

АФР АДАПТИВНОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО

Научный журнал ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», № 3 (сентябрь) 2025



**НАУЧНО-ПРАКТИЧЕСКИЙ МЕЖДУНАРОДНЫЙ ЭЛЕКТРОННЫЙ ЖУРНАЛ
«АДАПТИВНОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО»**

№ 3 (сентябрь) 2025

DOI: 10.33814/AFR-2222-5366-2025-3

Учредитель и издатель журнала –
Федеральное государственное бюджетное научное учреждение
«Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса»
(ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»)

Главный редактор –
Клименко В.П. – доктор сельскохозяйственных наук,
руководитель Испытательного центра по оценке качества и стандартизации кормов
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
E-mail: vniikormov@mail.ru

Редакторы –
Георгиади Н.И., Свечникова Г.Н.
E-mail: adaptagro@vniikormov.ru

Верстка и дизайн: Георгиади Н.И.

Журнал зарегистрирован в Федеральной службе по надзору в сфере
информационных технологий и массовых коммуникаций Роскомнадзор.
Свидетельство о регистрации Эл № ФС77-41724 от 20.08.2010 г.

Адрес редакции:

141055 Россия
Московская область г. Лобня,
ул. Научный городок, корп. 1,
ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
E-mail: adaptagro@vniikormov.ru
<http://www.adaptagro.ru>
Тел.: +7(495) 577 73 37

**SCIENTIFIC-PRACTICAL INTERNATIONAL ON-LINE JOURNAL
ADAPTIVE FODDER PRODUCTION**

№ 3 (September) 2025

DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3

Founder and publisher –
Federal State Budget Sciences Institution «Federal Williams Research Center
of Forage Production and Agroecology»
(FWRC FPA)

Editor-in-Chief
Vladimir Klimenko
Doctor of Agricultural Sciences,
Head of the Testing Center for Quality Assessment and Standardization of Feeds
of the Federal Scientific Center «FWRC FPA»
E-mail: vniikormov@mail.ru

Editors:
Nelly Georgiadi, Galina Svechnikova
FWRC FPA
E-mail: adaptagro@vniikormov.ru

Page makeup and design
N. Georgiadi

Registration Certificate
ЭП № ФС77-41724 (20.08.2010)

Contact:
141055 Nauchnyi gorodok str., k. 1 Lobnya,
Moscow Region, Russia
Federal State Budget Sciences Institution «Federal Williams Research Center
of Forage Production and Agroecology»
E-mail: adaptagro@vniikormov.ru
<http://www.adaptagro.ru>
Tel.: +7(495) 577 73 37

СОДЕРЖАНИЕ

ОСОБЕННОСТИ СОРТОВОЙ ДНК-ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (<i>Lotus corniculatus</i> L.).....	6–13
Душкин В.А., Шамустакимова А.О., Рекашус Э.С. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»	
ФОРМИРОВАНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ КАМФОРОСМЫ ЛЕССИНГА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ПРИКАСПИИ.....	14–26
Санжеев В.В., Шамсутдинов Н.З., Шамсутдинова Э.З., Нидюлин В.Н., Шамсутдинов З.Ш. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»	
ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД НА РЕГЕНЕРАЦИЮ IN VITRO <i>JUNIPERUS SABINA</i> L.	27–34
Uuganzaya M., Altantsetseg L. Research Institute of Animal Husbandry, Mongolia	
ПРОВОКАЦИОННЫЕ ФОНЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗИМОСТОЙКИХ ГЕНОТИПОВ ЛЮЦЕРНЫ.....	35–42
Ионов А.А. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»	
ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВСЯНИЦЫ КРАСНОЙ НА СЕМЕНА	43–58
Золотарев В.Н. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»	
ВЛИЯНИЕ ЗЕРНА ЯРОВОГО РАПСА СОРТА ВЕЛЕС НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ.....	59–67
Зверкова З.Н., Косолапов В.М., Клименко В.П., Попова П.В. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»	
ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ТРАВ МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ИХ ИСПАРЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ.....	68–81
Отрошко С.А., Шевцов А.В., Косолапов В.М. ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»	

CONTENT

FEATURES OF VARIETAL DNA IDENTIFICATION IN *Lotus corniculatus* L. SAMPLES6–13

Dushkin V.A., Shamustakimova A.O., Rekashus E.S.

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

FORMATION, STUDY AND USE IN BREEDING OF *CAMPHOROSMALESSINGII* POPULATIONS IN THE NORTHWESTERN NEAR CIRCUM-CASPIAN SEA REGION.....14–26

Sanzheev V.V., Shamsutdinov N.Z., Shamsutdinova E.Z., Nidyulin V.N., Shamsutdinov Z.Sh.

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

EFFECTS OF GROWTH REGULATORS AND COMPOSITION OF NUTRIENT MEDIA ON *IN VITRO* REGENERATION OF *JUNIPERUS SABINA* L.....27–34

Uganzaya M., Altantsetseg L.

Research Institute of Animal Husbandry, Mongolia

PROVOCATIVE CONDITIONS FOR THE ISOLATION OF WINTER-HARDY ALFALFA GENOTYPES.....35–42

Ionov A.A.

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL METHODS FOR CULTIVATION OF RED FESCUE FOR SEEDS43–58

Zolotarev V.N.

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

EFFECT OF RAPESEED VELLE'S GRAIN ON THE PRODUCTIVITY AND ZOOTECHNICAL PARAMETERS AT GROWING OF CHICKEN-BROILERS.....59–67

Zverkova Z.N., Kosolapov V.M., Klimenko V.P., Popova P.V.

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF GRASS CONDITIONING BY DETERMINING THE AREA OF THEIR EVAPORATING SURFACE68–81

Otroshko S.A., Shevtsov A.V., Kosolapov V.M.

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

УДК 631.523

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-6-13

ОСОБЕННОСТИ СОРТОВОЙ ДНК-ИДЕНТИФИКАЦИИ ОБРАЗЦОВ ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (*Lotus corniculatus* L.)

В.А. Душкин, научный сотрудник
А.О. Шамустакимова, старший научный сотрудник
Э.С. Рекашус, старший научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1
va_dushkin@vniikormov.ru

FEATURES OF VARIETAL DNA IDENTIFICATION IN *Lotus corniculatus* L. SAMPLES

V.A. Dushkin, Researcher
A.O. Shamustakimova, Senior Researcher
E.S. Rekashus, Senior Researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1
va_dushkin@vniikormov.ru

Проведена молекулярно-генетическая идентификация зашифрованных образцов лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) с использованием маркерных систем iPBS (*Inter-Primer Binding Site*) и SRAP (*Sequence-Related Amplified Polymorphism*). Цель исследования заключалась в установлении соответствия этих образцов эталонным сортам Смоленский 1, Луч и Чепрасовский. В качестве объекта исследования использовалась коллекция, содержащая как известные сорта, так и зашифрованные образцы этих же сортов, но полученные в разные годы. Геномную ДНК выделяли из семидневных проростков, используя суммарную навеску 30 генотипов на сорт. После скрининга для анализа были отобраны три информативные комбинации SRAP-праймеров (ME3-EM3, F9-R14, F11-R14) и три iPBS-праймера (2217, 2257, 2239), выявляющие межсортной полиморфизм. Продукты ПЦР разделяли электрофорезом в агарозном геле, а полученные бинарные матрицы анализировали методом главных координат (РСоА) в программе GenAlEx 6.5. Первые две координаты РСоА объяснили 57,44% общей молекулярной дисперсии. Результаты показали, что ДНК-профили зашифрованных образцов не образуют четких кластеров с эталонными сортами, что исключает их однозначную идентификацию. Наблюдаемые различия между биологическими повторностями известных сортов подтверждают генетический дрейф, характерный для перекрестноопыляемых культур, и обосновывают законодательное требование о периодическом обновлении генетических паспортов каждые три–пять лет для достоверной сортовой идентификации.

Ключевые слова: *Lotus corniculatus* L., генетическая идентификация, iPBS-маркеры, SRAP-маркеры, анализ главных координат.

This study focuses on molecular-genetic identification of encrypted samples of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) using Inter-Primer Binding Site (iPBS) and Sequence-Related Amplified Polymorphism (SRAP) marker systems. The research aimed to verify whether the encrypted samples genetically match the reference varieties Smolensky 1, Luch, and Cheprasovsky. The analysis involved a collection of known reference samples and encrypted accessions of the same varieties but from different harvest years. Genomic DNA was isolated from seven-day-old seedlings using a pooled sample of 30 genotypes per variety. Following preliminary screening, three informative SRAP primer combinations (ME3-EM3, F9-R14, F11-R14) and three iPBS primers (2217, 2257, 2239) revealing interspecific polymorphism were selected for analysis. The PCR products were separated by agarose gel electrophoresis, and the resulting binary matrices were processed using principal coordinate analysis (PCoA) in GenAlEx 6.5. The first two PCoA coordinates explained 57.44% of the total molecular variance. The results demonstrated that the DNA profiles of the encrypted samples did not form clear clusters with the reference varieties, preventing their unambiguous identification. The observed genetic drift between biological replicates of the known varieties underscores the inherent variability in this cross-pollinating species and validates the legislative requirement for periodic updates of genetic reference passports every 3-5 years to ensure reliable cultivar identification.

Keywords: *Lotus corniculatus* L., genetic identification, iPBS markers, SRAP markers, principal coordinate analysis.

Введение. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) — многолетнее бобовое растение высотой от 30 до 80 см, имеющее тонкие голые стебли и развитую стержневую корневую систему. Листья ланцетные или продолговатояйцевидные, опушение отсутствует. Период цветения длится с мая по октябрь, а размножение происходит преимущественно семенами, хотя и возможны вегетативные способы. Опыление осуществляется насекомыми, но не исключено самоопыление. Важной особенностью лядвенца, как и многих других бобовых, является его способность формировать долговременный запас семян в почве, сохраняющий всхожесть до 65 лет, что обеспечивает устойчивость популяции даже в неблагоприятных условиях [1].

Лядвенец обладает уникальной способностью к симбиотической азотфиксации, накапливая до 140 кг/га атмосферного азота, что полностью исключает необходимость применения минеральных азотных удобрений. Культура

отличается высокой адаптивностью: она успешно растет даже на бедных кислых почвах, включая участки с низким содержанием фосфора, где другие бобовые не дают хороших урожаев. Лядвенец устойчив к временному переувлажнению, засухе и морозам, что делает его ценным растением для рекультивации деградированных земель [2; 3].

Благодаря развитию молекулярно-генетических технологий у селекционеров появились новые возможности для отбора перспективных линий лядвенца рогатого. С использованием современных методов стало возможно достоверно верифицировать даже близкородственный генетический материал, что особенно важно для контроля подлинности сортов [4].

Цель текущего исследования заключалась в сортовой идентификации зашифрованных образцов лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) с применением iPBS и SRAP маркерных систем.

Материалы и методы. Объектом исследования служила коллекция, состоящая из трех известных образцов (сорта Смоленский 1, Луч, Чепрасовский) и четырех зашифрованных (включая дополнительно сорт Иржа) (рис. 1).



Рис. 1. Проростки зашифрованных образцов, используемых в анализе

Коллекцию сформировали, подобрав для трех зашифрованных образцов парус-контроль в виде того же сорта, но другого года репродукции (табл. 1).

1. Сводная информация по годам урожая анализируемых образцов

Сорт, образец	Год урожая
Луч	2022
Чепрасовский	2019
Смоленский 1	2019
а.1	1996
а.2	2024
а.3	2024
а.4	2017

Геномную ДНК для анализа выделяли модифицированным SDS-методом из семидневных проростков [5]. Для каждого сорта использовали суммарную навеску растительной ткани, состоящую из 30 генотипов. Для повышения достоверности результатов известные образцы анализировались в трех биологических повторностях.

Для молекулярно-генетического анализа применяли 31 SRAP-комбинацию

и 10 одиночных iPBS-праймеров, взятых из литературных источников [6; 7; 8].

Реакционная смесь для ПЦР общим объемом 20 мкл содержала следующие компоненты: 3 мкл 10x Taq Turbo Buffer; 0,4 мкл 50x dNTP mix; 0,4 мкл Taq-ДНК-полимеразы (5U); 1 мкл геномной ДНК (30 нг/мкл), а также 0,5 мкМ праймера (для iPBS) или по 0,5 мкМ прямого и обратного праймеров (для SRAP).

Амплификацию проводили в термодиспетчере С-1000 («BioRad», США). Разделяли ПЦР-продукты с помощью электрофореза в 1,6%-ном агарозном геле (LE2, «Lonza», США). Размеры определяли в сравнении с маркером-стандартом Step 100 Long («Biolabmix», Россия). Документирование результатов проводили с помощью системы «Gel Doc™ XR+» (Bio-Rad, USA). Анализ методом главных координат (РCoA-анализ) был выполнен с использованием программного обеспечения GenAlEx v. 6.5 [9]. Индексы генетического сходства и дистанции не рассчитывали в программе PopGene.

Результаты и обсуждение. После предварительного скрининга из 31 комбинации SRAP-праймеров были отобраны три наиболее информативные (ME3-EM3, F9-R14 и F11-R14), ранее использованные нами для выявления генетического разнообразия и составления молекулярных формул [10]. При тестировании 10 одиночных iPBS также было определено три праймера (PBS 2217, PBS 2257, PBS 2239), выявляющих межсортовой полиморфизм. На рисунке 2 представлены показательные электрофореграммы с маркерными системами SRAP и iPBS.

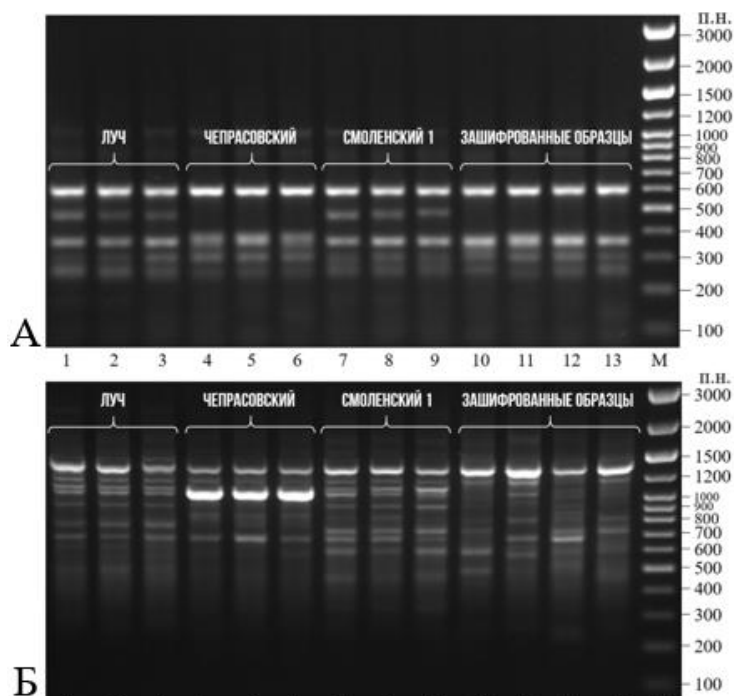


Рис. 2. Электрофореграмма продуктов ПЦР образцов лядвенца рогатого:

А – с комбинацией SRAP-праймеров ME3-EM3; Б – с единичным iPBS праймером PBS 2239

1–3 — Луч (балк-Л 1.1–1.3); 4–6 — Чепрасовский (балк-Ч. 1.1–1.3);

7–9 — Смоленский 1 (балк-С 1.1–1.3); 10–13 – зашифрованные образцы (а.1-а.4),

М — маркер молекулярной массы 100 bp «Biolabmix», Россия

Для того чтобы проанализировать полученный результат, необходимо привести расшифровку образцов и составить

пару «контроль–образец», используя попарное сравнение бинарных матриц (табл. 2).

2. Попарное сравнение анализируемой коллекции на основании бинарных матриц

Известные образцы		Зашифрованные образцы		Количество различающих пару «контроль-образец» дескрипторов*		
				Биологическая повторность		
Сорт	Год урожая	Шифр	Год урожая	1	2	3
Луч	2022	a.3	2024	7 SRAP	7 SRAP	6 SRAP
				11 iPBS	11 iPBS	11 iPBS
Чепрасовский	2019	a.2	2024	6 SRAP	5 SRAP	5 SRAP
				9 iPBS	11 iPBS	13 iPBS
Смоленский 1	2019	a.1	1996	7 SRAP	8 SRAP	11 SRAP
				7 iPBS	8 iPBS	8 iPBS
Иржа	—	a.4	2017	—	—	—

*Количество полиморфных бэндов при попарном сравнении бинарных матриц контроля и зашифрованного образца

Исходя из данных таблицы 2, можно сделать вывод, что вне зависимости от года урожая сравниваемой пары профиль ДНК различается. При этом если общее число полиморфных бэндов при попарном сравнении варьировало от 14 до 19, то на iPBS систему приходилось большее число (от 9 до 13) для сортов Луч и Чепрасовский. Исключением стал сорт Смоленский 1, для которого iPBS система выявила меньшее число поли-

морфных бэндов в отличие от комбинаций SRAP-маркеров.

Из таблицы 2 также видно, что при анализе всех трех сортов наблюдаются вариации в ДНК-профилях биологических повторностей.

Для визуализации наблюдаемых различий на основе бинарных матриц, объединяющих данные по обоим маркерным системам, был проведен анализ главных координат (PCoA) (рис. 3).

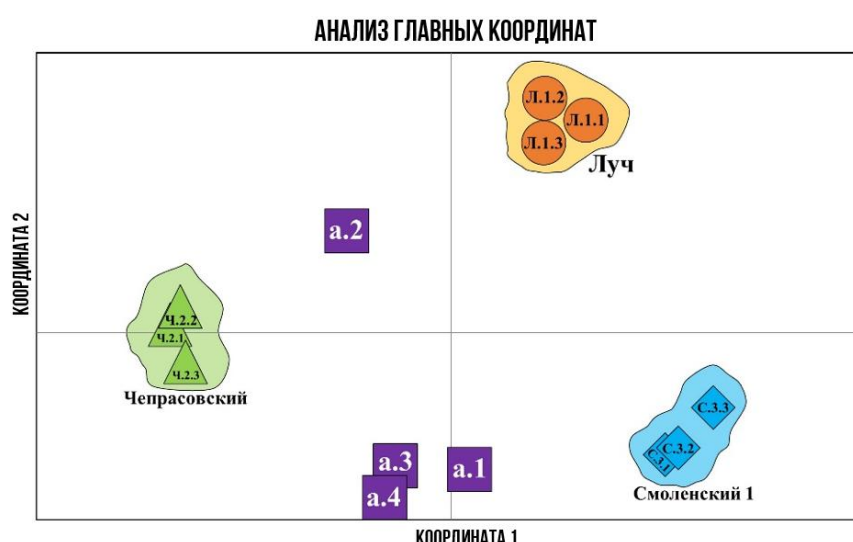


Рис. 3. PCoA-анализ генотипирования образцов лядвенца рогатого, проведенного с применением SRAP и iPBS маркеров

Л.1.1–Л.1.3 — Луч; Ч.2.1–Ч.2.3 — Чепрасовский; С.3.1–С.3.3 — Смоленский 1;
a.1–a.4 — зашифрованные образцы

На графике (рис. 3) наблюдаются три четких кластера (отмеченных цветом). При этом в биологических повторностях видны различия, которые позволяют отнести такой образец (1.1, 1.2 или 1.3) к тому или иному сорту. Зашифрованные образцы а.1, а.3 и а.4 не образуют четких кластеров с известными сортами, что исключает возможность их точной идентификации. Образец а.2 занимает промежуточное положение между сортами

Луч и Чепрасовский, что также не позволяет однозначно установить его принадлежность к сорту.

Поскольку метод анализа главных координат не позволил выявить сортовую принадлежность зашифрованных образцов, нами были определены дистанции Нея и индекс генетического сходства для выявления филогенетических отношений между образцами (табл. 3).

3. Индексы генетического сходства (над диагональю) и дистанции Нея (под диагональю)

Образец	Л.1.1	Л.1.2	Л.1.3	Ч.1.1	Ч.1.2	Ч.1.3	С.1.1	С.1.2	С.1.3	а.1	а.2	а.3	а.4
Л.1.1	****	0,9649	0,9123	0,5614	0,5965	0,5439	0,6842	0,7018	0,7018	0,6491	0,6491	0,6842	0,614
Л.1.2	0,0357	****	0,9123	0,5614	0,5965	0,5439	0,6842	0,6667	0,7018	0,614	0,6842	0,6491	0,5789
Л.1.3	0,0918	0,0918	****	0,5789	0,614	0,5614	0,7018	0,6842	0,7193	0,5965	0,6667	0,7018	0,5965
Ч.1.1	0,5773	0,5773	0,5465	****	0,9649	0,8772	0,5614	0,5439	0,5088	0,6316	0,7368	0,7368	0,6667
Ч.1.2	0,5167	0,5167	0,4877	0,0357	****	0,9123	0,5614	0,5789	0,5439	0,6316	0,7368	0,7368	0,7018
Ч.1.3	0,6091	0,6091	0,5773	0,5773	0,131	****	0,5439	0,5614	0,5263	0,614	0,6842	0,7544	0,6491
С.1.1	0,3795	0,3795	0,3542	0,5773	0,5773	0,6091	****	0,9123	0,8772	0,7544	0,6491	0,7544	0,6491
С.1.2	0,3542	0,4055	0,3795	0,6091	0,5465	0,5773	0,0918	****	0,8947	0,7018	0,6316	0,7368	0,7018
С.1.3	0,3542	0,3542	0,3295	0,6758	0,6091	0,6419	0,131	0,1112	****	0,6667	0,6316	0,7018	0,5965
а.1	0,4321	0,4877	0,5167	0,4595	0,4595	0,4877	0,2819	0,3542	0,4055	****	0,614	0,8246	0,8246
а.2	0,4321	0,3795	0,4055	0,3054	0,3054	0,3795	0,4321	0,4595	0,4595	0,4877	****	0,7193	0,614
а.3	0,3795	0,4321	0,3542	0,3054	0,3054	0,2819	0,2819	0,3054	0,3542	0,1929	0,3295	****	0,8246
а.4	0,4877	0,5465	0,5167	0,4055	0,3542	0,4321	0,4321	0,3542	0,5167	0,1929	0,4877	0,1929	****

Из таблицы 3 видно, что наиболее сходны между собой биологические повторности одного сорта (подсвечены красным сверху и темно-синим снизу). Индекс их генетического разнообразия варьировал от 0,8772 до 0,9649, при этом значения дистанций Нея между ними были минимальны (от 0,0357 до 0,1310). При сопоставлении данных, представленных в таблице, с данными РСоА также выявляется общее сходство зашифрованных образцов а.1, а.3 и а.4 между собой и их сильное отличие от образца под номером а.2. При попарном сравнении зашифрованных образцов с контрольными (отмечены коричневой, зеленой и синей рамками) выявлены следующие индексы генетического сходства:

0,6842–0,7018; 0,6842–0,7368; 0,6667–0,7544 для пар Луч–а.3, Чепрасовский–а.2 и Смоленский 1–а.1 соответственно. Дистанции Нея для таких пар находились в диапазоне от 0,2819 до 0,4320, превышая значения, полученные нами для биологических повторностей. Основываясь на анализе главных координат и анализе индексов генетического сходства, можно сделать вывод о генетической удаленности между зашифрованными и контрольными образцами.

Выводы. Проведенный генетический анализ не выявил соответствия между ДНК-профилями зашифрованных образцов и изученных эталонных сортов (Луч, Чепрасовский, Смоленский 1). Это может быть связано с естественными био-

логическими процессами, характерными для перекрестноопыляемых культур, таких как лядвенец рогатый. В соответствии с Федеральным законом от 30.12.2021 № 454-ФЗ для таких культур предусмотрено периодическое обновление генетических паспортов каждые три–пять лет, что обусловлено возможностью неконтролируемого переопыления в процессе репродукции. Данный

процесс закономерно приводит к генетическому дрейфу — изменению аллельных частот и модификации ДНК-профилей сортов со временем. Наблюдаемая вариабельность среди эталонных образцов подтверждает обоснованность законодательных требований и необходимость использования актуальных референсных данных для достоверной генетической идентификации сортов.

Литература

1. Баймиев А.Х., Сафиуллина И.М., Газеева И.И. Лядвенец рогатый – особенности биологии и экологии // Актуальные исследования. – 2021. – № 47. – С. 8.
2. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.) в органическом пастбищном хозяйстве / Н.Н. Лазарев, Е.М. Куренкова, О.В. Кухаренкова, А.А. Климов, С.А. Дикарёва, А.Ю. Бойцова // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 3–11.
3. Золотарев В.Н. Эффективность применения удобрений на семенных травостоях лядвенца рогатого // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство. – 2021. – С. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.33814/МАК-2021-25-73-50-58>.
4. Кшникаткина А.Н., Еськин В.Н. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) // Нива Поволжья. – 2009. – № 1. – С. 22–28.
5. Эффективный способ выделения ДНК для ПЦР-анализа из «балк-образцов» проростков / И.А. Клименко, А.А. Антонов, В.А. Душкин, А.О. Шамустакимова, Ю.М. Мавлютов // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – Т. 3. – № 47. – С. 29–48. DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-3-29-48>.
6. Analysis of genetic diversity in legumes germplasm using retrotransposon based molecular markers / O.N. Khapilina, A.Z. Daniyarov, A.A. Amenov, A.P. Novakovskaya, A.S. Turzhanova, D.S. Tagimanova, N.I. Filipova, R.N. Kalendar // Eurasian Journal of Applied Biotechnology. – 2017. – № 2. – P. 26–34.
7. Li G., Quiros C. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in Brassica // Theor Appl Genet. – 2001. – Vol. 103. – P. 455–461. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001220100570>.
8. Assessment of the genetic variation in alfalfa genotypes using SRAP markers for breeding purposes / H.B. Rhouma, K. Taski-Ajdukovic, N. Zitouna, D. Sdouga, D. Milic, N. Trifi-Farah // Chil J Agric Res. – 2017. – Vol. 77, № 4. – P. 332–339. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392017000400332>.
9. Peakall R., Smouse P. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research // Molecular ecology notes. – 2006. – Vol. 6, № 1. – P. 288–295. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01155.x>.
10. Душкин В.А., Шамустакимова А.О. Молекулярно-генетический анализ лядвенца с помощью SRAP-маркерной системы // Генетические и радиационные технологии в сельском хозяйстве: сб. докладов III международной молодежной конференции, Обнинск, 23–24 октября 2024 года. – Обнинск : НИЦ «Курчатовский институт» – ВНИИРАЭ, 2024. – С. 37–39.

References

1. Baimiev A.Kh., Safiullina I.M., Gazeeva I.I. *Liadvenets rogatyi – osobennosti biologii i ekologii* [Lotus corniculatus – features of biology and ecology]. *Aktual'nye issledovaniia* [Current researches], 2021, no. 47. pp. 8.
2. Lazarev N.N., Kurenkova E.M., Kukharenskova O.V., Klimov A.A., Dikareva S.A., Boitsova A.Iu. *Liadvenets rogatyi* (Lotus corniculatus L.) *v organicheskom pastbishchnom khoziaistve* [Bird's-foot trefoil (Lotus corniculatus L.) in the system of organic grazing]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2023, no. 1, pp. 3–11.
3. Zolotarev V.N. *Effektivnost' primeneniia udobrenii na semennykh travostoianakh liadventsia rogatogo* [Efficiency of fertilizer application on seed stands of birdsfoot trefoil]. *Mnogofunktsional'noe adaptivnoe kormoproizvodstvo* [Multifunctional adaptive forage production], 2021, pp. 50–58. DOI: <https://doi.org/10.33814/MAK-2021-25-73-50-58>.
4. Kshnikatkina A.N., Eskin V.N. *Formirovanie vysokoproduktivnykh agrofitsenozov liadventsia rogatogo* (Lotus corniculatus) [Formation of highly productive agrophytocenoses of Bird's-foot trefoil]. *Niva Povolzh'ia* [Volga Region Farmland], 2009, no. 1, pp. 22–28.
5. Klimenko I.A., Antonov A.A., Dushkin V.A., Shamustakimova A.O., Mavliutov U.M. *Effektivnyi sposob vydeleniia DNK dlia PCR-analiza iz «balk-obraztsov» prorostkov* [Efficient method of DNA isolation from bulking samples of seedlings]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* [Forage production], 2021, vol. 3, no. 47, pp. 29–48. DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2021-3-29-48>.
6. Khapilina O.N., Daniyarov A.Z., Amenov A.A., Novakovskaya A.P., Turzhanova A.S., Tagimanova D.S., Filipova N.I., Kalendar R.N. Analysis of genetic diversity in legumes germplasm using retrotransposon based molecular markers. *Eurasian Journal of Applied Biotechnology*, 2017, no. 2, pp. 26–34.
7. Li G., Quiros C. Sequence-related amplified polymorphism (SRAP), a new marker system based on a simple PCR reaction: its application to mapping and gene tagging in Brassica. *Theoretical and Applied Genetics*, 2001, vol. 103, pp. 455–461. DOI: <https://doi.org/10.1007/s001220100570>.
8. Rhouma H.B., Taski-Ajdukovic K., Zitouna N., Sdoug D., Milic D., Trifi-Farah N. Assessment of the genetic variation in alfalfa genotypes using SRAP markers for breeding purposes. *Chilean Journal of Agricultural Research*, 2017, vol. 77, no. 4, pp. 332–339. DOI: <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-58392017000400332>.
9. Peakall R., Smouse P. GENALEX 6: genetic analysis in Excel. Population genetic software for teaching and research. *Molecular Ecology Notes*, 2006, vol. 6, no. 1, pp. 288–295. DOI: <https://doi.org/10.1111/j.1471-8286.2005.01155.x>.
10. Dushkin V.A., Shamustakimova A.O. *Molekuliarno-geneticheskii analiz liadventsia s pomoshch'iu SRAP-markernoi sistemy* [Molecular and genetic analysis of lotus using SRAP marker system]. In: *Geneticheskie i radiatsionnye tekhnologii v sel'skom khoziaistve: sb. dokladov III mezhdunarodnoi molodezhnoi konferentsii, Obninsk, 23–24 oktyabrya 2024 goda* [Genetic and radiation technologies in agriculture: collection of papers from the III International Youth Conference, Obninsk, October 23–24, 2024]. Obninsk: NITs "Kurchatovskii institut" – VNIIRAE Publ., 2024, pp. 37–39.

УДК 631.527

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-14-26

ФОРМИРОВАНИЕ, ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ В СЕЛЕКЦИИ ПОПУЛЯЦИЙ КАМФОРОСМЫ ЛЕССИНГА В СЕВЕРО-ЗАПАДНОМ ПРИКАСПИИ

В.В. Санжеев, кандидат сельскохозяйственных наук

Н.З. Шамсутдинов, доктор биологических наук

Э.З. Шамсутдинова, кандидат сельскохозяйственных наук

В.Н. Нидюлин, кандидат сельскохозяйственных наук

З.Ш. Шамсутдинов, доктор биологических наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

darplant@list.ru

FORMATION, STUDY AND USE IN BREEDING OF *CAMPHOROSMA LESSINGII* POPULATIONS IN THE NORTHWESTERN NEAR CIRCUM-CASPIAN SEA REGION

V.V. Sanzheev, Candidate of Agricultural Sciences

N.Z. Shamsutdinov, Doctor of Biological Sciences

E.Z. Shamsutdinova, Candidate of Agricultural Sciences

V.N. Nidyulin, Candidate of Agricultural Sciences

Z.Sh. Shamsutdinov, Doctor of Biological Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

darplant@list.ru

Представлены результаты исследований, направленные на выявление особенностей формирования и оценку устойчивых к засухе и солевому стрессу образцов камфоросмы Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.). Камфоросма Лессинга по жизненной форме полукустарничек высотой до 55 см из семейства Chenopodiaceae. Ареал охватывает различные районы аридной зоны Центральной Азии и Восточной Европы, где произрастает на песчаных, глинистых, щебнистых почвах, по окраинам солончаков, имеет длительный период вегетации (240–255 дней). Камфоросма Лессинга по экологии гипергалоксерофит, отличается предельно высокой устойчивостью к экологическим условиям абиотического стресса — воздушной и почвенной засухе, жаре, суховеям. Начинает вегетировать в начале апреля, цветет в августе, плодообразование наступает в конце октября. Камфоросма Лессинга отличается высокой конкурентной способностью в смешанных посевах с кохией простертой и полынью Лерха. Она обладает высокой питательной ценностью, хорошо поедается овцами летом и осенью. В фазу плодоношения листья содержат 18,4% сырого протеина, 10,2% сырого жира, 1,05 корм. ед. в 1 кг сухого вещества, а плоды соответственно 42,6 и 18,0%. Дикорастущие популяции характеризуются высокой степенью биоразнообразия. Нами изучено 26 образцов различно-

го эколого-географического происхождения. На основе трехлетних исследований выявлены устойчивые к абиотическим факторам среды образцы, отличающиеся ксеротермической и солевой устойчивостью. Эти образцы предполагается использовать в качестве перспективного исходного материала для селекционных программ.

Ключевые слова: камфоросма Лессинга, *Camphorosma lessingii* Litv., ареал, рост и развитие, продуктивность, отбор, Северо-Западный Прикаспий.

This article presents the results of studies aimed at identifying the formation features and assessing the drought- and salt-stress-resistant *Camphorosma lessingii* Litv. specimens. *Camphorosma lessingii* is a semi-shrub with a height of up to 55 cm from the Chenopodiaceae family. The range covers various areas of the Central Asia and Eastern Europe arid zones, where it grows on sandy, clay, and gravelly soils along the margins of salt marshes, and has a long growing season (240–255 days). *Camphorosma lessingii* is an ecologically hypergaloxerophyte, characterized by extremely high resistance to environmental conditions of abiotic stress — air and soil drought, heat, and dry weather. It begins to grow in early April, blooms in August, and fruit formation occurs at the end of October. *Camphorosma lessingii* is characterized by highly competitive resistance in mixed crops with *Kochia prostrata* and *Artemisia lercheana*. *Camphorosma lessingii* is highly nutritious and is well eaten by sheep in summer and autumn. In the fruiting phase, the leaves contain 18.4% crude protein, 10.2% crude fat, and 1.05 fodder units in 1 kg of dry matter, and fruits, re-spectively, 42.6% and 18.0%. Wild populations are characterized by a high degree of biodiversity. We have studied 26 specimens of various ecological and geographical origins. Based on three years of research, specimens resistant to abiotic environmental factors have been identified, characterized by xerothermal and salt resistance. These specimens are supposed to be used as a promising source material for breeding programs.

Keywords: *Camphorosma lessingii* Litv., area, growth and development; productivity, selection, the Northwestern Near Circum-Caspian Sea Region

Введение. Наиболее критическим периодом в кормовом балансе пастбищ пустынных и полупустынных зон России и Центральной Азии является лето. В этой связи большое значение имеет выведение сортов для летнего срока использования. Камфоросма Лессинга относится к категории полукустарников, рано начинающих вегетировать и находящихся в период летнего зноя в зеленом состоянии [1]. Эта особенность делает камфоросму Лессинга очень востребованной для селекционной работы.

Камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.) является одним из наиболее перспективных видов кормовых растений, пригодных для создания и улучшения пастбищ в сухостепной, полупустынной и пустынной зонах [1; 2; 3; 4]. Распространение камфоросмы Лессинга

можно разделить на две основные области: аборигенный (первичный) ареал и интродуцированный (вторичный/адвентивный) ареал.

1. Аборигенный (первичный) ареал: *Camphorosma lessingii* произрастает на лугах умеренного пояса, в полупустынях и пустынях Центральной Азии и Восточной Европы. Ее ареал сосредоточен в Понтийско-Каспийских степях и Казахстане; на юге Украины, северном побережье Черного моря, Крымском полуострове и регионе Нижней Волги на юге России [5; 6], на Северном Кавказе и Закавказье [7]; в Казахстане, Узбекистане, Туркменистане, Кыргызстане и Таджикистане; в части Южной Сибири [8; 9; 10]. Предпочтительная среда обитания — в пределах естественного ареала. Этот вид процветает в засоленных пус-

тынях (такырах), сухих глинистых и солонцовых степях, речных долинах, на берегах соленых озер и нарушенных территориях. Это характерный вид для полынно-ковыльных степных сообществ на засоленных почвах.

2. Интродуцированный (адвентивный) ареал: США (штаты Айдахо, Орегон, Вашингтон, Монтана, Юта, Вайоминг, Невада) [11; 12]; в Австралии интродуцирован и натурализовался в некоторых частях Южной Австралии [13].

Камфоросма Лессинга — полиморфный вид, представляющий собой комплекс экологических и морфологических форм (экотипов и морфотипов), что обеспечивает ей широкую экологическую пластичность и способствует успешной адаптации в различных физико-географических условиях, характерных для аридных регионов.

Сено из камфоросмы Лессинга характеризуется довольно высокой питательностью и энергонасыщенностью (в 1 кг 0,61 корм. ед. и 8,60 МДж обменной энергии), высоким содержанием сырого протеина (13,3% от СВ) и сырого жира (5,8%). Высокой питательностью отличаются листья и особенно плоды камфоросмы. Листья содержат 18,4% сырого протеина, 10,2% сырого жира, 11,33 МДж обменной энергии и 1,05 корм. ед. в 1 кг сухого вещества, а плоды соответственно 42,6%, 18,0%, 14,94 МДж ОЭ и 1,84 корм. ед. Осенью сухая масса камфоросмы Лессинга является одним из лучших нажировочных кормов для овец и других видов животных [1; 14].

Учитывая кормовые качества, экологическую устойчивость к засухе и засоленности, а также огромный потенциал для селекционной работы, был заложен

коллекционный питомник и проведены исследования с целью выявления перспективных форм камфоросмы Лессинга в качестве исходного материала при создании устойчивых сортов в условиях аридных зон России.

Материалы и методика исследований. Исследования проводились на опорном пункте ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» в Республике Калмыкия (пос. Верхний Яшкуль, Целинный р-н) в 2021–2024 гг. Рельеф опытного участка выровненный. Почвенный покров участка представлен светло-каштановыми солонцеватыми почвами. Климат зоны резко континентальный, засушливый. Континентальность климата выражается в значительной контрастности между жарким летом и холодной, ветреной и малоснежной зимой. Годовая амплитуда температуры воздуха достигает 70–75 °С. Среднегодовое количество осадков за последние 5 лет составило 350 мм. Летние осадки носят преимущественно ливневый характер и в результате высокой температуры почвы недостаточно полно используются растениями.

Материалом для исследований послужили 26 образцов камфоросмы Лессинга, собранные в различных эколого-географических районах Калмыкии, Астраханской области, Узбекистана. Изучение и оценка образцов камфоросмы Лессинга проводились по Методическим рекомендациям [15].

Результаты исследований.

Фенология камфоросмы Лессинга. Первые дружные всходы появились у всех образцов камфоросмы Лессинга в начале апреля. Наибольшее количество всходов приходилось на третью декаду апреля.

Ветвиться растения начали с третьей декады мая. Первыми вступили в данную фазу девять образцов (К-761, К-763, К-765, К-770, К-771, К-774, К-776, К-777, К-780). К концу первой декады июня ветвление наблюдалось у всех образцов, протекало очень медленно и не у всех особей. К началу бутонизации (первая декада июля) высота побегов не превышала 12 см. Массовая бутонизация отмечалась с конца июля. В данную фазу вступила только половина образцов. К концу первой декады августа замечены единичные цветки у отдельных образцов К-765, К-770, К-774, К-776, К-777. К началу третьей декады августа в фазу цветения вступили отдельные растения 12 образцов. В целом, цветение протекало вяло, количество цветущих побегов не превышало четырех на куст. С третьей декады сентября началось плодоношение.

В фазу созревания отдельные растения вступили в первой декаде ноября. Массовое созревание плодов отмечено только у образца К-774.

Во второй–третий годы отрастание у образцов камфоросмы Лессинга началось уже в начале апреля, массовое — в третьей декаде апреля (рис. 1). Фаза бутонизации у исследуемых образцов камфоросмы Лессинга началась во второй декаде июня. Массовая бутонизация была зафиксирована с третьей декады июня. Начиная со второй декады июля, у отдельных особей образцов К-760, К-762 и К-770 наблюдались единичные цветки. В первой декаде августа все образцы вступили в фазу цветения. С третьей декады августа началось плодоношение.

В сентябре – октябре у образцов протекает фаза созревания плодов. Первые зрелые плоды отмечены у трех образцов

(К-760, К-762, К-770). Эти образцы могут представлять интерес для дальнейшей селекционной работы в целях выведения раннеспелых сортов. Выделены пять генотипов (К-766, К-768, К-776, К-777, К-780) с длительным периодом вегетации, сохраняющих зеленую окраску розеточных листьев до наступления зимнего периода.

В первый год вегетации менее половины образцов достигают фазы цветения. Данное наблюдение свидетельствует о потенциальных особенностях адаптации растений к условиям среды, которые могут оказывать влияние на их фенологическое развитие.

Динамика численности и выживаемости камфоросмы Лессинга. Выживаемость камфоросмы Лессинга варьирует в широких пределах (26,1–66,7%) (табл. 1). Наибольшая гибель растений наблюдается в первые полгода вегетации (третья декада апреля – третья декада августа). В последующее время численность растений стабилизируется и практически не изменяется.

Максимальная численность растений в коллекции *Camphorosma lessingii* была зарегистрирована в третьей декаде апреля. В мае численность молодых растений значительно снизилась. В летний период численность популяции стабилизировалась. К концу вегетационного сезона у большинства образцов сохранилось 30–50% от исходной численности растений. Высокая гибель в первый год вегетации, вероятно, обусловлена низкими температурами воздуха и частыми ночными заморозками в весенний период. Эти факторы могли оказать стрессовое воздействие на всходы и молодые растения, снижая их выживаемость (рис. 2).

1. Густота стояния образцов камфоросмы Лессинга в коллекционном питомнике (2022 г.),
тыс. шт. на 1 га / %

Образец	Дата учета				
	8.04	21.04	20.05	09.06	24.09
К-758	22,4 / 52	43,9 / 100	20,4 / 46,5	15,3 / 34,9	15,3 / 34,9
К-759	12,0 / 48	25,5 / 100	12,2 / 48,0	8,2 / 32,0	8,2 / 32,0
К-760	15,4 / 67	23,5 / 100	12,2 / 52,1	6,1 / 26,1	6,1 / 26,1
К-761	30,4 / 80	38,8 / 100	18,4 / 47,3	11,2 / 28,9	11,2 / 28,9
К-762	13,3 / 46	29,6 / 100	18,4 / 62,1	10,2 / 34,5	10,2 / 34,5
К-763	6,1 / 38	16,3 / 100	9,2 / 56,3	5,1 / 31,3	5,1 / 31,3
К-764	6,0 / 30	20,4 / 100	14,3 / 70,0	9,2 / 45,0	9,2 / 45,0
К-765	13,5 / 45	30,6 / 100	18,4 / 60,0	12,2 / 40,0	12,2 / 40,0
К-766	20,9 / 58	36,7 / 100	26,5 / 72,3	18,4 / 50,0	18,4 / 50,0
К-767	21,1 / 68	31,6 / 100	20,4 / 64,6	15,3 / 48,4	15,3 / 48,4
К-768	17,6 / 42	42,9 / 100	30,6 / 71,4	25,5 / 59,5	25,5 / 59,5
К-769	21,4 / 67	32,7 / 100	24,5 / 74,9	18,4 / 56,2	18,4 / 56,2
К-770	17,9 / 78	35,7 / 100	26,5 / 74,3	20,4 / 57,2	20,4 / 57,2
К-771	17,4 / 46	39,8 / 100	28,6 / 71,8	22,4 / 56,4	22,4 / 56,4
К-772	17,4 / 47	37,8 / 100	27,6 / 72,9	20,4 / 54,0	20,4 / 54,0
К-773	19,6 / 56	35,7 / 100	24,5 / 68,6	17,3 / 48,6	17,3 / 48,6
К-774	26,9 / 64	42,9 / 100	33,7 / 78,5	25,5 / 59,5	25,5 / 59,5
К-775	24,5 / 70	35,7 / 100	26,5 / 74,3	20,4 / 57,2	20,4 / 57,2
К-776	11,6 / 35	33,7 / 100	22,4 / 66,6	17,3 / 51,5	17,3 / 51,5
К-777	20,1 / 67	30,6 / 100	20,4 / 66,5	16,3 / 53,4	16,3 / 53,4
К-778	12,6 / 35	36,7 / 100	25,5 / 73,2	20,4 / 55,6	20,4 / 55,6
К-779	28,7 / 70	41,8 / 100	30,6 / 73,4	22,4 / 53,7	22,4 / 53,7
К-780	22,5 / 75	30,6 / 100	22,4 / 72,7	20,4 / 66,7	20,4 / 66,7
К-781	15,8 / 48	33,7 / 100	24,5 / 76,3	19,4 / 57,5	19,4 / 57,5
К-782	20,5 / 54	38,8 / 100	29,6 / 72,5	21,4 / 55,2	21,4 / 55,2
К-783	23,8 / 68	35,7 / 100	24,5 / 68,6	19,4 / 54,3	19,4 / 54,3

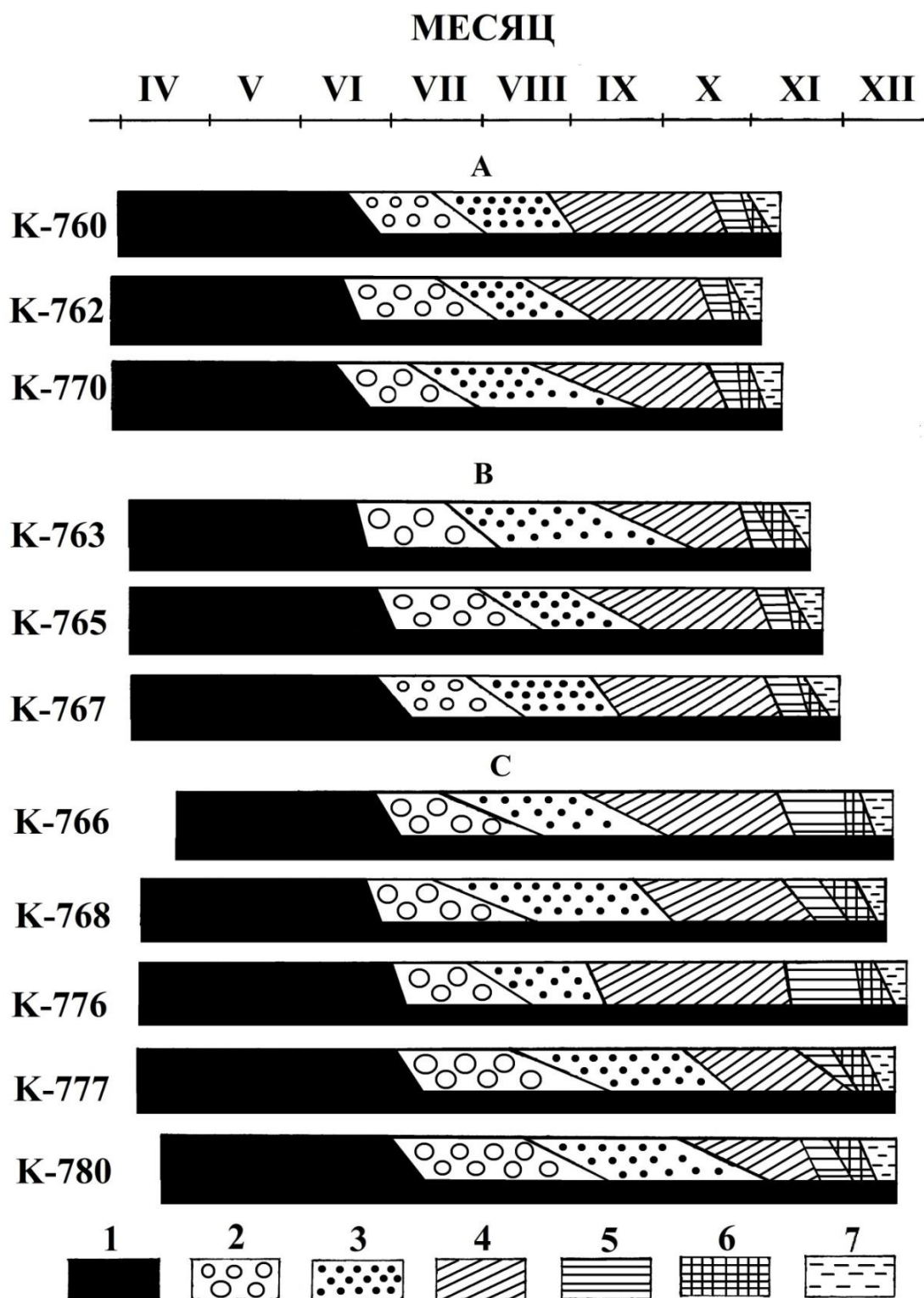


Рис. 1. Феноспектр образцов камфоросмы Лессинга, 2022 г.

А – рано-, В – средне-, С – позднесозревающие образцы;
 1 – фаза вегетации (отрастание, ветвление), 2 – фаза бутонизации, 3 – фаза цветения, 4 – начало формирования плодов, 5 – период зрелых плодов, 6 – осыпание семян, 7 – конец вегетации

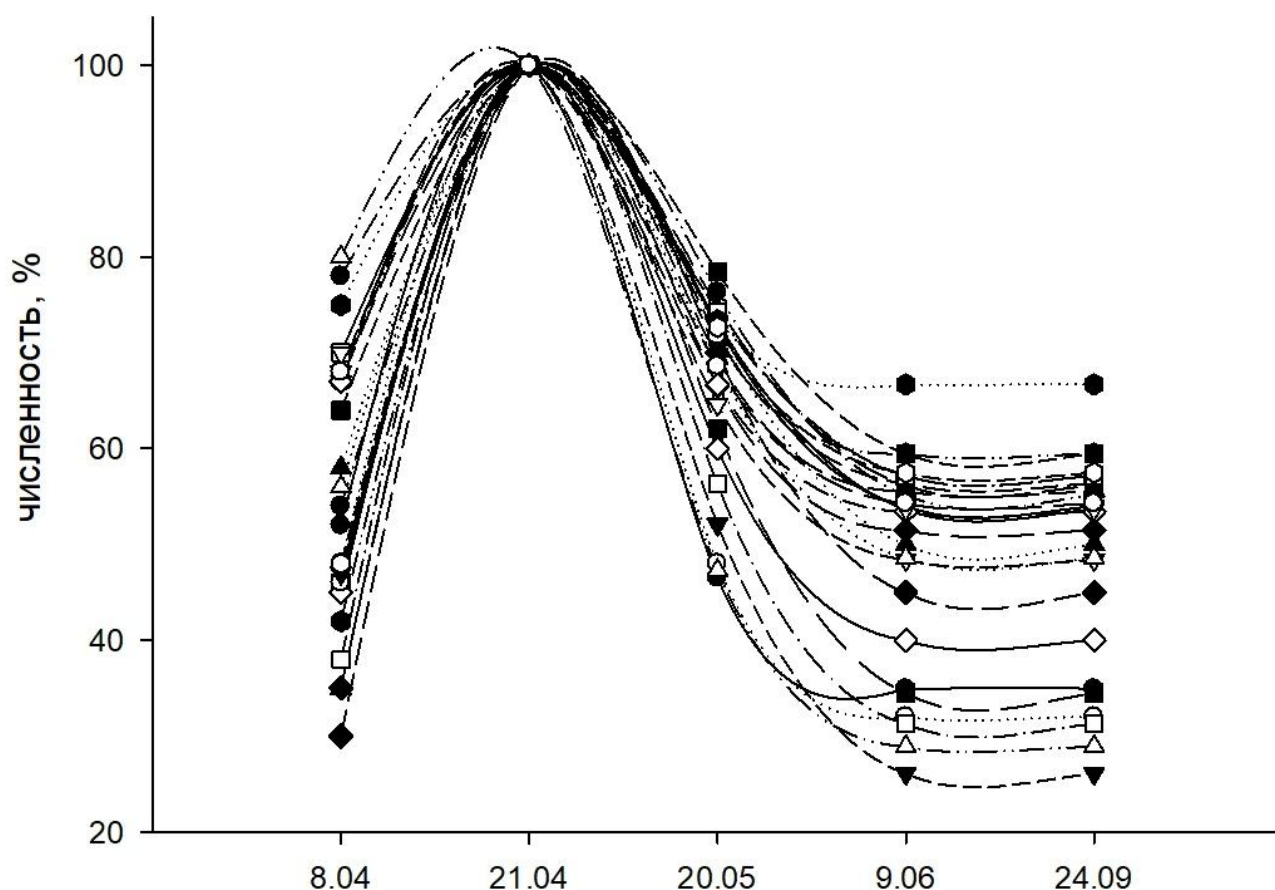


Рис. 2. Выживаемость образцов камфоросмы Лессинга, 2022 г.

Обозначения					
—●—	K-758	---▽---	K-767	—◆—	K-776
...○...	K-759	—●—	K-768	—◇—	K-777
---▼---	K-760	—○—	K-769	—▲—	K-778
...△...	K-761	—●—	K-770	—▽—	K-779
—■—	K-762	—○—	K-771	...●...	K-780
—□—	K-763	—▼—	K-772	---○---	K-781
—◆—	K-764	...△...	K-773	—●—	K-782
—◇—	K-765	---■---	K-774	—○—	K-783
...▲...	K-766	—□—	K-775		

Динамика роста образцов камфоросмы Лессинга. В первый (2022) год вегетации рост растений разных образцов остановился уже на стадии ветвления. К этому времени высота отдельных побегов достигла всего 12–15 см.

Во второй–третий (2023–2024) годы

рост образцов происходил с апреля по июль (рис. 3). К августу рост прекратился, высота особей варьировала от 27 до 33 см. Существенной разницы в высоте растений не наблюдалось, поэтому выделить высокорослые образцы не удалось.

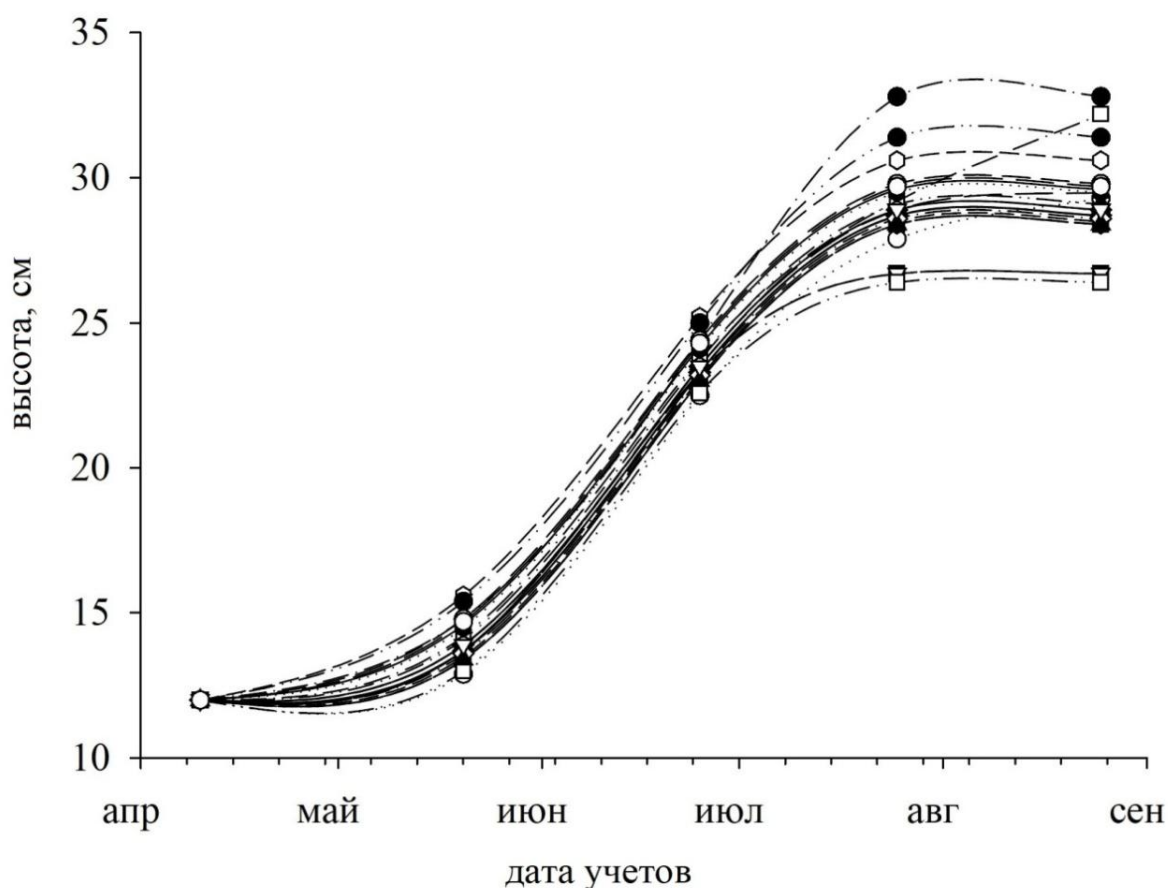


Рис. 3. Динамика роста образцов камфоросмы Лессинга в 2024 году

Обозначения					
—●—	К-758	---▽---	К-767	—◆—	К-776
...○...	К-759	---●---	К-768	---◇---	К-777
---▼---	К-760	—○—	К-769	---▲---	К-778
---△---	К-761	---●---	К-770	—▽—	К-779
—■—	К-762	—○—	К-771	...●...	К-780
---□---	К-763	—▼—	К-772	---◇---	К-781
—◆—	К-764	...△...	К-773	---●---	К-782
—◇—	К-765	---■---	К-774	—○—	К-783
...▲...	К-766	---□---	К-775		

Кормовая продуктивность камфоросмы Лессинга.

Кормовая продуктивность коллекционных образцов камфоросмы Лессинга в первый год их жизни оказалась значительно ниже ожидаемых показателей.

Это обусловлено фактическим прекращением развития растений на стадии ветвления. В результате, урожай зеленой массы составил не более 0,5 т/га, а урожай сухой массы не превысил 0,2 т/га (табл. 2).

**2. Кормовая продуктивность образцов камфоросмы Лессинга, сухая масса (т/га),
2022–2024 гг.**

Образец	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее за 3 года
K-758	0,12 ± 0,02	0,64 ± 0,2	0,92 ± 0,3	0,56 ± 0,2
K-759	0,07 ± 0,01	0,33 ± 0,1	0,83 ± 0,3	0,41 ± 0,1
K-760	0,05 ± 0,01	0,25 ± 0,1	0,25 ± 0,2	0,18 ± 0,1
K-761	0,09 ± 0,01	0,45 ± 0,1	0,85 ± 0,1	0,46 ± 0,1
K-762	0,08 ± 0,01	0,41 ± 0,1	0,71 ± 0,1	0,40 ± 0,1
K-763	0,04 ± 0,00	0,30 ± 0,1	0,63 ± 0,1	0,32 ± 0,1
K-764	0,07 ± 0,01	0,37 ± 0,1	0,57 ± 0,3	0,34 ± 0,2
K-765	0,10 ± 0,01	0,49 ± 0,2	0,62 ± 0,3	0,40 ± 0,2
K-766	0,15 ± 0,02	0,76 ± 0,2	0,99 ± 0,5	0,63 ± 0,3
K-767	0,12 ± 0,02	0,64 ± 0,1	0,94 ± 0,5	0,57 ± 0,2
K-768	0,20 ± 0,03	1,04 ± 0,3	1,24 ± 0,4	0,83 ± 0,1
K-769	0,15 ± 0,02	0,76 ± 0,2	0,76 ± 0,4	0,56 ± 0,2
K-770	0,16 ± 0,02	0,84 ± 0,3	1,08 ± 0,4	0,69 ± 0,2
K-771	0,18 ± 0,03	0,92 ± 0,3	0,99 ± 0,3	0,70 ± 0,2
K-772	0,16 ± 0,01	0,84 ± 0,2	0,95 ± 0,2	0,65 ± 0,2
K-773	0,14 ± 0,01	0,72 ± 0,2	0,92 ± 0,8	0,59 ± 0,3
K-774	0,20 ± 0,03	1,04 ± 0,3	1,10 ± 0,4	0,78 ± 0,3
K-775	0,16 ± 0,02	0,84 ± 0,3	0,94 ± 0,6	0,65 ± 0,3
K-776	0,14 ± 0,02	0,72 ± 0,2	0,95 ± 0,6	0,60 ± 0,6
K-777	0,13 ± 0,02	0,68 ± 0,1	0,88 ± 0,5	0,56 ± 0,3
K-778	0,16 ± 0,03	0,84 ± 0,2	1,08 ± 0,6	0,65 ± 0,8
K-779	0,18 ± 0,02	0,92 ± 0,3	0,94 ± 0,6	0,73 ± 0,4
K-780	0,16 ± 0,02	0,84 ± 0,2	1,10 ± 0,6	0,70 ± 0,4
K-781	0,16 ± 0,02	0,80 ± 0,2	0,96 ± 0,5	0,64 ± 0,3
K-782	0,17 ± 0,03	0,88 ± 0,2	1,07 ± 0,7	0,71 ± 0,4
K-783	0,16 ± 0,02	0,80 ± 0,2	0,98 ± 0,8	0,65 ± 0,5
НСР _{0,5}	0,04	0,4	0,5	0,2

Во второй год жизни кормовая продуктивность коллекционных образцов камфоросмы увеличилась незначительно. Урожай зеленой массы составил максимум 1,7 т/га, в то время как урожай сухой массы не превысил 1 т/га (табл. 2). В третий год наблюдалось аналогичное незначительное повышение кормовой продуктивности: урожай зеленой массы

достиг 2,5 т/га, а урожай сухой массы в среднем составил не более 1,2 т/га.

Семенная продуктивность в первый год вегетации также оказалась низкой и не превышала 15 кг/га. Многие образцы (K-761, K-766, K-768, K-769, K-771, K-772, K-775, K-778, K-779, K-781, K-782, K-783) не сформировали семян (табл. 3).

3. Семенная продуктивность (кг/га) камфоросмы Лессинга в 2022–2024 гг.

Образец	2022 г.	2023 г.	2024 г.	Среднее за 3 года
K-758	10,1 ± 0,5	37,2 ± 1,5	39,4 ± 1,6	29,3 ± 1,5
K-759	12,3 ± 0,6	28,0 ± 1,2	30,5 ± 0,8	23,4 ± 1,1
K-760	12,1 ± 0,7	29,3 ± 0,9	31,0 ± 1,1	24,1 ± 1,0
K-761	—	35,6 ± 1,1	37,2 ± 1,7	24,3 ± 1,2
K-762	7,4 ± 0,2	27,1 ± 0,8	29,4 ± 0,8	21,3 ± 0,8
K-763	8,2 ± 0,1	28,0 ± 0,7	30,0 ± 0,8	22,0 ± 0,7
K-764	6,2 ± 0,1	30,3 ± 0,9	32,2 ± 1,2	23,2 ± 0,9
K-765	12,0 ± 0,3	22,4 ± 0,7	24,4 ± 0,7	19,4 ± 0,7
K-766	—	25,2 ± 0,7	27,0 ± 0,8	17,1 ± 0,6
K-767	10,1 ± 0,3	24,5 ± 0,6	26,0 ± 0,8	20,2 ± 0,7
K-768	—	38,5 ± 0,6	42,3 ± 0,7	26,9 ± 0,6
K-769	—	29,1 ± 1,1	31,3 ± 1,8	20,2 ± 1,2
K-770	10,0 ± 0,2	40,2 ± 3,1	42,0 ± 3,4	31,0 ± 2,1
K-771	—	36,8 ± 2,6	38,2 ± 2,7	25,3 ± 2,0
K-772	—	38,3 ± 2,7	40,1 ± 3,1	26,1 ± 2,2
K-773	—	32,4 ± 2,2	34,5 ± 2,4	22,3 ± 1,9
K-774	13,5 ± 0,2	43,1 ± 3,6	45,1 ± 3,6	34,3 ± 2,5
K-775	—	33,1 ± 2,5	35,4 ± 1,9	23,2 ± 2,1
K-776	12,3 ± 0,2	31,5 ± 1,9	33,2 ± 1,6	25,4 ± 1,7
K-777	15,4 ± 0,3	29,3 ± 1,9	31,0 ± 0,9	25,2 ± 1,5
K-778	—	39,4 ± 2,9	41,3 ± 2,4	27,2 ± 2,2
K-779	—	35,0 ± 2,5	37,2 ± 1,6	24,1 ± 1,9
K-780	11,6 ± 0,2	34,3 ± 2,4	36,0 ± 1,5	27,3 ± 1,8
K-781	—	36,5 ± 2,5	38,3 ± 2,1	25,3 ± 1,6
K-782	—	42,3 ± 3,2	44,4 ± 3,3	29,2 ± 2,4
K-783	—	36,2 ± 2,8	38,3 ± 2,2	25,3 ± 2,1
НСР _{0,5}	3,1	7,0	7,5	7,3

Несмотря на невысокие показатели роста, образцы камфоросмы Лессинга на второй год жизни продемонстрировали значительную семенную продуктивность. Максимальные показатели урожайности семян были зафиксированы у следующих образцов: K-768 (38,5 кг/га), K-772 (38,2 кг/га), K-770 (40,2 кг/га), K-774 (43,1 кг/га), K-778 (39,4 кг/га) и K-782 (42,3 кг/га), что указывает на их потенциальную

агрономическую ценность.

На третий год наблюдений семенная продуктивность образцов камфоросмы Лессинга осталась на уровне, сопоставимом с предыдущим годом (табл. 3). Образцы, демонстрировавшие наивысшие показатели урожайности семян, вновь подтвердили свою эффективность, что свидетельствует о стабильности их семенной продуктивности в течение вегетационного периода.

Заключение. В процессе изучения эколого-биологических особенностей камфоросмы Лессинга (*Camphorosma lessingii* Litv.) установлена устойчивость отдельных образцов к засухе и солевому стрессу и выделены высокопродуктивные популяции К-768, К-770, К-771, К-774, К-778, К-782, которые образуют до 1,24 т/га сухой кормовой массы и 38,2–44,4 кг/га семян.

Отобранные образцы рассматриваются как перспективный исходный

материал для селекции сортов пастбищного типа использования, устойчивых к биотическим и абиотическим стрессам в условиях аридной зоны Северо-Западного Прикаспия. Идентифицированы пять генотипов (К-766, К-768, К-776, К-777, К-780), характеризующихся пролонгированной вегетацией, выраженной в сохранении зеленой окраски розеточных листьев до поздней осени. Эти генотипы могут быть использованы для создания длительно вегетирующих сортов.

Литература

1. Шамсутдинов Н.З., Пюрвенов Ч.А. Камфоросма Лессинга (*Camphorosma lessingii*) – ценное кормовое растение для восстановления продуктивности деградированных пастбищ Северо-Западного Прикаспия. Комплексные мелиорации – средство повышения продуктивности сельскохозяйственных земель : Материалы юбилейной международной научно-практической конференции, ФГБНУ «ВНИИГиМ им. А.Н. Костякова». Том 1. – М. : ФГБНУ ВНИИА им. Д.Н. Прянишникова, 2014. – С. 157–160. EDN UTDQSD.
2. Breckle S.W., Wucherer W., Dimeyeva L.A., & Ogar N.P. (eds.). (2012). Aralkum – a man-made desert. The desiccated floor of the Aral Sea (Central Asia). *Springer. Ecol. Studies*, 218, 486 p.
3. Novikova N.M., Konyushkova M.V., & Ushakova, S.A. (2018). Ecological consequences of desertification in the Precaspian region and their mitigation. *Arid Ecosystems*, 8(4). pp. 217–228.
4. Генофонд галофитов и перспективы их использования в селекции для фитомелиорации аридных пастбищ. Селекция и генетика культурных растений / Э.З. Шамсутдинова, Н.З. Шамсутдинов, В.В. Санжеев [и др.] : Материалы международной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры генетики, селекции и семеноводства РГАУ-МСХА имени К.А. Тимирязева. – М. : РГАУ-МСХА им. К.А. Тимирязева, 2023. – С. 237–239. EDN JAUPHJ.
5. Кормовые растения сенокосов и пастбищ СССР в 2 т. Т. 2. / И.В. Ларин, Ш.М. Агабабян, Т.А. Работнов [и др.]. – М.–Л. : Сельхозгиз, 1951. – 948 с.
6. Основные виды и сорта кормовых культур: Итоги научной деятельности Центрального селекционного центра / В.М. Косолапов, З.Ш. Шамсутдинов, Г.И. Ившин [и др.]. – М. : Федеральное государственное унитарное предприятие «Академический научно-издательский, производственно-полиграфический и книгораспространительский центр "Наука"», 2015. – 546 с. ISBN 978-5-02-039110-9. EDN TRJMXJ.
7. Флеров А.Д. Список Северного Кавказа и Дагестана. – Ростов н/Д : Ростиздат, 1938. – 692 с.
8. Кубанская З.В. Растительность и кормовые ресурсы пустыни Бет-Пак-Далы. – Алма-Ата, 1956. – 230 с. N4V96-YTFQR-WBX9Y-V7DTM-43P8K.
9. Закиров К.З. Флора и растительность бассейна реки Зеравшан. – Ташкент : Изд-во АН УзССР, 1961, ч. 2. – 446 с.
10. Пратов У. Род *Bassia* All. во флоре Центральной Азии // Новости систематики высших растений. – 1986. – № 8. – С. 80–85.
11. Rice P.M. (2006). Herbicide-Resistant *Kochia* (*Bassia scoparia*) in North America: A Review. *Weed Sci.* doi: 10.1017/wsc.2018.72.
12. Stallings G.P., Thill D.C., Mallory-Smith C.A., & Shafii B. (1995). Pollination dynamics in sulfonylurea-resistant and susceptible common kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Science*, 43(1). pp. 95–99.

13. Dodd J., & Randall R.P. (2002). A comparison of the weedy potential of *Bassia littorea* and *B. lessingii* in Southern Australia. *Plant Protection Quarterly*, 17(4). pp. 139–142.
14. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z. Halophytes utilization for biodiversity and productivity of degraded pastures restoration in arid region of Central Asia and Russia. *Biosaline agricultural & High salinity tolerance*. Eds. Chedly Abdelly, Munir Öztürk, Muhamed Ashraf and Claude Grignon. Switzerland: Birkhäuser Verlag, 2008. pp. 293-240.
15. Методические рекомендации по оценке адаптивного потенциала аридных кормовых растений / З.Ш. Шамсутдинов, В.М. Косолапов, Э.З. Шамсутдинова [и др.]. – М. : ООО «Угрешская типография», 2018. – 20 с. ISBN 978-5-91850-073-6. EDN YTRDOO.

References

1. Shamsutdinov N.Z., Pyurvenov Ch.A. Camphorosma lessingii – tsennoe kormovoe rastenie dlya vosstanovleniya produktivnosti degradirovannykh pastbishch Severo-Zapadnogo Prikaspiya [Camphorosma lessingii is a valuable fodder plant for restoring productivity of degraded pastures in the Northwestern Caspian region]. *Kompleksnye melioratsii – sredstvo povysheniya produktivnosti sel'skokhozyaistvennykh zemel': Materialy yubileinoi mezhdunarodnoi nauchno-prakticheskoi konferentsii. FGBNU "All-Rus. Inst. Hydr. Eng. & Land Recl."* [Integrated land reclamation – a means of increasing agricultural land productivity: Proc. of the anniversary int. sci. and pract. conf.]. Vol. 1. Moscow: FGBNU VNIIA im. D.N. Pryanishnikova, 2014. pp. 157-160.
2. Breckle S.W., Wucherer W., Dimeyeva L.A., & Ogar N.P. (eds.). (2012). Aralkum – a man-made desert. The desiccated floor of the Aral Sea (Central Asia). *Springer. Ecol. Studies*, 218, 486 p.
3. Novikova, N.M., Konyushkova, M.V., & Ushakova, S.A. (2018). Ecological consequences of desertification in the Precaspian region and their mitigation. *Arid Ecosystems*, 8(4). pp. 217-228.
4. Shamsutdinova E.Z., Shamsutdinov N.Z., Sanzheev V.V. i dr. *Genofond galofitov i perspektivy ikh ispol'zovaniya v selektsii dlya fitomelioratsii aridnykh pastbishch* [The gene pool of halophytes and prospects for their use in breeding for phytomelioration of arid pastures]. *Selektsiya i genetika kul'turnykh rastenii. 2023: Materialy mezhdunarodnoi nauchnoi konferentsii, posvyashchennoi 100-letiyu kafedry genetiki, selektsii i semenovodstva RGAU-MSKHA imeni K.A. Timiryazeva*. [Breeding and genetics of cultivated plants. 2023. Proc. of the int. sci. conf. dedicated to the 100th anniversary of the Genetics, Breeding and Seed Production Dpt. of the K.A. Timiryazev Russian State Agricultural Academy]. Moscow: RGAU-MSKHA im. K.A. Timiryazeva, 2023. pp. 237-239.
5. Larin I.V. *Kormovye rasteniya senokosov i pastbishch SSSR* [Fodder plants of hayfields and pastures of the USSR]. Vol. 2. I.V. Larin, SH.M. Agababyan, T.A. Rabotnov [i dr.]. Moscow – Leningrad: Sel'khozgiz, 1951. 948 p.
6. Kosolapov V.M., Shamsutdinov Z.SH., Ivshin G.I. [i dr.]. *Osnovnye vidy i sorta kormovykh kul'tur: Itogi nauchnoi deyatel'nosti Tsentral'nogo selektsionnogo tsentra* [Main types and varieties of fodder crops: Results of scientific activity of the Central Breeding Center]. Moscow: Federal'noe gosudarstvennoe unitarnoe predpriyatie "Akademicheskii nauchno-izdatel'skii, proizvodstvenno-poligraficheskii i knigorasprostranitel'skii tsentr "Nauka", 2015. 546 p.
7. Flerov A.D. *Spisok Severnogo Kavkaza i Dagestana* [List of North Caucasus and Dagestan]. Rostov-Don: Rostizdat. 1938. 692 p.
8. Kubanskaya Z.V. *Rastitel'nost' i kormovye resursy pustyni Bet-Pak-Daly*. [Vegetation and food resources of the Bet-Pak-Dala desert]. Alma-Ata, 1956. 230 p.
9. Zakirov K.Z. *Flora i rastitel'nost' basseina reki Zeravshan* [Flora and vegetation of the Zeravshan River basin]. Tashkent: AN UZSSR, 1961, ch. 2. 446 p.
10. Pratov U. *Rod Bassia All. vo flore Tsentral'noi Azii*. [The genus *Bassia* All. in the flora of Central Asia]. *Novosti sistematiki vysshikh rastenii* [Higher plant taxonomy news], 1986, no 8, pp. 80-85.
11. Rice P.M. (2006). Herbicide-Resistant *Kochia* (*Bassia scoparia*) in North America: A Review. *Weed Sci.* doi: 10.1017/wsc.2018.72

12. Stallings G.P., Thill D.C., Mallory-Smith C.A., & Shafii B. (1995). Pollination dynamics in sulfonylurea-resistant and susceptible common kochia (*Kochia scoparia*). *Weed Science*, 43(1). pp. 95-99.
13. Dodd J., & Randall R.P. (2002). A comparison of the weedy potential of *Bassia littorea* and *B. lesingii* in Southern Australia. *Plant Protection Quarterly*, 17(4). pp. 139-142.
14. Shamsutdinov Z.Sh., Shamsutdinov N.Z. Halophytes utilization for biodiversity and productivity of degraded pastures restoration in arid region of Central Asia and Russia. *Biosaline agricultural & High salinity tolerance*. Eds. Chedly Abdelly, Munir Öztürk, Muhamed Ashraf and Claude Grignon. Switzerland: Birkhäuser Verlag, 2008. pp. 293-240.
15. Shamsutdinov Z.Sh., Kosolapov V.M., Shamsutdinova E.Z. [i dr.]. *Metodicheskie rekomendatsii po otsenke adaptivnogo potentsiala aridnykh kormovykh rastenii* [Methodological recommendations for assessing the adaptive potential of arid fodder plants]. Moscow: "Ugreshskaya tipografiya Ltd.", 2018. 20 p.

УДК 581.192.7:579.64:581.143.5:582.477

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-27-34

EFFECTS OF GROWTH REGULATORS AND COMPOSITION OF NUTRIENT MEDIA ON *IN VITRO* REGENERATION OF *JUNIPERUS SABINA* L.**ВЛИЯНИЕ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА И СОСТАВА ПИТАТЕЛЬНЫХ СРЕД НА РЕГЕНЕРАЦИЮ *IN VITRO* *JUNIPERUS SABINA* L.****M. Uuganzaya, L. Altantsetseg**

Forage Plant Tissue Culture Laboratory, Research Institute of Animal Husbandry, Mongolia
uugan16m@gmail.com

Лаборатория культуры тканей кормовых растений,
Научно-исследовательский институт животноводства, Монголия
uugan16m@gmail.com

Приведены результаты разработки метода регенерации экономически важного для Монголии растения — можжевельника казацкого (*Juniperus sabina* L.). Регенерация растений проводилась с использованием эксплантов листьев/побегов длиной 1,5–2,0 см, собранных летом. Реакция побегов на эксплантах зависела от типа питательной среды и концентрации регулятора роста 6-бензиламинопурина (БАП). Высокоэффективное побегообразование получено при выращивании на среде Мурасиге и Скуга (MS), среде Мурасиге и Скуга с витамином B5 Гамборга (MSB5) и базальной среде Шенка и Хильдебрандта (SH) с добавлением 0–1 мг/л 6-бензиламинопурина (БАП) длиной 0,5–2,6 см. Наибольшая скорость образования корней составила 75% на среде SH с добавлением 0,5 мг/л нафтилуксусной кислоты (НУК). Наибольшая длина корней наблюдалась на базальной среде Шенка и Хильдебрандта (SH) без регулятора роста.

Ключевые слова: *Juniperus sabina*, *in vitro*, регенерация, регулятор роста.

In this study we have to establish and optimize a regeneration for economically important *Juniperus sabina* L. in Mongolia. Plant regeneration were achieved with leaves/shoots explants collected in the summer with the length of 1.5–2.0 cm. Shoot responses on explants depended on nutrient medium types and the concentration of 6-benzilaminopurine (BAP) growth regulator. Highly efficient shoot formation was obtained when either on Murashige and Skoog (MS), Murashige and Skoog medium with Gamborg's B5 vitamin (MSB5) and Schenk and Hildebrandt Basal (SH) medium supplemented with 0–1 mg/l 6-benzilaminopurine (BAP) with the length of 0.5–2.6 cm. The highest root induction rate was 75% on SH medium supplemented with 0.5 mg/l naphthalene acetic acid (NAA). The longest root length observed Schenk and Hildebrandt Basal (SH) medium without growth regulator.

Keywords: *Juniperus sabina*, *in vitro*, regeneration, growth regulator.

INTRODUCTION

Juniper sp is well adapted to the dry and extreme climate of the Northern Hemisphere, and 68–80 species of plants grow widely [1]. In Mongolia, which has an extreme and harsh climate of Central Asia, is rich in genetic resources of natural wild plants. There are 3163 tuberous plants have been recorded in Mongolia, of which 6.9% vulnerable, 3.2% rare, 4.7% (very rare) endangered, 1.5% near threatened.

There are four *Juniper* species; *J. sabina*, *J. dahuricus*, *J. pseudosabina* and *J. sibirica* distributed in mountainous regions of Khangai, Khentii, Altai and Gobi-Altai. *J. sabina* considered to endangered status and listed in the “Mongolian Red book” [16]. *Juniper* species develops low quality seed (empty seeds) with low germination and slow to coming out seed dormancy. For example, depending on the population, of its bush age and the weather of the year, 20–30% of the total seeds, and in some cases up to 4%, may contain embryos [14]. Therefore, in recent years, due to global climate change and excessive harvesting of plant resources for commercial purposes, the genetic resources of natural wild plants are decreasing. Therefore, it is necessary to investigate the possibilities of reproduction and natural resource restoration for the purpose of protecting the gene pool of *Juniper* plants, protecting resources, multiplying for the many purposes.

MATERIALS AND METHODS

In this study we used *J. sabina* leaves/shoots as an explant resources and had collected in July 2023 Mandal sum, Selenge

province (latitude 48.85369, longitude 106.81295 a.s.m.l 1010 m).

In this experiment we used 3 types of medium; Murashige and Skoog medium (MS) [10] Murashige and Skoog medium with Gamborg vitamin (MSB5) [4] and Schenk and Hildebrandt Basal medium (SH) [15], either benzylaminopurine (BAP) or naphthalene acetic acid (NAA) growth regulator. The pH of all medium was adjusted to 5.8 with 1N NaOH or 1N HCl and autoclaved at 121°C for 15 min. The plant growth regulators were filter sterilized (0.22 $\mu\text{mol L}^{-1}$ Millipors, USA) and added to cooled autoclaved medium. The experiment was performed in three replicated with 10–12 explants in each treatment.

Explant sterilization for *in vitro* initiation. Leaves/shoot cuttings collected in July, were selected as explants. To determine an efficient sterilization procedure shoot explants were washed with 0.1% soap water and 70% ethanol followed by soaking in 30, 40 and 50% commercial bleach, Clorox for 10 min and washed sterilized double distilled water with 3 times.

Explant preparation and *in vitro* regeneration. After surface sterilization, 1.5–2.0 cm length shoot cuttings; an explant were cultured on MS, MSB5 and SH medium with BAP concentration of 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 mg/l for direct shoot regeneration and with NAA of 0, 0.5, 1.0, 2.0, 4.0 mg/l for rooting. Shoot regeneration and rooting percent were calculated by comparing number of primary explants to regenerated shoots and rooted shoots. Newly initiated shoot and root from primary explants were measured by cm for length.

Analysis of variance (ANOVA) were evaluated using SAS software package (version 962, SAS Institute Inc., Cary, NC) and Duncan's Multiple Range Test were performed to analyze the means for significant difference at $p \leq 0.05$.

RESULTS

Enhancing effectiveness of explant sterilization. It is critical to use an effective sterilization method for obtaining explants source free of microbial contamination. The obtained results showed that sterilization of explants by 50% commercial bleach, Clorox for 10 min gives the best results in overcoming problems with internal bacterial infection. The contamination rate of the explant in 30% of commercial bleach was

48–56%, with 40% solution, it was 13–21%, and when it was sterilized with a 50% solution, there was not observed explant contamination. Thus it could represent a good sterilization method to obtain sufficient and healthy explants sources free of microbial contamination.

Effect of medium and BAP growth regulator concentration on the frequency of shoot growth from primary explants. For establishing an efficient plant regeneration of *J. sabina*, 1.5–2.0 cm length shoot explants cultured on three different medium, each medium supplemented with five different concentration of BAP were chosen for direct shoot regeneration and efficiency of shoot organogenesis as shown in table 1 and figure 1.

Table 1. Effects of BAP concentration in different medium on *in vitro* shoot regeneration of *Juniperus sabina* L.

BAP, mg/l	MS		MSB5		SH	
	Frequency of shoot regeneration, %	Shoot length, cm	Frequency of shoot regeneration, %	Shoot length, cm	Frequency of shoot regeneration, %	Shoot length , cm
0	100 ± 1.23 ^a	1.3	62.5 ± 1.54 ^b	1.8	100 ± 2.01 ^a	2.0
0.5	100 ± 2.14 ^a	1.2	100 ± 2.47 ^a	1.2	100 ± 3.4 ^a	2.8
1.0	83 ± 1.47 ^{ab}	2.6	100 ± 1.64 ^a	1.3	100 ± 1.6 ^a	1.0
2.0	1 ± 0.11 ^d	1.2	100 ± 2.35 ^a	1.8	25 ± 2.47 ^c	1.0
4.0	3 ± 1.2 ^d	0.5	3 ± 0.24 ^d	1.1	25 ± 2.12 ^c	1.1

The values are the mean of 3 replications ±SE. Different letters indicate statistically significant differences.

Shoot induction frequency was 83–100% in MS nutrient medium supplemented with 0–1 mg/l BAP, shoot length 0.5–2.6 cm, however shoot regeneration level low in MS medium supplemented with 2–4 mg/l BAP, shoot length 0.3–1.2 cm and shoot was not differentiated. Shoot induction frequency was 62.5–100%, shoot length 0.8–1.8 cm in

MSB5 medium supplemented with 0–2 mg/l BAP, however shoot was not differentiated in MSB5 medium supplemented with 4 mg/l BAP. Shoot initiation observed in all treatment of SH medium supplemented with 0–4 mg/l BAP with 25–100%, shoot length 0.8–2.8 cm. Our experiment suggest that the MS, MSB5 and SH medium supplemented

with 0–1 mg/l BAP significantly inducing shoot initiation and formation of *J. sabina*, but the frequency of shoot regeneration decreased with the increase of kinetin concentration up to 4 mg/l (table 1, fig. 1).

Based on the color, shape and growth of initiated shoot formation, BAP concentrations of 0.5 and 1.0 mg/L were suitable for shoot formation in this experiment and were selected for further study.




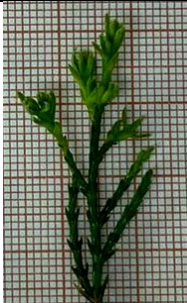











Medium	Concentration of BAP, mg/l				
	0	0.5	1.0	2.0	4.0
MS					
MSB5					
SH					

Figure 1. *J. sabina* shoot formation on MS, MSB5 and SH medium supplemented with different concentration of BAP growth regulator

Rooting of elongated shoots and recovery of whole plants. NAA was selected from the auxin-type growth substances for rooting

medium preparation, and 0, 0.5, 1.0, 2.0, and 4.0 mg/L were added to MS, MSB5 and SH medium for rooting of propagated shoots (table 2).

Table 2. Effects of NAA concentration in medium type on rooting of *Juniperus sabina* L.

NAA, mg/l	MS		MSB5		SH	
	Rooting frequency, %	Root length, cm	Rooting frequency, %	Root length, cm	Rooting frequency, %	Root length, cm
0	50	7.5 ^d	0	—	66.6	26.5 ^a
0.5	50	7.3 ^d	0	—	75	10.5 ^c
1.0	40	7.5 ^d	0	—	67	18.5 ^b
2.0	25	7.5 ^d	34	1.2 ^f	34	6.2 ^d
4.0	0	1 ^f	33	7 ^d	34	21 ^{ab}

The values are the mean of 3 replications. Different letters indicate statistically significant differences.

Rooting frequency was 25–50%, root length was 1–7.5 cm in MS medium. Rooting frequency was higher in 0–2 mg/l NAA in MS medium compared to MS medium added 4 mg/l NAA. There was no rooting observed in MSB5 medium added 0–1 mg/l NAA, however rooting frequency was 34–67%, root length 1.2–7 cm in MSB5 medium supplemented with 2–4 mg/l NAA. All of SH medium treatment showed good rooting frequency between 34–75%, with the length of 6.2–26.5 cm. Roots vigorously formed healthy on SH medium supplemented with 0–4 mg/l NAA (Fig.2).

DISCUSSION

To date, extensive research has been conducted on *Juniperus* species in many areas in the world, but relatively few research on tissue culture has been conducted on *J. sabina*. Most of the studies of *J. sabina* concentrate on chemical composition and its profile, biological and antidiabetic activities [12], [9] cytotoxic effect and against cancer cells [13]. In our

study of tissue culture of *J. sabina*, the highest frequency of shoot initiation from primary shoot cutting explants recorded on MS medium supplemented with low concentration of BAP (up to 0.5 mg/l), MSB5 medium with middle concentration of BAP (0.5–2.0 mg/l) and SH medium with low concentration of BAP up to 1 mg/l. Comparing of the three media tested for shoot initiation, SH medium showed the best results in terms of shoot length and shape.

The application of 0.11 mg/l BAP to the SH medium resulted in the fastest rate of multiplication (Castro, 2011). The optimal BAP concentrate was 0.5 mg/l on the three medium that we used in this study for shoot initiation. The similar results showed on three juniper species (*J. excelsa*, *J. horizontalis*, and *J. chinensis*) shoots was 0.5 mg/l in woody plant medium [17]. BAP growth regulator at 1.0 mg/l without or with 0.02 mg/l NAA was essential for adventitious shoot development and the start of active morphogenic responses on MS medium for *J. excelsa* and *J. cedrus* [2].

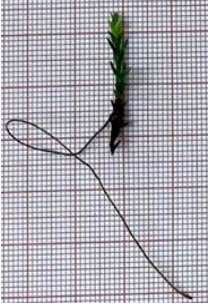
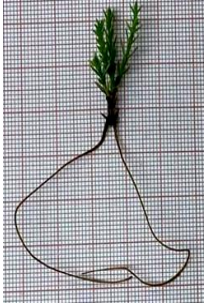







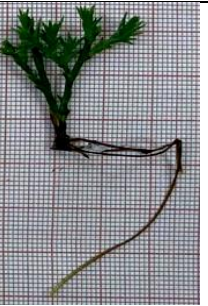
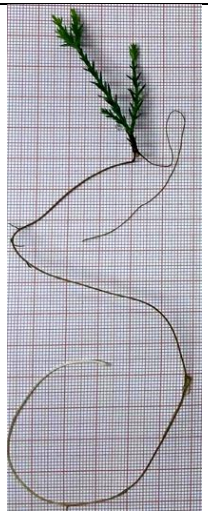

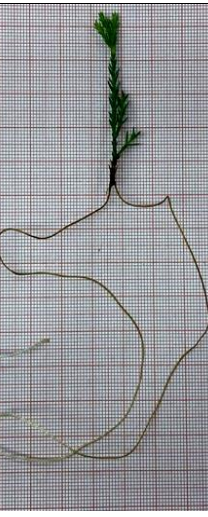

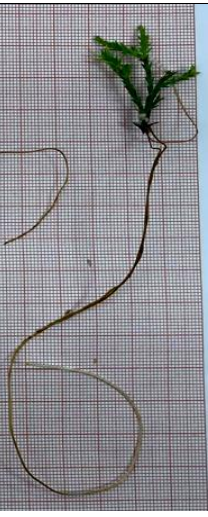
Medium	Concentration NAA, mg/l				
	0	0.5	1.0	2.0	4.0
MS					
MSB5					
SH					

Figure 2. Effect of NAA concentration on root regeneration from primary explants of *J. sabina* L.

For the rooting from primary explants, our result showed that low concentration (0–0.5 mg/l) of NAA in the MS medium rooting frequency was 50% with the length of 7.5 cm, while in SH medium rooting frequency

was 75% with the length of 10.5–26.5 cm. High concentration (4 mg/l) of NAA does not affect root induction on MS medium while MSB5 and SH medium inducing root from primary explants with 33–34%. When

0.47 mg/l NAA and 4% sucrose were added to modified SH medium, *J. oxycedrus* shoots were successfully rooted *in vitro* [5]. In general, most juniper species show good rooting when treated with IBA alone or in combination with NAA [8; 6; 17; 3; 7]. However, attempts to induce rooting in *J. polycarpus* have not been very successful, and it has been shown that this species has difficulty in *in vitro* rooting in media containing IBA and NAA [11]. *In vitro* rooting is viable in *J. chinensis* (87%), *J. phoenicea* (70%), *J. horizontalis* (68%), *J. thurifera* (up to 50%), *J. oxycedrus* (50%), and *J. excelsa* (42%) [8; 6; 17; 3; 7].

CONCLUSION

J. sabina L is one of the most important plant for Mongolian traditional medicinal plant and considered to endangered species in Mongolia. *Juniperus* regeneration protocol has been extensively practiced in the world, however genotype-independent and widely applicable protocol for efficient plant regeneration in *J. sabina* not yet available. In this study, an efficient *in vitro* regeneration protocol for *J. sabina* was established. In juniper tissue culture, primary explants: shoot cut-

tings are washed with a weak soap solution, rinsed with 70% ethanol for 5 minutes, treated with a weak sulfuric acid solution for 3 minutes, sterilized with 50% sodium hypochlorite solution for 15 minutes, and washed 3–4 times with sterile distilled water. For shoot initiation frequency from primary explants in MS medium supplemented with 0–1 mg/l BAP were 83–100%, and the length of shoot 0.5–2.6 cm, and in MSB5 medium supplemented with 0–2 mg/l BAP, shoot initiation frequency 62.5–100%, and the length of shoot were 0.8–1.8 cm. In MS and MSB5 medium supplemented with 2–4 mg/l BAP, shoots are deformed and grow in a distorted shape. All variants with BAP growth regulator added 0–4 mg/l to SH medium showed shoot initiation frequency ranging from 25–100% and shoot length ranging between 0.8 and 2.8 cm. The formation of roots from primary explants, all variants with 0–4 mg/l of NAA added to SH medium showed root formation, with root length ranging from 6.2–26.5 cm and root frequency ranged between 34 and 75%. In addition, roots formed in SH medium, and the root formation frequency and root length were the highest in SH medium among the three tested media.

Acknowledgement: This study was supported by Fund of Scientific and technology, Minister of Education and Science. Project number is ShuTBUXXXZG-2022/185.

There is no conflict of interest.

References

1. Adams R.P. & Demeke T. Systematic relationships in *Juniperus* based on random amplified polymorphic DNAs (RAPDs). *Taxon*, 1993. 42, 553–572.
2. Al-Ramamneh E.A., Daradkeh N., Rababah T., Pacurar D., Al-Qudah M. Effects of explant, media and growth regulators on *in vitro* regeneration and antioxidant activity of *Juniperus phoenicea*. *International Society for Horticultural Science*. 2017. 11, 828 837.DOI:10.3390/horticulturae 10010104.

3. Castro M.R., Belo A.F., Afonso A., Zavattieri M.A. Micropropagation of *Juniperus navicularis*, and endemic and rare species from Portugal SW coast. *Plant Growth Regulation*. 2011.65, 223–230.
4. Gamborg O.L., Miller R.A. and Ojima K. *Nutrient Requirements of Suspension Cultures of Soybean Root Cells*. Experimental Cell Research, 1968. 50, 151–158.
5. Gomez M.P., Segura J. Factors controlling adventitious bud induction and plant regeneration in mature *Juniperus oxycedrus* leaves cultured in vitro. *In Vitro Cellular&Developmental Biology-Plant*. 1994. 30P, 210–218. DOI:10.1007/BF02823034.
6. Gómez M.P., Segura J. Axillary Shoot Proliferation in Cultures of Explants from Mature *niperus Oxycedrus* Trees. *Tree Physiology*. 1995.15, 625–628. DOI:10.1093/treephys/15.9.625.
7. Khater N, Benbouza H., Preservation of *Juniperus thulifera* L. : A rare endangered species in Algeria through *in vitro* regeneration. *J. For. Res.* 2019, 30, 177–186.
8. Loureiro J, Capelo A, Brito G, Rodriguez E, Silva S, Pinto G, Santos C., Micropropagation of *Juniperus phoenica* from adult plant explants and analysis of ploidy stability using flow cytometry. *Biol. 2007. Plant* : 51, 7–14.
9. Maged S. Abdel-Kader, Gamal A. Soliman, Mohammed H. Alqarni, Abubaker M. Hamad, Ahmed I. Foudah, Saleh I. Alqasoumi., Chemical composition And protective effect of *Juniperus sabina* L. essential oil against CCl₄ induced hepatotoxicity, *Saudi Pharmaceutical Journal*, 2019, Volume 27, Issue 7, p. 945–951.
10. Murashige T., Skoog F. A revised medium for rapid growth and bio assays with tobacco tissue cultures. *Physiologia Plantarum*. 1962.15 (3): 473–497. doi:10.1111/j.1399 3054.1962.tb08052.x. S2CID 84645704.
11. Momeni M., Ganji-Moghadam E., Kazemzadeh-Beneh H., Asgharzadeh. Direct organogenesis from shoot tip explants of *Juniperus polycarpus* L. Optimizing basal media and plant growth regulators on proliferation and root formation. *Plant cell biotechnology and molecular biology*.2018.19, 40–50.
12. Orhan N., Deliorman Orhan D., Gökbulut A., Aslan M., Ergun F. Comparative Analysis of Chemical Profile, Antioxidant, In-vitro and In vivo Antidiabetic Activities of *Juniperus foetidissima* Willd. and *Juniperus sabina* L. *Iran J Pharm Res.* 2017. Winter; 16(Suppl):64 74. PMID: 29844777; PMCID: PMC5963647.
13. Sadeghi A.H., Emami A., Saeidi M., Sadeghi B. & Jafarian A. Evaluation of in vitro cytotoxic effects of *Juniperus foetidissima* and *Juniperus sabina* extracts against a panel of cancer cells. 2009, p. 281–286.
14. Shelagh A., McCartan and Peter G. (2013) Guidelines for Seed Collection and Stratification of Common Juniper (*Juniperus communis* L.). *Tree Planters' Notes*, Gosling; 2013, Volume 6, No. 1, p. 24–29.
15. Schenk R.U., Hildebrandt A. C. Medium and Techniques for Induction and Growth of Monocotyledonous and Dicotyledonous Plant Cell Cultures. *Canadian Journal of Botany*,1972, 50(1) : 199–204.
16. Urgamal M. 2014. Conspectus of the vascular plants of Mongolia. P. 38.
17. Zaidi M.A., Khan.S., JahanmN.,Yousafzai.A., Mansoor.A., Micropropagation and conservation of tree *Juniperus* species (*Cupressaceae*). *Pakistan Journal of Botany*. 2012, 44, 301–304.

УДК 631.527:631.529

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-35-42

ПРОВОКАЦИОННЫЕ ФОНЫ ДЛЯ ВЫДЕЛЕНИЯ ЗИМОСТОЙКИХ ГЕНОТИПОВ ЛЮЦЕРНЫ*

А.А. Ионов, научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

a.ionov@vniikormov.ru

PROVOCATIVE CONDITIONS FOR THE ISOLATION OF WINTER-HARDY ALFALFA GENOTYPES

A.A. Ionov, Researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

a.ionov@vniikormov.ru

Обобщены научные результаты по применению в селекции люцерны провокационных фонов для выделения зимостойких генотипов в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации. Представлен обзор научных исследований за период с 1981 по 2024 гг. Установлено, что для сохранения посевов люцерны необходимо применение правильной агротехники, включающее: посев не позднее критических сроков высева семян, проведение осеннего укоса до наступления критических сроков осеннего сбора урожая, оставление стерни для задержания снега, выращивание люцерны вместе с вико-овсяной смесью, глубокая вспашка площадей под посевы и др. Для выделения зимостойких генотипов люцерны наиболее эффективными являются методы селекции: посев на возвышениях, удаление снежного покрова, промораживание вегетационных сосудов и т.д. Применение данных методов позволяет выделить генотипы, которые затем будут вовлечены в селекционный процесс в качестве источника зимостойкости.

Ключевые слова: зимостойкость, провокационный фон, агротехника, люцерна.

The article summarizes the scientific results on the use of provocative backgrounds in alfalfa breeding to isolate winter-hardy genotypes for the conditions of the Non-Chernozem zone of the Russian Federation. An overview of scientific research for the period from 1981 to 2024 is presented. It has been established that in order to preserve alfalfa crops, it is necessary to use proper agricultural technology, including: sowing no later than the critical dates for sowing seeds, autumn mowing before the critical dates for autumn harvesting, leaving stubble to retain snow, growing alfalfa together with a vetch-oat mixture, deep plowing of areas for crops, etc. The most effective breeding methods for isolating winter-hardy alfalfa genotypes are: sowing on hills, removing snow cover, freezing vegetation vessels, etc. The use of these methods allows us to identify genotypes that will then be involved in the selection process as a source of winter hardiness.

Keywords: winter hardiness, provocative background, agricultural technology, alfalfa.

* Работа выполнена в рамках госзадания ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», тема FGGW-2023-0002: «Разработать симбиотическую биотехнологию управления процессом создания сортов люцерны с высокой адаптивной способностью, урожайностью и заданным химическим составом сухого вещества», регистрационный номер темы в ЕГИСУ 123091300001-0.

Зимостойкость — это комплексное свойство, включающее в себя устойчивость к заморозкам, нехватке воды, обледенению (сильному кислородному голоданию), затоплению (слабому кислородному голоданию) и болезням. Сочетание и степень выраженности этих стрессовых факторов варьируются от года к году, то есть зависят от сложившихся климатических условий. Для сохранения травостоя в период зимнего покоя важно применение соответствующей агротехники, а также районированных сортов, обладающих признаками зимостойкости.

Сохранение травостоя в зимний период зависит от способности растений противостоять таким негативным факторам, как резкие смены температур в зимний период, вымокание, выпирание, ледяная корка, выпревание, а также подготовленности растений к периоду покоя [1; 2]. Агротехническими методами борьбы с вымерзанием посевов люцерны являются: посев люцерны не позднее критических сроков высева семян, проведение осеннего укоса до наступления критических сроков осеннего сбора урожая, оставление стерни для задержания снега, выравнивание поверхности для улучшения дренажа, выращивание люцерны вместе с вико-овсяной смесью [3; 4]. Также агротехнические мероприятия включают глубокую вспашку площадей под посевы и посев семян на оптимальную глубину, подсушивание травостоя люцерны к концу вегетации [5–7]. Зимостойкость травостоев люцерны зависит от подготовленности растений к перезимовке, которая обуславливается вышеозначенными агротехническими мероприятиями и особенностями возделываемых сортов [1; 2].

Применение правильной агротехники позволяет выращивать растения люцерны без их гибели в складывающихся условиях отрицательных климатических воздействий. Однако применение многих мероприятий не всегда может дать гарантию сохранности травостоя после периода зимнего покоя. Основой предотвращения гибели растений служит правильный подбор сорта, устойчивого к определенным негативным воздействиям, описанным выше.

Селекция на устойчивость к пониженным температурам (морозостойкость) проводится учеными для расширения ареала выращивания интродуцированных и уже возделываемых культур в целях повышения приспособленности, устойчивости и урожайности. Сам по себе признак зимостойкости сложный и полигенный, и обуславливается многими факторами.

В частности, для выявления морозоустойчивых и устойчивых к выпреванию генотипов озимой ржи применяют следующие методы: промораживание растений в морозильной камере при критических температурах, возделывание на насыпной гряде с удалением снежного покрова, выращивание на опытных делянках с насыпанием снега для задержания таяния [8–10]. Установлено, что зимостойкость озимой ржи сопряжена с цитоплазмой. В этом случае, на фоне общеизвестных методов селекции, используют материнскую форму с улучшенными цитоплазматическими генами и отцовскую, подвергавшуюся отбору на продуктивность в естественных условиях [11; 12]. Вышеозначенные методы применяются учеными из других регионов России и учеными из Китая [9; 13–

15]. На трех провокационных фонах был проведен опыт для выявления зимостойких генотипов озимой пшеницы: 1) промораживание растений в вегетационных сосудах для определения критической температуры вымерзания растений. После промораживания вегетационные сосуды поместили в холодную комнату ($t = 0\text{ }^{\circ}\text{C}$), а затем на стеллажи для отрастания ($t \sim 15\text{ }^{\circ}\text{C}$); 2) в полевых условиях — удаление снега с насыпной гряды; 3) задержка таяния снега в полевом опыте путем насыпки снега на опытные деланки и укрытия гряды белыми рамками для отражения солнечных лучей [16]. Приведенные выше методы используют в селекции люцерны для выделения генотипов, устойчивых к негативным факторам, формирующимся в процессе перезимовки.

Селекция люцерны для Нечерноземной зоны, также как и в случае с озимой рожью, направлена на устойчивость к пониженным температурам в период зимнего покоя (морозоустойчивость). Этот признак сопряжен не только с почвенно-климатическими факторами, но и с подготовленностью растений к периоду покоя.

Подготовленность к периоду зимнего покоя обеспечивается накоплением углеводов в уязвимых органах растений (узел кущения, корневая шейка и корневая система). Важным компонентом морозоустойчивости является морфологическое строение вышеозначенных органов. Основой устойчивости этих органов является соотношение глубины их залегания и температуры почвы на этом уровне. Следовательно, необходимо проведение селекции с применением таких провокационных фонов, как посев на

возвышениях, удаление снежного покрова, промораживание вегетационных сосудов и т.д. Затем необходимо получение семян выживших растений и последующее проведение химических анализов количества углеводов в уязвимых органах. В дальнейшем необходимо произвести высев перспективных генотипов по содержанию углеводов в уязвимых органах [1; 2; 17]. Экспериментальным путем Н.Н. Дюкова установила, что худшими сроками для проведения посева люцерны являются 15–30 августа, а для проведения позднего первого укоса и позднего укоса отавы — 15 июля и 15 августа соответственно. В первом случае растения не могут достаточно быстро восстановиться весной и не имеют доступ к питательным веществам в связи с тяжелым гранулометрическим составом почв и их медленным оттаиванием, а во втором случае растения не успевают накопить достаточное количество углеводов для успешной перезимовки [18]. Для оценки генотипов люцерны были применены провокационный и селективный фоны: 1) ранний срок посева (температура на глубине заделки семян $5\text{--}7\text{ }^{\circ}\text{C}$); 2) оптимальный срок (температура на глубине заделки семян $10\text{--}12\text{ }^{\circ}\text{C}$) [19].

Наряду с вымерзанием опасными факторами гибели растений люцерны в зимний период являются выпирание, выпревание и вымокание.

При снежном покрове 30–40 см люцерна способна выдерживать морозы до $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$, однако в этих условиях создается опасность выпревания. В большинстве случаев оно начинает проявляться осенью, когда не вступившие в состояние покоя растения покрываются снегом.

Растения продолжают расти, расходуют запасы питательных веществ без их пополнения из-за отсутствия света, начинают испытывать углеводное голодание, затем наступает распад белков и гибель растений. Вымокание формируется в результате застоя воды при медленном таянии снега, преимущественно весной в пониженных местах, реже во время длительных оттепелей, когда накапливается талая вода, которая не впитывается в замершую почву. В результате наступает гипоксия и гибель растений. Отсутствие кислорода усиливает образование токсичных веществ и растения погибают от истощения и прямого отравления. Вымокание может повысить риск роста микроскопических организмов и увеличения выработки микотоксинов грибными патогенными организмами в результате сочетания высокой влажности и

температуры. Эти факторы создают благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры, которая затем приводит к выпадению растений из травостоя и заражению соседних растений [20–22].

Выпирание растений люцерны связано с переменным оттаиванием и замерзанием почвы в нестабильные по температуре зимы. При этом почва расширяется под действием расширения замерзающей воды и выталкивает корневую шейку и узлы кущения, а затем, при оттепели, оседает, и у растений обнажаются уязвимые органы, что приводит к вымерзанию и разрыву корней при следующем понижении температуры. В этом случае создание провокационного фона возможно только под действием естественных факторов, которые трудно создать в контролируемых условиях [23–25].

Литература

1. Писковацкий Ю.М. Люцерна для многовидовых агрофитоценозов // Актуальные направления селекции и использование люцерны в кормопроизводстве : сборник научных трудов, вып. 4(52). – М. : Угрешская типография, 2014. – С. 21–28.
2. Писковацкий Ю.М., Ломов М.В. Изучение новых образцов люцерны в коллекционном питомнике // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство : сборник научных трудов, вып. 12(60) / ФГБНУ «ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса». – М. : Угрешская типография, 2016. – С. 30–36.
3. Gaudet D.A., Laroche A. Snow mold-crop-environment interactions. In: *Biotechnological applications of cold-adapted organisms*. R. Margesin, F. Schinner (eds.). Springer Berlin Heidelberg, 1999: 191–202.
4. Гущина В.А., Тимошкин О.А., Володькина Г.Н. Особенности формирования продуктивности люцерны изменчивой на выщелоченном черноземе Среднего Поволжья в зависимости от покровных культур // Кормопроизводство. – 2020. – № 5. – С. 20–25. – DOI: 10.25685/KRM.2020.90.77.001.
5. Букин В.И. Влияние водного режима на зимостойкость люцерны // Вестник сельскохозяйственной науки. – 1981. – № 3. – С. 94–96.
6. Данилов Г.Г., Каргин И.Ф., Немцев Н.С. Система обработки почв. – М. : Россельхозиздат, 1982. – 270 с.
7. Пугач А.А., Тарануха В.Г. Технологии производства продукции растениеводства. Растениеводство : учебно-методическое пособие. – Горки : БГСХА, 2021. – 83 с.

8. Кравченко В.М., Бирюкович Т.В., Позняк О.Н. Оценка и отбор селекционного материала озимой ржи с использованием морозильных камер и провокационных фонов // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2013. – № 49. – С. 259–266.
9. Применение метода провокационного фона в создании исходного материала озимой диплоидной ржи в селекции на зимостойкость / Т.В. Бирюкович, Э.П. Урбан, Д.Ю. Артюх, В.М. Кравченко // Стратегия и приоритеты развития земледелия и селекции полевых культур в Беларуси : Материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 90-летию со дня основания РУП «Научно-практический центр НАН Беларуси по земледелию», Жодино, 05–06 июля 2017 года. – Жодино : ИВЦ Минфина, 2017. – С. 234–236.
10. Потапова Г.Н., Романов А.П. Особенности селекции озимой ржи на зимостойкость на Среднем Урале // Новые методы селекции озимых зерновых культур : сб. науч. тр. – Уфа, 2001. – С. 86–90.
11. Патент RU 2080054 C1 Российская Федерация, МПК A01H 1/04. Способ селекции озимой ржи. Заявка № 5059119/13 : заявл. 19.08.1992. Опубл. 27.05.1997 / А.В. Титаренко, Л.П. Титаренко; заявитель Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Центрально-Черноземной полосы им. В.В. Докучаева.
12. Дзюба О.В. Селекция озимой ржи на зимостойкость // Вавиловские чтения «Наследие Н.И. Вавилова в современной науке» : Материалы национальной научно-практической конференции, посвященной деятельности Н.И. Вавилова, Новосибирск, 30 ноября 2018 года. – Новосибирск : Издательский центр «Золотой колос», 2019. – С. 22–24.
13. Castonguay Y. et al. Alfalfa Winter Hardiness: A Research Retrospective and Integrated Perspective. *Advances in agronomy*. 2006. 90:203–265.
14. Castonguay Y. et al. Molecular physiology and breeding at the crossroads of cold hardiness improvement. *Physiologia Plantarum*. 2013. № 1(147). P. 64–74.
15. Xu H. et al. Study on molecular response of alfalfa to low temperature stress based on transcriptomic analysis. *BMC Plant Biology*. 2024. 1(24):1244.
16. Использование провокационных фонов для оценки и отбора по зимо- и морозоустойчивости коллекционного материала озимой пшеницы / В.М. Кравченко, Ф.И. Привалов, И.С. Матыс, О.Н. Позняк // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2013. – № 49. – С. 266–273.
17. Гончаров П.Л. Селекция растений в Сибири на адаптивность // Достижения науки и техники АПК. – 2006. – № 1. – С. 13–15.
18. Дюкова Н.Н., Харалгин А.С. Селекция и состояние семеноводства новых сортов люцерны в Северном Зауралье // Агропродовольственная политика России. – 2015. – № 8(44). – С. 59–62.
19. Использование провокационных фонов в селекции перекрестноопыляемых культур в Полесском институте растениеводства / В.И. Кравцов, В.А. Радовня, В.Л. Копылович, О.С. Радовня // Вестник Белорусской государственной сельскохозяйственной академии. – 2023. – № 2. – С. 96–100.
20. Hodulikova L. et al. Effect of Soil Contamination of Fodder and Wilting on the Occurrence of Fungi and Mycotoxins in Alfalfa Silages. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2016. No 5(64). P. 1529–1536.
21. Zhang H., Venker K. Effect of Abiotic Conditions on Growth, Mycotoxin Production, and Gene Expression by *Fusarium fujikuroi* Species Complex Strains from Maize. *Toxins*. 2023. No 4(15). P. 260.
22. Mohamed Z.A. et al. Accumulation of microcystin toxin in irrigation water and alfalfa (*Medicago sativa*) forage plant, and assessing the potential risk to animal health. *Chemosphere*. 2024. (364). P. 143248–143248.
23. Тюлин В.А. Создание и использование луговых травостоев. – Тверь : Издательство Тверской ГСХА, 2018. – 140 с. – ISBN 978-5-907112-03-2.
24. Дюкова Н.Н., Харалгин А.С., Харалгина О.С. Формирование вегетативной продуктивности селекционных образцов люцерны изменчивой // Вестник Бурятской государственной сельско-

- хозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2020. – № 4(61). – С. 8–14. – DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.001.
25. Дюкова Н.Н., Харалгин А.С., Харалгина О.С. Анализ семенной продуктивности люцерны в Тюменской области // Проблемы селекции – 2022: Тезисы докладов международной научной конференции, Москва, 12–15 октября 2022 года. – Москва: РГАУ–МСХА им. К.А. Тимирязева, 2022. – С. 40.

References

1. Piskovatskiy Yu.M. Lyutserna dlya mnogovidovykh agrofitotsenozov [Alfalfa for multi-species agrophytocenoses]. *Aktual'nyye napravleniya seleksii i ispol'zovaniye lyutserny v kormoproizvodstve: sbornik nauchnykh trudov, vyp. 4(52)* [Current trends in breeding and use of alfalfa in forage production: collection of scientific papers, issue 4(52)]. Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2014, pp. 21–28.
2. Piskovatskiy Yu.M., Lomov M.V. Izucheniye novykh obraztsov lyutserny v kollektsionnom pitomnike [Study of new alfalfa samples in a collection nursery]. *Mnogofunktsional'noye adaptivnoye kormoproizvodstvo : sbornik nauchnykh trudov, vyp. 12(60)* [Multifunctional adaptive forage production: collection of scientific papers, issue 12(60)]. Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2016, pp. 30–36.
3. Gaudet D.A., Laroche A. Snow mold-crop-environment interactions. In: *Biotechnological applications of cold-adapted organisms*. R. Margesin, F. Schinner (eds.). Springer Berlin Heidelberg, 1999: 191–202.
4. Gushchina V.A., Timoshkin O.A., Volodkina G.N. Osobennosti formirovaniya produktivnosti lyutserny izmenchivoy na vyshchelochennom chernozeme Srednego Povolzh'ya v zavisimosti ot pokrovnykh kul'tur [Features of the formation of the productivity of variable alfalfa on leached chernozem of the Middle Volga region depending on cover crops]. *Kormoproizvodstvo* [Forage production], 2020, no. 5, pp. 20–25. DOI: 10.25685/KRM.2020.90.77.001.
5. Bukin V.I. Vliyaniye vodnogo rezhima na zimostoykost' lyutserny [Influence of water regime on winter hardiness of alfalfa]. *Vestnik sel'skokhozyaystvennoy nauki* [Bulletin of agricultural science], 1981, no. 3, pp. 94–96.
6. Danilov G.G., Kargin I.F., Nemtsev N.S. Sistema obrabotki pochvy [Tillage system]. Moscow, Rossel'khozizdat Publ., 1982, 270 p.
7. Pugach A.A., Taranukho V.G. Tekhnologii proizvodstva produktsii rasteniyevodstva. Rasteniyevodstvo : uchebno-metodicheskoye posobiye [Technologies for the production of plant products. Plant growing: a teaching aid]. Gorki, 2021, 83 p.
8. Kravchenko V.M., Biryukovich T.V., Poznyak O.N. Otsenka i otbor selektsionnogo materiala ozimoy rzhi s ispol'zovaniyem morozil'nykh kamer i provokatsionnykh fonov [Evaluation and selection of winter rye breeding material using freezers and provocative backgrounds]. *Zemledeliye i selektsiya v Belarusi* [Agriculture and breeding in Belarus], 2013, no. 49, pp. 259–266.
9. Biryukovich T.V., Urban E.P., Artyukh D.Yu., Kravchenko V.M. Primeneniye metoda provokatsionnogo fona v sozdanii iskhodnogo materiala ozimoy diploidnoy rzhi v selektsii na zimostoykost' [Application of the provocative background method in the creation of initial material of winter diploid rye in breeding for winter hardiness]. *Strategiya i priority razvitiya zemledeliya i seleksii polevykh kul'tur v Belarusi: Materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 90-letiyu so dnya osnovaniya RUP «Nauchno-prakticheskii tsentr NAN Belarusi po zemledeliyu», Zhodino, 05–06 iyulya 2017 goda* [Strategy and priorities for the development of agriculture and breeding of field crops in Belarus: Proceedings of the International scientific and practical conference dedicated to the 90th anniversary of the founding of the RUE "Scientific and Practical Center of the NAS of Belarus for Agriculture", Zhodino, July 5–6, 2017]. Zhodino, 2017, pp. 234–236.

10. Potapova G.N., Romanov A.P. Osobennosti selektsii ozimoy rzhi na zimostoykost' na Srednem Urale [Peculiarities of winter rye breeding for winter hardiness in the Middle Urals]. Novyye metody selektsii ozimyykh zernovykh kul'tur: sb. nauch. tr. [New methods of winter grain crop breeding: collection of scientific papers]. Ufa, 2001, pp. 86–90.
11. Patent RU 2080054 C1 Russian Federation, IPC A01H 1/04. Sposob selektsii ozimoy rzhi [Method for breeding winter rye]. Application No. 5059119/13: declared 19.08.1992. Published 27.05.1997. A.V. Titarenko, L.P. Titarenko; applicant V.V. Dokuchaev Research Institute of Agriculture of the Central Black Earth Belt.
12. Dzyuba O.V. Seleksiya ozimoy rzhi na zimostoykost' [Breeding of winter rye for winter hardiness]. Vavilovskiye chteniya "Naslediye N.I. Vavilova v sovremennoy nauke": Materialy natsional'noy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy deyatel'nosti N.I. Vavilova, Novosibirsk, 30 noyabrya 2018 goda [Vavilov readings "The legacy of N.I. Vavilov in modern science": Proceedings of the national scientific and practical conference dedicated to the activities of N.I. Vavilov, Novosibirsk, November 30, 2018]. Novosibirsk, Zolotoy kolos Publ., 2019, pp. 22–24.
13. Castonguay Y. et al. Alfalfa Winter Hardiness: A Research Retrospective and Integrated Perspective. *Advances in agronomy*. 2006. 90:203–265.
14. Castonguay Y. et al. Molecular physiology and breeding at the crossroads of cold hardiness improvement. *Physiologia Plantarum*. 2013. № 1(147). P. 64–74.
15. Xu H. et al. Study on molecular response of alfalfa to low temperature stress based on transcriptomic analysis. *BMC Plant Biology*. 2024. 1(24):1244.
16. Kravchenko V.M., Privalov F.I., Matys I.S., Poznyak O.N. Ispol'zovaniye provokatsionnykh fonov dlya otsenki i otbora po zimo- i morozoustoychivosti kolleksiionnogo materiala ozimoy pshenitsy [Use of provocative backgrounds for evaluation and selection of winter wheat collection material based on winter and frost resistance]. *Zemledeliye i seleksiya v Belarusi* [Agriculture and selection in Belarus], 2013, no. 49, pp. 266–273.
17. Goncharov P.L. Seleksiya rasteniy v Sibiri na adaptivnost' [Plant breeding in Siberia for adaptability]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex], 2006, no. 1, pp. 13–15.
18. Dyukova N.N., Kharalgin A.S. Seleksiya i sostoyaniye semenovodstva novykh sortov lyutserny v Severnom Zaural'ye [Selection and state of seed production of new varieties of alfalfa in the Northern Trans-Urals]. *Agroproduktivnost' i politika Rossii* [Agro-food policy of Russia], 2015, no. 8(44), pp. 59–62.
19. Kravtsov V.I., Radovnya V.A., Kopylovich V.L., Radovnya O.S. Ispol'zovaniye provokatsionnykh fonov v selektsii perekrestnoopylyayemykh kul'tur v Polesskom institute rasteniyevodstva [Use of provocative backgrounds in the selection of cross-pollinated crops at the Polesie Institute of Plant Growing]. *Vestnik Belorusskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii* [Bulletin of the Belarusian State Agricultural Academy], 2023, no. 2, pp. 96–100.
20. Hodulikova L. et al. Effect of Soil Contamination of Fodder and Wilting on the Occurrence of Fungi and Mycotoxins in Alfalfa Silages. *Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis*. 2016. No 5(64). P. 1529–1536.
21. Zhang H., Venker K. Effect of Abiotic Conditions on Growth, Mycotoxin Production, and Gene Expression by *Fusarium fujikuroi* Species Complex Strains from Maize. *Toxins*. 2023. No 4(15). P. 260.
22. Mohamed Z.A. et al. Accumulation of microcystin toxin in irrigation water and alfalfa (*Medicago sativa*) forage plant, and assessing the potential risk to animal health. *Chemosphere*. 2024. (364). P. 143248–143248.
23. Tyulin V.A. Sozdaniye i ispol'zovaniye lugovykh travostoyev [Creation and use of meadow grass stands]. Tver, 2018, 140 p. ISBN 978-5-907112-03-2.
24. Dyukova N.N., Kharalgin A.S., Kharalgina O.S. Formirovaniye vegetativnoy produktivnosti selektsionnykh obraztsov lyutserny izmenchivoy [Formation of vegetative productivity of breeding

- samples of variable alfalfa]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova* [Bulletin of the Buryat State Agricultural Academy named after V.R. Filippov], 2020, no. 4(61), pp. 8–14. DOI: 10.34655/bgsha.2020.61.4.001.
25. Dyukova N.N., Kharalgin A.S., Kharalgina O.S. Analiz semennoy produktivnosti lyutserny v Tyumenskoy oblasti [Analysis of seed productivity of alfalfa in the Tyumen region]. *Problemy seleksii – 2022: Tezisy dokladov mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii, Moskva, 12–15 oktyabrya 2022 goda* [Problems of breeding – 2022: Abstracts of reports of the international scientific conference, Moscow, October 12–15, 2022]. Moscow, 2022, p. 40.

УДК 631.2/3.03:631.531.06

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-43-58

ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРИЕМОВ ВОЗДЕЛЫВАНИЯ ОВСЯНИЦЫ КРАСНОЙ НА СЕМЕНА

В.Н. Золотарев, кандидат сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

vnii.kormov@yandex.ru

OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL METHODS FOR CULTIVATION OF RED FESCUE FOR SEEDS

V.N. Zolotarev, Candidate of Agricultural Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

vnii.kormov@yandex.ru

Сорта овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) характеризуются широкой амплитудой полиморфизма разновидностей и биоморфологических форм. Наиболее востребованными на коммерческом рынке являются сорта газонно-пастбищного типа разновидности овсяница красная жесткая (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.). Установлено, что создание семенных травостоев с максимальным количеством генеративных побегов в диапазоне от 1547 до 1619 шт./м² и получение наиболее высокой урожайности семян в интервале от 280 до 309 кг/га обеспечивается использованием норм высева 4–6 кг/га с шириной междурядий 15 и 30 см. Азотные удобрения являются эффективным средством повышения семенной продуктивности овсяницы. На травостоях первого года пользования наиболее результативным было однократное внесение доз N_{45–60} весной или двукратное по N₄₅ осенью и весной, что способствовало росту урожайности на 15–37%. На травостоях второго года пользования прибавка урожайности в пределах 32–37% достигалась при однократном весеннем внесении доз азотного удобрения N₄₅ или N₆₀, а также при осенне-весеннем использовании в норме N₉₀ (дробно по N₄₅). Оптимальным сроком посева, позволяющим получать 398–410 кг/га семян, является период с третьей декады мая по 20 июня. До начала процесса естественного осыпания после наступления физиологической спелости семян при достижении ими пороговой влажности 45% наиболее эффективным является раздельный способ уборки. В последующие сроки более целесообразно прямое комбайнирование. После обмолота, в результате интенсивного роста, к окончанию вегетационного сезона нарастает большой объем вегетативной массы. Для сохранения высокой продуктивности травостои необходимо подкашивать с середины до конца сентября, что способствует повышению урожайности семян на 17–22%. Срок эффективного использования семенных травостоев овсяницы красной составляет не более двух лет. При посеве в оптимальные сроки на второй год, по сравнению с предыдущим, урожайность семян снизилась на 41–45%, на третий — в пять раз.

Ключевые слова: овсяница красная жесткая (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.), сорта, урожайность, нормы высева, способы посева, минеральное азотное удобрение, сроки посева, способы уборки, продуктивное долголетие.

Red fescue (*Festuca rubra* L.) varieties are characterized by a wide range of polymorphism and biomorphological forms. The most popular varieties in the commercial market are the lawn-pasture type of stiff red fescue (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.). It has been established that seed stands with the maximum number of generative shoots (ranging from 1547 to 1619 shoots/m²) and the highest seed yields (ranging from 280 to 309 kg/ha) are achieved using seeding rates of 4–6 kg/ha with row spacings of 15 and 30 cm. Nitrogen fertilizers are an effective means of increasing fescue seed productivity. On first-year grasslands, the most effective treatment was a single application of N_{45–60} in spring or two applications of N₄₅ in autumn and spring, increasing yields by 15–37%. On second-year grasslands, yield increases of 32–37% were achieved with a single spring application of N₄₅ or N₆₀ nitrogen fertilizer, as well as with fall-spring applications at a rate of N₉₀ (split applications of N₄₅). The optimal sowing period, allowing to obtain 398–410 kg/ha of seeds, is the period from the third ten days of May to June 20. Before the natural seed shattering process begins, after physiological maturity has occurred and the seeds have reached a moisture threshold of 45%, separate harvesting is most effective. Subsequently, direct combining is more appropriate. After threshing, intensive growth results in a large accumulation of vegetative mass by the end of the growing season. To maintain high productivity, the grass stands should be mown from mid- to late September, which increases seed yield by 17–22%. The effective lifespan of red fescue seed stands is no more than two years. When sowing at the optimal time, the seed yield in the second year compared to the previous year decreased by 41–45%, and by a factor of 5 in the third year.

Keywords: stiff red fescue (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.), varieties, yield, seeding rates, sowing methods, mineral nitrogen fertilizer, sowing timing, harvesting methods, productive longevity.

Среди многолетних мятликовых трав овсяница красная (*Festuca rubra* L.) является наиболее ценным видом для создания высококачественных декоративных газонов долготного срока использования, формирующей травостой с сомкнуто-диффузным сложением и 90–100% ежегодным проективным покрытием [1–3]. Наряду с этим данная культура может использоваться в лугопастбищном кормопроизводстве в качестве одного из компонентов травосмесей, а также для рекультивации экологически загрязненных земель [4–6]. Овсяница красная является одной из наиболее востребованных многолетних трав на рынке России. Однако отечественное производство семян этой культуры не превышает 5% от необходимого количества для удовлетворения потребностей, и в коммерческом обороте доминирует импортный посевной материал [7]. Вместе с тем сорта зарубежной селекции не всегда подходят для агроклиматических ус-

ловий большинства районов Нечерноземной зоны России, характеризующейся продолжительным периодом с отрицательными температурами, приводящими к снижению выживаемости растений [8].

В связи с большим дефицитом посевного материала отечественного производства необходимо повышение эффективности семеноводства овсяницы красной. Одним из решений этой проблемы является разработка и широкое внедрение сортовых технологий возделывания, основанных на учете проявления биологических особенностей в определенных почвенно-климатических условиях.

Методы выращивания, используемые для производства семян овсяницы красной, должны включать в себя разработку адаптированных к условиям окружающей среды агротехнических мероприятий, способствующих повышению урожайности и качества семян [9].

Наиболее трудоемкими и дорогостоящими полевыми работами при выращивании семян овсяницы красной являются посев и уход за посевами в первый год [10]. Исследования, проведенные в Дании, показали, что в условиях продолжительного вегетационного сезона и мягкой зимы семенные травостой овсяницы красной целесообразно создавать нормой высева 6 кг/га под покров ячменя на зерно [10]. При этом сравнительная оценка влияния ширины междурядий 12, 24, 36 и 48 см показала, что наибольшее количество фертильных побегов в первый год пользования (г.п.) (до 3000 шт./м²) образовывалось при обычном рядовом посеве (ширина междурядий 12 см). В регионе Пис-Ривер на северо-западе Канады при использовании междурядий 15 и 30 см урожайность семян овсяницы в первый год была выше при обычном рядовом способе, во второй — при черезрядном [11]. Нормы высева 2, 4 и 6 кг/га не повлияли на урожайность семян овсяницы красной в первый год сбора урожая, но на второй год было отмечено снижение урожайности семян при самой высокой в опыте норме высева [12]. В Боснии и Герцеговине наибольшее количество генеративных побегов и самая высокая урожайность семян были получены при ширине междурядий 25 см [13].

В Северной Америке (Северная Миннесота) были проведены эксперименты, в ходе которых несколько сортов овсяницы красной и жесткой были подсеяны к яровой пшенице. В результате этого оба вида овсяницы красной пострадали от покрова пшеницы, возможно из-за чрезмерной затененности пшеничным пологом, и снизили на следующий год

продуктивность [14].

Одним из главных факторов повышения продуктивности мятликовых трав является применение азотных удобрений. С учетом биологических особенностей многолетних злаковых трав озимого типа развития на семенных посевах овсяницы красной эффективным является как осеннее, так и весеннее внесение азотных туков [15–17]. Вместе с тем отмечается, что из-за быстрого роста вегетативной массы растений в условиях высокого содержания азота (N) при неоправданно завышенных дозах минерального удобрения травы становятся более подверженными полеганию. Зависимость урожайности от содержания азота обычно полиномиальная, с оптимальным значением, за которым следует снижение семенной продуктивности и сборов семян при более высоких дозах азота [17–19].

Критически важным технологическим приемом возделывания злаковых трав является уборка, что связано с трудностями выбора критериев определения уборочной спелости семенных травостоев и высокой естественной осыпаемостью семян злаковых трав при созревании. Для определения способа и срока уборки необходимо проанализировать биологические особенности культуры (равномерность созревания, засоренность поля, погодные условия, способы посева, наличие средств для уборки) [20]. При выборе способа уборки следует учитывать состояние стеблестоя (степень полегания) и погодные условия.

После обмолота семян овсяница красная вследствие интенсивного роста к окончанию вегетационного сезона формирует большую вегетативную массу,

что ухудшает условия перезимовки. За рубежом практикуется послеуборочное сжигание пожнивных остатков овсяницы красной, способствующее увеличению интенсивности осеннего кушения и более раннему появлению большего количества метелок [15]. При этом отмечается, что разные сорта одного вида по-разному реагируют на сжигание, но в целом послеуборочное удаление растительных остатков приводит к повышению урожайности семян.

Овсяница красная характеризуется долголетием, в связи с чем важным является вопрос продолжительности эффективного использования травостоя на семена. В Дании практикуется в основном двух-трех летний период обмолота семенных травостоев [10]. При этом отмечается, что экономически оправданным является получение семян на протяжении четырех лет.

Вид овсяница красная (*Festuca rubra* L.) характеризуется широкой амплитудой полиморфизма подвидов, экотипов и биоморфологических форм [21, 22]. Установлено, что семенная продуктивность овсяницы красной варьируется в зависимости от генотипа — подвида, экотипа, уровня плоидности и сезонных колебаний (по годам), а также условий выращивания [23, 24], что требует разработки сортовых технологий возделывания этой культуры, адаптированных к определенным зональным условиям.

Следует отметить, что в ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» разработана технология возделывания на семена овсяницы красной разновидности красная жесткая (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.) сорта Сигма сенокосно-пастбищного типа [25]. Однако этот сорт менее устойчив

в долголетних газонных травостоях при интенсивном режиме их скашивания и больше предназначен для возделывания на корм при сенокосном использовании [2].

Цель работы — разработать комплекс технологических приемов возделывания на семена сортов овсяницы красной газонно-пастбищного типа, обеспечивающих максимальную реализацию их потенциала по семенной продуктивности в условиях Центрального Нечерноземья России.

Материалы и методы. Исследования проводили на опытном поле ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» с 1994 по 2025 годы с сортами овсяницы красной Юлишка и Дипа газонно-пастбищного типа разновидности красная жесткая (*Festuca rubra* L. subsp. *commutata* Gaud.). Сорта Юлишка (зарегистрирован в Госреестре с 1998 г.) и Дипа (включен в Госреестр с 2016 г.) характеризуются высокой устойчивостью к частому отторжению вегетативной массы, повышенным побегообразованием, долголетием, конкурентоспособностью в травосмесях, повышенной толерантностью к абиотическим стрессовым факторам, высокой семенной продуктивностью.

Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая с содержанием в пахотном слое 0–20 см подвижных форм фосфора (по Кирсанову) 119–156 мг/кг, обменного калия (по Масловой) 97–113 мг/кг, гумуса (по Тюрину) 2,28–2,66%, общего азота 0,12–0,16%, $pH_{\text{сол}}$ — 5,2–5,7, гидролитическая кислотность — 1,7–2,1 мг-экв. Фоновую дозу фосфорно-калийных удобрений из расчета $P_{45}K_{60}$ (двойной суперфосфат гранулированный с содержанием 46%

водорастворимого фосфора) и калий хлористый (60% K_2O) применяли в период предпосевной культивации, а на травостоях первого года пользования — после проведения осеннего подкашивания травостоя овсяницы первого года пользования во второй половине сентября.

Учеты и наблюдения осуществляли согласно «Методическим указаниям по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав» (ВИК, 1986). Площадь одной опытной деланки составляла 25 м², учетная уборочная площадь — 20 м², повторность четырехкратная, размещение деланок рендомизированное. Отбор снопов для структуры травостоя и определения биологической урожайности в опытах проводили в четырехкратной повторности. В опыте по установлению оптимальных сроков уборки сбор осыпавшихся семян проводили ежедневно в перфорированные лотки размерами 500 мм (длина) × 100 мм (ширина) × 50 мм (высота), установленные в междурядьях. Влажность семян в соцветиях и массу сухого вещества устанавливали с интервалом в 1–3 дня путем отбора навески семян в поле и ее высушивания в сушильном шкафу ШС-80-01 СПУ до стабилизации веса по ГОСТ 12044-82. Определение значений энергии прорастания и лабораторной всхожести осуществляли по «ГОСТ 12038-84. Условия проращивания» в предварительно продезинфицированных спиртом чашках Петри в четырехкратной повторности по 100 шт. семян при их проращивании на фильтровальной бумаге в термостате ТСО-1/80 СПУ.

Азотное удобрение (аммиачная селитра, NH_4NO_3 , содержание азота —

34,4%) в соответствующих схеме опыта дозах вносили вручную разбросным методом в два срока: осенью в начале второй декады сентября и весной на следующий год в фазу отрастания культуры.

Учет урожая проводили комбайнами Sampo 500, Sampo 130 или Wintersteiger «Classik» со всей учетной площади деланки измерительно-весовым методом.

Агротехника в опытах — общепринятая для многолетних злаковых трав для Центрального региона, за исключением агроприемов, изучаемых согласно схемам опытов.

Статистическую обработку экспериментальных данных делали методом дисперсионного анализа на основании методики Б.А. Доспехова (1985) на ПЭВМ с использованием группы пакетов приложений Microsoft Office Word 2007 с помощью Excel 2000, программы Statistica 5.5.

Результаты и обсуждение. Основой агротехнического конструирования высокопродуктивных семенных травостоев сельскохозяйственных культур являются исследования, направленные на выявление оптимизированных норм высева и способов размещения растений с учетом проявления ценотических особенностей их развития в определенных почвенно-климатических условиях, позволяющих наиболее полно реализовать сортовой продукционный потенциал.

Для установления факторов, оказывающих наибольшее влияние на формирование семенной продуктивности, проведены специальные исследования с подвязыванием растений в каркасах, предотвращающих полегание. Установлено, что на фоне весеннего внесения

аммиачной селитры в дозе N_{60} семенной травостой овсяницы имел степень полегания более 50%. Наблюдения показали, что при полегании овсяницы в ранние фазы развития (до цветения) урожайность семян снижалась по сравнению со специально созданными неполегающими посевами на 42–51%. Причиной этого было уменьшение обсемененности метелок на 18–26 % в результате ухудшения условий опыления, завязывания и налива семян, а также увеличение потерь при уборке из-за полегшего травостоя. Поэтому в основу агротехники возделывания этой культуры должен быть положен принцип создания неполегающих или слабополегающих посевов. Одним из приемов формирования устойчивых к полеганию травостоев является рациональный подбор соответствующих норм высева и способов посева.

Результаты исследований показали, что высев семян овсяницы красной в нормах от 2 до 10 кг/га (в пересчете на 100%-ную посевную годность) позволил сформировать травостой с густотой стояния в интервале от 55 до 253 шт./м²

растений в фазу полных всходов (табл. 1). В первый год пользования на травостоях, созданных с шириной междурядий 15 см, в изучаемом диапазоне норм высева выявлена высокосignифиcantная обратная зависимость исходной густоты стояния растений и плотности образовавшихся репродуктивных побегов, $r = -0,931$. При чрезвычайном способе посева аналогичной закономерности не выявлено.

Анализ структуры травостоя показал, что максимальное количество генеративных побегов в одном диапазоне достоверности от 1547 до 1619 шт./м² насчитывалось в травостоях первого года пользования, созданных нормами высева от 2 до 8 кг/га семян как при рядовом, так и при чрезвычайном способах посева (табл. 1). Вместе с тем, вследствие лучшей обсемененности соцветий и большей массы 1000 семян, самые высокие сборы семян в пределах 280–309 кг/га получены с посевов, созданных нормами высева 4–6 кг/га обычным рядовым и чрезвычайном способах посева.

1. Структура семенного травостоя и урожайность овсяницы красной сорта Юлишка первого г.п. при разных способах посева и нормах высева семян (в среднем по двум закладкам опыта)

Способ посева	Норма высева, кг/га	Густота стояния растений, шт./м ²	Количество генеративных побегов, шт./м ²	Длина соцветий, см	Масса семян со 100 соцветий, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность семян, кг/га
Обычный рядовой (15 см)	10	253	1493	10,0	5,11	1,58	246
	8	201	1554	10,4	5,38	1,55	264
	6	156	1547	10,3	5,52	1,65	287
	4	112	1612	10,2	5,47	1,67	301
Чрезвычайный (30 см)	8	193	1611	11,3	5,32	1,65	247
	6	147	1548	11,8	5,54	1,67	280
	4	101	1525	12,0	5,55	1,74	309
	2	55	1589	11,6	5,47	1,76	271
НСР ₀₅			118			0,12	28,7

Овсяница красная отличается высокой интенсивностью побегообразования. Так, к завершению вегетационного сезона в травостоях второго года жизни в зависимости от норм высева и способов посева насчитывалось от 11,4 до 18,1 тыс. шт./м² вегетативных побегов. Как следствие загущения на следующий год отмечалось последовательное снижение количества репродуктивных стеблей в обратной зависимости от норм высева в рядовых посевах соответственно

на 21, 11, 10 и 3% (табл. 1, 2). В чередных посевах уменьшение количества генеративных побегов на 9 и 6% наблюдалось только при более высоких нормах: 6 и 8 кг/га. Наряду со снижением количества фертильных стеблей на 4–17% упала и обсемененность соцветий. По совокупности ухудшения показателей отдельных компонентов структуры сборы семян с рядовых посевов снизились на 16–20%, и, менее выражено, на 11–16% — с чередных (табл. 2).

2. Структура семенного травостоя и урожайность овсяницы красной сорта Юлишка второго г.п. при разных способах посева и нормах высева семян (в среднем по двум закладкам опыта)

Способ посева	Норма высева, кг/га	Количество генеративных побегов, шт./м ²	Длина соцветий, см	Масса семян со 100 соцветий, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность семян, кг/га
Обычный рядовой (15 см)	10	1171	9,6	4,89	246	198
	8	1384	9,7	5,16	264	222
	6	1393	10,1	4,78	287	229
	4	1570	10,0	4,55	301	251
Черезрядный (30 см)	8	1471	10,2	5,26	247	207
	6	1462	10,7	5,40	280	250
	4	1527	11,2	5,31	309	269
	2	1545	10,8	5,43	271	235
НСР ₀₅		98			0,11	23,3

Дерново-подзолистые почвы Нечерноземной зоны характеризуются недостаточной обеспеченностью азотом, что лимитирует формирование высоких урожаев семян злаковых трав. При недостаточном азотном питании растений сбор полноценных семян резко снижается, а при избытке азота возрастает полежание посевов в ранние фазы развития, что ухудшает условия опыления, плодoобразования и уборки.

Исследования показали, что внесение азотного удобрения положительно влия-

ло на формирование структуры семенного травостоя овсяницы красной первого года пользования. В зависимости от дозы, сроков и схемы внесения по сравнению с контролем отмечалось увеличение количества генеративных побегов на 11–13%, длины метелок на 11–16% и массы семян с одного соцветия на 21–26% (табл. 3). В результате этого урожайность семян повышалась от 15 до 37%. Наиболее эффективным было однократное внесение N_{45–60} весной или двукратное по N₄₅ осенью и весной (табл. 3).

**3. Влияние внесения азотного удобрения на структуру урожая и урожайность
семян овсяницы красной сорта Юлишка первого г.п.
(в среднем по трем закладкам опыта)**

Доза удобрения, срок внесения	Количество генератив- ных побе- гов, шт./м ²	Длина соцветий, см	Число колосков в метелке, шт.	Число вы- полнен- ных семян в одном соцветии	Масса се- мян со 100 со- цветий, г	Урожай- ность се- мян, кг/га
Контроль	1231	9,2	25	1,6	5,3	200
P ₄₅ K ₆₀ – фон	1282	10,0	25	1,8	5,0	202
Фон + N ₄₅ осенью	1317	10,6	27	2,2	5,6	236
Фон + N ₆₀ осенью	1283	10,4	28	2,0	5,8	231
Фон + N ₄₅ весной	1326	10,6	28	2,3	5,9	266
Фон + N ₆₀ весной	1385	10,9	30	2,4	6,8	274
Фон + N ₉₀ весной	1340	10,8	30	2,4	6,5	249
Фон + N ₃₀ осенью + N ₃₀ весной	1390	11,1	29	2,5	6,4	240
Фон + N ₄₅ осенью + N ₄₅ весной	1404	10,6	31	2,4	6,4	264
НСП ₀₅	109,4					19,4

При двухгодичном использовании травостоя овсяницы красной на семена получены аналогичные результаты. Внесение азотного удобрения как при однократном осеннем или весеннем сроке в дозах N₄₅ и N₆₀, так и при дробном осенне-весеннем способе в нормах N₇₅ и N₉₀ способствовало увеличению количества образовавшихся генеративных побегов на 13–33% (табл. 4). Азотное удобрение не только стимулировало побегообразование, но и способствовало формированию соцветий с большим количеством выполненных семян: на 38–84% (табл. 4).

Вследствие улучшения структуры травостоя наиболее высокая прибавка сборов семян овсяницы второго года пользования в одном доверительном диапазоне от 34 до 38% получена при однократном весеннем внесении доз азотного удобрения N₄₅ и N₆₀, а также при осенне-весеннем использовании в

норме N₉₀ (дробно по N₄₅) (табл. 5).

Биологической особенностью овсяницы красной является относительно длительный период от посева до формирования полных всходов (в зависимости от гидротермических условий почвы во время посева — до 17–20 дней), а также медленное развитие растений в первый месяц жизни. В связи этим срок посева этой культуры оказывает большое влияние на закладку достаточного количества укороченных вегетативных побегов в год посева и урожайность семян в последующие годы. Результаты исследований показали, что для формирования травостоя с большим количеством репродуктивных побегов, до 1782 шт./м², обеспечивающих получение наиболее высоких сборов семян в первый год пользования в интервале 398–410 кг/га овсяницу красную необходимо высевать с третьей декады мая по 20 июня.

**4. Влияние азотных удобрений на структуру урожая и урожайность
семян овсяницы красной сорта Юлишка второго г.п.
(в среднем по двум закладкам опыта)**

Доза удобрения, срок внесения	Количество генератив- ных побегов, шт./м ²	Длина со- цветий, см	Количество колосков в метелке, шт.	Количество выполнен- ных семян в одном ко- лоске, шт.	Масса семян со 100 соцветий, г	Урожай- ность се- мян, кг/га
Контроль	1312	10,0	25	1,6	5,4	284
P ₄₅ K ₆₀ – фон	1353	10,0	25	1,8	6,0	320
Фон + N ₄₅ осенью	1538	10,4	27	2,2	5,5	349
Фон + N ₆₀ осенью	1486	10,3	28	2,0	6,0	334
Фон + N ₄₅ весной	1570	11,0	28	2,3	6,1	384
Фон + N ₆₀ весной	1595	10,3	30	2,4	5,8	382
Фон + N ₉₀ весной	1529	10,6	30	2,4	6,0	352
Фон + N ₃₀ осенью N ₃₀ весной	1749	9,6	29	2,5	6,1	356
Фон + N ₄₅ осенью + N ₄₅ весной	1699	10,1	31	2,4	6,0	391
НСР ₀₅	114,5					31,2

**5. Влияние сроков посева на урожайность и продуктивное долголетие семенных травостоев
овсяницы красной сорта Дипа (данные за 2014–2025 гг.)**

Срок посева	1-й г.п.		2-й г.п.		3-й г.п.		4-й г.п.	
	количес- тво генера- тивных побегов, шт./м ²	урожай- ность семян, кг/га	количес- тво генера- тивных побегов, шт./м ²	урожай- ность семян, кг/га	количес- тво генера- тивных побегов, шт./м ²	урожай- ность семян, кг/га	количес- тво генера- тивных побегов, шт./м ²	урожай- ность семян, кг/га
15–20 мая	1742	398	1152	204	630	91	296	31
5–10 июня	1782	410	1208	225	566	82	311	28
15–20 июня	1763	392	1184	230	580	78	318	34
1–5 июля	1319	261	1297	251	645	90	270	27
10–15 июля	1021	178	1385	264	592	85	289	24
НСР ₀₅	112,3	32,1	93,4	21,5	56,2	11,4	30,5	7,6

Изучение продуктивного долголетия семенных травостоев овсяницы красной показало, что срок эффективного использования составляет не более двух лет. При посеве в оптимальные сроки нормы высева 6 кг/га при обычном рядовом способе (15 см) на второй год по сравнению с предыдущим урожайность снизилась на 41–45%, на третий уже в 5 раз, что было обусловлено сильным загущением. На четвертый год сборы семян составляли всего 24–34 кг/га и травостой овсяницы больше напоминал плотный газон.

Уборка семян овсяницы красной сопряжена с риском недобора урожая от естественного осыпания из-за несвоевременной уборки или неправильного выбора способа ее проведения.

В качестве основного критерия определения уборочной спелости семян овсяницы красной изучалось изменение влажности семян в соцветиях, которое соответствовало определенному количе-

ству дней после начала цветения при проведении уборки двумя способами: раздельным и прямым комбайнированием.

Изучение динамики созревания семян показало, что темпы снижения влажности семян в соцветиях составляли в среднем 2,3% в сутки (табл. 6).

Наряду с величиной сборов семян основным критерием оценки эффективности сроков уборки являются показатели их посевных качеств. Анализ динамики накопления семенами сухого вещества, отражающим процесс налива, выявил, что достижение наиболее высоких значений массы 1000 шт. в пределах 1,28–1,34 г и стабилизация в этом интервале отмечалась при уменьшении влажности зерновок в соцветиях до уровня 45,2%, или через 24 дня после начала цветения. Так, начало осыпания отмечено в фазу восковой спелости семян при их влажности 35,4% (табл. 6), а в фазу полной спелости потери увеличились до 31,3 кг/га.

6. Влияние сроков и способов уборки на урожайность и посевные качества семян овсяницы красной сорта Юлишка (в среднем по трем закладкам опыта)

Дней от начала цветения	Влажность семян, %	Масса 1000 семян, г	Осыпание семян, кг/га	Урожайность семян (при 15%-ной влажности), кг/га		Всхожесть семян, %	
				прямая уборка	раздельная уборка	прямая уборка	раздельная уборка
17	54,6	1,08	—	190	224	72	78
22	49,5	1,20	—	234	261	84	86
24	45,2	1,28	—	294	382	86	87
26	35,4	1,34	начало осыпания	370	406	88	89
28	31,4	1,30	9,6	381	318	89	88
30	25,1	1,28	31,1	305	246	88	86
НСР ₀₅		0,18	—	21,8	28,2		

Сравнительная оценка способов уборки показала, что до начала процесса естественного осыпания после наступления физиологической спелости семян, при достижении ими пороговой влажности 45,2%, раздельный способ и прямое комбайнирование обеспечили практически одинаковый сбор сформировавшегося урожая. В период полной спелости при появлении первых признаков осыпания, но еще достаточно высоком содержании влаги в зерновках (35,4%), наиболее эффективным является раздельный способ со скашиванием травостоя в валки и последующим обмолотом. В последующие сроки более целесообразно прямое комбайнирование.

Такой дифференцированный подход подтверждается величиной сборов семян. При раздельном способе наиболее высокая урожайность 382–406 кг/га получена при скашивании травостоя в валки при влажности семян в соцветиях в пределах 45,2–35,4 (табл. 6). При прямом обмолоте практически такое же количество семян собрано в более поздний срок — при влажности зерновок в соцветиях 31,4%.

В Московской области в типичные по погодным условиям годы семенные посевы овсяницы красной убирают с конца июня — в первой декаде июля. После обмолота в результате интенсивного роста к окончанию вегетационного сезона нарастает большой объем вегетативной массы, травостоя сильно загущиваются. Такое их состояние создает благоприятные условия для развития патогенной микрофлоры в период перезимовки (снежная плесень и др.), размножения грызунов. Кроме того, большой объем

сухих отмерших листьев (старика) механически препятствует развитию растений весной, покрывая поверхность посевов, и создает предпосылки для несанкционированных поджогов. Следует отметить, что весеннее контролируемое сжигание старики весной оказало негативное влияние на рост и развитие растений, приводило к гибели большого количества побегов. Снижение сбора семян составило 56% по отношению к контролю.

При оценке эффективности позднелетнего и осеннего отторжения вегетативной массы овсяницы установлено, что этот агроприем в целом положительно влиял на продуктивность и способствовал повышению урожайности. Удаление вегетативной массы с середины августа до начала сентября способствовало росту количества генеративных побегов на следующий год на 6–8%. Однако подкашивание в августе не оказало положительного влияния на другие элементы структуры урожая (длина соцветий, масса семян со 100 соцветий).

Наиболее результативным сроком подкашивания на низком срезе (5–6 см) травостоя был период с середины до конца сентября. Установлено, что при этих сроках 72–86% побегов уходят в зиму с одним–двумя листьями, в результате чего число генеративных побегов в следующем году увеличилось на 14–17% (табл. 7). Также наблюдался рост обсемененности соцветий на 17–22%. В результате существенного улучшения основных компонентов структуры урожайность семян повышалась на 17–22% по сравнению с неподкошенными травостоями.

**7. Влияние различных сроков осеннего подкашивания
на семенную продуктивность овсяницы красной сорта Юлишка
(в среднем по трем закладкам опыта)**

Вариант	Количество генеративных побегов, шт.	Длина соцветий, см	Масса семян со 100 соцветий, г	Масса 1000 семян, г	Урожайность семян, кг/га
Без подкашивания	1390	10,1	5,4	1,28	208
15 августа	1481	10,4	5,8	1,20	214
1 сентября	1504	10,3	6,1	1,18	224
15 сентября	1588	11,0	6,3	1,16	248
30 сентября	1626	11,2	6,6	1,18	259
15 октября	1383	11,0	5,7	1,20	212
Сжигание старики весной	580	10,0	5,4	1,20	92
НСР ₀₅	120,2				17,5

Таким образом, технология возделывания сортов овсяницы красной газонно-пастбищного типа имеет свои особенности. Максимальное количество генеративных побегов в диапазоне от 1547 до 1619 шт./м² в травостоях первого года пользования формируется в травостоях овсяницы красной, созданных нормами высева от 2 до 8 кг/га семян как при рядовом, так и при чересрядном способах. Наиболее высокая урожайность семян в интервале от 280 до 309 кг/га получена при нормах высева 4–6 кг/га. Травостой, созданные этими нормами с шириной междурядий 15 и 30 см, сохраняют высокую продуктивность на протяжении двух лет, суммарно обеспечивая сбор семян от 516 до 578 кг/га. Азотные удобрения являются эффективным средством повышения семенной продуктивности овсяницы.

На травостоях первого года пользования наиболее результативным было однократное внесение доз N_{45–60} весной или двукратное по N₄₅ осенью и весной,

что способствовало росту урожайности на 15–37%.

На травостоях второго года пользования прибавка урожайности в пределах 32–37% достигалась при однократном весеннем внесении доз азотного удобрения N₄₅ или N₆₀, а также при осенне-весеннем использовании в норме N₉₀ (дробно по N₄₅).

Срок посева определяет продуктивность травостоев. Результаты исследований показали, что для формирования травостоя с большим количеством репродуктивных побегов, до 1782 шт./м², обеспечивающих получение наиболее высоких сборов семян в первый год пользования в интервале 398–410 кг/га овсяницу красную необходимо высевать с третьей декады мая по 20 июня.

Уборка семян овсяницы красной сопряжена с риском недобора урожая от естественного осыпания из-за несвоевременной уборки или неправильного выбора способа ее проведения. Сравнительная оценка способов уборки показана

ла, что до начала процесса естественного осыпания, после наступления физиологической спелости семян при достижении ими пороговой влажности 45,2% раздельный способ и прямое комбайнирование обеспечили практически одинаковый сбор сформировавшегося урожая.

В период полной спелости при появлении первых признаков осыпания, но еще достаточно высоком содержании влаги в зерновках (35,4%), наиболее эффективным является раздельный способ со скашиванием травостоя в валки и последующим обмолотом. В последующие сроки более целесообразно проведение прямого комбайнирования. После обмолота в результате интенсивного роста к окончанию вегетационного сезона нарастает большой объем вегетативной массы, травостой сильно загущивается. Для сохранения высокой продуктивности травостои необходимо подкашивать на низком срезе (5–6 см) с середины по конец сентября, что способствует повышению урожайности семян на 17–22%.

Изучение продуктивного долголетия семенных травостоев овсяницы красной показало, что срок эффективного ис-

пользования составляет не более двух лет. При посеве в оптимальные сроки нормы высева 6 кг/га при обычном рядовом способе (15 см) на второй год по сравнению с предыдущим урожайность снизилась на 41–45%, на третий — в 5 раз, что обусловлено сильным загущением. На четвертый год сборы семян составляли всего 24–34 кг/га и травостой овсяницы больше напоминал плотный газон. Для использования таких травостоев на семена необходима разработка специальных приемов, стимулирующих образование генеративных побегов.

В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» на постоянной основе производятся и предлагаются к реализации семена суперэлиты овсяницы красной сорта Дипа. (Патент на селекционное достижение №8581.Овсяница красная *Festuca rubra* L., сорт Дипа. Патентообладатель: ФГБНУ «Всероссийский научно-исследовательский институт кормов им. В.Р. Вильямса». Выдан по заявке № 8558780 с датой приоритета 27.11.2014 г. Зарегистрировано в государственном реестре охраняемых селекционных достижений 24.08.2016 г. Авторы сорта Золотарев В.Н., Степанова Г.В.)

Литература

1. Бондаренко Н.А., Степанов А.Ф., Прохорова Н.А. Партерные газоны для Сибири // Вестник Омского государственного аграрного университета. – 2016. – № 1 (21). – С. 15–21.
2. Новицкий Г.Г., Золотарев В.Н. Оценка видов и сортов многолетних мятликовых трав для создания газонов // Вестник российской сельскохозяйственной науки. – 2023. – № 5. – С. 26–32. DOI 10.31857/2500-2082/2023/5/26-32. – EDN XISLGI.
3. Серегин М.В. Выбор соотношения компонентов для посева газонов при благоустройстве придорожных территорий // Пермский аграрный вестник. – 2016. – № 1 (13). – С. 30–34.
4. Емельянова А.Г. Качество пастбищного и тебеновочного корма овсяницы красной // Наука и образование. – 2012. – № 4. – С. 66–69.
5. Влияние загрязнения свинцом почв и антропогенных конструкторов на экологическое состояние газонных злаков в условиях эксперимента / С.В. Гальченко, Ю.А. Мажайский, Т.М. Гусева, А.С. Чердакова // Вестник Рязанского государственного университета им. С.А. Есенина. – 2016. – № 3 (52). – С. 165–170.

6. Иванова Н.Н., Амбросимова Н.Н., Хохолева Е.О. Приемы получения устойчивой продуктивности пастбищных травостоев на осушаемых землях Нечерноземья // Вестник Государственного аграрного университета Северного Зауралья. – 2016. – № 3 (34). – С. 68–74.
7. Золотарев В.Н. Состояние семеноводства и агроэнергетическая оценка эффективности производства семян овсяницы красной // Адаптивное кормопроизводство. – 2020. – № 3. – С. 25–39. DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-3-25-39>.
8. Зубарев Ю.Н., Субботина Я.В., Пластун М.А. Влияние нормы высева и сортов многолетних злаковых трав отечественной селекции на качество газонов в Среднем Предуралье // Вестник Башкирского государственного аграрного университета. – 2019. – № 1 (49). – С. 12–20. DOI: 10.31563/1684-7628-2019-49-1-12-19.
9. Steiner J.J., Springer T.L. Seed production // Forages: The Science of Grassland Agriculture. – 2020. – Т. 2. – P. 581–592. Doi: [org/10.1002/9781119436669.ch32](https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch32).
10. Deleuran L.C., Kristensen K., Gislum R., & Boelt B. Optimizing the number of consecutive seed harvests in red fescue (*Festuca rubra* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for yield, yield components and economic return // Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science. – 2013. – Т. 63. – No. 1. – P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.703229>.
11. Fairey N.A. Cultivar-specific management for seed production of creeping red fescue // Canadian Journal of Plant Science. – 2006. – Т. 86. – No. 4. – P. 1099–1105. <https://doi.org/10.4141/P05-016>.
12. Deleuran L., Boelt B. Effect of sowing rate on seed production of amenity cultivars of red fescue (*Festuca rubra* L.) // Journal of Applied Seed Production. – 1997. – Т. 15. – P. 23–28.
13. Radulović D., Lakić Ž., Antić M., et al. Row spacing and nitrogen fertilization effect on red fescue (*Festuca rubra* L.) seed yield // Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca. – 2025. – Т. 53. – No. 1. – P. 14204. DOI: 10.15835/nbha53114204 (дата обращения 06.09.2025).
14. Breuillin-Sessoms F., Petrella D.P., Ehlke N.J., et al. Spring wheat canopy effects on light dynamics and yield of intercropped fine fescues // Crop Science. – 2023. – Т. 63. – No. 5. – P. 3096–3109.
15. Nordestgaard A. Trials on time of nitrogen application in the spring to various grasses grown for seed production // Proceedings Of The Xiv International Grassland Congress. – Boca Raton: CRC Press, 2019. – P. 251–253.
16. Braun R.C., Watkins E., Hollman A.B., et al. Investigation of cool-season species, seeding rate, and nitrogen fertilization in sod production: I. Establishment and sod tensile strength // Agronomy Journal. – 2021. – Т. 113. – No. 5. – P. 4176–4189. <https://doi.org/10.1002/agj2.20810>.
17. Bitarafan Z., Rasmussen J., Westergaard J. C., & Andreasen C. Seed yield and lodging assessment in red fescue (*Festuca rubra* L.) sprayed with trinexapac-ethyl // Agronomy. – 2019. – Т. 9. – No. 10. – P. 617. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100617> (дата обращения 06.09.2025).
18. Rowarth J.S., Boelt B., Hampton J.G., et al. The relationship between applied nitrogen, nitrogen concentration in herbage and seed yield in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). – I. Cv. Grasslands Nui at five sites around the globe. – 1998. – Vol. 16. – P. 105–114 ref. 30.
19. Gislum R., Rolston P., Hart J.M., et al. Economical Optimal Nitrogen (ECO-N) application rate is all that matters for the growers. In Proceedings of the 6th International Herbage Seed Conference, Gienestad, Norway, 18–20 June 2007. P. 206.
20. Гринев Л.В. Особенности уборки семенников газонных трав на Среднем Урале // Аграрное образование и наука. – 2021. – № 2. – С. 6.
21. Работнов Т.А. Луговедение. – М.: Изд-во Моск. гос. ун-та, 1974. – 384 с.
22. Влияние отбора на хозяйственно ценные признаки растительно-микробных популяций овсяницы красной / Н.Ю. Малышева, Т.Б. Нагиев, Н.В. Ковалёва, Л.Л. Малышев // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2020. – № 21 (6). P. 680–687. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.680-687>.
23. Katova A., Vulchinkov Z. Breeding evaluation of accessions from genus *Festuca* by seed productivity // Journal of mountain agriculture on the – 2020. – Vol. 23. – No. 1. – P. 56–82. URL:

http://www.rimsa.eu/images/forage_production_vol_23-1_part_1_2020.pdf (дата обращения 06.09.2025).

24. Беляева Р.А. Комплексная оценка перспективных образцов овсяницы красной в условиях Республики Коми// Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2006. – № 8. – С. 39–41.
25. Трухан О.В. Биология семеноводства овсяницы красной (*Festuca rubra* L.) // Зерновое хозяйство России. – 2011. – № 5. – С. 35–41. – EDN ONCLNV.

References

1. Bondarenko N.A., Stepanov A.F., Prohorova N.A. Parternye gazony dlya Sibiri [Parterre grasses for Siberia]. *Vestnik Omskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of Omsk SAU]. 2016. No. 1 (21). P. 15–21.
2. Novitskiy G.G., Zolotarev V.N. Ocenka vidov i sortov mnogoletnikh myatlikovykh trav dlya sozdaniya gazonov [Evaluation of perennial poaceae grasses species and varieties for creating lawns]. *Vestnik Rossijskoj sel'skokhozyajstvennoj nauki* [Vestnik of the Russian agricultural science]. 2023. No. 5. P. 26–32. DOI 10.31857/2500-2082/2023/5/26-32.
3. Seregin M.V. Vybór sootnosheniya komponentov dlya poseva gazonov pri blagoustrojstve pridorozhnykh territorij [Choice of components ratio for lawns in roadside landscaping]. *Permskij agrarnyj vestnik* [Perm Agrarian Journal]. 2016. No. 1 (13). P. 30–34.
4. Emelyanova A.G. Kachestvo pastbishchnogo i tebenevochnogo korma ovsyaniцы красной [Quality of pasture and hay forage of red fescue]. *Nauka i obrazovanie* [Science and Education]. 2012. No. 4. P. 66–69.
5. Galchenko S.V., Mazhaysky Yu.A., Gusseva T.M., Cherdakova A.S. Vliyanie zagryazneniya svincom pochv i antropogennykh konstruktozemov na ehkologicheskoe sostoyanie gazonnykh zlakov v usloviyakh ehksperimenta [The effect of lead-contaminated soils on lawn grasses an experimental study]. *Vestnik Ryazanskogo gosudarstvennogo universiteta im. S.A. Esenina* [The Bulletin of RSU named for S.A. Yesenin]. 2016. No. 3 (52). P. 165–170.
6. Ivanova N., Ambrosimova N., Hoholeva E. Priemy polucheniya ustojchivoj produktivnosti pastbishchnykh travostoev na osushaemykh zemlyakh Nechernozem'ya [Methods for the sustainable yield of pasture grasses in drained lands Nechernozemie]. *Vestnik Gosudarstvennogo agrarnogo universiteta Severnogo Zaural'ya* [Bulletin of state agrarian university of Non-Black Earth Region]. 2016. No. 3 (34). P. 68–74.
7. Zolotarev V.N. Sostoyanie semenovodstva i agroehnergeticheskaya ocenka ehffektivnosti proizvodstva semyan ovsyaniцы красной [State of seed production and agro-energy efficiency assessment of red fescue seed production]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo* [Adaptive fodder production]. 2020. No. 3. P. 25–39. DOI: <https://doi.org/10.33814/AFP-2222-5366-2020-3-25-39>.
8. Zubarev Yu., Subbotina Ya., Plastun M. Vliyanie normy vyseva i sortov mnogoletnikh zlakovykh trav otechestvennoj selekcii na kachestvo gazonov v Srednem Predural'e [An effect of seeding rate and varieties of perennial grain grasses of domestic selection on quality of lawns in the middle Cis-Ural region]. *Vestnik Bashkirskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Vestnik of the Bashkir State Agrarian University]. 2019. No. 1 (49). P. 12–20. DOI: 10.31563/1684-7628-2019-49-1-12-19.
9. Steiner J.J., Springer T.L. Seed production. Forages: The Science of Grassland Agriculture. 2020. T. 2. P. 581–592. DOI: [org/10.1002/9781119436669.ch32](https://doi.org/10.1002/9781119436669.ch32).
10. Deleuran L.C., Kristensen K., Gislum R., & Boelt B. Optimizing the number of consecutive seed harvests in red fescue (*Festuca rubra* L.) and perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.) for yield, yield components and economic return. *Acta Agriculturae Scandinavica, Section B–Soil & Plant Science*. 2013. T. 63. No. 1. P. 1–10. <https://doi.org/10.1080/09064710.2012.703229>.
11. Fairey N.A. Cultivar-specific management for seed production of creeping red fescue. *Canadian Journal of Plant Science*. 2006. T. 86. No. 4. P. 1099–1105. <https://doi.org/10.4141/P05-016>.

12. Deleuran L., Boelt B. Effect of sowing rate on seed production of amenity cultivars of red fescue (*Festuca rubra* L.). *Journal of Applied Seed Production*. 1997. T. 15. P. 23–28.
13. Radulović D., Lakić Ž., Antić, M, et al. Row spacing and nitrogen fertilization effect on red fescue (*Festuca rubra* L.) seed yield. *Notulae Botanicae Horti Agrobotanici Cluj-Napoca*. 2025. T. 53. No. 1. P. 14204. DOI: 10.15835/nbha53114204.
14. Breuillin-Sessoms F., Petrella D.P., Ehlke N.J., et al. Spring wheat canopy effects on light dynamics and yield of intercropped fine fescues. *Crop Science*. 2023. T. 63. No. 5. P. 3096–3109.
15. Nordestgaard A. Trials on time of nitrogen application in the spring to various grasses grown for seed production. *Proceedings of the XIV International Grassland Congress*. CRC Press. 2019. C. 251–253.
16. Braun R.C., Watkins E., Hollman A.B., et al. Investigation of cool-season species, seeding rate, and nitrogen fertilization in sod production: I. Establishment and sod tensile strength. *Agronomy Journal*. 2021. T. 113. No. 5. P. 4176–4189. <https://doi.org/10.1002/agj2.20810>.
17. Bitarafan Z., Rasmussen J., Westergaard J.C., & Andreasen C. Seed yield and lodging assessment in red fescue (*Festuca rubra* L.) sprayed with trinexapac-ethyl. *Agronomy*. 2019. T. 9. No. 10. P. 617. <https://doi.org/10.3390/agronomy9100617> (дата обращения 06.09.2025).
18. Rowarth J.S., Boelt B., Hampton J.G., et al. The relationship between applied nitrogen, nitrogen concentration in herbage and seed yield in perennial ryegrass (*Lolium perenne* L.). I. Cv. Grasslands Nui at five sites around the globe. 1998. Vol. 16. P. 105–114. ref. 30.
19. Gislum R., Rolston P., Hart J.M., et al. Economical Optimal Nitrogen (ECO-N) application rate is all that matters for the growers. In *Proceedings of the 6th International Herbage Seed Conference*, Gienestad, Norway, 18–20 June 2007. P. 206.
20. Grinets L.V. Osobennosti uborki semennikov gazonnykh trav na Srednem Urale [Features of harvesting lawn grass seedlings in the Middle Urals] // *Agrarnoe obrazovanie i nauka* [Agricultural education and science]. 2021. No. 2. P. 6 (дата обращения 06.09.2025).
21. Rabotnov T.A. Lugovedenie [Meadow management]. Moscow. *Izdatel'stvo Moskovskogo gosudarstvennogo universiteta* [Moscow State University Publishing House]. 1974. 384 p.
22. Malysheva N.Yu., Nagiev T.B., Kovaleva N.V., Malyshev L.L. Vliyanie otbora na hozyajstvenno cennye priznaki rastitel'no-mikrobnnykh populyacij ovsyany krasnoj. [Influence of selection on economically valuable characters of plant-microbial populations of red fescue]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science Euro-North-East]. 2020. No 21(6). P. 680–687. DOI: <https://doi.org/10.30766/2072-9081.2020.21.6.680-687>.
23. Katova A., Vulchinkov Z. Breeding evaluation of accessions from genus *Festuca* by seed productivity. 2020. Vol. 23. No. 1. P. 56–82. URL: http://www.rimsa.eu/images/forage_production_vol_23-1_part_1_2020.pdf (дата обращения 06.09.2025).
24. Belyaeva R.A. Kompleksnaya ocenka perspektivnykh obrazcov ovsyany krasnoj v usloviyakh Respubliki Komi [Comprehensive assessment of promising red fescue samples in the Komi Republic] *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science Euro-North-East]. 2006. No. 8. P. 39–41.
25. Trukhan O.V. Biologiya semenovodstva ovsyany krasnoj (*Festuca rubra* L.) [Biologi of red fescue (*Festuca rubra* L.) seed-growing]. *Zernovoe khozyajstvo Rossii* [Grain economy of Russia]. 2011. No. 5. P. 35–41.

УДК 636.5.033:636.085.3

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-59-67

ВЛИЯНИЕ ЗЕРНА ЯРОВОГО РАПСА СОРТА ВЕЛЕС НА ПРОДУКТИВНОСТЬ И ЗООТЕХНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ВЫРАЩИВАНИЯ ЦЫПЛЯТ-БРОЙЛЕРОВ

З.Н. Зверкова, кандидат сельскохозяйственных наук
В.М. Косолапов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук
В.П. Клименко, доктор сельскохозяйственных наук
П.В. Попова, младший научный сотрудник

*ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1
v-klimenko1959@mail.ru*

EFFECT OF RAPESEED VELLES GRAIN ON THE PRODUCTIVITY AND ZOOTECHNICAL PARAMETERS AT GROWING OF CHICKEN-BROILERS

Z.N. Zverkova, Candidate of Agricultural Sciences
V.M. Kosolapov, Academician of RAS, Doctor of Agricultural Sciences
V.P. Klimenko, Doctor of Agricultural Sciences
P.V. Popova, Junior Research

*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1
v-klimenko1959@mail.ru*

Рапс является важным источником кормового белка и растительного масла. Современные сорта и гибриды этой культуры характеризуются экологической пластичностью и высокой урожайностью зерна. В 2020 г. в Госреестр селекционных достижений РФ включен новый сорт ярового рапса Велес селекции ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса», относящийся к двунулевому (00) типу растений. Основные хозяйственно ценные признаки сорта — высокое содержание жира (43,7–44,0%) и пониженный уровень клетчатки в зерне (6,5–7,2%). В условиях вивария лаборатории зоотехнической оценки и стандартизации кормов Испытательного центра ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» проведены исследования по использованию размолотого зерна ярового рапса сорта Велес в кормлении цыплят-бройлеров кросса «Смена-9». Включение в состав комбикорма размолотого зерна в соотношении 6,5% (по массе) не снижало зоотехнические показатели в течение 36 дней выращивания бройлеров и обеспечило живую массу 2,17 кг, конверсию корма 1,61 кг, сохранность поголовья 100% относительно контроля. Увеличение ввода в комбикорм зерна изучаемого сорта рапса до 8,5% (по массе) повлияло на уменьшение живой массы бройлеров на 2,06%, повысило расход корма на 1 кг живого веса на 0,62%. Сохранность поголовья составила 97,1% относительно контроля. Экспериментальным путем доказана целесообразность частичной замены соевого шрота и подсолнечного масла в составе комбикорма размолотым зерном ярового рапса сорта Велес до 6,5% (по массе) при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Смена-9».

Ключевые слова: зерно ярового рапса, рацион, цыплята-бройлеры, прирост живой массы.

Rapeseed is an important source of feed protein and seed oil. The modern varieties and hybrids of this culture are characterized by ecological plasticity and high grain yield. In 2020 register new variety Veles, two-zero (00) type, was included in the State registry of breeding achievements of Russian Federation. The main agronomical important properties of this variety are a high fat content (43.7–44.0%) and reduced fiber level (6.5–7.2%). The study on using the grind rapeseed grain in feeding chicken-broilers «Smena-9» cross was conducted in the vivarium of the laboratory of zootechnical evaluation and standardization of feeds in the Testing center of Federal Williams Research Center of Forage Production & Agroecology. The inclusion of ground grain in the compound feed at a rate of 6.5% (by weight) did not reduce the zootechnical indicators during 36 days of broilers feeding and provided a bodyweight of 2.17 kg, feed conversion of 1.61 kg, safety of 100 %, respectively control group. At increasing the rapeseed grain content in compound feed to 8.5% (by weight), reduced the body weight of broilers by 2.06 %, increased feed consumption per 1 kg of body weight by 0.62 %. The livability was 97.1% relatively to control. By experimental researchers it was proved the expediency of partially replacing soybean meal and sunflower oil with grind grain of spring rapeseed Veles up to 6.5% (by weight) as component of compound feed when raising chicken-broilers «Smena-9» cross.

Keywords: spring rapeseed grain, ration, chicken-broilers, body weight gain.

Для успешного развития отрасли птицеводства необходимо решать задачи по увеличению продуктивности птицы и достижению максимальной реализации ее генетического потенциала при снижении издержек на производство продукции. С этой целью в кормлении цыплят-бройлеров используют нетрадиционные кормовые культуры, способные удешевить рационы без снижения питательности и продуктивного действия. Однако многие из них содержат антипитательные вещества, влияющие на снижение поедаемости и вызывающие при избыточной даче отравления и кишечные расстройства у птицы. Поэтому учеными ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» проводится целенаправленная селекционная работа по выведению сортов зернофуражных, зернобобовых и масличных культур с ценным биохимическим составом и минимальным содержанием антипитательных веществ.

Целесообразность применения зерна рапса в кормлении птицы обусловлена наличием значительного уровня сырого жира и сырого протеина, необходимых

для восполнения недостатка энергии и белка в рационах. По этим показателям рапс превосходит злаковые зерновые культуры.

Ежегодно площади посевов рапса в России увеличиваются, так как агроклиматические условия многих регионов благоприятны для его выращивания, а спрос на рапсовое масло растет, в том числе со стороны некоторых стран Европы и Китая. Создаются современные сорта и гибриды рапса, обладающие повышенной урожайностью, разрабатываются новые технологии их возделывания в разных климатических условиях. Сорта рапса подразделяются по целевому назначению — пищевые, кормовые и технические, а также по уровню содержания глюкозинолатов и эруковой кислоты. В кормлении сельскохозяйственных животных предпочтительны двунулевые (00) сорта кормового назначения, которые в англоязычной литературе обозначают термином «Canola» [1; 2]. Они отличаются низким уровнем глюкозинолатов в шроте (менее 30 мкмоль/г) и содержанием в семенах менее 2,0% эруко-

вой кислоты. В кормлении животных рапс можно использовать в виде зеленой массы и приготовленного из нее силоса. После переработки зерна получают жмых, шрот и масло, которые также востребованы в качестве ценных кормов. Использование рапса как моноорма с повышенным уровнем глюкозинолатов нежелательно, это может оказать токсическое действие на организм животного. Концентрация глюкозинолатов в растениях может повышаться в зависимости от времени суток, минерального питания, освещенности, количественного соотношения азота и серы в почве [2; 3].

Из-за низкой переваримости клетчатки применение семян рапса в кормлении птицы ограничено. Долю рапса можно повысить при обогащении рационов ферментными препаратами. Так, в работах некоторых исследователей установлено, что использование в рационах 15,0% семян рапса с добавкой мультиэнзимного ферментного препарата МЭК-КП-4 не оказало отрицательного влияния на мясную продуктивность цыплят-бройлеров, но затраты корма на 1 кг прироста живой массы уменьшились при этом на 4,8% [4; 5]. Для повышения доступности жира в кормлении птицы желательно использовать эмульгаторы. Они расщепляют капли жира на мелкие частицы, способствуя ускорению липолиза, тем самым улучшая усвояемость триглицеридов [6]. Согласно современным нормативам, зерно каноловых сортов рапса можно включать в состав комбикормов для цыплят-бройлеров до 5,0% по массе [7].

В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» созданы яровые и озимые формы рапса с улучшенными биохимическими показателями

зерна. Эти сорта характеризуются экологической пластичностью, устойчивой семенной продуктивностью, высоким содержанием жира и сырого протеина, низким уровнем глюкозинолатов и эруковой кислоты [8; 9; 10]. Их можно эффективно использовать в составе комбикормов для кормления цыплят-бройлеров [11; 12; 13]. В частности, методом химического мутагенеза получен новый сорт ярового рапса Велес с высоким содержанием в зерне жира (от 47,4 до 48,8%), сырого протеина (19,7–24,4%) и уменьшенным количеством сырой клетчатки (6,52–7,62%) и глюкозинолатов (11,6–13,9 мкмоль/г) при отсутствии эруковой кислоты в составе жирных кислот [14].

Цель настоящей работы состояла в оценке влияния комбикормов с включением размолотого зерна нового сорта ярового рапса Велес на зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров.

Методы исследования. Исследования проведены в 2025 г. в лаборатории зоотехнической оценки и стандартизации кормов ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» на цыплятах-бройлерах кросса «Смена-9». Для опыта сформировали три группы цыплят по 35 голов в каждой, возрастом от суток, которых выращивали до 36 суток в условиях вивария при клеточном содержании. Нормы посадки, микроклимат, фронт кормления и поения соответствовали возрастным периодам выращивания цыплят. Анализ кормов и помета на содержание питательных веществ проведен согласно методам анализа кормов [15]. По схеме исследования были приготовлены полнорационные стартовые и финишные ком-

бикорма. Стартовые комбикорма по питательности предназначены для выращивания цыплят с суточного возраста до 21 дня, финишные — с 21 до 36 дней. В контрольной группе цыплята-бройлеры получали полнораціонный комбикорм без зерна рапса; в первой опытной группе — комбикорм, содержащий размолотое зерно ярового рапса сорта Велес — 6,5% (по массе), а во второй опытной группе — 8,5% (по массе) во все периоды выращивания. В соответствии с методикой проведения исследования влияние комбикормов на рост и развитие цыплят контролировали еженедельным взвешиванием. На 28–32-е сутки выращивания при групповом содержании птицы был проведен физиологический опыт. Экспериментальные данные обработаны с использованием программного обеспечения Microsoft Excel, достоверность оценивали по t-критерию Стьюдента.

Результаты и обсуждение. Известно, что в сухом веществе зерна ярового рапса сорта Велес содержится 22,92% сырого протеина, 43,77% сырого жира, 6,55% сырой клетчатки, 0,49% кальция и 0,98% общего фосфора. Сырой жир характеризуется высоким содержанием мононенасыщенной олеиновой жирной кислоты — 71,24%. Полиненасыщенные линолевая и линоленовая жирные кислоты составляют 15,18 и 7,24% соответственно. По результатам химического анализа были разработаны контрольные и опытные рационы для выращивания цыплят-бройлеров (табл. 1).

Для восполнения недостатка в микроэлементах и витаминах в рационы добавляли премикс ППК 5-1 и синтетические формы лизина и метионина с уче-

том периода выращивания цыплят-бройлеров. Использование зерна ярового рапса сорта Велес в соотношении 6,5 и 8,5% (по массе) позволило уменьшить количество соевого шрота на 3,6–5,2 и 3,0–3,6%, подсолнечного масла на 1,6–2,0 и 1,5–1,9% (абсолютных) в стартерных и финишных рационах.

Первая неделя выращивания цыплят на опытных комбикормах с включением 6,5 и 8,5% (по массе) зерна ярового рапса сорта Велес показала, что абсолютный суточный прирост их живой массы идентичен аналогичному показателю в контрольной группе. При взвешивании цыплят, получавших с комбикормом 6,5% (по массе) зерна рапса, во вторую неделю выявлено, что их живая масса не отставала от контрольных значений (табл. 2).

Однако у подопытных цыплят второй опытной группы величина живой массы оказалась меньше на 3,92%, чем в контрольной группе и на 4,11% относительно первой опытной. Перевод цыплят-бройлеров на финишный комбикорм с 21-х суток выращивания не повлиял отрицательно на интенсивность их роста. За данный период выращивания живая масса цыплят опытных групп была близка к контролю (911,7 г), однако во второй опытной группе выявилась тенденция к снижению данного показателя: 912,1 г в первой опытной группе; 907,5 г во второй. За четыре недели выращивания среднесуточный прирост составил 50,43, 50,36 и 49,25 г соответственно в контроле, первой и второй опытных группах. К концу опыта бройлеры первой опытной группы по величине живой массы незначительно уступали аналогам из контрольной группы (0,08%). А брой-

леры, выращенные на комбикорме с живой массой от сверстников в контрольной группе на 2,06%. 8,5% зерна ярового рапса, отставали по

1. Состав и питательность комбикормов, %

Показатели	Стартерный комбикорм			Финишный комбикорм		
	Группа цыплят-бройлеров			Группа цыплят-бройлеров		
	контроль	I опытная группа	II опытная группа	контроль	I опытная группа	II опытная группа
Пшеница	44,5	44,19	44,18	50,8	49,35	48,95
Кукуруза	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0	14,0
Соевый шрот	24,6	21,0	19,4	18,5	15,5	14,9
Рапс Велес	0,0	6,5	8,5	0,0	6,5	8,5
Мясо-костная мука	4,0	3,0	3,0	3,0	3,0	3,0
Рыбная мука	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0	4,0
Подсолнечный жмых	5,0	5,0	5,0	5,0	4,5	3,9
Масло подсолнечное	2,3	0,7	0,3	3,0	1,5	1,1
Премикс ППК 5-1 для цыплят-бройлеров	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5
Лизин	0,05	0,09	0,10	0,13	0,10	0,10
Метионин	0,05	0,02	0,02	0,07	0,05	0,05
В комбикорме содержится						
ОЭ, МДж	1,29	1,29	1,29	1,34	1,34	1,34
Сырой протеин, %	24,00	23,90	23,60	20,98	20,96	20,97
Сырая клетчатка, %	4,00	4,00	4,01	4,10	4,10	4,11
Кальций, %	1,00	1,11	1,11	1,08	1,10	1,16
Фосфор общий, %	0,73	0,73	0,73	0,87	0,88	0,89
Лизин, %	1,36	1,36	1,36	1,25	1,25	1,25
Метионин, %	0,65	0,65	0,65	0,61	0,63	0,64
Метионин + цистин, %	0,98	0,98	0,98	0,93	0,93	0,93

2. Живая масса цыплят-бройлеров, г (n = 35)

Группа цыплят	Дни взвешивания					
	суточные	7 дней	14 дней	21 день	28 дней	36 дней
Контрольная	42,0 ± 0,31	171,5 ± 22,35	502,7 ± 28,4	911,7 ± 41,3	1454,0 ± 44,5	2171,3 ± 39,07
I опытная	41,8 ± 0,25	171,4 ± 17,9	503,7 ± 25,7	912,1 ± 39,2	1451,8 ± 30,0	2167,5 ± 29,7
II опытная	42,0 ± 0,41	172,2 ± 23,1	483,0 ± 28,2	907,5 ± 41,5	1421,0 ± 45,7	2126,6 ± 40,9

На основании полученных величин считан коэффициент переваримости среднесуточного потребления комбинированных питательных веществ комбикормов и выделенного помета был рас- (табл. 3).

3. Переваримость питательных веществ комбикормов

Группа цыплят	Коэффициенты переваримости, %				
	сухое вещество	сырой протеин	сырой жир	сырая клетчатка	безазотистые экстрактивные вещества
Контрольная	74,46	90,92	78,94	16,80	84,35
I опытная	74,28	91,09	78,69	17,02	83,86
II опытная	72,70	89,58	76,90	19,64	81,68

Переваримость питательных веществ комбикормов была высокой. Включение в состав комбикорма 6,5% (по массе) зерна ярового рапса сорта Велес не повлияло на его переваривание бройлерами. Коэффициенты переваримости сухого вещества, сырого протеина и сырого жира были на уровне этих значений у контрольной группы. Незначительно улучшилась переваримость клетчатки (на 0,22%).

Использование в кормлении зерна рапса в количестве 8,5% (по массе) привело к снижению переваривания цыплятами сухого вещества на 1,76% (абсо-

лютных), сырого жира на 2,04% (абсолютных), но отмечено лучшее переваривание клетчатки — на 2,84% (абсолютных) по сравнению с контрольным вариантом.

Скармливание комбикормов, содержащих 8,5% зерна рапса (по массе), не отразилось на повышении уровня переваримости сырого жира, так как его избыток выделился вместе с калом.

Данные по влиянию зерна рапса сорта Велес в рационах на зоотехнические показатели при выращивании цыплят-бройлеров представлены в таблице 4.

4. Зоотехнические показатели выращивания цыплят-бройлеров

Показатели	Группа цыплят		
	контроль	I опытная	II опытная
Сохранность, %	100	100	97,1
Средняя живая масса одной головы, г			
суточный цыпленок	42,0 ± 0,31	41,8 ± 0,25	42,0 ± 0,41
в возрасте 36 дней	2171,3 ± 39,07	2167,5 ± 29,7	2126,6 ± 40,9
% к контролю	100	99,99	97,94
Прирост живой массы одной головы, г	2129,3	2125,7	2084,6
Среднесуточный прирост живой массы, г	59,15	59,05	57,90
Затраты корма на 1 голову, кг	3,49	3,48	3,45
Затраты корма на 1 кг живой массы, кг	1,61	1,61	1,62
Убойный выход, %	72,51	72,91	72,36
Стоимость 1 кг комбикорма, руб.			
стартового	37,915	34,865	34,083
финишного	35,160	33,165	32,635
Европейский индекс эффективности (ЕИЭ)	374	374	354

При постановке на опыт средняя живая масса цыплят-бройлеров в контрольной и опытных группах составляла 41,8–42,0 г. К завершению опыта скормливание контрольного варианта комбикорма обеспечило живую массу бройлеров 2,17 кг. Введение 6,5% (по массе) зерна рапса сорта Велес с комбикормом положительно повлияло на прирост живой массы у бройлеров (2,17 кг) и на среднесуточный прирост — 59,05 г по сравнению с контрольной группой. Повышение уровня зерна рапса до 8,5% (по массе) уменьшило прирост живой массы бройлеров на 2,06% (относительных).

Таким образом, достоверной разницы по живому весу у бройлеров опытных групп и аналогов из контрольной группы не было выявлено. За весь период выращивания птицы в первой опытной группе было израсходовано 3,48 кг комбикорма при конверсии его в живую массу на уровне 1,61 кг, что сопоставимо с контролем. Конверсия комбикорма во второй опытной группе составила 1,62 кг.

После заключительного взвешивания был проведен контрольный убой, в котором определяли выход тушки от каждой группы. Величина убойного выхода бройлеров из опытных групп соответствовала контролю (72,51%). Включение зерна ярового рапса сорта Велес в состав опытных комбикормов в количестве 6,5 и 8,5% (по массе) уменьшило их стоимость в стартовый период выращивания на 3,05 и 3,83 рубля в первой и второй опытных группах соответственно, в финишный период — на 1,99 и 2,52 рубля в сравнении со стоимостью комбикорма в контрольном варианте.

Влияние на эффективность выращивания мясной птицы различного количества рапса в составе комбикормов рассчитывали с применением Европейского индекса эффективности (ЕИЭ). В результате расчетов установлено, что использование 6,5% (по массе) зерна рапса сорта Велес в составе комбикормов обеспечило равную с контролем величину эффективности выращивания цыплят-бройлеров кросса «Смена-9». Включение в состав комбикормов изучаемого зерна рапса в количестве 8,5% (по массе) снижало этот показатель на 20 единиц. Снижение эффективности выращивания бройлеров этой группы выражалось в более низкой величине живой массы к концу опыта и в меньшей сохранности поголовья.

Заключение. Включение размолотого зерна ярового рапса сорта Велес в дозе 6,5 и 8,5% (по массе) в состав стартерных и финишных комбикормов для цыплят-бройлеров позволило уменьшить долю введения соевого шрота на 3,6–5,2 и 3,0–3,6% (абсолютных), подсолнечного масла — на 1,6–2,0 и 1,5–1,9% (абсолютных).

Скормливание бройлерам 6,5% (по массе) размолотого зерна рапса в составе комбикорма позволило обеспечить показатели по живой массе до 2,17 кг, конверсию корма — до 1,61 кг и 100%-ную сохранность поголовья, что соответствовало уровню контроля. Однако у бройлеров, выращенных на комбикорме с включением 8,5% (по массе) зерна изучаемого сорта ярового рапса, отмечено снижение живой массы на 2,06% и повышение на 0,62% расхода корма на 1 кг живого веса. При этом сохранность по-

головья составила лишь 97,1% относительно контроля.

На основании результатов проведенного исследования можно сделать вывод о целесообразности частичной замены соевого шрота и подсолнечного масла в составе комбикорма размолотым зерном

ярового рапса сорта Велес в количестве до 6,5% (по массе) при выращивании цыплят-бройлеров кросса «Смена-9». Это позволяет снизить стоимость рационов при сохранении на достаточно высоком уровне других показателей эффективности выращивания птицы.

Литература

1. Leonardo Velasco & Heiko C. Becker. Estimating the fatty acid composition of the oil in intact-seed rapeseed (*Brassica napus* L.) by near-infrared reflectance spectroscopy / Academic Publishers Euphytica. 1998. No.101. P.221–230. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1018358707847> (дата обращения 20.03.2024).
2. Bell J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review / Can J. Anim. Sci. 1993. No. 73. P. 689–97. <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjas93-075?cookieset=1>,
3. Козарь Е.Г. Биологическая активность вторичных метаболитов растений семейства Brassicaceae // Овощи России. – 2011. – № 1 (10). – С. 49–53. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-1-46-53>.
4. Пономарев Ю. Рапс и продукты его переработки для птицеводства // Комбикорма. – 2012. – № 4. – С. 57–69.
5. Егорова Т.А., Ленкова Т.Н. Рапс (*Brassica napus* L.) и перспективы его использования в кормлении птицы // Сельскохозяйственная биология. – 2015. – Т. 50. – № 2. – С. 172–183.
6. Воробьева Н.В., Тихонова Н.И., Галкин В.А. Роль эмульгаторов в усвоении липидов кормовых рационов цыплят-бройлеров. Обзор зарубежных исследований // Journal of Agriculture and Environment. – 2024. – № 2 (42). – С. 1–8.
7. Егоров И., Адрианова Е., Присяжная Л. Рапс в комбикормах для цыплят-бройлеров // Птицеводство. – 2012. – № 2. – С. 21–23.
8. Воловик В.Т., Шпаков А.С. Производство рапса в Центральной России: состояние и перспективы // Кормопроизводство. – 2020. – № 10. – С. 3–8.
9. Воловик В.Т., Новоселов Ю.К., Прологова Т.В. Рапсосоение в Нечерноземной зоне и его роль в производстве растительного масла и высокобелковых концентрированных кормов // Адаптивное кормопроизводство. – 2013. – № 1. – С. 14–20.
10. Рапсовое масло в кормлении бройлеров / А. Гаганов, З. Зверкова, Б. Осипян, К. Харламов // Комбикорма. – 2020. – № 7–8. – С. 42–44.
11. Косолапов В.М., Зверкова З.Н., Воронкова Ф.В. Озимый рапс в кормлении цыплят-бройлеров // Адаптивное кормопроизводство. – 2018. – № 1. – С. 49–57.
12. Новый сорт ярового рапса Велес / В.Т. Воловик, С.Е. Сергеева, Т.В. Леонидова, А.В. Широкова, Л.М. Коровина, О.Н. Крутиус // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 2 (46). – С. 44–56.
13. Косолапов В.М., Чернявских В.И. Кормопроизводство: состояние, проблемы и роль ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» в их решении // Достижения науки и техники АПК. – 2022. – № 4. – С. 5–14.
14. Состояние и перспективы развития кормопроизводства в Нечерноземной зоне РФ / А.А. Кутузова, А.С. Шпаков, В.М. Косолапов [и др.] // Кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С. 3–9.
15. Методы анализа кормов / В.М. Косолапов, И.Ф. Драганов, В.А. Чуйков, Х.К. Худякова. – М. : ООО «Угрешская типография», 2011. – 219 с.

References

1. Leonardo Velasco & Heiko C. Becker. Estimating the fatty acid composition of the oil in intact-seed rapeseed (*Brassica napus* L.) by near-infrared reflectance spectroscopy. *Academic Publishers Euphytica*. 1998. No. 101. P. 221–230. <https://link.springer.com/article/10.1023/A:1018358707847>. Accessed 20.03.2024.
2. Bell J.M. Factors affecting the nutritional value of canola meal: a review. *Can J. Anim. Sci.*, 1993, no. 73, p. 689–97. <https://cdnsiencepub.com/doi/pdf/10.4141/cjas93-075?cookieset=1> request. Accessed 20.03.2024.
3. Kozar E.G. Biologicheskaya aktivnost' vtorichnykh metabolitov rastenii semeistva Brassikaceae [Biological activity of secondary metabolites of plants of the Brassikaceae]. *Ovoshchi Rossii [Vegetable family from Russia]*. 2011. No. 1 (10). P. 49–53. <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2011-1-46-53>.
4. Ponomarev Yu. Raps i produkty ego pererabotki dlya ptitsevodstva [*Brassica napus* L. and its processing products for poultry farming/animal feed]. *Kombikorma [Compound feed]*. 2012. No. 4. P. 57–69.
5. Egorova T.A., Lenkova T.N. Raps (*Brassica napus* L.) i perspektivy ego ispol'zovaniya v kormlenii ptitsy [Rapeseed (*Brassica napus* L.) and the prospects for its use in poultry feed]. *Sel'skokhozyaistvennaya biologiya [Agricultural Biology]*. 2015. T. 50. No. 2. P. 172–183.
6. Vorobyova N.V., Tikhonova N.I., Galkin V.A. Rol' emul'gatorov v usvoenii lipidov kormovykh rationsov tsyplyat-broilerov. Obzor zarubezhnykh issledovaniy [Role of emulsifiers in the assimilation of lipids from broiler diets]. *Journal of Agriculture and Environment*. 2024. No. 2 (42). 10422.
7. Egorov I., Adrianova E., Juror L. Raps v kombikormakh dlya tsyplyat-broilerov [Rapeseed in compound feed for broiler chickens]. *Ptitsevodstvo [Poultry feed]*. 2012. No. 2. P. 21–23.
8. Volovik V.T., Shpakov A.S. Proizvodstvo rapsa v Tsentral'noi Rossii: sostoyanie i perspektivy [Rapeseed production in Central Russia: state and prospects]. *Kormoproizvodstvo [Food production]*. 2020. No. 10. P. 3–8.
9. Volovik V.T., Novoselov Yu.K., Prologova T.V. Rapsoseyanie v Nechernozemnoi zone i ego rol' v proizvodstve rastitel'nogo masla i vysokobelkovykh kontsentrirrovannykh kormov [Rapeseed sowing in the Nonblack zone and its role in the production of vegetable oil and concentrated foods with a high protein content]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo [Adaptive Fodder Production]*. 2013. No. 1. P. 14–20.
10. Gaganov A., Zverkova Z., Osipyany B., Kharlamov K. Rapsovoe maslo v kormlenii broilerov [Rapeseed oil in the feed of broilers]. *Kombikorma [Compound feed]*. 2020. No. 7–8. P. 42–44.
11. Kosolapov V.M., Zverkova Z.N., Voronkova F.V. Ozimyi raps v kormlenii tsyplyat-broilerov [Winter rape in broiler feeding]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo [Adaptive Fodder Production]*. 2018. No. 1. P. 49–57.
12. Volovik V.T., Sergeeva S.E., Leonidova T.V., Shirokova A.V., Korovina L.M., Krutius O.N. Novyi sort yarovogo rapsa Veles [New variety of spring rape Veles]. *Adaptivnoe kormoproizvodstvo [Adaptive Fodder Production]*. 2021. No. 2 (46). P. 44–56.
13. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I. Kormoproizvodstvo: sostoyanie, problemy i rol' FNTs «VIK im. V.R. Vil'yamsa» v ikh reshenii [Forage production: the state, problems and the role of the Federal Research Center "V.R. Williams VIC" in their solution]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK [Achievements of science and technology of the agro-industrial complex]*. 2022. No. 4. P. 5–14.
14. Kutuzova A.A., Shpakov A.S., Kosolapov V.M., etc. Sostoyanie i perspektivy razvitiya kormoproizvodstva v Nechernozemnoi zone RF [The state and prospects of development of feed production in the Non-Chernozem zone of the Russian Federation]. *Kormoproizvodstvo [Feed production]*. 2021. No. 2. P. 3–9.
15. Kosolapov V.M., Draganov I.F., Chuikov V.A., Khudyakova H.K. Metody analiza kormov [Methods of analysis of animal feed]. Moscow. *OOO «Ugreshskaya tipografiya» [Moscow. Limited liability company «Ugreshskaya Printing House»]*. 2011. 219 p.

УДК 631.352

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2025-3-68-81

ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ КОНДИЦИОНИРОВАНИЯ ТРАВ МЕТОДОМ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПЛОЩАДИ ИХ ИСПАРЯЮЩЕЙ ПОВЕРХНОСТИ

С.А. Отрошко, кандидат сельскохозяйственных наук

А.В. Шевцов, кандидат технических наук

В.М. Косолапов, академик РАН, доктор сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

141055, Россия, Московская область, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. 1

osa.granit@yandex.ru

ASSESSMENT OF THE EFFECTIVENESS OF GRASS CONDITIONING BY DETERMINING THE AREA OF THEIR EVAPORATING SURFACE

S.A. Otroshko, Candidate of Agricultural Sciences

A.V. Shevtsov, Candidate of Technical Sciences

V.M. Kosolapov, Academician of RAS, Doctor of Agricultural Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

141055, Russia, Moscow region, Lobnya, Nauchnyi gorodok str., k. 1

osa.granit@yandex.ru

Заготовка высококачественных объемистых кормов является необходимым условием увеличения продуктивности крупного рогатого скота. Качество сена, сенажа и силлажа напрямую зависит от разных факторов, прежде всего от фазы вегетации и способов ускорения провяливания, наиболее эффективным из которых является кондиционирование кормовых трав при скашивании. Кондиционирование трав различными рабочими органами позволяет значительно увеличить площадь их испаряющей поверхности и, соответственно, обеспечить ускоренную сушку и уменьшение потерь питательных веществ. Разработке эффективного и быстрого способа определения площади испаряющей поверхности кормовых трав посвящены данные исследования. Разработанный способ позволяет определить площадь испаряющей поверхности кормовых трав со сложной конфигурацией и неопределенным очертанием границ, в частности люцерны или клевера лугового, как целых, не поврежденных растений, так и деструктированных разными способами механической обработки. Показатель величины площади испаряющей поверхности позволяет также выбрать оптимальный вариант технологического приема обработки трав для ускорения их провяливания. Запатентованный метод способствует разработке новых машин и рабочих органов для увеличения площади испаряющей поверхности трав.

Ключевые слова: люцерна, клевер, обработка, кондиционирование, плющение, теребление, расщепление, взвешивание, мыльный раствор, смачивание, испаряющая поверхность, провяливание.

The preparation of high-quality bulky feed is a prerequisite for increasing the productivity of cattle. The quality of hay, haylage and drying silage directly depends on various factors, primarily on the growing phase and methods of accelerating sagging, the most effective of which is the conditioning of fodder grasses during mowing. Conditioning the grasses with various working elements allows you to signifi-

cantly increase the area of their evaporating surface and, accordingly, provide accelerated drying of herbs and reduce nutrient losses. Research data are devoted to the development of an effective and quick method for determining the evaporation surface area of forage grasses. Developed method makes it possible to determine area of evaporating surface of fodder grasses with complex configuration and indeterminate outline of borders, in particular alfalfa or meadow clover, both whole, not damaged plants, and destroyed by different methods of mechanical treatment. The value of the evaporation surface area also makes it possible to choose the best option for the processing of herbs to accelerate their sagging. The patented method contributes to the development of new machines and working bodies to increase the evaporation surface area of grasses.

Keywords: alfalfa, clover, processing, conditioning, flattening, embossing, splitting, weighing, soapy solution, wetting, evaporating surface, sagging.

Состояние вопроса. В настоящее время остро стоит проблема необходимости обеспечения крупного рогатого скота объемистыми кормами адекватными его генетическому потенциалу продуктивности — 6–7 тысяч кг надоя молока за лактацию, содержащего в 1 кг сухого вещества 10–11 МДж обменной энергии при 120–130 г переваримого протеина. Большая часть заготавливаемых кормов не удовлетворяет эти требования. Питательность 1 кг сухого вещества объемистых кормов составляет 8,6–8,7 МДж обменной энергии при наличии 10–11% сырого протеина.

Традиционные технологии переработки трав для заготовки объемистых кормов связаны со значительными потерями питательных веществ в период проявлявания и высокими затратами, обусловленными несовершенством технологических приемов и кондиционирующих устройств для обработки трав в направлении увеличения у них площади испаряющей поверхности, необходимой для уборки в сжатые сроки.

Существует множество способов определения площади листьев сельскохозяйственных растений, однако сведения о методах определения испаряющей поверхности скашиваемых необработанных (стебли и листья) и прокондициони-

рованных кормовых трав в технической литературе отсутствуют.

Известен планиметрический метод [1]. Средний образец пробы листьев взвешивают и раскладывают на движущейся ленте электронного прибора — планиметра. Прибор выдает площадь листьев в квадратных сантиметрах. Планиметрический метод достаточно точен, однако необходимое оборудование для проведения измерений этим методом не всегда является доступным и не может быть применимо для определения площади испаряющей поверхности целых растений кормовых трав.

Известен способ высечек [2], который осуществляется следующим образом. С 10–15 модельных растений отбирают и взвешивают пробу листьев. Складывают листья стопками и при помощи ручного сверла, имеющего вид металлической трубки определенного диаметра (от 5 до 25 мм) с заостренными краями, делают высечки по 5–10 штук с одного листа. Высечки берут так, чтобы в пробу попали и пластинки листа, и центральные жилки. После взвешивания высечек рассчитывают среднюю площадь одного листа в пробе (в см²).

Недостатком данного метода является то, что он не может быть применим для определения площади испаряющей

поверхности целых трав, то есть листьев вместе со стеблями.

Известен метод промеров, суть которого заключается в следующем. Из каждой пробы методом случайной выборки

выбирают по 10 зеленых листьев, взвешивают их и определяют площадь методом линейных измерений по длине и ширине. Площадь измеренных листьев определяют по формуле:

$$S = D_{\text{ср.}} \times Ш_{\text{ср.}} \times 0,7 \times n,$$

где S – площадь 10 листьев, см^2 ;

$D_{\text{ср.}}$ – средняя длина измеренных листьев, см ;

$Ш_{\text{ср.}}$ – средняя ширина измеренных листьев, см ;

n – число измеренных листьев;

0,7 – коэффициент для расчета площади листьев зерновых и некоторых других культур.

Данный метод подходит для листьев линейной формы [3; 4]. Точность получаемых результатов оставляет желать лучшего. С помощью этого метода невозможно определять площадь испаряющей поверхности всех кормовых трав.

В литературе имеются сведения о методе ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с использованием сканера [5]. По данным авторов, предлагаемый метод позволяет быстро и точно проводить измерения, при этом не требуется наличия дорогостоящего научного оборудования или сложных программных средств. Однако он не применим для определения площади испаряющей поверхности растений.

Известен способ определения листовой поверхности растений [6], включающий измерение параметров листьев. Вначале измеряют толщину листовых пластинок, затем определяют их объем и путем деления объема на среднюю толщину находят их площадь. Для измерения отбирают пробу листьев в количест-

ве 20–30 г с 1 м^2 посевов, а толщину листовых пластинок определяют, по крайней мере, в четырех местах по длине листа и находят затем среднее их значение. Объем листьев определяют путем погружения их в мерный цилиндр, наполненный водой.

Однако данный способ не позволяет определить площадь испаряющей поверхности целых трав, то есть листьев вместе со стеблями.

Известен способ определения площади листовой поверхности растений [7], включающий определение массы листьев, нанесение на фотосинтезирующую поверхность листьев равного по толщине слоя жидкого вещества, определение массы нанесенного вещества. Для повышения точности при определении полной листовой поверхности, в частности хвои сосны, измеряют длину хвои, а в качестве жидкого вещества наносят вазелиновое масло и экспонируют хвою в вертикальном положении, после чего площадь ее поверхности рассчитывают по формуле:

$$S = \frac{m}{0,034},$$

где S – площадь листовой поверхности, мм^2 ;

m – масса адсорбированного вещества, мг ;

0,034 – переводной расчетный коэффициент для вазелинового масла и хвои сосны.

Хвою экспонируют в течение промежутка времени, равного $\frac{1}{3}$ мин/см средней длины хвои сосны. Недостатком данного способа является то, что он предназначен для определения площади листовой поверхности только некоторых растений, в частности хвои сосны.

Известен способ определения общей листовой поверхности плодовых растений [8] путем определения площади листьев модельных ветвей и последующего перерасчета на все дерево. Недостатком данного способа является его сложность и то, что он применим для определения общей листовой поверхности только плодовых растений.

Известен способ определения площади фотосинтетической поверхности растения [9]. Растение накрывают сферическим электродом, а второй электрод подсоединяют к стеблю растения у его основания. Оба электрода включают в одно из плеч моста переменного тока и по показаниям вольтметра определяют электрическую емкость получившегося конденсатора растение – сферический электрод. Затем по зависимости между измеряемой емкостью и площадью листовой поверхности растения определяют площадь фотосинтетической поверхности растения.

Данный способ позволяет определить сразу всю площадь поверхности листьев и стебля одного растения, например томата (*Solanum pinelum*), в которых протекает фотосинтетический процесс. Однако данный способ сложен в исполнении, даже опасен, так как требует применения переменного тока и не может быть применим при определении площади испаряющей поверхности скашиваемых кормовых трав, тем более кондиционированных.

Известен способ определения площади листьев растений [10], включающий использование палеток и измерительных устройств. Палетки выполнены в виде прозрачных пластин из оргстекла, маркированных линиями-прорезами через один сантиметр, для формирования видимых равнобедренных трапеций единой высоты под пластиной на листе, при этом площадь листа определяют в квадратных сантиметрах, как сумму измеренных курвиметром длин средних линий трапеций. Данный способ является трудоемким и не применим для определения площади испаряющей поверхности стеблей скашиваемых растений традиционным способом и с использованием устройств ускоряющих влагоотдачу.

Известен способ измерения площади листьев у древесных растений [11]. Этот способ отличается высокой трудоемкостью практического применения.

Известен способ определения площади листовой поверхности кроны дерева [12], включающий определение массы кроны дерева и массы выборки, определение площади листовой поверхности выборки, по которым определяют площадь листовой поверхности кроны дерева. Площадь листовой поверхности выборки определяют как сумму площадей отсканированных поверхностей отдельных листьев выборки, а площадь поверхности каждого листа выборки определяют по соотношению черных и белых пикселей отсканированных листьев.

Недостатком данного способа являются большие временные затраты, требуемые на обмер и вычисление площади листовых пластин, низкая точность и, как следствие, низкая достоверность получаемых результатов. Кроме того, дан-

ный способ не может быть применим для определения площади испаряющей поверхности кормовых трав.

Известно устройство для измерения площади листьев растений [13], содержащее корпус с крышкой, установленные последовательно в корпусе под крышкой, матричный источник света, оптически прозрачный столик и фотоприемник, крышка установлена с возможностью перемещения относительно корпуса. Устройство снабжено механизмом защиты фотоприемника от светового потока в процессе установки листа растения, связанным с крышкой корпуса, кассетой с набором плоских оптических фильтров, укрепленной между источником света и столиком, фотоприемник выполнен в виде фотоэлектронного умножителя, предметный столик подпружинен относительно корпуса.

Недостатком данного устройства является его сложность и невозможность определения площади испаряющей поверхности трав.

Известно устройство для определения площади листа растений [14], характеризующееся тем, что включает равномерно светящийся экран с примыкающим к нему сменным светофильтром, кассету для помещения исследуемого листа и фотоприемник, регистрирующий часть света, прошедшего через кассету мимо поглощающего свет листа.

Недостатком данного устройства является то, что оно применимо только для определения площади отдельно взятых листьев растений и не может быть использовано для измерения испаряющей поверхности кормовых трав.

Таким образом, анализ литературных данных показал, что существуют раз-

личные методы определения площади листьев растений. К ним относятся: планиметрический метод; весовой метод; метод промеров; метод высечек; определение по линейным размерам; определение по линейным размерам посредством уравнений регрессии и другие.

В то же время методы определения величины площади всей испаряющей поверхности трав, особенно со сложной конфигурацией, таких как люцерна и клевер, а также деструктурированных трав для ускорения проявления отсутствуют. Рассчитать ее математически не представляется возможным.

В связи с вышеизложенным, разработка метода определения площади испаряющей поверхности скашиваемых трав для оценки эффективности их кондиционирования является актуальной.

Материалы и методы. Опыты проведены в лабораторных условиях на базе ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса». Для опытов использовали люцерну сорта Таисия в фазе бутонизации и клевер луговой, перспективный № 1217, диплоидный, среднеспелый, в фазе начала цветения.

Урожайность зеленой массы, состав травостоя, его высоту, а так же фазу развития растений устанавливали в соответствии с «Методическими указаниями по проведению полевых опытов с кормовыми культурами» [15].

Плющение, а также плющение с изминанием стеблей растений через каждые 5 см в лабораторных условиях проводили с использованием изготовленных для этих целей специальных приспособлений (рис. 1). Теревление стеблей растений и расщепление вдоль стеблей осуществляли ножом вручную.



Рис. 1. Приспособления для механического воздействия на стебли растений:
а – плющения; б – изминания через каждые 5 см

Определение площади испаряющей поверхности осуществляли с использованием стеклянной прозрачной цилиндрической емкости объемом 10 л, заполненной смачивающей жидкостью — мыльным раствором (5 мл Fairy на 10 л воды).

Процесс измерения площади испаряющей поверхности осуществляли следующим образом.

Из листьев растений люцерны и клевера вырезали 10 листовых пластинок размером 2×1 см (площадь листовой пластинки с двух сторон — 4 см^2) с таким расчетом, чтобы центральная жилка листа была расположена по середине каждой пластинки. Взвешивали их в сухом и смоченном мыльным раствором состоянии. Полученную разницу в весе делили на 10 и на 4. Таким образом оп-

ределяли вес раствора, удерживаемого поверхностью 1 см^2 листа.

Затем образцы поврежденных разными способами растений и неповрежденных (контроль) массой по 100 г смачивали также в мыльном растворе. После выемки образцов из цилиндрической емкости давали стечь раствору, а затем взвешивали и определяли сколько раствора в граммах удержалось на каждом образце.

Взвешивание сухих и смоченных мыльным раствором листовых пластинок проводили на электронных весах E10640 Explorer OHAUS (рис. 2, а). Взвешивание сухих и смоченных целых растений с поврежденными и неповрежденными стеблями осуществляли на электронных весах «Олимп 1У», модель МГ15ВЖА (рис. 2, б).



а



б

Рис. 2. Электронные весы для взвешивания листовых пластинок и образцов трав в сухом и смоченном виде

По отношению массы жидкости, удерживаемой испытуемым образцом клевера или люцерны, к массе жидкости, удерживаемой 1 см² листовой пластинки, определяли площадь испаряющей поверхности образца.

Образцы люцерны и клевера массой по 1000 г, обработанные разными механическими способами и контроль (необработанные растения) были уложены на проявление для определения их динамики сушки.

Проявление растений клевера и люцерны проводили в соответствии с «Методикой полевых опытов по проявлению и сушке трав на сено и сенаж» [16], а также методических рекомендаций «Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов» [17].

Условия испытаний (температуру, относительную влажность воздуха, скорость его потоков) определяли с использованием термометра, психрометра и чашечного ручного анемометра МС-13. Относительную влажность воздуха определяли с использованием психрометрической таблицы, среднюю скорость воздушного потока — по графику зависимости числа делений шкалы N в секунду от средней скорости воздушного потока, входящего в приложение к паспорту анемометра МС-13. Отбор проб на влажность осуществляли в соответствии с ГОСТ 27262-87 [18]. Образцы высушивали в термошкафу при температуре

100–105 °С до постоянного веса в соответствии с ГОСТ 27548-87 [19].

Результаты исследований и их обсуждение. Опыты по определению площади испаряющей поверхности проводили на люцерне сорта Таисия в фазе бутонизации урожайностью 246 ц/га при средней высоте растений 78 см и облиственности 38%, а также клевере луговом перспективном № 1217, диплоидном, среднеспелом, в фазе начала цветения при высоте травостоя 75 см, урожайности 350 ц/га и облиственности 33%.

Образцы люцерны для опытов отбирали в ясную солнечную погоду при температуре воздуха +26 °С, относительной его влажности 51%, а образцы клевера в сухую, ясную погоду при температуре воздуха +22 °С.

Для изучения в лабораторных условиях приготовлены образцы трав разной степени деструкции с целью разработки рабочих органов по выявлению возможности увеличения площади, приближающейся к площади листовой поверхности. Среди них обработка плющением, плющением через каждые 5 см, тереблением стеблей, расщеплением вдоль стеблей растений, контроль (без обработки).

Определение площади испаряющей поверхности не обработанных растений (контроль) и образцов, обработанных разными механическими способами, осуществляли согласно ранее представленной методике по формуле:

$$\text{ИП} = \frac{\text{МО} - \text{СО}}{P},$$

где ИП — площадь испаряющей поверхности, см²;

МО — вес мокрого (смоченного мыльным раствором) образца, г;

СО — вес сухого (не смоченного) образца, г;

P — вес мыльного раствора, удерживаемого на 1 см² листа, г.

В лабораторных условиях ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» установлено, что на листовой пластинке люцерны сорта Таисия площадью 1 см² удерживается в среднем 0,0063 г смачивающей жидкости (мыльного раствора), а на лис-

товой пластинке клевера лугового диплоидного, среднеспелого № 1217 той же площади — 0,0053 г.

Результаты определения площади испаряющей поверхности люцерны и клевера представлены в таблицах 1 и 2.

1. Определение площади испаряющей поверхности люцерны сорта Таисия в фазе бутонизации

Варианты обработки растений люцерны	Вес сухих образцов, г	Вес образцов, смоченных мыльным раствором, г	Вес влаги, удерживаемой смоченными растениями, г	Площадь испаряющей поверхности, см ²
Без обработки (контроль)	103	119	16	2540
Плющенные	102	124	22	3492
Плющенные через каждые 5 см	100	116	16	2540
Теребленные	102	120	18	2857
С расщепленными вдоль стеблями	102	124	22	3492
Количество влаги, удерживаемое 1 см ² листовой пластинки, г	0,0063			

2. Определение площади испаряющей поверхности клевера лугового № 1217, диплоидного, среднеспелого

Варианты обработки растений люцерны	Вес сухих образцов, г	Вес образцов, смоченных мыльным раствором, г	Вес влаги, удерживаемой смоченными растениями, г	Площадь испаряющей поверхности, см ²
Без обработки (контроль)	100	118	18	3396
Плющенные	100	124	24	4528
Плющенные через каждые 5 см	100	1210	20	3774
Теребленные	100	120	20	3774
С расщепленными вдоль стеблями	100	120	20	3774
Количество влаги, удерживаемое 1 см ² листовой пластинки, г	0,0053			

Данные таблиц 1 и 2 свидетельствуют о том, что все виды механической обработки увеличивают площадь испаряющей поверхности испытываемых образцов по сравнению с контролем.

Для определения влияния приращенной площади испаряющей поверхности люцерны и клевера в зависимости от деформации стеблей на ускорение провяливания был проведен опыт по определению динамики их сушки.

Полученные результаты (табл. 3, 4) свидетельствуют о том, что испаряе-

мость влаги за 1 час во всех вариантах обработки составила у люцерны от 5 до 6 г с 1 м², а у клевера от 3 до 5 г с 1 м².

Отсюда, зная, сколько влаги испаряется за 1 час от ее содержания в траве можно определить и выбрать оптимальное время (час) продолжительности провяливания того или иного вида корма до нужной влажности.

Результаты проведенных исследований дают основание для прогнозирования продолжительности провяливания (час) с использованием формулы:

$$\text{ПП} = \frac{W_H - W_K}{\text{ИВ}},$$

где ПП – продолжительность провяливания, час;

W_H – исходная влажность травы, %;

W_K – влажность силосной или сенажной массы, %;

ИВ – количество испаряемой влаги (%) за 1 час.

Выводы

1. В ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса» разработан и запатентован метод определения площади испаряющей

поверхности скашиваемых трав [20], которая определяется по следующей формуле:

$$\text{ИП} = \frac{M_O - M_{CO}}{P},$$

где ИП – площадь испаряющей поверхности, см²;

M_O – вес мокрого (смоченного мыльным раствором) образца, г;

M_{CO} – вес сухого (не смоченного) образца, г;

P – вес мыльного раствора, удерживаемого на 1 см² листа, г.

2. Показатель величины ИП позволяет выбрать оптимальный вариант технологического приема кондиционирования трав для ускорения их провяливания.

3. Проверенные в лабораторных условиях приемы обработки трав (плющение, плющение с изминанием через 5 см, тербление стеблей, расщепление вдоль стеблей) обеспечивают увеличение испаряющей поверхности люцерны и кле-

вера на 12–27%, что свидетельствует о необходимости создания новых машин или рабочих органов для увеличения площади испаряющей поверхности.

4. ИП может быть применим в качестве критерия оценки технологических приемов и кондиционирующих устройств.

5. Для определения продолжительности провяливания предлагается формула:

$$\text{ПП} = \frac{W_H - W_K}{\text{ИВ}},$$

где ПП – продолжительность провяливания, час;

W_H – исходная влажность травы, %;

W_K – влажность силосной или сенажной массы, %;

ИВ – количество испаряемой влаги (%) за 1 час.

**3. Приращение площади испаряющей поверхности люцерны и ускорение проявливания трав
в зависимости от деструкции стеблей**

Варианты технологических приемов обработки люцерны	Обрабатывающие рабочие органы	Площадь испаряющей поверхности обработанных растений, м ² /кг	Влажность трав, %		Продолжительность проявливания, час	Испарилось влаги за период проявливания, г с 1 кг травы	Испарилось за 1 час				Приращение площади испаряющей поверхности к необработанной, м ²
			до проявливания	после проявливания			г с 1 кг массы травы	от всей массы травы, %	от всей содержащейся в растениях влаги, %	от 1 м ² площади испаряющей поверхности, г/м ²	
Целые растения	без обработки	2,540	77,67	44,98	26	326,9	12,57	1,25	1,62	4,95	0
Плющение	гладкими валями	3,492	77,67	32,27	25	454,0	18,46	1,85	2,25	5,20	0,950
	шеvronными валями	3,016	77,67	37,90	25	398,7	15,93	1,59	1,97	5,29	0,476
Теребление	перетира- ние руками	2,857	77,67	37,05	26	406,2	15,64	1,56	2,01	5,46	0,317
Расщепление	ножом вручную	3,492	77,67	23,77	26	539,1	20,73	2,07	2,67	5,93	0,950

4. Приращение площади испаряющей поверхности клевера и ускорение проявливания трав в зависимости от деструкции стеблей

Варианты технологических приемов обработки клевера	Обрабатывающие рабочие органы	Площадь испаряющей поверхности обработанных растений, м ² /кг	Влажность трав, %		Продолжительность проявления, час	Испарилось влаги за период проявления, г с 1 кг травы	Испарилось за 1 час				Приращение площади испаряющей поверхности к необработанной, м ²
			до проявления	после проявления			г с 1 кг массы травы	от всей массы травы, %	от всей содержащейся в растениях влаги, %	от 1 м ² площади испаряющей поверхности, г/м ²	
Целые растения	без обработки	3,326	72,96	45,45	26	275,2	10,58	1,06	1,45	3,18	0
Плющение	гладкими вальцами	4,528	72,96	33,30	26	393,6	15,14	1,51	2,07	3,35	1,13
	шеvronными вальцами	3,774	72,96	36,07	26	368,9	14,19	1,42	1,94	3,76	0,378
Теребление	перетирание руками	3,774	72,96	36,52	26	364,4	14,02	1,40	1,92	3,72	0,378
Расщепление	ножом вручную	3,774	72,96	25,72	26	472,4	18,17	1,82	2,49	4,81	0,378

Литература

1. Посыпанов Г.С. Методы изучения биологической фиксации азота воздуха: справ. пособие. – М. : Агропромиздат, 1991. – 299 с.
2. Методические указания по учету и контролю важнейших показателей процессов фотосинтетической деятельности растений в посевах. – М. : Изд-во ВАСХНИЛ, 1969. – 94 с.
3. Полевая геоботаника. Т. 1 / Под общ ред. Е.М. Лавренко, А.А. Корчагина. – М.–Л. : Изд-во АН СССР, 1959. – 444 с.
4. Физиология и биохимия растений. Лабораторный практикум: уч. пособие / С.А. Тарасенко, Е.И. Дорошкевич. – Минск : ИВЦ Минфина, 2017. – 196 с.
5. Дмитриев Н.Н., Хуснидинов Ш.К. Методика ускоренного определения площади листовой поверхности сельскохозяйственных культур с помощью компьютерной технологии // Вестник КрасГАУ. – 2016. – № 7. – С. 88–93.
6. А.с. 538694 SU, МКИ A01G 7/00. Способ определения листовой поверхности растений / А.С. Образцов (SU), В.М. Ковалев (SU). – 2150926/15; заявлено 01.07.1975; опубл. 15.12.1976, Бюл. № 46.
7. А.с. 1635942 SU, МКИ A01G 7/00, 23/00. Способ определения площади листовой поверхности растений / Б.И. Якушев (SU), Г.И. Кабашникова (SU). – 4691421/15; заявлено 07.04.1989; опубл. 23.03.1991, Бюл. № 11.
8. А.с. 1165300 SU, МКИ A01G 7/00. Способ определения общей листовой поверхности плодовых растений / А.С. Овсянников (SU), А.Н. Андреева (SU), Р.С. Овсянникова (SU). – 3644265/30 - 15; заявлено 22.07.1983; опубл. 07.07.1985, Бюл. № 25.
9. А.с. 1308257 SU, МКИ A01G 7/00. Способ определения площади фотосинтетической поверхности растения / И.Б. Беклемишев (SU). – 3883081/30-15; заявлено 23.01.1985; опубл. 07.05.1987, Бюл. № 17.
10. Патент 2145410 RU, МПК G01B5/26. Способ определения площади листьев растений / В.А. Потапов (RU), Л.В. Бобрович (RU), Н.А. Полянский (RU), Н.В. Андреева (RU). – 98103702/28; заявлено 02.03.1998; опубл. 10.02.2000.
11. Патент 2466351 RU, МПК G01B 5/26. Способ измерения площади листьев у древесных растений / П.М. Мазуркин (RU), Э.С. Щербакова (RU). – 2011123352/28; заявлено 08.06.2011; опубл. 10.11.2012, Бюл. № 31.
12. Патент 2461179 RU, МПК A01G 7/00. Способ определения площади листовой поверхности кроны дерева / Г.В. Анисочкин (RU), И.В. Ерзин (RU). – 2010151713/13; заявлено 17.12.2010; опубл. 20.09.2012, Бюл. № 26.
13. А.с. 1753272 SU, МКИ G01B21/28. Устройство для измерения площади листьев растений / А.Ф. Алейников (SU), В.А. Золотарев (SU), А.К. Чередниченко (SU). – 4795474/28; заявлено 26.02.1990; опубл. 07.08.1992, Бюл. № 29.
14. Патент 216944 RU, МПК G01B 11/28. Устройство для определения площади листа растений / С.А. Набатников (RU), Н.В. Галкин (RU), Л.Ю. Мартиросян (RU), Д.Ю. Мартиросян (RU). – 2022115421; заявлено 08.06.2022; опубл. 10.03.2023, Бюл. № 7.
15. Методические указания по проведению полевых опытов с кормовыми культурами / Ю.К. Новоселов, В.Н. Киреев, Г.П. Кутузов, Н.С. Каравянский, Г.Д. Харьков, М.С. Рогов, А.С. Шпаков, А.Б. Кузютин, В.В. Рудоман, Е.В. Клушина, Ж.А. Яртиева, В.В. Попков, Н.С. Шеховцова, И.А. Гришин, Т.И. Макарова, Т.С. Бражникова, Л.А. Трузина, Т.В. Прологова, В.Н. Мершева, Н.П. Волков, Н.В. Насонов, М.Д. Константинова, В.И. Остапов, В.М. Киреев, А.М. Бакланов, В.Б. Беляк, И.А. Вертоградская, А.Н. Уланов. – М. : Россельхозакадемия, 1997. – 156 с.
16. Бондарев В.А., Панов А.А. Методика полевых опытов по провяливаю и сушке трав на сено и сенаж. – М. : РАСХН, ВИК, 1994. – 12 с.
17. Проведение опытов по консервированию и хранению объемистых кормов. Методические рекомендации / В.А. Бондарев, В.М. Косолапов, Ю.А. Победнов, А.А. Панов, Ю.Д. Ахламов,

- С.А. Отрошко, В.В. Попов, В.М. Соколов, В.П. Клименко, А.А. Мамаев. – М. : ФГУ РЦСК, 2008. – 6–7 с.
18. ГОСТ 27262-87. Корма растительного происхождения. Методы отбора проб. – М. : Изд-во стандартов, 1987. – 9 с.
19. ГОСТ 27548-87. Корма растительные. Методы определения влаги. – М. : Издательство стандартов, 1988. – 7 с.
20. Патент 2843628 RU. Способ определения площади испаряющей поверхности трав / С. А. Отрошко (RU), В. М. Соколов (RU), А. В. Шевцов (RU), В. М. Косолапов (RU). – 2024104991: заявлено 27.02.2024; опубл. 17.07.2025, Бюл. № 20.

References

1. Posypanov G.S. Metody izucheniya biologicheskoy fiksatsii azota vozdukha: sprav. posobie. [Methods for Studying Biological Nitrogen Fixation in the Air. Reference manual]. *Moscow. Agropromizdat* [Moscow. Agropromizdat]. 1991. 299 p.
2. Metodicheskie ukazaniya po uchetu i kontrolyu vazhneishikh pokazatelei protsessov fotosinteticheskoi deyatel'nosti rastenii v posevakh [Methodological guidelines for recording and monitoring the most important indicators of the processes of photosynthetic activity of plants in crops]. *Moscow–Leningrad. Publishing house of VASKhNIL* [Moscow. Russian Academy of Agricultural Sciences Publishing House]. 1969. 94 p.
3. Polevaya geobotanika [Field Geobotany]. T. 1. Edited by E.M. Lavrenko, A.A. Korchagina. *Moscow–Leningrad. Izdatel'stvo AN SSSR* [Moscow–Leningrad. Publishing house AN SSSR]. 1959. 444 p.
4. Tarasenko S.A., Doroshkevich E.I. Fiziologiya i biokhimiya rastenii. Laboratornyi praktikum: uch. posobie [Plant Physiology and Biochemistry. Laboratory Workshop]. *Minsk, IVTs Minfina* [Minsk, Information and Computer Center of the Ministry of Finance]. 2017. 196 p.
5. Dmitriev N.N., Khusnidinov Sh.K. Metodika uskorenogo opredeleniya ploshchadi listovoi poverkhnosti sel'skokhozyaistvennykh kul'tur s pomoshch'yu komp'yuternoï tekhnologii [A method for accelerated determination of the leaf surface area of agricultural crops using computer technology]. *Vestnik KrasGAU* [Bulletin of KrasSAU]. 2016. № 7. P. 88–93.
6. Obraztsov A.S., Kovalev V.M. Sposob opredeleniya listovoy poverkhnosti rasteniy [Method for determining the leaf surface area of plants]. Copyright certificate USSR. No. 538694. 1976.
7. Yakushev B.I., Kabashnikova G.I. Sposob opredeleniya ploshchadi listovoy poverkhnosti rasteniy [Method for determining the leaf surface area of plants]. Copyright certificate USSR. No. 1635942. 1991.
8. Ovsyannikov A.S., Andreeva A.N., Ovsyannikova R.S. Sposob opredeleniya obshchey listovoy poverkhnosti plodovykh rasteniy [Method for determining the total leaf surface of fruit plants]. Copyright certificate USSR. No. 1165300. 1985.
9. Beklemishev I.B. Sposob opredeleniya ploshchadi fotosinteticheskoy poverkhnosti rasteniya [Method for determining the area of the photosynthetic surface of a plant]. Copyright certificate USSR. No. 1308257. 1987.
10. Potapov V.A., Bobrovich L.V., Polyanskiy N.A., Andreeva N.V. Sposob opredeleniya ploshchadi listev rasteniy [Method for determining the leaf area of plants]. Patent RF. No. 2145410. 1998.
11. Mazurkin P.M., Shcherbakova E.S. Sposob izmereniya ploshchadi listev u drevesnykh rasteniy [Method for measuring the leaf area of woody plants]. Patent RF. No. 2466351. 2012.
12. Anisochkin G.V., Erzin I.V. Sposob opredeleniya ploshchadi listovoy poverkhnosti krony dereva [Method for determining the leaf surface area of a tree crown]. Patent RF. No. 2461179. 2012.
13. Aleynikov A.F., Zolotarev V.A., Cherednichenko A.K. Ustroystvo dlya izmereniya ploshchadi listev rasteniy [Device for measuring the area of plant leaves]. Copyright certificate USSR. No. 1753272. 1992.

14. Nabatnikov S.A., Galkin N.V., Martirosyan L.Yu., Martirosyan D.Yu. Ustroystvo dlya opredeleniya ploshchadi lista rasteniy [Device for determining the leaf area of plants]. Patent RF. No. 216944. 2022.
15. Novoselov Yu.K., Kireev V.N., Kutuzov G.P., Karavyanskiy N.S., Kharkov G.D., Rogov M.S., Shpakov A.S., Kuzyutin A.B., Rudoman V.V., Klushina E.V., Yartieva Zh.A., Popkov V.V., Shekhovtsova N.S., Grishin I.A., Makarova T.I., Brazhnikova T.S., Truzina L.A., Prologova T.V., Mershevaya V.N., Volkov N.P., Nasonov N.V., Konstantinova M.D., Ostapov V.I., Kireev V.M., Baklanov A.M., Belyak V.B., Vertogradskaya I.A., Ulanov A.N. Metodicheskie ukazaniya po provedeniyu polevykh opytov s kormovymi kulturami [Methodical guidelines for conducting field experiments with forage crops]. *Moscow. Rosselkhozakademiya [Moscow. Russian Academy of Agricultural Sciences]*. 1997. 156 p.
16. Bondarev V.A., Panov A.A. Metodika polevykh opytov po provyalivaniyu i sushke trav na seno i senazh [Methodology of field experiments on withering and drying of grasses for hay and haylage]. *Moscow. RASKHN, VIK [Moscow. Russian Academy of Agricultural Sciences, Williams All-Russian Research Institute of Feed]*. 1994. 12 p.
17. Bondarev V.A., Kosolapov V.M., Pobednov Yu.A., Panov A.A., Akhlamov Yu.D., Otroshko S.A., Popov V.V., Sokolov V.M., Klimenko V.P., Mamaev A.A. Provedenie opytov po konservirovaniyu i khraneniyu obemistyykh kormov. Metodicheskie rekomendatsii [Conducting experiments on preserving and storing bulky feed. Methodological recommendations]. *Moscow. FGU RTSSK [Moscow. Federal Center for Agricultural Advisory Services]*. 2008. P. 6–7.
18. State Standard 27262-87. Korma rastitelnogo proiskhozhdeniya. Metody otbora prob [Feed of plant origin. Sampling methods]. *Moscow. Izdatelstvo standartov [Moscow. Publishing House of Standards]*. 1987. 9 p.
19. State Standard 27548-87. Korma rastitelnye. Metody opredeleniya vlagi [Plant feed. Methods for determining moisture]. *Moscow. Izdatelstvo standartov [Moscow. Publishing House of Standards]*. 1988. 7 p.
20. Otroshko S.A., Sokolov V.M., Shevtsov A.V., Kosolapov V.M. Sposob opredeleniya ploshchadi isparayushchey poverkhnosti trav [Method for determining the evaporating surface area of grasses]. Patent RF. No. 2843628. 2025.

Редакционный совет

Косолапов Владимир Михайлович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, академик РАН
Савченко Иван Васильевич	доктор биологических наук, профессор, академик РАН
Жученко-мл. Александр Александрович	доктор биологических наук, профессор, академик РАН
Кашеваров Николай Иванович	доктор сельскохозяйственных наук, академик РАН, Сибирский ФНЦ агробиотехнологий РАН
Шпаков Анатолий Свиридович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, член-корреспондент РАН, ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
Дуборезов Василий Мартынович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста
Думачева Елена Владимировна	доктор биологических наук, доцент ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
Косолапова Валентина Геннадьевна	доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры кормления животных ФГБОУ ВО «РГАУ–МСХА имени К.А. Тимирязева»
Костенко Сергей Иванович	кандидат сельскохозяйственных наук, доцент, ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
Лаптев Георгий Юрьевич	доктор сельскохозяйственных наук, ФГБОУ ВО СПбГАУ, ООО «Биотроф»
Некрасов Роман Владимирович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор РАН, ФГБНУ ФИЦ ВИЖ им. Л.К. Эрнста
Разин Олег Анатольевич	кандидат сельскохозяйственных наук, ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
Трофимов Илья Александрович	доктор географических наук, ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»
Чернявских Владимир Иванович	доктор сельскохозяйственных наук, профессор, ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

Editorial Council

Kosolapov Vladimir Mikhailovich	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences
Savchenko Ivan Vasilievich	Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences
Zhuchenko Jr. Alexander Alexandrovich	Doctor of Biological Sciences, Professor, Academician of the Russian Academy of Sciences
Kashevarov Nikolay Ivanovich	Doctor of Agricultural Sciences, Academician of the Russian Academy of Sciences, Siberian Federal Scientific Center of Agrobiotechnology RAS
Shpakov Anatoliy Sviridovich	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Corresponding Member of the Russian Academy of Sciences, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
Duborezov Vasiliy Martynovich	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry
Dumacheva Elena Vladimirovna	Doctor of Biological Sciences, Assistant Professor, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
Kosolapova Valentina Gennadievna	Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Department of Animal Feeding, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "RGAU–MSKhA named after K.A. Timiryazev"
Kostenko Sergei Ivanovich	Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
Laptev Georgiy Yurievich	Doctor of Agricultural Sciences, St. Petersburg State University, Limited Liability Company "Biotrof"
Nekrasov Roman Vladimirovich	Doctor of Agricultural Sciences, Professor of RAS, L.K. Ernst Federal Research Center for Animal Husbandry
Razin Oleg Anatolievich	Candidate of Agricultural Sciences, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
Trofimov Ilya Alexandrovich	Doctor of Geographical Sciences, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology
Chernyavskikh Vladimir Ivanovich	Doctor of Agricultural Sciences, Professor, Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology



**Автор фотографий на первой и последней страницах обложки
В.Н. Золотарев**