 4 (16). С. 42-49.

6. Капустин С.И., Багринцева Н.А., Самойленко А.В., Капустин А.С. Влияние сроков скашивания на качественные показатели воздушно-сухой массы могоара, чумизы и пайзы // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. 2025. № 1 (73). С. 22-27.

7. Ковтунова Н.А., Ковтунов В.В. Влияние уровня влагообеспеченности на урожайность и питательную ценность сорговых культур // Сибирский вестник сельскохозяйственной науки. 2024. Т. 54. № 2. С. 22-30.

8. Константинова Н.К., Павлова С.А. Перспективы сорго-суданкового гибрида в кормопроизводстве Якутии // Вестник АГАТУ. 2024. № 4 (16). С. 42-48.

9. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур. М.: Колос, 1989. Вып. 2. 270 с.

10. Посыпанов Г.С., Долгодворов В.Е., Жерухов Б.Х. и др. Растениеводство. Москва: Колос. 2006. С. 57.

11. Сидоренко, Бобков С.В., Котляр А.И., Гуринович С.О., Старикова Ж.В. Ареал проса посевного в России // Земледелие. 2012. № 5. С. 9-12.

12. Tynykulov M.K., Malitskaya N.V., Tleppayeva A.A., Auzhanova M.A. Productivity of forage crops in the steppe zone of the Northern Kazakhstan // Intellect, Idea, Innovation. 2024. № 3. С. 99-107.

13. Шулико Н.Н., Тимохин А.Ю., Тукмачева Е.В., Бойко В.С. Оценка биологической активности почвы под sorghum x drummondii (steud.) millsp. & chase при применении минеральных удобрений // Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture. 2024. Т. 16. № 5. С. 243-261.

References

- Boldyreva, L.L., Britvin, V.V. & Yudina V.N. (2020). Otsenka kombinatsionnoi sposobnosti sorgo sakharnogo po urozhainosti zelenoi massy metodom nepolnogo topkrossa [Evaluation of the combining capacity of sweet sorghum for green mass yield using the incomplete topcrossing method]. *News of Agricultural Science of Taurida*, no. 22 (185), pp. 5-11.
- Ministry of Agriculture of the Republic of Sakha (Yakutia) (2021). *Gosudarstvennaya programma Respubliki Sakha (Yakutiya) «Kompleksnoe razvitie selskikh territorii na 2020-2025 gody»*.
- Denisov G.V., Osipova V.V. (2013). *Fotosinteticheskaya deyatelnost' posevov lyutserny v usloviyakh kriolitozony* [Pho-

tosynthetic activity of alfalfa crops in cryolithozone conditions]. *News of the International Academy of Agrarian Education*, vol.1, no.16, pp. 19-22.

4. Dospikhov B.A. (1985). *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoi obrabotki rezul'tatov issledovaniya)* [Methodology of field experiment (with the basics of statistical processing of research results)], Moscow, Agropromizdat.

5. Kapustin S.I., Volodin A.B., Kravtsov V.V. & Kapustin A.S. (2018). *Mogar — tsennaya kormovaya kul'tura* [Mogar is a valuable forage crop]. *Tavrichesky Bulletin of Agrarian Science*, no. 4 (16), pp. 42-49.

6. Kapustin S.I., Bagrintseva N.A., Samoilenko A.V. & Kapustin A.S. (2025). *Vliyaniye srokov skashivaniya na kachestvennyye pokazateli vozdušno-sukhoi massy mogara, chumizy i pazy* [The influence of mowing timing on the quality indicators of air-dry mass of mogar, chumiza and paiza]. *Bulletin of the Bashkir State Agrarian University*, no. 1 (73), pp. 22-27.

7. Kovtunova N.A., Kovtunov V.V. (2024). *Vliyaniye urovnya vlagobespechennosti na urozhainost' i pitatel'nuyu tsnennost' sorgovykh kul'tur* [The influence of moisture supply on the yield and nutritional value of sorghum crops]. *Siberian Bulletin of Agricultural Science*, vol. 54, no. 2, pp. 22-30.

8. Konstantinova N.K., Pavlova S.A. (2024). *Perspektivy sorgo-sudankovogo gibrida v kormoproizvodstve Yakutii* [Prospects of the sorghum-sudacorn hybrid in forage production in Yakutia]. *AGATU Bulletin*, no. 4 (16), pp. 42-48.

9. Fedin M. (ed) (1989). *Metodika gosudarstvennogo sortoispytaniya selskokhozyaystvennykh kul'tur* [Methodology of state variety testing of agricultural crops], Moscow, Kolos.

10. Posypanov G.S., Dolgodvorov V.E. Zherukhov B.KH. & others (2006). *Rastenievodstvo* [Plant growing], Moscow, Kolos.

11. Sidorenko, Bobkov S.V., Kotlyar A.I., Gurinovich S.O. & Starikova Zh.V. (2012). *Areal prosa posevnogo v Rossii* [The range of millet in Russia]. *Zemledelie*, no. 5, pp. 9-12.

12. Tynykulov M.K., Malitskaya N.V., Tleppayeva A.A. & Auzhanova M.A. (2024). *Rroductivity of forage crops in the steppe zone of the Northern Kazakhstan*. *Intellect, Idea, Innovation*, no 3, pp. 99-107.

13. Shuliko N.N., Timokhin A.YU., Tukmacheva E.V. & Boiko V.S. (2024). *Otsenka biologicheskoi aktivnosti pochvy pod sorghum x drummondii (steud.) millsp. & chase pri primeneni mineralnykh udobrenii* [Evaluation of the biological activity of soil under sorghum with Drummondia (steud.) millsp. & hour with the use of mineral fertilizers]. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*, vol. 16, no. 5, pp. 243-261.