

Т. В. Корниевская, М. Д. Логиновская  
г. Барнаул, Алтайский государственный университет

## ДИНАМИКА ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН *ASTRAGALUS CICER* L. В ЛАБОРАТОРНЫХ УСЛОВИЯХ

**Аннотация.** Изучено влияние скарификации на интенсивность энергии прорастания семян *Astragalus cicer*. Химическая скарификация улучшает лабораторную всхожесть, энергию прорастания и ее интенсивность до 77–100 %. Увеличение срока хранения семян снижает твердосемянность и повышает интенсивность энергии прорастания в 0,7 раз.

**Ключевые слова:** кинетика прорастания семян, лабораторная всхожесть, энергия прорастания, интенсивность энергии прорастания, жизнеспособность, качество семян, *Astragalus cicer*, скарификация.

### Введение

Важнейшей характеристикой латентного периода онтогенеза растений является качество семян, определяющее сохранение и воспроизводство генома особи из поколения в поколение. Высококачественные семена обеспечивают не только процесс успешного прорастания, но и напрямую влияют на продуктивность и устойчивость растений к неблагоприятным условиям.

К основным показателям физиологического качества семян относятся всхожесть (жизнеспособность) и способность к быстрому и дружному прорастанию (энергия прорастания) [2].

Актуальность настоящего исследования определяется практической направленностью в области семеноводства, кормопроизводства и интродукции растений, поскольку *Astragalus cicer* L. (астрагал нутовый) – это европейско-кавказо-уральский вид семейства Fabaceae, широко используемый зарубежными [12, 13] и отечественными учеными [7, 8, 9, 10] в качестве исходного селекционного материала для расширения ассортимента устойчивых к засухе кормовых трав, богатых белком.

Зрелые семена *A. cicer* имеют жесткую семенную кожуру, сдерживающую прорастание и обеспечивающую состояние экзогенного (физического) покоя (Аф), называемого твердосемянностью [6]. Для выведения семян *A. cicer* из состояния покоя применяют разные зарекомендовавшие себя способы скарификации [4, 11]. Целью работы являлось изучение динамики прорастания семян *A. cicer* разных лет репродукции в лабораторных условиях с использованием механической и химической скарификации.

### Материалы и методы исследований

Объектом исследований послужили семена *A. cicer* коллекции кафедры ботаники АлтГУ 2014–2017 гг. репродукции, собранные на интродукционном участке в сухостепной зоне Кулунды (Алтайский край, Михайловский р-н, окр. с. Полуямки).

Собранные семена хранились запечатанными в бумажные пакеты в лабораторных условиях при комнатной температуре. Для лабораторного эксперимента семена тщательно просматривались при помощи бинокулярного микроскопа Биомед 6. Отбирались правильно выполненные зрелые семена среднего размера, с блестящей семенной кожурой желтого цвета, без явных повреждений семенной оболочки.

Опыт проводился в июле 2021 г. Семена проращивались при комнатной температуре (+25... +28 °С) в чашках Петри на ложе из увлажненной фильтровальной бумаги по классической методике [5]. Заложено 3 варианта опыта: а) контроль (не скарифицированные семена); б) семена, скарифицированные химическим способом (концентрированная серная кислота); в) семена, прошедшие механическую скарификацию (наждачная бумага). Ежедневно проверялось состояние увлажненности фильтровальной бумаги, при необходимости ложе смачивалось дистиллированной водой комнатной температуры.

Физиологическое качество семян *A. cicer* оценивалось по трем основным параметрам – лабораторной всхожести, энергии прорастания и интенсивности энергии прорастания. Лабораторная оценка всхожести и энергии прорастания семян определялась по методике ГОСТ 12038-84 [5].

Под лабораторной всхожестью семян (жизнеспособностью) понимается количество появившихся всходов, выраженное в процентах к количеству высеянных семян, определяемое в контролируемых условиях в лаборатории [5]. Энергия прорастания – это способность семян быстро и дружно прорасти. Выражается в процентах нормально проросших семян от общего количества используемых в опыте семян, но за более короткий срок, чем для определения всхожести. Всхожесть оценивалась нами на седьмые сутки, а энергия прорастания – на пятые сутки с момента прорастания семян. Интенсивность энергии прорастания – представляет собой отношение энергии прорастания к лабораторной всхожести, выраженное в процентах. При этом чем выше отношение этих показателей – тем выше качество семян [1].

Полученные результаты обрабатывались методами математической статистики по методике Б. А. Доспехова [3]. Определялись:  $M$  – средняя арифметическая,  $m$  – ошибка средней арифметической,  $C_v$  – коэффициент вариации признака (%). Для большей наглядности в таблице указывался диапазон варьирования признака в повторностях (минимальное и максимальное значение). Графики построены с использованием данных варианта с максимальной всхожестью семян.

#### **Результаты и их обсуждение**

Лабораторная оценка всхожести покоящихся семян *Astragalus cicer* показала необходимость их предварительной скарификации для снятия состояния экзогенного покоя, называемого твердосемянностью. Проведенные исследования подтвердили наличие твердой семенной кожуры у контрольного варианта семян, которая снижает лабораторную всхожесть в 2–3 раза в сравнении со скарифицированными семенами (табл.).

Так всхожесть не прошедших скарификацию семян составляла в среднем от 25,0 % до 48,0 %, с максимумом у семян 2014 г. репродукции, хранящихся в условиях лаборатории в течение 7 лет. Небольшой диапазон значений показателей лабораторной всхожести и энергии прорастания и их невысокие коэффициенты вариации (6,9–12,0 % для всхожести и 8,6–20,9 % для энергии прорастания) в контроле (не скарифицированные семена) указывают на однородность полученных данных.

Механическая скарификация семян наждачной бумагой улучшает всхожесть в среднем в 1,5 раза при сравнении с контролем. Всхожесть семян при механической обработке составляла у семян разных лет репродукции от 38,5 до 67,0 % с максимумом у семян 2014 г. (67 %). Несмотря на увеличения доли проросших семян, скарифицированных наждачной бумагой, всхожесть и энергия прорастания остаются на низком уровне при относительной однородности полученных результатов ( $C_v$  составлял 3,4–8,2 %), что свидетельствует о низкой эффективности используемого способа обработки семян *A. cicer*.

При обработке семян концентрированной серной кислотой всхожесть и энергия прорастания увеличились в 2–4 раза. Средние значения лабораторной всхожести семян *A. cicer* составили 82,5–98,0 %, а энергии прорастания 77,0–92,8 %. Диапазон варьирования признаков невысок, коэффициенты вариации принимали значения от 1,2 до 10,1 %, данные однородны.

Интенсивность энергии прорастания отражает качество используемых в эксперименте семян. Отношение энергии прорастания к лабораторной всхожести показало высокие значения, составившие 62,6–94,8 % у контрольного варианта (не скарифицированных семян), 85,7–95,5 % у семян, скарифицированных механически с использованием наждачной бумаги и 82,8–100 % у семян, скарифицированных химическим способом при помощи серной кислоты.

В контроле видна тенденция снижения значений интенсивности энергии прорастания по годам: наиболее высокие значения у семян *A. cicer* 7-летнего срока хранения, собранных в 2014 г. – 94,8 %; затем, начиная с 2015 г., прослеживалось постепенное снижение этого показателя с 82,0 до 62,6 % у семян 2017 г. репродукции (4-летний срок хранения). Эта

закономерность дает нам основание утверждать, что в процессе сухого хранения семена *A. cicer* теряют твердость семенной кожуры и поэтому прорастают с большей интенсивностью.

Таблица

Качество семян *Astragalus cicer* разных лет репродукции

Вариант	Год репродукции семян	Показатель	Всхожесть, %	Пиковое значение прорастания (PV)		Энергия прорастания, %	Интенсивность энергии прорастания, %
				сутки	%		
Контроль	2014	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$48,0 \pm 0,47$ 6,9 46,0–50,0	1	18,0	$45,5 \pm 0,5$ 8,6 42,0–50,0	94,8
	2015	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$25,0 \pm 0,29$ 8,4 20,0–28,0	1	14,0	$20,5 \pm 0,41$ 16,6 16,0–26,0	82,0
	2016	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$36,5 \pm 0,56$ 10,8 30,0–44,0	1	16,0	$27,5 \pm 0,7$ 20,9 26,0–30,0	75,3
	2017	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$45,5 \pm 0,69$ 12,0 38,0–62,0	1	12,0	$28,5 \pm 0,49$ 17,9 22,0–44,0	62,6
Наждачная бумага	2014	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$67,0 \pm 0,44$ 4,6 62,0–70,0	1	22,5	$63,0 \pm 0,51$ 6,9 52,0–70,0	94,0
	2015	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$38,5 \pm 0,31$ 5,7 32,0–44,0	1	12,0	$33,0 \pm 0,19$ 4,5 30,0–40,0	85,7
	2016	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$44,5 \pm 0,41$ 6,5 40,0–50,0	1	20,0	$42,5 \pm 0,41$ 7,2 40,0–48,0	95,5
	2017	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$51,5 \pm 0,5$ 6,8 50,0–56,0	1	22,0	$46,5 \pm 0,51$ 8,2 38,0–52,0	90,3
Серная кислота	2014	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$92,8 \pm 0,46$ 3,4 90,0–96,0	1	68,0	$92,8 \pm 0,46$ 3,4 90,0–96,0	100
	2015	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$93,0 \pm 0,41$ 3,0 90,0–96,0	1	51,5	$77,0 \pm 1,01$ 10,1 66,0–82,0	82,8
	2016	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$82,5 \pm 0,58$ 4,7 76,0–86,0	1	52,5	$77,0 \pm 0,21$ 2,0 72,0–84,0	93,3
	2017	$\bar{M} \pm m$ Cv, % Max–Min	$98,0 \pm 0,16$ 1,2 98,0	1	51,5	$89,5 \pm 0,36$ 3,1 86,0–92,0	91,3

Примеч.:  $\bar{M}$  – средняя арифметическая,  $m$  – ошибка средней арифметической, Cv – коэффициент вариации признака (%), PV (Peak Value) – пиковое значение прорастания (%).

Анализ графиков прорастания семян *A. cicer* позволяет отметить пиковые значения прорастания (PV) семян разного срока хранения, отличающихся по способу скарификации. Исходя из рис. 1 видно, что срок хранения и способ обработки семян влияют лишь на величину этого показателя, время наступления пика остается неизменным и приходится для семян астрагала нутового на 1-е сутки с начала их прорастания. Наиболее высокий пик прорастания у семян, скарифицированных серной кислотой. Максимальный пик прорастания наблюдался у семян 2014 г. репродукции – 68,0 %.

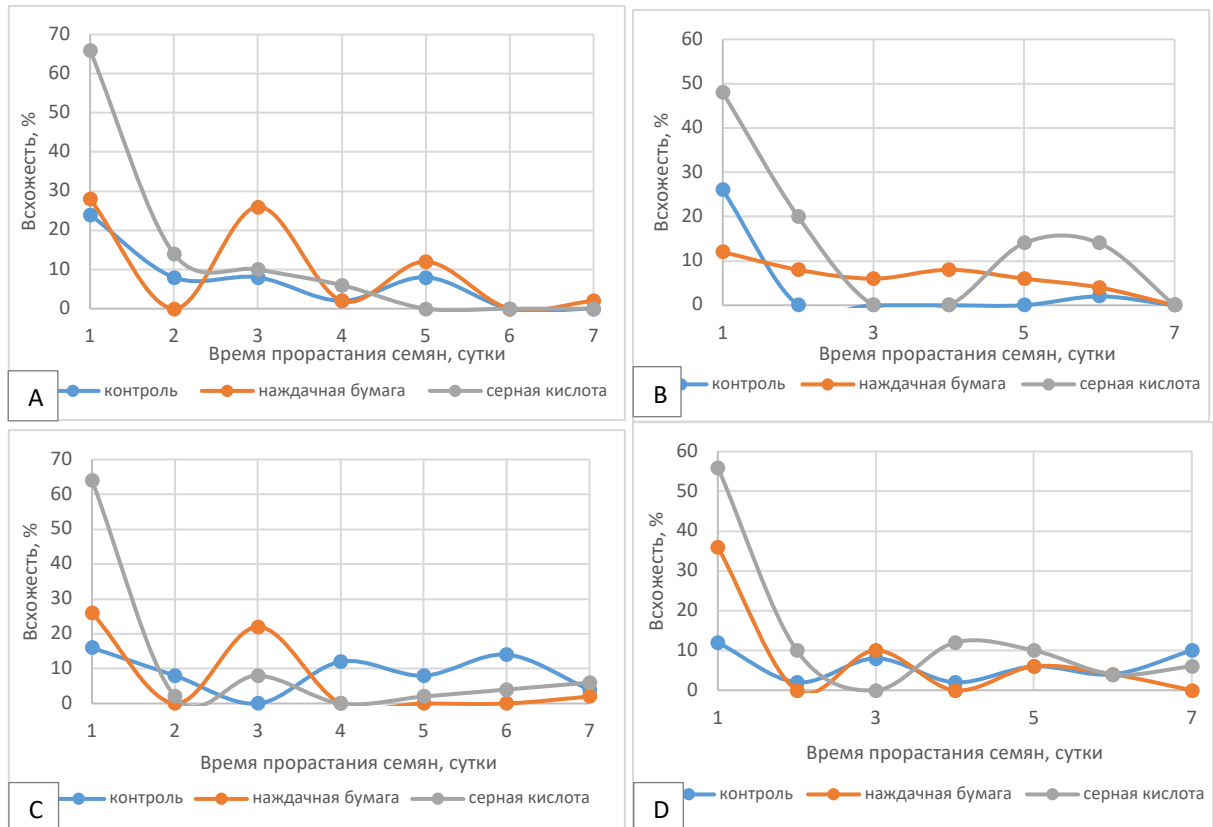


Рис. 1. Графики прорастания семян астрагала нутового: А – семена 2014 г.; В – семена 2015 г.; С – семена 2016 г.; D – семена 2017 г.

Кинетика прорастания семян астрагала нутового видна на графиках кумулятивных кривых, приведенных на рис. 2. Сопоставление графиков наглядно демонстрирует зависимость сроков прорастания семян от эффективности способа скарификации. Вариант «контроль» характеризовался растянутым периодом прорастания семян. Семена проросли ежедневно на протяжении 7 дней эксперимента.

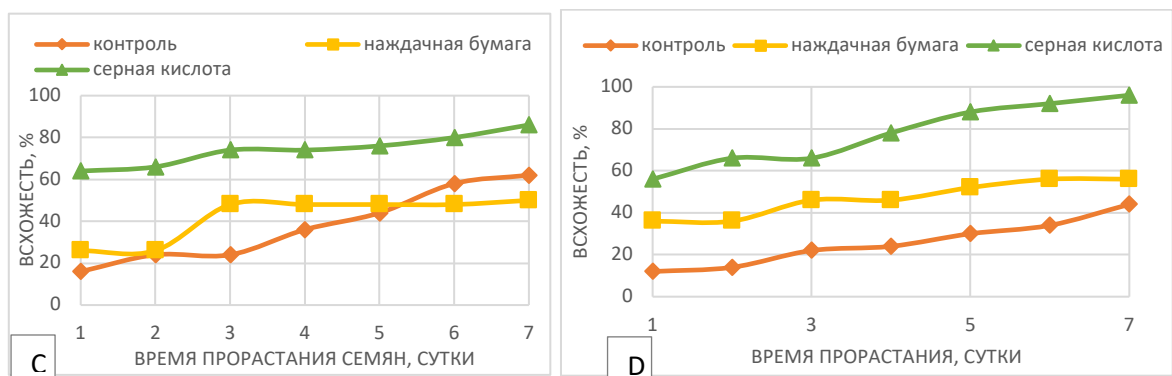


Рис. 2. Кривые лабораторной всхожести семян *Astragalus cicer* разных сроков хранения с использованием и без использования предварительной скарификации: А – срок хранения семян 7 лет (2014 г. репродукции); В – срок хранения семян 6 лет (2015 г. репродукции); С – срок хранения семян 5 лет (2016 г. репродукции); D – срок хранения семян 4 года (2017 г. репродукции).

При химической и механической скарификации семена достигали полного прорастания в более сжатый период. У длительно хранящихся семян (7 и 6 лет) время прорастания сократилось до 3–5 суток (рис. 2А, В), а у семян 5- и 6-летнего срока хранения период полного прорастания семян составлял 6–7 суток (рис. 2С, D).

Таким образом, семена *A. cicer* демонстрируют стратегию макробиотика, поскольку сохраняют жизнеспособность в течение многих лет. Эти семена относятся к категории твердосемянных, находящиеся в состоянии экзогенного (физического) покоя, который возможно эффективно преодолеть при помощи химической скарификации (концентрированной серной кислотой), повышающей всхожесть семян в 3–4 раза в сравнении с контролем. Высокие значения интенсивности энергии прорастания семян *A. cicer* (62,6–100,0 %) отражают сохранение их высокого качества на протяжении 7 лет исследования. С увеличением срока хранения семян *A. cicer* снижаемся их твердосемянность, т. к. интенсивность энергии прорастания увеличивается в 0,7 раза.

Нескарифицированные семена *A. cicer* обладают растянутым периодом прорастания (7 суток), который возможно сократить использованием скарификации (до 3–5 суток).

## Литература

1. Бухаров А. Ф., Балеев Д. Н. Временные параметры, характеризующие процесс прорастания семян. Методы определения и практика использования // Селекция и семеноводство овощных культур, 2015. – № 46. – С. 165–171.
2. Бухаров А.Ф., Балеев Д. Н., Бухарова А. Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия ТСХА, 2017. – Вып. 2. – С. 5–19.
3. Доспехов Б. А. Методика полевого опыта (с основами статистической обработки результатов исследований). – М.: Колос, 1979. – 416 с.
4. Гальцова Т. В., Силантьева М. М. Изучение видов рода *Astragalus* в качестве кормовых трав для сухостепной зоны Кулунды // Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии: сб. науч. ст. по материалам IX Междунар. науч.-практ. конф. – Барнаул, 2015. – С. 253–256.
5. ГОСТ 12038-84. Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: Стандартиформ, 2011. – 64 с.
6. Николаева М. Г., Разумова М. В., Гладкова В. Н. Справочник по проращиванию покоящихся семян. – Л.: Наука, 1985. – 348 с.
7. Корниевская Т. В., Силантьева М. М. Использование бобовых для экологической рекультивации степных деградированных пастбищ Кулунды // Вестник Ульяновской государственной сельскохозяйственной академии, 2020. – № 4(52). – С. 33–40.
8. Кухарева Л. В., Лобан С. Е., Аношенко Б. Ю., Титок В. В. Роль интродукции в увеличении ассортимента кормовых культур // Интродукция, сохранение и использование биологического разнообразия мировой флоры: Материалы междунар. конф., посвящ. 80-летию Центрального ботанического сада Национальной академии наук Беларуси. Ч. 1. – Минск, 2012. – С. 183–188.
9. Разживина Т. В. Представители рода *Astragalus* L. в природе и при интродукции в Пензенской области // Бюллетень главного ботанического сада, 2012. – № 4(198). – С. 2–8.
10. Иванов А. И. Природная флора семейства бобовых (Fabaceae) Пензенской области как источник исходного материала для селекционной работы // Нива Поволжья, 2015. – № 1(34). – С. 7–13.
11. Acharya S. N., Kokko E. G., Fraser J. Storage duration and freeze-thaw effects on germination and emergence of cicer milkvetch seeds // J. Seed Technol., 1993. – № 17. – Pp. 9–21.
12. Acharya S. N., Kastelic J. P., Beauchemin K. A., Messenger D. F. A review of research progress on cicer milkvetch (*Astragalus cicer* L.) // Canadian Journal of Plant Science, 2006. – № 86. – Pp. 49–62.
13. Darby H. *Cicer* Milkvetch – A Potential Non-Bloating Legume for Northeast Pastures. – 2004. Режим доступа: URL: <https://pss.uvm.edu/vtcrops/articles/cicermilkvetch.html> (дата обращения: 15.08.2021).