

УДК 633.36/.37:631.527.823:[631.524.5+631.524.7]

**СТРУКТУРА УРОЖАЯ СЕМЯН ЛЯДВЕНЦА РОГАТОГО
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ СОРТА И ТИПА ОПЫЛЕНИЯ****Э.С. Рекашус**, кандидат сельскохозяйственных наук

ФНЦ «ВИК им. В.Р. Вильямса»

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

rekashus@mail.ru**INFLUENCE OF VARIETY, SELF-POLLINATION
AND CROSS-POLLINATION ON SEED YIELD COMPONENTS
IN BIRD'S-FOOT TREFOIL****E.S. Rekashus**, Candidate of Agricultural Sciences*Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology*

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

rekashus@mail.ru

DOI 10.33814/AFP-2222-5366-2020-1-23-29

Изложены результаты изучения сортовой реакции элементов семенной продуктивности лядвенца рогатого (*Lotus corniculatus* L.) на самоопыление и перекрестное опыление. Цель испытаний — выявить закономерности влияния типов опыления на семенную продуктивность лядвенца рогатого для дальнейшего планирования селекционной работы с этой культурой и нахождения источников самосовместимости. Исследования проводили в 2019 г. в селекционно-тепличном комплексе Федерального научного центра кормопроизводства и агроэкологии имени В.Р. Вильямса. Наблюдения и учеты выполняли в условиях вегетационного опыта, в сосудах объемом 3 л с использованием почвы, имеющей средний уровень плодородия и кислотность солевой вытяжки, близкую к нейтральной. Анализу подвергли 40 генотипов сортов Смоленский 1 (оригинатор — Смоленская государственная сельскохозяйственная опытная станция им. А.Н. Энгельгардта) и Изис (оригинатор — Научно-практический центр Национальной академии наук Беларуси по земледелию). В среднем, от самоопыления число завязавшихся бобов снизилось более чем в 15 раз, число и масса завязавшихся семян, а также число выполненных семян — более чем в 30 раз. Среднее число семян в бобе уменьшилось в 2 раза, средняя масса одного семени — на 8,5%, а средняя длина боба — на 0,7 см. Генотипы сорта Изис обеспечивали достоверно большую долю выполненных семян в общем количестве, чем генотипы сорта Смоленский 1. Среди изученных растений не обнаружено высокой самосовместимости. Следует продолжить поиск данного признака среди большего числа генотипов, в том числе различного эколого-географического происхождения. Для создания сортолинейного материала необходимо увеличить число цветков для самоопыления. Следует разработать методику для облегчения процесса ручного опыления цветков лядвенца рогатого.

Ключевые слова: лядвенец рогатый, структура урожая семян, сорт, перекрестное опыление, самоопыление, самосовместимость.

The article gives an analysis of the influence of variety, self-pollination, cross-pollination on the seed yield components in bird's-foot trefoil (*Lotus corniculatus* L.). The test results are designed for further

planning of breeding work with this crop and finding sources of self-compatibility. The research was carried out in 2019, in the breeding greenhouse of the Federal Williams Research Center of Forage Production and Agroecology. We organized greenhouse experiment. Plants were grown in 3 l vessels. Soil fertility and acidity were moderate. 40 genotypes of varieties Smolenskiy 1 (Smolensk State Agricultural Experimental Station named after A.N. Engelhardt) and Isis (Research and Practical Center of National Academy of Sciences of the Republic of Belarus for Arable Farming) were analyzed. After self-pollination of flowers, the infructescence decreased by more than 15 times, the number, weight, and plumpness of seeds, decreased by more than 30 times. The average number of seeds in a bean decreased by 2 times. The average weight of 1 seed decreased by 8.5%. The average bean length decreased by 0.7 cm. The difference between plumpness of seeds from Isis genotypes and Smolenskiy 1 genotypes after self-pollination is statistically significant. No genotypes with high self-compatibility were found. It is necessary to continue the search for this hereditary feature among genotypes of various eco-geographical origin. To create inbred lines, it is necessary to increase the number of self-pollinated flowers. To facilitate the manual pollination of the flowers of bird's-foot trefoil, a technique should be developed.

Keywords: bird's-foot trefoil, seed yield components, variety, cross-pollination, self-pollination, self-compatibility.

Лядвенец рогатый является ценной, но пока малораспространенной кормовой культурой. Среди его достоинств можно выделить неприхотливость к условиям выращивания, устойчивость к переувлажнению, кислой почве, вредным организмам, долголетие, высокую белковую продуктивность и способность обогащать почву биологическим азотом [1]. Одни исследователи сообщают, что потенциал семенной продуктивности лядвенца составляет 500–600 кг/га [2]. Другие приводят интервал 800–1100 кг/га [3]. С учетом того, что масса 1000 семян лядвенца рогатого находится в интервале 1,2–1,5 г [4], потенциал его семенной продуктивности выше, чем у клевера лугового и люцерны. В своих публикациях ряд ученых сообщали, что наблюдали фактическую урожайность семян в пределах 80–200 кг/га и прослеживали ее зависимость от условий года [1; 2; 3; 5]. Эту зависимость белорусские исследователи объясняли энтомофильностью лядвенца рогатого [6], при которой его высокая семенная продуктивность при своевременной уборке наблю-

далась в годы, когда погодные условия благоприятствовали дружному цветению и активной деятельности насекомых-опылителей. Выведение сортов лядвенца рогатого со стабильно высокой семенной продуктивностью является приоритетной задачей, так как ее решение будет способствовать расширению ассортимента урожайных, высокодоходных сортов и увеличению посевных площадей под этой ценной культурой [5]. Решению этой задачи поспособствует обнаружение генетических источников признаков, определяющих семенную продуктивность. К ним относится самосовместимость, то есть способность растений давать многочисленное продуктивное потомство при самоопылении [7]. Другим направлением повышения продуктивности, в том числе и семенной, является использование эффекта гетерозиса, который наиболее сильно проявляется при гибридизации географически отдаленных форм и сортолинейного материала [8], создание которого ведется в процессе получения ряда поколений от самооплодотворения. У таких перекрестноопы-

ляющихся культур, как клевер луговой, люцерна, подсолнечник, озимый рапс, гречиха, изучение и использование эффектов близкородственного скрещивания, самосовместимости и гетерозиса проводится достаточно активно [7; 8; 9; 10; 11; 12]. Лядвенец рогатый в этом отношении еще мало изучен.

Цель исследований. В связи с вышеизложенным целью наших исследований было изучение влияния самоопыления на структуру урожая семян лядвенца рогатого двух сортов в сравнении с перекрестным опылением.

Методика и условия проведения опыта. Эксперимент выполняли в условиях вегетационного опыта, в сосудах объемом 3 л с использованием почвы со средним уровнем плодородия и кислотностью солевой вытяжки, близкой к нейтральной. Было высеяно по 30 генотипов лядвенца рогатого двух сортов: Смоленский 1 (селекции Смоленской государственной сельскохозяйственной опытной станции им. А.Н. Энгельгардта) и Изис (селекции Научно-практического центра Национальной академии наук Беларуси по земледелию), находящихся в коллекции генетических ресурсов нашего научного центра. Данные сорта были выбраны в связи с тем, что в условиях селекционно-тепличного комплекса они цвели в один срок и раньше других сортов коллекции. Было отобрано 20 генотипов с одинаковым временем зацветания и у каждого вручную сделали перекрестное внутрисортное опыление пяти цветков, а также самоопыление пяти цветков. Таким образом, выборка внутри каждого сорта состояла из 100 цветков

одного типа опыления. Цветки с самоопылением защитили изоляторами. После сбора созревших бобов определили структуру урожая семян по показателям: число завязавшихся бобов, завязываемость бобов (доля завязавшихся бобов), число завязавшихся семян, среднее число семян в бобе, масса завязавшихся семян, средняя масса одного семени, число выполненных семян, средняя длина и ширина боба. Поскольку опыленные цветки представляли собой выборку из генеральной совокупности, провели статистическую обработку достоверности различий по Б.А. Доспехову интервальным методом на уровне значимости 5% [13] с учетом того, что завязываемость бобов и доля выполненных семян имели качественную изменчивость, а средняя длина и ширина боба — количественную.

Результаты исследований и их обсуждение. Подтвердились наблюдения предыдущих исследователей [6] о том, что цветки лядвенца рогатого после опыления не отличаются от неопыленных, что усложняет ручное опыление этой культуры. Все 20 генотипов каждого сорта после перекрестного опыления оставили потомство. Три генотипа Смоленский 1 и два генотипа Изис завязали семена после перекрестного опыления. Согласно данным таблицы, самоопыление оказало сильное отрицательное влияние на число завязавшихся бобов.

По сравнению с перекрестным оно снизилось в 12–19 раз. Межсортные различия по доле завязавшихся бобов в общем числе опыленных цветков были статистически недостоверными.

Таблица. Структура урожая семян изучаемых сортов лядвенца рогатого в зависимости от типа опыления

Вариант опыления	Сорт	Доля завязавшихся бобов	Число завязавшихся бобов	Число завязавшихся семян	Среднее число семян в бобе, шт./боб	Масса завязавшихся семян, г
Самоопыление	Смоленский 1	0,04 ± 0,04	4	27	6,8	0,032
	Изис	0,07 ± 0,05	7	39	5,6	0,050
Перекрестное	Смоленский 1	0,79 ± 0,08	79	1051	13,3	1,440
	Изис	0,87 ± 0,07	87	1001	11,5	1,331

Вариант опыления	Сорт	Средняя масса одного семени, мг	Доля выполненных семян	Число выполненных семян	Средняя длина боба, см	Средняя толщина боба, см
Самоопыление	Смоленский 1	1,19	0,59 ± 0,19	16	1,7 ± 0,2	0,23 ± 0,06
	Изис	1,28	0,90 ± 0,10	35	1,4 ± 0,2	0,18 ± 0,05
Перекрестное	Смоленский 1	1,37	0,86 ± 0,02	909	2,2 ± 0,2	0,26 ± 0,01
	Изис	1,33	0,85 ± 0,02	855	2,3 ± 0,4	0,23 ± 0,02

При самоопылении среднее число семян в бобе у сорта Смоленский 1 было выше на 21,4%, чем у сорта Изис, однако суммарное число завязавшихся семян было на 30,8% меньше из-за меньшего числа образовавшихся бобов. При перекрестном опылении генотипы сорта Изис сформировали на 10,1% больше бобов, но семян меньше на 4,8% из-за меньшего количества семян в бобе.

Масса завязавшихся от самоопыления семян в варианте Смоленский 1 на 36,0% меньше, чем в варианте Изис. Это связано с тем, что помимо меньшего числа завязавшихся семян средняя масса одного семени была меньше на 12,4%. Однако реакция 20 генотипов сорта Смоленский 1 по сравнению с сортом Изис на перекрестное опыление была иной. По массе они сформировали на 8,2% семян больше, что объясняется как большим числом семян (на 5,0%), так и большей (на 3,0%) средней массой одного семени.

В целом же, после перекрестного опыления развивались более тяжеловесные семена. В зависимости от сорта увеличение массы одного семени составило 3,9–15,1%.

Установлена существенность различий между сортами по доле выполненных семян при самоопылении. В варианте Изис этот показатель был выше, чем у Смоленского 1 на 52,5%, а число выполненных семян — в 2,2 раза. При перекрестном опылении различий между сортами не выявлено. Сорт смоленской селекции реагировал на самоопыление достоверным уменьшением выхода выполненных семян из общего числа завязавшихся на 31,4%. У сорта белорусской селекции различия были на уровне статистической погрешности.

Образовавшиеся от самоопыления бобы были на 0,5–0,9 см короче, чем от перекрестного опыления, что статистически значимо. Различия по средней

толщине боба в зависимости от влияния типа опыления были в пределах ошибки опыта. Также не было выявлено достоверных сортовых различий по длине и толщине боба.

Выводы. На примере двух сортов лядвенца рогатого показано, что самоопыление снижало семенную продуктивность и большинство слагающих ее элементов по сравнению с перекрестным опылением.

Среди изученных 40 растений не об-

наружено генотипов с высокой самосовместимостью. Поиск генетических источников данного признака целесообразно продолжить среди большего числа генотипов, в том числе различного эколого-географического происхождения. Для создания сортолинейного материала необходимо увеличить число цветков для самоопыления. Следует разработать методику для облегчения процесса ручного опыления цветков лядвенца рогатого.

Литература

1. Нелюбина Ж.С., Касаткина Н.И. Влияние технологических приемов на формирование семенной продуктивности лядвенца рогатого в Удмуртской республике // Аграрная наука Северо-Востока. – 2017. – № 1 (56). – С. 15–20.
2. Писковацкая Р.Г., Макаева А.М., Толмачева Е.В. Современные направления селекции и создание адаптивных сортов клевера ползучего, гибридного и лядвенца рогатого // Инновационные технологии в адаптивно-ландшафтном земледелии: сб. докл. Международной научно-практической конференции / ФГБНУ «Владимирский НИИСХ». – Суздаль, 2015. – С. 92–97.
3. Бусурманкулов А.Б., Кольцов А.В., Дьяченко И.С. Проблемы возделывания лядвенца рогатого на семена и пути их решения // Материалы международной научной конференции молодых ученых и специалистов, посвященной 150-летию А.В. Леонтовича (Москва, 3–6 июня 2019 г.). – М.: Изд-во РГАУ–МСХА, 2019. – 519 с.
4. Медведев П.Ф., Сметанникова А.И. Кормовые растения Европейской части СССР: справочник. – Л.: Колос. Ленингр. отд-ние, 1991. – 336 с.
5. Толмачева Е.В., Зятчина Г.П., Дробышева Л.В. Изучение перспективных образцов лядвенца рогатого по основным хозяйственно-полезным признакам // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр., вып. 13 (61). – М.: Угрешская типография, 2017. – С. 107–111.
6. Бугаенко Н.М., Янушко С.В., Петренко В.И., Алехина Ю.В., Шелюто Б.В. Агробиологические основы семеноводства многолетних бобовых трав: учеб. пособие / под ред. А.А. Бойко. – Могилев: Могилевская обл. крупн. тип., 2007. – 256 с.
7. Новоселов М.Ю., Старшинова О.А., Дробышева Л.В., Зятчина Г.П. Выявление и оценка генетических источников самосовместимости у клевера лугового для создания сортов с высокой и стабильной семенной продуктивностью // Кормопроизводство. – 2017. – № 4. – С. 21–24.
8. Новоселов М.Ю., Старшинова О.А. Создание сложногогибридных популяций клевера лугового (*Trifolium pratense* L.) на основе высокогетерозисных гибридов F1 // Многофункциональное адаптивное кормопроизводство: сб. науч. тр., вып. 13 (61). – М.: Угрешская типография, 2017. – С. 75–80.
9. Бобер А.Ф., Корягин О.М., Повыдало М.В. Селекция люцерны с использованием генов самосовместимости и генетических маркеров // Земледелие и селекция в Беларуси. – 2014. – № 50. – С. 319–325.
10. Кириллов С.С., Полищук А.С. Результаты самоопыления крупноплодных сортов подсолнечника // Вестник Бурятской государственной сельскохозяйственной академии им. В.Р. Филиппова. – 2019. – № 3 (56). – С. 23–28.

11. Бочкарева Э.Б., Горлова Л.А., Сердюк В.В., Стрельников Е.А. Селекция инбредных линий рапса озимого для создания родительских форм гибридов // Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. – 2019. – Т. 180. – № 4. – С. 121–125.
12. Тараненко Л.К., Яцишен О.Л., Тараненко П.П., Кацан Т.А. Самосовместимость генотипов вида *F. esculentum* Moench. и перспектива их использования в селекции гречихи на гетерозис // Зернобобовые и крупяные культуры. – 2012. – № 3. – С. 30–35.
13. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта: С основами статистической обработки результатов исследований. – М. : Колос, 1979. – 416 с.

References

1. Nelyubina Zh.S., Kasatkina N.I. Vliyanie tekhnologicheskikh priemov na formirovanie semennoy produktivnosti lyadventa rogatogo v Udmurtskoy respublike [Effect of technological methods on the formation of seed productivity of a Lotus corniculatus in the Udmurt Republic]. *Agrarnaya nauka Evro-Severo-Vostoka* [Agricultural Science Euro-North-East], 2017, no. 1 (56), pp. 15–20.
2. Piskovatskaya R.G., Makaeva A.M., Tolmacheva E.V. Sovremennye napravleniya seleksii i sozдание adaptivnykh sortov klevera polzuchego, gibridnogo i lyadventa rogatogo [Create of adaptive white clover, alsike clover and bird's-foot trefoil varieties and current trends in their breeding]. *Innovatsionnye tekhnologii v adaptivno-landshaftnom zemledelii* [Innovative technologies in adaptive-landscape agriculture : Collected reports of Int. scientific-practical Conf.]. Vladimir Research Institute of Agriculture, Suzdal, 2015, pp. 92–97.
3. Busurmankulov A.B., Koltsov A.V., Dyachenko I.S. Problemy vozdelevaniya lyadventa rogatogo na semena i puti ikh resheniya [Problems of growing bird's-foot trefoil seeds and methods for solving them]. *Materialy mezhdunarodnoy nauchnoy konferentsii molodykh uchenykh i spetsialistov, posvyashchennoy 150-letiyu A.V. Leontovicha, g. Moskva, 3–6 iyunya 2019 g.* [Proc. Int. scientific Conf. of young scientists and specialists dedicated to the 150th anniversary of A.V. Leontovich, Moscow, June 3–6, 2019]. Moscow, RGAU–MSKhA Publ., 2019, pp. 14–17.
4. Medvedev P.F., Smetannikova A.I. Kormovye rasteniya Evropeyskoy chasti SSSR : spravochnik [Forage plants of European USSR : Handbook]. Leningrad, Kolos Publ., 1991, 336 p.
5. Tolmacheva E.V., Zyatchina G.P., Drobysheva L.V. Izuchenie perspektivnykh obraztsov lyadventa rogatogo po osnovnym khozyaystvenno-poleznym priznakam [Investigation of perspective samples Lotus corniculatus at the main economic-useful signs]. *Mnogofunktsionalnoe adaptivnoe kormoproizvodstvo* [The multifunction adaptive fodder production : Collected articles]. Issue 13 (61). Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2017, pp. 107–111.
6. Bugaenko N.M., Yanushko S.V., Petrenko V.I., Alekhina Yu.V., Shelyuto B.V.; edited by Boyko A.A. Agrobiologicheskie osnovy semenovodstva mnogoletnikh bobovykh trav [Agrobiological basis of perennial leguminous seed production]. Mogilev, 2007, 256 p.
7. Novoselov M.Yu., Starshinova O.A., Drobysheva L.V., Zyatchina G.P. Vyyavlenie i otsenka geneticheskikh istochnikov samosovmestimosti u klevera lugovogo dlya sozdaniya sortov s vysokoy i stabil'noy semennoy produktivnost'yu [Detection and assesment of red clover genetic sources with self-compatibility for development the varieties with high and sustainable seed productivity]. *Kormoproizvodstvo* [Fodder production], 2017, no. 4, pp. 21–24.
8. Novoselov M.Yu., Starshinova O.A. Sozдание slozhnogibridnykh populyatsiy klevera lugovogo (*Trifolium pratense* L.) na osnove vysokogeterozisnykh gibridov F1 [Creation of complex-hybrids populations of red clover (*Trifolium pratense* L.) on the basis of high-heterosis hybrids F1]. *Mnogofunktsionalnoe adaptivnoe kormoproizvodstvo* [The multifunction adaptive fodder production: Collected articles]. Issue 13 (61). Moscow, Ugreshskaya tipografiya Publ., 2017, pp. 75–80.
9. Bober A.F., Koryagin O.M., Povydalo M.V. Seleksiya lyutserny s ispol'zovaniem genov samosovmestimosti i geneticheskikh markerov [Alfalfa breeding using self-compatibility genes and

- genetic markers]. *Zemledelie i selektsiya v Belarusi* [Arable farming and selection in Belarus], 2014, no. 50, pp. 319–325.
10. Kirillov S.S., Polishchuk A.S. Rezul'taty samoopyleniya krupnoplodnykh sortov podsolnechnika [The results of selfing of sunflower large-fruited varieties]. *Vestnik Buryatskoy gosudarstvennoy sel'skokhozyaystvennoy akademii im. V.R. Filippova* [Bulletin of Buryat State Academy of Agriculture], 2019, no. 3 (56), pp. 23–28.
 11. Bochkareva E.B., Gorlova L.A., Serdyuk V.V., Strelnikov E.A. Seleksiya inbrednykh liniy rapsa ozimogo dlya sozdaniya roditel'skikh form gibridov [Breeding of winter rapeseed inbred lines for the development of parent forms for hybrids]. *Trudy po prikladnoy botanike, genetike i selektsii* [Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding], 2019, vol. 180, no. 4, pp. 121–125.
 12. Taranenko L.K., Yatsishen O.L., Taranenko P.P., Katsan T.A. Samosovmestimost' genotipov vida *F. esculentum* Moench. i perspektiva ikh ispol'zovaniya v selektsii grechikhi na geterozis [Self-compatibility of genotypes of variety *F. esculentum* Moench. and prospect of its use in buckwheat breeding for heterosis]. *Zernobovoye i krupyanye kul'tury* [Legumes and Groat Crops], 2012, no. 3, pp. 30–35.
 13. Dospekhov B.A. Metodika polevogo opyta [Methods for field experiment]. Moscow, Kolos Publ., 1979, 415 p.