

АФР АДАПТИВНОЕ КОРМОПРОИЗВОДСТВО

Научный журнал ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», № 3 (сентябрь) 2026



**22–26 июня 2026 г.
в ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»
прошёл V Международный конгресс
по кормопроизводству,
посвящённый 100-летию со дня рождения
Анны Сергеевны Новосёловой (1926–2016),
выдающегося селекционера,
доктора сельскохозяйственных наук,
профессора, Заслуженного деятеля науки,
лауреата Государственной премии**



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

№ 3 (сентябрь) 2026

DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3

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

Редактор Георгиади Н. И.
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) 2026

DOI: 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3

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
FWRC FPA
E-mail: adaptagro@vniikormov.ru

Page makeup and design
N. Georgiadi

Registration Certificate
ЭЛ № 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

V МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО КОРМОПРОИЗВОДСТВУ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 100-ЛЕТИЮ А. С. НОВОСЁЛОВОЙ	6–19
СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ ВИКИ МОХНАТОЙ (<i>Vicia villosa</i> Roth)	20–32
Антонов А. А., Шамустакимова А. О. ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»	
НОВЫЙ СОРТ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО ВЕРА	33–42
Кузьмина Т. Е. ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур	
ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И УБОРКИ УРОЖАЯ СЕМЯН КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО РАННЕСПЕЛОГО ТИПА	43–60
Золотарев В. Н., Козлова Т. В. ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»	
ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЕМЯН ФЕНОТИПИЧЕСКИ СХОДНЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОГО РАПСА	61–73
Воловик В. Т. ¹ , Широкова А. В. ² , Коровина Л. М. ¹ , Сергеева С. Е. ¹ , Прологова Т. В. ¹ , Леонидова Т. В. ¹ ¹ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» ² ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства	
МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА МИКРОБИОТЫ И РАЗРАБОТКИ ПРИЕМОВ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ФЕРМЕНТИРУЕМЫХ КОРМОВ	74–87
Маляренко С. А. ¹ , Ильина Л. А. ^{1, 2, 3} , Кривокурс Е. Ю. ^{1, 4} ¹ ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» ² ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет» ³ ООО «БИОТРОФ» ⁴ ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева	
ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОЛАНДШАФТОВ НИЖЕГОРОДСКОГО ОКРУГА ВОЛГО-ВЯТСКОГО РАЙОНА И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ	88–97
Яковлева Е. П. ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»	
ПАМЯТИ УЧЕНОГО. Г. Д. Харьков	98–100

CONTENT

V INTERNATIONAL CONGRESS ON FORAGE PRODUCTION DEDICATED TO THE 100TH ANNIVERSARY OF A. S. NOVOSELOVA.....	6–19
DNA EXTRACTION METHOD FROM LEGUMES SEEDS USING THE EXAMPLE OF HAIRY VETCH (<i>Vicia villosa</i> Roth).....	20–32
Antonov A.A., Shamustakimova A.O. <i>Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology</i>	
NEW VARIETY OF GALEGA VERA	33–42
Kuzmina T.E. <i>Federal Scientific Center for Bast Crops</i>	
SPECIFICS OF SEED CROP FORMATION AND HARVESTING FOR EARLY-MATURING RED CLOVER	43–60
Zolotarev V.N., Kozlova T.V. <i>Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology</i>	
FATTY ACID COMPOSITION OF SEEDS OF PHENOTYPICALLY SIMILAR SPRING CANOLA LINES.....	61–73
Volovik V.T.¹, Korovina L.M.¹, Shirokova A.V.², Sergeeva S.E.¹, Prologova T.V.¹, Leonidova T.V.¹ ¹ <i>Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology</i> ² <i>Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center"</i>	
MOLECULAR GENETIC APPROACHES TO STUDYING THE COMPOSITION OF MICROBIOTA AND DEVELOPING TECHNIQUES FOR OBTAINING HIGH-QUALITY FERMENTABLE FEEDS.....	74–87
Malyarenko S.A.¹, Ilina L.A.^{1, 2, 3}, Krivopusk E.Yu.^{1, 4} ¹ <i>Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology</i> ² <i>Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian University"</i> ³ <i>Limited Liability Company "BIOTROF"</i> ⁴ <i>Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy</i>	
CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION AND WAYS TO OPTIMIZE THEM	88–97
Yakovleva E.P. <i>Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology</i>	
IN MEMORY OF THE SCIENTIST. G.D. Kharkov	98–100

У МЕЖДУНАРОДНЫЙ КОНГРЕСС ПО КОРМОПРОИЗВОДСТВУ, ПОСВЯЩЕННЫЙ 100-ЛЕТИЮ А. С. НОВОСЁЛОВОЙ



С 22 по 26 июня 2026 г. на базе Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р.Вильямса (ФНЦ «ВИК им. В.Р.Вильямса») в г. Лобня Московской области прошёл V Международный конгресс по кормопроизводству.

Масштабное научное мероприятие было приурочено к 100-летию со дня рождения выдающегося учёного-селекционера, почётного гражданина г. Лобни Анны Сергеевны Новосёловой и объединило ведущих специалистов в области

кормопроизводства из России и зарубежных стран.

Конгресс стал ключевой площадкой для обсуждения актуальных проблем и перспектив развития отрасли, представив трёхкомпонентную программу: V Всероссийскую научную конференцию с международным участием «Многофункциональное адаптивное кормопроизводство», V Школу молодых учёных «Инновационные технологии кормопроизводства», а также ряд круглых столов, научных семинаров и постерную сессию.





ОРГАНИЗАТОРЫ И УЧАСТНИКИ

Организатором конгресса выступил ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» при поддержке Министерства науки и высшего образования Российской Федерации, Российской академии наук, Министерства сельского хозяйства РФ, а также ведущих научных центров Китайской Народной Республики: Института ботаники Китайской академии наук, Китайско-Российского Центра по научному сотрудничеству в области сельского хозяйства ХАСХН, Академии сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь,

Института луговодства и технологий Китайского аграрного университета и Северо-восточного педагогического университета.

В работе конгресса приняли участие более 200 российских и зарубежных учёных, преподавателей, аспирантов, специалистов агропромышленного комплекса, представителей органов государственной власти и бизнеса. География участников охватила десятки регионов России, а также Китай, Белоруссию и другие страны.



ОТКРЫТИЕ И ПЛЕНАРНОЕ ЗАСЕДАНИЕ

Торжественное открытие конгресса состоялось 23 июня в конференц-зале ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». С приветственными словами к собравшимся обратились:

– Олег Анатольевич Разин — директор ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», доктор сельскохозяйственных наук, председатель организационного комитета;

– Анна Владимировна Кротова — глава городского округа Лобня;

– Владимир Иванович Кашин — председатель Комитета Государственной Думы по аграрным вопросам, академик РАН;

– Кузнецов Андрей Владимирович — начальник отдела кормовых ресурсов Департамента животноводства и племенного дела Минсельхоза России;

– Антон Павлович Шашкин — директор Департамента государственной политики в сфере научно-технологического развития.

Затем было проведено вручение ведомственных и локальных наград сотрудникам учреждения.

В ходе пленарного заседания прозвучали ключевые доклады, отражающие современное состояние и вызовы кормопроизводства:

– академик РАН Владимир Михайлович Косолапов представил развёрнутый доклад «Научное обеспечение кормопроизводства России: успехи и вызовы», в котором осветил достижения последних лет и стратегические направления развития отрасли;

– руководитель селекцентра ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», кандидат сельскохозяйственных наук Сергей Иванович Костенко остановился на пробле-

мах и перспективах селекции новых сортов кормовых культур в России;

– член-корреспондент РАН Анатолий Свиридович Шпаков доложил о роли агроландшафтно-экологического районирования в организации эффективных систем кормопроизводства лесной зоны;

– директор Омского АНЦ Максим Сергеевич Чекусов рассказал о вкладе сибирских учёных в формирование адаптивного кормопроизводства Западной Сибири;

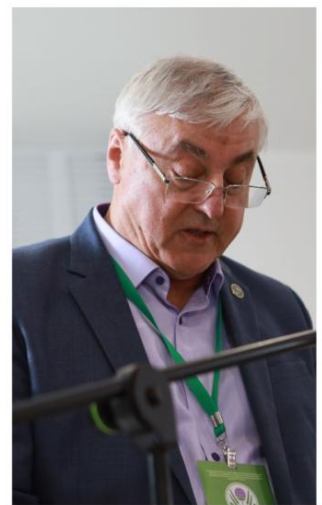
– директор ООО «БИОТРОФ», доктор биологических наук Георгий Юрьевич Лаптев представил инновационные разработки компании в области производства и безопасности кормов;

– исполняющая обязанности заместителя директора по научной работе ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», кандидат сельскохозяйственных наук Екатерина Георгиевна Седова осветила современные достижения луговодства и перспективы его развития;

– начальник центра инноваций АО «Апатит», кандидат технических наук Дмитрий Вячеславович Демидов предложил пути организации многофункционального адаптивного кормопроизводства через внедрение новых элементов в систему питания и управления балансом углерода;

– руководитель испытательного центра по оценке качества и стандартизации кормов, доктор сельскохозяйственных наук Владимир Павлович Клименко изложил основы адаптивной системы кормопроизводства для высокопродуктивного скота.

Молодые сотрудники ВИК украсили мероприятие музыкальными паузами.



ВСЕРОССИЙСКАЯ НАУЧНАЯ КОНФЕРЕНЦИЯ С МЕЖДУНАРОДНЫМ УЧАСТИЕМ

23–24 июня в рамках конгресса прошла V Всероссийская научная конференция с международным участием «Многофункциональное адаптивное кормопроизводство». Модератором секций выступил главный научный сотрудник ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», профессор, доктор сельскохозяйственных наук Владимир Иванович Чернявских.

Учёные из России и Китая представили более 50 устных докладов, охватывающих широкий спектр тем: селекция и семеноводство кормовых культур (люцерны, клевера, сорго, суданской травы, амаранта, лядвенца рогатого и др.), технологии возделывания, защита растений, использование биопрепаратов, агроландшафтное районирование, качество объёмистых кормов и методы их оценки.



Особый интерес вызвали выступления зарубежных коллег:

– Zhang Yingjun (профессор, директор Института луговодства и технологий Китайского аграрного университета) — «Forage and grassland research progress and its development in China»;

– Wang Xianguo (профессор, помощник директора Института луговодства и технологий Китайского аграрного университета) — «Establishment of double cropping system with forage rye in cold regions of China»;

– Xiaogang Yan (доктор наук, директор Академии сельскохозяйственных наук провинции Цзилинь) — «The research progress of animal energy nutrition»;

– Baiquan Sun (PhD, Национальный исследовательский институт Наньфань Китайской академии сельскохозяйственных наук в г. Санье провинции Хайнань) — «Evaluation of forage quality in

various soybean varieties and high-yield cultivation techniques»;

– Hongxiu Ma (доктор наук, сельскохозяйственный университет провинции Шаньси) — «Regulation of subsurface drip fertigation on nitrogen cycling soil microorganisms and N₂O and NH₃ emissions from aeolian sandy soil in alfalfa field in temperate arid regions»;

– Deli Wang (доктор наук, профессор, государственный университет в г. Чанчунь) — «Optimization of the grassland grazing system and its sustainable utilization»;

– Shuai Zhang и Qining Li (Аграрный университет провинции Цзилинь) — доклады о микробной ферментации кормовых субстратов.

В рамках конференции работала постерная сессия, на которой было представлено более 20 стендовых докладов молодых учёных и специалистов из различных научных центров.



НАУЧНЫЙ СОВЕТ СЕКЦИИ РАН

23 июня состоялось заседание Научного совета Секции растениеводства, защиты и биотехнологии растений Отделения сельскохозяйственных наук РАН на тему «Научное обеспечение кормопроизводства России». В работе совета приняли участие академики и члены-

корреспонденты РАН, руководители ведущих научных учреждений страны.

Были обсуждены координационные вопросы, приоритетные направления исследований и меры по усилению интеграции академической и отраслевой науки.



Участники заседания Научного совета

1. Косолапов Владимир Михайлович, академик
2. Воронов Сергей Иванович, член-корреспондент
3. Глинушкин Алексей Павлович, академик
4. Долженко Виктор Иванович, академик
5. Каракотов Салис Добаевич, академик
6. Карлов Геннадий Ильич, академик
7. Куликов Иван Михайлович, академик
8. Лобачевский Яков Петрович, академик
9. Пивоваров Виктор Федорович, академик
10. Прянишников Александр Иванович, член-корреспондент
11. Савченко Иван Васильевич, академик
12. Сидельников Николай Иванович, академик
13. Солдатенко Алексей Васильевич, академик
14. Харченко Петр Николаевич, академик
15. Чесноков Юрий Валентинович, член-корреспондент
16. Шпаков Анатолий Свиридович, член-корреспондент

Прологова Татьяна Васильевна, секретарь совета

МОЛЕКУЛЯРНЫЙ СЕМИНАР



24 июня в малом конференц-зале прошёл научный семинар «Как генетики помогают селекционерам: молекулярные технологии в анализе кормовых культур» под руководством заведующей лабораторией молекулярно-генетических исследований Анастасии Олеговны Ша-

мустакимовой. Участники обсудили современные подходы к использованию молекулярных маркеров, ДНК-баркодинга и генетического профилирования для ускорения селекционного процесса и повышения точности оценки селекционного материала.



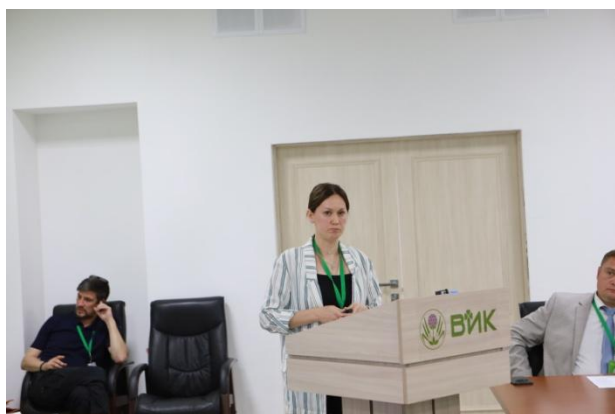
КРУГЛЫЙ СТОЛ НЦМУ

В тот же день, 24 июня, состоялся круглый стол участников НЦМУ «Центр современной селекции сельскохозяйственных растений» (модератор – руководитель НЦМУ, кандидат сельскохозяйственных наук С. И. Костенко).

Участники консорциума (ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», ФГБНУ ФНЦО, ФГБНУ «ФНЦ риса», ФГБОУ ВО «КГУ») отчитались о ходе выполнения

исследований за 2025 год и представили планы на 2026–2027 годы.

Особое внимание было уделено координации совместных работ, выполнению маркерных мероприятий, соответствию запланированных результатов мировому уровню, проведению перекрестного обучения сотрудников в рамках повышения квалификации и проработке вопросов привлечения бизнес-партнеров.



У ШКОЛА МОЛОДЫХ УЧЁНЫХ

25 июня прошла V Школа молодых учёных «Инновационные технологии кормопроизводства», модератором которой выступила заведующая отделом

высшего научного образования ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», доктор биологических наук, профессор Елена Владимировна Думачева.



Молодые исследователи — аспиранты, научные сотрудники, специалисты — представили 23 доклада, посвященные передовым методам селекции, биотехнологии, молекулярной биологии, физиологии растений и моделированию технологических процессов.

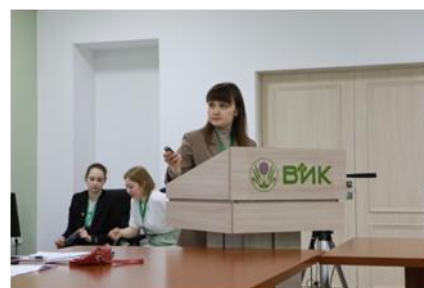
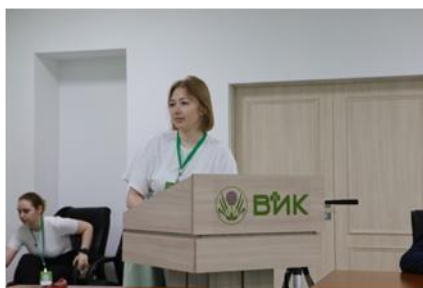
Среди наиболее ярких тем:

- использование УФ-излучения для предпосевной обработки семян;
- генетическое профилирование жёлтого люпина и клевера лугового;

мультиспектральный мониторинг водного режима кормовых трав;

- создание комплексных биопрепаратов на основе штаммов *Bacillus*;
- математическое моделирование СВЧ-вакуумной сушки зелёной массы;
- фенологическая оценка удвоенных гаплоидов ярового рапса.

Работа школы завершилась подведением итогов и вручением сертификатов участникам. Отмечен высокий уровень подготовленных работ и их практическая значимость.



КРУГЛЫЙ СТОЛ ПО КАЧЕСТВУ КОРМОВ И ЗАСЕДАНИЕ ТК-130

25 июня состоялся круглый стол «Актуальные вопросы приготовления качественных объёмистых и зернофуражных кормов» под руководством доктора сельскохозяйственных наук В. П. Клименко. Обсуждались:

- требования к качеству кормов для высокопродуктивного молочного животноводства;
- современные консерванты и микробиологические закваски;
- эффективность применения биопрепаратов при заготовке сенажа и силоса;
- инновации в производстве гранулированной травяной муки;
- региональный опыт Вологодской, Ульяновской и других областей.

Мероприятие проводилось в четвёртый раз и собрало видных ученых и спе-

циалистов в области приготовления кормов и кормления сельскохозяйственных животных со всей страны. Круглый стол был посвящён решению важной государственной задачи: повышению качества и питательной ценности объёмистых и зернофуражных кормов для сельскохозяйственных животных.

В работе мероприятия приняли участие и представители бизнеса — научно-производственные фирмы ООО «Биотроф», ООО «ПО Сиббиофарм», АО «Апатит».

Выступающие отметили положительную динамику в решении этой проблемы и предложили свои варианты инновационных технологий в области кормопроизводства и системы кормления животных.



В этот же день состоялось заседание Технического комитета ТК-130 «Кормопроизводство» (председатель — академик РАН В. М. Косолапов, ответственный секретарь — кандидат сельскохозяйственных наук Х. К. Худякова). На заседании были приняты важные решения по расширению состава за счет приема новых членов из ФГБОУ РАМЖ и ФГБУН Вологодский НЦ РАН, а также заслушана первая редакция ГОСТ «Рапс кормовой. Технические условия». Выступающие отметили роль стандартиза-

ции в государственном регулировании качества, биологической полноценности и безопасности заготавливаемых кормов для животных.

На текущий момент ТК-130 разработано 35 стандартов на показатели качества объёмистых кормов и фуражного зерна и методы их определения. Эта работа успешно продолжается. Члены комитета утвердили план работы на 2027–2029 гг. и приняли предложения по совершенствованию деятельности комитета.

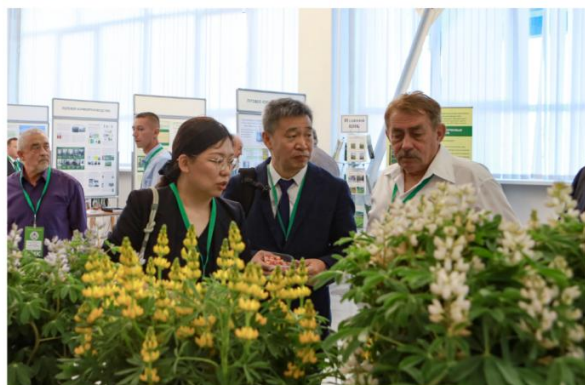
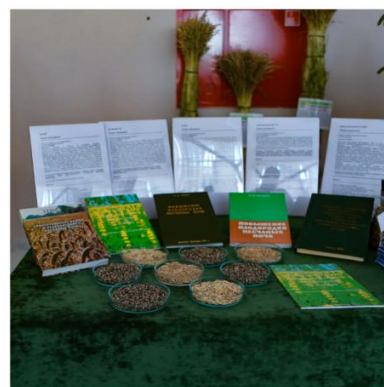
ВЫСТАВКА И ЭКСКУРСИИ

В течение всех дней конгресса работала выставка достижений, на которой были представлены экспозиции ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса», ФГБНУ «Федеральный научный центр овощеводства», ФГБНУ «ФНЦ риса», АО «Апатит», ООО «Биотроф», ПО «Сиббиофарм», ООО «Компания Хеликон» и ООО «Глювекс».

Посетители могли ознакомиться с современным лабораторным оборудованием, инновационными препаратами для

защиты растений, новыми сортами кормовых культур и образцами готовой продукции. Перед главным корпусом ФНЦ была представлена выставка современной сельскохозяйственной техники.

Участники конгресса посетили демонстрационные опыты и молодёжные лаборатории ФНЦ, где им были продемонстрированы современные методы селекции, генетического анализа и биотехнологии.



ИТОГИ КОНГРЕССА

Подведение итогов V Международного конгресса по кормопроизводству состоялось 25 июня.

Организаторы отметили высокий научный уровень представленных докладов, активное участие молодёжи и плодотворное международное сотрудничество, особенно с китайскими партнёрами.

Принята резолюция конгресса, в которой определены приоритетные направления дальнейших исследований:

- развитие селекции и семеноводства кормовых культур с использованием современных молекулярно-генетических методов;

- совершенствование адаптивных агроландшафтных систем кормопроиз-

водства в различных почвенно-климатических зонах;

- внедрение инновационных технологий заготовки и переработки кормов, обеспечивающих сохранность питательных веществ;

- расширение международной кооперации и обмена опытом.

Конгресс стал важным событием в научной жизни России, подтвердив лидирующие позиции ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» в области кормопроизводства.

Участники выразили единодушное мнение о необходимости дальнейшего проведения таких форумов на регулярной основе.



26 июня, в заключительный день работы V Международного конгресса, состоялся официальный приём делегации учёных из Китая. Представители ФНЦ

«ВИК им. В. Р. Вильямса» выступили с докладами, осветив основные направления и ключевые результаты научной деятельности Центра.



В ходе переговоров с ведущими исследователями Института луговодства и технологий Китайского аграрного университета и Северо-восточного педагогического университета стороны обсудили актуальные задачи кормопроизводства, обменялись мнениями о современном состоянии луговодства в России и Китае, а также наметили перспективные точки роста и области взаимной заинтересованности.

Особое внимание было уделено теоретическим основам луговедения, в ос-

нове которых лежат научные разработки основоположника Центра — выдающегося учёного Василия Робертовича Вильямса.

Встреча прошла в конструктивном ключе и подтвердила высокий потенциал дальнейшего российско-китайского сотрудничества в аграрной науке.

ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» благодарит всех докладчиков, слушателей, организаторов и партнёров за успешное проведение конгресса и надеется на новые встречи в следующем году!

УДК 633.3:631.52:577.21

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3-20-32

СПОСОБ ВЫДЕЛЕНИЯ ДНК ИЗ СЕМЯН БОБОВЫХ КУЛЬТУР НА ПРИМЕРЕ ВИКИ МОХНАТОЙ (*Vicia villosa* Roth)*

А. А. Антонов, научный сотрудник

А. О. Шамустакимова, старший научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»

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

antonov4B@yandex.ru

DNA EXTRACTION METHOD FROM LEGUMES SEEDS USING THE EXAMPLE OF HAIRY VETCH (*VICIA VILLOSA* ROTH)

A.A. Antonov, Researcher

A.O. Shamustakimova, Senior Researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

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

antonov4B@yandex.ru

Проведение молекулярно-генетических исследований напрямую зависит от качества образцов ДНК. В настоящее время оптимальным объектом для выделения нуклеиновых кислот являются проростки. Молодая ткань еще не насыщена вторичными метаболитами, белками и полисахаридами. Однако нередко возникают ситуации, когда получение проростков невозможно, а вегетирующие растения недоступны (например, вне вегетационного сезона, при удаленности полевых участков или утрате семенами всхожести). В таких случаях единственным доступным материалом для анализа остаются семена. Выделение ДНК из семян сопряжено с некоторыми трудностями, так как в них содержится больше алкалоидов, липидов и полисахаридов, которые могут связываться с ДНК. Многие методы, адаптированные для очистки ДНК от данных соединений, предполагают применение токсичных веществ (фенола, хлороформа и т. п.), что может представлять угрозу здоровью исследователей. В настоящей работе ранее разработанный нами SDS-метод выделения ДНК из проростков и растительной ткани был применен для экстракции ДНК из семян. Модификации протокола коснулись только этапов пробоподготовки и гомогенизации. К преимуществам метода относятся простота, дешевизна и отсутствие в протоколе ядовитых компонентов. По показателям качества образцы ДНК, полученные из семян вики мохнатой, несколько уступают по качеству выделенным из проростков. Показатели оптической плотности указывали на бóльшую долю фенольной, белковой и полисахаридной фракций. Выделенная ДНК была протестирована в ПЦР-анализе со SRAP-маркерами. Были получены четкие, хорошо различимые ампликоны, позволяющие провести статистическую обработку. Сравнение ДНК-паттернов не выявило значимых различий между образцами ДНК, выделенными из семян и из проростков. Таким образом, SDS-метод выделения

*Исследования выполнены при поддержке Госзадания FGGW-2025-0001 «Создание и верификация ДНК-маркеров и технологий генотипирования для сортовой идентификации, маркер-сопутствующей селекции и получения новых знаний в области филогенетики и структуры геномов кормовых культур».

ДНК с модификациями лаборатории молекулярно-генетических исследований кормовых культур ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса» применим для экстракции ДНК непосредственно из семян.

Ключевые слова: выделение ДНК, вика мохнатая, SDS, ПЦР-анализ, невсхожие семена.

The success of molecular genetic studies directly depends on the quality of DNA samples. Currently, seedlings are considered the optimal material for nucleic acid extraction, as young tissues are not yet saturated with secondary metabolites, proteins, and polysaccharides. However, situations often arise where obtaining seedlings is impossible and vegetative plants are inaccessible (e.g., outside the growing season, due to the remoteness of field sites, or because seeds have lost their viability). In such cases, seeds remain the only available material for analysis. DNA extraction from seeds presents certain difficulties, as they contain higher amounts of alkaloids, lipids, and polysaccharides, which can bind to DNA. Many methods adapted for DNA purification from these compounds involve the use of toxic substances (phenol, chloroform, etc.), which may pose a health risk to researchers. In the present study, our previously developed SDS-based DNA extraction method, originally designed for seedlings and plant tissues, was applied to DNA extraction from seeds. Modifications to the protocol were limited to the sample preparation and homogenization steps. The advantages of the method include its simplicity, low cost, and the absence of toxic components in the protocol. In terms of quality parameters, DNA samples obtained from hairy vetch (*Vicia villosa* Roth) seeds were somewhat inferior to those isolated from seedlings. Optical density measurements indicated a higher proportion of phenolic, protein, and polysaccharide fractions in these samples. The extracted DNA was successfully tested in PCR analysis using SRAP markers. Clear, well-resolved amplicons suitable for statistical analysis were obtained. Comparison of DNA patterns revealed no significant differences between DNA samples extracted from seeds and those extracted from seedlings. Thus, the SDS-based DNA extraction method, as modified by the Laboratory of Molecular Genetic Research of Forage Crops at the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology, is applicable for direct DNA extraction from seeds.

Keywords: DNA extraction, hairy vetch, SDS, PCR analysis, non-viable seeds.

Введение. ПЦР-анализ является основной молекулярно-генетических исследований сельскохозяйственных культур. С его помощью оценивают генетический полиморфизм селекционного материала, проводят идентификацию и паспортизацию сортов и гибридов. ПЦР-анализ помогает определить видовую и сортовую принадлежность, и, при необходимости, обеспечить защиту интеллектуальной собственности селекционеров. В основе метода лежит амплификация материала геномной ДНК. Для продуктивных исследований, статистической обработки и интерполяции полученных результатов необходимы образцы ДНК высокого качества. Существенное воздействие на выход, а также на наличие примесей, ингибирующих ПЦР, оказывает видовая

принадлежность, условия выращивания, фаза развития растения, погодные условия, заболевания и тип используемой растительной ткани [1].

Установлено, что оптимально выделять геномную ДНК для молекулярно-генетического анализа из молодой ткани, например проростков [1; 2]. На ранних фазах развития присутствует гораздо меньше вторичных метаболитов, даже у растений с высоким их содержанием [3; 4]. При этом выделение из размолотого зерна и муки тоже имеет свои особенности. При измельчении зерна возрастает вероятность получения низкокачественных образцов ДНК [5]. В раствор ДНК переходит больше полисахаридов, алкалоидов и фенольных соединений, что может ингибировать ПЦР [6]. Липи-

ды могут образовывать эмульсии с водными растворами. Целлюлоза, пектины, танины и полифенолы связываются с ДНК, что усложняет ее очистку и может ингибировать полимеразу [7]. Данные соединения трудноотделимы от ДНК и в дальнейшем могут затруднять амплификацию. Например, углеводы часто выпадают в осадок вместе с нуклеиновыми кислотами [8]. Также, при выделении из муки часто наблюдается соочистка многих веществ вместе с ДНК [9].

Как в нашей стране, так и во всем мире предпринимались попытки выделения ДНК напрямую из семян или муки. Например, стандартный коммерческий набор не позволил получить качественную ДНК из зерна сои [10], однако позднее был разработан успешный протокол для работы с соевой мукой [11]. Тем не менее, при изучении генетического полиморфизма исследователи, как правило, отдавали предпочтение вегетативной ткани, а выделение из семян и муки применялось преимущественно для других целей: анализа ГМО [12], контроля фитопатогенов [13] и оценки качества пищевой продукции [9]. Лишь в отдельных случаях из семян бобовых и злаковых культур удавалось получить высококачественную ДНК, пригодную для рестрикции и ПЦР-анализа [14]. При

этом большинство таких протоколов основано на использовании ЦТАБ, фенола и хлороформа — высокотоксичных соединений.

Эффективные модификации SDS-метода выделения ДНК, разработанные в нашей лаборатории, успешно зарекомендовали себя при работе с проростками и вегетативной тканью бобовых, капустных и некоторых овощных культур [15]. Однако при анализе коллекционных образцов нередко возникает проблема несовместности отдельных генотипов, что ведет к утрате ценной генетической информации, особенно если речь идет о сортах-стандартах или родительских формах. Именно с такой ситуацией мы столкнулись при изучении генетического полиморфизма вики мохнатой (*Vicia villosa* Roth): один из исследуемых образцов оказался несовместим. В связи с этим было решено адаптировать ранее разработанный протокол для выделения ДНК непосредственно из семян.

Материалы и методы. Объектом исследования служили семена сортов вики мохнатой селекции ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»: Луговская 2 и Луговская 3. Последний сорт был представлен двумя образцами, один всхожий, другой — нет (рис. 1). Семена были предоставлены селекционерами ВИК.



Рис. 1. Образцы семян сорта Луговская 3, слева — несовместимые, справа — совместимые

Полученные образцы ДНК были применены в сравнительном анализе. Экспериментальная работа проводилась в лаборатории молекулярно-генетических исследований кормовых культур ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». От каждого образца отбирали навески по 10, 30 и 40 семян и измельчали с помощью электрической лабораторной мельницы ЭМ 3А УХЛ 4.2 (СССР).

Растворы и реактивы для ДНК экстракции: SDS-экстракционный буфер (200 mM трис-HCl pH 7,5; 250 mM NaCl; 25 mM ЭДТА; 0,5 % SDS); фермент РНКазы А; 5 М ацетат аммония; изопропанол, охлажденный на льду; ЭДТА; 70%-ный этиловый спирт, ТЕ-буфер (0,1 М трис HCl, 1 mM ЭДТА, pH 8,0) [15].

Протокол выделения ДНК из семян: Определить индивидуальный объем SDS-лизирующего буфера на каждый образец, из расчета 10 мкл на 1 мг перемолотого зерна. Растереть образец в ступке с помощью пестика, добавляя порционно буфер для лизиса. 300 мкл лизата перелить в пробирки типа Эппендорф, добавить 3 мкл фермента РНКазы, перемешать на вортексе и инкубировать смесь в термостате при 60 °С в течение одного часа. В охлажденные пробирки добавить по 100 мкл 5 М ацетата аммония, перемешать на вортексе и центрифугировать 5 мин при 13000 оборотах (центрифуга Eppendorf Microspin, Германия). Осторожно, не задевая осадка, отобрать супернатант, затем добавить 300 мкл изопропанола и осторожно перемешать. Центрифугировать 5 мин при 13000 оборотах. Слить верхнюю фракцию, а к осадку добавить охлажденный 70%-ный этиловый спирт, перемешать и

центрифугировать смесь в течение двух минут (13000 оборотов). Отобрать этанол пипеткой и пробирки с промытым осадком подсушить до полного испарения этанола, а затем растворить в 50 мкл ТЕ-буфера. Образцы ДНК могут быть использованы для анализа сразу после выделения или помещены на продолжительное хранение в морозильную камеру (–20 °С) [15].

Качественные и количественные показатели полученных образцов геномной ДНК оценивали путем электрофореза в агарозном геле (1,5 %) при напряжении 100 В в течение 30 мин, а также с помощью спектрофотометра Nano Spectrophotometer Nabi («MicroDigital», Южная Корея) в диапазоне длин волн 220–350 нм.

ПЦР со SRAP-маркерами. Верификация эффективности модифицированного метода проходила с помощью ПЦР со SRAP-маркерами [16]. Реакционная смесь ПЦР в объеме 20 мкл содержала: 10 × Taq Turbo buffer — 3 мкл, 50 dNTP mix — 0,4 мкл, 5U Taq-ДНК полимеразы — 0,4 мкл, 30 нг ДНК — 1 мкл, а также по 0,1 мкл каждого праймера (все компоненты указаны на одну реакцию). Использовались реактивы и олигонуклеотиды производства ЗАО «Евроген», Россия.

Аmplификацию проводили в термоблокере C1000 Thermal Cycler («Bio-Rad», США) при условиях, предложенных Aneja с соавторами [17]. Размер полученных ПЦР-продуктов определяли в сравнении с маркером молекулярного веса 100 п.н. «Step 100 long», (Биолаб-микс, Россия) после электрофореза в 1,6%-ном агарозном геле. Для визуализации результатов использовали систему гель-документирования GelDoc XR Plus («Bio-Rad», США) в комплекте с ориги-

нальным пакетом программного обеспечения (Image Lab. Software). Статистическая обработка данных проводилась с помощью программ GelAnalyzer и Pop Gene [18; 19].

Результаты и обсуждение. Лабораторные мельницы типа ЭМ-100 и более ранние модели предназначены для размола круп, но рекомендованное количество материала в спецификации к при-

бору — не менее 10 г. Поскольку в своих исследованиях мы используем преимущественно балк-образцы, то в данной работе необходимо было определить оптимальную навеску и количество семян для равномерного помола.

На рис. 2 представлен измельченный семенной материал вики мохнатой, полученный при использовании различных навесок.



Рис. 2. Влияние количества семян в навеске на качество помола в лабораторной мельнице: а) помол 10 семян (крупнозернистая, гетерогенная фракция); б) помол 30 семян (гомогенная фракция); в) помол 40 семян (равномерный порошок с присутствием средней фракции)

При размоле 10 невсхожих/невыполненных семян наблюдался крупный неравномерный помол, характеризующийся наличием негомогенизированных фрагментов. Увеличение количества семян до 30 и 40 штук обеспечило получение более равномерного тонкого помола, пригодного для последующей гомогенизации и лизиса клеточных стенок.

На рис. 3 представлены этапы дальнейшего выделения ДНК.

Несмотря на различную степень помола, все три образца довольно равномерно гомогенизировались в лизирующем буфере, после растирания в ступке (рис. 3 б). Наличие взвеси не препятствовало отбору лизата объемом 300 мкл (рис. 3 в). Соосаждение отобранной фракции с 5 М ацетатом аммония и после-

дующим центрифугированием давало образование устойчивого и плотного дебриса на дне, что позволило отобрать супернатант в достаточном объеме для переноса в чистую пробирку. После добавления ледяного изопропанола к отобранной фракции наблюдали четко различимое деление, при котором образовывались белые нитевидные структуры ДНК в водной фазе (рис. 3 г). Дальнейшее центрифугирование и промывание образовавшего осадка ДНК 70%-ным этанолом формировало плотный белоснежный осадок ДНК на дне пробирки (рис. 3 д). На этом этапе нами было отмечено, что выделение ДНК из зеленой ткани обычно образует менее различимый, часто рыхлый, отстающий от стен пробирки, а то и вовсе прозрачный осадок.



Рис. 3. Процесс выделения ДНК из семян: а) измельчение навески семян в лабораторной мельнице; б) гомогенизация растительного материала в ступке; в) отбор аликвоты лизата; г) осаждение дебриса; д) разделение фаз после добавления изопропанола; е) осаждение ДНК и промывка 70%-ным этанолом

Поскольку ранее метод применялся нами только для выделения ДНК из зеленой ткани (проростки, взрослые растения), то необходимо было сравнить как показатели получаемой ДНК на различных типах исходного материала, так и применимость таких проб для дальнейшего ПЦР-анализа. В качестве эксплантов нами анализировались пробы ДНК, полученные как из всхожих, так и не-всхожих семян, а также ДНК индивидуальных проростков и балк-образцов (30 генотипов на пробу).

На рис. 4 представлена диаграмма, отражающая сравнительные данные по концентрации и показателям чистоты ДНК для разных типов образцов.

Если сравнивать выход ДНК, то из семян он оказался значительно выше.

Концентрации ДНК, полученной из семенного материала, варьировали в диапазоне от 166,75 до 490,8 нг/мкл. Для зеленой ткани наименьшее значение (54,05 нг/мкл) было зафиксировано у балк-образца, тогда как наибольшее (236,6 нг/мкл) — для ДНК из индивидуального проростка. Четкой зависимости между количеством семян в навеске и выходом ДНК не наблюдалось. Так, образец № 3 (40 семян), характеризующийся достаточно равномерным помолом, имел наименьшие показатели концентрации и чистоты. Отношения оптических плотностей раствора, характеризующие чистоту полученных образцов, различались как в зависимости от типа экспланта, так и при формировании балк-пробы.

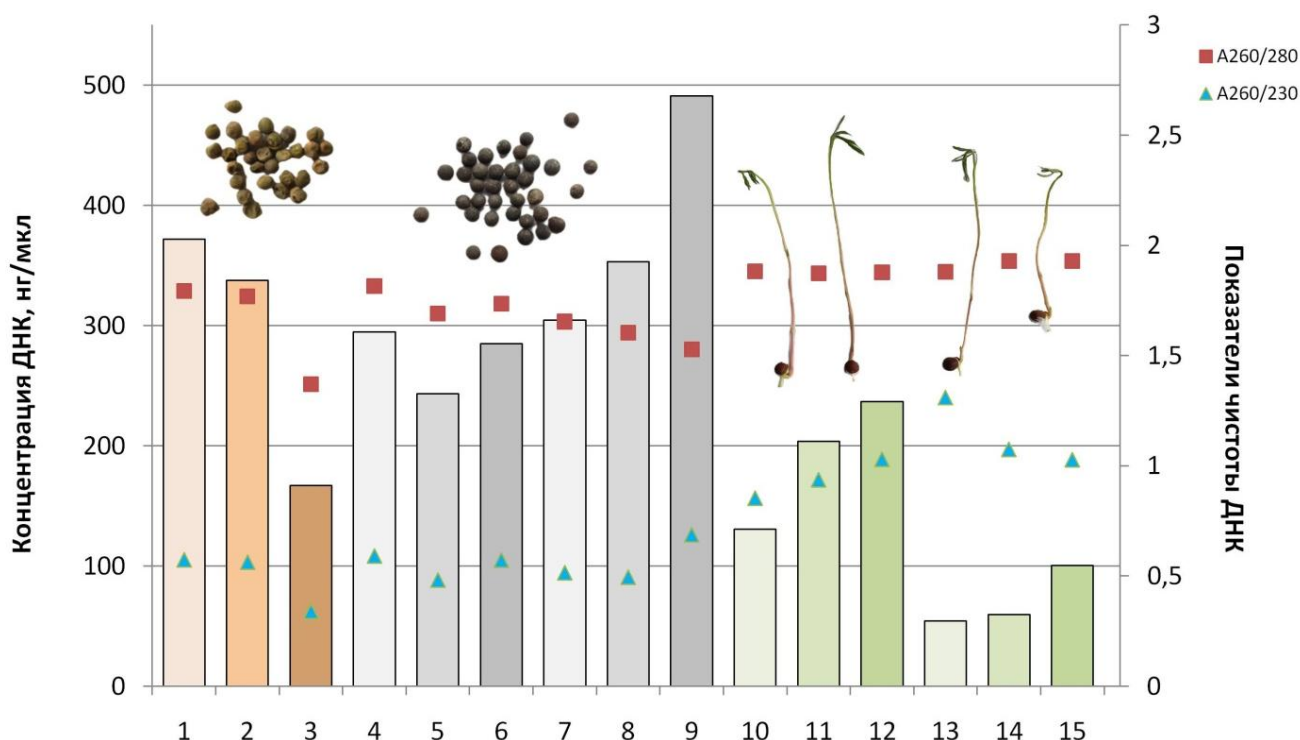


Рис. 4. Концентрация и показатели чистоты ДНК, выделенной из различных эксплантов *Vicia villosa* Roth

По оси X: 1–3 — невсхожие семена (Луговская 3); 4–6 — всхожие семена (Луговская 3); 7–9 — всхожие семена (Луговская 2); 10–12 — единичные проростки (Луговская 2); 13–15 — балк-образцы, состоящие из 30 проростков (Луговская 2).

Столбцы соответствуют концентрации ДНК (левая ось), маркеры — значениям A260/A280 и A260/A230 (правая ось)

На рисунке 4 видно, что оба соотношения (A260/A280 и A260/A230) были выше у ДНК, выделенной из зеленой ткани (1,874–1,929 и 0,853–1,309 соответственно). В то же время ДНК из семян, несмотря на высокие концентрации, характеризовалась более низкими показателями чистоты. Оптимальный показатель A260/280 составляет примерно 1,8–1,9, его снижение говорит о присутствии в растворе ДНК фенолов и белков [6]. Для A260/A230 идеальным считается разброс от 1,8 до 2,2 [14]. В представленном исследовании для ДНК, выделенной из семян, показатель A260/280

варьировал в пределах 1,37–1,815, а A260/A230 — от 0,34 до 0,687. Следовательно, несмотря на большой выход нуклеиновых кислот из семян, они уступают по качеству образцам, выделенным из проростков. ДНК, полученная из семян, характеризовалась умеренным загрязнением белками (по снижению A260/A280) и выраженным присутствием полисахаридов (по низким значениям A260/A230). Для дальнейшего тестирования выделенная ДНК была доведена до концентрации 30 нг/мкл и визуализирована с помощью электрофореза в агарозном геле (рис. 5).

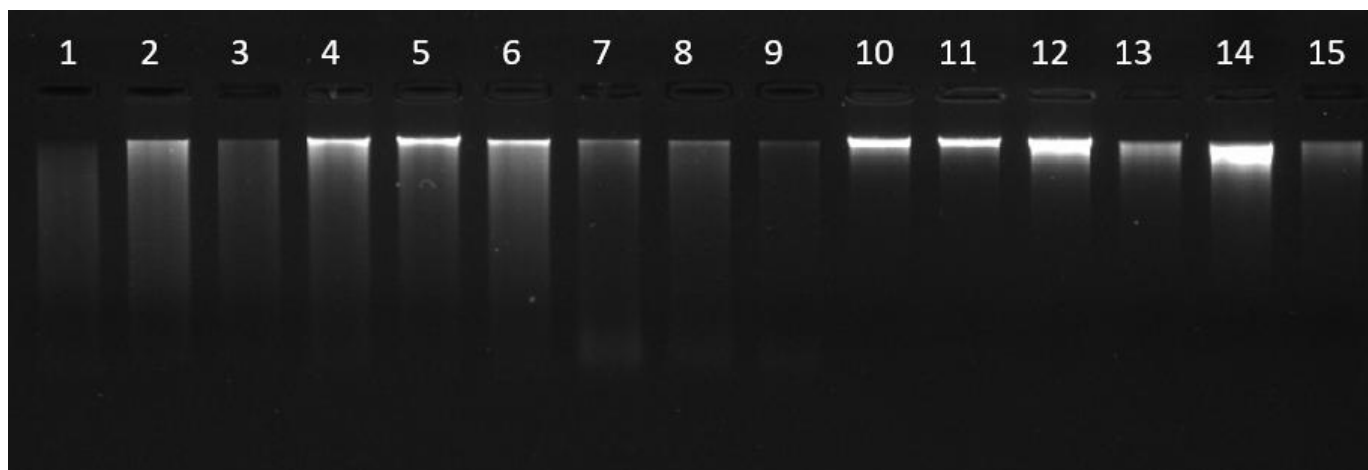


Рис. 5. Геномная ДНК образцов вики мохнатой, выделенная из различных эксплантов (концентрация 30 нг/мкл)

1–3 — невосхожие семена (Луговская 3); 4–6 — восхожие семена (Луговская 3);
7–9 — восхожие семена (Луговская 2); 10–12 — единичные проростки (Луговская 2);
13–15 — балк-образцы, состоящие из 30 проростков (Луговская 2)

Спектрофотометрическая оценка дает интегральную характеристику всех нуклеиновых кислот и примесей, поглощающих при 260 нм, тогда как электрофорез в геле позволяет визуально оценить именно высокомолекулярную интактную ДНК и ее деградацию. Наибольшие расхождения между двумя методами характерны для препаратов ДНК, выделенных из семян, что связано с высоким содержанием полисахаридов и фенольных соединений, искажающих спектрофотометрический сигнал. Так, образец № 9 характеризовался максимальной спектрофотометрической концентрацией ДНК (490,8 нг/мкл), однако на агарозном геле его полоса была слабой. Это, вероятно, обусловлено высоким уровнем контаминации полисахаридами и белками ($A_{260}/A_{230} = 0,687$, $A_{260}/A_{280} = 1,529$), которые вносят вклад в поглощение при 260 нм и создают ложное завышение концентрации.

Данный пример подчеркивает необходимость комбинированной оценки качества ДНК с использованием как спектрофотометрии, так и электрофореза в агарозном геле для расчета оптимальной концентрации матрицы при последующей постановке ПЦР.

Выделенная ДНК была протестирована со SRAP-маркерами (*sequence-related amplified polymorphism*). Данная система основана на амплификации интрон-экзонных участков генома [20]. Полиморфизм SRAP-маркеров обусловлен вариабельностью длины интронов, фланкированных консервативными экзонными областями. Для амплификации используется пара праймеров: прямой (экзон-специфичный, нацелен на GC-богатые области) и обратный (интрон-специфичный, нацелен на AT-богатые области).

Пример амплификации с комбинацией Me4-Em2 представлен на рис. 6.

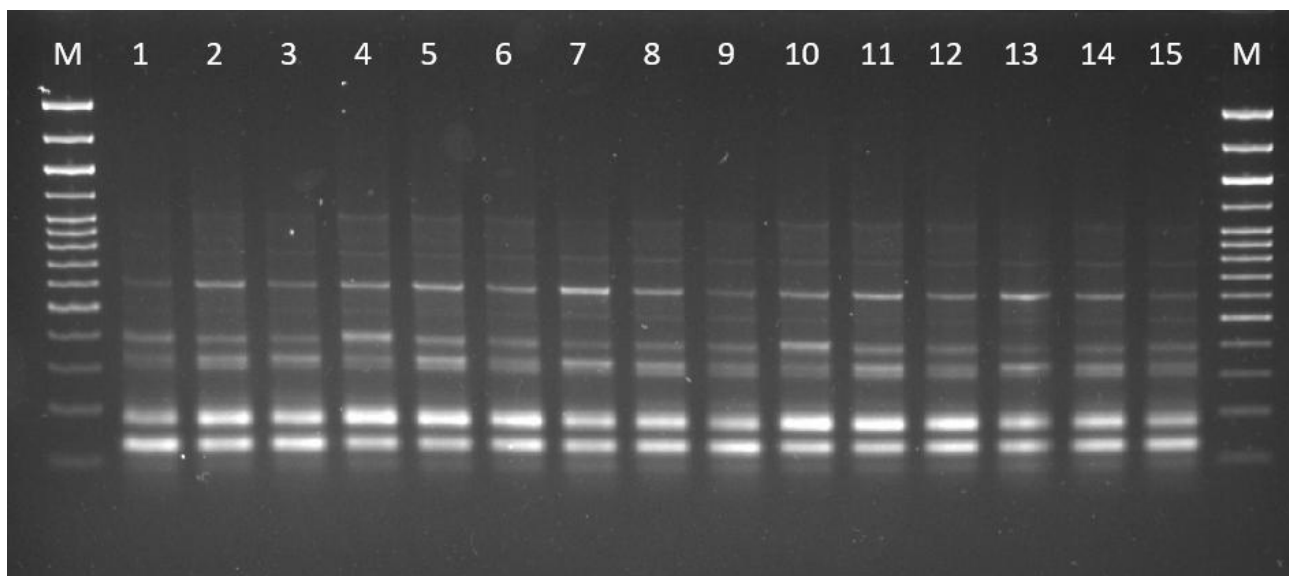


Рис. 6. Электрофореграмма продуктов амплификации со SRAP-маркером Me4-Em2

1–3 — невсхожие семена (Луговская 3); 4–6 — всхожие семена (Луговская 3); 7–9 — всхожие семена (Луговская 2); 10–12 — единичные проростки (Луговская 2); 13–15 — балк-образцы, состоящие из 30 проростков (Луговская 2), М — маркер молекулярного веса «Step 100 long», (Биолабмикс, Россия)

Несмотря на более низкие показатели спектрофотометрической чистоты ДНК, выделенной из семян, все образцы (1–15) дали ампликоны, пригодные для анализа. Вероятно, присутствующие в препаратах ДНК из семян примеси (полисахариды, белки) не ингибировали Taq-полимеразу в используемой концентрации. Однако интенсивность полос у некоторых образцов (1; 9; 15) была снижена, что коррелировало с интенсивностью свечения полосы ДНК на агарозном геле.

Заключение. Таким образом, ранее разработанная модификация метода выделения ДНК, основанная на применении SDS-буфера, подходит не только для проростков и зеленой ткани, но и для семян.

Выделенные образцы по качеству и выходу применимы для вовлечения в ПЦР-анализ. Выход ДНК из семян значительно превосходит таковой из проро-

стков, однако ее качество несколько ниже: в препаратах из семян содержится больше белков, фенолов и полисахаридов. Полученные ампликоны четко различимые и воспроизводимые, что позволяет проводить статистическую обработку.

Стоит отметить, что данный метод позволяет сохранить часть лизата и оставить его на хранении при -20°C . В таком случае при необходимости повторить анализ или расширить тестируемую коллекцию нет необходимости повторно гомогенизировать образец. Метод относительно низкокзатратен и не включает использование токсичных реактивов — изоамиловый спирт, хлороформ, фенол и т. п. [21; 22].

Предлагаемый протокол позволяет не зависеть от дорогостоящих коммерческих наборов, поскольку для приготовления растворов используются доступ-

ные и распространенные реактивы. Данный метод будет полезен лабораториям, занимающимся изучением филогенетических отношений, сортовой идентификацией и паспортизацией. Таким образом, даже при утрате образцом всхожести ценная генетическая информация не будет утрачена.

Литература

1. Идентификация и паспортизация сортов кормовых трав (клевера лугового, люцерны изменчивой, посевной и хмелевидной) на основе ДНК-маркеров / И. А. Клименко, Н. Н. Козлов, С. И. Костенко, и др. – М. : Угреша Т, 2020. – 35 с. – EDN IAJNIS. – DOI 10.33814/978-5-6043194-9-9.
2. Рамазанова С. А., Логинова Е. Д. Оценка эффективности выделения ДНК из разных частей рыжика посевного // Масличные культуры. – 2025. – Т. 202. – № 2. – С. 27–31. – EDN MBIHCS. – DOI 10.25230/2412-608X-2025-2-202-27-31.
3. A simple and rapid leaf genomic DNA extraction method for polymerase chain reaction analysis / J. Amani, R. Kazemi, A. R. Abbasi, A. H. Salmanian // Iranian Journal of Biotechnology. – 2011. – Vol. 9. – № 1. – Pp. 69–71.
4. Разработка метода получения препарата суммарной ДНК высокого качества из растений рода *Rhododendron* / В. Н. Калаев, О. А. Землянухина, И. Ю. Карпеченко, и др. // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 5–1. – С. 148–152. – EDN PAZDVP.
5. Особенности диагностики семян зерновых культур, предназначенных на экспорт / Е. Р. Ручков, Д. Д. Шухин, А. А. Кузнецова, М. Б. Копина // Зерновое хозяйство России. – 2022. – Т. 14. – № 3. – С. 44–50. – EDN XVBAZB. – DOI 10.31367/2079-8725-2022-81-3-44-50.
6. Рябушкина Н. А., Омашева М. Е., Галиакбаров Н. Н. Специфика выделения ДНК из растительных объектов // Биотехнология. Теория и практика. – 2012. – № 2. – С. 9–26. – EDN VKUFWV.
7. Rapid isolation of DNA from dry and fresh samples of plants producing large amounts of secondary metabolites and essential oils / S. P. Khanuja, A. K. Shasany, M. P. Darokar, S. Kumar // Plant Molecular Biology Reporter. – 1999. – Vol. 17. – № 1. – P. 74. – EDN AGXORJ.
8. Метод выделения растительной ДНК из растений и продуктов питания на их основе / Л. А. Остроумов, А. Ю. Просеков, А. Н. Архипов, О. В. Мудрикова // Известия Самарского научного центра Российской академии наук. – 2010. – Т. 12. – № 4–3. – С. 722–724. – EDN NXJVPD.
9. Scarafoni A., Ronchi A., Duranti M. A real-time PCR method for the detection and quantification of lupin flour in wheat flour-based matrices // Food Chemistry. – 2009. – Vol. 115. – № 3. – Pp. 1088–1093. – DOI 10.1016/j.foodchem.2008.12.087.
10. Иваний А. А., Пензин А. А. Сравнительный анализ выхода ДНК, выделяемой набором ДНК-экстрактан 3 при работе с семенами и проростками // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы Всерос. науч.-практ. конф. (Благовещенск, 20–21 апреля 2023 г.). – Благовещенск : Дальневосточный государственный аграрный университет, 2023. – С. 58–62. – EDN DPUUAN. – DOI 10.22450/9785964205385_1_58.
11. Тимкин П. Д., Пензин А. А. Модификация СТАВ-метода на модели семян сои сорта «Лидия» // СИМБИОЗ-РОССИЯ 2022 : сб. статей XIII Междунар. конф. ученых-биологов (24–25 октября 2022 года). – Пермь : Пермский государственный национальный исследовательский университет, 2023. – С. 484–487. – EDN NQUZFV. – DOI 10.17072/simbioz-2022-492-495.
12. Demeke T., Ratnayaka I., Phan A. Effects of DNA extraction and purification methods on real-time quantitative PCR analysis of Roundup Ready soybean // Journal of AOAC International. – 2009. – Vol. 92. – № 4. – Pp. 1136–1144. – DOI 10.1093/jaoac/92.4.1136.

13. Highly sensitive PCR-based detection method specific for *Aspergillus flavus* in wheat flour / A. González-Salgado, T. González-Jaén, C. Vázquez, B. Patiño // Food Additives and Contaminants. – 2008. – Vol. 25. – № 6. – Pp. 758–764. – DOI 10.1080/02652030701765715.
14. Aboul-Maaty N. A. F., Oraby H. A. S. Extraction of high-quality genomic DNA from different plant orders applying a modified CTAB-based method // Bulletin of the National Research Centre. – 2019. – Vol. 43. – № 1. – Pp. 1–10. – EDN LKQFJX. – DOI 10.1186/s42269-019-0066-1.
15. Эффективный способ выделения ДНК для ПЦР-анализа из «балк-образцов» проростков / И. А. Клименко, А. А. Антонов, В. А. Душкин, и др. // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 3. – С. 29–48. – EDN PJTTRN. – DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2021-3-29-48.
16. Assessment of the genetic variation in alfalfa genotypes using SRAP markers for breeding purposes / H. B. Rhouma, K. Taski-Ajdukovic, N. Zitouna, et al. // Chilean journal of agricultural research. – 2017. – Vol. 77 – № 4. – Pp. 332–339. – DOI 10.4067/S0718-58392017000400332.
17. Sequence related amplified polymorphism (SRAP) analysis for genetic diversity and micronutrient content among gene pools in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek] / B. Aneja, N. R. Yadav, R. C. Yadav, R. Kumar // Physiology and molecular biology of plants. – 2013. – Vol. 19. – № 3 – Pp. 399–407. – DOI 10.1007/s12298-013-0177-3.
18. Lazar I., Zwecker-Lazar I., Lazar R. H. GelAnalyzer 2010a: Freeware 1D gel electrophoresis image analysis software 2010 // URL: <http://www.gelalyzer.com> (дата обращения: 23.04.2026).
19. Yeh F. C. POPGENE (version 1.3.1). Microsoft window-bases freeware for population genetic a nalysis]. – 1999 // URL: <https://sites.ualberta.ca/~fyeh/popgene.html> (дата обращения: 23.04.2026).
20. Li G., Quiros C. F. 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. – № 2–3. – Pp. 455–461. – EDN ATAHCL.
21. Doyle J. J., Doyle J. L. Isolation of plant DNA from fresh tissue // Focus. – 1990. – Vol. 12. – № 1. – Pp. 13–15.
22. Porebski S., Bailey L. G., Baum B. R. Modification of a CTAB DNA Extraction Protocol for Plants Containing High Polysaccharide and Polyphenol Components // Plant Molecular Biology Reporter. – 1997. – Vol. 15. – № 1. – Pp. 8–15. – EDN XSNALF. – DOI 10.1007/bf02772108.

References

1. Klimenko I.A., Kozlov N.N., Kostenko S.I., et al. *Identifikatsiya i pasportizatsiya sortov kormovykh trav (klevera lugovogo, lyutserny izmenchivoy, posevnoy i khmelevidnoy) na osnove DNK-markerov* [Identification and certification of forage grass varieties (red clover, alfalfa, sainfoin and hop clover) based on DNA markers]. Moscow. Ugresha T Publ. 2020. 35 p. DOI 10.33814/978-5-6043194-9-9.
2. Ramazanov S.A., Loginova E.D. *Otsenka effektivnosti vydeleniya DNK iz raznykh chastey ryzhika posevnogo* [Evaluation of the efficiency of DNA isolation from different parts of the flax plant *Camelina sativa* (L.) Crantz]. *Maslichnye kul'tury*. 2025. Vol. 202. No. 2. Pp. 27-31. DOI 10.25230/2412-608X-2025-2-202-27-31.
3. Amani J., Kazemi R., Abbasi A.R., Salmanian A.H. A simple and rapid leaf genomic DNA extraction method for polymerase chain reaction analysis. *Iran Journal Biotechnology*. 2011. Vol. 9. No. 1. Pp. 69-71.
4. Kalaev V.N., Zemlyanukhina O.A., Karpechenko I. Yu., et al. *Razrabotka metoda polucheniya preparata summarnoy DNK vysokogo kachestva iz rasteniy roda Rhododendron* [Development of method for obtaining of total high quality DNA-preparation from plants of *Rhododendron*]. *Fundamental'nye issledovaniya*. 2012. No. 5. Pp. 148-152.
5. Ruchkov E.R., Shukhin D.I., Kuznetsova A.A., Kopina M.B. *Osobennosti diagnostiki semyan zernovykh kultur, prednaznachennykh na eksport* [The features of diagnostics of grain crop seeds intended for export]. *Grain Economy of Russia*. 2022. Vol. 14. No. 3. Pp. 44-50. DOI 10.31367/2079-8725-2022-81-3-44-50.

6. Ryabushkina N.A., Omasheva M.E., Galiakparov N.N. *Spetsifika vydeleniya DNK iz rastitel'nykh ob"ektov* [Specifics of DNA isolation from plant objects]. *Biotehnologiya. Teoriya i praktika*. 2012. No. 2. Pp. 9-26.
7. Khanuja S.P., Shasany A.K., Darokar M.P., Kumar S. Rapid isolation of DNA from dry and fresh samples of plants producing large amounts of secondary metabolites and essential oils. *Plant Molecular Biology Reporter*. 1999. Vol. 17. No. 1. P. 74.
8. Ostroumov L.A., Prosekov A.Yu., Arkhipov A.N., Mudrikova O.V. *Metod vydeleniya rastitel'noy DNK iz rasteniy i produktov pitaniya na ikh osnove* [Method of vegetative DNA isolation from plants and food stuffs on their basis]. *Izvestiya of the Samara Science Centre of the Russian Academy of Sciences*. 2010. Vol. 12. No. 4-3. Pp. 722-724.
9. Scarafoni A., Ronchi A., Duranti M. A real-time PCR method for the detection and quantification of lupin flour in wheat flour-based matrices. *Food Chemistry*. 2009. Vol. 115. No. 3. Pp. 1088-1093. DOI 10.1016/j.foodchem.2008.12.087.
10. Ivaniy A.A., Penzin A.A. *Sravnitel'nyy analiz vykhoda DNK, vydelyaemoy naborom DNK-ekstran 3 pri rabote s semenami i prorostkami* [Comparative analysis of the yield of DNA released by a set of DNA-extractions 3 when working with seeds and seedlings]. *Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya* [Agro-industrial complex: problems and development prospects] conference papers. Blagoveshchensk. Far Eastern State Agrarian University. 2023. Pp. 58-62. DOI 10.22450/9785964205385_1_58.
11. Timkin P.D., Penzin A.A. *Modifikatsiya CTAB-metoda na modeli semyan soi sorta "Lidiya"* [Modification by the CTAB-method on the model of seeds of the variety "Lydia"]. *SIMBIOZ-ROSSIYA 2022*. conference papers. Perm. Perm State University. 2023. Pp. 484-487. DOI 10.17072/simbioz-2022-492-495.
12. Demeke T., Ratnayaka I., Phan A. Effects of DNA extraction and purification methods on real-time quantitative PCR analysis of Roundup Ready soybean. *Journal of AOAC International*. 2009. Vol. 92. No. 4. Pp. 1136-1144. DOI 10.1093/jaoac/92.4.1136.
13. González-Salgado A., González-Jaén T., Vázquez C., Patiño B. Highly sensitive PCR-based detection method specific for *Aspergillus flavus* in wheat flour. *Food Additives and Contaminants*. 2008. Vol. 25. No. 6. Pp. 758-764. DOI 10.1080/02652030701765715.
14. Aboul-Maaty N.A.F., Oraby H.A.S. Extraction of high-quality genomic DNA from different plant orders applying a modified CTAB-based method. *Bulletin of the National Research Centre*. 2019. Vol. 43. No. 1. Pp. 1-10. DOI 10.1186/s42269-019-0066-1.
15. Klimenko I.A., Antonov A.A., Dushkin V.A., et al. *Effektivnyy sposob vydeleniya DNK dlya PTsR-analiza iz "balk-obraztsov" prorostkov* [Efficient method of DNA isolation from bulking samples of seedlings]. *Adaptive Fodder Production*. 2021. No. 3. Pp. 29-48. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2021-3-29-48.
16. Rhouma H.B., Taski-Ajdukovic K., Zitouna N., et al. 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 10.4067/S0718-58392017000400332.
17. Aneja B., Yadav N.R., Yadav R.C., Kumar R. Sequence related amplified polymorphism (SRAP) analysis for genetic diversity and micronutrient content among gene pools in mungbean [*Vigna radiata* (L.) Wilczek]. *Physiology and molecular biology of plants*. 2013. Vol. 19. No. 3. Pp. 399-407. DOI 10.1007/s12298-013-0177-3.
18. Lazar I., Zwecker-Lazar I., Lazar R.H. GelAnalyzer 2010a: Freeware 1D gel electrophoresis image analysis software. 2010. Available at: <http://www.gelanalyzer.com> (accessed 23.04.2026).
19. Yeh F.C. POPGENE (version 1.3.1). Microsoft window-bases freeware for population genetic analysis. 1999. Available at: <http://www.gelanalyzer.com> (accessed 23.04.2026).

20. Li G., Quiros C.F. 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. No. 2-3. Pp. 455-461.
21. Doyle J.J., Doyle J.L. Isolation of plant DNA from fresh tissue. *Focus*. 1990. Vol. 12. No. 1. Pp. 13-15.
22. Porebski S., Bailey L.G., Baum B.R. Modification of a CTAB DNA Extraction Protocol for Plants Containing High Polysaccharide and Polyphenol Components. *Plant Molecular Biology Reporter*. 1997. Vol. 15. No. 1. Pp. 8-15. DOI 10.1007/bf02772108.

УДК 633.375:633.26/29

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3-33-42

НОВЫЙ СОРТ КОЗЛЯТНИКА ВОСТОЧНОГО ВЕРА***Т. Е. Кузьмина**, старший научный сотрудник

ФГБНУ Федеральный научный центр лубяных культур
170041, Россия, г. Тверь, Комсомольский проспект, 17/56
t.kuzmina.psk@fncl.ru

NEW VARIETY OF GALEGA VERA**T.E. Kuzmina**, Senior Researcher

Federal Scientific Center for Bast Crops
170041, Russia, Tver, Komsomolsky Prospekt, 17/56
t.kuzmina.psk@fncl.ru

Представлена сравнительная характеристика нового сорта козлятника восточного Вера, выведенного в ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур». За стандарт принят сорт козлятника восточного Юбилар. Исследования проводились в питомнике конкурсного сортоиспытания в период 2021–2024 гг. В статье изложено, что новый сорт козлятника восточного Вера отличается от стандарта по биологическим особенностям, а также по показателям продуктивности растений и качеству кормовой массы. Новый сорт отличается устойчивостью к полеганию, засухоустойчив, зимостоек, устойчив к весенним заморозкам и болезням. Сорт Вера отличается от стандарта повышенной облиственностью растений: при проведении первого учета урожайности она составила в среднем за четыре года исследований 48,7 %, при проведении второго учета — 66,4 %. Сорт Вера раннеспелый. В среднем за годы исследований получено 24,5 т/га зеленой массы и 6,0 т/га сухой. Показатель урожайности семян отмечен на уровне 2,1 ц/га. Химический анализ кормовой массы показал содержание белка 17,4 % и клетчатки 23,2 %. Новый сорт козлятника восточного Вера обеспечивает наличие в корме 89,9 ГДж/га обменной энергии и 8990 т/га энергетических кормовых единиц. Для создания наиболее благоприятных условий, способствующих росту и развитию растений козлятника восточного сорта Вера, рекомендуется инокуляция семян перед посевом клубеньковыми бактериями штамма № 916.

Ключевые слова: козлятник восточный, сорт, сортообразцы, урожайность, качество.

This article presents a comparative characteristic of a new variety of Galega Vera, bred at the Federal State Budgetary Institution "Federal Scientific Center for Bast Crops". The Galega Jubilar variety is accepted as the standard. The research was conducted in nurseries of competitive variety testing in the period 2021-2024. The article states that the new variety Galega Vera differs from the standard in biological characteristics, as well as in plant productivity and feed quality. The new variety is resistant to lodging, drought-resistant, winter-hardy, and also resistant to spring frosts and diseases. The Vera variety differs from the standard in its increased leafiness: during the first mowing, it averaged 48.7% over 4 years of research, and during the second mowing, it averaged 66.4%. Vera is an early-

* Работа проведена при поддержке Минобрнауки РФ в рамках Государственного задания ФГБНУ «Федеральный научный центр лубяных культур» (тема № FGSS-2024-0001).

ripening variety. On average, the new variety Vera produced 24.5 t/ha of green mass and 6.0 t/ha of dry mass, and the seed yield was 2.1 kg/ha. The chemical analysis of the fodder mass showed a protein content of 17.4% and a fiber content of 23.2%. The new variety of Galega Vera provides 89.9 GJ/ha of exchange energy and 8990 t/ha of energy feed units in the fodder. To create the most favorable conditions for the growth and development of Galega Vera plants, it is recommended to inoculate the seeds with nodule bacteria of strain No. 916 before sowing.

Keywords: *Galega orientalis* L., variety, varietal types, yield, quality.

При организации кормовой базы в условиях Нечерноземной зоны Российской Федерации серьезной проблемой является получение качественных белковых кормов, дефицит которых приводит к снижению продуктивности сельскохозяйственных животных. Существующая структура посевных площадей, отведенных под кормовые культуры, является несовершенной, прежде всего потому, что на многолетние бобовые травы отведена малая доля. Эта ситуация не только снижает качество кормов, но и негативно отражается на состоянии почвенного плодородия.

В настоящее время как в мировом, так и в отечественном кормопроизводстве наблюдается тенденция нарастания доли бобовых компонентов в структуре посевов. Это объясняется уникальной способностью бобовых культур фиксировать атмосферный азот за счет симбиоза с клубеньковыми бактериями, а также формировать корма с высоким содержанием протеина [1]. Однако в почвенно-климатических условиях Нечерноземной зоны не все бобовые культуры способны в полной мере реализовать свой потенциал [2].

Среди всех многолетних бобовых трав козлятник восточный (*Galega orientalis* Lam.) заслуженно привлекает внимание исследователей и практиков для возделывания в регионах с умеренным и холодным климатом. Культура обладает

комплексом хозяйственно ценных признаков: долголетием (продуктивное использование одного травостоя достигает 10–15 лет), высокой зимостойкостью, способностью к быстрому весеннему отрастанию и восстановлению после укосов [3; 4]. Кроме того, козлятник восточный формирует кормовую массу с высоким содержанием сырого протеина, отличается хорошей поедаемостью животными [5].

По данным исследований, урожайность зеленой массы козлятника восточного может достигать 29,0 т/га и более, а сбор сырого протеина — 1,5–2,2 т/га, что в 2–3 раза выше, чем у традиционных многолетних трав [6].

Несмотря на очевидные достоинства культуры, распространение ее в производстве сдерживается рядом факторов. Например, сорта, выведенные ранее, не всегда в полной мере адаптированы к специфическим почвенно-климатическим условиям [7]. Многие из них проявляют недостаточную устойчивость к полеганию, что затрудняет механизированную уборку семян и зеленой массы. Наблюдается также нестабильная семенная продуктивность, варьирующая по годам в зависимости от погодных условий. Особенно остро эта проблема проявляется в Северо-Западном регионе РФ, где климатические условия (короткий вегетационный период, недостаток тепла, переувлажнение в отдельные го-

ды) предъявляют повышенные требования к зимостойкости, скороспелости и устойчивости к полеганию.

Исследованиями установлено, что при специальном создании неполегающих сортов козлятника восточного, биологическая урожайность семян может повышаться на 30–50 % по сравнению с полегающими посевами [8], а применение интенсивных технологий их возделывания позволит повысить валовой сбор кормов с 1 га минимум на 40–50 % в целом по стране и улучшить качество корма [9].

Селекция растений — процесс довольно длительный, сложный, во многом неопределенный и зависимый от ряда биотических и абиотических факторов.

Направленная селекция растений позволяет создать сорта многолетних трав, удовлетворяющие потребностям региона, в котором они будут использоваться [10].

В Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации включены 19 сортов козлятника восточного: Кагал С, Фианит, Гале, Вест, Казбек, Горноалтайский 87, Заполярный, ВНИИОК 1, Ялгинский, Златогор, Лидер, Еля-Ты, Надежда, Магистр, Тюменский и, в том числе, сорта селекции ФНЦ лубяных культур: Кривич, Юбиляр, Талисман и Вера [11].

Новизна исследований заключается в том, что впервые на северо-западе Российской Федерации ведется научная селекционная работа по выведению новых высокопродуктивных сортов козлятника восточного с хозяйственно ценными кормовыми достоинствами, с устойчивостью к стрессовым факторам внешней среды. Выведение таких сортов

позволит решить биологические проблемы, ограничивающие широкое использование козлятника восточного [6; 12].

Цель работы заключается в проведении отбора перспективных селекционных сортообразцов козлятника восточного, обеспечивающих высокую продуктивность и качество, для дальнейшей передачи на государственное сортоиспытание.

В Северо-Западном регионе РФ ведение селекционной работы с козлятником восточным необходимо, так как ранее выведенные сорта по хозяйственно-биологическим признакам не в полной мере раскрывают свой потенциал, а новые адаптированные сорта козлятника наиболее полно будут востребованы как в регионе, так и за его пределами.

Селекционная работа с растениями традиционно представляет собой длительный и трудоемкий процесс, отличающийся значительной степенью неопределенности и сильной зависимостью от комплекса биотических и абиотических факторов. Поэтому создание новых, более совершенных сортов козлятника восточного, сочетающих высокую кормовую и семенную продуктивность с устойчивостью к стрессорам является актуальной задачей селекционеров.

Методы исследования. Научная работа по селекции козлятника восточного ведется на опытных полях ФНЦ лубяных культур на протяжении 1996–2025 гг. За эти годы зарегистрированы три сорта козлятника восточного: Кривич, Юбиляр и Талисман. В 2026 г. получен патент на новый сорт Вера.

В 2020 г. была проведена закладка питомника конкурсного сортоиспытания, где проводился анализ сортообраз-

цов козлятника восточного, ранее выделенных в питомнике оценки, по морфологическим и хозяйственно ценным признакам. Для работы в селекционном питомнике был отобран перспективный сортообразец 1с (в настоящий момент сорт Вера) из питомника трехкратного массового отбора (местная репродукция сорта Гале) [13].

За стандарт был принят сорт Юбляр, внесенный в Государственный реестр селекционных достижений РФ с 2012 г.

Почва участка дерново-слабоподзолистая, легкосуглинистая. Глубина пахотного слоя — 22 см. Агрохимические показатели почвы перед посевом: $pH_{\text{кнл}}$ — 6,0, P_2O_5 — 35,9 мг/100 г и K_2O — 23,0 мг/100 г почвы, содержание гумуса — 2,2 % [14].

Предшественником во все годы исследований был чистый пар. Обработка почвы общепринятая и состояла из раннего дискования с последующей культивацией и боронованием, а также с обязательным прикатыванием перед посевом. Оценка селекционных образцов ведется на продуктивность (зеленая и сухая масса, семена) и качество корма, устойчивость к полеганию, зимостойкость, устойчивость к неблагоприятным почвенно-климатическим условиям [14].

При проведении исследований площади делянок и повторности общепринятые для селекционного процесса многолетних бобовых трав. Посев питомников выполнен вручную семенами, скарифицированными и обработанными клубеньковыми бактериями. Прополка сорных растений проводится ручным способом. Площадь опытной делянки равна 10 м². Повторность опыта четы-

рехкратная. Нормы высева составили: на семенную продуктивность широкорядно — 10 кг/га; на зеленую массу с шириной междурядий 30 см — 15 кг/га. Инкуляция семян козлятника восточного проводилась биологическими препаратами в день посева [14].

Перед посевом были внесены минеральные удобрения в виде азофоски в дозе $N_{24}P_{24}K_{24}$ [14].

На протяжении всего периода исследований каждый год проводилось по два учета урожайности травостоя козлятника восточного. Укосы проходили в фазу бутонизации растений. Анализ растительных образцов по химическим показателям проводился в агрохимической лаборатории Обособленного подразделения Псковский НИИСХ [12]. Учет урожайности семян проходил поделочно ручным способом при полном созревании.

Научная работа ведется в соответствии с методикой полевого опыта и «Основами опытного дела в растениеводстве» [15; 16].

Погодные условия вегетационного периода в 2021 г. негативно сказались на росте, развитии и урожайности козлятника восточного. Среднесуточная температура воздуха за вегетационный период была отмечена на уровне средне-многолетней и составила +17,6 °С. Гидротермический коэффициент (ГТК) составил 0,68 в июне и 0,67 в июле, что характеризует данный вегетационный период как засушливый. Среднемесячная температура воздуха в августе была на уровне среднемноголетней (+16,1 °С) при обилии осадков — 151 мм или 175 % от нормы.

По данным метеонаблюдений за вегетационный период 2022 г., среднесу-

точная температура была на 0,9° выше среднегодовой — 16,0°, а сумма выпавших осадков составила 209 мм (70 % от нормы). ГТК составил в июне 1,9 и 0,99 в июле, что говорит об избыточном обеспечении влагой растений в июне и о достаточном увлажнении в июле. Высокая температура воздуха на фоне умеренной увлажненности почвы оказывала благоприятное влияние на нарастание травостоя и на созревание семян козлятника восточного.

В 2023 г. среднесуточная температура воздуха за вегетационный период была на 1,9° выше среднегодовой (15,8), а сумма осадков составила 191 мм (56,6 % от нормы). ГТК в июне составил 0,9, в июле — 1,3 и в августе — 1,0, что свидетельствует о достаточном увлажнении почвы в период роста и развития растений козлятника восточного

2024 г. отличался повышенными, относительно средних многолетних данных, среднесуточными температурами воздуха. ГТК составил 1,96 в июне и 1,8 в июле, что говорит об избыточном

обеспечении влагой растений в вегетационном периоде. Значительно высокие температуры воздуха наряду с достаточным увлажнением оказали положительное влияние на нарастание зеленой массы растений козлятника восточного [14].

Статистический анализ полученных данных проводился с помощью программы Microsoft Excel.

Результаты и обсуждение. По результатам конкурсного сортоиспытания за 2021–2024 гг. выведен новый сорт козлятника восточного Вера, который включен в реестр сортов, допущенных к использованию с 2025 г. Сорт Вера выведен путем трехкратного массового отбора козлятника восточного от материнской формы сорта Гале репродукции Архангельской опытной станции.

Растения козлятника восточного сорта Вера образуют мощный куст с 10–20 стеблями, высотой до 170 см. Стебель прямостоячий темно-зеленой окраски.

Сорт Вера отличается от стандарта (сорт Юбилар) раннеспелостью и повышенной урожайностью (таблица).

Таблица. Сравнительная оценка нового сорта козлятника восточного Вера

Показатель	Стандарт — сорт Юбилар					Сорт Вера				
	Годы				среднее	Годы				среднее
	2021	2022	2023	2024		2021	2022	2023	2024	
Урожай зеленой массы, т/га:										
1-й укос	10,8	13,2	11,0	21,3	13,9	12,2	13,9	11,3	22,3	14,9
2-й укос	9,6	9,3	6,7	11,8	9,4	9,3	9,5	7,6	12,1	9,6
сумма за год	20,4	22,5	17,7	33,1	23,3	21,5	23,4	18,9	34,4	24,5
НСР ₀₅	1,0	0,8	0,9	0,8	0,9	0,6	0,6	0,8	0,8	0,7
Урожай сухой массы, т/га:										
1-й укос	2,9	3,0	3,3	6,2	3,9	3,0	3,3	3,1	6,7	3,4
2-й укос	2,3	2,4	1,7	3,3	2,4	2,5	2,3	2,2	3,4	2,6
сумма за год	5,2	5,4	5,0	9,5	6,3	5,5	5,6	5,3	10,1	6,0
НСР ₀₅	0,2	0,2	0,3	0,5	0,3	0,2	0,4	0,3	0,5	0,3
Урожай семян, ц/га:										
НСР ₀₅	—	2,1	1,5	1,3	1,6	—	2,5	1,8	1,9	2,1
НСР ₀₅	—	0,2	0,2	0,2	0,2	—	0,1	0,2	0,2	0,2

Показатель	Стандарт — сорт Юбиляр					Сорт Вера				
	Годы				среднее	Годы				среднее
	2021	2022	2023	2024		2021	2022	2023	2024	
Облиственность растений, %:										
1-й укос	60,3	47,3	55,5	28,6	47,9	58,9	56,1	45,3	34,5	48,7
2-й укос	74,0	70,9	71,5	42,6	64,8	76,9	75,8	69,1	43,7	66,4
Вегетационный период, дней:										
от начала весенней вегетации до 1-го укоса	55	56	62	51	56	55	56	62	46	55
от 1-го укоса до 2-го укоса	61	62	53	65	60	61	62	53	58	59
от начала весенней вегетации до полной спелости семян	101	118	112	119	113	95	104	98	111	102
Кормовая ценность, %:										
протеин	15,2	19,8	18,0	15,2	17,0	15,7	17,8	18,2	17,9	17,4
клетчатка	25,0	22,7	21,8	26,8	24,0	22,3	21,3	22,0	27,2	23,2
Зоотехническая оценка:										
обменная энергия, ГДж/га	80,1	111,7	70,0	62,8	81,2	82,0	139,2	70,5	68,1	90,0
ЭЖЕ	8010	11170	7000	6280	8120	8200	13910	7050	6800	9000

В период конкурсного сортоиспытания урожайность козлятника восточного значительно колебалась по годам в зависимости от складывающихся погодных условий в регионе и составила 18,9–34,4 т/га.

В среднем за годы конкурсного сортоиспытания (2021–2024) урожайность зеленой массы сорта Вера достоверно превысила показатели сорта Юбиляр (стандарт) на 5 % и составила 24,5 т/га, сухой массы — 6,0 т/га [13].

Урожайность семян козлятника восточного сорта Вера также изменялась за годы исследований и в среднем составила 2,1 ц/га, что достоверно превысило стандарт на 0,5 ц/га (31,2 %). Значительное повышение урожайности семян отмечено за счет наиболее продуктивных соцветий нового сорта Вера, по сравне-

нию со стандартом (рисунок).

Показатель облиственности растений козлятника к моменту проведения первого учета урожайности за годы исследований у сорта Вера значительно изменялся от 34,5 до 58,9 % и в среднем за четыре года составил 48,7 %.

При проведении второго укоса отмечено, что за все годы исследований облиственность значительно возрастала: по сравнению с тем же показателем первого укоса — от 43,7 до 76,9 % у сорта Вера. В среднем за годы исследований она составила 66,4 %, что превысило стандарт на 1,6 %.

Новый сорт козлятника восточного Вера отличается от стандарта более ранним наступлением фазы цветения и полной спелости семян. Период от начала весенней вегетации до полного созрева-

ния семян в среднем за годы исследований у сорта Вера составил 102 дня, тогда как у стандарта этот период значительно длиннее (113 дней). Такая разница позволяет минимизировать потери урожая

в связи с погодными условиями региона.

Кормовая ценность травостоя козлятника, определяется наличием большого количества минеральных веществ: золы, кальция и фосфора.



Рисунок. Сравнительная оценка нового сорта Вера и сорта Юбилар

При оценке питательной ценности бобовых трав преимущественно обращают внимание на содержание сырого протеина [17].

За годы проведения исследований у козлятника восточного сорта Вера содержание сырого протеина в сухом веществе было отмечено от 15,7 до 18,2 %

и в среднем за четыре года составило 17,4 %, что превысило стандарт на 0,4 %.

По выходу обменной энергии с одного гектара сорт Вера значительно превосходит стандарт. За годы исследований у нового сорта этот показатель отмечен на уровне 68,1–139,2 ГДж/га, тогда как у стандарта — лишь 62,8–

111,7 ГДж/га. В среднем за годы наблюдений превышение относительно стандарта составило 10,7 %. Выход энергетических кормовых единиц у сорта Вера за годы исследований также превышает стандарт.

Новый сорт козлятника восточного Вера раннеспелый, устойчивый к полеганию (4,5 балла), выделяется значительно высокой засухоустойчивостью, зимостойкостью (5 баллов), устойчивостью к весенним заморозкам и болезням.

Для нового сорта разработана технология возделывания. Рекомендуется высевать семена во второй–третьей декаде мая. При подготовке семян козлятника к севу обязательными приемами являются скарификация и инокуляция семян. В соответствии с ранее проведенными исследованиями для создания благоприятной растительно-микробной системы и усло-

вий для наилучшего развития растений козлятника восточного сорта Вера рекомендована инокуляция семян перед посевом клубеньковых бактерий № 916 [14].

Выводы. В результате многолетней селекционной работы в ФГБНУ ФНЦ лубяных культур получен новый сорт козлятника восточного Вера, включенный в Государственный реестр селекционных достижений в 2025 г.

Достоинствами нового сорта козлятника восточного Вера в сравнении со стандартом являются раннеспелость и высокая продуктивность наряду с высокой питательностью.

Новый сорт хорошо адаптирован к неблагоприятным условиям среды, что делает его перспективным для широкого использования в сельском хозяйстве Северо-Западного региона РФ.

Литература

1. Бораева З. Б., Бекузарова С. А. Агробιοιογιϰеские особенности возделывания козлятника восточного в условиях республики Северная Осетия – Алания // Кормοпрοиζвοдство. – 2016. – № 6. – С. 14–18. – EDN VZFYOZ.
2. Гриц Н. В., Ростовцев Р. А., Диченский А. В. Использование элементов точного сельского хозяйства для получения климатически обоснованной урожайности сельскохозяйственных культур в специализированных севооборотах // Аграрная наука. – 2023. – № 10. – С. 88–94. – EDN ALRLGE. – DOI 10.32634/0869-8155-2023-375-10-88-94.
3. Продуктивность однолетних бобово-злаковых смесей при разных сроках посева на серых лесных и дерново-подзолистых почвах центрального Нечерноземья / В. Н. Лукашов, А. Н. Исаков, Т. Н. Короткова, М. И. Савин // Кормοпрοиζвοдство. – 2022. – № 6. – С. 14–17. – EDN TVXRAW. – DOI 10.25685/krm.2022.2022.6.009.
4. Зернобобовые культуры / Д. Шпаар, Д. Дрегер, А. Захаренко, и др. – М. : «ДЛВ АГРОДЕЛО», 2014. – 272 с. – EDN USURKB.
5. Косолапов В. Г., Степанова Г. В., Муссие С. А. Способы консервирования люцерны и использование кормов жвачными животными // Кормοпрοиζвοдство. – 2021. – № 6. – С. 27–36. – EDN NDAZIZ. – DOI 10.25685/krm.2021.6.2021.001.
6. Баева В. С., Кузьмина Т. Е. Перспективные сортообразцы козлятника восточного в Северо-Западном регионе РФ // Кормοпрοиζвοдство. – 2021. – № 7. – С. 30–32. – EDN TRISPV. – DOI 10.25685/KRM.2021.7.2021.006.
7. Сапрыкин С. В. Результаты селекции основных видов многолетних трав для условий степи Центрально-Черноземного региона // Кормοпрοиζвοдство. – 2022. – № 6. – С. 38–43. – EDN CAGQGN. – DOI 10.25685/krm.2022.2022.6.006.

8. Исторические аспекты, состояние и перспективы развития семеноводства кормовых трав в России / В. Н. Золотарев, О. В. Трухан, П. И. Комахин, Т. В. Козлова // Кормопроизводство. – 2022. – № 7. – С. 3–9. – EDN XZSNLM.
9. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Современное состояние и вызовы для отрасли кормопроизводства в России // Кормопроизводство. – 2022. – № 10. – С. 3–8. – EDN VEFYUB.
10. Косолапов В. М., Чернявских В. И., Костенко С. И. Развитие современной селекции и семеноводства кормовых культур в России // Вавиловский журнал генетики и селекции. – 2021. – Т. 25. – № 4. – С. 401–407. – EDN YDQZXJ. – DOI 10.18699/VJ21.044.
11. Государственный реестр селекционных достижений Российской Федерации, допущенных к использованию // <https://gossortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni> (дата обращения 01.06.2026 г.)
12. Кузьмина Т. Е. Клоновый питомник – этап селекционного процесса козлятника восточного // Кормопроизводство. – 2023. – № 1. – С. 22–25. – EDN NUYZKI. – DOI 10.25685/KRM.2023.37.82.001.
13. Шайкова Т. В., Баева В. С., Кузьмина Т. Е. Продуктивность образцов и нового сорта козлятника восточного // Технологии и технические средства механизированного производства продукции растениеводства и животноводства. – 2020. – № 1 (102). – С. 110–119. – EDN DBBOHN. – DOI 10.24411/0131-5226-2020-10233.
14. Кузьмина Т. Е. Сравнительная эффективность удобрений и микроэлементных комплексов при возделывании козлятника восточного на Северо-Западе России // Кормопроизводство. – 2025. – № 1. – С. 24–29. – EDN TPCKYX. – DOI 10.30906/1562-0417-2025-1-24-29.
15. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований) : Изд. 6-е, стер., перепеч. с 5-го изд. 1985 г. – М. : Альянс, 2011. – 350 с. – EDN QLCQEP.
16. Основы опытного дела в растениеводстве / В. Е. Ещенко, М. Ф. Трифонова, П. Г. Копытко, и др. – М. : КолосС, 2009. – 268 с. – EDN QLAFUH.
17. Трузина Л. А. Создание устойчивых высокопродуктивных агроценозов козлятника восточного (*Galega orientalis* Lam.) в Нечерноземной зоне // Агропромышленный комплекс: проблемы и перспективы развития : материалы всерос. науч.-практ. конф. (16–17 апреля 2025 г.). – Благовещенск : Дальневосточный ГАУ, 2025. – С. 172–177. – EDN SAKVQY. – DOI 10.22450/978-5-9642-0480-0-172-177.

References

1. Boraeva Z.B., Bekuzarova S.A. *Agrobiologicheskie osobennosti vozdelvaniya kozlyatnika vostochnogo v usloviyah respubliki Severnaya Osetiya – Alaniya* [Agrobiological features in eastern goat's rue cultivation in North Ossetia – Alania]. *Kormoproizvodstvo*. 2016. No. 6. Pp. 14-18.
2. Grits N.V., Rostovtsev R.A., Dichenskiy A.V. *Ispol'zovanie elementov tochnogo sel'skogo hozyajstva dlya polucheniya klimaticheskoi obosnovannoy urozhajnosti sel'skohozyajstvennykh kul'tur v specializirovannykh sevooborotakh* [The use of elements of digital agriculture to obtain climate-based crop yields in specialized crop rotations]. *Agrarian Science*. 2023. No. 10. Pp. 88-94. DOI 10.32634/0869-8155-2023-375-10-88-94.
3. Lukashov V.N., Isakov A.N., Korotkova T.N., Savin M.I. *Produktivnost' odnoletnih bobovo-zlakovykh smesey pri raznykh srokakh poseva na serykh lesnykh i dernovo-podzolistykh pochvah central'nogo Nechernozem'ya* [Productivity of annual legume-gramineous mixtures under different seeding dates on grey forest and sod-podzolic soils of the central Non-Chernozem region]. *Kormoproizvodstvo* 2022. No. 6. Pp. 14-17. DOI 10.25685/krm.2022.2022.6.009.
4. Shpaar D., Dreger D., Zakharenko A., et al. *Zernobobovye kul'tury* [Leguminous crops]. Moscow. "DLV AGRODELO" Publ. 2014. 272 p.

5. Kosolapov V.G., Stepanova G.V., Mussiye S.A. *Sposoby konservirovaniya lyucerny i ispol'zovanie kormov zhvachnymi zhivotnymi* [Alfalfa preservation methods and use in ruminant's diet]. *Kormoproizvodstvo*. 2021. No. 6. Pp. 27-36. DOI 10.25685/krm.2021.6.2021.001.
6. Baeva V.S., Kuzmina T.E. *Perspektivnye sortoobrazcy kozlyatnika vostochnogo v Severo-Zapadnom regione RF* [Promising genotypes of eastern goat's rue in the North-Western region of the Russian Federation]. *Kormoproizvodstvo*. 2021. No. 7. Pp. 30-32. DOI 10.25685/KRM.2021.7.2021.006.
7. Saprykin S.V. *Rezultaty selekcii osnovnykh vidov mnogoletnykh trav dlya usloviy stepi Central'no-Chernozemnogo regiona* [Breeding of valuable perennial grasses for the Central Chernozem region]. *Kormoproizvodstvo*. 2022. No. 6. Pp. 38-43. DOI 10.25685/krm.2022.2022.6.006.
8. Zolotarev V.N., Trukhan O.V., Komakhin P.I., Kozlova T.V. *Istoricheskie aspekty, sostoyanie i perspektivy razvitiya semenovodstva kormovykh trav v Rossii* [History, state and promising aspects of seed production of forage grasses in Russia]. *Kormoproizvodstvo*. 2022. No. 7. Pp. 3-9.
9. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. *Sovremennoe sostoyanie i vyzovy dlya otrasli kormoproizvodstva v Rossii* [Current state and challenges of forage production in Russia]. *Kormoproizvodstvo*. 2022. No. 10. Pp. 3-8.
10. Kosolapov V.M., Chernyavskikh V.I., Kostenko S.I. *Razvitie sovremennoy selekcii i semenovodstva kormovykh kul'tur v Rossii* [Fundamentals for forage crop breeding and seed production in Russia]. *Vavilov Journal of Genetics and Breeding*. 2021. Vol. 25. No. 4. Pp. 401-407. DOI 10.18699/VJ21.044.
11. *Gosudarstvennyy reestr selektsionnykh dostizhenij Rossijskoj Federatsii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu* [The State Register of breeding achievements of the Russian Federation approved for use]. Available at: <https://gosortrf.ru/registry/gosudarstvennyy-reestr-selektsionnykh-dostizheniy-dopushchennykh-k-ispolzovaniyu-tom-1-sorta-rasteni>. (Accessed: 01.06.2026.)
12. Kuzmina T.E. *Klonovyy pitomnik – etap selektsionnogo processa kozlyatnika vostochnogo* [A clone nursery in eastern goat's rue breeding]. *Kormoproizvodstvo*. 2023. No. 1. Pp. 22-25. DOI 10.25685/KRM.2023.37.82.001.
13. Shajkova T.V., Baeva V.S., Kuzmina T.E. *Produktivnost' obrazcov i novogo sorta kozlyatnika vostochnogo* [Productive strains and new variety of eastern Galega]. *Tekhnologii i tekhnicheskie sredstva mekhanizirovannogo proizvodstva produkcii rastenievodstva i zhivotnovodstva*. 2020. No. 1 (102). Pp. 110-119. DOI 10.24411/0131-5226-2020-10233.
14. Kuzmina T.E. *Sravnitel'naya effektivnost' udobrenij i mikroelementnykh kompleksov pri vozdeystvovanii kozlyatnika vostochnogo na Severo-Zapade Rossii* [Comparative effectiveness of fertilizers and trace element complexes in the cultivation of *Galega orientalis* L. in the North-West of Russia]. *Kormoproizvodstvo*. 2025. No. 1. Pp. 24-29. DOI 10.30906/1562-0417-2025-1-24-29.
15. Dospekhov B.A. *Metodika polevogo opyta (s osnovami statisticheskoy obrabotki rezul'tatov issledovaniy)* [Methodology of field experience (with the basics of statistical processing of research results)]. Textbook. 6th Ed. Moscow. Al'yans Publ. 2011. 350 p.
16. Eshchenko V.E., Trifonova M.F., Kopytko P.G., et al. *Osnovy opytnogo dela v rastenievodstve* [Fundamentals of experimental business in crop production]. Moscow. KolosS Publ. 2009. 268 p.
17. Truzina L.A. *Sozdanie ustojchivyykh vysokoproduktivnykh agrocenozov kozlyatnika vostochnogo (Galega orientalis Lam.) v Nechernozemnoy zone* [Creation of stable highly productive agrocenoses of *Galega orientalis* Lam. in the Non-Chernozem zone]. *Agropromyshlennyy kompleks: problemy i perspektivy razvitiya* [Agroindustrial complex: problems and prospects of development] conference papers. Blagoveshchensk. Far Eastern State Agrarian University. 2025. Pp. 172-177.

УДК 633.321/631.55/551

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3-43-60

ОСОБЕННОСТИ ФОРМИРОВАНИЯ И УБОРКИ УРОЖАЯ СЕМЯН КЛЕВЕРА ЛУГОВОГО РАННЕСПЕЛОГО ТИПА^{*}

В. Н. Золотарев, кандидат сельскохозяйственных наук
Т. В. Козлова, специалист по семеноводству и семеноведению

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

SPECIFICS OF SEED CROP FORMATION AND HARVESTING FOR EARLY-MATURING RED CLOVER

V.N. Zolotarev, Candidate of Agricultural Sciences
T.V. Kozlova, Specialist in seed production and seed science

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

Сдерживающим фактором широкого хозяйственного использования клевера лугового являются низкие сборы его семян в производственных условиях. Одним из направлений повышения эффективности клеверосеяния является выведение высокопродуктивных сортов этой культуры раннеспелого типа и разработка технологических приемов их возделывания. С 2006 г. в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию, был зарегистрирован сорт клевера лугового раннеспелого типа ВИК 77. При возделывании на семена высокопродуктивных сортов наиболее сложным агротехническим приемом является уборка. Неправильный срок обмола приводит к большим потерям урожая. При ранней уборке в собранном урожае может находиться до 47 % щуплых семян. При задержке от оптимального срока на 10 дней потери увеличиваются до 14–28 % вследствие естественного разрушения и осыпания наиболее спелых головок. Цель работы — изучить биологические особенности формирования урожая и провести оценку сроков уборки семенных травостоев клевера лугового раннеспелого типа сорта ВИК 77 на урожайность семян в условиях Центрального Нечерноземья. Изучение биологических особенностей развития показало, что продолжительность периода от начала цветения посевов до полного созревания семян (побурение 84–96 % головок) сорта ВИК 77 в зависимости от погодных условий первой половины вегетационных сезонов составляла от 57 до 62 дней. Наиболее высокая биологическая урожайность (41,4–43,2 г/м²) формировалась в период побурения 84–88 % головок, что обеспечило получение наиболее высокого сбора урожая семян (280–281 кг/га).

^{*}Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» «Научная теория и биологические основы разработки адаптивных технологий производства высококачественных семян сортов нового поколения наиболее значимых сельскохозяйственных культур на базе оптимизации структуры их семенных агрофитоценозов с учетом агроэкологических требований возделывания в субъектах Российской Федерации» (FGGW-2025-0003).

Ключевые слова: клевер луговой, раннеспелый сорт, динамика цветения и созревания, сроки уборки, урожайность, семена, посевные качества.

A limiting factor for the widespread commercial use of red clover is the low yield of its seeds under industrial conditions. One way to improve the efficiency of clover cultivation is by developing highly productive, early-maturing varieties and developing cultivation techniques. Since 2006, the early-maturing red clover variety VIK 77 has been registered in the State Register of Breeding Achievements Approved for Use. When cultivating highly productive varieties for seed, the most difficult agricultural technique is harvesting. Incorrect threshing timing leads to significant yield losses. Early harvesting can result in up to 47% of shriveled seeds in the harvested crop. A 10-day delay from the optimal harvesting time increases losses to 14-28% due to the natural destruction and shedding of the ripest heads. The objective of this study was to investigate the biological characteristics of yield formation and evaluate the timing of harvesting seed stands of the early-ripening red clover variety VIK 77 for seed yield in the Central Non-Black Earth Region. A study of the biological development characteristics revealed that the period from the beginning of crop flowering to full seed maturation (84-96% of heads browning) of the VIK 77 variety, depending on weather conditions during the first half of the growing season, ranged from 57 to 62 days. The highest biological yield of 41.4-43.2 g/m² was achieved during the period when 84-88% of heads browned, resulting in the highest seed yield of 280-281 kg/ha.

Keywords: red clover, early-ripening variety, dynamics of flowering and ripening, harvesting timing, yield, seeds, sowing qualities.

Для полевого и лугопастбищного кормопроизводства, в лесной и большинстве районов лесостепной зон страны, клевер луговой является одной из наиболее важных системообразующих культур при организации биологизированных систем кормопроизводства [1–3]. В травосеянии Нечерноземной зоны европейской части РФ наибольшее распространение клевер луговой получил в Северо-Западном, Центральном и Волго-Вятском регионах [4–6].

Клевер луговой занимает обширный ареал произрастания с разнообразными почвенно-климатическими и экологическими условиями, что обуславливает широкую палитру биологических форм и разновидностей этой культуры. Однако, несмотря на наличие промежуточных форм, по биологическим и фенотипическим особенностям развития и хозяйственному использованию общепринятым является выделение двух крайних систематических типов клевера лугового —

раннеспелого, или двуукосного (старое народное название — кудряш) (*Trifolium pratense* L. var. *praecox* W.), и позднеспелого, или одноукосного (глушак, ростун) (*Trifolium pratense* L. var. *serotinum* W.) [7–9]. По состоянию на 2023 г. в Государственном реестре селекционных достижений, допущенных к использованию в РФ, было зарегистрировано 115 сортов клевера лугового. Из этого количества 59 % составляют двуукосные сорта, а 41 % — одноукосные [7].

В связи с созданием в последние десятилетия линейки отечественных сортов разных типов с высокой продуктивностью, ареал и возможности эффективного кормового использования клевера как в полевом, так и луговом травосеянии значительно расширяются [11–13]. При этом современные селекционные сорта характеризуются широкой амплитудой хозяйственно полезных признаков и биологических свойств, что требует разработки адаптированных к их осо-

бенностям приемов агротехники [14–16].

В мире в поясе умеренного климата клевер луговой возделывается на площади около 20 млн га [17]. Согласно официальным статистическим данным (ЦСУ и МСХ РФ), в России максимальные площади под этой культурой, включая ее травосмеси, в 1971–1975 гг. достигали 5,77 млн га, но при ежегодном уменьшении к началу 2000-х гг. снизились до 3,1 млн га. Одновременно с этим отмечалось последовательное сокращение уборочных площадей клевера на семена с 502 до 69 тыс. га к 2011–2013 гг., к настоящему времени они снизились еще на 30–40 % даже с учетом внутривладельческого семеноводства (по экспертной оценке; официальной статистики по площадям в последние 16 лет нет). Наряду с причинами рыночного характера, разрушением государственной системы семеноводства и падением объемов скотоводства, определяющего спрос на кормовые посевы трав, сдерживающим фактором широкого производственного распространения клевера лугового исторически является недостаточная обеспеченность хозяйств качественным сортовым посевным материалом, что, в первую очередь, связано с низкой и нестабильной урожайностью семян. Этот показатель по стране за последние 30 лет в среднем составил около 90 кг/га [18], что обусловлено проблемами как биологического характера, так и вытекающими из них технологическими причинами, то есть нарушениями агротехники возделывания. При этом потенциальная урожайность семян клевера лугового может достигать 1000 кг и выше, но при хозяйственном производстве на больших

площадях редко реализуется более чем на 50 % [19; 20].

Негативными факторами, определяющими низкие фактические сборы семян клевера, является большой объем вегетативных органов ко времени уборки с высокой влажностью и связанное с этим сильное полегание семенных травостоев; а также выпадение осадков и пониженный температурный режим в период проведения уборки, когда потери урожая только по этим причинам могут достигать 50–70 % от сформировавшейся биологической урожайности [18]. Кроме того, снижение семенной продуктивности и недобор урожаев обусловлен нарушениями технологической дисциплины, в частности, загущенными посевами и несоблюдением сроков уборки.

Анализ публикаций по изучению влияния сроков и способов уборки клевера лугового на величину урожайности и качество получаемых семян указывает на необходимость дифференцированного подхода к решению этой проблемы в зависимости от сортовых особенностей, состояния травостоя, погодных условий, а также этапа репродуктивного цикла. Наряду с оптимизацией технологических приемов возделывания одним из направлений решения проблемы повышения эффективности клеверосеяния является выведение и широкое внедрение высокопродуктивных раннеспелых сортов этой культуры, позволяющих проводить уборку в летнее время при благоприятных для этого погодных условиях.

Цель работы — изучить биологические особенности формирования урожая и провести оценку сроков уборки семенных травостоев клевера лугового ранне-

спелого типа на урожайность семян в условиях Центрального Нечерноземья.

Методика. Исследования проводили в период с 2011 по 2026 гг. (2011–2014 гг. — технологический опыт) на опытном поле ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». Почва опытных участков дерново-подзолистая, среднесуглинистая с содержанием в пахотном слое (0–20 см) подвижных форм фосфора (по Кирсанову) — 126–143 мг/кг, обменного калия (по Масловой) — 109–118 мг/кг, гумуса (по Тюрину) — 2,25–2,32 %, $pH_{\text{сол}}$ — 5,1–5,4.

Учеты и наблюдения осуществляли согласно действующим «Методическим указаниям по проведению исследований в семеноводстве многолетних трав» (М. : ВИК, 1986) на семенных травостоях клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77. Сорт ВИК 77 зарегистрирован в Госреестре с 2006 г. по Центральному, Волго-Вятскому, Центрально-Черноземному и Уральскому регионам; характеризуется дружным цветением и высокой урожайностью семян: до 600 кг/га. Период от весеннего отрастания до первого укоса составляет 48–70 дней, что на 12–17 дней раньше позднеспелых сортов. Облиственность высокая, в зависимости от укоса: 52–55 % — в первом и 67–69 % — во втором [7; 15].

Динамику созревания клевера изучали инструментальным методом путем отбора головок клевера с площадок площадью 0,25 м² на типичном травостое с интервалом в три дня с последующим делением на четыре группы по степени спелости (цвету) цветков: спелые — с темно-бурыми и бурыми чашечками, недозрелые — с зелено-бурыми, незрелые — с зелеными чашеч-

ками, цветущие. Подсчитывали количество по группам соцветий разной спелости и вычисляли их процентное соотношение. После этого в каждой фракции (кроме цветущих) определяли среднее количество семян на одну головку и в сумме по группам.

Учет урожая в разные годы проводили комбайнами Sampo 130 или Wintersteiger «Classik» со всей учетной площади делянки измерительно-весовым методом. Учетная уборочная площадь одной делянки составляла 20 м², повторность четырехкратная, размещение делянок по повторностям рендомизированное. Для предварительной десикации использовали препараты контактного действия на основе дикват дибромида: Реглон Супер ВР, 150 г/л или Реглон Форте ВР, 200 г/л в дозе 2–3 л/га (в зависимости от состояния травостоя и погодных условий). Делянки опрыскивали ручным ранцевым опрыскивателем. Расход рабочей жидкости — из расчета 300 л/га. Прямой обмолот проводили через 5–7 дней после обработки.

Посевные качества семян определяли по ГОСТ 12038-84 для диплоидных сортов клевера: энергию прорастания — на третий день, всхожесть — на седьмые сутки. При этом, согласно ГОСТ 12038-84 п. 5.1, количество фактически проросших и твердых семян объединяли и представляли их суммарно как показатель всхожести.

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 программы Excel.

Погодные условия вегетационных сезонов в годы проведения исследований существенно различались.

В 2011 г. весенне-летний период характеризовался выраженным превышением температурного режима от нормы: на 2,6 °C в апреле, на 5,3 % — в мае, на 3,4 °C; 6,8 °C и 2,6 °C — в июне–августе. При этом в апреле, мае и июне отмечался дефицит осадков — 93,5, 48,5 и 40,4 % в апреле–июне по отношению к среднемноголетним значениям. Однако в июле выпало 108,1 %, что благоприятно сказалось на формировании урожая семян клевера.

Вегетационный сезон 2012 г. характеризовался пониженным температурным режимом в период с мая по первую декаду августа (во время формирования, развития генеративных органов, цветения и созревания семян, уборки урожая), соответственно по месяцам по сравнению со средними многолетними значениями: на 0,9, 3,1, 3,3 и на 2,0 °C. В первой декаде августа температуры были ниже на фоне недостатка осадков: в мае — 76,2 % от нормы, 38,0 % — в июле и 12,6 % — в первой декаде августа. В июне выпало 118,2 % от среднемноголетнего значения.

В 2013 г. с конца апреля и весь май шло стремительное повышение температуры и в среднем за месяц она составила 17,7 °C (по норме 11,7 °C), что превысило среднемноголетний показатель на 6 °C. При этом в мае выпало 189,3 % осадков от нормы. Это обеспечило весной бурный рост и развитие многолетних трав. В июне температурный фон на 1,8 °C превысил норму, а в июле был в пределах среднемноголетнего значения (ниже на 0,1 °C). Количество осадков в

июне–июле составило 80,6 и 114,9 % от нормы. Первые две декады августа характеризовались повышенными температурами воздуха соответственно на 2,2 и 3,0 °C, на фоне дефицита осадков, которые составили 39,3 и 58,1 % от нормы.

В 2014 г. термический режим в апреле–июне отличался повышенными температурами, соответственно по месяцам: на 0,4 °C в апреле, на 2,1 °C в мае, на 1,5 °C в июне и на 1,6 °C в первой декаде июля по сравнению с нормой. При этом в мае осадков выпало 228 % от среднемноголетнего значения, в июне — 86 %, в июле — 108 %. Рост и развитие растений клевера, формирование репродуктивных органов, массовое цветение и опыление в целом проходили в благоприятных условиях.

Результаты и обсуждение. На полноту фактических сборов семян клевера лугового от сформировавшейся биологической урожайности, наряду с абиотическими погодными факторами, способами обмолота и причинами технического характера комбайнов, определяющее влияние оказывает компактность созревания головок, которая, в свою очередь, во многом обуславливается видовыми биологическими и специфичными сортовыми особенностями развития растений. Так, у двуукосных местных и сортов «старой» селекции (Трубетченский, Марино, Коломенский, Макаровский местный и др.) фаза массового цветения наступает в течение пяти–девяти дней от начала появления первых соцветий, характеризуется короткой продолжительностью, в пределах 14–17 дней, и дружностью, что обеспечивает компактный период созревания головок, когда практически в течение 10–12 дней количест-

во созревших головок может достигать 92–95 % [24]. У современных высокопродуктивных сортов клевера лугового, в период формирования репродуктивных органов, травостой представляет собой сложную динамически развивающуюся биологическую систему монокарпических побегов различной степени дифференциации, на которых одновременно продолжается образование новых метамеров и созревание ранее образовавшихся головчатых соцветий. В результате этого фазы цветения и созревания семян могут растягиваться до 30 дней [25]. Такая биологическая особенность онтогенеза побеговой системы связана с тем, что по форме развития (с недетерминантной или индетерминантной органообразовательной деятельностью верхушечной меристемы) репродуктивные стебли клевера относятся к промежуточному типу [26] и в семенной культуре одновременно обеспечивают формирование как урожая зеленой массы, так выполняют и репродуктивные функции. При этом тенденция к преобладанию вегетативного развития над генеративным

размножением у клевера заложена эволюционно и проявляется при формировании и реализации органогенного потенциала продуктивности.

Но, тем не менее, клевер луговой с точки зрения видовой устойчивости характеризуется не только активной способностью к вегетативному росту, но и сохраняет высокий потенциал семенного размножения.

Однако, исходя из особенностей формирования высокой продуктивности, биологическим проявлением развития клевера у современных урожайных сортов является относительная растянутость периода цветения и, вытекающая из этого, неравномерность созревания семян.

Исследования показали, что в условиях Московской области зацветание клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77 обычно начиналось во второй–начале третьей декадах июня (рис. 1). Фаза массового формирования соцветий на побегах клевера разных порядков и их массового цветения в зависимости от гидротермического режима продолжалась до 25–28 дней (рис. 2).



Рис. 1. Соцветия клевера лугового сорта ВИК 77 на разных этапах развития: от бутона до окончания цветения (июль 2026 г.)



Рис. 2. Семенной травостой клевера лугового сорта ВИК 77 в фазу массового цветения (июль 2026 г.)

Изучение процесса репродуктивного развития показало, что первыми в соцветиях открываются только один–два цветка в нижней части головок, затем в течение четырех–шести дней происходит последовательное открытие всех цветов. Продолжительность цветения одной головки в зависимости от погодных условий и наличия опылителей колеблется от шести–семи до восьми–десяти дней (рис. 1).

Изучение анатомо-морфологических признаков соцветия клевера показало, что длина цветков (включая чашечку) в нижней и средней частях головок была одинаковой и составляла в среднем 17,1 мм, в верхней — 16,6 мм. Длина

опушенной чашечки находилась в пределах 3,5–4,6 мм, а зубцов чашечки — 3,3–4,3 мм, за исключением одного, размер которого достигал 6,2–6,3 мм. Эти биометрические и морфологические особенности строения цветков являются одними из идентификационных признаков вида клевера лугового (*T. pratense* L.) [27].

При определении уровня обсемененности соцветий в зависимости от яруса расположения цветков установлено, что в верхней части головок формировались практически единичные семена. При этом размер самих соцветий при сохранении биометрических параметров отдельных цветков находился в большой

зависимости от их расположения на побегах разного порядка. В пределах одного стебля наибольшее количество цветков, на одну типичную головку, насчитывалось при их развитии на генеративных побегах первого и второго порядков, в интервале от 87 до 117 шт., максимально — до 132 шт. Эти же соцветия суммарно обеспечивали более 90 % семенной продуктивности в общей структуре урожая семян. При формировании репродуктивных органов на побегах третьего порядка образование головок происходило в более поздние сроки, соцветия характеризовались меньшим количеством цветков (на 32–61 %) и их низкой обсемененностью.

Длительность периода от начала цветения посевов до полного созревания семян (побурение чашечек и засыхающий цветонос у 85–96 % головок) у растений сорта ВИК 77 в зависимости от погодных условий первой половины вегетационных сезонов варьировала в интервале от 57 до 64 дней и календарно приходилась на август.

Анализ динамики цветения показал, что в первые четыре недели от появления первых распустившихся головок увеличение их количества происходило по экспоненте (рис. 3). В 2026 г. массовое цветение травостоя продолжалось практически на протяжении всего июля, а выражено — 18 дней.



Рис. 3. Динамика цветения и созревания клевера лугового сорта ВИК 77 (2026 г.)

Сложность и многопорядковость побеговой системы клевера лугового обеспечивает поливариантность развития соцветий и продолжительный срок их образования, что является одним из адаптивных биологических механизмов приспособления к длительному периоду цветения.

Совокупность таких биологических особенностей клевера лугового в период генеративного развития обеспечивает стабильность и гарантию семенного размножения этого вида [28].

В 2011 г. погодные условия первой половины вегетационного сезона были засушливыми, что негативно сказалось на развитии растений и формировании их репродуктивных органов. Так, кустистость клевера составляла 277 шт./м² побегов в равномерно разреженном травостое. В результате этого количество образовавшихся головок достигало всего лишь 793 шт./м² против 850–1100 шт./м² в благоприятные по гидротермическому режиму для роста и развития растений вегетационные сезоны (табл. 1).

1. Динамика формирования урожая семян и их посевных качеств у клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77 в зависимости от сроков уборки семенного травостоя, данные за 2011 г.

Количество бурых головок в фазу уборки, %	*Влажность травостоя, %	Количество головок		Урожайность семян		Содержание щуплых семян в урожае, %,	Масса 1000 семян, г	Энергия прорас- тания, %	Всхо- жесть, %
		всего, шт./м ²	в т. ч. бурых, %	биологическая, г/м ²	фактическая, кг/га				
65–70	55,1	782	67	16,2	103	47,5	1,85	57	93
70–75	57,0	791	73	23,8	136	21,2	1,82	63	92
75–80	54,3	787	78	30,1	172	11,7	1,87	68	95
80–85	51,2	793	84	34,5	210	5,4	1,90	72	97
85–90	52,4	772	88	31,3	205	8,1	1,81	76	96
> 90	54,8	757	91	24,7	186	9,3	1,84	71	95
НСР ₀₅	—	48,2	3,3	2,14	15,3	3,82	0,09	4,2	2,7

*Перед десикацией травостоя.

Анализ динамики созревания показал, что в засушливых условиях наиболее высокая биологическая урожайность семян (34,5 г/м²) формировалась в фазу побурения 84 % головок. Затем, вследствие естественного осыпания бобов в высушенных околоцветниках при полном их созревании, потери семян в фазу 91 %

побуревших головок в пробе достигали 21 %.

Оптимальным сроком обмолота, обеспечившим максимальный фактический сбор семян 205–210 кг/га, был период побурения 84–88 % соцветий (табл. 1). При этом в полученном урожае содержалось 5,4–8,1 % щуплых семян

против 21,2–47,5 при обмолоте в более ранние сроки.

В 2012 г. продолжительность периода «начало цветения–полное созревание (побурение более 90 % головок)» составила 57 дней.

Оптимальный срок уборки отмечался в период, когда в травостое созрело в среднем 83–87 % головок и в основном количестве завязавшихся семян закончился процесс их налива. В это время биологическая урожайность семян достигла максимального значения 378–392 кг/га, что позволило получить наиболее высокий фактический сбор семян 272–285 кг/га (табл. 2).

Уборка травостоя в более позднюю фазу (побурение 92 % головок) приводила к снижению сбора семян на 12–16 %

вследствие осыпания наиболее зрелых головок.

В хозяйствах распространенной практикой является прямой обмолот травостоя без предварительной его десикации при установлении сухой солнечной погоды. Однако наши исследования показали, что при достижении фазы побурения 86–90 % головок у клевера сорта ВИК 77 при наличии достаточного количества влаги начинается интенсивный процесс отрастания новых вегетативных побегов. Вследствие этого при созревании 92 % головок влажность травостоя возрастала с 48,7 до 52,2 %. Наряду с этим происходит «врастание» созревших головок в листостебельную массу, наблюдается процесс их естественного разрушения и осыпания.

2. Динамика формирования урожая семян и их посевных качеств у клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77 в зависимости от сроков уборки семенного травостоя, данные за 2012 г.

Количество бурых головок в фазу уборки, %	*Влажность травостоя, %	Количество головок		Урожайность семян		Содержание щуплых семян в урожае, %	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
		всего, шт./м ²	в т.ч. бурых, %	биологическая, г/м ²	фактическая, кг/га				
65–70	58,7	834	66	21,1	127	48,1	1,62	52	86
70–75	56,4	841	72	28,9	184	27,4	1,78	60	90
75–80	51,9	837	77	35,6	201	12,5	1,86	64	96
80–85	50,4	852	83	39,2	285	8,7	1,84	67	95
85–90	48,7	839	87	37,8	272	8,0	1,90	66	94
> 90	52,2	821	92	34,2	239	6,5	1,87	70	97
НСР ₀₅	—	59,3	4,3	2,94	19,6	4,9	0,11	5,1	3,2

*Перед десикацией травостоя.

Установлено, что задержка с уборкой на 14 дней от оптимального срока с целью изучения возможности прямого

обмолота травостоя без использования десикации приводила к увеличению потерь до 28 % урожая семян (снижение

биологической до 29,1 г/м², или на 26 %).

Кроме того, образование подгона (отрастание новых побегов) способствовало увеличению влажности травостоя уже до 67 %, что существенно затрудняло уборку и вызывало рост потерь сбора семян практически в два раза по сравнению с оптимальным сроком с применением десиканта.

В 2013 г. метеорологические условия отличались холодной и затяжной весной, когда отрастание клевера регистрирова-

лось 1 мая при среднемноголетней дате 21 апреля, прохладной и дождливой погодой в конце июня и первой половине июля в период, когда проходило массовое цветение клевера. Это отрицательно повлияло на лёт опылителей, образование семян, обсемененность соцветий и, в конечном итоге, на величину сформировавшейся урожайности семян.

Максимальная величина биологической урожайности семян составила всего лишь 13,5 г/м², а фактические сборы не превысили 70 кг/га (табл. 3).

3. Динамика формирования урожая семян и их посевных качеств у клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77 в зависимости от сроков уборки семенного травостоя, данные за 2013 г.

Количество бурых головок в фазу уборки, %	*Влажность травостоя, %	Количество головок		Урожайность семян		Содержание щуплых семян в урожае, %	Масса 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Всхожесть, %
		всего, шт./м ²	в т.ч. бурых, %	биологическая, г/м ²	фактическая, кг/га				
65–70	67,2	890	69	6,2	38	51,2	1,58	37	84
70–75	61,0	892	73	7,5	47	33,2	1,71	48	87
75–80	57,7	884	78	11,8	57	14,8	1,80	53	92
80–85	52,2	886	85	13,5	61	11,6	1,84	62	94
85–90	49,9	876	89	12,9	70	9,4	1,82	64	95
> 90	55,1	853	93	11,3	65	9,0	1,87	67	92
НСР ₀₅	—	48,3	3,7	1,96	5,7	3,1	0,10	4,3	2,8

*Перед десикацией травостоя.

Вегетационный сезон 2014 г., несмотря на повышенный температурный фон от начала отрастания до полного созревания, был благоприятным для формирования урожая семян раннеспелого сорта клевера лугового. В семенном травостое насчитывалось более 1000 шт./м² головок с высокой их обсемененностью (до 75–85 семян на соцветие) и массой

1000 семян в интервале 1,99–2,30 г, что обеспечило формирование биологической урожайности до 85,8 г/м². Это позволило получить максимальный за четыре года исследований фактический сбор семян 567–572 кг/га при уборке в фазу побурения 82–87 % головок.

Результаты исследований свидетельствуют, что в среднем за четыре заклад-

ки опыта наиболее высокая биологическая урожайность семян (41,4–43,2 г/м²) клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77 формировалась в период побурения (полной спелости) 84–88 % головок, что обеспечило получение наиболее высокого сбора урожая — 280–281 кг/га (табл. 4).

В связи с неравномерностью созре-

вания головок на разных ярусах растений уборка в период побурения 93 % соцветий была менее эффективной из-за увеличения потерь урожая на 14 % вследствие естественного разрушения и осыпания наиболее спелых головок, приводящего к снижению биологической урожайности на 12–15 % по сравнению с оптимальными сроками.

4. Динамика формирования урожая семян и их посевных качеств у клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77 в зависимости от сроков уборки семенного травостоя (в среднем за 2011–2014 гг.)

Количество бурых головок в фазу уборки, %	*Влажность травостоя, %	Количество головок		Урожайность семян		Содержа- ние щуп- лых семян в урожае, %,	Масса 1000 семян, г	Энергия прорас- тания, %	Всхо- жесть, %
		всего, шт./м ²	в т.ч. бурых, %	биологическая, г/м ²	фактическая, кг/га				
65–70	60,4	886	67	27,2	159	47,3	1,76	46	86
70–75	58,1	894	72	34,8	210	28,6	1,86	56	90
75–80	55,2	914	77	39,0	240	13,7	1,95	62	94
80–85	51,9	902	84	43,2	281	9,4	1,97	68	96
85–90	50,8	892	88	41,4	280	9,1	1,94	69	95
> 90	55,8	868	93	36,6	243	9,0	1,96	70	95
НСР ₀₅	—	63,5	3,7	3,07	19,6	3,91	0,11	4,4	2,8

*Перед десикацией травостоя.

Посевные качества семян являются интегрированным показателем, отражающим влияние на них в период формирования и развития репродуктивных органов абиотических факторов (погодные условия, степень обеспеченности растений элементами питания, агротехника возделывания, технология уборки и др.), они также отображают специфичные видовые и сортовые особенности культур. В зависимости от условий вегетационных сезонов энергия прорастания семян с увеличением количества спелых

головок в обмолоте возрастала на 12–24 % от первого срока к последнему. При этом количество твердых семян в различные годы в зависимости от фазы побуревших головок составляло от 4–11 до 32 %.

Таким образом, на процесс формирования семян клевера лугового раннеспелого сорта ВИК 77 большое влияние оказывают складывающиеся погодные условия вегетационных сезонов. В условиях Московской области зацветание клевера начиналось в июне. Продолжи-

тельность периода от начала цветения посевов до полного созревания семян (побурение 84–96 % головок) сорта ВИК 77 в зависимости от погодных условий первой половины вегетационных сезонов составляло от 57 до 62 дней и календарно приходилось на август. Наиболее высокая биологическая урожайность 41,4–43,2 г/м² формировалась в период побурения (полной спелости) 84–88 % головок, что обеспечило получение максимального в опыте сбора урожая семян (280–281 кг/га) с высокими их посевными качествами.

Вместе с тем следует отметить, что сорта клевера являются популяциями с доминированием в своей структуре основного биотипа (не менее 80–90 % от общего состава), являющегося носителем типичных признаков. Известно влияние отдельных агротехнических приемов в технологиях возделывания сельскохозяйственных культур и режимов очистки их урожая, то есть антропогенных факторов, на возможность отбора отдельных био- и генотипов и, в целом, на изменение биологической структуры сортопопуляций [24; 29; 30]. На основании результатов этих исследований разработан и запатентован способ возделывания раннеспелого клевера лугового [31]. Установлено, что для сохранения константности сортов определенного идентичного биотипического состава раннеспелых диплоидных сортов и

связанных с этим комплексом хозяйственно полезных признаков уборку их семенных травостоев в звене первичного семеноводства необходимо проводить в более ранние сроки, не позднее фазы созревания 70–75 % (± 2 %) головок с применением десикации семенных травостоев [31–33]. Уборка в такой срок позволяет достигнуть определенного баланса между хозяйственной целесообразностью получения высокой урожайности семян и возможностью сохранения биологической типичности раннеспелых сортов. При проведении уборки в это время в урожае содержалось от 13,7 до 28,6 % щуплых семян, которые были сформированы частично на стеблях в верхушечных соцветиях на побегах третьего порядка, а также растениями позже цветущих и созревающих биотипов. При сортировке на сеяноочистительных машинах такая фракция легко отделяется. Для товарного семеноводства массовых репродукций сорта ВИК 77 эффективным сроком прямого обмолота семенных травостоев с предварительной их десикацией является период побурения 84–88 % головок, что обеспечивает получение наиболее высокого фактического сбора семян 280–281 кг/га с высокими их посевными качествами. При этом, в годы с устойчивой сухой погодой в это время возможен прямой обмолот без предварительной десикации травостоя.

Литература

1. Постников П. А., Попова В. В., Васина О. В. Продуктивность и биохимический состав клевера лугового при двухгодичном использовании в зернотравяном севообороте // Достижения науки и техники АПК. – 2021. – Т. 35. – № 6. – С. 39–43. – EDN RQELOA. – DOI 10.24411/0235-2451-2021-10607.

2. Клевер луговой — важнейшая кормовая культура в западной части Нечерноземной зоны / А. Д. Прудников, А. Г. Прудникова, М. И. Перепичай, и др. // Аграрная наука. – 2024. – № 3. – С. 134–140. – EDN ZNFZQK. – DOI 10.32634/0869-8155-2024-380-3-134-140.
3. Шихова И. В., Арзамасова Е. Г., Попова Е. В. Кормовая продуктивность и питательная ценность сортов клевера лугового различных групп спелости // Таврический вестник аграрной науки. – 2025. – № 2 (42). – С. 321–334. – EDN HCOQPE. – DOI 10.5281/zenodo.16564270.
4. Донских Н. А., Михайлова А. Г., Пивень М. Г. Сравнительная продуктивность разных сортов клевера лугового при возделывании на кормовые цели в условиях Ленинградской области // Известия Санкт-Петербургского государственного аграрного университета. – 2021. – № 1 (62). – С. 17–26. – EDN YDAONJ. – DOI 10.24412/2078-1318-2021-1-17-26.
5. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Продуктивность сортов клевера лугового в условиях Волго-Вятского региона // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2023. – № 1(66). – С. 39–45. – EDN KECGJT. – DOI 10.31677/2072-6724-2023-66-1-39-45.
6. Мазин А. М., Егги Э. Э. Сравнительная оценка сортообразцов клевера лугового с оригиналом сорта Псковский местный двуукосный // Кормопроизводство. – 2021. – № 6. – С. 16–21. – EDN VRYQPK. – DOI 10.25685/KRM.2021.35.75.001.
7. Государственный реестр сортов и гибридов сельскохозяйственных растений, допущенных к использованию. Сорта растений (официальное издание). – М. : ФГБНУ «Росинформагротех», 2023. – Т. 1. – 631 с.
8. Сергеев П. А., Харьков Г. Д., Новоселова А. С. Культура клевера на корм и семена. – М. : Колос, 1973. – 288 с. – EDN IKHLDT.
9. Люшинский В. В., Прижуков Ф. Б. Семеноводство многолетних трав. – М. : Колос, 1973. – 248 с.
10. Семеноводство луговых трав / П. А. Вошинин, И. М. Гринчук, А. А. Журавлев, и др. – М. : Сельхозиздат, 1963. – 152 с.
11. Шаманин А. А., Попова Л. А. Продуктивность бобово-злакового травостоя многолетних трав (на примере овсяницы тростниковой и клевера лугового) на фоне азотного удобрения в условиях Архангельской области // Кормопроизводство. – 2025. – № 7. – С. 27–32. – EDN IZYHWG. – DOI 10.30906/1562-0417-2025-7-27-32.
12. Дронова Т. Н., Бурцева Н. И., Головатюк О. В. Сравнительная оценка продуктивности люцерны и клевера на орошаемых землях Нижнего Поволжья // Известия НВ АУК. – 2019. – № 3 (55). – С. 58–65. – EDN IBXEVR. – DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-6.
13. Феоктистова Н. А. Соотношение кормовой и семенной продуктивности клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) в Западной Сибири // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2025. – Т. 20. – № 1 (77). – С. 34–40. – EDN BJBVZJ. – DOI 10.12737/2073-0462-2025-1-34-40.
14. Володькина Л. В., Боровик А. А., Черепок И. А. Изучение коллекционных образцов клевера лугового // Актуальные проблемы и пути повышения эффективности растениеводства : Материалы Международной научно-практической конференции (Жодино, 25–26 июня 2025 года). – Минск : ИВЦ Минфина, 2025. – С. 245–248. – EDN FERMYE.
15. Оценка кормовой продуктивности перспективных селекционных образцов многолетних клеверов и лядвенца рогатого / М. Ю. Новоселов, О. А. Старшинова, Л. В. Дробышева, и др. // Достижения науки и техники АПК. – 2018. – Т. 32. – № 2. – С. 25–28. – EDN YVJGZV. – DOI 10.24411/0235-2451-2018-10206.
16. Шихова И. В., Попова Е. В., Арзамасова Е. Г. Оценка семенной продуктивности сложногибридных популяций клевера лугового // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2021. – Т. 22. – № 1. – С. 47–56. – EDN AFWEXX. – DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.1.47-56.

17. Comparative study of seed yield and seed quality of advanced lines and commercial varieties of red clover (*Trifolium pratense* L.) / B. Petković, N. Pržulj, V. Radić, M. Miroslavljević // Legume research. – 2017. – Т. 40. – № 6. – С. 1066–1071. – DOI 10.18805/LR-360.
18. Золотарев В. Н. Влияние срока уборки на урожайность семян клевера лугового позднеспелого типа // Актуальные вопросы развития идей В. В. Докучаева в XXI веке. Развитие аграрной науки на современном этапе : Материалы Междунар. науч.-практ. конф. (Каменная Степь, 14–16 июня 2022 года). Часть 1. – М. : ООО «Издательство Ритм», 2022. – С. 285–289. – EDN WMSPOY.
19. Production potential and persistence of red clover varieties / S. Vasiljevic, I. Pataki, G. Šurlan-Momirovic, T. Živanovic // Grassland Science in Europe. – 2005. – Т. 10. – С. 577–580.
20. Identification of genetic factors influencing salt stress tolerance in white clover (*Trifolium repens* L.) by QTL analysis / J. Wang, C. M. Drayton, J. George, et al. // Theoretical and Applied Genetics. – 2010. – Vol. 120. – № 3. – Рр. 607–619. – EDN MZZITZ. – DOI 10.1007/s00122-009-1179-y.
21. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Реакция клевера лугового тетраплоидного на срок и способ уборки семенного травостоя // Аграрная наука Евро-Северо-Востока. – 2018. – № 2 (63). – С. 29–34. – EDN XMFYHJ. – DOI 10.30766/2072-9081.2018.63.2.29-34.
22. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Оценка сортов клевера лугового в условиях Среднего Предуралья // Вестник Казанского государственного аграрного университета. – 2021. – Т. 16. – № 4 (64). – С. 15–18. – EDN VHVKUK. – DOI 10.12737/2073-0462-2022-15-18.
23. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Влияние способа и срока уборки на семенную продуктивность клевера лугового тетраплоидного // Владимирский земледелец. – 2015. – № 1 (71). – С. 26–27. – EDN VHVDX.
24. Золотарев В. Н. Технологические основы сохранения сортовых признаков ультранеспелого клевера лугового // Кормопроизводство. – 2005. – № 10. – С. 24–27. – EDN TAXZUH.
25. Касаткина Н. И., Нелюбина Ж. С. Семенная продуктивность клевера лугового тетраплоидного в зависимости от способа и срока уборки // Вестник НГАУ (Новосибирский государственный аграрный университет). – 2016. – № 3 (40). – С. 13–18. – EDN WVPRLD.
26. Туркова Е. В. Морфогенетический цикл апикальных меристем. Типы онтогенеза побегов: 4. Многолетние травянистые бобовые растения // Вестник Московского университета. Серия 16: Биология. – 2005. – № 3. – С. 27–32. – EDN JYAYIT.
27. Белашова О. В., Шпанько Д. Н. Сравнительное анатомо-морфологическое исследование цветка видов рода *Trifolium* L. // Фундаментальные исследования. – 2012. – № 1. – С. 143–147. – EDN NNWNUT.
28. Колясникова Н. Л., Кузьменко И. Н. Морфобиотипы разных сортов клевера лугового и гибридного // Пермский аграрный вестник. – 2013. – № 1 (1). – С. 33–35. – EDN RAUJVR.
29. Золотарев В. Н. Оценка влияния сроков уборки клевера лугового на биотипический состав раннеспелых сортопопуляций // Доклады Российской академии сельскохозяйственных наук. – 2005. – № 2. – С. 15–17. – EDN PEBDER.
30. Золотарев В. Н., Катков В. А., Карпин В. И. Биолого-генетические и технологические основы семеноводства сортов кормовых трав, созданных на основе индуцированных тетраплоидов // Адаптивное кормопроизводство. – 2013. – № 2 (14). – С. 44–52. – EDN QJABCB.
31. Золотарев В. Н. Способ получения семян диплоидного клевера лугового ультранеспелого типа. Патент на изобретение RU 2226048 C2, 27.03.2004. Заявка № 2002112438/13 от 14.05.2002. – EDN IDMETX.
32. Золотарев В. Н. Семеноводство сортов ультранеспелого и раннеспелого клевера лугового // Достижения науки и техники АПК. – 2005. – № 6. – С. 28–29. – EDN TAYART.
33. Zolotarev V. N. Assessment of the effect of red clover harvest time on biotypic composition of early-maturing variety populations // Russian Agricultural Sciences. – 2005. – Vol. 31. – № 4. – Рр. 9–12. – EDN RVTZWZ.

References

1. Postnikov P.A., Popova V.V., Vasina O.V. *Produktivnost' i biokhimicheskiy sostav klevera lugovogo pri dvukhgodichnom ispol'zovanii v zernotravyanom sevooborote* [Productivity and biochemical composition of meadow clover used for two years in grain-grass crop rotation]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2021. Vol. 35. No. 6. Pp. 39-43. DOI 10.24411/0235-2451-2021-10607.
2. Prudnikov A.D., Prudnikova A.G., Perepichai M.I., et al. *Klever lugovoi – vazhneishaya kormovaya kul'tura v zapadnoi chasti Nechernozemnoi zony* [Meadow clover is the most important forage crop in the western part of the Non-Chernozem zone]. *Agrarian science*. 2024. No. 3. Pp. 134-140. DOI 10.32634/0869-8155-2024-380-3-134-140.
3. Shikhova I.V., Arzamasova E.G., Popova E.V. *Kormovaya produktivnost' i pitatel'naya tsennost' sortov klevera lugovogo razlichnykh grupp spelosti* [Fodder productivity and nutritional value of meadow clover varieties of different types of maturity]. *Tavricheskii vestnik agrarnoi nauki*. 2025. No. 2 (42). Pp. 321-334. DOI 10.5281/zenodo.16564270.
4. Donskikh N.A., Mikhailova A.G., Piven' M.G. *Sravnitel'naya produktivnost' raznykh sortov klevera lugovogo pri vozdeleyvanii na kormovye tseli v usloviyakh Leningradskoi oblasti* [Comparative productivity of different varieties of meadow clover when cultivated for fodder in the conditions of the Leningrad region]. *Izvestiya Saint-Petersburg State Agrarian University*. 2021. No. 1 (62). Pp. 17-26. DOI 10.24412/2078-1318-2021-1-17-26.
5. Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S. *Produktivnost' sortov klevera lugovogo v usloviyakh Volgo-Vyatskogo regiona* [Productivity of clover varieties in the conditions of the Volga-Vyatka region]. *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2023. No. 1 (66). Pp. 39-45. DOI 10.31677/2072-6724-2023-66-1-39-45.
6. Mazin A.M., Eggi E.E. *Sravnitel'naya otsenka sortoobraztsov klevera lugovogo s originalom sorta Pskovskii mestnyi dvoukosnyi* [Comparative evaluation of red clover genotypes with the "Pskovskiy mestnyy dvoukosnyy" variety]. *Kormoproizvodstvo*. 2021. No. 6. Pp. 16-21. DOI 10.25685/KRM.2021.35.75.001.
7. *Gosudarstvennyi reestr sortov i gibridov sel'skokhozyaistvennykh rastenii, dopushchennykh k ispol'zovaniyu. "Sorta rastenii" (ofitsial'noe izdanie)* [State Register of Varieties and Hybrids of Agricultural Plants Admitted for Usage (National List) "Plant varieties" (official publication)]. Moscow. *FGBNU "Rosinformagrotech"* Publ. 2023. Vol. 1. 631 Pp.
8. Sergeev P.A., Khar'kov G.D., Novoselova A.S. *Kul'tura klevera na korm i semena* [Clover crop for forage and seeds]. Moscow. *Kolos* Publ. 1973. 288 p.
9. Lyushinskii V.V., Prizhukov F.B. *Semenovodstvo mnogoletnikh trav* [Seed production of perennial grasses]. Moscow. *Kolos* Publ. 1973. 248 p.
10. Voshchinin P.A., Grinchuk I.M., Zhuravlev A.A., et al. *Semenovodstvo lugovykh trav* [Seed production of meadow grasses]. Moscow. *Sel'khozizdat* Publ. 1963. 152 p.
11. Shamanin A.A., Popova L.A. *Produktivnost' bobovo-zlakovogo travostoya mnogoletnikh trav (na primere ovsyaniitsy trostnikovoi i klevera lugovogo) na fone azotnogo udobreniya v usloviyakh Arkhangel'skoi oblasti* [Productivity of legume-cereal Herbage of perennial grasses (on the example of *Festuca arundinacea* and *Trifolium pratense*) against the background of nitrogen fertilizer in the Arkhangelsk oblast']. *Kormoproizvodstvo*. 2025. No. 7. Pp. 27-32. DOI 10.30906/1562-0417-2025-7-27-32.
12. Dronova T.N., Burtseva N.I., Golovatyuk O.V. *Sravnitel'naya otsenka produktivnosti lyutserny i klevera na oroshaemykh zemlyakh Nizhnego Povolzh'ya* [Comparative assessment of alfalfa and clover productivity on irrigated lands of the Lower Volga Region]. *Proceedings of Nizhnevolzskiy agrouniversity complex: science and higher vocational education*. 2019. No. 3 (55). Pp. 58-65. DOI 10.32786/2071-9485-2019-03-6.
13. Feoktistova N.A. *Sootnoshenie kormovoi i semennoi produktivnosti klevera lugovogo (Trifolium pratense L.) v Zapadnoi Sibiri* [Ratio of forage and seed productivity of red clover (*Trifolium*

- pratense* L.) in Western Siberia]. Bulletin of Kazan state agrarian university. 2025. Vol. 20. No 1 (77). Pp. 34-40. DOI 10.12737/2073-0462-2025-1-34-40.
14. Volod'kina L.V., Borovik A.A., Cherepok I.A. *Izuchenie kolleksionnykh obraztsov klevera lugovogo* [Study of collection samples of meadow clover]. *Aktual'nye problemy i puti povysheniya effektivnosti rastenievodstva* [Current problems and ways to improve the efficiency of crop production] conference papers. Minsk. IVTs Minfina Publ. 2025. Pp. 245-248.
 15. Novoselov M.Yu., Starshinova O.A., Drobysheva L.V., et al. *Otsenka kormovoi produktivnosti perspektivnykh selektsionnykh obraztsov mnogoletnikh klevrov i lyadventsya rogatogo* [Assessment of forage productivity of promising breeding specimens of perennial clovers and birdsfoot trefoil]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2018. Vol. 32. No. 2. Pp. 25-28.
 16. Shikhova I.V., Popova E.V., Arzamasova E.G. *Otsenka semennoi produktivnosti slozhnogibridnykh populyatsii klevera lugovogo* [Assessment of seed productivity of complex hybrid populations of red clover]. *Agricultural science of Euro-North-East*. 2021. Vol. 22. No. 1. Pp. 47-56. DOI 10.30766/2072-9081.2021.22.1.47-56.
 17. Petković B., Pržulj N., Radić V., Miroslavljević M. Comparative study of seed yield and seed quality of advanced lines and commercial varieties of red clover (*Trifolium pratense* L.). *Legume research*. 2017. Vol. 40. No. 6. Pp. 1066-1071. DOI 10.18805/LR-360.
 18. Zolotarev V.N. *Vliyanie sroka uborki na urozhnainost' semyan klevera lugovogo pozdnespelogo tipa* [Effect of harvesting time on the yield of late-ripening meadow clover seeds]. *Aktual'nye voprosy razvitiya idei V.V. Dokuchaeva v XXI veke. Razvitie agrarnoi nauki na sovremennom etape* [Current issues in the development of V.V. Dokuchaev's ideas in the 21st century. The development of agricultural science at the present stage] conference papers. Moscow. OOO "Izdatel'stvo Ritm" Publ. 2022. Vol. 1. Pp. 285-289.
 19. Vasiljevic S., Pataki I., Šurlan-Momirovic G., Živanovic T. Production potential and persistence of red clover varieties. *Grassland Science in Europe* 2005. Vol. 10. Pp. 577-580.
 20. Wang J., Drayton C.M., George J., et al. Identification of genetic factors influencing salt stress tolerance in white clover (*Trifolium repens* L.) by QTL analysis. *Theoretical and Applied Genetics*. 2010. Vol. 120. No. 3. Pp. 607-619. DOI 10.1007/s00122-009-1179-y.
 21. Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S. *Reaktsiya klevera lugovogo tetraploidnogo na srok i sposob uborki semennogo travostoya* [Response of tetraploid red clover to the time and method of seed grass harvesting]. *Agricultural science of Euro-North-East*. 2018. No. 2 (63). Pp. 29-34. DOI 10.30766/2072-9081.2018.63.2.29-34.
 22. Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S. *Otsenka sortov klevera lugovogo v usloviyakh Srednego Predural'ya* [Estimation of meadow clover varieties in the conditions of the middle Urals]. *Vestnik Kazanskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*. 2021. Vol. 16. No. 4 (64). Pp. 15-18.
 23. Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S. *Vliyanie sposoba i sroka uborki na semennuyu produktivnost' klevera lugovogo tetraploidnogo* [Influence of the method and period of harvesting on seed production of red clover tetraploid]. *Vladimirskii zemledelets*. 2015. No. 1 (71). Pp. 26-27.
 24. Zolotarev V.N. *Tekhnologicheskie osnovy sokhraneniya sortovykh priznakov ul'trarannespelogo klevera lugovogo* [Technological principles for preserving varietal traits of ultra-early ripening red clover]. *Kormoproizvodstvo*. 2005. No. 10. Pp. 24-27.
 25. Kasatkina N.I., Nelyubina Zh.S. *Semennaya produktivnost' klevera lugovogo tetraploidnogo v zavisimosti ot sposoba i sroka uborki* [Seed productivity of tetraploid red clover depending the way and timing of harvesting] *Vestnik NGAU (Novosibirsk State Agrarian University)*. 2016. No. 3 (40). Pp. 13-18.
 26. Turkova E.V. *Morfogeneticheskii tsikl apikal'nykh meristem. Tipy ontogeneza pobegov: 4. Mnogoletnie travyanisty e bobovye rasteniya* [Morphogenetic cycle of apical meristems. Types of shoot ontogenesis: 4. Perennial leguminous grasses]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16: Biologiya*. 2005. No. 3. Pp. 27-32.

27. Belashova O.V., Shpan'ko D.N. *Sravnitel'noe anatomo-morfologicheskoe issledovanie tsvetka vidov roda Trifolium L.* [The comparative anatomic morphological study flower of *Trifolium L.* species]. Fundamental research. 2012. No 1. Pp. 143-147.
28. Kolyasnikova N.L., Kuz'menko I.N. *Morfobiotipy raznykh sortov klevera lugovogo i gibridnogo* [Morphobiotypes of different varieties of *Trifolium pratense* and *Trifolium hybridum*]. *Permskii agrarnyi vestnik*. 2013. No 1 (1). Pp. 33-35.
29. Zolotarev V.N. *Otsenka vliyaniya srokov uborki klevera lugovogo na biotipicheskii sostav rannespelykh sortopopulyatsii* [Evaluating harvest term influence on biotypical composition of early-ripening variety populations in meadow clover]. *Doklady Rossiiskoi akademii sel'skokhozyaistvennykh nauk*. 2005. No. 2. Pp. 15-17.
30. Zolotarev V.N., Katkov V.A., Karpin V.I. *Biologo-geneticheskie i tekhnologicheskie osnovy semenovodstva sortov kormovykh trav, sozdannykh na osnove indutsirovannykh tetraploidov* [The biological-genetic and technological basis of a seed multiplication for varieties of forage grasses, created with use the induced tetraploids]. *Adaptive fodder production*. 2013. No. 2 (14). Pp. 44-52.
31. Zolotarev V.N. *Sposob polucheniya semyan diploidnogo klevera lugovogo ul'trarannespelogo tipa* [Method for producing seeds of diploid red clover of superearly maturing type]. Patent for an invention RU 2226048 C2, 27.03.2004. Application No. 2002112438/13 dated 14.05.2002.
32. Zolotarev V.N. *Semenovodstvo sortov ul'trarannespelogo i rannespelogo klevera lugovogo* [Seed production of ultra-early and early-ripening varieties of red clover]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK*. 2005. No. 6. Pp. 28-29.
33. Zolotarev V.N. Assessment of the effect of red clover harvest time on biotypic composition of early-maturing variety populations. *Russian Agricultural Sciences*. 2005. Vol. 31. No. 4. Pp. 9-12.

УДК 633.853:631.527

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3-61-73

ЖИРНОКИСЛОТНЫЙ СОСТАВ СЕМЯН ФЕНОТИПИЧЕСКИ СХОДНЫХ ЛИНИЙ ЯРОВОГО РАПСА*

В. Т. Воловик¹, кандидат сельскохозяйственных наук
А. В. Широкова², кандидат биологических наук
Л. М. Коровина¹, кандидат химических наук
С. Е. Сергеева¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Т. В. Прологова¹, кандидат сельскохозяйственных наук
Т. В. Леонидова¹, кандидат сельскохозяйственных наук

¹ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»,
141055, Россия, г. Лобня, ул. Научный городок, корп. I,
vik_volovik@mail.ru

²ФГБНУ Федеральный научный центр овощеводства,
143080, Россия, Московская обл., Одинцовский г.о., пос. ВНИССОК, ул. Селекционная, д. 14

FATTY ACID COMPOSITION OF SEEDS OF PHENOTYPICALLY SIMILAR SPRING CANOLA LINES

V.T. Volovik¹, Candidate of Agricultural Sciences
L.M. Korovina¹, Candidate of Chemical Sciences
A.V. Shirokova², Candidate of Biological Sciences
S.E. Sergeeva¹, Candidate of Agricultural Sciences
T.V. Prologova¹, Candidate of Agricultural Sciences
T.V. Leonidova¹, Candidate of Agricultural Sciences

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

²*Federal State Budgetary Scientific Institution "Federal Scientific Vegetable Center",*
143080, Russia, Moscow region, pos. VNISSOK, Selektionnaya St., 14

Представлены результаты оценки фенотипически сходных линий ярового рапса, полученных с использованием химического мутагенеза, с положительными хозяйственными признаками по составу и концентрации жирных кислот. В составе жирных кислот (ЖК) были выявлены многочисленные изменения, но содержание основных жирных кислот (олеиновой, линолевой и линоленовой)

*Работа выполнена в рамках государственного задания Минобрнауки России для Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Федеральный научный центр кормопроизводства и агроэкологии имени В. Р. Вильямса» «Вывести новые сорта сельскохозяйственных культур (кормовых, аридных, зерновых и зернобобовых, плодовых и масличных), адаптированных к различным почвенно-климатическим условиям Российской Федерации и отличающихся высокой устойчивостью к основным заболеваниям и к местным неблагоприятным условиям среды, на основе использования существующих и вновь создаваемых методов получения исходного материала с заданными свойствами» (FGGW-2025-0002).

по сравнению с исходным сортом было близким, что благоприятно для отбора новых форм с улучшенными морфологическими признаками. Отмечено сильное варьирование таких кислот как $C_{18:0}$ ($v = 10 \dots 90,4 \%$), $C_{20:2}$ ($v = 4,7 \dots 86,4 \%$), $C_{16:3}$ ($v = 7,8 \dots 94,9 \%$), длинноцепочечных $C_{22:0}$, $C_{22:1}$, $C_{22:2}$. В поколении M_5 по сравнению с M_4 увеличилось разнообразие ЖК: в «длинно стручковых» линиях за счет короткоцепочечных: каприловой ($C_{8:0}$), пеларгониевой ($C_{9:0}$), миристиновой ($C_{14:0}$), маргариновой ($C_{17:0}$) и длинноцепочечных лигноцериновой ($C_{24:0}$) и нервоновой ($C_{24:1}$) из класса омега-3, являющихся незаменимыми, что повышает диетические свойства получаемого рапсового масла. В «широко стручковых» линиях напротив, число коротких ЖК в M_5 сократилось по сравнению с M_3 и M_4 , и появилась нежелательная эруковая кислота ($C_{22:1}$) в вариантах с использованием 0,04 % этилметансульфоната (ЭМС) (до 10 мг/100 г) и 0,03 % ЭМС (до 0,6 мг/100 г). У растений с улучшенными морфологическими признаками масличность семян в отдельных случаях увеличилась на 10–15 %, а состав основных ненасыщенных жирных кислот сохранился на уровне исходного сорта. Масло всех представленных образцов по содержанию жира и белка, соотношению насыщенных и ненасыщенных жирных кислот соответствует требованиям, предъявляемым к использованию для диетического питания. Линия № 794-23-14 с вертикально расположенными стручками как самая ценная по соотношению «полиненасыщенные жирные кислоты : насыщенные жирные кислоты» была использована для создания нового сорта.

Ключевые слова: рапс яровой, химический мутагенез, сорт, жир, протеин, жирно кислотный состав масла.

The article presents the results of evaluating phenotypically similar spring rapeseed lines obtained using chemical mutagenesis, with positive economic traits in the composition and concentration of fatty acids. Numerous changes were revealed in the fatty acid composition, but the content of essential fatty acids (oleic, linoleic and linolenic) was similar to the original variety, which is favorable for the selection of new forms with improved morphological traits. Strong variation was noted in such acids as $C_{18:0}$ ($v = 10 \dots 90.4\%$), $C_{20:2}$ ($v = 4.7 \dots 86.4\%$), $C_{16:3}$ ($v = 7.8 \dots 94.9\%$), long-chain $C_{22:0}$, $C_{22:1}$, $C_{22:2}$. In the M_5 generation, compared to M_4 , the diversity of fatty acids increased: in the "long-pod" lines due to short-chain ones: caprylic ($C_{8:0}$), pelargonium ($C_{9:0}$), myristic ($C_{14:0}$), margaric ($C_{17:0}$) and long-chain lignoceric ($C_{24:0}$) and nervonic ($C_{24:1}$) from the omega-3 class, which are essential, which improves the dietary properties of the resulting rapeseed oil. In the "wide-pod" lines, on the contrary, the number of short fatty acids in M_5 decreased compared to M_3 and M_4 , and undesirable erucic acid ($C_{22:1}$) appeared in the variants using 0.04% ethylmethanesulfonate (up to 10 mg/100 g) and 0.03% ethylmethanesulfonate (up to 0.6 mg/100). In plants with improved morphological traits, seed oil content increased by 10-15% in some cases, while the composition of essential unsaturated fatty acids remained at the level of the original variety. All presented samples of oil meet the requirements for use in dietary nutrition in terms of fat and protein content and the ratio of saturated and unsaturated fatty acids. Line No. 794-23-14, with vertically arranged pods, was used to develop the new variety, as it exhibited the highest polyunsaturated fatty acids to saturated fatty acid ratio was used to develop a new variety.

Keywords: spring canola, chemical mutagenesis, variety, fat, protein, fatty acid composition of oil.

Рапс (*Brassica napus* L.) — одна из основных масличных культур, повсеместно возделываемая в условиях умеренного климата. В настоящее время это высокомаржинальная культура.

Качественные особенности растительного масла определяются составом его жирных кислот. Наиболее полезны-

ми для организма являются ненасыщенные жирные кислоты. В отличие от насыщенных триглицеридов, они имеют «жидкую» консистенцию и не застывают на холоде. Данная категория триглицеридов улучшает синтез белка, состояние клеточных мембран, чувствительность к инсулину. Помимо этого, выво-

дит «плохой» холестерин, защищает сердце и сосуды от жировых бляшек, увеличивает число полезных липидов. Организм человека не вырабатывает ненасыщенные жиры, поэтому они должны регулярно поступать с продуктами питания [1; 2].

Пищевое масло получают после рафинации сырого масла, что позволяет избежать образования нежелательных соединений и разрушения полезных для здоровья компонентов. Таким образом рафинируют 25 % производимого рапсового масла, что составляет 500000 тонн.

Рапсовое масло в основном используется в пищу (и, в меньшей степени, в качестве корма для животных и в oleохимии). Более 80 % этого пищевого масла используется в общественном питании и пищевой промышленности. На долю домашнего потребления рапсового масла приходится лишь очень небольшая доля [3].

Масло рапса отличается высоким содержанием непредельных жирных кислот (олеиновой $C_{18:1}$, линолевой $C_{18:2}$, линоленовой $C_{18:3}$), что делает его ценным продуктом питания. Стандартное рапсовое масло содержит 50–60 % мононенасыщенной олеиновой ($C_{18:1}$), 18–22 % линолевой ($C_{18:2}$) и 10–12 % линоленовой ($C_{18:3}$) незаменимых полиненасыщенных кислот. Однако линоленовая кислота с тремя ненасыщенными связями быстро окисляется на воздухе и нестабильна при нагревании.

Комплекс ненасыщенных жирных кислот называют витамином F или «антихолестериновым витамином», к нему относятся кислоты, называемые омега-3, омега-6 и омега-9. Типичная композиция рапсового масла с соотношением

омега-6 и омега-3 это 2 : 1 в настоящее время считается оптимальной с точки зрения питательной ценности [4].

К омега-3 относят 11 полиненасыщенных жирных кислот. Без них не могут нормально функционировать нервная и иммунная системы. Из них синтезируются гормоноподобные вещества, регулирующие течение воспалительных процессов, свертываемость крови, сокращение и расслабление стенок артерий, и другие важные процессы. Самыми ценными считаются три жирные кислоты омега-3: альфа-линоленовая ($C_{18:3(n-3)}$), эйкозапентаеновая ($C_{20:5(n-3)}$) и докозагексаеновая ($C_{22:5(n-3)}$) [5].

Омега-6 — группа полиненасыщенных жирных кислот, стабилизирующая обменные процессы в организме. Данные соединения поддерживают целостность клеточных мембран, потенцируют синтез гормоноподобных веществ, снижают психоэмоциональное напряжение, улучшают функциональное состояние дермы. Разновидности омега-6: линолевая кислота ($C_{18:2(n-6)}$), арахидоновая кислота ($C_{20:4(n-6)}$), гамма-линоленовая кислота ($C_{18:3(n-6)}$), эйкозодиеновая кислота ($C_{20:2(n-6)}$). Хотя существует довольно много видов омега-6 жирных кислот, наиболее важным является линолевая кислота [6]. Главные представители омега-9: олеиновая ($C_{18:1}$), эруковая ($C_{22:1}$) (однако применяемое в пищу масло не должно превышать 5%-го содержания эруковой кислоты; превышение допустимой нормы может привести к проникновению веществ в скелетную мускулатуру, нарушению работы репродуктивных органов, печени и сердечно-сосудистой системы), эйкозеновая (гондоиновая, $C_{20:1}$) кислота, мидовая кисло-

та, элаидиновая кислота (транс-9-изомер олеиновой), нервоновая (селахолевая, C_{24:1}) кислота [7].

Содержание масла в семенах, наряду с урожайностью, является одним из самых важнейших критериев при создании сортов рапса. G. M. Engqvist и H. C. Wesker (1993) предложили одновременно улучшать урожайность семян и содержание масла и белка [8].

О важности одновременного повышения урожайности семян и содержания масла в рапсе писали Aytas и Kinaci (2009) [9].

Селекция на качество масла проводится во многих странах, в том числе в различных учреждениях РФ [10–16].

На накопление жирных кислот в семенах в процессе их формирования влияют температура и свет (Spasibiontk, 2006) [17]. Синтез линоленовой кислоты происходит в два этапа десатурации, в результате которых олеиновая кислота превращается в линолевою, а затем в линоленовую. Эти реакции контролируются ферментами десатуразой олеиновой кислоты и десатуразой линолевой кислоты [18]. Активность этих ферментов влияет на синтез соответствующих жирных кислот. Значительные изменения в содержании соответствующих жирных кислот в масле свидетельствуют о том, что в результате мутации существенно снизилась активность ферментов, влияющих на синтез олеиновой, линолевой и линоленовой кислот.

Цель данной работы заключалась в оценке и сравнительном анализе фенотипически сходных линий ярового рапса с положительными хозяйственными признаками по составу и концентрации жирных кислот.

Материалы и методы. Для получения нового исходного материала ярового рапса с ценными хозяйственными признаками семена районированного сорта Викрос (патент № 0829) были обработаны растворами мутагенов в следующих концентрациях: этилметансульфонат (ЭМС) — 0,3, 0,2, 0,04, 0,03, 0,02 %; диметилсульфат (ДМС) — 0,08, 0,06, 0,02 %; диэтилсульфат (ДЭС) — 0,06, 0,05 %. Семена контрольного варианта замачивали в воде. В каждом варианте обрабатывали по 150 семян в двух повторностях. Растения выращивали в Подмосковье на опытном участке Кропотовской биостанции ИБР РАН и ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса». Соцветия первого порядка М₂ и последующих поколений изолировали в начале цветения. Для выращивания использовалась общепринятая для культуры агротехника. Наблюдения и учеты проводились по методике ВНИИ кормов (1997), ВНИИМК (1957) и ВИР (1976). Для оценки были отобраны по две наиболее урожайные, фенотипически сходные линии: с удлиненными относительно исходной линии стручками, широкими стручками и стручками, расположенными на растениях под острым углом (30° и менее).

Биохимический состав семян определяли по общепринятым методикам. Содержание общего азота — фотометрически с последующим пересчетом на белок, содержание жира — методом обезжиренного остатка. Для определения жирно-кислотного состава (ЖКС) — по 0,2 г измельченных семян заливали 2 мл гексана и экстрагировали три часа. Отфильтрованный экстракт метилировали метилатом натрия по общепринятой методике получения метиловых эфиров

жирных кислот. ЖКС масла определяли методом газожидкостной хроматографии на хроматографе Кристалл 2000М с использованием капиллярной колонки ZB-50 длиной 30 м с компьютерной программой обработки данных. Для идентификации жирных кислот использовали стандарт фирмы Supelco 37 Component Fame Mix 10 mg/ml in CH₂Cl₂ (USA). Содержание глюкозинолатов в семенах определяли методом «глюкотест» и палладиевым методом на спектрофотометре.

Результаты и обсуждение. В результате обработки семян ярового рапса сорта Викрос химическими мутагенами был получен широкий спектр мутаций уже в поколении M₂, в том числе хозяйственно значимых признаков. Всего было выявлено 33 различных изменения габитуса, формы, размеров и окраски побегов, листьев, цветков, стручков, семян. Самый широкий спектр — 30 изменений признаков, индуцировал ЭМС, причем в варианте с концентрацией 0,03 % частота «отрицательных» изменений (высокие растения до 150 см; не ветвящиеся растения или, напротив, с мелкими густым побегами до V порядка; почти без стручков; с короткими до 4 см бессемянными стручками и т. п.) была самой высокой — более 50 %. В то же время, 0,05 % ДЭС был эффективен (частота 36 %) в индуцировании низкорослых, до 80 см высоты, компактных форм. Растения с нестресскивающими стручками, в том числе длинными (до 11–13 см) или широкими (0,7–0,8 см), с многосемянными (до 37 семян), а также с компактно расположенными стручками были получены в разных вариантах обработки. Среди них в M₃ были отобраны скороспелые низкорослые семьи и про-

должительно созревающие неполегающие формы с компактным прочным габитусом. Линии с «удлиненными стручками» получены в вариантах с ДМС 0,02 %, ЭМС 0,04 и 0,03 %; линии с «широкими стручками» в вариантах 0,03 и 0,02 % ЭМС, а также в 0,08 % ДМС; поздние формы с компактным колонновидным габитусом, прочными побегами и вертикальными стручками получены в вариантах с 0,2 %, 0,03, 0,02 % ЭМС, 0,06 % ДМС и 0,05 % ДЭС.

Для оценки были взяты три группы линий:

1 — № 836-23-24 (ДМС 0,02) и 782-2-27 (ЭМС 0,04) с длиной стручка 11,5 ± 1,2 см;

2 — № 805-35-47 (ЭМС 0,02) и 7915-17-2 (ЭМС 0,03) с широким коротким стручком (длина 5,3–6,5 см, ширина 0,73–0,90 см);

3 — № 794-23-14 (ЭМС 0,03) и 793-24-10 (ЭМС 0,03) с нормальным стручком и углом прикрепления стручка относительно цветоноса 30° и менее.

Среднее содержание жира в семенных всех линий составило 43,7 ± 6,7 мг/100 г семян (табл. 1). Линии с удлиненными и вертикально расположенными стручками превышали исходный сорт Викрос по содержанию жира и были довольно выровнены по этому показателю (коэффициент вариации 5,3 и 2,6 % у «длинностручковых» и 3,3–3,5 % у «вертикалностручковых»). Линия 7915-17-2 с широкими стручками была хорошо выровнена по содержанию жира (v = 2,9 %), а линия 805-35-47 отличалась большим варьированием по содержанию жира (v = 16,7 %).

В составе жирных кислот были выявлены многочисленные изменения. Со-

держание основных жирных кислот (олеиновой, линолевой и линоленовой) близким, что благоприятно для отбора новых форм с улучшенными морфологическими признаками. по сравнению с исходным сортом было

1. Содержание жира и белка в линиях ярового рапса, поколение М₄

Линия	Размер и расположение стручка на растении	Содержание в семенах, мг/100 г	
		жира	белка
Викрос (стандарт)	стандартный стручок	44,6 ± 2,6	21,9 ± 1,3
836-23-24	длинный стручок	45,5 ± 2,4	22,8 ± 1,2
782-2-27	длинный стручок	45,6 ± 1,2	21,0 ± 0,6
805-35-47	широкий стручок	43,2 ± 7,2	21,7 ± 2,9
7915-17-2	широкий стручок	44,5 ± 1,3	20,1 ± 1,7
794-23-14	вертикальный стручок	45,5 ± 1,5	22,9 ± 2,6
793-24-10	вертикальный стручок	45,4 ± 1,6	21,3 ± 1,3
Среднее ± стандартное отклонение		43,7 ± 6,7	22,2 ± 3,9

Среднее содержание предельной пальмитиновой кислоты (C_{16:0}) 4,4 ± 0,5 мг/100 г семян в изучаемых образцах было в пределах стандартного отклонения и выше исходного сорта; стеариновая кислота (C_{18:0}) отсутствовала в линиях 836-23-24 и 793-24-10, была выше стандарта в линии 782-2-27 и в пределах стандарта во всех остальных линиях. Содержание пальмитиновой кислоты отличалось широким размахом варьирования $v = 43,0\text{--}90,4\%$ (табл. 2).

2. Среднее содержание основных жирных кислот в семенах рапса мутантных линий, поколение М₄

Образец	C _{16:0}	C _{18:0}	C _{18:1}	C _{18:2}	C _{18:3}	C _{22:1}
	мг/100 г					
836-23-24	4,3 ± 0,2	0	63,9 ± 1,8	20,3 ± 0,9	8,2 ± 0,4	0,2 ± 0,1
782-2-27	4,5 ± 0,3	1,0 ± 0,9	62,9 ± 3,0	21,0 ± 2,0	8,2 ± 0,3	0,2 ± 0,1
805-35-47	4,8 ± 0,2	0,6 ± 0,6	62,7 ± 1,1	20,4 ± 0,1	8,6 ± 0,1	0
7915-17-2	4,3 ± 0,2	0,1 ± 0,1	62,8 ± 1,6	20,6 ± 0,9	8,6 ± 0,3	0,4 ± 0,2
794-23-14	4,2 ± 0,3	1,4 ± 0,1	63,2 ± 2,5	21,2 ± 2,0	7,7 ± 0,1	0
793-24-10	4,9 ± 0,2	0	63,9 ± 0,6	22,3 ± 0,5	6,1 ± 0,3	0
Викрос	3,5 ± 0,5	1,0 ± 0,7	63,6 ± 2,0	19,6 ± 0,3	8,9 ± 1,3	0
Среднее ± стандартное отклонение	4,4 ± 0,5	0,6 ± 0,6	63,3 ± 0,5	20,8 ± 0,8	8,1 ± 1,0	0,1 ± 0,2

Олеиновая (C_{18:1}) кислота варьировала незначительно, за исключением линии 794-23-14 ($v = 19,4\%$), содержание непредельной линолевой кислоты (C_{18:2}) во всех линиях было выше стандарта: в линии 79-3-24-10 оно было выше, чем в других, а в линии 782-2-27 отмечена вариация этой кислоты на уровне 9,8 %.

Более низкое содержание линоленовой кислоты (C_{18:3}) отмечено у линии 793-24-10 и составило 6,1±0,3 мг/100 г,

а коэффициент вариации этой ценной сорта-стандарта, соответственно $v = 7,8$ кислоты был выше у линии 794-23-14 и и 8,9 % (табл. 3).

3. Коэффициенты вариации (v), жирных кислот в изучаемых образцах ярового рапса

Формула	Название кислоты	Образец						
		длинный стручок		широкий стручок		вертикальный стручок		стандарт
		836-23-24	782-2-27	805-35-47	7915-17-2	794-23-14	793-24-10	Викрос
C _{8:0}	Каприловая	48,9	75,9	25,0	8,3	95,9	73,8	—
C _{14:0}	Миристиновая	16,1	14,0	8,3	4,0	26,1	9,5	—
C _{16:0}	Пальмитиновая	3,7	6,7	4,8	9,4	—	—	14,1
C _{16:1}	Пальмитолеиновая	4,9	9,6	10,1	6,9	5,8	3,8	25,4
C _{16:2}	Гексадекадиеновая	12,3	6,2	—	14,0	7,9	9,0	—
C _{16:3}	Гексадекатриеновая	7,8	94,9	22,4	94,3	10,8	8,8	—
C _{17:0}	Маргариновая	2,6	—	—	—	7,5	5,7	—
C _{18:0}	Стеариновая	—	86,7	90,4	43,0	—	10,2	65,3
C _{18:1}	Олеиновая	2,8	4,7	1,8	2,5	19,4	—	1,9
C _{18:2}	Линолевая	4,5	9,8	0,6	4,4	2,8	1,0	1,0
C _{18:3}	Линоленовая	5,0	3,5	1,2	3,5	7,8	2,0	8,9
C _{20:0}	Арахидоновая	12,5	5,5	9,1	4,1	6,4	4,7	53,8
C _{20:1}	Эйкозеновая	7,2	10,2	9,7	14,4	7,6	3,7	—
C _{20:2}	Эйкозациеновая	—	86,4	75,5	69,6	4,7	5,0	42,0
C _{20:5}	Тимнодоновая	—	—	9,4	—	—	56,4	—
C _{21:0}	Генекозановая	—	—	—	6,6	4,6	—	—
C _{22:0}	Бегеновая	5,5	7,7	18,7	48,6	—	—	29,1
C _{22:1}	Эруковая	35,4	53,0	—	8,1	—	—	—
C _{22:2}	Докозациеновая	54,3	—	25,8	56,8	—	—	—
C _{24:0}	Лигноцериновая	12,1	68,7	59,6	—	10,0	7,3	—
C _{24:1}	Нервоновая	16,7	12,9	—	—	6,3	0,0	—

Сравнительный анализ результатов определения массовой доли жирных кислот от общей их суммы показал различия среди изученных линий ярового рапса. Насыщенные жирные кислоты представлены в основном пальмитиновой — $C_{16:0}$ (3,6–4,7 мг/100 г), стеариновой $C_{18:0}$ (0–1,4), арахидовой $C_{20:0}$ (0,4–0), бегеновой $C_{22:0}$ (0,2–0,4 мг/100 г), составляющих в сумме в среднем 5,2 мг/100 г. В «длинностручковых» линиях сумма насыщенных жирных кислот составляла 5,6 мг/100 г; в «широкостручковых» — 5,3, а в линиях с вертикально расположенными стручками — 4,7 мг/100 г. Полиненасыщенные кислоты ($C_{16:2}$, $C_{16:3}$, $C_{18:2}$, $C_{18:3}$, $C_{20:2}$) в среднем составляли 29,5 мг/100 г от суммы жирных кислот. Питательная ценность масла рапса по принятому отношению ПНЖК/НЖК (полиненасыщенные жирные кислоты/насыщенные жирные кислоты) варьировала от 5,0 до 5,6 и соответственно от 4,9 до 6,5 в «длинно- и широкостручковых» линиях, у «вертикальностручковых» линий — от 5,5 до 7 (линия) 794-23-14. Линии с вертикальным расположением стручков были более ценными.

Масло всех представленных образцов по содержанию жира и белка, соотношению насыщенных и ненасыщенных жирных кислот соответствует требованиям, предъявляемым к использованию для диетического питания.

В поколении M_5 по сравнению с M_4 увеличилось разнообразие ЖК (рис. 1; 2; 3; 4): в «длинностручковых» линиях за счет короткоцепочечных: каприловой ($C_{8:0}$), пеларгониевой ($C_{9:0}$), миристиновой ($C_{14:0}$), маргаритовой ($C_{17:0}$) и длинноцепочечных лигноцериновой ($C_{24:0}$) и нервоновой ($C_{24:1}$) из класса омега-3, яв-

ляющихся незаменимыми, что повышает диетические свойства получаемого рапсового масла. Количество не характерной для рапса ЖК у отдельных растений было значительным, например, до 2,4 мг/100 г каприловой. В «длинностручковых» линиях 836-23-24 (0,02 % ДМС) и 782-2-27 (0,04 % ЭМС) содержание олеиновой кислоты ($C_{18:1}$) составило 64-66 и 63-65 мг/100 г соответственно, а в варианте 0.03 % ЭМС оно не превышало 57 мг/100 г, но при этом содержание линолевой кислоты ($C_{18:2}$) увеличилось в среднем на 20 %.

В «широкостручковых» линиях напротив, число коротких ЖК в M_5 сократилось по сравнению с M_3 и M_4 , но появилась нежелательная эруковая кислота ($C_{22:1}$). По содержанию линолевой кислоты варьирование было незначительное.

Для линий, отличающихся компактностью и скороспелостью (вариант 0,03 % ЭМС), также характерно пониженное по сравнению с исходным сортом содержание $C_{18:2}$.

У растений с улучшенными морфологическими признаками масличность семян в отдельных случаях увеличилась на 10–15 %, а состав основных ненасыщенных жирных кислот сохранился на уровне исходного сорта. В «широкостручковых» линиях отмечено ухудшение состава ЖК за счет синтеза эруковой кислоты в вариантах с использованием 0,04 % ЭМС (до 10 мг/100 г) и 0,03 % ЭМС (до 0,6 мг/100).

Линия № 794-23-14 с вертикально расположенными стручками как самая ценная по соотношению ПНЖК/НЖК была использована для создания нового сорта.

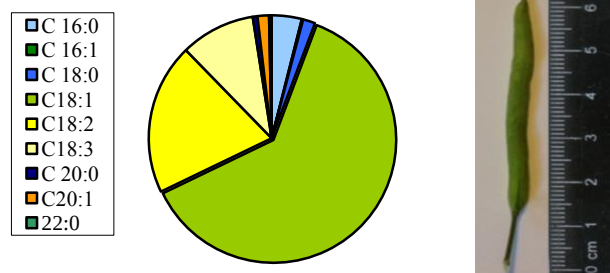
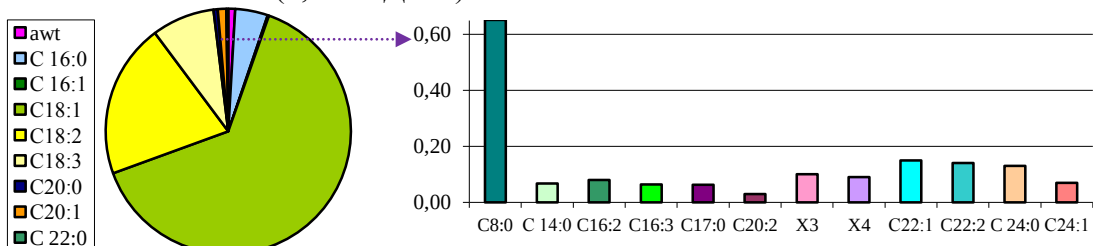


Рис. 1. Состав жирных кислот семян сорта Викрос (исходный сорт)

Линия № 836-23-24 (0,02 % ДМС)



Линия № 782-2-27 (0,04 % ЭМС)

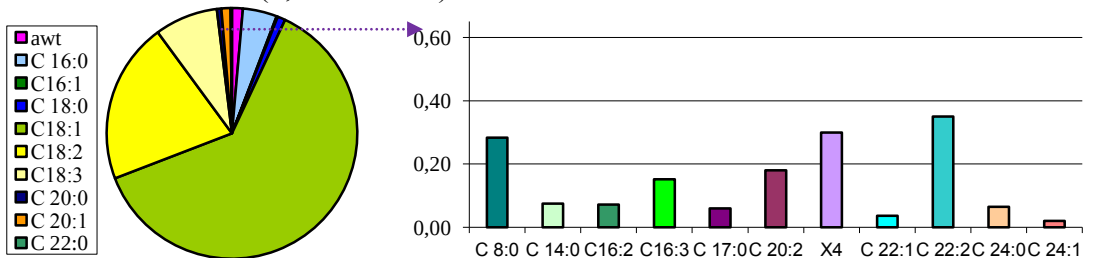
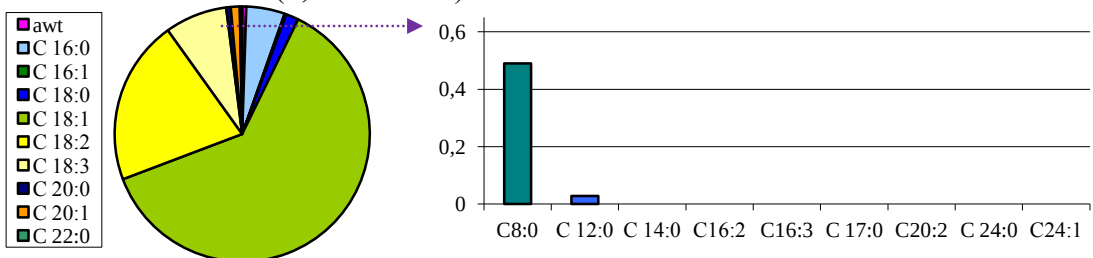


Рис. 2. Жирнокислотный состав семян, фенотип «длинные стручки»

Линия № 805-35-47 (0,02 % ЭМС)



Линия № 7915-17-2 (0,03 % ЭМС)

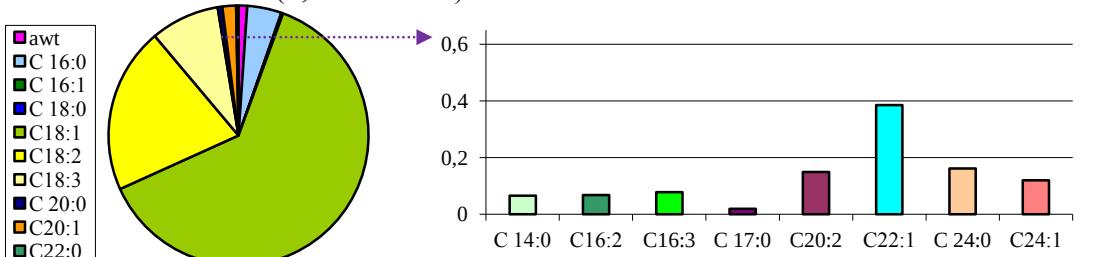
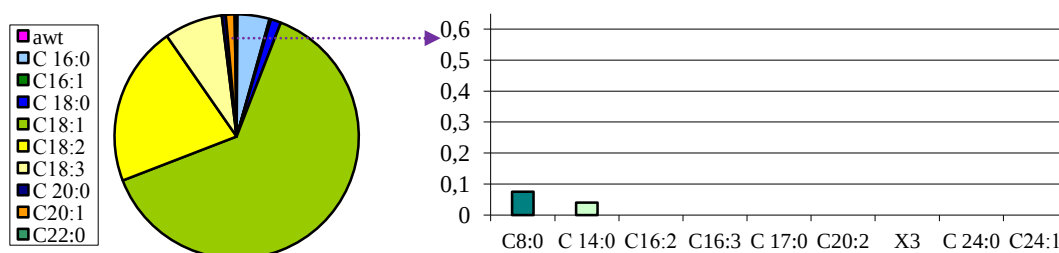


Рис. 3. Жирнокислотный состав семян, фенотип «широкие стручки»

Линия № 794-23-14 (0,03 % ЭМС)



Линия № 793-24-10 (0,03 % ЭМС)

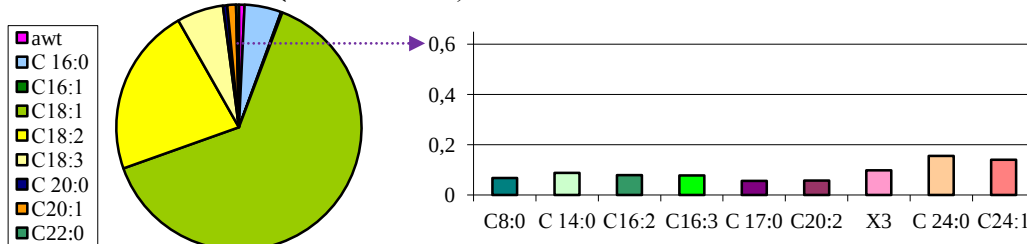


Рис. 4. Жирнокислотный состав семян, фенотип «вертикальные стручки»

Выводы. В составе жирных кислот фенотипически сходных линий, полученных с использованием химического мутагенеза, выявлены многочисленные изменения, но содержание основных жирных кислот (олеиновой, линолевой и линоленовой) по сравнению с исходным сортом Викрос было близким. Это благоприятно для отбора новых форм с улучшенными морфологическими признаками.

Отмечено сильное варьирование таких кислот как $C_{18:0}$ ($v = 10...90,4\%$), $C_{20:2}$ ($v = 4,7...86,4\%$), $C_{16:3}$ ($v = 7,8...94,9\%$), длинноцепочечных $C_{22:0}$, $C_{22:1}$, $C_{22:2}$.

В поколении M_5 по сравнению с M_4 увеличилось разнообразие ЖК: в «длинностручковых» линиях за счет короткоцепочечных: каприловой ($C_{8:0}$), пеларгоновой ($C_{9:0}$), миристиновой ($C_{14:0}$), маргариновой ($C_{17:0}$) и длинноцепочечных лигноцериновой ($C_{24:0}$) и нервоновой ($C_{24:1}$) из класса омега-3, являющихся незаменимыми, что повышает диетические

свойства получаемого рапсового масла. В «широкостручковых» линиях напротив, число коротких ЖК в M_5 сократилось по сравнению с M_3 и M_4 и появилась нежелательная эруковая кислота ($C_{22:1}$) в вариантах с использованием 0,04 % ЭМС (до 10 мг/100 г) и 0,03 % ЭМС (до 0,6 мг/100).

У растений с улучшенными морфологическими признаками масличность семян в отдельных случаях увеличилась на 10–15 %, а состав основных ненасыщенных жирных кислот сохранился на уровне исходного сорта.

Масло всех представленных образцов по содержанию жира и белка, соотношению насыщенных и ненасыщенных жирных кислот соответствует требованиям, предъявляемым к использованию для диетического питания.

Линия № 794-23-14 с вертикально расположенными стручками как самая ценная по соотношению ПНЖК/НЖК была использована для создания нового сорта.

Литература

1. Singer S. D., Weselake R. J., Rahman H. Development and characterization of low α -linolenic acid *Brassica oleracea* lines bearing a novel mutation in a 'class a' FATTY ACID DESATURASE 3 gene // BMC Genetics. – 2014. – Vol. 15. – № 1 – Pp. 94–104. – EDN XTSXGZ. – DOI 10.1186/s12863-014-0094-7.
2. Warner K., Knowlton S. Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils // Journal of the American Oil Chemists' Society. – 1997. – Vol. 74. – Pp. 1317–1322. – DOI 10.1007/s11746-997-0063-7.
3. Charbonnier E., Fugerey-Scarbel A., Lemarié S. Rapeseed: how to value varieties with higher nitrogen use efficiency in France // Oilseeds and fats, Crops and Lipids. – 2019. – Vol. 26. – DOI 10.1051/ocl/2019021.
4. Singh R. B., Dubnov G., Niaz M. A. Effect of an Indo-Mediterranean diet on progression of coronary artery disease in high risk patients (Indo-Mediterranean Diet Heart Study): a randomised single-blind trial // Lancet. – 2002. – Vol. 360. – № 9344. – Pp. 1455–1461. – EDN EIFZGT.
5. Рубанов С. Омега-3 полиненасыщенные жирные кислоты — это должен знать каждый. <http://culturazdoroviya.ru/omega-3-polinenasyshchennye-zhirnye-kisloty.html> (дата обращения 03.01.2024).
6. Омега-6. <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/omega-6/> (дата обращения 03.01.2024).
7. Вся правда об Омега-9 (олеиновая кислота). <https://lifegid.com/bok/1636-vsya-pravda-o-omega-9-oleinovaya-kislota.html> (дата обращения 02.01.2024).
8. Engqvist G. M., Becker H. C. Correlation studies for agronomic characters in segregating families of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.) // Hereditas. – 1993. – Vol. 118. – № 3. – Pp. 211–216. – EDN FOYGWX. – DOI 10.1111/j.1601-5223.1993.00211.x.
9. Aytac Z., Kinaci G. Genetic variability and association studies of some quantitative characters in winter rapeseed (*Brassica napus* L.) // African Journal of Biotechnology. – 2009. – Vol. 8. – № 15. Pp. 3547–3554.
10. Genome-Wide Association Study of Genetic Control of Seed Fatty Acid Biosynthesis in *Brassica napus* / K. Gacek, P. E. Bayer, I. Bartkowiak-Broda, et al. // Frontiers in Plant Science. – 2017. – Vol. 7. – DOI 10.3389/fpls.2016.02062.
11. Кравцов С. В., Пилук Я. Э. Рапс – основная маслично-белковая культура Беларуси // Рапс: настоящее и будущее. К 40-летию возделывания рапса в Беларуси : Материалы IV Междунар. науч.-практ. конф. (Жодино, 18–19 июня 2026 г.). – С. 3–11.
12. Новый сорт ярового рапса Велес / В. Т. Воловик, А. В. Широкова, С. Е. Сергеева, и др. // Адаптивное кормопроизводство. – 2021. – № 2. – С. 44–56. – EDN XESLVO. – DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2021-2-44-56.
13. Горшков В. И. Новый экологически пластичный сорт рапса ярового Эребус // Масличные культуры. – 2022. – № 4 (192). – С. 113–118. – EDN OLIXLB. – DOI 10.25230/2412-608X-2022-4-192-113-117.
14. Сорт рапса ярового Баланс / Л. А. Горлова, Э. Б. Бочкарева, В. В. Сердюк, Е. А. Стрельников // Масличные культуры. – 2022. – № 4 (192). – С. 110–112. – EDN QXUHTB. – DOI 10.25230/2412-608X-2022-4-192-110-112.
15. Успенская В. А., Бекиш Л. П. Универсальный сорт ярового рапса Оредеж 6 // Научные труды по агрономии. – 2020. – № 1 (3). – С. 45–50. – EDN LWRJUG. – DOI 10.37574/2658-7963-2020-1-45-50.
16. Кузнецова Г. Н., Полякова Р. С. Новый сорт рапса ярового Сибиряк 60 // Масличные культуры. – 2021. – № 2 (186). – С. 101–104. – EDN PZEXST. – DOI 10.25230/2412-608X-2021-2-186-101-104.
17. Spasibonek S. New mutants of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) with changed fatty acid composition // Plant Breeding. – 2006. – Vol. 125 (3). – Pp. 259–267. – DOI 10.1111/j.1439-0523.2006.01213.x.

18. Biosynthesis of α -linolenic acid by desaturation of oleic and linolenic acids in several organs of higher and lower plants and in algae / A. Cherif, J. P. Dubacq, R. Mache, et al. // *Phytochemistry*. – 1975. – Vol. 14. – Pp. 703–706.

References

1. Singer S.D., Weselake R.J., Rahman H. Development and characterization of low α -linolenic acid *Brassica oleracea* lines bearing a novel mutation in a 'class a' FATTY ACID DESATURASE 3 gene. *BMC Genetics*. 2014. Vol. 15. No. 1. Pp 94-104. DOI 10.1186/s12863-014-0094-7.
2. Warner K., Knowlton S. Frying quality and oxidative stability of high-oleic corn oils. *Journal of the American Oil Chemists' Society*. 1997. Vol. 74. Pp.1317-1322. DOI 10.1186/s12863-014-0094-7.
3. Charbonnier E., Fugerey-Scarbel A., Lemarié S. Rapeseed: how to value varieties with higher nitrogen use efficiency in France. *Oilseeds and fats, Crops and Lipids*. 2019. Vol. 26. DOI 10.1051/ocl/2019021.
4. Singh R.B., Dubnov G., Niaz M.A. Effect of an Indo-Mediterranean diet on progression of coronary artery disease in high risk patients (Indo-Mediterranean Diet Heart Study): a randomised single-blind trial. *Lancet*. 2002. Vol. 360. No. 9344. Pp. 1455-1461.
5. Rubanov S. *Omega-3 polinenasyshchennyye zhirnyye kisloty – eto dolzhen znat' kazhdyi* [Omega-3 polyunsaturated fatty acids – everyone should know this]. Available at: <http://culturazdoroviya.ru/omega-3-polinenasyshchennyye-zhirnyye-kisloty.html> (accessed: 03.01.2024).
6. Omega-6. Available at: <https://foodandhealth.ru/komponenty-pitaniya/omega-6/> (accessed: 03.01.2024).
7. *Vsya pravda ob Omega-9 (oleinovaya kislota)* [The whole truth about Omega-9 (oleic acid)]. Available at: <https://lifegid.com/bok/1636-vsya-pravda-o-omega-9-oleinovaya-kislota.html> (accessed 02.01.2024).
8. Engqvist G.M., Becker H.C. Correlation studies for agronomic characters in segregating families of spring oilseed rape (*Brassica napus* L.). *Hereditas*. 1993. Vol. 118. No. 3. Pp. 211-216. DOI 10.1111/j.1601-5223.1993.00211.x.
9. Aytac Z., Kinaci G. Genetic variability and association studies of some quantitative characters in winter rapeseed (*Brassica napus* L.). *African Journal of Biotechnology*. 2009. Vol. 8. No. 15. Pp. 3547-3554.
10. Gacek K., Bayer P.E., Bartkowiak-Broda I., et al. Genome-Wide Association Study of Genetic Control of Seed Fatty Acid Biosynthesis in *Brassica napus*. *Frontiers in Plant Science*. 2017. Vol. 7. DOI 10.3389/fpls.2016.02062.
11. Kravtsov S.V., Pilyuk Ya.E. *Raps – osnovnaya maslichno-belkovaya kul'tura Belarusi* [Raps is the main oilseed and protein crop in Belarus]. *Raps: nastoyashchee i budushchee. K 40-letiyu vozhdelyvaniya rapsa v Belarusi* [Raps: the present and the future. On the 40th anniversary of rapeseed cultivation in Belarus]. Conference papers. Pp. 3-11.
12. Volovik V.T., Shirokova A.V., Sergeeva S.E., et al. *Novyy sort yarovogo rapsa Veles* [New variety of spring rapeseed "Veles"]. *Adaptive fodder production*. 2021. No. 2. Pp. 44-56. DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2021-2-44-56.
13. Gorshkov V.I. *Novyy ekologicheski plastichnyy sort rapsa yarovogo Erebus* [New ecologically plastic spring rapeseed variety Erebus]. *Maslichnye kul'tury*. 2022. No. 4 (192). Pp. 113-118. DOI 10.25230/2412-608X-2022-4-192-113-117.
14. Gorlova L.A., Bochkareva E.B., Serdyuk V.V., Strel'nikov E.A. *Sort rapsa yarovogo Balans* [Spring rapeseed variety Balance]. *Maslichnye kul'tury*. 2022. No. 4 (192). Pp. 110-112. DOI 10.25230/2412-608X-2022-4-192-110-112.
15. Uspenskaya V.A., Bekish L.P. *Universal'nyy sort yarovogo rapsa Oredezh 6* [Universal variety of spring rape Oredezh 6]. *Nauchnye trudy po agronomii*. 2020. No. 1 (3). Pp. 45-50. DOI 10.37574/2658-7963-2020-1-45-50.

16. Kuznecova G.N., Polyakova R.S. *Novyj sort rapsa yarovogo Sibiryak 60* [The new spring rapeseed variety Sibiryak 60] *Maslichnye kul'tury*. 2021. No. 2 (186). Pp. 101-104. DOI 10.25230/2412-608X-2021-2-186-101-104.
17. Spasibionek S. New mutants of winter rapeseed (*Brassica napus* L.) with changed fatty acid composition. *Plant Breeding*. 2006. Vol. 125 (3). Pp 259-267. DOI 10.1111/j.1439-0523.2006.01213.x.
18. Cherif A., Dubacq J.P., Mache R., et al. Biosynthesis of α -linolenic acid by desaturation of oleic and linolenic acids in several organs of higher and lower plants and in algae. *Phytochemistry*. 1975. Vol. 14. Pp. 703-706.

УДК 636.085.52:579.64:577.2

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3-74-87

МОЛЕКУЛЯРНО-ГЕНЕТИЧЕСКИЕ ПОДХОДЫ ДЛЯ ИЗУЧЕНИЯ СОСТАВА МИКРОБИОТЫ И РАЗРАБОТКИ ПРИЕМОВ ПОЛУЧЕНИЯ КАЧЕСТВЕННЫХ ФЕРМЕНТИРУЕМЫХ КОРМОВ

С. А. Маляренко¹, кандидат сельскохозяйственных наук

Л. А. Ильина^{1, 2, 3}, доктор биологических наук

Е. Ю. Кривоуск^{1, 4}, аспирант

¹ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»,

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

²ФГБОУ ВО «Санкт-Петербургский государственный аграрный университет»,

196601, Россия, г. Санкт-Петербург, г. Пушкин, Петербургское шоссе, дом 2

³ООО «БИОТРОФ»,

196602, Россия, Санкт-Петербург, г. Пушкин, ул. Малиновская, д. 8, лит. А, пом. 7Н

⁴ФГБОУ ВО РГАУ-МСХА имени К. А. Тимирязева,

127434, Россия, г. Москва, Тимирязевская ул., 49

malyar95@mail.ru

MOLECULAR GENETIC APPROACHES TO STUDYING THE COMPOSITION OF MICROBIOTA AND DEVELOPING TECHNIQUES FOR OBTAINING HIGH-QUALITY FERMENTABLE FEEDS

S.A. Malyarenko¹, Candidate of Agricultural Sciences

L.A. Ilina^{1, 2, 3}, Doctor of Biological Sciences

E.Yu. Krivopusk^{1, 4}, Postgraduate Student

¹Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology,

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

²Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Saint Petersburg State Agrarian

University", 196601, Russia, Saint Petersburg, Pushkin, Peterburgskoye Shosse, Bldg. 2

³Limited Liability Company "BIOTROF", 196602, Russia, Saint Petersburg, Pushkin, Malinovskaya

Street, Bldg. 8, Lit. A, Pom. 7N

⁴Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy

127434, Russia, Moscow, Timiryazevskaya St., 49

malyar95@mail.ru

Статья посвящена описанию современных молекулярно-генетических подходов для изучения состава и функций микробиоты кормовых культур и ферментируемых кормов. Описаны методы, позволяющие проводить идентификацию и оценивать биоразнообразие микробного сообщества, а также его функциональный профиль. Представлены основные результаты молекулярно-генетических исследований кормовых культур и ферментируемых кормов по данным литературных источников, описаны преимущества современных методик для разработки новых эффективных приемов улучшения ферментации и повышения качества кормов.

Ключевые слова: микробиом, ферментируемые корма, молекулярно-генетические методы, секвенирование, количественная ПЦР.

The article describes modern molecular genetic approaches for studying the composition and functions of forage crops and fermentable feeds microbiota. Methods for identifying and assessing the biodiversity of microbial communities and its functional profile. The main results of molecular genetic studies of forage crops and fermentable feeds based on literature sources are presented, and the advantages of modern methods for developing new effective methods for improving fermentation and increasing feed quality are described.

Keywords: microbiome, fermented feeds, molecular genetic methods, sequencing, quantitative PCR.

Ферментируемые корма (силос, сенаж, силаж и др.) являются одними из наиболее востребованных кормов для жвачных животных в мире [1]. Основным методом консервирования растительных кормов, обеспечивающим сохранность питательных веществ, витаминов и энергетической ценности, является силосование [2]. В связи с этим исследования, направленные на обеспечение условий заготовки высококачественных ферментируемых кормов, необходимы для получения высоких показателей продуктивности и экономической эффективности животноводства [3].

В основе силосования лежат сложные микробиологические процессы, которые играют ключевую роль в ходе ферментации, определяя тем самым качество получаемого корма. По современным представлениям, микробное сообщество силоса представляет собой сложную смесь бактерий, дрожжей и микроскопических грибов с количеством колониеобразующих единиц от 10^5 до 10^9 КОЕ $\times$ г⁻¹ [4]. Молочнокислые бактерии относятся к числу наиболее значимых микроорганизмов, участвующих в ферментации, что обуславливает их широкое применение для создания биоконсервантов при заготовке кормов. Сообщалось, что штаммы бактерий (лактобактерии, бациллы и др.), на основе ко-

торых разрабатывают биоконсерванты, позволяют ускорять процессы ферментации. Указанный эффект обусловлен высокими темпами роста данных микроорганизмов, их резистентностью к пониженным значениям pH и способностью к быстрому синтезу кислот при широком диапазоне температурных колебаний [5; 6]. Так, использование штаммов лактобактерий, устойчивых к низким температурам, позволило оптимизировать ферментативные процессы и получить высокую сохранность питательных веществ при консервировании овсяного силоса высокой влажности [7]. По мнению ученых [8], поиск перспективных штаммов для использования в качестве консервантов для силосования должен быть основан на изучении естественной эпифитной микробиоты, прежде всего, молочнокислых бактерий.

В последние годы, благодаря развитию современных молекулярно-генетических методов, исследователи выявили на кормовых культурах и в готовых ферментируемых кормах не только молочнокислые бактерии, но и широкий спектр других микроорганизмов, включая некультивируемые. Применение современных методологических подходов позволяет более детально изучить микробные процессы, лежащие в основе ферментации силоса, и разработать но-

вые технологии для повышения его питательности и качества [9; 10].

Микробиом силоса является важным индикатором его качества. Необходимо отметить, что присутствие определенных видов микроорганизмов существенно зависит от доступных метаболитов, состав которых определяется растительной массой, используемой для заготовки корма. Для получения ферментируемого корма применяют различные виды кормового сырья, для которых необходим поиск наиболее эффективных штаммов. В связи с этим перспективным является изучение взаимосвязи между составом метаболитов и составом микробного сообщества, формируемого в ходе ферментации, что важно для скрининга перспективных консервантов. Полученные результаты будут востребованы не только для оценки качества ферментации, но и для выявления питательных и функциональных метаболитов, полезных для здоровья и продуктивности животных.

Современный перечень подходов к оценке состава микробных сообществ растений и кормов на их основе включает широкий спектр методов. Посев микроорганизмов на селективные питательные среды и оценку биохимического профиля штаммов относят к культуральным методам. Среди молекулярно-генетических методов, не зависящих от этапа культивирования, известны методы количественной полимеразной цепной реакции (ПЦР), секвенирование, полиморфизм длин терминальных рестрикционных фрагментов и другие [11; 12].

Метод количественной ПЦР (кПЦР) является одним из наиболее быстрых и перспективных подходов, позволяющих оценивать количество определенных таксонов (например, видов или штаммов

бактерий и грибов) в ходе консервирования кормов. Количественная ПЦР, нацеленная на анализ гена 16S рРНК, впервые была использована для оценки развития популяций *Lactobacillus plantarum* в силосе [13].

Метод кПЦР может быть использован для количественного анализа и мониторинга динамики микробного сообщества на протяжении всего процесса силосования. Кроме того, с помощью данного подхода можно идентифицировать как грибы, продуцирующие микотоксины, так и бактерии, вызывающие инфекционные заболевания у животных и человека (например, *Listeria* или *Clostridium*). Возможность детекции указанных микроорганизмов может быть использована для разработки методов снижения их количества в силосе.

Достижения в области глубокого секвенирования с использованием различных платформ (например, Illumina, Roche 454, Ion Torrent, PacBio) позволяют проводить метагеномное секвенирование микробной ДНК, выделенной из растительного сырья, ферментируемой массы в процессе консервирования, силоса [14; 15] и кормов, подвергнутых аэрации [16], и химуса [17].

Методы метагеномики позволили расширить представления о сложности микробной экологии при силосовании благодаря таким преимуществам, как анализ геномов микроорганизмов без необходимости их культивирования [18]. Применение этих методов дало возможность охарактеризовать роль эпифитных популяций в формировании микробиома силоса, а также оценить, как консерванты на основе микроорганизмов влияют на питательность и качество готового корма.

Метагеномные исследования подразумевают проведение высокопроизводительного секвенирования образцов. Эти методы подразделяются на два основных типа: секвенирование ампликонов отдельных/маркерных генов (например, ген 16S рРНК у прокариот) и метагеномный анализ всего генома. Оба подхода позволяют оценивать все микробное сообщество, включая некультивируемые виды, и могут обеспечить получение глубокой характеристики микробного разнообразия в экосистемах.

Секвенирование маркерных генов позволяет оценивать таксономическую и филогенетическую идентификацию микроорганизмов в сложных экосистемах с меньшими затратами времени и вычислительной мощности (~50000 прочтений/образец), чем метагеномное исследование всего генома. Другим преимуществом указанного подхода по сравнению с полногеномным анализом является его более низкая стоимость и отсутствие загрязнения нецелевой ДНК вследствие проведения специфической амплификации консервативных регионов (например, гена 16S рРНК). Основными ограничениями указанного типа анализа являются праймер-зависимые искажения, которые могут приводить к смещению разнообразия в сторону определенных членов микробных сообществ и исказить количественную оценку их разнообразия [19]. Кроме того, секвенирование целевых участков ДНК микроорганизмов часто не позволяет проводить их идентификацию до уровня штамма или даже вида. В связи с этим использование полноразмерных генов 16S рРНК (~1500 пар нуклеотидов) считается золотым стандартом для точной таксономической

идентификации [20]. Для получения полноразмерных высококачественных прочтений требуется более дорогостоящее секвенирование с помощью прибора Pacific Biosciences RSII, стоимость одного прочтения которого значительно выше, чем при секвенировании более коротких регионов, таких как V1-V3 или V3-V5, с использованием платформ для коротких прочтений, таких как Illumina MiSeq или Ion Torrent [21]. К другим недостаткам секвенирования маркерных генов или ампликонов для многокомпонентных сообществ является необходимость использования разных праймеров. Тем не менее, последние достижения в анализе микробных сообществ с использованием высокопроизводительного секвенирования позволили существенно расширить представления о сложности микробиологии силоса [22].

Необходимо отметить, что большинство исследований в настоящее время ограничивается изучением филогении микроорганизмов с использованием консервативных областей их генома (например, ген 16S рРНК, ITS). Эти исследования позволяют получить обширную информацию о микробной экологии силоса, однако они дают ограниченные сведения о функциях микробных видов, участвующих в процессе силосования.

В связи с этим было разработано несколько инструментов для функционального прогнозирования микробного сообщества на основе анализа ампликонных последовательностей, в том числе PICRUSt, Tax4Fun, FAPROTAX, BugBase и FUNGuild. Данные инструменты биоинформатического анализа становятся все более популярными в исследованиях микробной экологии [23].

Так, программный комплекс PICRUSt2 содержит обширную базу данных семейств генов и референсных геномов [24]. В частности, исследователи с применением программы PICRUSt2 при оценке прогнозируемой функциональности бактериальных сообществ в силосе из кукурузы [25] обнаружили, что функции транскрипции, трансляции, репликации и репарации бактериального сообщества были повышены, а метаболизм аминокислот в силосе спустя 60 дней после окончания консервирования — понижен. Таким образом, применение данного подхода позволяет оценивать потенциал микробных сообществ силосной микробной экосистемы в связи с различными факторами, в том числе с применением биоконсервантов.

Второй тип метагеномного анализа основан на проведении полногеномного секвенирования всей ДНК, выделенной из образца, что обеспечивает получение полной генетической информации о микробных сообществах, а также геномных связях между функцией и филогенией некультивируемых организмов [26]. Еще одним преимуществом данного подхода перед методом секвенирования ампликонов является возможность избежать праймер-зависимых искажений результатов. Также существенным преимуществом подхода является возможность не только получить информацию о составе микробного сообщества, но и изучить его потенциальные функции. К недостаткам подхода относится очень высокая стоимость, связанная с необходимостью глубокого секвенирования, для которого необходимы миллионы прочтений последовательностей ДНК, а также необходимость использования для анализа данных сложных биоинформа-

тических приемов и программных комплексов, таких как Trimmomatic software [27], CLARK [28] и Taxonomer [29].

Таким образом, современные молекулярные подходы позволяют детально охарактеризовать микробные сообщества растительного сырья и фазы микробной ферментации. На следующем этапе для характеристики процесса консервирования высокой перспективой обладают подходы метатранскриптомики. Они могут способствовать получению данных о влиянии различных факторов на экспрессию генов, кодирующих ферменты, задействованные в синтезе и метаболизме органических кислот, протеолизе или образовании микотоксинов в ходе ферментации или хранения корма. Например, этот подход использовался для оценки способности микробиома крыс к детоксикации охратоксина А [30], который часто встречается в силосе [31]. Одним из актуальных направлений является оценка экспрессии генов, связанных с образованием и деградацией микотоксинов для разработки эффективных путей снижения их количества в силосе. Сведения об экспрессии генов, кодирующих антимикробные вещества (например, бактериоцины), могут позволить расширить представления о потенциале снижения количества бактерий, вызывающих порчу кормов или негативно влияющих на здоровье животных. Оценка транскрипции генов, кодирующих ферменты, участвующие в деградации углеводов, может стать основой для получения новых знаний о роли микробных сообществ в процессе деградации клеточной стенки растений. Эти знания могут быть использованы для повышения усвояемости силоса животными. Помимо этого, изучение транскриптома

позволит оценить эффективность применения различных штаммов в силосе, а также их влияния на его сохранность.

Анализируя исследования в сфере применения молекулярно-генетических методов, в частности секвенирования нового поколения (NGS) и ПЦР-анализа, необходимо отметить целый спектр направлений, которые позволяют открывать новые горизонты в разработке наукоемких технологий консервирования и селекции высокоэффективных штаммов бактерий.

Одним из наиболее актуальных направлений является использование молекулярно-генетических методов для изучения разнообразия и функционирования микробных сообществ при силосовании растительной массы. При этом высокую значимость приобретает скрининг микробиоты на различных этапах консервирования кормов с применением молекулярно-генетических подходов. Так, например, применение молекулярных методов позволяет выявлять некультивируемые штаммы условно-патогенных и патогенных бактерий в ходе ферментации и в готовом корме. Полученные данные востребованы для скрининга новых штаммов с высокой антагонистической активностью против нежелательных микроорганизмов с целью разработки новых биоконсервантов.

Применение технологий молекулярно-генетического анализа позволило детализировать изменения, происходящие в ходе силосования различных культур. Согласно современным данным, наиболее часто выявляемыми в силосе являются бактерии филы *Firmicutes* и родов *Pediococcus*, *Proteobacteria*, *Pseudomonas* и *Weissella* [32].

Установлено, что на процесс ферментации растительной массы, а также на микробное разнообразие и питательность силоса влияют различные факторы: вид растений, температура окружающей среды, внесение консерванта. Доказано, что тип растительного сырья оказывает значительное влияние на численность и разнообразие бактерий при ферментации [33]. Так, например, было выявлено, что доминирующими в кукурузном силосе были виды *Pantoea agglomerans*, *Pseudomonas* spp., *Pseudomonas koreensis*, *Serratia liquefaciens* и *Pseudomonas cooleptorum*, тогда как бактерии *Acinetobacter* spp., *P. agglomerans*, *Enterobacter* spp., *Streptomyces alboniger* и *L. plantarum* обнаруживались в нем в меньшей степени.

В исследовании [34] сообщается, что температура окружающей среды оказывает значительное влияние на бактериальное разнообразие и ход ферментации растительной массы. В силосе при 30 °C существенно повышалась представленность условно-патогенных бактерий родов *Pseudomonas*, *Exiguobacterium* и *Acinetobacter*, доля которых оставалась низкой при 15 °C. Также отмечалось [35], что добавление молочнокислых бактерий в качестве консерванта приводило к улучшению качества ферментации силоса из люцерны при температуре 20 и 30°C, тогда как при температуре 40°C процессы консервирования ухудшались. Полученные результаты позволили установить, что более низкая температура (от 15 до 30°C) может являться эффективным элементом технологии заготовки объемистых кормов, способствующим подавлению распространения нежелательных микроорганизмов в силосе.

В целом, с применением молекулярно-генетических подходов выявлено, что на микробиологические процессы при ферментации способны оказывать влияние многие факторы.

В числе перспективных направлений оптимизации процессов ферментации растительной массы является поиск штаммов для разработки высокоэффективных биоконсервантов. Одним из путей скрининга новых микроорганизмов в качестве основы для заквасок является идентификация доминирующих таксонов в силосе, например, молочнокислых бактерий, что позволяет выделять штаммы, адаптированные к конкретным видам агрофитоценозов и климатическим условиям, с высокой конкурентоспособностью. Сообщалось, что применение биоконсервантов на основе бактерий родов *Lactobacillus*, *Bacillus* приводит к коррекции процессов ферментации растительной массы. Это связано с реорганизацией бактериальных сообществ, что приводит к улучшению состава продуктов ферментации. В настоящее время одними из наиболее перспективных являются бактериальные консерванты на основе молочнокислых бактерий, поскольку их использование приводит к повышению количества представителей рода *Lactobacillus* и снижению микробного разнообразия в ферментируемой массе. В частности, установлено, что применение биоконсервантов на основе штаммов лактобактерий приводило к увеличению в силосе содержания молочной кислоты, аминокислот, а также снижению значений pH и количества аммиачного азота. Так, добавление *L. plantarum* при силосовании эспарцета способствовало повышению количества бактерий видов *L. acetotolerans*, *L. buch-*

neri, *L. plantarum*, *L. pentosus* и *Clostridium tyrobutiricum* [36]. Также отмечалось наличие отрицательной корреляции между присутствием в силосе видов лактобактерий *L. buchneri*, *L. plantarum*, *L. paralimentarius*, *L. buchneri* и *L. nodensis* и присутствием представителей *Erwinia* sp., *Ewingella americana* и *L. acetotolerans*, которые могут выживать в условиях более низкого pH. При этом выявлено, что бактерии семейства *Enterobacteriaceae* способны выживать и конкурировать с молочнокислыми бактериями за использование водорастворимых сахаров в качестве основного источника энергии [37]. Известно, что представители *Enterobacteriaceae* метаболизируют молочную кислоту в ацетат, сукцинат, а также способствуют накоплению эндотоксинов [38; 39].

Еще одним направлением применения молекулярно-генетических методов исследований является разработка и поиск эффективных приемов для получения ферментируемых кормов с высокой аэробной стабильностью. Проведенные исследования позволили охарактеризовать закономерности изменений микробного сообщества ферментируемых кормов при аэрации. Так, с применением метода NGS-секвенирования [40] в ходе оценки аэробной стабильности кукурузного силоса в течение 14 дней наблюдался резкий рост содержания *Bacillales* (с 1 до 43 %) на фоне сокращения количества *Lactobacillales*, *Enterobacteriales* и других таксонов. Аналогичные данные, свидетельствующие о замещении лактобактерий представителями *Clostridiales* в силосах из кукурузы и злаковых культур, получены с помощью методов DGGE и T-RFLP [41]. Однако в экспериментах с силосом из люцерны [42]

аэрация, напротив, приводила к повышению представленности лактобацилл при общем снижении микробного разнообразия.

В настоящее время существует ограниченное число публикаций, где метод NGS-секвенирования использовался для анализа грибных сообществ в силосе. В одном из исследований [43] показано, что среди доминирующих семейств микровицетов в силосуемой массе среди *Ascomycota* преобладали представители *Davidiellaceae* (26,9 %), *Pleosporaceae* (5,1 %) и *Pleosporales* (2,3 %). В готовом силосе в грибной популяции стали доминировать представители *Ascomycota* (97,4 %). Основными идентифицированными семействами стали *Pichiaceae* (61,9 %), *Trichocomaceae* (7,9 %) и OTU порядка *Saccharomycetales* (13,9 %).

С применением молекулярно-генетических подходов также проводились исследования, направленные на изучение роли эукариотических микроорганизмов в процессе силосования. Особое внимание уделялось их вкладу в аэробную порчу силоса, синтезу микотоксинов, а также связанными с этими процессами рискам для безопасности кормов [44].

Отмечалось, что структура грибных сообществ, развивающихся при аэробном воздействии, в значительной степени зависит от типа силоса. Было показано, что сообщества микровицетов в силосе из райграсса, подвергнутому воздействию в течение семи дней, состояли из представителей видов *Pichia anomala*, *Pichia burtonii*, *S. Cerevisiae* и *Penicillium roquefortii* [43]. Было проде-

монстрировано, что сообщества микровицетов, в отличие от бактериальных, не претерпевают столь же существенных изменений, поскольку кислые и анаэробные условия неблагоприятны для роста грибов. Однако многие виды микровицетов, очевидно, переходят в спящее, но жизнеспособное состояние во время силосования и активизируются при воздействии аэробных условий.

Таким образом, применение молекулярно-генетических методов, основанных на технологиях ПЦР-анализа, высокопроизводительного секвенирования и биоинформатического анализа таксономической и функциональной характеристики микробных сообществ, имеет перспективы, поскольку позволяет на новом уровне охарактеризовать процессы ферментации растительной массы и механизмы изменения микробиома силоса под воздействием различных факторов.

Детальная характеристика структуры микробных сообществ и их изменений способствует расширению представлений о взаимосвязи между отдельными таксонами и биохимическими параметрами качества ферментации (концентрация органических кислот, pH, содержание аммиачного азота). Это является основой для создания эффективных технологий заготовки кормов с учетом определенных факторов, начиная от характеристики исходного растительного сырья и его эпифитной микробиоты до прогнозирования эффективности силосования при различных температурных условиях и внесении консервантов различной природы.

Литература

1. Bernardes T. F., Rêgo A. C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms // *Journal of Dairy Science*. – 2014. – Vol. 97. – № 3. – Pp. 1852–1861. – DOI 10.3168/jds.2013-7181.
2. Altering microbial communities: A possible way of lactic acid bacteria inoculants changing smell of silage / Q. Zhang, X. Guo, M. Zheng, et al. // *Animal Feed Science and Technology*. – 2021. – Vol. 89. – EDN RKSYSYSP. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2021.114998.
3. Animal welfare and the united nations sustainable development goals / L. Keeling, H. Tunón, A. Olmos, et al. // *Frontiers in Veterinary Science*. – 2019. – Vol. 6. – DOI 10.3389/fvets.2019.00336.
4. Langston C. W., Bouma C. Types and sequence change of bacteria in orchard grass and alfalfa silage // *Journal of Dairy Science*. – 1960. – Vol. 43. – Pp. 1575–1584.
5. Косолапова В. Г., Осипян Б. А., Мамаев А. А. Использование биологических препаратов при силосовании злаковых культур // *Кормопроизводство*. – 2018. – № 6. – С. 27–33. – EDN XQXZHN.
6. Клименко В. П., Маляренко С. А. Консервирование бобовых трав и бобово-злаковых травосмесей с новым биологическим препаратом // *Адаптивное кормопроизводство*. – 2022. – № 2. – С. 61–68. – EDN URVCHB. – DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2022-2-61-68.
7. Effect of a low temperature tolerant lactic acid bacteria inoculant on the fermentation quality and bacterial community of oat round bale silage / L. Chen, Sh. Bai, M. You, et al. // *Animal Feed Science and Technology*. – 2020. – Vol. 269. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2020.114669.
8. Comparison of the effects of microbial inoculants on fermentation quality and microbiota in Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) and Corn (*Zea mays* L.) silage / N. Jaipolsaen, S. Sangsritavong, T. Uengwetwanit, et al. // *Frontiers in Microbiology*. – 2022. – Vol. 12. – Pp. 1–12. – EDN MDZHBX. – DOI 10.3389/fmicb.2021.784535.
9. Profiling of metabolome and bacterial community dynamics in ensiled *Medicago sativa* inoculated without or with *Lactobacillus plantarum* or *Lactobacillus buchneri* / X. S. Guo, W. C. Ke, W. R. Ding, et al. // *Scientific Reports*. – 2018. – Vol. 8. – DOI 10.1038/s41598-017-18348-0.
10. Изучение эпифитной микрофлоры как источника формирования микробиоценоза силоса методом NGS-секвенирования / Е. А. Йылдырым, Г. Ю. Лаптев, Л. А. Ильина, и др. // *Сельскохозяйственная биология*. – 2015. – № 6. – С. 832–838. – EDN VHRETV. – DOI 10.15389/agrobiology.2015.6.832rus.
11. Modulation of metabolome and bacterial community in whole crop corn silage by inoculating homofermentative *Lactobacillus plantarum* and heterofermentative *Lactobacillus buchneri* / D. Xu, Z. Ding, W. Ke, et al. // *Frontiers in Microbiology*. – 2019. – Vol. 9. – DOI 10.3389/fmicb.2018.03299.
12. Exploration of methods used to describe bacterial communities in silage of maize (*Zea mays*) cultivars / L. Brusetti, S. Borin, A. Rizzi, et al. // *Environmental biosafety research*. – 2008. – Vol. 7. – Pp. 25–33. – DOI 10.1051/eb:2007047.
13. Monitoring *Lactobacillus plantarum* in grass silages with the aid of 16S rDNA-based quantitative real-time PCR assays / M. Klocke, K. Mundt, C. Idler, et al. // *Systematic and Applied Microbiology*. – 2006. – Vol. 29. – Pp. 49–58. – EDN LTWUTN. – DOI 10.1016/j.syapm.2005.06.001.
14. Metagenome analyses reveal the influence of the inoculant *Lactobacillus buchneri* CD034 on the microbial community involved in grass ensiling / F. G. Eikmeyer, P. Köfinger, A. Poschenel, et al. // *Journal of Biotechnology*. – 2013. – Vol. 167. – Pp. 334–343. – DOI 10.1016/j.jbiotec.2013.07.021.
15. Assessing quality of *Medicago sativa* silage by monitoring bacterial composition with single molecule, real-time sequencing technology and various physiological parameters / W. Bao, Z. Mi, H. Xu, et al. // *Scientific Reports*. – 2016. – Vol. 6. – EDN WOMNIP. – DOI 10.1038/srep28358.

16. Bacterial and fungal core microbiomes associated with small grain silages during ensiling and aerobic spoilage / L. Dunière, Sh. Xu, L. Jin, et al. // *BMC Microbiology*. – 2017. – Vol. 17. – Pp.1–16. – EDN VQHSBM. – DOI 10.1186/s12866-017-0947-0.
17. Characterization of the rumen lipidome and microbiome of steers fed a diet supplemented with flax and echium oil / S. A. Huws, E. J. Kim, S. J. S. Cameron, et al. // *Microbial Biotechnology*. – 2015. – Vol. 8. – DOI 10.1111/1751-7915.12164.
18. Thomas T., Gilbert J., Meyer F. Metagenomics – a guide from sampling to data analysis // *Microbial Informatics and Experimentation*. – 2012. – Vol. 2. – DOI 10.1186/2042-5783-2-3.
19. Pinto A. J., Raskin L. PCR biases distort bacterial and archaeal community structure in pyrosequencing datasets // *PLoS One*. – 2012. – Vol. 7. – DOI 10.1371/journal.pone.0043093.
20. Comparing K-mer based methods for improved classification of 16S sequences / H. Vinje, K. H. Liland, T. Almøy, L. Snipen // *BMC Bioinformatics*. – 2015. – Vol. 16. – № 1. – Pp. 1–13. – EDN UXELLD. – DOI 10.1186/s12859-015-0647-4.
21. Evaluation of 16S rRNA amplicon sequencing using two next-generation sequencing technologies for phylogenetic analysis of the rumen bacterial community in steers / P. R. Myer, M. Kim, H. C. Freetly, T. P. Smith // *Journal of Microbiological Methods*. – 2016. – Vol. 127. – Pp. 132–140. – DOI 10.1016/j.mimet.2016.06.004.
22. Silage review: using molecular approaches to define the microbial ecology of silage / T. A. McAllister, L. Dunière, P. Drouin, et al. // *Journal of Dairy Science*. – 2018. – Vol. 101 – № 5. – Pp. 4060–4074. – DOI 10.3168/jds.2017-13704.
23. Bacterial functional prediction tools detect but underestimate metabolic diversity compared to shotgun metagenomics in southwest Florida soils / D. R. Toole, J. Zhao, W. Martens-Habbena, S. L. Strauss // *Applied Soil Ecology*. – 2021. – Vol. 168. – EDN FGHTQE. – DOI 10.1016/j.apsoil.2021.104129.
24. PICRUSt2: an improved and customizable approach for metagenome inference / G. M. Douglas, V. J. Maffei, J. Zaneveld, et al. // *BioRxiv*. – 2020. – Pp. 1–16. – DOI 10.1101/672295.
25. Storage temperature is more effective than lactic acid bacteria inoculations in manipulating fermentation and bacterial community diversity, co-occurrence and functionality of the whole-plant corn silage / J. Bai, Z. Ding, R. Su, et al. // *Microbiology Spectrum*. – 2022. – Vol. 10. – № 2. – EDN EYMSCQ. – DOI 10.1128/spectrum.00101-22.
26. Metagenomic analysis of silage / R. K. Tennant, C. M. Sambles, G. E. Diffey, et al. // *Journal of Visualized Experiments*. – 2017. – Vol. 119. – EDN YXVSWP. – DOI 10.3791/54936.
27. Wood D. E., Salzberg S. L. Kraken: Ultrafast metagenomic sequence classification using exact alignments // *Genome Biology*. – 2014. – Vol. 15. – № 3. – Pp. 1–12. – EDN ZJHNWS. – DOI 10.1186/gb-2014-15-3-r46.
28. CLARK: fast and accurate classification of metagenomic and genomic sequences using discriminative k-mers / R. Ounit, S. Wanamaker, T. J. Close, S. Lonardi // *BMC Genomics*. – 2015. – Vol. 16. – № 1. – Pp. 1–13. – EDN ILGDTG. – DOI 10.1186/s12864-015-1419-2.
29. Taxonomer: an interactive metagenomics analysis portal for universal pathogen detection and host mRNA expression profiling / S. Flygare, K. Simmon, Ch. Miller, et al. // *Genome Biology*. – 2016. – Vol. 17. – Pp. 1–18. – EDN WYUCXH. – DOI 10.1186/s13059-016-0969-1.
30. Combination of metagenomics and culture-based methods to study the interaction between ochratoxin A and gut microbiota / M. Guo, K. Huang, S. Chen, et al. // *Toxicological Sciences*. – 2014. – Vol. 141. – Pp. 314–323. – DOI 10.1093/toxsci/kfu128.
31. Fungal and mycotoxins contamination in corn silage: Monitoring risk before and after fermentation / L. A. M. Keller, M. L. González Pereyra, K. M. Keller, et al. // *Journal of Stored Products Research*. – 2013. – Vol. 52. – Pp. 42–47. – DOI 10.1016/j.jspr.2012.09.001.
32. Exploring microbial community structure and metabolic gene clusters during silage fermentation of paper mulberry, a high-protein woody plant / Z. Du, L. Sun, C. Chen, et al. // *Animal Feed Science and Technology*. – 2021. – Vol. 275. – EDN CJYLDF. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2020.114766.

33. A meta-analysis to observe silage microbiome differentiated by the use of inoculant and type of raw material / R. Ridwan, M. Abdelbagi, A. Sofyan, et al. // *Frontiers in Microbiology*. – 2023. – Vol. 14. – EDN WXEGJL. – DOI 10.3389/fmicb.2023.1063333.
34. Bacterial diversity and fermentation quality of *Moringa oleifera* leaves silage prepared with lactic acid bacteria inoculants and stored at different temperatures / Y. Wang, L. He, Y. Xing, et al. // *Bioresource Technology*. – 2019. – Vol. 284. – Pp. 349–358. – DOI 10.1016/j.biortech.2019.03.139.
35. Effects of inoculants and environmental temperature on fermentation quality and bacterial diversity of alfalfa silage / Q. Zhang, Zh. Yu, X. Wang, J. Tian // *Animal Science Journal*. – 2018. – Vol. 89. – № 8. – DOI 10.1111/asj.12961.
36. Characterization of the microbial community, metabolome and biotransformation of phenolic compounds of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage ensiled with or without inoculation of *Lactobacillus plantarum* / D. Xu, Z. Ding, M. Wang, et al. // *Bioresource Technology*. – 2020. – Vol. 316. – EDN WPIGKQ. – DOI 10.1016/j.biortech.2020.123910.
37. Pereira O. G., Rocha K. D., Ferreira C. L. de L. F. Chemical composition, characterization, and population of microorganisms on elephantgrass «Cameroon» (*Pennisetum purpureum*, Schum) and its silages // *Revista Brasileira de Zootecnia*. – 2007. – Vol. 36. – Pp. 1742–1750. – DOI 10.1590/S1516-35982007000800006.
38. Separating the effects of chemical and microbial factors on fermentation quality and bacterial community of Napier grass silage by using gamma-ray irradiation and epiphytic microbiota transplantation / J. Zhao, X. Yin, S. Wang, et al. // *Animal Feed Science and Technology*. – 2021. – Vol. 280. – EDN DUXRHZ. – DOI 10.1016/j.anifeedsci.2021.115082.
39. Fermentation quality and microbial community of corn stover or rice straw silage mixed with soybean curd residue / X. Wang, J. Song, Z. Liu, et al. // *Animals*. – 2022. – Vol. 12. – № 7. – EDN VDBYTU. – DOI 10.3390/ani12070919.
40. Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films / P. Dolci, E. Tabacco, L. Cocolin, G. Borreani // *Applied and Environmental Microbiology Journal*. – 2011. – Vol. 77. – № 21. – DOI 10.1128/AEM.05050-11.
41. Laboratory silo type and inoculation effects on nutritional composition, fermentation, and bacterial and fungal communities of oat silage / J. J. Romero, Y. Zhao, M. A. Balseca-Paredes, et al. // *Journal of Dairy Science*. – 2017. – Vol. 100. – DOI 10.3168/jds.2016-11642.
42. Bacterial population dynamics during the ensiling of *Medicago sativa* (alfalfa) and subsequent exposure to air / J. A. Mc Garvey, R. B. Franco, J. D. Palumbo, et al. // *Journal of Applied Microbiology*. – 2013. – Vol. 114. – DOI 10.1111/jam.12179.
43. Review on mycotoxin issues in ruminants: Occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects / A. Gallo, G. Giuberti, J. C. Frisvad, et al. // *Toxins (Basel)* – 2015. – Vol. 7. – DOI 10.3390/toxins7083057.
44. Li Y., Nishino N. Effects of inoculation of *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus buchneri* on fermentation, aerobic stability and microbial communities in whole crop corn silage // *Grassland science*. – 2011. – Vol. 57. – Pp. 184–191. – DOI 10.1111/j.1744-697X.2011.00226.x.

References

1. Bernardes T.F., Rêgo A.C. Study on the practices of silage production and utilization on Brazilian dairy farms. *Journal of Dairy Science*. 2014. Vol. 97. Pp. 1852-1861. DOI 10.3168/jds.2013-7181.
2. Zhang Q., Guo X., Zheng M., et al. Altering microbial communities: A possible way of lactic acid bacteria inoculants changing smell of silage. *Animal Feed Science and Technology*. 2021. Vol. 89. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2021.114998.
3. Keeling L., Tunón H., Olmos A., et al. Animal welfare and the united nations sustainable development goals. *Frontiers in Veterinary Science*. 2019. Vol. 6. DOI 10.3389/fvets.2019.00336.

4. Langston C.W., Bouma C. Types and sequence change of bacteria in orchard grass and alfalfa silage. *Journal of Dairy Science*. 1960. Vol. 43. Pp. 1575-1584.
5. Kosolapova V.G., Osipyan B.A., Mamaev A.A. *Ispol'zovanie biologicheskikh preparatov pri silosovanii zlakovykh kul'tur* [Biological preparations in gramineous silage making]. *Kormoproizvodstvo*. 2018. No. 6. Pp. 27-33.
6. Klimenko V.P., Maljarenko S.A. *Konservirovanie bobovykh trav i bobovo-zlakovykh travosmesej s novym biologicheskim preparatom* [Preservation of Legumes and Legume-Grass Mixtures with a New Biological Additive]. *Adaptive fodder production*. 2022. No. 2. Pp. 61-68.
7. Chen L., Bai Sh., You M., et al. Effect of a low temperature tolerant lactic acid bacteria inoculant on the fermentation quality and bacterial community of oat round bale silage. *Animal Feed Science and Technology*. 2020. Vol. 269. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2020.114669.
8. Jaipolsaen N., Sangsritavong S., Uengwetwanit T., et al. Comparison of the effects of microbial inoculants on fermentation quality and microbiota in Napier Grass (*Pennisetum purpureum*) and Corn (*Zea mays* L.) silage. *Frontiers in Microbiology*. 2022. Vol. 12. Pp. 1-12. DOI 10.3389/fmicb.2021.784535.
9. Guo X.S., Ke W.C., Ding W.R., et al. Profiling of metabolome and bacterial community dynamics in ensiled *Medicago sativa* inoculated without or with *Lactobacillus plantarum* or *Lactobacillus buchneri*. *Scientific Reports*. 2018. Vol. 8. DOI 10.1038/s41598-017-18348-0.
10. Jyldyrym E.A., Laptev G.Yu., Ilyina L., et al. *Izuchenie epifitnoi mikroflory kak istochnika formirovaniya mikrobiotsenoza silosa metodom NGS-sekvenirovaniya* [The investigation of endophytic microorganisms as a source for silage microbiocenosis formation using NGS-sequencing]. *Sel'skhozjajstvennaja biologija*. 2015. No. 6. Pp. 832-838. DOI 10.15389/agrobiology.2015.6.832rus.
11. Xu D., Ding Z., Ke W., et al. Modulation of metabolome and bacterial community in whole crop corn silage by inoculating homofermentative *Lactobacillus plantarum* and heterofermentative *Lactobacillus buchneri*. *Frontiers in Microbiology*. 2019. Vol. 9. DOI 10.3389/fmicb.2018.03299.
12. Brusetti L., Borin S., Rizzi A., et al. Exploration of methods used to describe bacterial communities in silage of maize (*Zea mays*) cultivars. *Environmental biosafety research*. 2008. Vol. 7. Pp. 25-33. DOI 10.1051/embr:2007047.
13. Klocke M., Mundt K., Idler C., et al. Monitoring *Lactobacillus plantarum* in grass silages with the aid of 16S rDNA-based quantitative real-time PCR assays. *Systematic and Applied Microbiology*. 2006 Vol. 29. Pp. 49-58. DOI 10.1016/j.syapm.2005.06.001.
14. Eikmeyer F.G., Köfinger P., Poschenel A., et al. Metagenome analyses reveal the influence of the inoculant *Lactobacillus buchneri* CD034 on the microbial community involved in grass ensiling. *Journal of Biotechnology*. 2013. Vol. 167. Pp. 334-343. DOI 10.1016/j.jbiotec.2013.07.021.
15. Bao W., Mi Z., Xu H., et al. Assessing quality of *Medicago sativa* silage by monitoring bacterial composition with single molecule, real-time sequencing technology and various physiological parameters. *Scientific Reports*. 2016. Vol. 6. DOI 10.1038/srep28358.
16. Dunière L., Xu S., Jin L., et al. Bacterial and fungal core microbiomes associated with small grain silages during ensiling and aerobic spoilage. *BMC Microbiology*. 2017. Vol. 17. Pp. 1-16. DOI 10.1186/s12866-017-0947-0.
17. Huws S.A., Kim E.J., Cameron S.J.S., et al. Characterization of the rumen lipidome and microbiome of steers fed a diet supplemented with flax and echium oil. *Microbial Biotechnology*. 2015. Vol. 8. DOI 10.1111/1751-7915.12164.
18. Thomas T., Gilbert J., Meyer F. *Metagenomics – a guide from sampling to data analysis*. *Microbial Informatics and Experimentation*. 2012. Vol. 2. DOI 10.1186/2042-5783-2-3.
19. Pinto A.J., Raskin L. PCR biases distort bacterial and archaeal community structure in pyrosequencing datasets. *PLoS One*. 2012. Vol. 7. DOI 10.1371/journal.pone.0043093.

20. Vinje H., Liland K.H., Almøy T., Snipen L. Comparing K-mer based methods for improved classification of 16S sequences. *BMC Bioinformatics*. 2015. Vol. 16. No. 1. Pp. 1-13. DOI 10.1186/s12859-015-0647-4.
21. Myer P.R., Kim M., Freetly H.C., Smith T.P. Evaluation of 16S rRNA amplicon sequencing using two next-generation sequencing technologies for phylogenetic analysis of the rumen bacterial community in steers. *Journal of Microbiological Methods*. 2016. Vol. 127. Pp. 132-140. DOI 10.1016/j.mimet.2016.06.004.
22. McAllister T.A., Dunière L., Drouin P., et al. Silage review: using molecular approaches to define the microbial ecology of silage. *Journal of Dairy Science*. 2018. Vol. 101. No. 5. Pp. 4060-4074.
23. Toole D.R., Zhao J., Martens-Habbena W., Strauss S.L. Bacterial functional prediction tools detect but underestimate metabolic diversity compared to shotgun metagenomics in southwest Florida soils. *Applied Soil Ecology*. 2021. Vol. 168. DOI 10.1016/j.apsoil.2021.104129.
24. Douglas G.M., Maffei V.J., Zaneveld J., et al. PICRUSt2: an improved and customizable approach for metagenome inference. *BioRxiv*. 2020. Pp. 1-16.
25. Bai J., Ding Z., Su R., et al. Storage temperature is more effective than lactic acid bacteria inoculations in manipulating fermentation and bacterial community diversity, co-occurrence and functionality of the whole-plant corn silage. *Microbiology Spectrum*. 2022. Vol. 10. No. 2. DOI 10.1128/spectrum.00101-22.
26. Tennant R.K., Sambles C.M., Diffey G.E., et al. Metagenomic analysis of silage. *Journal of Visualized Experiments*. 2017. Vol. 119. DOI 10.3791/54936.
27. Wood D.E., Salzberg S.L. Kraken: Ultrafast metagenomic sequence classification using exact alignments. *Genome Biology*. 2014. Vol. 15. No. 3. Pp. 1-12. DOI 10.1186/gb-2014-15-3-r46.
28. Ounit R., Wanamaker S., Close T.J., Lonardi S. CLARK: fast and accurate classification of metagenomic genomic sequences using discriminative k-mers. *BMC Genomics*. 2015. Vol. 16. No. 1. Pp. 1-13. DOI 10.1186/s12864-015-1419-2.
29. Flygare S., Simmon K., Miller C., et al. Taxonomer: an interactive metagenomics analysis portal for universal pathogen detection and host mRNA expression profiling. *Genome Biology*. 2016. Vol. 17. Pp. 1-18. DOI 10.1186/s13059-016-0969-1.
30. Guo M., Huang K., Chen S., et al. Combination of metagenomics and culture-based methods to study the interaction between ochratoxin A and gut microbiota. *Toxicological Sciences*. 2014. Vol. 141. Pp. 314-323. DOI 10.1093/toxsci/kfu128.
31. Keller L.A.M., González Pereyra M.L., Keller K.M., et al. Fungal and mycotoxins contamination in corn silage: Monitoring risk before and after fermentation. *Journal of Stored Products Research*. 2013. Vol. 52. Pp. 42-47. DOI 10.1016/j.jspr.2012.09.001.
32. Du Z., Sun L., Chen C., et al. Exploring microbial community structure and metabolic gene clusters during silage fermentation of paper mulberry, a high-protein woody plant. *Animal Feed Science and Technology*. 2021. Vol. 275. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2020.114766.
33. Ridwan R., Abdelbagi M., Sofyan A., et al. A meta-analysis to observe silage microbiome differentiated by the use of inoculant and type of raw material. *Frontiers in Microbiology*. 2023. Vol. 14. DOI 10.3389/fmicb.2023.1063333.
34. Wang Y., He L., Xing Y., et al. Bacterial diversity and fermentation quality of *Moringa oleifera* leaves silage prepared with lactic acid bacteria inoculants and stored at different temperatures. *Bioresource Technology*. 2019. Vol. 284. Pp. 349-358. DOI 10.1016/j.biortech.2019.03.139.
35. Zhang Q., Yu Zh., Wang X., Tian J. Effects of inoculants and environmental temperature on fermentation quality and bacterial diversity of alfalfa silage. *Animal Science Journal*. 2018. Vol. 89. No. 8. DOI 10.1111/asj.12961 2018.
36. Xu D., Ding Z., Wang M., et al. Characterization of the microbial community, metabolome and bio-transformation of phenolic compounds of sainfoin (*Onobrychis viciifolia*) silage ensiled with or without inoculation of *Lactobacillus plantarum*. *Bioresource Technology*. 2020. Vol. 316. DOI 10.1016/j.biortech.2020.123910.

37. Pereira O.G., Rocha K.D., Ferreira C.L. de L. F. Chemical composition, characterization, and population of microorganisms on elephantgrass "Cameroon" (*Pennisetum purpureum*, Schum) and its silages. *Revista Brasileira de Zootecnia*. 2007. Vol. 36. Pp. 1742-1750. DOI 10.1590/S1516-35982007000800006.
38. Zhao J., Yin X., Wang S., et al. Separating the effects of chemical and microbial factors on fermentation quality and bacterial community of Napier grass silage by using gamma-ray irradiation and epiphytic microbiota transplantation. *Animal Feed Science and Technology*. 2021. Vol. 280. DOI 10.1016/j.anifeedsci.2021.115082.
39. Wang X., Song J., Liu Z., et al. Fermentation quality and microbial community of corn stover or rice straw silage mixed with soybean curd residue. *Animals*. 2022. Vol. 12. No. 7. DOI 10.3390/ani12070919.
40. Dolci P., Tabacco E., Coccolin L., Borreani G. Microbial dynamics during aerobic exposure of corn silage stored under oxygen barrier or polyethylene films. *Applied and Environmental Microbiology Journal*. 2011. Vol. 77. No. 21. DOI 10.1128/AEM.05050-11.
41. Romero J.J., Zhao Y., Balseca-Paredes M.A., et al. Laboratory silo type and inoculation effects on nutritional composition, fermentation, and bacterial and fungal communities of oat silage. *Journal of Dairy Science*. 2017. Vol. 100. DOI 10.3168/jds.2016-11642.
42. McGarvey J.A., Franco R.B., Palumbo J.D., et al. Bacterial population dynamics during the ensiling of *Medicago sativa* (alfalfa) and subsequent exposure to air. *Journal of Applied Microbiology*. 2013. Vol. 114. DOI 10.1111/jam.12179.
43. Gallo A., Giuberti G., Frisvad J.C., et al. Review on mycotoxin issues in ruminants: Occurrence in forages, effects of mycotoxin ingestion on health status and animal performance and practical strategies to counteract their negative effects. *Toxins*. 2015. Vol. 7. DOI 10.3390/toxins7083057.
44. Li Y., Nishino N. Effects of inoculation of *Lactobacillus rhamnosus* and *Lactobacillus buchneri* on fermentation, aerobic stability and microbial communities in whole crop corn silage. *Grassland science*. 2011. Vol. 57. Pp. 184-191. DOI 10.1111/j.1744-697X.2011.00226.x.

УДК 502/504; 631/635; 911

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2026-3-88-97

ХАРАКТЕРИСТИКА АГРОЛАНДШАФТОВ НИЖЕГОРОДСКОГО ОКРУГА ВОЛГО-ВЯТСКОГО РАЙОНА И ПУТИ ИХ ОПТИМИЗАЦИИ*

Е. П. Яковлева, старший научный сотрудник

ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»

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

belokur0705@yandex.ru

CHARACTERISTICS OF AGRICULTURAL LANDSCAPES OF THE NIZHNY NOVGOROD REGION AND WAYS TO OPTIMIZE THEM

E.P. Yakovleva, Senior Researcher

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

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

belokur0705@yandex.ru

В успешном развитии сельскохозяйственного производства большую роль играют всесторонний учет и наиболее полное использование природных и хозяйственных ресурсов, рациональное природопользование, оптимизация агроландшафтов, улучшение и охрана окружающей среды. Одним из направлений в адаптивной интенсификации сельского хозяйства, обеспечении продовольственной и экологической безопасности России является агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий (ПКУ). На примере Нижегородского округа показаны все характеристики природных условий, а также основные показатели сельскохозяйственной деятельности в округе. Установлено что малоплодородные почвы обусловили здесь развитие животноводства, как основной отрасли. В то же время совокупность всех природных факторов весьма благоприятна для развития в округе как полевого, так и лугового кормопроизводства. В том числе этому способствуют большие площади пойменных лугов, которые занимают 34 % общей площади ПКУ округа. Приводится характеристика основных типов лугов и пастбищ, их урожайность и качество корма, особенности использования. На основе материалов агроландшафтно-экологического районирования и с учетом природных и хозяйственно-экологических особенностей округа получена информация для выработки основных направлений в деле оптимизации агроландшафтов и усиления роли природных кормовых угодий в них.

Ключевые слова: сельское хозяйство, земельные угодья, агроландшафты, природные кормовые угодья, рациональное природопользование, оптимизация агроландшафтов.

The successful development of agricultural production is greatly facilitated by comprehensive accounting and the most complete use of natural and economic resources, rational use of natural resources, optimiza-

* Статья подготовлена в рамках темы FGGW-2025-0004 государственного задания № 075-00502-25-00 ФНЦ «ВИК имени В. Р. Вильямса».

tion of agricultural landscapes, and improvement and protection of the environment. One of the approaches to the adaptive intensification of agriculture and ensuring Russia's food and environmental security is the agrolandscape-ecological zoning of natural forage lands. Using the Nizhny Novgorod district as an example, all the characteristics of the natural conditions, as well as the main indicators of agricultural activity in the district, are shown. It has been established that the poor fertility of the soils has led to the development of livestock farming as the main industry here. At the same time, the combination of all natural factors is very favorable for the development of both field and meadow forage production in the area. This is also facilitated by the large areas of floodplain meadows, which account for 34% of the total area of the district's natural forage lands. The article provides a description of the main types of meadows and pastures, their yield and feed quality, and the specifics of their use. Based on the materials of agrolandscape-ecological zoning and taking into account the natural and economic-ecological characteristics of the district, information has been obtained to develop the main directions for optimizing agrolandscapes and enhancing the role of natural forage lands within them.

Keywords: agriculture, land resources, agrolandscapes, natural forage lands, rational use of natural resources, optimization of agrolandscapes.

Введение. Агрорландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий, разработанное на территорию всей страны, для всех природно-экологических районов, дает исчерпывающие материалы для планирования дальнейшего развития сельскохозяйственного производства и усиления роли кормопроизводства, в частности ПКУ, в этом процессе.

Это третье районирование, осуществленное в институте кормов имени В. Р. Вильямса.

Первое — инвентаризация естественных сенокосных и пастбищных угодий СССР проводилось под руководством профессора Л. Г. Раменского в 1932–1935 гг., второе — по заданию «Разработать геоботанические основы реконструкции природных кормовых угодий» в 1971–1980 гг. Эти два больших труда касались исключительно естественных сенокосов и пастбищ.

Третье районирование представляет ПКУ как важную часть агрорландшафтов, оказывающую большое влияние на продуктивность пахотных земель, не говоря

уже об их роли в обеспечении кормами животноводства.

Материалы и методика. Агрорландшафтно-экологическое районирование (АЭР) разработано на основе почвенно-экологического районирования [1; 2]. Источниками информации служили материалы природно-сельскохозяйственного районирования земельного фонда СССР, карта природных кормовых угодий РФ, эколого-географическая карта РФ [3; 4; 5], использовались ландшафтные карты, карты растительности, материалы физико-географического и климатического районирований, многочисленные литературные источники, фондовые материалы и др. Статистические данные брались из справочных материалов, выпускаемых Роскомземом, Росземкадастром, Росреестром.

При проведении исследований проводился тщательный анализ собранных материалов, их сопоставление и систематизация, устанавливалась роль и взаимосвязь ПКУ с другими элементами агрорландшафтов. Характеристика содержания единиц районирования насыща-

лась множеством показателей — природных, статистических, хозяйственных.

Результаты исследований. Предназначение АЭР заключается в учете территориальных различий природных и экономических условий, биологических и экологических закономерностей агроландшафтов. В результате районирования раскрыты закономерности распределения природных факторов сельскохозяйственного производства, их взаимодействие и проявление в определенных территориальных выделах, а также особенности экологического состояния агроландшафтов и используемых земель.

Основная цель районирования в предоставлении отправных данных для разработки и освоения адаптивных систем ведения кормопроизводства, земледелия, оптимизации агроландшафтов, рационального природопользования и охраны окружающей среды.

Впервые сделан акцент на средостабилизирующей и природоохранной роли ПКУ в совокупности с их продукционной функцией. Кроме того третье районирование выполнено более детально по сравнению с предыдущими. Это видно на примере Волго-Вятского природно-экономического района (табл. 1).

1. Детальность трех районирований территории Волго-Вятского природно-экономического района

Районирования	Зоны	Провинции	Округа
Инвентаризация естественных сенокосных и пастбищных угодий СССР (1932–1935 гг.)	2	4	13
Районирование природных кормовых угодий СССР (1971–1980 гг.)	3	4	—
Агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий России (2001–2023 гг.)	4	7	20

По количеству выделенных единиц современное районирование на 40 % превышает детальность первого районирования и на 80 % — второго.

Природа Волго-Вятского района очень разнообразна.

На его территории выделены четыре зоны: Среднетаежная, занимающая 13 % всей площади района, Южнотаежная — 52 %, Широколиственно-лесная — 29 %, Лесостепная — 6 %.

Зоны подразделены на семь провинций. В границах провинций выделено 20 округов. Округ — низшая единица районирования, обладающая самым большим объемом информации о природных

и хозяйственных особенностях территории.

По результатам АЭР ниже приводится характеристика одного из округов в составе Волго-Вятского природно-экономического района.

Нижегородский округ расположен в Среднерусской провинции Южнотаежной зоны, на территории двух субъектов РФ: западная его половина в центральной части Нижегородской области, восточная — на большей части территории республики Марий Эл. Общая площадь округа — 2573,6 тыс. га.

Климат округа умеренный континентальный. Параметры атмосферных ре-

жимов соответствуют данным по Среднерусской провинции: средняя температура января -13°C , июля $+17,5^{\circ}\text{C}$, суммы $t > 10^{\circ}\text{C}$ равны 1880; продолжительность периода с $t > 10^{\circ}\text{C}$ — 124 дня, безморозного периода — 126 дней; осадков за год выпадает 555 мм, годовой коэффициент увлажнения по Высоцкому-Иванову 1,0–1,33 [6].

Для Нижегородского округа характерны древнеаллювиальные, аллювиально-зандровые и зандровые ландшафты низменных платформенных равнин, возвышающихся на 100 м, а в северной части — до 200 м над уровнем моря. По р. Волге, долина которой достигает местами 10–12 км и состоит из пойменной и надпойменной террас, проходит южная граница округа. Рельеф преимущественно плоский и волнистый, местами холмисто-увалистый; на северо-западе с балками, ложбинами, на северо-востоке с балками и карстовыми воронками. В долине Волги рельеф плоский и плоскогрядовый, в пойме — гривисто-западинный с руслами и протоками. Хорошо развита речная сеть, созданная левыми притоками Волги: Узола, Линда, Керженец, Ветлуга, Большая Кокшага, Малая Кокшага, Илеть и др.

В почвенном покрове преобладают дерново-подзолистые иллювиально-железистые преимущественно песчаные почвы, характеризующиеся кислой реакцией по всему профилю, небольшим содержанием гумуса. На втором месте подзолы альфегумусовые песчаные — бедные элементами питания, с кислой реакцией и низкой водоудерживающей способностью. Имеют распространение торфяные болотные низинные почвы.

В растительном покрове преобладают леса (63 % от площади округа), преимущественно сосновые, в основном хорошего бонитета. Крупными массивами они тянутся по левобережью Волги. На остальной территории кроме сосновых встречаются вторичные березовые и осиновые, реже широколиственно-темнохвойные леса.

Основные сельскохозяйственные угодья занимают 608,6 тыс. га, что составляет 23 % от площади округа, в том числе пашня — 411,2 тыс. га (16 %), сенокосы — 66,0 тыс. га (2 %), пастбища — 131,4 тыс. га (5 %). Расположены они главным образом в западной, северной и восточной частях округа.

Главной отраслью сельского хозяйства Нижегородского округа является животноводство. Низкое почвенное плодородие сдерживает здесь развитие зернового хозяйства, выращивание технических культур. Поэтому растениеводство ориентировано на выращивание кормов для животноводства. Так, в структуре посевных площадей доля кормовых культур составляет 40–42 %, из них наибольшая часть — под многолетними травами. Кроме того, на корм животным производятся ячмень, овес, зернобобовые.

Структура сельскохозяйственных земель за годы, прошедшие после первого районирования, претерпела значительные изменения (табл. 2).

Из таблицы видно, что наибольшие площади сельхозземель образовались к 1980 г. В начале 1970-х годов была принята Программа развития Нечерноземья. В результате осуществления этой программы осваивались новые земли, проводились широкомасштабные мелиора-

тивные работы по расчистке земель от мелколесья и кустарника, по осушению переувлажненных и заболоченных земель. Мелиорированные земли распахи- вались не только под сельскохозяйст-

венные культуры, на них организовыва- лись долголетние культурные пастбища и сеяные сенокосы. Доля пастбищ к 1980 г. в Нижегородском округе увели- чилась в 2,5 раза.

2. Динамика структуры сельскохозяйственных земель Нижегородского округа

Сельскохозяйственные угодья	% от общей площади округа				
	1935 г.	1980 г.	1997 г.	2010 г.	2024 г.*
Пашня	19	22	17	17	16
Сенокосы	6	6	4	2	2
Пастбища	2	5	4	5	5

**Данные Государственного (национального) доклада о состоянии и использовании земель в Российской Федерации в 2024 г. М. : Росреестр, 2025. 203 с.*

В постперестроечный период про- изошел ощутимый спад в сельскохозяй- ственном производстве. Были утрачены огромные площади как пахотных земель, так и сенокосов. И в первую очередь бы- ли заброшены мелиорированные земли, поскольку они требовали постоянного внимания (внесение удобрений, уход за осушительными системами), а разоряв- шиеся хозяйства не могли этого обеспе- чить. Брошенные угодья быстро зараста- ли мелколесьем, началось вторичное за- болачивание.

В 2000-е годы ситуация, хотя и ма- лыми темпами, стала улучшаться, но площади сельскохозяйственных земель не достигли уровня не только 80-х годов, но и довоенных лет прошлого века. Са- мые кардинальные изменения произош- ли с природными кормовыми угодьями. Если в 30-е годы прошлого столетия площадь сенокосов втрое превышала площадь пастбищ, то к концу века их площади уравнились, а в первой четвер- ти 21 века площади сенокосов в 2–2,5 раза уменьшились по сравнению с паст- бищными площадями.

Причин тому несколько. В 1980– 1982 гг. было заполнено Чебоксарское водохранилище, в результате чего утра- чены не только волжские пойменные се- нокосы, но и подтоплены устья притоков р. Волги, а пойма р. Ветлуги с высоко- урожайными сенокосами была полно- стью затоплена в границах Нижегород- ского округа.

Другая причина в том, что с середи- ны 1980-х годов в связи с радикальными экономическими и социальными изме- нениями в сельском хозяйстве значи- тельная часть сенокосных площадей ста- ла подвергаться чрезмерной эксплуата- ции (ранневесенний выпас до сенокоса, выпас по отаве до глубокой осени), что быстро привело эти сенокосы к паст- бищной стадии. В первую очередь в раз- ряд пастбищ были переведены сенокосы на водоразделах, затем это коснулось самых ценных — пойменных сенокосов. Одновременно с этим в местах, где была прекращена хозяйственная деятельность, огромные площади как сенокосов, так и пастбищ зарастали лесом и мелколесьем, теряя статус кормового угодья.

Еще одна причина — резкое сокращение поголовья скота в последнее десятилетие прошлого века и перевод его на стойловое содержание. Эта же тенденция сохранилась и в начале нынешнего века, что можно проследить на примере республики Марий Эл [7].

Из таблицы 3 видно, что в начале

2000-х годов численность крупного рогатого скота (КРС) снизилась вдвое. Затем темпы снижения замедлились, и в 2015 г. убыль составила 25 % к 2010 г. Дальше наметился небольшой рост поголовья КРС и к 2020 г. он составил 6 %. В последние пять лет ситуация стабилизировалась.

3. Поголовье скота в хозяйствах всех категорий республики Марий Эл (тыс. голов)

Категория скота	2000 г.	2010 г.	2015 г.	2020 г.	2025 г.
Крупный рогатый скот	194,0	102,2	76,1	81,0	81,3
в т. ч. коровы	93,8	44,9	31,9	30,5	28,8
Овцы и козы	68,7	64,6	40,5	34,6	19,0

С численностью поголовья мелкого рогатого скота все происходило наоборот. Сначала темпы снижения не были резкими, но в последнее десятилетие поголовье овец и коз сократилось вдвое. Стойловое содержание скота привело к тому, что основная часть заготавливаемых кормов производится на пахотных землях. Несмотря на это, естественные сенокосы и пастбища продолжают играть важную роль в обеспечении животноводства кормами.

В настоящее время половина площадей ПКУ округа (51 %) расположена на водоразделах (из них 37 % — суходольные угодья, 14 % — низинные). Пойменные ПКУ занимают 34 % от общей площади, в том числе 20 % — краткопоемные, 14 % — долгопоемные. Заболоченные ПКУ, доля которых составляет 15 %, есть как на водоразделах, так и в поймах.

На территории Нижегородского округа выделено 18 типов ПКУ, относящихся к 10 подклассам и пяти классам в

соответствии с классификацией Поволжского экономического района, разработанной на основе Всесоюзной классификации сенокосов и пастбищ [8].

Ниже приведена краткая характеристика наиболее распространенных типов ПКУ.

На водоразделах наибольшие площади занимают злаково-ползучеклеверно-разнотравные разной степени сбитости пастбища с щучкой, мятликом луговым, овсяницей красной, полевицей тонкой (урожайность от 3 до 7 ц/га сухого поеданного корма среднего качества). Выродившиеся старосеяные луга с мятликом луговым и тимофеевкой, с большим участием разнотравья, в том числе сорного, также используются под выпас. К пологим и крутым склонам балок приурочены пастбища, используемые в основном под выпас мелкого рогатого скота с мелкозлаково-разнотравными с участием бобовых травостоями среднего и ниже среднего качества (урожайность 5 ц/га).

По неглубоким понижениям и выполненным днищам лощин распространены низинные луга грунтового, в том числе ключевого увлажнения. Представлены они крупнозлаковыми и крупноразнотравными с большим участием осок травостоями (урожайность 13 ц/га сена и 7 ц/га пастбищного корма). Используются эти угодья нерегулярно из-за низкого качества корма, в основном, когда выгорают травостои на повышенных элементах рельефа.

В поймах малых рек наибольшие площади занимают краткостоящие сырые и влажные крупноразнотравные с участием осок луга, щучковые кочкарники, расположенные в межгрядных понижениях и притеррасьях. Они мало используются вследствие низкого и ниже среднего качества корма (урожайность 16–18 ц/га сена, 10–12 ц/га пастбищного корма). Более высокие уровни этих пойм, напротив, очень интенсивно используются под выпас и характеризуются сбитыми мелкотравными травостоями с белоусом, клевером ползучим, пастбищным разнотравьем (урожайность 6–8 ц/га, качество корма ниже среднего).

Самые ценные сенокосные площади сосредоточены на долгопостоящих лугах. Здесь, на выровненных участках и пологих гривах центральной поймы, распространены злаково-разнотравные со злаками высокого кормового достоинства (овсяница, тимофеевка, мятлики, кострец безостый и др.) и с участием бобовых травостои (урожайность сена 16–20 ц/га).

Неглубокие понижения занимают лисохвостники и лисохвостно-злаково-разнотравные луга (урожайность 19–23 ц/га). На более выраженных пониже-

ниях произрастают двукисточниковые, иногда с большим участием бекмании и осок, луга (урожайность 20–25 ц/га). Все вышеперечисленные травостои дают сено хорошего и выше среднего качества. В прирусловых частях пойм еще встречаются корневищнозлаково-разнотравные травостои с пыреем, кострецом и другими ценными злаками, но большая часть этих лугов распаханна или переведена в разряд пастбищ с полностью видоизмененным травостоем, сбитым и потому малопродуктивным.

Заболоченные ПКУ, как водораздельные, так и пойменные, практически не используются.

В целом агроландшафты Нижегородского округа обладают хорошим соотношением пахотных земель со средостабилзирующими и природоохранными объектами (леса, луга и пастбища, реки с пойменными угодьями). Территория характеризуется умеренным смывом почв при слабом развитии оврагов. Водная эрозия на территории Нижегородского округа составляет 5–10 % от общей площади возделываемых и заброшенных пашен и пастбищ (на супесчаных и песчаных почвах развита слабо или отсутствует — 0–5 %) [9].

Основным фактором развития негативных процессов является недоиспользование земель, которое ведет к зарастанию их древесно-кустарниковой растительностью; к заболачиванию и, как следствие, к снижению устойчивости к пастбищным нагрузкам, к закоркаванию пастбищ.

Основные меры по повышению производительности сельскохозяйственных земель должны разрабатываться с учетом реальных экономических возможно-

стей хозяйств. Не стоит планировать такое затратное мероприятие, как освоение новых земель. Необходимо наиболее рационально и в полном объеме использовать существующие пахотные земли. Это предусматривает:

1. внесение минеральных и органических удобрений и известкование почв. При дефиците удобрений рекомендуется использование сидератов под посевы;

2. учитывая, что значительная часть пахотных почв в округе характеризуется легкосуглинистым, супесчаным и песчаным гранулометрическим составом, — проведение углубления пахотного слоя до 25 см;

3. организация защиты почв от весеннего смыва на пашне при применении ограничительных мер по закреплению оврагов;

4. рациональное применение севооборотов;

5. осушение переувлажненных территорий.

Оптимизация использования природных сенокосов и пастбищ должна начинаться с рационального их использования, с соблюдения сроков сенокоса, с регулируемого и нормированного выпаса. Первоочередными мероприятиями по улучшению ПКУ должны стать:

1. поверхностное улучшение ПКУ, включающее следующие меры: подкормка удобрениями, подсев трав, борьба с луговыми сорняками, уничтожение земляных и растительных (щучковые, осоковые) кочек и др.;

2. перезалужение старосеяных сенокосов и пастбищ;

3. лесомелиорация для закрепления

оврагов, сохранение и улучшение лесов, особенно приречных и балочных;

4. особое внимание должно быть уделено пойменным угодьям. Аллювиальные почвы, обладая достаточной обеспеченностью элементами питания и влагой, распахиваются под посевы овощных и других культур. Но основное предназначение пойменных земель — использование их под сенокосы и пастбища. Пойменные луга, по сравнению с водораздельными, дают высокие урожаи сена и пастбищного корма лучшего качества. Кроме того, пойменные почвы и травостой играют большую роль как природоохранные объекты (особенно водоохранные). Поэтому, кроме мер по улучшению, перечисленных выше, с целью сохранения высокой продуктивности и качества пойменных травостоев, следует свести до минимума распашку и смешанное использование сенокосов.

Заключение. Агроландшафтно-экологическое районирование предоставляет максимально полную информацию для территорий округов, выделенных на основании общности климатических, ландшафтных, почвенных, геоботанических, экологических и других показателей. Кроме природных условий, приводится характеристика сельскохозяйственного использования этих территорий с наиболее подробными данными по природным кормовым угодьям.

Такая информация должна стать отправной точкой для хозяйственных субъектов различного уровня при разработке планов оптимизации развития сельскохозяйственного производства, и, в частности, кормопроизводства.

Литература

1. Агроландшафтно-экологическое районирование природных кормовых угодий регионов России / И. А. Трофимов, Л. С. Трофимова, Е. П. Яковлева, и др. // Вестник Московского университета. Серия 5: География. – 2024. – Т. 79. – № 2. – С. 43–53. – EDN RDPFWP. – DOI 10.55959/MSU0579-9414.5.79.2.4.
2. Карта почвенно-экологического районирования Восточно-Европейской равнины. Масштаб 1:2500000 / Г. В. Добровольский, И. С. Урусевская, В. П. Винюкова, и др. – М. : ТОО «ЭКОР», 1997. – 4 л. – EDN WDYRDZ.
3. Природно-сельскохозяйственное районирование земельного фонда СССР. Карта. Масштаб 1:8000000 / Д. И. Шашко, С. И. Носов, П. Ф. Лойко, и др. – М. : ГУГК, 1984. – 1 л. – EDN WOVJRB.
4. Природные кормовые угодья Российской Федерации и сопредельных государств. Карта. Масштаб 1:4000000. – М. : Роскартография, 2001. – 4 л.
5. Эколого-географическая карта Российской Федерации. Масштаб 1:4000000. – М. : ФСГК, 1996. – 4 л.
6. Урусевская И. С., Алябина И. О., Шоба С. А. Карта почвенно-экологического районирования Российской Федерации. Масштаб 1:8000000. Пояснительный текст и легенда к карте. Учебное пособие. – М. : МАКС Пресс, 2020. – 100 л. – EDN TALQBO.
7. Республика Марий Эл в цифрах 2023 : краткий статистический сборник / редколлегия: И. П. Петрова, Е. Е. Катаева. – Йошкар-Ола : Территориальный орган Федеральной службы государственной статистики по Республике Марий Эл, 2023. – 364 с.
8. Методические указания по классификации сенокосов и пастбищ равнинных территорий европейской части СССР / И. В. Савченко, С. И. Дмитриева, Н. А. Семенов, В. Б. Голуб. – М. : ВАСХНИЛ, ВНИИ кормов, 1987. – 148 с. – EDN ZXUNMB.
9. Национальный атлас почв Российской Федерации / Н. А. Аветов, А. Л. Александровский, И. О. Алябина, и др. – М. : Астрель, 2011. – 632 с. – EDN TIFKYN.

References

1. Trofimov I.A., Trofimova L.S., Yakovleva E.P., et al. *Agrolandshaftno-ekologicheskoe rajonirovanie prirodnykh kormovykh ugodij regionov Rossii* [Agrolandscape-ecological zoning of natural forage lands in Russian regions]. *Vestnik Moskovskogo universiteta*. Episode 5: Geography. 2024. Vol. 79. No. 2. Pp. 43-53. DOI 10.55959/MSU0579-9414.5.79.2.4 18.
2. Dobrovolskii G.V., Urusevskaya I.S., Vinyukova V.P., et al. *Karta pochvenno-ekologicheskogo raionirovaniya Vostochno-Evropeiskoi ravniny. Masshtab 1:2500000* [Map of soil-ecological zoning of the East European Plain. Scale 1:2500000]. Moscow. TOO "EKOR" Publ. 1997. 4 sheets.
3. Shashko D.I., Nosov S.I., Loiko P.F., et al. *Prirodno-sel'skokhozyajstvennoe rajonirovanie zemel'nogo fonda SSSR. Karta. Masshtab 1:8000000* [Natural and agricultural zoning of the USSR land fund. Map 1:8000000]. Moscow. GUGK Publ. 1984. 1 sheet.
4. *Prirodnye kormovye ugod'ya Rossijskoj Federatsii i sopredel'nykh gosudarstv. Karta 1:4000000* [Natural forage lands of the Russian Federation and neighboring countries. Scale 1:4000000]. Moscow. Roscartography. 2001. 4 sheets.
5. *Ekologo-geograficheskaya karta Rossijskoj Federatsii. Masshtab 1:4000000* [Ecological and geographical map of the Russian Federation, scale 1:4000000]. Moscow. FSGK Publ. 1996. 4 sheets.
6. Urusevskaya I. S., Alyabina I. O., Shoba S. A. *Karta pochvenno-ekologicheskogo raionirovaniya Rossijskoj Federatsii. Masshtab 1:8000000. Poyasnitel'nyi tekst i legenda k karte. Uchebnoe posobie*. [Map of soil-ecological zoning of the Russian Federation. Scale 1:8000000. Explanatory text and legend to the map. Textbook]. Moscow. "MAKS Press" Publ. 2020. 100 sheets.

7. Petrova I.P., Kataeva E.E. (eds). *Respublika Marii El v tsifrakh 2023 : kratkii statisticheskii sbornik* [The Republic of Mari El in numbers 2023: a short statistical collection]. Joshkar-Ola. *Territorial'nyi organ Federal'noi sluzhby gosudarstvennoi statistiki po Respublike Marii El*. 2023. 364 p.
8. Savchenko I.V., Dmitrieva S.I., Semenov N.A., Golub V.B. *Metodicheskie ukazaniya po klassifikatsii senokosov i pastbishch ravninnoi territorii evropeiskoi chasti SSSR* [Methodological guidelines for the classification of hayfields and pastures of the flat territory of the European part of the USSR]. Moscow. *VASKhNIL VNII kormov* Publ. 1987. 148 p.
9. Avetov N.A., Aleksandrovsii A.L., Alyabina I.O., et al. *Natsional'nyi atlas pochv Rossiiskoi Federatsii* [Soil atlas of the Russian Federation]. Moscow. *Astrel* Publ. 2011. 632 p.



Памяти ученого

24 августа 2026 г. исполнилось 95 лет со дня рождения выдающегося ученого России в области полевого кормопроизводства, доктора сельскохозяйственных наук, профессора Георгия Дмитриевича Харькова.

Георгий Дмитриевич Харьков родился 24 августа 1931 г. в г. Ташкенте. В 1938 г. семья переехала в г. Петрозаводск, где родители работали в агрохимической лаборатории Карельской сельскохозяйственной опытной станции.

В годы Великой Отечественной войны, с 1943 г., Георгий Дмитриевич находился в эвакуации в Вологодской области, подростком совмещал учебу в школе с работой в колхозе. В 1946 г. семья вернулась в Карелию, и 8–10-й классы ему пришлось заканчивать в Сортавальской средней школе, которая находилась в 60 км от дома. Окончив школу в 1949 г., Георгий Дмитриевич поступил в Ленинградский сельскохозяйственный институт. После получения диплома ученого агронома в 1954 г. был направлен на работу в Псковскую область. Работал сначала агрономом и заместителем председателя, а затем председателем правления колхоза «Правда» Печорского района.

В 1959 г. поступил в аспирантуру ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса, успешно закончил ее в 1961 г. и был принят на должность младшего научного сотрудника отдела бобовых культур ВИК. В 1967 г. защитил кандидатскую диссертацию по клеверу луговому, как ценной кормовой культуре.

За период более чем полувековой трудовой деятельности работал и агрономом, и председателем колхоза, младшим и старшим научным сотрудником,

заведующим сектором организации НИР, исполняющим обязанности заместителя директора ВИК по научной работе, заведующим лабораторией многолетних и однолетних бобовых культур, заведующим отделом полевого кормопроизводства.

Совместно с сотрудниками института, аспирантами и соискателями в течение 46 лет проводил полевые, вегетационные и лабораторные опыты, главным образом с такими многолетними бобовыми травами как клевер луговой, люцерна, эспарцет, донник белый, козлятник восточный. Кроме того, провел серию полевых опытов с многолетними злаковыми травами (ежой сборной, тимфеевкой луговой, кострцом безостым, овсяницей луговой, фестулолиумом), выращиваемыми в одновидовых и смешанных посевах с многолетними бобовыми культурами. Значительное место в исследованиях отводилось использованию в качестве покровных культур многолетних трав ячменя, овса, яровой пшеницы на зерно, вико-овсяной смеси, кукурузы, проса, суданской травы, убираемых на зеленый корм и ранний силос. Много внимания в исследованиях уделялось разработке и совершенствованию технологий возделывания на зернофураж таких зернобобовых культур, как кормовые бобы, посевной горох, вика яровая и соя. С целью обогащения силоса растительным белком в условиях се-

верного Кавказа проводились исследования по подбору и оценке продуктивности смешанных посевов разнопоспевающих сортов зернового сорго с сортами сои и гиацинтовыми бобами.

Большое место в работе Георгий Дмитриевич уделял методическим вопросам и подготовке научных кадров. Под его руководством успешно защитили кандидатские диссертации 18 аспирантов. Помимо Центрального района Нечерноземной зоны РФ, исследования проводились в Белоруссии, на орошаемых землях Крыма, в Казахстане, в Татарии, на Северном Кавказе, на северо-западе и северо-востоке европейской территории России.

На основании проведенных исследований и обобщения экспериментального материала автором отдельно и в соавторстве с научными сотрудниками и аспирантами опубликовано около 200 научных трудов: книг, статей и рекомендаций по различным вопросам полевого кормопроизводства:

- научное обоснование технологий создания высокопродуктивных травостоев многолетних трав в условиях интенсификации полевого кормопроизводства;
- особенности удобрения многолетних трав;
- применение микроудобрений на бобовых культурах;
- изучение продуктивности однолетних и смешанных посевов многолетних трав;
- создание зеленого и сырьевого конвейеров из многолетних трав;
- разработка и совершенствование технологий возделывания зернобобовых культур на зернофураж;
- пути решения проблемы производства кормов и растительного белка.

В 2000 г. Георгий Дмитриевич защитил диссертацию на соискание ученой степени доктора сельскохозяйственных наук «Повышение эффективности полевого травосеяния и его роли в решении проблемы производства кормов в лесной зоне европейской части России».

В 2001 г. ему было присвоено ученое звание профессора по специальности «растениеводство».

Георгий Дмитриевич до последнего дня своей жизни оставался в строю, продолжал работать научным консультантом, являлся членом ученого совета ВНИИ кормов имени В. Р. Вильямса и специализированного совета по присвоению ученых степеней доктора и кандидата сельскохозяйственных наук. Будучи членом секции «Полевое кормопроизводство» Россельхозакадемии многие годы координировал в СССР и Российской Федерации исследования по вопросам полевого травосеяния, был одним из руководителей общесоюзной и общероссийской программ НИР по полевному кормопроизводству.

Георгий Дмитриевич награжден двумя бронзовыми и серебряной медалями ВДНХ СССР; многими медалями, в том числе «За доблестный труд в Великой Отечественной войне 1941–1945 гг.». Неоднократно награждался благодарственными грамотами Московской областной организации общества «Знание» РСФСР, почетными грамотами РАСХН, Министерства сельского хозяйства и продовольствия Московской области, главы и Совета депутатов г. Лобни. Дипломом и премией Президиума РАСХН.

Самым главным в жизни Георгия Дмитриевича, по его словам, были учеба и работа, которым он отдал более 65 лет.

Любил театр. В период отпуска ездил в Крым или на Черноморское побережье Кавказа. В годы перестройки о посещении театров и поездках оставалось только мечтать, так как цены на билеты «кусались». Поэтому, как он сам писал, «все свободное время, в том числе отпуска, работаю в саду-огороде, где занимаюсь выращиванием ягод, фруктов, овощей и картофеля, практически полностью снабжаю продукцией всю семью. Изредка читаю художественную литературу, смотрю телевизор, к юбилейным датам родственников и сослуживцев, к празднику 8 марта и некоторым знаменательным датам пишу стихи. Как и все, не теряю надежду на лучшее будущее...».

В науке жизненное кредо Г. Д. Харькова оставалось неизменным: высокая самоотдача, глубокое познание научных основ агротехники многолетних трав, бескорыстная передача полученных знаний своим аспирантам и товарищам по работе, активное участие в общественной жизни института кормов, за что Георгий Дмитриевич снискал глубокое уважение к себе.

Светлая память о Георгии Дмитриевиче Харькове как о достойном человеке и большом ученом навсегда останется в наших сердцах.

*Коллектив
ФНЦ «ВИК им. В. Р. Вильямса»*

Стихотворение Г. Д. Харькова
«Немного о себе»

Я из поэтов Пушкина люблю.
Его стихи бальзамом на душу ложатся.
Они прекрасны, не содержат лжи
И не таят в себе лукавства.
...Жить честно, злобы не тая
На сослуживцев, или на соседа —
Такая линия моя, хотя она трудна
И не всегда находит должного ответа.
Мне в жизни, в общем, повезло:
Я больше знал людей надежных и приятных,
Кто честь свою не запятнал
И в трудную минуту руку мне подал.
...Я уважаю труд,
Страну люблю родную,
Но горько от того,
Что плохо мы живем.
Куда же мы идем? Богатая страна,
Но резкие контрасты:
Кто в роскоши купается,
Кто в нищете живет...
...Когда же к нам придут прозрение и отвага,
Когда сплотится наш поруганный народ?
Когда с лица земли сметет всю нечисть без возврата
И жизнь достойную себе приобретет?

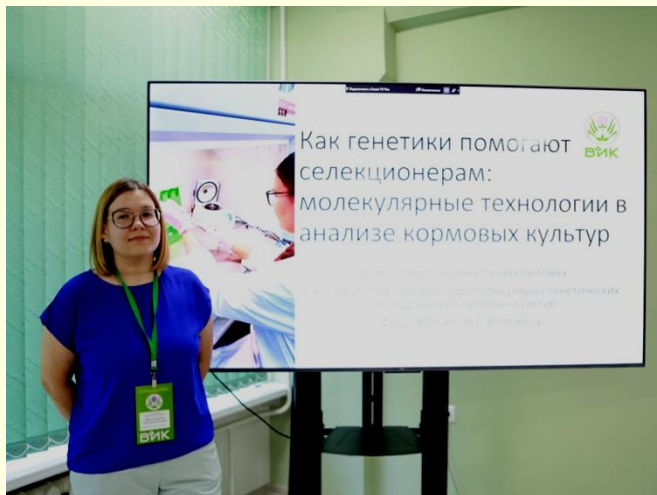
Август 2006

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, ФГБОУ ДПО «Российская академия менеджмента и аналитики в животноводстве»
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	доктор 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, Federal State Budgetary Educational Institution of Additional Professional Education "Russian Academy of Management and Analytics in Livestock Farming"
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	Doctor 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 обложке Е. С. Самохина