

Влияние температурного режима на лабораторную всхожесть и энергию прорастания астрагалов

DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-18-23

УДК 582.736

Поступление/Received: 16.09.2020

Принято/Accepted: 12.05.2021



Т. В. КОРНИЕВСКАЯ

Алтайский государственный университет,
656049 Россия, г. Барнаул, пр. Ленина, 61
✉ galtsovatw@yandex.ru

The effect of temperature regimes on laboratory germination rates and germination energy of *Astragalus L.*

T. V. KORNIJEVSKAYA

Altai State University,
61 Lenina Ave., Barnaul 656049, Russia
✉ galtsovatw@yandex.ru

Актуальность. Температурный режим оказывает существенное воздействие на ферментативную активность семян. Оптимальные температуры запускают физико-химические реакции семени и инициируют его прорастание. Оптимум температур зависит от эколого-географических условий происхождения таксона и устанавливается опытным путем.

Материалы и методы. Объектами исследования послужили семена трех видов рода *Astragalus L.* (*A. cicer L.*, *A. onobrychis L.*, *A. sulcatus L.*), собранные с молодых генеративных растений, интродуцируемых в сухостепной зоне Кулунды. С использованием двухфакторного дисперсионного анализа изучено влияние температурных режимов (+4...+8°C, +10...+20°C, +20...+32°C) и видовой принадлежности астрагалов на лабораторную всхожесть и энергию прорастания семян. Оценка лабораторной всхожести семян проведена по методическим рекомендациям М. М. Ишмуратовой и К. Г. Ткаченко.

Результаты. Дисперсионный анализ показал существенное влияние температурного режима (51–54%) и видоспецифичности (23–24%) на всхожесть и энергию прорастания семян астрагалов. Семена *A. onobrychis* прорастают в широком спектре положительных температур (от +4...+8°C до +20...+32°C). При использовании температурного режима +10...+20°C лабораторная всхожесть семян *A. onobrychis* и *A. sulcatus* составила 100%. Оптимум температур, определяющих максимальную лабораторную всхожесть семян *A. cicer*, находится в диапазоне +20...+32°C. Низкие положительные температуры (+4...+8°C) не эффективны для прорастания семян *A. cicer*.

Заключение. Подобраны оптимальные температурные режимы для проращивания семян астрагалов: +10...+20°C для *A. onobrychis*, *A. sulcatus* и +20...+32°C для *A. cicer*.

Ключевые слова: *Astragalus*, температурные диапазоны, посевные качества семян.

Background. The temperature regime has a significant effect on the enzymatic activity of seeds. Optimum temperatures trigger physical and chemical reactions in the seed and initiate its germination. The optimum temperature depends on the environmental and geographical conditions in the area of a taxon's origin and is determined experimentally.

Materials and methods. The target material of the study were seeds of three *Astragalus L.* species (*A. cicer L.*, *A. onobrychis L.*, and *A. sulcatus L.*) collected from young generative plants introduced in the dry-steppe zone of Kulunda. The effect of temperature conditions (+4...+8°C, +10...+20°C, +20...+32°C) and species-specific attribution of *Astragalus* plants on laboratory seed germination percentage and energy was studied using the two-factor analysis of variance. The assessment of laboratory seed germination was carried out according to the guidelines by M. M. Ishmuratova and K. G. Tkachenko.

Results. The analysis of variance showed a significant effect of the temperature regime (51–54%) and species specificity (23–24%) on the germination percentage rate and germination energy of *Astragalus* seeds. The seeds of *A. onobrychis* germinated under a wide range of positive temperatures (from +4...+8°C to +20...+32°C). The temperature range of +10...+20°C was optimal for *A. onobrychis* and *A. sulcatus*, with 100% germination. The optimum temperature that determined the maximum laboratory germination of *A. cicer* seeds was in the range of +20...+32°C. Low positive temperatures (+4...+8°C) were not effective for germination of *A. cicer* seeds.

Conclusion. The optimum temperature conditions for germination of *Astragalus* seeds were identified: +10...+20°C for *A. onobrychis* and *A. sulcatus*, and +20...+32°C for *A. cicer*.

Key words: *Astragalus*, temperature ranges, sowing qualities of seeds.

Введение

Одним из наиболее важных условий для прорастания семян является температура проращивания, усиливающая ферментативную активность семени и инициирующая процесс прорастания семян (Ovcharov, 1976; Simlat et al., 2016). Прорастание семян различных видов происходит при разных температурных режимах. Существует три разновидности температур, оказывающих влияние на процесс прорастания семян: минимальная (базовая),

максимальная и оптимальная. Минимальная и максимальная температуры являются предельными для растений: при их понижении и повышении прорастание семян становится невозможным. Предельные температуры связаны с различным оптимумом активности ферментов и физико-химическими особенностями белков в семенах разных видов и сортов растений (Watt, Blumberg, 2012). Уровень активности ферментов семени связан с экологическими условиями обитания вида (Ovcharov, 1976). Оптимальная температура – это температур-

ный диапазон, при котором скорость прорастания семян является самой высокой. Оптимальные температуры проращивания семян устанавливаются опытным путем с учетом эколого-географического распространения видов (Baskin C.C., Baskin J.M., 1998). Температурный оптимум прорастания семян видов Fabaceae лежит в пределах от +5 до +20°C (Müller et al., 2019). Семена дикорастущих бобовых тропических и субтропических областей обладают высокой всхожестью при температурах от +16 до +36°C (McDonald, 2002). На прорастание семян и рост зародыша некоторых видов положительно влияют не постоянные, а переменные температуры (Кауе, 1999; Valeyev, Bukharov, 2013).

Виды семейства Fabaceae Lindl. более чувствительны к высоким температурам в отличие от Poaceae Barnh. и Brassicaceae Burnett. Часто высокие летние температуры и засуха не позволяют бобовым прорасти в полевых условиях (Tribouillois et al., 2016). Для подбора оптимальных сроков сева астрагалов необходимы глубокие знания о механизмах прорастания семян изучаемых видов при разных температурных режимах. В настоящее время существуют лишь обрывочные сведения о влиянии температурных режимов на всхожесть семян некоторых астрагалов. Так, например, температура +5°C резко снижает всхожесть семян *Astragalus australis* (L.) Lam., а +15...+25°C значительно улучшает их всхожесть (Кауе, 1999). Оптимальной для проращивания семян *A. membranaceus* (Fisch.) Bunge является температура +10°C (Zhou et al., 2012). У однолетнего вида *A. arpilobus* Kar. & Kir. семена успешно прорастают в широком диапазоне температур от +2...+5°C до +25...+30°C, в то время как у другого вида, *A. tennesensis* A. Gray ex Chapt., максимальная всхожесть семян может быть получена при +25°C (Baskin C.C., Quarterman, 1969; Long et al., 2012). Целью настоящего исследования стало изучение влияния разных температурных режимов на лабораторную всхожесть трех видов астрагалов, интродуцируемых в условиях сухой степи (Михайловский район, Алтайский край).

Материалы и методы

Семена трех видов рода *Astragalus* L. – *A. cicer* L. (астрагал нутовый), *A. onobrychis* L. (астрагал эспарцетный) и *A. sulcatus* L. (астрагал бороздчатый) – собраны с интродукционного участка в окрестностях с. Полуямки Михайловского района Алтайского края в 2014 г. с растений молодого генеративного возрастного состояния (рис. 1).

У *A. cicer* семена среднего размера, 2–2,5 мм длиной. Положение в пространстве относительно оси изогнутое. Семя почковидной формы, желтого цвета, имеет фуникулюс (семяножку), который у большинства семян быстро опадает. На месте семяножки остается вдавленный семенной рубчик округлой формы. Поверхность семени голая, ровная, гладкая, блестящая, лишенная придатков и выростов.

Семена *A. sulcatus* среднего размера, имеют длину 1,5 мм, ширину – 1 мм. Фуникулюс опадает при созревании семян и растрескивании бобов. Семенной рубчик вдавленный, округлой формы. Семя округлой почковидной формы, иногда уплощенное с боков, лишено придатков. Положение семени в пространстве относительно главной оси изогнутое. Окраска семени от коричневой до буро-коричневой, неравномерно пятнистая. Поверхность семени голая, гладкая, блестящая. Семена распространяются вокруг материнского растения автохорно, высыпаясь из созревших двустворчатых бобов.

У *A. onobrychis* семена среднего размера, длиной 2–3,5 мм, шириной 1–1,5 мм. Фуникулюс не сохраняется при семенах. Семенной рубчик вдавленный, округлой формы. Семена имеют различную форму: правильную округлую, почковидную либо неправильную многоугольную. Семена, зачастую уплощенные с боков, лишены придатков, относительно главной оси в пространстве имеют изогнутое положение. Окраска семени варьирует от светло-коричневой, пятнистой до темно-коричневой, почти черной. Поверхность семени голая, гладкая, блестящая. Семена распространяются при помощи сухих диаспор, поскольку бобы *A. onobrychis* не способны самостоятельно вскрываться.

Семена астрагалов проращивались с использованием климатических камер, которые поддерживали переменные температурные диапазоны: +4...+8°C, +10...+20°C, +20...+32°C. Семена, предварительно скарифицированные концентрированной серной кислотой, проращивались на свету. Оценка энергии прорастания астрагалов проводилась на четвертые сутки. Лабораторная всхожесть оценивалась на седьмые сутки со дня начала прорастания семян. Условия проращивания, сроки определения энергии прорастания и лабораторной всхожести семян астрагалов соблюдались на основе методических рекомендаций (Ishmuratova, Tkachenko, 2009). Для выявления наименьшей существенной разницы (НСР_{0,05}) средних арифметических значений фактора (температуры) проведен дисперсионный анализ.

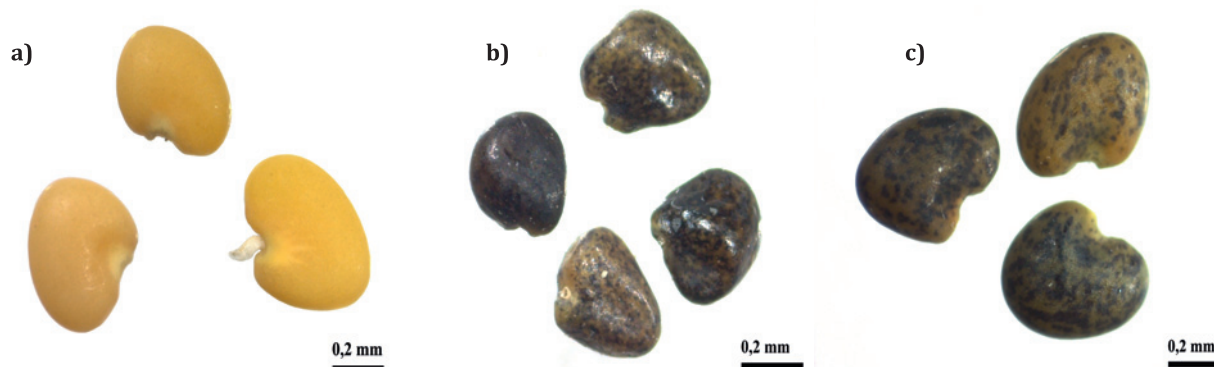


Рис. 1. Фото семян: (а) – *A. cicer* L., (б) – *A. onobrychis* L., (с) – *A. sulcatus* L. (фото автора)

Fig. 1. Seed images of (a) – *A. cicer* L., (b) – *A. onobrychis* L., (c) – *A. sulcatus* L. (photo by the author)

Обсуждение результатов

Изучено влияние трех температурных фонов (+4...+8°C; +10...+20°C; +20...+32°C) на всхожесть и энергию прорастания семян астрагалов.

Дисперсионный анализ показал существенное отличие лабораторной всхожести и энергии прорастания семян *A. onobrychis* от таковой у *A. cicer* и *A. sulcatus* при температуре от +4 до 8°C, в то время как достоверного отличия между *A. cicer* и *A. sulcatus* не выявлено. При температуре от +4 до +8°C лабораторная всхожесть *A. onobrychis* составила 88%, а энергия прорастания – 73% (табл. 1).

Диапазон температур от +4 до 8°C не эффективен для прорастания семян *A. cicer* и *A. sulcatus*: лабораторная всхожесть *A. cicer* составила 2%, а у *A. sulcatus* – 10%. Низкие положительные температуры задерживают прорастание семян *A. cicer* и *A. sulcatus*, семена остаются ненабухшими на протяжении 15 суток.

При температуре от +10 до +20°C лабораторная всхожесть и энергия прорастания *A. onobrychis* и *A. sulcatus* достоверно отличаются на уровне $p = 0,05$ от *A. cicer*. Существенной разницы между *A. onobrychis* и *A. sulcatus* не выявлено.

Энергия прорастания *A. cicer* существенно отличается от двух других видов, между которыми достоверных отличий по этому показателю не обнаружено.

При повышении температуры до +10...+20°C лабораторная всхожесть улучшается у трех видов астрагалов. Семена прорастают на 3–5 сутки. Температурный интервал от +10 до +20°C является оптимальным для *A. onobrychis* и *A. sulcatus*, всхожесть при котором составила 100%, а у *A. cicer* – 66% (табл. 2).

Достоверных отличий в лабораторной всхожести между видами при температуре +20...+32°C не обнаружено.

Энергия прорастания семян *A. cicer* существенно отличалась от других видов астрагалов, между которыми существенной разницы в энергии прорастания не выявлено.

Диапазон температур от +20 до +32°C эффективен для прорастания семян *A. cicer*, лабораторная всхожесть которого составила 83%. При +20...+32°C 66% семян *A. cicer* проросло на третьи сутки. У *A. onobrychis* и *A. sulcatus* с повышением температуры до +20...+32°C лабораторная всхожесть семян незначительно снижалась: до 91% у *A. onobrychis* и до 93% у *A. sulcatus* (табл. 3).

Таблица 1. Влияние температуры +4...+8°C на всхожесть и энергию прорастания астрагалов (*Astragalus L.*)

Table 1. The effect of the temperatures +4...+8°C on seed germination percentage and energy of *Astragalus* spp.

Виды	Всхожесть, %					Энергия прорастания, %				
	повторности					повторности				
	I	II	III	IV	ср. знач.	I	II	III	IV	ср. знач.
<i>Astragalus cicer</i> L.	0	7	0	0	2	0	3	0	0	1
<i>A. onobrychis</i> L.	80	77	93	100	88	77	60	57	97	73
<i>A. sulcatus</i> L.	7	7	17	10	10	0	3	7	3	3

Таблица 2. Влияние температуры +10...+20°C на всхожесть и энергию прорастания астрагалов (*Astragalus L.*)

Table 2. The effect of the temperatures +10...+20°C on seed germination percentage and energy of *Astragalus* spp.

Виды	Всхожесть, %					Энергия прорастания, %				
	повторности					повторности				
	I	II	III	IV	ср. знач.	I	II	III	IV	ср. знач.
<i>Astragalus cicer</i> L.	80	80	60	43	66	70	67	50	40	57
<i>A. onobrychis</i> L.	100	100	100	100	100	83	97	97	97	94
<i>A. sulcatus</i> L.	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100

Таблица 3. Влияние температуры +20...+32°C на всхожесть и энергию прорастания астрагалов (*Astragalus L.*)

Table 3. The effect of the temperatures +20...+32°C on seed germination percentage and energy of *Astragalus* spp.

Виды	Всхожесть, %					Энергия прорастания, %				
	повторности					повторности				
	I	II	III	IV	ср. знач.	I	II	III	IV	ср. знач.
<i>Astragalus cicer</i> L.	83	80	87	83	83	67	60	73	63	66
<i>A. onobrychis</i> L.	100	77	100	87	91	97	77	87	83	86
<i>A. sulcatus</i> L.	100	97	73	100	93	97	97	70	77	85

С использованием двухфакторного дисперсионного анализа изучено влияние двух независимых переменных (факторов): А – температурного режима, В – вида астрагала на лабораторную всхожесть семян.

Результаты дисперсионного анализа взаимодействия факторов позволяют судить о том, что большее влияние на всхожесть семян астрагалов оказывал фактор температуры. Температурный режим +4...+8°C оказал существенное влияние на всхожесть и энергию прорастания относительно двух других режимов (+10...+20°C и +20...+32°C), которые статистически незначительно отличались друг от друга.

На рисунке 2 показана различная степень влияния на лабораторную всхожесть и энергию прорастания температурных режимов (фактор А), видовой принадлежности астрагалов (фактор В), а также взаимодействия этих факторов между собой (А*В).

Таким образом, температурный режим на 51,3% определяет всхожесть семян и на 53,7% их энергию прорастания. Видовая специфичность астрагалов оказывает существенное влияние на лабораторную всхожесть и энергию прорастания (22,8–24,0%). Другие, не учитываемые нами факторы оказывают малую долю влияния на рассматриваемые нами параметры (4,8–5,8%).

Дисперсионный анализ показал существенное взаимодействие (16,6–21,1%) изучаемых факторов, что свидетельствует о видоспецифичном характере отзывчивости лабораторной всхожести и энергии прорастания семян рода *Astragalus* к трем уровням температурного режима.

У *A. onobrychis* семена проросли в широком спектре положительных температур от +4°C до +32°C (рис. 3). Температурный диапазон от +10 до +20°C оптимален для прорастания семян *A. onobrychis*. При таком температур-

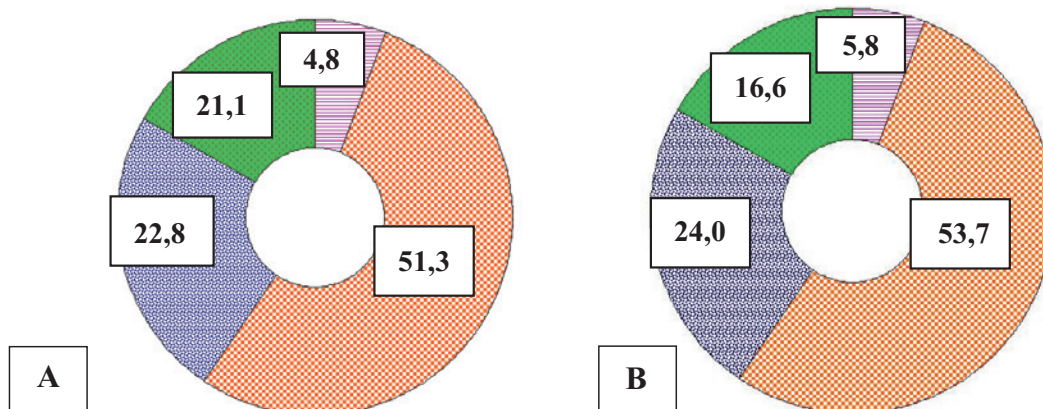


Рис. 2. Факторы, влияющие на лабораторную всхожесть (А) и энергию прорастания (В) астрагалов (*Astragalus* L.): температурный режим, вид астрагала и их взаимодействие (%).

Условные обозначения: – температурный режим (А); – виды астрагалов (В); – взаимодействие факторов А и В; – прочие факторы

Fig. 2. Factors affecting laboratory germination percentage (A) and germination energy (B) of *Astragalus* spp.: temperature regime, species specificity, and their interaction (%).

Legend: – temperature regime (A); – *Astragalus* species (B); – interaction between factors A and B; – other factors

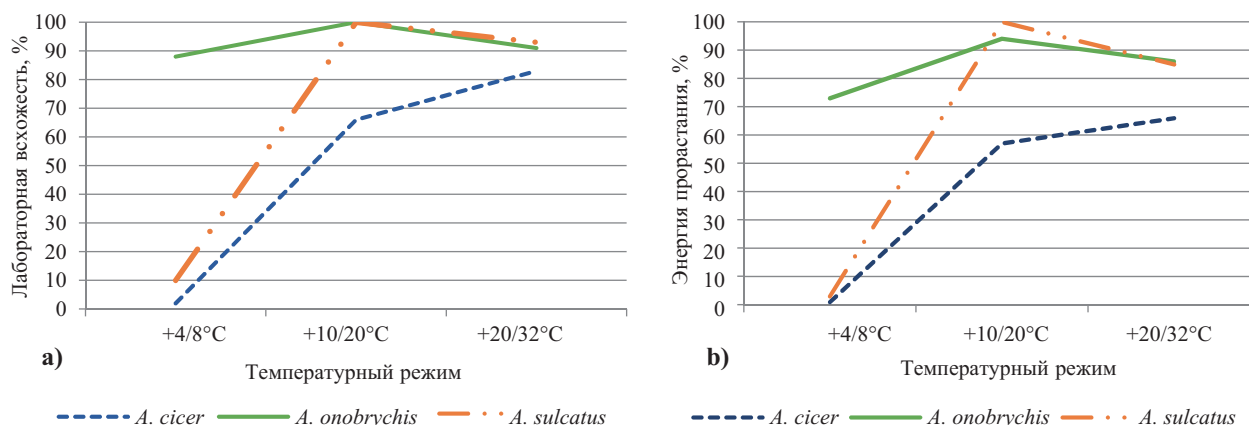


Рис. 3. Взаимодействие факторов А и В при их влиянии на лабораторную всхожесть (а) и энергию прорастания (б) астрагалов (*Astragalus* L.)

Fig. 3. Interaction between factors A and B in their effect on laboratory germination percentage (a) and germination energy (b) of *Astragalus* spp.

ном режиме лабораторная всхожесть *A. onobrychis* достигала 100%. Дальнейшее повышение температуры до +20...+32°C незначительно снижало лабораторную всхожесть *A. onobrychis* до 91%, а энергию прорастания до 86%.

Диапазон температур +4...+8°C не эффективен для прорастания семян *A. sulcatus*. При этом температурном режиме у астрагала бороздчатого проросло лишь 10% семян. Повышение температуры до +10...+20°C сопровождалось увеличением лабораторной всхожести *A. sulcatus*, которая достигала максимальных значений (100%). Дальнейшее повышение температуры до +20...+32°C снижало лабораторную всхожесть так же, как и у *A. onobrychis*.

У *A. cicer* семена не прорастали при низких положительных температурах. Оптимальным путем установлен оптимальный для прорастания семян *A. cicer* температурный режим (+20...+32°C), при котором лабораторная всхожесть составила 83%, а энергия прорастания – 66%.

Заключение

Изучено влияние трех температурных режимов (+4...+8°C, +10...+20°C, +20...+32°C) на всхожесть и энергию прорастания интродуцируемых в условиях сухостепной зоны Кулунды астрагалов: *Astragalus cicer*, *A. onobrychis* и *A. sulcatus*.

Определены оптимальные температурные диапазоны для проращивания семян астрагалов. Семена *A. onobrychis* прорастают в широком спектре положительных температур (от +4...+8°C до +20...+32°C). Оптимальным температурным режимом для прорастания семян *A. onobrychis* является диапазон +10...+20°C.

Семена *A. sulcatus* эффективно прорастают при температурном диапазоне +10...+20°C, который является оптимальным для этого вида. Более высокие температуры (+20...+32°C) снижают лабораторную всхожесть и энергию прорастания *A. onobrychis* и *A. sulcatus*.

Для прорастания семян *A. cicer* оптимален диапазон температур +20...+32°C, при котором лабораторная всхожесть и энергия прорастания максимальны. Низкие положительные температуры (+4...+8°C) не эффективны для прорастания семян *A. cicer*.

References / Литература

Baleyev D.N., Bukharov A.F. Seed longevity of vegetable umbelliferous crops and their germination physiology. *Bulletin of Altai State Agricultural University*. 2013;11(109):22-25. [in Russian] [Балеев Д.Н., Бухаров А.Ф. Долговечность семян овощных зонтичных культур и физиология их прорастания. *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. 2013;11(109):22-25].

Baskin C.C., Baskin J.M. Seeds. Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination. San Diego: Academic Press; 1998. DOI: 10.1016/B978-0-12-080260-9.X5000-3

Baskin C.C., Quarterman E. Germination requirements of seeds of *Astragalus tennesseensis*. *Bulletin of the Torrey Botanical Club*. 1969;96(3):315-321. DOI: 10.2307/2483736

Ishmuratova M.M., Tkachenko K.G. Seeds of herbaceous plants. Features of the latent period, use in introduction and reproduction *in vitro* (Semena travyanistykh rasteniy. Osobennosti latentnogo perioda, ispolzovaniye v introduktsii i razmnozhenii *in vitro*). Ufa: Gilem; 2009. [in Russian] [Ишмуратова М.М., Ткаченко К.Г. Семена травянистых растений. Особенности латентного периода, использование в интродукции и размножении *in vitro*. Уфа: Гилем; 2009].

Kaye T.N. From flowering to dispersal: reproductive ecology of an endemic plant, *Astragalus australis* var. *olympicus* (Fabaceae). *American Journal of Botany*. 1999;86(9):1248-1256. DOI: 10.2307/2656772

Long Y., Tan D.Y., Baskin C.C., Baskin J.M. Seed dormancy and germination characteristics of *Astragalus arpilobus* (Fabaceae, subfamily Papilionoideae), a central Asian desert annual ephemeral. *South African Journal of Botany*. 2012;83:68-77. DOI: 10.1016/j.sajb.2012.06.010

McDonald C.K. Germination response to temperature in tropical and subtropical pasture legumes. 1. Constant temperature. *Australian Journal of Experimental Agriculture*. 2002;42(4):407-419. DOI: 10.1071/EA00188

Müller F.L., Raitt L.M., Cyster L.F., Cupido C.F., Samuels M.I., Chimphango S.B.M. et al. The effects of temperature, water availability and seed burial depth on seed germination and seedling establishment of *Calobota sericea* (Fabaceae). *South African Journal of Botany*. 2019;121:224-229. DOI: 10.1016/j.sajb.2018.11.012

Ovcharov K.E. Physiology of seed formation and germination (Fiziologiya formirovaniya i prorstaniya semyan). Moscow: Kolos; 1976. [in Russian] [Овчаров К.Е. Физиология формирования и прорастания семян. Москва: Колос; 1976].

Simlat M., Ślęzak P., Moś M., Warchoł M., Skrzypek E., Ptak A. The effect of light quality on seed germination, seedling growth and selected biochemical properties of *Stevia rebaudiana* Bertoni. *Scientia Horticulturae*. 2016;211:295-304. DOI: 10.1016/j.scienta.2016.09.009

Tribouillois H., Dürr C., Demilly D., Wagner M.H., Justes E. Determination of germination response to temperature and water potential for a wide range of cover crop species and related functional groups. *PLoS One*. 2016;11(8):e0161185. DOI: 10.1371/journal.pone.0161185

Watt M.S., Bloomberg M. Key features of the seed germination response to high temperatures. *The New Phytologist*. 2012;196(2):332-336. DOI: 10.1111/j.1469-8137.2012.04280.x

Zhou J., Kulkarni M.G., Huang L.Q., Guo L.P., Van Staden J. Effects of temperature, light, nutrients and smoke-water on seed germination and seedling growth of *Astragalus membranaceus*, *Panax notoginseng* and *Magnolia officinalis* – highly traded Chinese medicinal plants. *South African Journal of Botany*. 2012;79:62-70. DOI: 10.1016/j.sajb.2011.11.004

Прозрачность финансовой деятельности / The transparency of financial activities

Автор не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

The author declares the absence of any financial interest in the materials or methods presented.

Для цитирования / How to cite this article

Корниевская Т.В. Влияние температурного режима на лабораторную всхожесть и энергию прорастания астрагалов. Труды по прикладной ботанике, генетике и селекции. 2021;182(2):18-23. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-18-23

Kornievskaya T.V. The effect of temperature regimes on laboratory germination rates and germination energy of *Astragalus* L. Proceedings on Applied Botany, Genetics and Breeding. 2021;182(2):18-23. DOI: 10.30901/2227-8834-2021-2-18-23

Автор благодарит рецензентов за их вклад в экспертную оценку этой работы / The author thanks the reviewers for their contribution to the peer review of this work

Дополнительная информация / Additional information

Полные данные этой статьи доступны / Extended data is available for this paper at <https://doi.org/10.30901/2227-8834-2021-2-18-23>

Мнение журнала нейтрально к изложенным материалам, авторам и их месту работы / The journal's opinion is neutral to the presented materials, the authors, and their employer

Автор одобрил рукопись / The author approved the manuscript

Конфликт интересов отсутствует / No conflict of interest

ORCID

Kornievskaya T.V. <https://orcid.org/0000-0001-9123-9786>