

ИЗУЧЕНИЕ И ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКИХ РЕСУРСОВ РАСТЕНИЙ

Научная статья

УДК 633.2/3:633.262/31/32

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-76-86



Сроки хранения семян многолетних трав для селекционных питомников

Н. А. Феоктистова

Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук,
Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья, Тюменская область, Россия

Автор, ответственный за переписку: Наталья Александровна Феоктистова, nata_feo@mail.ru

Актуальность. В селекции многолетних трав большое значение имеет наличие достаточного количества посевного материала, поэтому сохраняется потребность в поддержании страхового фонда получаемых семян и контроле их посевного качества. Изучение изменений лабораторной всхожести семян в процессе хранения позволяет определить максимальный период их использования.

Материалы и методы. Материалом исследования служили 140 селекционных образцов семян кострца безостого (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), 300 – клевера лугового (*Trifolium pratense* L.), 88 – люцерны изменчивой (*Medicago varia* Martyn), выращенных в условиях Тюменской области в 2008–2018 гг. и постоянно хранившихся в помещении лаборатории при комнатной температуре 18–22°C. Лабораторную всхожесть семян определяли по ГОСТ 12038-84 ежегодно с февраля по апрель в течение шести лет (2017–2022). Полученные значения всхожести образцов семян были сгруппированы по срокам их хранения.

Результаты и выводы. Семена большинства образцов кострца безостого и клевера лугового, хранившиеся без специальных условий, оставались кондиционными по показателю «всхожесть» (не менее 80%) 1,5 года после сбора, люцерны изменчивой – до 5,5 лет. Разница между всхожестью семян, полученных в разные годы, и семян одного года урожая при увеличении срока хранения возрастала ($V = 3,6\text{--}29,8\%$), что указывало на большую неоднородность исследуемого материала и могло быть обусловлено наличием и развитием на семенах патогенной микрофлоры.

Селекционные и коллекционные образцы, представляющие ценность, с лабораторной всхожестью от 79 до 50% для размножения могут высеваться с повышенной нормой посева на отдельных участках, при этом возможность максимального практического использования для семян кострца безостого составляет до 3,5 лет; клевера лугового – до 5,5 лет; люцерны изменчивой – до 8,5 лет.

Ключевые слова: кострец безостый, клевер луговой, люцерна изменчивая, лабораторная всхожесть

Благодарности: исследования выполнялись в соответствии с тематическим планом НИОКТР № 121041600036-6 Проект 1-3 «Управление селекционным процессом создания новых генотипов культурных растений с высокими признаками продуктивности и качества, устойчивости к био- и абиострессорам; методы и способы реализации генетического потенциала новых генотипов сельскохозяйственных, лекарственных и ароматических культур».

Автор благодарит лаборанта-исследователя С. И. Копцеву за участие в практической работе на протяжении всего времени, когда она проводилась.

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы.

Для цитирования: Феоктистова Н.А. Сроки хранения семян многолетних трав для селекционных питомников. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2023;184(2):76-86. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-76-86

STUDYING AND UTILIZATION OF PLANT GENETIC RESOURCES

Original article

DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-76-86

Storage life for seeds of perennial grasses for breeding nurseries

Natalya A. Feoktistova

*Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Ural Region, Tyumen Province, Russia***Corresponding author:** Natalya A. Feoktistova, nata_feo@mail.ru

Background. In the breeding of perennial grasses, the availability of a sufficient amount of seed material is of great importance, therefore, there remains a need to maintain a safety reserve of the seeds obtained and monitor their seeding quality. Studying changes in the laboratory seed germination during storage makes it possible to define the maximum period of their use.

Materials and methods. The study employed 140 seed samples of awnless brome grass (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub), 300 of red clover (*Trifolium pratense* L.), and 88 of changeable alfalfa (*Medicago varia* Martyn), grown in Tyumen Province in 2008–2018. Seeds were permanently stored in a laboratory at a room temperature of 18–22°C. Laboratory seed germination was assessed according to GOST 12038-84 annually from February to April for six years (2017–2022). The obtained seed germination rates were grouped according to the seed storage duration.

Results and conclusions A majority of awnless brome grass and red clover seed samples, stored without applying any special conditions, remained viable in terms of their germination (at least 80%) for 1.5 years after harvesting, and those of changeable alfalfa up to 5.5 years. Variations in seed germination rates among the seeds obtained in different years and those harvested within the same year changed with an increase of the storage period duration ($V = 3.6\text{--}29.8\%$), which attested to a greater heterogeneity of the material under study and could be caused by the presence and development of pathogenic microflora on seeds.

Promising seed samples for breeding or for storage, with laboratory germination rates from 79 to 50%, can be sown with an increased seeding rate on certain plots; meanwhile, the estimated maximum practical use for the seeds of awnless brome grass is up to 3.5 years; for red clover up to 5.5 years; and for changeable alfalfa up to 8.5 years.

Keywords: awnless brome grass, red clover, changeable alfalfa, laboratory germination

Acknowledgements: the study was performed in accordance with the thematic plan of the Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Ural Region, branch of the TSC SB RAS, No. 121041600036-6, Project 1–3 “Management of the breeding process for developing new crop genotypes with high productivity and quality traits, resistance to bio- and abiostressors; methods and means of implementing the genetic potential of new genotypes of agricultural, medicinal and aromatic crops”.

The author is grateful to S. I. Koptseva, Laboratory Research Assistant, for her participation in the practical work during the entire time it was carried out.

The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work.

For citation: Feoktistova N.A. Storage life for seeds of perennial grasses for breeding nurseries. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2023;184(2):76-86. DOI: 10.30901/2227-8834-2023-2-76-86

Введение

Возможность длительного хранения семян имеет большое значение для поддержания и восстановления коллекций растений в ботанических садах, для интродукции, для создания страховых фондов, генных банков (Roberts, 1978; Genebank Standards..., 2014; Tkachenko, 2021). Также это наиболее актуально в селекционной работе с многолетними травами, где каждый выделенный образец представляет ценность, а небольшая урожайность семян препятствует ускоренному размножению. Сохранение всхожести семян во многом зависит от их биологических свойств: у семян люцерны, клевера и других бобовых (Fabaceae) культур способность к прорастанию отмечалась через 10–40 лет хранения (Barton, 1964; Lyushinsky, Prizhukov, 1973; Fotev, Belousova, 2015; Rakovskaya et al, 2019). В сравнении с этим, небольшой срок хранения отмечается у семян злаковых трав (Poaceae): наиболее быстро снижается всхожесть у семян костреца безостого – способность к прорастанию утрачивается через 5 лет (Filimonov, 1961). Семена бобовых хранятся дольше других культур ввиду своей характерной особенности – твердосемянности. Образующаяся на семенах плотная и непроницаемая оболочка позволяет им находиться в состоянии покоя долгие годы. Процент твердых семян в популяции зависит от вида растений, условий их созревания и хранения. Возникновению твердосемянности способствует сухость воздуха, поэтому их процент выше у растений из пустынных и полупустынных районов. Большое влияние на данный признак имеет введение растений в культуру: у диких форм люпина процент прорастающих семян не достигал 10%, в то же время всхожесть семян селекционных форм была выше 85% (Nikolaeva et al, 1999). У разных форм и сортов люцерны твердосемянность имеет большое варьирование и сильную генотипическую обусловленность, у хорошо окультуренных сортов признак выражен слабо (Glubsheva, 2009).

Продолжительность хранения семян, как правило, связана с их начальной всхожестью: чем она ниже, тем быстрее происходит утрата жизнеспособности всего образца (Fomina, 2008). Особенностью многих видов кормовых растений является то, что созревание семян у них происходит неодновременно, что приводит к разнокачественности по ряду признаков (Filimonov, 1961; Tkachenko, 2021). Качество семян также в значительной мере зависит от погодных условий, во время которых происходило их формирование, созревание и уборка (Stepanov, Prokhorova, 2010). Замечено, что семена одного вида, выращенные одновременно в разных регионах, имеют разные значения всхожести. Районы, где в период созревания семян стоит жаркая и сухая погода, признаны наиболее благоприятными для их производства (Austin, 1978; Tkachenko, 2021). Семена вызревшие, сухие, без механических повреждений, не зараженные вредителями и болезнями, помещенные в надлежащие условия, сохраняя жизнеспособность длительное время, и напротив – не достигшие полной спелости раньше теряют посевные качества (Nikolaeva et al, 1999; Storage of forage..., 2010).

При хранении семян важным фактором является присутствие патогенной микрофлоры. Питательные вещества семенных оболочек благоприятствуют развитию микроорганизмов, приводящих к ухудшению посевных качеств. На семенах, взятых с поля, обнаруживаются полевые грибы – *Alternaria*, *Helmintosporium*, *Fusarium*,

а позднее дополнительно появляются сапрофитные плесневые грибы (плесени хранения) – *Penicillium*, *Aspergillus*, *Rhizopus*, *Mucor*, которые в своем развитии нетребовательны к влажности. Во время хранения они со временем вытесняют полевые грибы и являются одной из основных причин снижения всхожести семян. Начальный период их развития протекает внешне незаметно, и качество семян может значительно ухудшиться прежде, чем появятся явные признаки порчи (Christensen, 1978; Semenov, Fedorova, 1984).

Семена бобовых культур при одинаковых условиях содержат на поверхности меньше микрофлоры, чем семена злаковых, так как они лучше защищены до самого обмолота и имеют гладкую оболочку. Шероховатость семян злаковых культур способствует оседанию и развитию на их поверхности значительного числа микроорганизмов (Moore, 1978). Продление жизни семян возможно при создании специальных условий, таких как герметичность, пониженные температура и влажность (Storage of forage..., 2010; Genebank Standards..., 2014), однако в отсутствие этого семена большинства изучаемых видов растений хорошо сохранялись при комнатной температуре (Barton, 1964; Fotev, Belousova, 2015; Rakovskaya et al., 2019; Androsova et al., 2019).

Целью настоящего исследования является изучение изменений лабораторной всхожести семян селекционных образцов многолетних трав, выращенных в условиях Тюменской области, для прогноза их посевной годности при хранении без специальных условий.

Материалы и методы

Исследование проводили в лаборатории селекции кормовых культур Научно-исследовательского института сельского хозяйства Северного Зауралья – филиала Федерального Тюменского научного центра СО РАН (НИИСХ Северного Зауралья – филиал ТюмНЦ СО РАН), находящегося на территории п. Московский, в 5 км от г. Тюмени. Материалом исследования служили образцы семян страхового фонда многолетних трав – клевера лугового (*Trifolium pratense* L.), люцерны изменчивой (гибридной) (*Medicago varia* Martyn), костреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub). Семена получены с растений коллекционного, селекционного питомников и питомника конкурсного сортоиспытания в полевых опытах 2008–2018 гг.

Климатические условия Тюменской области хорошо подходят для выращивания многолетних трав на кормовые цели, но для получения семян являются рискованными. В период созревания семян (конец лета – начало осени) часто наблюдаются продолжительные осадки, что увеличивает вегетацию, затягивает уборку семян, приводит к потерям их количества и качества. В рассматриваемые годы в период созревания и уборки семян (август – сентябрь) погода в большинстве лет по количеству тепла была типичной для региона. Существенное превышение нормы эффективных температур ($> 5^{\circ}\text{C}$), составляющей для августа и сентября г. Тюмени 1275 и 1415 $^{\circ}\text{C}$ соответственно, на 18–42% было в начале осени 2008 г., в уборку 2010–2012 гг. и 2016 г. По количеству осадков отклонение ниже нормы (для августа – сентября – 58–54 мм соответственно) отмечалось в 7 случаях и составляло 22–77%. Самые засушливые условия были в 2013, 2014, 2017 г., что способствовало своевременному сбору семян костреца безостого и созреванию семян бобовых трав. Избыточное увлажнение отмечали в 2008,

2012 г., когда выпало осадков на 25–140% сверх нормы. В 2015 и 2018 г. в последние месяцы вегетации отмечался сильный контраст – переувлажнение в августе сменялось засухой в сентябре и наоборот – засуха сменялась переувлажнением в 2016 г. (рис. 1).

Питомники, в которых получены семена, представлены образцами с длительным периодом селекционной работы – сортами – отобранными по ряду признаков гибридными популяциями. Семена исследуемых многолетних трав имеют небольшой размер и вес: масса 1000 семян клевера лугового составляет 1,67–1,89 г; люцерны изменчивой – 1,75–2,0 г; костреца безостого – 3,0–4,0 г (рис. 2).

Уборка семян с опытных делянок осуществлялась методом прямого комбайнирования с последующей сушкой методом активного вентилирования в открытой напольной сушилке, соединенной с теплоносителем. Семена в мешочках укладывались в 1 слой и продувались теплым воздухом до достижения ими влажности $10 \pm 2\%$, после чего сортировались. В период хранения семена размещались в лаборатории при комнатной температуре

(18–22°C). Влажность в помещении не проверялась и не контролировалась, ощущалась сухость воздуха, периодически проводилось проветривание. Партии образцов из разных питомников каждого отдельного года урожая были сложены на стеллаже в полипропиленовые мешки, сами образцы упакованы в мешочки из хлопковой ткани. План проведения исследований появился в 2015 г., когда во время проверки некоторых образцов страхового фонда, в частности семян костреца безостого урожая 2010 г., отмечалась их хорошая сохранность; кроме того, необходимо было убрать из хранения партии семян низкого качества.

Основная часть данных представлена анализами за 2017–2022 гг., в 2016 г. проверялись преимущественно семена нового урожая. Сохранившиеся первоначальные значения и данные до 2015 г. взяты из лабораторных журналов предыдущих лет. Определение всхожести проводилось в соответствии с ГОСТ 12038-84 (ГОСТ 12038-84..., 2011) в период с февраля по апрель каждого года. Выводы о качестве семян по показателю «всхожесть» сделаны для оригинальных семян по ГОСТ Р 52325-2005

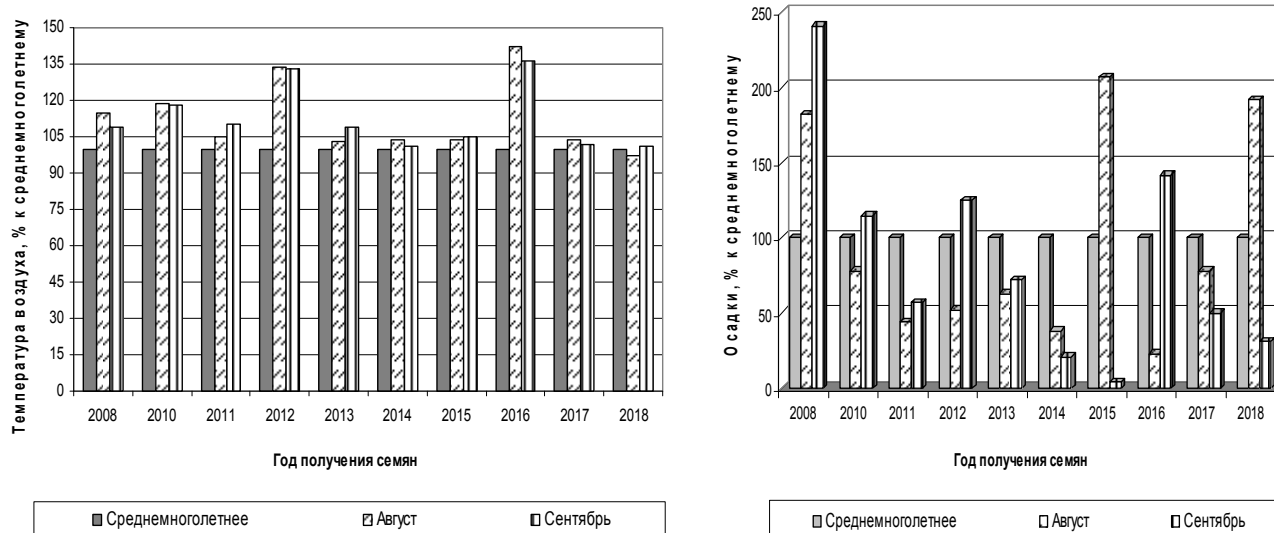


Рис. 1. Режим температуры воздуха и влагообеспеченности в период созревания семян, % к среднегодовому значению (2008–2018 гг., Тюмень)

Fig. 1. Air temperature and moisture supply regimes during the seed maturation period, % of the long-term mean value (2008–2018, Tyumen)

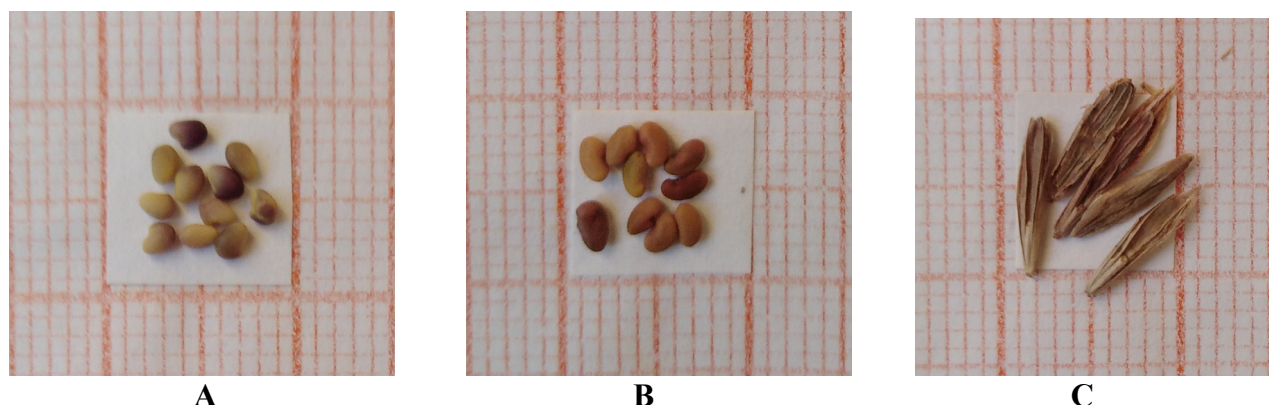


Рис. 2. Семена многолетних трав: А – клевер луговой (*Trifolium pratense* L.); В – люцерна изменчивая (*Medicago varia* Martyn); С – костреца безостый (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub)

Fig. 2. Seeds of perennial grasses: А – red clover (*Trifolium pratense* L.); В – changeable alfalfa (*Medicago varia* Martyn); С – awnless bromegrass (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub)

«Сортовые и посевные качества» (GOST R 52325-2005..., 2009). Для данной категории семян кондиционность (пригодность для посева в полевых условиях) ограничена значением лабораторной всхожести в 80%. Содержание твердых семян у бобовых не учитывалось исходя из того, что образцы представлены зарегистрированными сортами и популяциями, созданными из окультуренных форм с неоднократным отбором и их первоначальная всхожесть была высокой.

Для анализа использовали семена одних и тех же партий, которые в процессе хранения были проверены от 1 до 4 раз. Количество образцов (n) подбиралось исходя из их наличия; выборки со сроком хранения 0,5 года включали наибольшее число образцов (32–100) в зависимости от культуры, но оно с каждым годом снижалось и к окончанию испытаний включало 7–10 образцов. Все значения всхожести для исследованных 140 образцов костреца безостого, 300 клевера лугового, 88 люцерны изменчивой были сгруппированы по срокам хранения семян от 0,5 года до 9,5 лет. В итоговых таблицах показаны вариационные ряды средних значений показателя из небольших выборок. Для статистической характеристики их разнообразия применяли указание наименьшей и наибольшей величин из всех отмеченных значений (lim min÷max) (Plokhinsky, 1978), а также определяли основные показатели – средняя арифметическая ($\bar{x}$); ошибка средней арифметической ($\pm s_{\bar{x}}$); стандартное отклонение (s) и коэффициент вариации (V) (Dospikhov, 1985).

Результаты и обсуждение

Bromopsis inermis (Leyss.) Holub

Среди многолетних трав, изучаемых в Северном Зауралье, наиболее распространены и являются перспективными для селекции кострец безостый и клевер луговой (Lipovtyna, 2016; Lipovtyna, Leonidov, 2016). В условиях Тюмени ко времени сбора урожая костреца безостого во II-III декаду августа сумма эффективных температур составляет свыше необходимых для него 1100°C, что обеспечивает формирование качественных семян. Получаемые в течение 7 лет свежесобраные семена костреца безостого через 0,5 года имели диапазон значений всхожести 75–95% ($\bar{x} = 89 \pm 0,9\%$). Через год всхожесть образцов большинства исследуемых партий уменьшилась на 2–6%, кроме партии семян 2016 г. со снижением высокой исходной всхожести сразу на 20%. Средняя всхожесть семян была на уровне $82 \pm 1,3\%$, что соответствовало требованиям ГОСТ для посева.

За 2,5 года хранения среднее значение всхожести костреца безостого составило $74 \pm 1,6\%$, в сравнении с предыдущим годом оно уменьшилось на 8%; семена высокого качества, имеющие всхожесть не менее 80%, были только в партии урожая 2010 г. Хорошая всхожесть (77–79%) была и у партий семян 2015, 2018 г., хотя уже не соответствовала требованиям для оригинальных семян. Из этого можно заключить, что кондиционность семян по всхожести у костреца безостого чаще всего ограничивается сроком в 1,5 года (табл. 1).

Таблица 1. Снижение всхожести семян костреца безостого (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) в процессе хранения

Table 1. Decreasing germination rates of awnless brome grass (*Bromopsis inermis* (Leyss.) Holub) seeds during storage

Год получения семян / Harvest year	Срок хранения семян, лет / Всхожесть ($\bar{x}$), % / Storage period, years / Germination rate ($\bar{x}$), %				
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5
2010	94	92	89	75	63
2012	91	–	–	–	28
2013	91	85	–	–	26
2015	94	92	79	35	–
2016	92	72	60	37	–
2017	75	70	65	–	52
2018	89	83	77	67	–
n	58	29	24	20	10
Результат / Result:					
lim (min÷max)	75÷95	70÷92	60÷89	35÷75	26÷63
$\bar{x}$	89	82	74	53	42
$s_{\bar{x}}\%$	0,9	1,3	1,6	3,6	3,8
S, %	6,9	7,3	7,9	16,4	12,1
V, %	7,8	9,5	10,5	29,8	25,0

Примечание: $\bar{x}$ – средняя арифметическая; n – количество образцов в испытании; lim (min ÷ max) – диапазон всех отмеченных значений; $s_{\bar{x}}$ – ошибка средней; s – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации

Note: $\bar{x}$ – arithmetic mean; n – the number of samples in the test; lim (min ÷ max) – range of all recorded values; $s_{\bar{x}}$ – error of the mean; s – standard deviation; V – coefficient of variation

Существенное снижение всхожести у семян кострца безостого произошло после 3,5 лет хранения: среди четырех исследуемых партий семян только у образцов, полученных в 2010 г., сохранилась высокая всхожесть (75%). У образцов 2015, 2016 г. всхожесть составила всего 35–37%, снизившись за год хранения сразу на 23–44% от предыдущей. К концу испытаний, через 4,5 года хранения, средняя всхожесть составляла $42 \pm 3,8\%$ при диапазоне 26–63%. Также важно отметить, что при проведе-

всхожесть находилась на уровне $86 \pm 0,6\%$, что характеризовало их хорошее посевное качество, которое оставалось высоким в течение 2,5 лет после сбора не у всех образцов – средняя всхожесть $77 \pm 1,3\%$ уже не соответствовала требованиям ГОСТ. Через 3,5 года хранения семян верхний диапазон значений всхожести оставался высоким (82%), но среднее значение $67 \pm 1,8\%$ указывало на преобладающее количество образцов, утративших кондиционность (табл. 2).

Таблица 2. Снижение всхожести семян клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) в процессе хранения

Table 2. Decreasing germination rates of red clover (*Trifolium pratense* L.) seeds during storage

Год получения семян / Harvest year	Срок хранения семян, лет / Всхожесть ($\bar{x}$), % / Storage period, years / Germination rate ($\bar{x}$), %									
	0,5	1,5	2,5	3,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
2008	–	–	–	–	–	–	–	–	–	11
2010	88	–	–	–	–	–	–	59	52	23
2011	86	84	–	–	–	–	50	43	30	–
2012	78	–	–	–	–	58	53	39	–	–
2013	81	80	–	–	64	51	33	–	–	–
2014	85	–	–	73	60	–	–	–	–	–
2015	95	–	78	64	–	–	–	–	–	–
2017	92	88	84	74	63	–	–	–	–	–
2018	87	85	70	57	–	–	–	–	–	–
n	100	70	30	23	32	8	13	15	9	8
Результат / Result:										
lim (min÷max)	75÷95	77÷90	65÷89	50÷82	39÷73	40÷72	32÷64	32÷60	28÷60	7÷25
$\bar{x}$	86	84	77	67	62	54	45	47	41	17
$s_{\bar{x}}, \%$	0,6	0,5	1,3	1,8	1,3	4,0	2,5	2,7	3,8	2,2
S, %	6,1	4,2	7,2	8,6	7,1	11,4	9,1	10,4	11,5	6,2
V, %	7,0	5,0	9,3	13,0	11,0	20,9	18,0	22,2	27,2	43,1

Примечание: $\bar{x}$ – средняя арифметическая; n – количество образцов в испытании; lim (min ÷ max) – диапазон всех отмеченных значений; $s_{\bar{x}}$ – ошибка средней; s – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации

Note: $\bar{x}$ – arithmetic mean; n – number of samples in the test; lim (min ÷ max) – range of all recorded values; $s_{\bar{x}}$ – error of the mean; s – standard deviation; V – coefficient of variation

нии анализов у образцов с низкой всхожестью (менее 50%) всегда наблюдалось развитие плесневых грибов, что может указывать на их негативное влияние в снижении качества хранящихся семян.

Trifolium pratense L.

Клевер луговой в условиях Тюменской области наиболее распространен среди других многолетних бобовых культур. Несмотря на продолжительный период вегетации – свыше 150 дней, к II–III декаде сентября сумма эффективных температур достигает свыше 1400°C , что является достаточным для созревания семян. По результатам анализа, у свежесобраных в 2010–2018 гг. образцов семян клевера лугового, через 0,5 года лабораторная

всхожесть семян в период хранения от 4,5 до 8,5 лет постепенно снижалась: нижний диапазон – с 39 до 28%, верхний – с 73 до 60%, а общее среднее значение всхожести ($62 \pm 1,3\%$) за 4 года уменьшилось на 21% ($41 \pm 3,8\%$). Минимальные значения всхожести (7–25%) у хранившихся семян отмечены через 9,5 лет; по средней всхожести $17 \pm 2,2\%$ было очевидно, что испытания можно завершить. В результате настоящих исследований установлено, что лабораторная всхожесть $\geq 80\%$ у большинства хранящихся в комнатных условиях семян клевера лугового сохраняется 1,5 года после сбора урожая. Дальнейшее снижение всхожести происходит постепенно и в течение 10 лет доходит до минимальных значений, когда хранение утрачивает смысл.

Также анализ полученных данных показал, что изменения всхожести образцов семян за каждый отдельный год при высоких первоначальных значениях были различны: семена, полученные в 2015 г., стали некондиционными после 2,5 лет хранения, а семена урожая 2017 г. – после 3,5 лет; образцы урожая 2012 г. через 6,5 лет хранения имели всхожесть 53%, а образцы 2013 г. – только 33%, хотя изначальная всхожесть у полученных в эти годы семян составляла 78 и 81%. Для установления вероятной причины были рассмотрены погодные условия периода, предшествующего уборке семян. Для пары лет – 2015 и 2017 г. – условия по температуре воздуха были практически одинаковыми, а по выпавшим осадкам существенно отличались. В августе 2015 г. сумма осадков была выше нормы (58 мм) на 107%, с практически полным их отсутствием в сентябре (4% от нормы в 54 мм). В 2017 г. период с августа по сентябрь был засушливым – осадков выпало на 22–50% ниже нормы. Следовательно, семена в период созревания в полевых условиях 2015 г. подвергались большему воздействию влаги, чем семена в 2017 г., что могло повлиять на их дальнейшее качество.

Образцы семян, полученные в 2012, 2013 г., через 5,5 лет имели всхожесть на одном уровне – $54 \pm 4,0\%$; отличия проявились только через 6,5 лет хранения. Семени, выращенные в 2012 г., в период созревания получили значительно больше тепла ($+34\%$ к норме) и больше влаги, чем за аналогичный период 2013 г. с температурой воздуха, несущественно превышающей норму, и суммой осадков на 28% ниже нормы, однако по этим данным нельзя сделать однозначных выводов о степени влияния погодных факторов. Существенная разница в качестве семян у разных образцов может быть обусловлена влиянием патогенной микрофлоры. Подтверждением чего является исследование семян клевера лугового на зараженность фитопатогенами, проведенное в 2013 г. сотрудниками НИИСХ Северного Зауралья Л. В. Марченко и Л. В. Григорьевой в период их работы с многолетними травами (табл. 3).

В результате фитоэкспертизы на семенах клевера лугового они отметили наличие грибов из рода *Fusarium*

sp., *Alternaria* sp. и группу плесневых с общим заражением от 1,4 до 15,3%. Образцы разных сортов отличались по степени зараженности. Отмечено, что сорта с зараженностью 6,7 и 15,3% имели пониженную всхожесть – 89 и 84%, в то время как у сортов с меньшей зараженностью (1,4–5,6%) лабораторная всхожесть составила 93–97%. Аналогичные результаты были получены при изучении хранящегося продовольственного зерна, что позволило сделать вывод: все изменения качества семян при хранении тесно связаны со степенью их поражения грибами (*Alternaria*, *Fusarium*, *Penicillium*) (Semenov, Fedorova, 1984) – вероятно, справедливый и для других культур. Исследователями отмечалось, что при правильном хранении кондиционного семенного материала численность микроорганизмов на семенах уменьшается и изменяется процентное соотношение между разными видами, однако полностью зараженностью семенной массы грибами (*Alternaria*, *Helmintosporium*, *Fusarium*) не исчезает даже при длительном хранении в течение нескольких лет и является фактором снижения всхожести.

Medicago varia Martyn

Люцерна изменчивая является наиболее ценным кормовым растением и также изучалась в условиях Сибири. Для созревания семян ей требуется 105–125 дней и сумма эффективных температур около 2000°C . Годы с прохладной и дождливой погодой ухудшают условия цветения и плодообразования, поэтому не все сорта, особенно во влажные годы, дают вызревшие семена (Макарова, 1974). Наблюдения исследователя справедливы: несмотря на многие преимущества данной культуры, начатая селекционная работа с ней из-за трудностей в получении семян впоследствии была прекращена. В условиях Тюмени естественное окончание вегетации у люцерны наблюдалось позже всех полевых культур и отмечалось в октябре. Проверка всхожести имеющихся образцов урожая 2008–2013 гг. показала, что полученные семена сохраняли посевное качество, близкое к требованиям ГОСТ ($77 \pm 1,8\%$), в течение 5,5 лет после сбора (табл. 4).

Таблица 3. Результаты фитосанитарной экспертизы семян клевера лугового (*Trifolium pratense* L.)
(по: Marchenko, Grigoryeva, 2013)

Table 3. Phytosanitary examination results for red clover (*Trifolium pratense* L.) seeds
(from Marchenko, Grigoryeva, 2013)

Сорт / Cultivar	Лабораторная всхожесть, % / Laboratory germination, %	Зараженность семян, % / Infection of seeds, %			
		<i>Fusarium</i> sp.	<i>Alternaria</i> sp.	Плесневые грибы / Mold fungi	Общая / Total
Родник Сибири / Rodnik Sibiri	89	4,0	1,7	1,0	6,7
Ермак / Ermak	93	1,3	0,7	1,3	3,3
Памяти Бурлаки / Pamyati Burlaki	94	0,7	1,3	0,7	2,7
Атлант / Atlant	97	0	0,7	0,7	1,4
Гефест / Gefest	97	0,3	2,0	1,0	3,3
Светлячок / Svetlyachok	84	4,3	4,0	7,0	15,3
Сударь / Sudar	93	0,3	2,3	3,0	5,6

Таблица 4. Снижение всхожести семян люцерны изменчивой (*Medicago varia* Martyn) в процессе хранения
Table 4. Decreasing germination rates of changeable alfalfa (*Medicago varia* Martyn) seeds during storage

Год получения семян / Harvest year	Срок хранения семян, лет / Всхожесть ($\bar{x}$), % / Storage period, years / Germination rate ($\bar{x}$), %							
	0,5	1,5	4,5	5,5	6,5	7,5	8,5	9,5
2008	–	–	–	–	–	–	–	36
2011	84	–	–	–	57	–	–	50
2012	86	–	–	77	–	–	68	–
2013	83	85	75	–	–	66	–	–
n	32	10	7	7	7	8	8	9
Результат / Result:								
lim (min÷max)	78÷91	81÷89	69÷83	70÷84	47÷68	54÷78	58÷79	20÷59
$\bar{x}$	84	85	75	77	57	66	68	43
$s_{\bar{x}}$, %	0,5	0,9	1,8	1,8	3,0	2,6	2,5	3,9
S, %	3,1	2,7	4,9	4,8	8,0	7,3	6,9	11,9
V, %	3,6	3,2	10,4	6,2	14,1	11,0	10,2	27,7

Примечание: $\bar{x}$ – средняя арифметическая; n – количество образцов в испытании; lim (min ÷ max) – диапазон всех отмеченных значений; $s_{\bar{x}}$ – ошибка средней; s – стандартное отклонение; V – коэффициент вариации

Note: $\bar{x}$ – arithmetic mean; n – the number of samples in the test; lim (min ÷ max) – range of all recorded values; $s_{\bar{x}}$ – error of the mean; s – standard deviation; V – coefficient of variation

Данные по средней всхожести семян, хранившихся от 6,5 до 8,5 лет, имеют вариацию с $57 \pm 3\%$ до $68 \pm 2,5\%$, что объясняется тем, что в выборках были представлены сохранившиеся образцы только за один год урожая. Через 9,5 лет хранения всхожесть оставшихся семян люцерны снизилась до значений 20–59%, но оставалось относительно высокой для такого срока и в среднем составляла $43 \pm 3,9\%$. Также вызывает интерес то, что на сохранившихся образцах семян при проведении анализа плесень отсутствовала, что говорит об их лучшей природной защите от заселенности микрофлорой.

Сравнивая всхожесть семян изучаемых культур, можно заметить, что за время хранения ее ежегодное снижение было различным. У семян костреца безостого она за 1,5–2,5 года после сбора снижалась на 7 и 8%, после 3,5 лет – на 21%, после 4,5 лет – на 11%. У семян клевера лугового за 5,5 лет хранения всхожесть снижалась также неравномерно, но в меньшей степени – от 2 до 13%, а в период 6,5–8,5 лет была практически на одном уровне и только после 9,5 лет снизилась сразу на 24%. У люцерны изменчивой за 5,5 лет всхожесть семян снизилась всего на 10% и отмечалась максимальная сохранность качества семян к концу исследований (рис. 3).

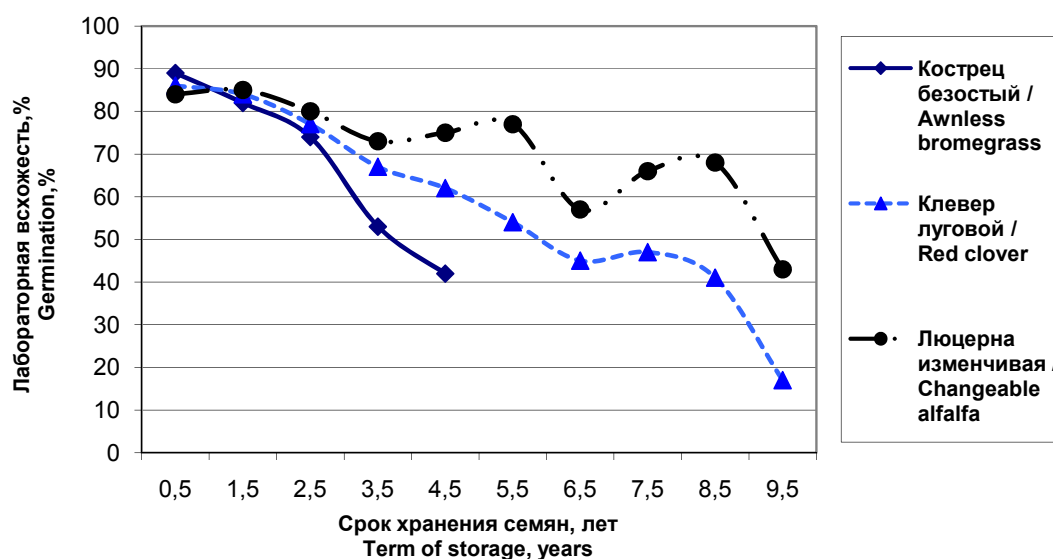


Рис. 3. Динамика снижения лабораторной всхожести при хранении
Fig. 3. Dynamics of the decreases in laboratory germination rates during seed storage

Исходя из этого, можно сделать предположение о максимальном сроке хранения семян, в течение которого образцы с ежегодным наименьшим снижением всхожести могут полностью утратить способность к прорастанию. Для костреца безостого при установленной динамике снижения он составит не более 6 лет. Для семян бобовых культур, очевидно, что он превысит 10 лет, однако для клевера лугового будет значительно меньшим, чем для люцерны изменчивой, у которой средняя всхожесть семян за весь период хранения снизилась всего на 41% от первоначальной, в то время как у семян клевера лугового – на 69%.

Статистическая оценка результатов проведенной работы показала, что вариация между значениями в представленных выборках у всех исследуемых культур с годами возрастала и достигала максимальных значений к концу испытаний. Наименьшая она была в выборках данных первых лет хранения, затем увеличивалась: коэффициент вариации (V), составлявший вначале 3,6–7,8%, за годы изменялся до 27,7–43,1%, неоднородность исследуемого материала повышалась. Оказалось, что высокая исходная всхожесть семян не была гарантией их длительной сохранности. Сумма негативных факторов постоянно влияла на потенциал их жизнеспособности, посевные качества сохранялись у ограниченного числа образцов.

Заключение

Исследована лабораторная всхожесть семян многолетних трав, выращенных в селекционных питомниках в 2008–2018 гг. в условиях Тюменской области. При постоянном хранении семян в помещении без специальных условий при температуре воздуха 18–22°C и неконтролируемой влажности воздуха по показателю «всхожесть» семена большинства образцов костреца безостого и клевера лугового оставались кондиционными (с результатом не менее 80%) и пригодными для посева в полевых условиях в течение 1,5 лет после сбора, люцерны изменчивой – до 5,5 лет. Между образцами семян, полученных в разные годы, и семенами одного года урожая при увеличении срока хранения в значениях всхожести отмечалось и увеличение разницы между ними ($V = 3,6–29,8\%$), поэтому сроки хранения для разных образцов существенно отличались, а высокая исходная всхожесть семян не была гарантией их длительной сохранности.

На образцах семян с низкой всхожестью отмечалось развитие плесневых грибов, что указывало на их негативное влияние в период хранения семян, степень которого зависела от разного уровня заселенности микроорганизмами. Семена многолетних трав, представляющие ценность как селекционные или коллекционные образцы, с лабораторной всхожестью не ниже 50% для размножения могут высеваться с повышенной нормой высева на отдельных участках, при этом возможность максимального практического использования для семян костреца безостого составляет до 3,5 лет; клевера лугового – до 5,5 лет; люцерны изменчивой – до 8,5 лет.

References / Литература

Androsova D.N., Danilova N.S., Borisova S.Z. effect of storage duration on germinative capacity and character of seed germination of Yakutian plants. *Rastitelnye resursy = Plant Resources*. 2019;55(3):353-361. [in Russian] (Андросова Д.Н., Данилова Н.С., Борисова С.З. Влияние сро-

ков хранения на всхожесть и характер прорастания некоторых полезных растений Якутии. *Растительные ресурсы*. 2019;55(3):353-361). DOI: 10.1134/S003399461903004X

Austin R.B. Effects of environment before harvesting on viability (Vliyaniye okruzhayushchey sredy do uborki urozhaya na zhiznesposobnost semyan). In: M.K. Firsova (ed.). *Viability of Seeds (Zhiznesposobnost semyan)*. Moscow: Kolos; 1978. p.113-141. [in Russian] (Остин Р.Б. Влияние окружающей среды до уборки урожая на жизнеспособность семян. В кн.: *Жизнеспособность семян* / под ред. М.К. Фирсовой. Москва: Колос; 1978. С.113-141).

Barton L. Seed preservation and longevity (Khraneniye semyan i ikh dolgovechnost). Moscow: Kolos; 1964. [in Russian] (Бартон Л. Хранение семян и их долговечность. Москва: Колос; 1964).

Christensen C.M. Microflora and seed deterioration (Mikroflora i ukhudsheniye kachestva semyan). In: M.K. Firsova (ed.). *Viability of Seeds (Zhiznesposobnost semyan)*. Moscow: Kolos; 1978. p.63-91. [in Russian] (Кристенсен К.М. Микрофлора и ухудшение качества семян. В кн.: *Жизнеспособность семян* / под ред. М.К. Фирсовой. Москва: Колос; 1978. С.63-91).

Dospekhov B.A. Methodology of field trial (Metodika polevogo opyta). Moscow: Agropromizdat; 1985. [in Russian] (Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Москва: Агропромиздат; 1985).

Filimonov M.A. Seeds of fodder plants and their biological properties (Semena kormovykh rasteniy i ikh biologicheskiye svoystva). Moscow: Selkhozizdat; 1961. [in Russian] (Филимонов М.А. Семена кормовых растений и их биологические свойства. Москва: Сельхозиздат; 1961).

Fomina T.I. Duration of seed preservation of wild ornamental species. *Siberian Herald of Agricultural Science*. 2008;12(192):31-35. [in Russian] (Фомина Т.И. Длительность хранения семян декоративных видов природной флоры. *Сибирский вестник сельскохозяйственной наук*. 2008;12(192):31-35).

Fotev Yu.V., Belousova V.P. Germination of cowpea [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] seeds in relation to the storage duration under laboratory conditions. *Modern Problems of Science and Education*. 2015;(5):703. [in Russian] (Фотев Ю.В., Белоусова В.П. Прорастание семян вигны [*Vigna unguiculata* (L) Walp.] в связи с продолжительностью их хранения в условиях лаборатории. *Современные проблемы науки и образования*. 2015;(5):703).

Genebank Standards for Plant Genetic Resources for Food and Agriculture. Revised edition. Rome: FAO; 2014. Available from: <http://www.fao.org/3/a-i3704e.pdf> [accessed Feb. 10, 2023].

Glubsheva T.N. Variability of hardseed feature of alfalfa. *Belgorod State University Scientific Bulletin. Series: Natural Sciences*. 2009;3(58):20-27. [in Russian] (Глубшева Т.Н. Изменчивость люцерны по твердосемянности. *Научные ведомости Белгородского Государственного университета. Серия: естественные науки*. 2009;3(58):20-27).

GOST 12038-84. Interstate standard. Agricultural seeds. Methods for determination of germination. Moscow: Standartinform; 2011. [in Russian] (ГОСТ 12038-84. Межгосударственный стандарт. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. Москва: Стандартинформ; 2011). URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12038-84> [дата обращения: 26.01.2023].

GOST R 52325-2005 National standard of the Russian Federation. Seeds of agricultural plants. Varietal and sowing

- characteristics. General specifications. Moscow: Standartinform; 2009. [in Russian] (ГОСТ Р 52325-2005. Национальный стандарт Российской Федерации. Семена сельскохозяйственных растений. Сортовые и посевные качества. Общие технические условия. Москва: Стандартинформ; 2009). URL: <https://docs.cntd.ru/document/1200039547> [дата обращения: 26.01.2023].
- Lipovtysna T.P. Results of awnless brome-grass (*Bromopsis inermis* Leyss.) breeding in Northern Trans-Ural Region. *Agrarian Science Euro-North-East*. 2016;4(53):15-21. [in Russian] (Липовцына Т.П. Результаты селекции костреца безостого (*Bromopsis inermis* Leyss.) в Северном Зауралье. *Аграрная наука Евро-Северо-Востока*. 2016;4 (53):15-21).
- Lipovtysna T.P., Leonidov Y.E. New variety of meadow clover "Saldo". *Achievements of Science and Technology of AIC*. 2016;30(11):69-72. [in Russian] (Липовцына Т.П., Леонидов Ю.Е. Новый сорт клевера лугового Сальдо. *Достижения науки и техники АПК*. 2016;30(11):69-72).
- Lyushinsky V.V., Prizhukov F.B. Seed production of perennial grasses (Semenovodstvo mnogoletnikh trav). Moscow: Kolos; 1973. [in Russian] (Люшинский В.В., Прижук Ф.Б. Семеноводство многолетних трав. Москва: Колос; 1973).
- Makarova G.I. Perennial fodder grasses of Siberia (Mноголетние кормовые травы Sibiri). Omsk: West Siberian Book Publishers; 1974. [in Russian] (Макарова Г.И. Многолетние кормовые травы Сибири. Омск: Западно-Сибирское книжное издательство; 1974).
- Marchenko L.V., Grigoryeva L.V. Phytosanitary evaluation of red clover seeds (Fitosanitarnaya otsenka semyan klevra lugovogo). In: N.I. Kashevarov, L.F. Ashmarina (eds). *The current state and strategy for the development of fodder production in the 21st century: proceedings of the Scientific and Practical Conference; Novosibirsk, July 9–12, 2012 (Sovremennoye sostoyaniye i strategiya razvitiya kormoproizvodstva v XXI veke: materialy nauchno-prakticheskoy konferentsii; Novosibirsk, 9–12 iyulya 2012 g.)*. Novosibirsk: SB RAAS; 2013. p.182-185. [in Russian] (Марченко Л.В., Григорьева Л.В. Фитосанитарная оценка семян клевера лугового. В кн.: *Современное состояние и стратегия развития кормопроизводства в XXI веке: материалы научно-практической конференции; Новосибирск, 9–12 июля 2012 г.* / под ред. Н.И. Кашеварова, Л.Ф. Ашмариной. Новосибирск: СО РАСХН; 2013. С.182-185).
- Moore R.P. Effects of mechanical injuries on viability (Vliyaniye mekhanicheskikh povrezhdeniy na zhiznesposobnost semyan). In: M.K. Firsova (ed.). *Viability of Seeds (Zhiznesposobnost semyan)*. Moscow: Kolos; 1978. p.94-111. [in Russian] (Мур Р.П. Влияние механических повреждений на жизнеспособность семян. В кн. *Жизнеспособность семян* / под ред. М.К. Фирсовой. Москва: Колос; 1978. С.94-111).
- Nikolaeva M.G., Lyanguzova I.V., Pozdova L.M. Seed biology (Biologiya semyan). St. Petersburg: Research Institute of Chemistry, St. Petersburg State University; 1999. [in Russian] (Николаева М.Г., Лянгузова И.В., Поздова Л.М. Биология семян. Санкт-Петербург: НИИ химии Санкт-Петербургского государственного университета; 1999).
- Plokhinsky N.A. Mathematical methods in biology (Matematicheskiye metody v biologii). Moscow: Moscow State University; 1978. [in Russian] (Плохинский Н.А. Математические методы в биологии. Москва: Московский государственный университет; 1978).
- Rakovskaya N.V., Zabegaeva O.N., Dzyubenko E.A. Seed quality evaluation in the collection of *Cyamopsis tetragonoloba* after long-term storage under uncontrolled conditions. *Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding*. 2019;180(4):48-58. [in Russian] (Раковская Н.В., Забегаева О.Н., Дзюбенко Е.А. Оценка качества семян коллекции циамописа четырехкрыльчатого при длительном хранении в неконтролируемых условиях. *Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции*. 2019;180(4):48-58). DOI: 10.30901/2227-8834-2019-4-48-58
- Roberts E.H. Introduction. Storage environment and the control of viability (Vvedeniye. Vliyaniye usloviy khraneniya semyan na ikh zhiznesposobnost). In: M.K. Firsova (ed.). *Viability of Seeds (Zhiznesposobnost semyan)*. Moscow: Kolos; 1978. p.9-52. [in Russian] (Робертс Е.Г. Введение. Влияние условий хранения семян на их жизнеспособность. В кн.: *Жизнеспособность семян* / под ред. М.К. Фирсовой. Москва: Колос; 1978. С.9-52).
- Semenov A.Ya., Fedorova R.N. Cereal seed infection (Infektsiya semyan khlebnnykh zlakov). Moscow: Kolos; 1984. [in Russian] (Семенов А.Я., Федорова Р.Н. Инфекция семян хлебных злаков. Москва: Колос; 1984).
- Stepanov A.F., Prokhorova N.A. Raising of seeding qualities and storage of rare perennial fodder crops (Povysheniye posevnykh kachestv i khraneniye mnogoletnikh malorasprostranennykh kormovykh kultur). Omsk: Omsk State Agrarian University; 2010. [in Russian] (Степанов А.Ф., Прохорова Н.А. Повышение посевных качеств и хранение многолетних малораспространенных кормовых культур. Омск: Омский государственный аграрный университет; 2010).
- Storage of forage plant seeds: Guidelines (Khraneniye semyan kormovykh rasteniy: Metodicheskiye ukazaniya). Moscow: Russian State Agrarian University – Moscow Timiryazev Agricultural Academy; 2010. [in Russian] (Хранение семян кормовых растений: Методические указания. Москва: РГАУ – МСХА им. К.А. Тимирязева; 2010).
- Tkachenko K.G. Complementary methods for studying resource plant species in field and stationary conditions. *Field Biologist Journal*. 2021;3(1):74-86. [in Russian] (Ткаченко К.Г. Комплементарные методы изучения ресурсных видов растений в полевых и стационарных условиях. *Полевой журнал биолога*. 2021;3(1):74-86). DOI: 10.52575/2658-3453-2021-3-1-74-86

Информация об авторе:

Наталья Александровна Феокистова, научный сотрудник, Федеральный исследовательский центр Тюменский научный центр Сибирского отделения Российской академии наук, Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Северного Зауралья – филиал ТНЦ СО РАН, 625501 Россия, Тюменская обл., Тюменский р-н, п. Московский, ул. Бурлаки, 2, nata_feo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9418-6218>

Information about the author

Natalya A. Feoktistova, Researcher, Tyumen Scientific Center of the Siberian Branch of the Russian Academy of Sciences, Research Institute of Agriculture for the Northern Trans-Ural Region, branch of the TSC SB RAS, 2 Burlaki St., Moskovsky Settle., Tyumensky District, Tyumen Province 625501, Russia, nata_feo@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-9418-6218>

Статья поступила в редакцию 26.10.2022; одобрена после рецензирования 01.03.2023; принята к публикации 01.06.2023.
The article was submitted on 26.10.2022; approved after reviewing on 01.03.2023; accepted for publication on 01.06.2023.