

УДК 633.36/.37 / 631.542.4

**БИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ ПЛОДООБРАЗОВАНИЯ
И ФОРМИРОВАНИЯ УРОЖАЯ СЕМЯН
ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО (*Lotus corniculatus* L.)****В.Н. Золотарев**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

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

vniikormov@mail.ru**BIOLOGICAL FEATURES OF FRUIT FORMATION
AND CROP FORMATION SEEDS
OF BIRDSFOOT TREFOIL (*Lotus corniculatus* L.)****V.N. Zolotarev**, Candidate of Agricultural Sciences

Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology

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

vniikormov@mail.ru

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-30-44

Ограниченное использование в кормопроизводстве лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) определяется большим дефицитом его семян. В настоящее время предложение на коммерческом рынке сертифицированных семян примерно в десять раз меньше научно обоснованных объемов потребности в посевном материале этой культуры. Биологической особенностью лядвенца рогатого является побегообразование и рост в течение всего вегетационного сезона, растянутый период цветения. Это затрудняет определение оптимальных сроков и способов уборки семенных травостоев. Она сопряжена с большими потерями урожая из-за неравномерности созревания бобов и сильным их растрескиванием в жаркую погоду при низкой относительной влажности воздуха. Обилие большого количества зеленых побегов, увеличивающих влажность травостоя, также сильно затрудняет обмолот и требует проведения десикации. Выбор оптимального срока и способа проведения обмолота — это наиболее сложный этап технологии производства семян лядвенца. Исследования показали, что при побурении 69–93% бобов биологическая урожайность достигала своих максимальных значений: 308–320 кг/га, что в типичные по погодным условиям годы наступало через 35–50 дней после начала цветения. В этот период заканчивался налив семян и их посевные показатели достигали стандартных значений. Оптимальным сроком прямого обмолота с предварительной десикацией травостоя, обеспечивших наиболее высокий фактический сбор семян 191–206 кг/га, является период побурения около 70% бобов.

Ключевые слова: лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L.), семенной травостой, динамика цветения, фракционная структура бобов, сроки и способы уборки, урожайность, семена, посевные качества.

The limited use of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) in feed production is determined by a large shortage of its seeds. Currently, the supply of certified seeds on the commercial market is about ten times

less than the scientifically based volume of the need for the seed material of this crop. The biological feature of the birdsfoot trefoil is the continuous shoot formation and growth during the entire growing season, the extended flowering period. This makes it difficult to determine the optimal timing and methods of harvesting seed stands. Harvesting is associated with large crop losses due to uneven ripening of beans and their strong cracking in hot weather with low relative humidity. The abundance of a large number of green shoots increases the humidity of the grass stand. This is very difficult to thresh and require desiccation. The choice of optimal time and method of threshing is the most difficult stage technology seed production of birdsfoot trefoil. Studies have shown that when 69–93% of the beans were browned, the biological yield reached its maximum values of 308–320 kg/ha. This period in typical weather conditions occurred 35–50 days after the beginning of flowering. During this period, the filling of seeds stopped. Crop performance has reached the standard values. The optimal period of direct threshing with pre-desiccation of the herbage, which provided the highest actual seed collection of 191–206 kg/ha, is the period of browning about 70% of the beans.

Keywords: birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.), seed herbage, flowering dynamics, fractional structure of beans, terms and methods of harvesting, yield, seeds, sowing qualities.

Введение. Одним из приоритетных направлений повышения эффективности системы полевого кормопроизводства и более рационального использования лугопастбищных угодий является увеличение доли бобово-злаковых травостоев до 70–80% в общей структуре кормовых посевов многолетних трав при условии достаточной обеспеченности хозяйств семенами. Лядвенец рогатый (*Lotus corniculatus* L., англ. birdsfoot trefoil, в переводе — трилистник птичий, птичья лапка) является одной из наиболее ценных бобовых культур с высокими кормовыми и почвоулучшающими достоинствами, в первую очередь, для использования на менее плодородных, кислых почвах, где другие бобовые травы не формируют высоких урожаев. Характеризуется устойчивостью к пастбищному и сенокосному использованию в составе поливидовых травосмесей, отличается продуктивным долголетием (до 10–12 лет), высокой азотфиксирующей способностью и экологической пластичностью, способен выдерживать паводковое затопление и жесткую конкуренцию луговых трав [1–10]. Благодаря природ-

ному потенциалу адаптироваться ко многим видам экологического стресса, способности произрастать на почвах разного уровня плодородия, механического состава и влагообеспеченности лядвенец широко распространен в диких и натурализованных популяциях во всех умеренных регионах Европы, Малой Азии, Северной Африки, Северной и Южной Америки, Австралии и Новой Зеландии [11–14]. Так, в США лядвенец возделывается на площади около 1 млн га, в Канаде — на 200 тыс. га [15]. Высокий адаптивный потенциал лядвенца рогатого во многом объясняется его происхождением: постулируется, что этот вид возник в результате природной гибридизации в средиземноморском бассейне между генотипами *L. uliginosus* и *L. alpinus* и/или *L. tenuis* с удвоением хромосом в гибриде [16; 17]. В результате этого лядвенец обладает увеличенной буферностью генотипа и, в силу особенностей генетической структуры, имеющей высокий уровень гетерогенности и внутрипопуляционного гомеостаза, способен произрастать в широком диапазоне почвенно-климатических условий.

Несмотря на ряд преимуществ, большого хозяйственного распространения в кормопроизводстве России эта культура до сих пор не имеет, что связано с дефицитом семян из-за низкой урожайности, обусловленной недостаточной разработанностью приемов агротехники возделывания в зональном разрезе [6; 18–21]. Так, согласно доступной официальной информации Системы добровольной сертификации ФГБУ «Россельхозцентра», в Реестре действующих сертификатов в 2019 г. на партии семенного материала урожая 2018 г. на легальном рынке страны в коммерческом обороте было всего 37,413 т семян лядвенца рогатого, причем только одного сорта Солнышко (оригинатор ФГБНУ «Федеральный аграрный научный центр Северо-Востока имени Н.В. Рудницкого»). Это примерно в десять раз меньше научно обоснованных объемов от потребности в посевном материале этой культуры. Из общего объема предложения лядвенца рогатого на рынке 41% семян был произведен в Кировской области — регионе выведения сорта Солнышко. Также семеноводством этой культуры занимаются в Нижегородской области (около 27% предложений рынка), Краснодарском крае (17%), Республике Башкортостан (13%) и в Республике Марий Эл (2%). На начало 2020 г. (февраль) сертифицировано 20 т семян лядвенца рогатого сорта Солнышко урожая 2019 г. (СПК-колхоз «Ленинец» из Кировской области и ООО «Тойма» из Татарстана).

Лядвенец рогатый относится к группе поликарпических видов и его биологической особенностью является побегообразование и рост в течение всего вегетационного сезона. Растения лядвенца

обладают высокой аттрагирующей способностью вегетативных почек. Вследствие направленности донорно-акцепторных связей на обеспечение ростовых процессов пластическими веществами, лядвенец продолжает активный рост вегетативных органов в течение всего вегетационного сезона, вплоть до его окончания. В результате индетерминантного характера развития растений новые побеги в кустах этой культуры постоянно образуются не только от корневой шейки (коронки), но также продолжается активное ветвление и рост стеблей с уже сформировавшимися бобами [21–23]. Лядвенец рогатый — это неопределенно цветущий травянистый многолетник, который в течение вегетационного периода производит большое количество соцветий культуры [24; 25]. Длительный срок цветения и растянутый период созревания бобов являются основным фактором, затрудняющим определение оптимального срока уборки, что служит одним из лимитирующих факторов, ограничивающих получение высоких урожаев качественных семян этой культуры.



По данным исследований ВНИИ кормов [26], у лядвенца выделены четыре фазы формирования бобов, развития и поспевания семян в них:

- «недоразвитые бобы» — состояние, в котором находится боб с момента опадения венчика цветка и до наступления нормального размера от 8 до 25 мм. Семена в таких бобах находятся в стадии формирования и после высыхания имеют вид мелких, тонких прозрачных пленочек и хозяйственного значения не имеют, так как не жизнеспособны;
- «зеленые бобы» — полностью сформировавшиеся плоды зеленой или антоциановой окраски с темно-зелеными семенами, имеющими жидкое содержание, при высыхании становятся шуплыми и имеют низкие посевные качества (всхожесть не превышает 50–55%);
- «светлые бобы» — фаза характеризуется изменением окраски на светло-зеленую с высокой влажностью с полностью сформированными семенами, имеющими твердую консистенцию, темно-зеленую или светло-бурую окраску и высокие посевные качества;
- «спелые бобы» имеют твердые, кожистые створки бобов бурой или темно-бурой окраски, семена с твердой консистенцией, темно-коричневого цвета, с высокими посевными качествами.

При этом фаза недоразвитых бобов продолжается в среднем 9 суток, зеленых бобов — от 9–12 при теплой сухой погоде и до 16–21 дня — при прохладной, дождливой; светлых бобов — аналогично, от 3–5 до 11–16 суток [26].

Цель работы: на основе биологических особенностей цветения и плодооб-

разования изучить особенности процесса семяобразования и формирования урожая семян лядвенца рогатого для определения оптимальных сроков и способов уборки.

Методика исследований. Исследования проводились на семенных травостоях лядвенца рогатого сортов Дединовский и Московский 25 на опытных полях ОХ «Ермолино» и ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса. Сорт Дединовский — один из лучших отечественных сортов. Так, при сравнительной оценке 17 сортов и популяций из различных стран в условиях Болгарии сорт Дединовский был лучшим по ряду основных хозяйственно полезных показателей, в результате чего обеспечил получение наиболее высокой урожайности семян и сбора зеленой массы [27; 28].

Учеты и наблюдения осуществляли согласно «Методическим указаниям в семеноводстве многолетних трав» (ВИК, 1986). Динамику определения готовности травостоя лядвенца к уборке проводили путем отбора снопов и распределения полностью сформировавшихся бобов по фракциям разной степени спелости по их цвету: **незрелые** — темно-зеленые, зеленые, зеленые с антоциановой окраской с семенами на стадии налива с высоким содержанием влаги; **недозрелые** — светло-зеленые с полностью сформировавшимися семенами с темно-зеленой или светло-коричневой окраской и тестообразной консистенцией; **спелые** — желто-коричневые, золотисто-коричневые, коричневые, бурые, темно-бурые с полностью созревшими семенами преимущественно темно-коричневого цвета и от полутвердого до твердого содержимого. Посевные каче-

ства семян определяли согласно ГОСТ 12038-84 через пять месяцев после уборки, после окончания периода послеуборочного дозревания и стабилизации этих показателей.

Учет урожая семян проводили путем прямого обмолота всей учетной площади делянки комбайном Samro 130 с предварительной десикацией травостоя Реглоном. Учетная площадь одной опытной делянки составляла 25 м², повторность — четырехкратная, размещение — рендомизированное. Статистическая обработка экспериментальных данных — методом дисперсионного анализа (Б.А. Доспехов, 1985).

Результаты исследований и их обсуждение. Фенологические наблюдения показали, что фаза начала цветения лядвенца рогатого (10% растений) позднепелого сорта Дединовский в годы проведения исследований регистрировалась с третьей декады июня, а массовое — в первой декаде июля. Раннеспелый сорт Московский 25 по сравнению с сортом Дединовский зацветал раньше: в первой — второй декадах июня (табл. 1). При этом отмечены разные динамика и

интенсивность цветения лядвенца в зависимости от плотности посева растений. В более загущенных травостоях цветение проходило более компактно и имело выраженный характер, его пик наступал раньше по сравнению с разреженными посевами. Массовое цветение отмечалось через 6–18 дней после распускания первых цветков и продолжалось около 20 дней, а в целом процесс формообразования новых цветков на продолжающих рост побегах происходил и в сентябре. После фазы массового цветения, начиная с середины третьей декады июля и на протяжении всего августа, количество цветков было примерно на одном уровне с тенденцией увеличения примерно на 15% в третьей декаде августа после улучшения режима увлажнения. Период цветения лядвенца продолжался более трех месяцев. В разных регионах в зависимости от почвенно-климатических условий и уровня обеспеченности гидротермическими ресурсами, в первую очередь количеством осадков текущих вегетационных сезонов, цветение лядвенца может продолжаться от 91 до 120 суток [22; 29].

1. Динамика цветения лядвенца рогатого сорта Московский 25

№*	Календарная дата учета; количество цветков, шт./м ²											
	7.06	11.06	15.06	19.06	25.06	29.06	4.07	9.07	16.07	20.07	24.07	30.07
1	—	—	3	19	62	133	182	318	350	236	162	131
2	—	—	8	39	88	202	327	469	388	238	159	109
3	8	7	25	101	276	625	456	451	317	171	136	116
4	2	5	21	122	331	690	650	591	409	128	107	88

*№ 1 — при густоте стояния растений 10 шт./м²; № 2 — при густоте стояния растений 30 шт./м²; № 3 — при густоте стояния растений 70 шт./м²; № 4 — при густоте стояния растений 110 шт./м².

Продолжительность цветения отдельных цветков от их распускания до начала увядания лепестков венчика также зависела от погодных условий и

обеспеченности насекомыми-опылителями и составляла в разные годы от двух до 5–6 суток. При этом завязываемость бобов в период «начало – массовое цветение», когда стояла теплая, солнечная погода, составляла от 70 до 100%. Однако отмечалось опадение определенной части образовавшихся бобов в первые дни их развития, обусловленное на эндогенном уровне дегенерацией оплодотворенных фертильных семязачатков вследствие аномалий их развития и из-за генетических факторов, в т. ч. связанных с гомозиготизацией летальных и полуплетальных генов [30], а на экзогенном — несоответствием соотношения общей нагрузки репродуктивными органами и возможностями отдельных растений по обеспечению питательными веществами образовавшихся завязей, косвенно связанными с метеорологическими условиями. В результате действия комплекса экзо- и эндогенно обусловленных факторов обычно вызревало не более 50–70% бобов от общего количества образовавшихся цветков. Из-за несоответствия биологических потребностей растений в гидротермических ресурсах, в первую очередь температурного режима, при цветении лядвенца в августе и, особенно, в первой половине сентября часть цветков остаются неопыленными, в результате чего завязываемость бобов в это время снижалась до 42–28% и менее. Кроме того, обсемененность завязывающихся бобов в более поздние сроки снижалась, а сформировавшиеся семена были с меньшей массой. Наряду с ухудшением погодных условий снижение количества вновь образовавшихся бобов в августе и семян в них также обусловлено оттоком пластических веществ на фор-

мирование урожая семян. Исследованиями установлено, что у растений лядвенца только около 40% имеющихся ассимилятов идет на репродуктивный рост, а из них определенная часть постоянно перераспределяется на формирование новых соцветий и бобов [31].

Несмотря на высокие потенциальные возможности плодообразования, их реализация, выражающаяся в числе сформировавшихся плодов в процентах от числа цветков, бывает незначительной и в сильной мере зависит от внешних агроэкологических и погодных факторов [32]. Основная часть продукционного потенциала растений лядвенца идет на формирование вегетативных побегов, а заложившиеся репродуктивные органы могут редуцироваться на разных этапах их развития. Морфофизиологической причиной снижения эффективности плодообразования при дождливой и прохладной погоде также служит увеличение образовавшихся новых побегов с незавершенным циклом развития. При этом у лядвенца на разных ярусах побегов находятся репродуктивные органы на разных стадиях органогенеза. На верхней верхушечной части идет закладка новых бутонов и развитие цветков, а в нижней — формируются плоды на XI этапе органогенеза [32]. В результате этого, вследствие корреляций развития, происходит редукция части верхних соцветий, так как органы, отстающие в развитии на два–три этапа органогенеза от более ранних по времени заложения, отмирают [32; 33]. Потенциальная и реальная семенная продуктивности характеризуются большой изменчивостью в зависимости от агроэкологических факторов, при этом заложение элементов

потенциальной продуктивности является более ранней реакцией растений на условия внешней среды [32].

Лядвенец рогатый является хорошим медоносом, в связи с чем привлекает большое количество насекомых-опылителей [11; 29; 34–36]. Содержание нектара в его цветках составляет от 0,16 до 0,28 мкл, с концентрацией сахара в диапазоне от 13,1% до 19,5% (0,03–0,07 мг сахара/цветок) [29]. После увядания цветков, на последующем этапе репродуктивного периода развития лядвенца, в течение 7–9 суток отмечался интенсивный линейный рост завязавшихся бобов до окончательных их размеров с одновременным формированием семян в них. После этого в зеленых бобах протекал процесс налива семян, в зависимости от погодных условий и состояния травостоя продолжавшийся в среднем две–три недели и сопровождающийся увеличением их размеров до максимальных вследствие большого содержания влаги. При этом из ассимилятов, идущих на ре-

продуктивный рост, только около 30% используется семенами; остальное количество распределяется по цветоносу, цветоножке и стенкам бобов. В результате этого лишь 12% из общего объема доступных ассимилятов растения идет непосредственно на семена [31].

Изучение посевных качеств семян сорта Дединовский на разных стадиях развития бобов показало, что семена в незрелых бобах после высыхания были щуплыми и их масса составляла менее половины от типичной. Они характеризовались низкими посевными качествами: энергия прорастания достигала всего 6%, а количество жизнеспособных семян составляло только 48% (табл. 2). При этом на 10-й день после начала определения посевных качеств длина проростков у этих семян более чем в три раза была меньше, чем у полноценных семян, что обусловлено меньшим запасом пластических веществ. Как правило, в полевых условиях такие семена не обеспечивают формирование нормальных всходов.

2. Посевные качества семян лядвенца рогатого сорта Дединовский в зависимости от степени спелости бобов (в среднем по двум закладкам опыта)

Группа спелости бобов (средний образец)	Масса* 1000 семян, г	Энергия прорастания, %	Жизнеспособных семян, %		
			всего	в том числе	
				проросших	твердых
Незрелые	0,54	6	48	44	4
Недозрелые	1,36	13	90	21	72
Спелые	1,40	16	92	20	74
НСР ₀₅	0,12	3,2	3,8	2,2	3,8

*В пересчете на стандартную влажность 13%.

Изучение биологии плодообразования показало, что в незрелых бобах семена полностью сформировались и отличались высокими посевными качест-

вами (всхожесть 90%), что указывает на возможность их уборки в этот период. В это время консистенция семян тестообразная. Однако поступление и превра-

щение в них питательных веществ, а также дифференциация тканей закончились, и происходит в основном процесс потери лишней влаги, скорость которого в значительной мере определяется температурой и относительной влажностью воздуха в этот промежуток времени [22]. Показатели посевных качеств семян из недозрелых и спелых бобов достоверно не отличались (табл. 2). Установлено, что использование для посева выполненных семян способствует формированию бóльших, в 2–4 раза, размеров морфологических органов у всходов лядвенца (корни, проростки, листья) по сравнению с молодыми растениями из более легкой фракции семян. Это увеличение также подтверждено сильной корреляцией между размером семян и энергией их прорастания [37]. Объясняется это тем, что интенсивность развития проростков в гетеротрофный и, частично, в мезотрофный периоды до перехода всходов на автотрофное питание определяется запасом пластических веществ в семени. От того, насколько запас питательных веществ семени биологически

полноценен, зависят характер, направленность и интенсивность биохимических процессов во время их прорастания.

Результаты исследований показали, что при теплой и сухой погоде массовое дозревание бобов до фазы их полной спелости происходило компактно, практически в течение одной недели (табл. 3).

При созревании 69–93% бобов биологическая урожайность достигала своих максимальных значений, в пределах 308–320 кг/га, что в типичные по погодным условиям годы наступало в среднем через 35–50 дней после начала цветения. К этому времени заканчивалось накопление пластических веществ в семенах, происходила стабилизация содержания сухого вещества в них и одновременно начинался процесс созревания, сопровождающийся потерей лишней влаги и визуально характеризующийся осветлением створок бобов на протяжении от одной до двух недель и приобретением семенем вначале тестообразной, а в последующем — твердой консистенции при побурении бобов.

3. Динамика созревания бобов и формирования биологической урожайности семян лядвенца рогатого сорта Дединовский (в среднем по двум закладкам опыта)

Дней после цветения	Количество бобов, тыс. шт./м ²	Распределение бобов по фракциям, %			Масса семян из бобов разной спелости, г			Биологическая урожайность семян, г/м ²
		незрелые	недозрелые	спелые	из незрелых	из недозрелых	из спелых	
25	2,60	83	17	–	10,8	5,2	–	16,0
30	2,70	22	71	7	4,5	18,0	2,7	25,2
35	2,69	11	20	69	1,6	6,4	22,8	30,8
40	2,75	4	6	90	0,2	2,0	29,8	32,0
45	2,66	3	4	93	0,2	0,7	30,9	31,8
50	2,80	4	4	92	0,2	0,8	30,2	32,7
НСР ₀₅	0,28							2,81

При благоприятных теплых и сухих погодных условиях уже через 35 дней после цветения 89% бобов находились в стадии уборочной спелости, из которых 69% бобов содержали семена с твердой консистенцией содержимого. В этот же период заканчивался налив основного количества семян, и масса их 1000 штук стабилизировалась на уровне 1,3–1,4 г

(табл. 4). В годы с влажными холодными и дождливыми вегетационными периодами максимальный биологический урожай семян лядвенца рогатого формировался через 45–55 дней после цветения. После этого срока начинались растрескивание зрелых бобов и, частично, загнивание в нижнем ярусе травостоя, осыпание семян и снижение урожайности.

4. Динамика формирования посевных качеств семян лядвенца рогатого сорта Дединовский в зависимости от сроков уборки

Дней после цветения	Масса* 1000 семян, средний образец, г	Энергия прорастания, %	Жизнеспособных семян, %		
			всего	в том числе	
				всего проросших	твердых
25	0,80	12	61	27	34
30	1,14	13	82	20	62
35	1,29	12	92	18	74
40	1,36	17	94	25	69
45	1,27	14	95	19	76
50	1,30	12	91	18	70
НСР ₀₅	0,12	3,0	3,4	3,0	5,4

*В пересчете на стандартную влажность 13%.

Сравнительная оценка способов уборки лядвенца в различные сроки созревания бобов показала, что наиболее высокую урожайность семян (191–206 кг/га)

обеспечил прямой обмолот с предварительной десикацией травостоя через 35–40 дней после цветения с использованием Реглона в дозе 4 л/га (табл. 5).

5. Влияние сроков и способов уборки семенного травостоя лядвенца рогатого сорта Дединовский на урожайность семян (в среднем по двум закладкам)

Дней после цветения	Биологическая урожайность семян, г/м ²	Количество спелых бобов, %	*Влажность семян в бобах перед уборкой, %	Урожайность семян, кг/га	
				Раздельная уборка	Прямая уборка с десикацией
25	16,0	–	57,0	76	56
30	25,2	7	39,4	121	104
35	30,8	69	25,6	143	191
40	32,0	89	18,6	152	206
45	31,8	94	14,8	142	193
НСР ₀₅	2,78			14,5	17,0

*Средний образец семян из бобов всех фракций с соблюдением их соотношения.

Недобор сборов семян от 36 до 39% от сформировавшейся урожайности ко времени обмолота травостоя обусловлен в основном потерями от растрескивания бобов (табл. 3, 5). Потери семян лядвенца от растрескивания зрелых бобов в сухом климате могут достигать половины от сформировавшегося урожая и более [38]. При этом наиболее сильное разрушение бобов происходит при резком снижении относительной влажности воздуха и быстрым высыхании плодов [39].

Заключение. Таким образом, фаза массового выраженного цветения лядвенца рогатого продолжается около

20 дней. При благоприятных теплых и сухих погодных условиях уже через 35 дней после начала цветения 89% бобов достигали стадии уборочной спелости и содержали семена, масса 1000 шт. которых стабилизировалась на уровне 1,3–1,4 г. Через 35–50 дней после начала цветения при побурении 69–93% бобов биологическая урожайность достигала максимального значения: 308–320 кг/га. Прямая уборка с предварительной десикацией травостоя через 35–40 дней обеспечила наиболее высокий фактический сбор семян лядвенца рогатого — 191–206 кг/га.

Литература

1. Абдушаева Я.М., Матов А.В. Особенности роста и развития лядвенца рогатого в условиях Новгородской области // *Фундаментальные исследования*. – 2007. – № 12-3. – С. 439–441.
2. Гриц Н.В., Лебедева А.Ю. Анализ использования лядвенца рогатого и люцерны изменчивой в формировании кормовой базы Нечерноземной зоны // *Инновационные подходы к развитию науки и производства регионов*. – Тверь : Тверская ГСХА, 2019. – 474 с.
3. Иванова М.В., Плотников А.А. Создание многолетних высокопродуктивных травостоев на основе лядвенца рогатого в условиях Костромской области // *Агрехимический вестник*. – 2019. – Т. 1, № 1. – С. 63–67.
4. Коновалова Н.Ю., Коновалова С.С. Возделывание бобово-злаковых травосмесей на основе фестулолиума в условиях европейского севера России // *Молочнохозяйственный вестник*. – 2015. – № 3 (19), III кв. – С. 66–73.
5. Макаров В.И., Князева Е.П., Коломейченко В.В. Сравнительная продуктивность смесей бобовых и злаковых трав в Тульской области // *Вестник аграрной науки*. – 2019. – № 5 (80). – С. 3–9.
6. Образцов В.Н., Щедрина Д.И. Лядвенец рогатый в Черноземной лесостепи. – Воронеж : Воронежский государственный аграрный университет им. Императора Петра I, 2012. – 233 с.
7. Соболева Т.Н., Сереброва И.В. Продуктивность бобово-злаковых пастбищных травостоев с участием козлятника восточного и лядвенца рогатого // *Сборник научных трудов Северо-Кавказского научно-исследовательского института животноводства*. – 2014. – Т. 3, № 2. – С. 236–242.
8. Талипов Н.Т., Тебердиев Д.М. Улучшение травостоев выродившихся пастбищ // *Достижения науки и техники АПК*. – 2007. – № 2. – С. 44.
9. Фигурин В.А., Сунцова Н.П., Кислицына А.П. Продуктивность травосмеси лядвенца рогатого с тимофеевкой луговой на сильнокислой почве в зависимости от режимов использования // *Кормопроизводство*. – 2017. – № 10. – С. 11–15.
10. Ayres J.F., Blumenthal M.J., Lane L.A. & O'Connor J.W. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and greater lotus (*Lotus uliginosus*) in perennial pastures in eastern Australia. 2. Adaptation and applications of lotus-based pasture // *Australian Journal of Experimental Agriculture*. – 2006. – V. 46, no. 4. – Pp. 521–534.

11. Radić V., Vučković S., Gatarić Đ. et al. Investigation of fertility genotypes Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) depending on the method of pollination // *Bothalia*. – 2014. – V. 44, no. 4. – Pp. 160–165.
12. Steiner J.J., de los Santos G.G. Adaptive ecology of *Lotus corniculatus* L. genotypes // *Crop Science*. – 2001. – V. 41, no. 2. – Pp. 552–563.
13. Striker G.G., Insausti P., Grimoldi A.A., Ploschuk E.L. & Vasellati V. Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* Mill // *Plant and soil*. – 2005. – V. 276, no. 1–2. – Pp. 301–311.
14. Vuckovic S., Stojanovic I., Prodanovic S., Cupina B., Zivanovic T., Vojin S. & Jelacic S. Morphological and nutritional properties of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) autochthonous populations in Serbia and Bosnia and Herzegovina // *Genetic resources and crop evolution*. – 2007. – V. 54, no. 2. – Pp. 421–428.
15. Beuselinck P.R., Grant W.F. Birdsfoot trefoil. In: *Forageas. An Introduction to Grassland Agriculture*. Vol. 1. Barnes, R.F., Miller, D.A. and Nelson, C.J. (eds.). – 5th Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA, 1995. – Pp. 237–248.
16. Ross M.D., Jones W.T. The origin of *Lotus corniculatus* // *Theoretical and applied genetics*. – 1985. – V. 71, no. 2. – Pp. 284–288.
17. Swanson E.B., Somers D.A., Tomes D.T. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) // *Legumes and Oilseed Crops I*. – Springer, Berlin, Heidelberg, 1990. – Pp. 323–340.
18. Зарипова Г.К. Технологические приемы возделывания на семена лядвенца рогатого в условиях Башкортостана // *Кормопроизводство*. – 2014. – № 10. – С. 31–34.
19. Кшникаткина А.Н., Еськин В.Н. Формирование высокопродуктивных агрофитоценозов лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus*) // *Нива Поволжья*. – 2009. – № 1 (10). – С. 22–28.
20. Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И. Влияние технологических приемов на формирование семенной продуктивности лядвенца рогатого в Удмуртской Республике // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2017. – № 1 (56). – С. 15–20.
21. Попова Е.В. Динамика цветения и плодообразования лядвенца рогатого в зависимости от нормы высева и метеорологических условий // *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. – 2012. – № 4. – С. 20–23.
22. Рыженко О.В., Рыженко В.Х. Динамика созревания и оптимальный срок уборки семян лядвенца рогатого в Приморском крае // *Вестник Красноярского государственного аграрного университета*. – 2007. – № 1. – С. 160–164.
23. Золотарев В.Н. Эффективность десикации семенных травостоев лядвенца рогатого // *Научные инновации – аграрному производству: материалы Международной научно-практической конференции, посвященной 100-летию юбилею Омского ГАУ*. – Омск : Омский государственный аграрный университет имени П.А. Столыпина, 2018. – С. 638–642.
24. Vignolio O.R., Cambareli G.S., Maceira N.O. Seed production of *Lotus tenuis* (Fabaceae), a forage legume: effects of row spacing, seeding date, and plant defoliation // *Crop and Pasture Science*. – 2011. – V. 61, no. 12. – Pp. 1027–1035.
25. Virrteiu A.M., Grozea I., Stef R. et al. Insect community structures of Bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) inflorescences along the seed dispersal // *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*. – 2014. – V. 71, no. 2. – Pp. 354–359.
26. Мартьянова А.И. Некоторые вопросы биологии цветения, плодообразования и уборки лядвенца рогатого на семена // *Бюллетень научно-технической информации ВНИИ кормов им. В.Р. Вильямса*. – 1958. – № 5. – С. 65–72.
27. Churkova B., Lingorski V. Characteristics of varieties and populations birdsfoot trefoil for seed yield under the soil and weather growing conditions of the Troyan region // *Banat's Journal of Biotechnology*. – 2011. – V. 2, no. 4. – Pp. 14–17.

28. Churkova B. Biometric performance and productivity of varieties and local populations birdsfoot trefoil under the soil and climatic conditions of Troyan // *Banat's Journal of Biotechnology*. – 2012. – V. 3, no. 5. – Pp. 42–46.
29. DeGrandi-Hoffman G., Collison C.H. Flowering and nectar secretion as they relate to honeybee foraging activity in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) // *Journal of Apicultural Research*. – 1982. – V. 21, no. 4. – Pp. 199–207.
30. Колясникова Н.Л. Репродуктивная биология культивируемых и дикорастущих бобовых трав в связи с низкой семенной продуктивностью: автореф. дис. ... доктора биол. наук. – Пермь, 2005. – 50 с.
31. McGraw R.L., Beuselinck P.R. Growth and Seed Yield Characteristics of Birdsfoot Trefoil // *Agronomy Journal*. – 1983. – V. 75, no. 3. – Pp. 443–446.
32. 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.
33. Куперман Ф.М. Морфофизиология растений. – 3-е изд., доп. – М.: Высшая школа, 1977. – 288 с.
34. Murell D.C., Shuel R.W., Tomes D.T. Nectar production and floral characteristics in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1982. – V. 62, no. 2. – Pp. 361–371.
35. Pellissier V., Muratet A., Verfaillie F. & Machon N. Pollination success of *Lotus corniculatus* (L.) in an urban context // *Acta Oecologica*. – 2012. – V. 39. – Pp. 94–100.
36. Pellissier V., Maurel N., Machon N. Multi-scale assessment of pollination of *Lotus corniculatus* (L.) in a peri-urban fringe // *Plant Ecology & Diversity*. – 2013. – V. 6, no. 2. – Pp. 195–203.
37. Toth I., Dragomir N., Dragomir C. et al. Influence of Seed Size and Weight used in Sowing on Common Bird's-foot-trefoil (*Lotus corniculatus* L.) Plant Vigour // *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies / Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*. – 2015. – V. 48, no. 2. – С. 86–88.
38. Winch J.E., Macdonald H.A. Flower, pod and seed development relative to the timing of the seed harvest of viking birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) // *Canadian Journal of Plant Science*. – 1961. – V. 41, no. 3. – Pp. 523–532.
39. Garcia-Diaz C.A., Steiner J.J. Birdsfoot trefoil seed production: III. Seed shatter and optimal harvest time // *Crop science*. – 2000. – V. 40, no. 2. – Pp. 457–462.

References

1. Abdushaeva Ya.M., Matov A.V. Osobennosti rosta i razvitiya lyadventsya rogatogo v usloviyakh Novgorodskoy oblasti [Peculiarities of the growth and development of birdsfoot trefoil in the conditions of the Novgorod region]. *Fundamental'nyye issledovaniya [Fundamental research]*, 2007, no. 12-3, pp. 439–441.
2. Grits N.V., Lebedeva A.Yu. Analiz ispol'zovaniya lyadventsya rogatogo i lyutserny izmenchivoy v formirovaniy kormovoy bazy Nechernozemnoy zony [Analysis of the use of birdsfoot trefoil and alfalfa varieties in the food base formation of the Non-Black Earth Zone]. *Innovatsionnyye podkhody k razvitiyu nauki i proizvodstva regionov [Innovative approaches to the development of science and production of regions]*. Tver, Tverskaya GSKHA Publ., 2019, 474 p.
3. Ivanova M.V., Plotnikov A.A. Sozdaniye mnogoletnikh vysokoproduktivnykh travostoyev na osnove lyadventsya rogatogo v usloviyakh Kostromskoy oblasti [Creation of perennial highly productive grass stands based on birdsfoot trefoil in the conditions of the Kostroma region]. *Agrokhimicheskiy vestnik [Agrochemical Bulletin]*, 2019, v. 1, no. 1, pp. 63–67.
4. Konovalova N.Yu., Konovalova S.S. Vozdelyvaniye bobovo-zlakovykh travosmesey na osnove festuloliuma v usloviyakh yevropeyskogo severa Rossii [The cultivation of legumes and cereal grass-

- mixtures based on festulolium in the European North of Russia]. *Molochnokhozyaystvennyy vestnik* [*The Dairy Farming Bulletin*], 2015, no. 3 (19), pp. 66–73.
5. Makarov V.I., Knyazeva E.P., Kolomeychenko V.V. Sravnitel'naya produktivnost' smesey bobovykh i zlakovykh trav v Tul'skoy oblasti [Comparative productivity of mixtures of legumes and cereal herbs in the Tula region]. *Vestnik agrarnoy nauki* [*Herald of Agrarian Science*], 2019, no. 5 (80), pp. 3–9.
 6. Obraztsov V.N., Shchedrina D.I. Lyadvenets rogatyy v Chernozemnoy lesostepi [Birdsfoot trefoil in the Black Earth forest-steppe]. Voronezh, Voronezh SAU named Emperor Peter I Publ., 2012, 233 p.
 7. Soboleva T.N., Serebrova I.V. Produktivnost' bobovo-zlakovykh pastbishchnykh travostoyev s uchastiyem kozlyatnika vostochnogo i lyadventsa rogatogo [Productivity of leguminous-cereal pasture grass stands with the participation of goat's-rue eastern and birdsfoot trefoil]. *Sbornik nauchnykh trudov Severo-Kavkazskogo nauchno-issledovatel'skogo instituta zhivotnovodstva* [*Collected scientific papers of the North Caucasian Research Institute of Animal Husbandry*], 2014, v. 3, no. 2, pp. 236–242.
 8. Talipov N.T., Teberdiev D.M. Uluchsheniye travostoyev vyrodivshikhsya pastbishch [Improvement of grass stands of degenerated pastures]. *Dostizheniya nauki i tekhniki APK* [*Achievements of science and technology AIC*], 2007, no. 2, pp. 44.
 9. Figurin V.A., Suntsova N.P., Kislitsyna A.P. Produktivnost' travosmesi lyadventsa rogatogo s timofeyevkoy lugovoy na sil'nokisloy pochve v zavisimosti ot rezhimov ispol'zovaniya [The productivity of the grass mixture of birdsfoot trefoil with timothy grass on strongly acidic soil depending on the modes of use]. *Kormoproizvodstvo* [*Fodder production*], 2017, no. 10, pp. 11–15.
 10. Ayres J.F., Blumenthal M.J., Lane L.A. & O'Connor J.W. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*) and greater lotus (*Lotus uliginosus*) in perennial pastures in eastern Australia. 2. Adaptation and applications of lotus-based pasture. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2006, v. 46, no. 4, pp. 521–534.
 11. Radić V., Vučković S., Gatarić Đ. et al. Investigation of fertility genotypes Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) depending on the method of pollination. *Bothalia*, 2014, v. 44, no. 4, pp. 160–165.
 12. Steiner J.J., de los Santos G.G. Adaptive ecology of *Lotus corniculatus* L. genotypes. *Crop Science*, 2001, v. 41, no. 2, pp. 552–563.
 13. Striker G.G., Insausti P., Grimoldi A.A., Ploschuk E.L. & Vasellati V. Physiological and anatomical basis of differential tolerance to soil flooding of *Lotus corniculatus* L. and *Lotus glaber* Mill. *Plant and soil*, 2005, v. 276, no. 1–2, pp. 301–311.
 14. Vuckovic S., Stojanovic I., Prodanovic S., Cupina B., Zivanovic T., Vojin S. & Jelacic S. Morphological and nutritional properties of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) autochthonous populations in Serbia and Bosnia and Herzegovina. *Genetic resources and crop evolution*, 2007, v. 54, no. 2, pp. 421–428.
 15. Beuselinck P.R., Grant W.F. Birdsfoot trefoil. In: *Forageas. An Introduction to Grassland Agriculture*. Vol. 1. Barnes, R.F., Miller, D.A. and Nelson, C.J. (eds.). 5th Ed. Iowa State University Press, Ames, Iowa, USA, 1995, pp. 237–248.
 16. Ross M.D., Jones W.T. The origin of *Lotus corniculatus*. *Theoretical and applied genetics*, 1985, v. 71, no. 2, pp. 284–288.
 17. Swanson E.B., Somers D.A., Tomes D.T. Birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). Legumes and Oilseed Crops I. *Springer*, Berlin, Heidelberg, 1990, pp. 323–340.
 18. Zaripova G.K. Tekhnologicheskiye priyemy vzdelyvaniya na semena lyadventsa rogatogo v usloviyakh Bashkortostana [Technological methods for cultivating seeds of birdsfoot trefoil under the conditions of Bashkortostan]. *Kormoproizvodstvo* [*Fodder production*], 2014, no. 10, pp. 31–34.

19. Kshnikatkina A.N., Eskin V.N. Formirovaniye vysokoproduktivnykh agrofytotsenozov lyadventsa rogatogo (*Lotus corniculatus*) [Formation of highly productive agrophytocenoses of birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*)]. *Niva Povolzh'ya* [Field of the Volga region], 2009, no. 1 (10), pp. 22–28.
20. Nelyubina Zh.S., Kasatkina N.I. Vliyaniye tekhnologicheskikh priyemov na formirovaniye semennoy produktivnosti lyadventsa rogatogo v Udmurtskoy Respublike [The influence of technological methods on the seed productivity formation of birdsfoot trefoil in the Udmurt Republic]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agricultural science of the Euro-North-East], 2017, no. 1 (56), pp. 15–20.
21. Popova E.V. Dinamika tsveteniya i plodoobrazovaniya lyadventsa rogatogo v zavisimosti ot normy vyseva i meteorologicheskikh usloviy [Dynamics of flowering and fruit formation of birdsfoot trefoil depending on the seeding rate and meteorological conditions]. *Agrarnaya nauka Yevro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science of the Euro-North-East], 2012, no. 4, pp. 20–23.
22. Ryzhenko O.V., Ryzhenko V.Kh. Dinamika sozrevaniya i optimal'nyy srok uborki semyan lyadventsa rogatogo v Primorskom kraye [The ripening dynamics and the optimal harvesting time for seeds of birdsfoot trefoil in Primorsky Krai]. *Vestnik Krasnoyarskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta* [Bulletin of the Krasnoyarsk State Agrarian University], 2007, no. 1, pp. 160–164.
23. Zolotarev V.N. Effektivnost' desikatsii semennykh travostoyev lyadventsa rogatogo [Efficiency of desiccation of seed grass stands of birdsfoot trefoil]. *Nauchnyye innovatsii – agrarnomu proizvodstvu: materialy Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii, posvyashchennoy 100-letnemu yubileyu Omskogo GAU* [Scientific innovations for agricultural production: materials of the International scientific and practical conference dedicated to the 100th anniversary of the Omsk State Agrarian University]. Omsk, Omsk SAU named P.A. Stolypin Publ., 2018, pp. 638–642.
24. Vignolio O.R., Cambareri G.S., Maceira N.O. Seed production of *Lotus tenuis* (Fabaceae), a forage legume: effects of row spacing, seeding date, and plant defoliation. *Crop and Pasture Science*, 2011, v. 61, no. 12, pp. 1027–1035.
25. Virrteiu A.M., Grozea I., Stef R. et al. Insect community structures of Bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.) inflorescences along the seed dispersal. *Bulletin of University of Agricultural Sciences and Veterinary Medicine Cluj-Napoca. Agriculture*, 2014, v. 71, no. 2, pp. 354–359.
26. Martyanova A.I. Nekotoryye voprosy biologii tsveteniya, plodoobrazovaniya i uborki lyadventsa rogatogo na semena [Some questions of the flowering biology, fruit formation and harvesting of birdsfoot trefoil for seeds]. *Byulleten' nauchno-tekhnicheskoy informatsii VNII kormov im. V.R. Vil'yamsa* [Bulletin of scientific and technical information All-Russian Research Institute of Fodder named V.R. Williams], 1958, no. 5, pp. 65–72.
27. Churkova B., Lingorski V. Characteristics of varieties and populations birdsfoot trefoil for seed yield under the soil and weather growing conditions of the Troyan region. *Banat's Journal of Biotechnology*, 2011, v. 2, no. 4, pp. 14–17.
28. Churkova B. Biometric performance and productivity of varieties and local populations birdsfoot trefoil under the soil and climatic conditions of Troyan. *Banat's Journal of Biotechnology*, 2012, v. 3, no. 5, pp. 42–46.
29. DeGrandi-Hoffman G., Collison C.H. Flowering and nectar secretion as they relate to honeybee foraging activity in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*). *Journal of Apicultural Research*, 1982, v. 21, no. 4, pp. 199–207.
30. Kolyasnikova N.L. Reproduktivnaya biologiya kul'tiviruyemykh i dikorastushchikh bobovykh trav v svyazi s nizkoy semennoy produktivnost'yu [Reproductive biology of cultivated and wild leguminous herbs in connection with low seed productivity: author's abstract Dis. ... Dr. Sci. (Biol.)]. Perm, 2005, 50 p.
31. McGraw R.L., Beuselinck P.R. Growth and Seed Yield Characteristics of Birdsfoot Trefoil. *Agronomy Journal*, 1983, v. 75, no. 3, pp. 443–446.

32. Turkova E.V. Morfogeneticheskiy tsikl apikal'nykh meristem. Tipy ontogeneza pobegov: 4. Mnogoletniye travyanistyye bobovyye rasteniya [Morphogenetic cycle of the apical meristems. Types of shoot ontogenesis: 4. Perennial herbaceous leguminous plants]. *Vestnik Moskovskogo universiteta. Seriya 16: Biologiya* [Moscow University Bulletin. Series 16: Biology], 2005, no. 3, pp. 27–32.
33. Kuperman F.M. Morfofiziologiya rasteniy [Morphophysiology of plants]. Moscow, Vysshaya shkola Publ., 1977, 288 p.
34. Murell D.C., Shuel R.W., Tomes D.T. Nectar production and floral characteristics in birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). *Canadian Journal of Plant Science*, 1982, v. 62, no. 2, pp. 361–371.
35. Pellissier V., Muratet A., Verfaillie F. & Machon N. Pollination success of *Lotus corniculatus* (L.) in an urban context. *Acta Oecologica*, 2012, v. 39, pp. 94–100.
36. Pellissier V., Maurel N., Machon N. Multi-scale assessment of pollination of *Lotus corniculatus* (L.) in a peri-urban fringe. *Plant Ecology & Diversity*, 2013, v. 6, no. 2, pp. 195–203.
37. Toth I., Dragomir N., Dragomir C. et al. Influence of Seed Size and Weight used in Sowing on Common Bird's-foot-trefoil (*Lotus corniculatus* L.) Plant Vigour. *Scientific Papers: Animal Science & Biotechnologies / Lucrari Stiintifice: Zootehnie si Biotehnologii*, 2015, v. 48, no. 2, pp. 86–88.
38. Winch J.E., Macdonald H.A. Flower, pod and seed development relative to the timing of the seed harvest of viking birdsfoot trefoil (*Lotus corniculatus*). *Canadian Journal of Plant Science*, 1961, v. 41, no. 3, pp. 523–532.
39. Garcia-Diaz C.A., Steiner J.J. Birdsfoot trefoil seed production: III. Seed shatter and optimal harvest time. *Crop science*, 2000, v. 40, no. 2, pp. 457–462.