

Влияние температуры на прорастание семян травянистых растений Центральной Якутии

Д.Н. Андросова*, Н.С. Данилова

Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, Якутск, Россия

*darija_androsova@mail.ru

Аннотация. Изучено влияние разных температурных режимов на прорастание семян 20 видов многолетних травянистых растений Центральной Якутии. Семена 8 видов *Aconitum kusnezoffii* Reichb., *Actaea erythrocarpa* Fisch., *Adonis sibirica* Patr., *Anemonidium dichotomum* (L.) Holub., *Heracleum dissectum* Ledeb., *Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey., *Trollius sibiricus* Schipcz., *Thalictrum minus* L. не прорастают при температурном диапазоне от 5 до 35 °С, среди них виды лесной и луговой растительности, относящиеся к сем. Ranunculaceae. Семена остальных видов по требовательности к теплу в момент прорастания распределились на две группы: семена растений, начинающие прорастать при 5 °С, и семена растений, начинающие прорастать при 10 °С. Температурный диапазон прорастания семян у изученных видов широк. Для большинства степных и луговых видов он составляет от 5 до 35 °С, лесных и прибрежно-водных – от 10 до 35 °С. Спектр оптимальных температур для прорастания семян разнообразен. Наиболее узкий диапазон оптимума характерен для семян лесных растений, у каждого из них оптимальный температурный режим специфичен. Наиболее широким спектром оптимальных температур обладают семена лугового *Acetosa thyrsiflora* – от 10 до 25 °С. Для семян всех изученных степных видов оптимум лежит в пределах 20–25 °С, а для прибрежно-водного *Rumex aquaticus* характерны два оптимума прорастания 20 и 35 °С. При низких (5 °С) и высоких (35 °С) температурах у изученных видов прорастание семян становится затрудненным, задержка прорастания при этих режимах является приспособлением, защищающим семена якутских растений от несвоевременного прорастания в конце осени перед суровой зимой или в летние сухие месяцы, в период острого дефицита влаги, который характерен для Центральной Якутии.

Ключевые слова: всхожесть, прорастание семян, минимальный, максимальный и оптимальный температурный режим прорастания семян.

Благодарности. Статья выполнена в рамках госзадания ИБПК СО РАН по проекту «Растительный покров криолитозоны таежной Якутии: биоразнообразие, средообразующие функции, охрана и рациональное использование» (0297-2021-0023; рег. номер AAAA-A21-121012190038-0).

Введение

Прорастание семян является важным этапом в жизненном цикле растения и напрямую регулируется температурой. Изучение биологических особенностей семян многолетних травянистых растений с учетом оптимального температурного режима их прорастания дает возможность разработать эффективные приемы подготовки семян к посеву, обеспечивающие получение наиболее жизнеспособных растений и высокий выход посадочного материала.

Характер зависимости прорастания семян от температуры является преимущественно видовой особенностью, сложившейся, как отмечали ряд авторов [1–4], в течение всей истории формирова-

ния растительности, но в то же время на прорастание семян влияют и условия современной окружающей среды [5, 6]. Ф. Хаберландтом [7] установлены три кардинальные точки температур – минимальная, максимальная и оптимальная.

Растения, приуроченные к засушливым условиям пустынь и степей, формируют эвритермные семена [8–10]. Для видов влажных местообитаний характерно формирование семян ближе к stenотермному типу [8]. И.А. Райковой [10] установлено, что семена луговых растений прорастают при низких температурах (0–10 °С) или при их резких колебаниях. В своей работе А.П. Стещенко [11] указывает, что большинство семян луговых растений способны прорастать

при более высоких температурах (15–20 °С). При этом их семена имеют среднюю и низкую всхожесть, но значительно повышают ее при резкой смене температур.

Цель работы – изучение зависимости всхожести и характера прорастания семян интродуцированных многолетних травянистых растений Центральной Якутии от температуры.

Материалы и методы

Работа проводилась в 2018–2019 гг. на базе коллекции травянистых растений природной флоры Якутии Ботанического сада Института биологических проблем криолитозоны СО РАН, расположенного в окр. г. Якутск, в пределах Центральной Якутии.

Климат региона характеризуется резкой континентальностью. Размах абсолютных минимальных и максимальных температур составляет 102 °С, от –64 °С в январе до +38 °С в июле. По количеству выпадающих осадков (140–180 мм) Центральная Якутия приближена к степным и полупустынным районам Средней Азии [12].

Для работы использованы семена 20 видов травянистых многолетников, относящихся к различным подразделениям растительного покрова, степных видов – 3, лесных – 11, луговых – 4 и прибрежно-водных – 2. До проращивания семена хранились в бумажных пакетах при комнатной температуре (20 ... 24 °С) в течение 5–6 месяцев. Семена каждого вида размещали по 100 штук в четырехкратной повторности в стерильных стеклянных чашках Петри на фильтровальной бумаге. Увлажнитель – дистиллированная вода. Учет проросших семян вели ежедневно на протяжении 30 дней. Семя считали проросшим при наличии корешка, размер которого равен семени.

Эксперименты проводились с использованием климатокамеры BINDERKBWF 240, поддерживались различные температурные режимы: 5, 10, 20, 25, 30, 35 °С, при этом другие факторы: влажность 60 %, аэрация и свет (16 ч на свету, 8 ч в темноте), были равнозначны.

Согласно И.Г. Строна [13], в качестве критериев оптимальной температуры мы рассматриваем максимальную долю всхожести и темп прорастания (T_{cp}).

Темп прорастания характеризуется таким показателем, как средневзвешенное значение периода прорастания семян [14], которое рассчитывается по формуле

$$T_{cp} = \frac{\sum(t \times n)}{\sum n},$$

где T_{cp} – средневзвешенное значение периода прорастания семян; t – время в сутках, начиная с 0 дня (день постановки опыта); n – количество проросших семян в отдельные сутки; $\sum n$ – общее количество проросших семян.

Полученные данные обработаны в программе Excel for Windows, представлены в виде средней арифметической величины и стандартной ошибкой. Достоверность различий между средними значениями определяли в программе StatPlus 2007, используя критерии Бонферрони для множественного сравнения при уровне $p \leq 0,008$.

Названия растений даны согласно Конспекту флоры Азиатской части России [15], Конспекту флоры Якутии [16].

Результаты и обсуждение

Семена восьми видов *Aconitum kusnezoffii* Reichb., *Actaea erythrocarpa* Fisch. *Adonis sibirica* Patr., *Anemonidium dichotomum* (L.) Holub., *Hieracium dissectum* Ledeb., *Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey., *Trollius sibiricus* Schipcz., *Thalictrum minus* L. не прорастают при температурном диапазоне от 5 до 35 °С, среди них виды лесной и луговой растительности. При этом необходимо отметить, что шесть видов из них являются представителями сем. Ranunculaceae, для которых характерно недоразвитие зародыша, и это является причиной морфологического и морфофизиологического покоя [17].

Температурный диапазон прорастания семян у остальных изученных видов широк (табл. 1) и составляет от 5 до 35 °С или от 10 до 35 °С.

При температуре 5 °С семена семи видов не прорастают. У остальных пяти видов задерживается начало прорастания, наблюдается растянутый период прорастания. У двух видов (*Gonolimon speciosa* (L.) Boiss. и *Allium senescens* L.) отмечена низкая всхожесть, у *Veronica incana* L. – единичные всходы. В отличие от них два вида: луговой – *Acetosa thyrsoflora* и лесной – *Solidago dahurica*, при таком же ходе прорастания имеют высокую всхожесть 71 и 99 % соответственно (см. рисунок). Высокая всхожесть семян этих видов при низкой температуре 5 °С говорит об их способности к прорастанию ранней весной. Показатель T_{cp} при температуре 5 °С варьирует от 16,4 (*Acetosa thyrsoflora*) до 25,75 суток (*Gonolimon speciosum*).

Таблица 1

Температура прорастания семян

Table 1

Seed germination temperature				
Вид Species	Температурный диапазон прорастания семян t , °C Temperature range of seed germination t , °C	Температура t , °C Temperature t , °C		
		минимум min	оптимум optimum	максимум max
Степные (Steppes)				
<i>Allium senescens</i>	5–35	5	20–25	–
<i>Goniolimon speciosum</i>	5–35	5	20–35	–
<i>Veronica incana</i>	5–30	5	20–25	30
Лесные (Forest)				
<i>Chelidonium majus</i>	10–30	10	10	30
<i>Hesperis sibirica</i>	10–35	10	25	–
<i>Hieracium umbellatum</i>	10–35	10	20	–
<i>Mulgedium sibiricum</i>	10–35	10	20	–
<i>Solidago dahurica</i>	5–30	5	5	30
<i>Viola dissecta</i>	10–30	10	20–25	30
Луговые (Meadow)				
<i>Acetosa thyrsoiflora</i>	5–35	5	10–25	–
<i>Geum aleppicum</i>	10–35	10	25	–
Прибрежно-водные (Aquatic–Riparian)				
<i>Rumex aquaticus</i>	10–35	10	20, 35	–

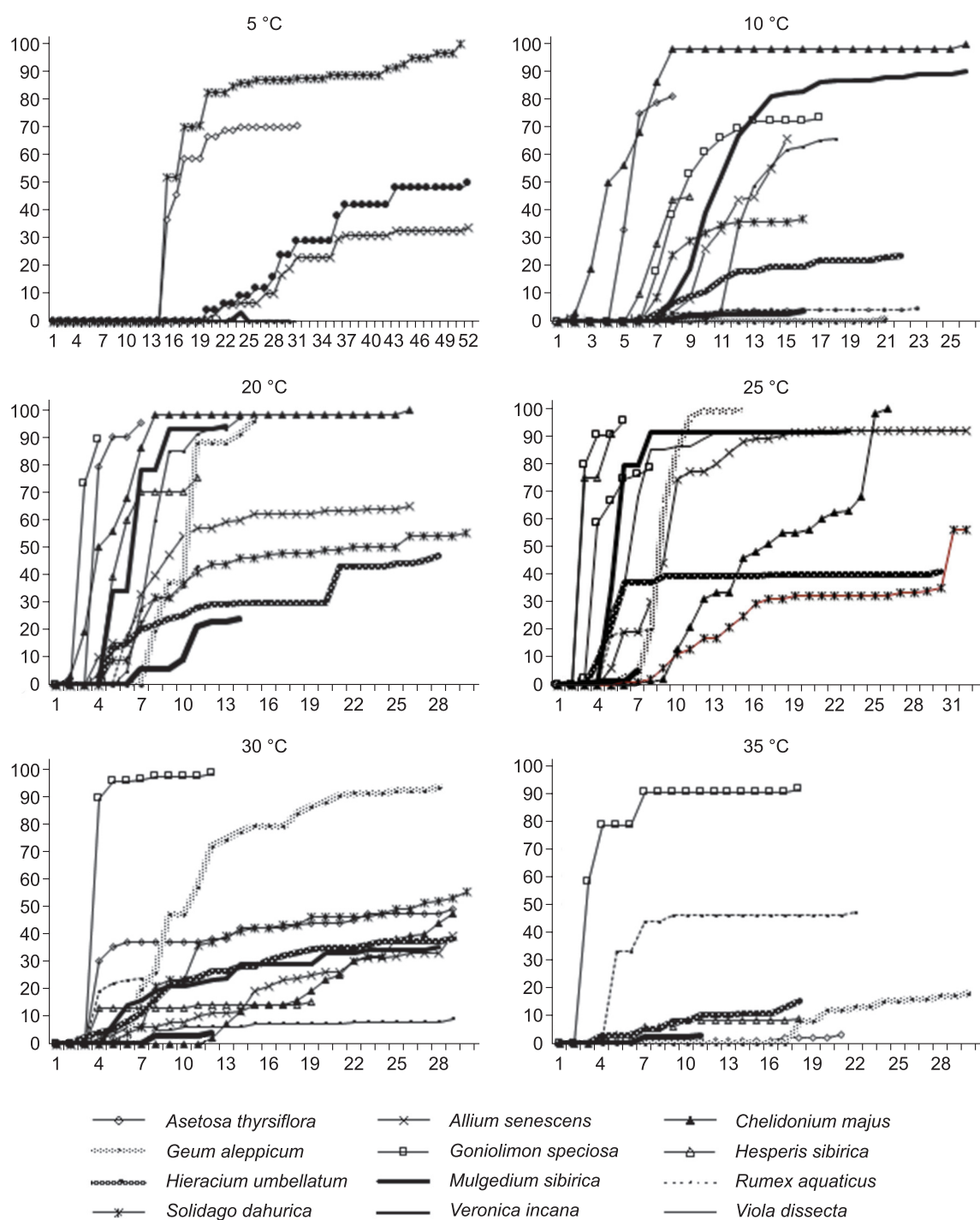
Температура 10 °C вызывает прорастание семян всех видов. Ряд авторов [18, 19] отмечают, что прорастание семян видов из экстремально холодных местообитаний вызывается температурами только выше 10 °C. Начало и продолжительность прорастания хотя и затягиваются, но становятся значительно короче, чем при 5 °C. Всхожесть семян по сравнению с 5 °C увеличилась от 2 до 86 % (*Veronica incana*), от 24 до 73 % (*Goniolimon speciosa*), от 19 до 66 % (*Allium senescens*), от 70 до 81 % (*Acetosa thyrsoiflora*) и, наоборот, снижается у *Solidago dahurica* от 99 до 37 % (см. рисунок). Для семян *Acetosa thyrsoiflora* и *Chelidonium majus* L. температура 10 °C является оптимальной, темп прорастания семян повышается и составляет 5,7 и 5,3 суток соответственно. С низкой всхожестью и с задержкой на 21 день прорастают 1 % семян *Geum aleppicum* Jacq. Низкую всхожесть имеют семена *Mulgedium sibiricum* Cass. ex Less., *Rumex aquaticus*, *Hieracium umbellatum* L., *Solidago dahurica*.

Температура 20–25 °C для многих видов является оптимальной (см. табл. 1). Семена приобретают дружное и быстрое прорастание, уве-

личивается темп прорастания семян и, соответственно, всхожесть семян. Семена большинства видов начинают прорастать на 3–5 день (лишь у семян *Chelidonium majus* – на 9-й день). Хорошо прорастают семена *Geum aleppicum* – всхожесть семян повысилась от 1 (при 10 °C) до 96 и 100 % (при 20 и 25 °C). В меньшей степени, но также возросла всхожесть у семян *Mulgedium sibiricum* – от 4 (10 °C) до 24 % (20 °C) (см. рисунок).

При температуре 30 °C прорастают семена всех видов, но, в отличие от других температурных режимов, у семян большинства видов значительно понижаются всхожесть, энергия и темп прорастания семян. Всхожесть варьирует от 4 до 53 %, исключение составляют семена двух видов (*Goniolimon speciosum* и *Geum aleppicum*), у которых она составляет 89 и 93 % соответственно. Для семян четырех видов (*Veronica incana*, *Viola dissecta* Ledeb., *Solidago dahurica*, *Chelidonium majus*) данный температурный режим является максимальным (см. табл. 1).

При температуре 35 °C семена четырех видов совсем не прорастают, но хорошо прорастают



Динамика прорастания семян в зависимости от температуры.
По оси абсцисс – прорастание семян (дни); по оси ординат – всхожесть семян, %.

Dynamics of seed germination depending on temperature.
Abscissa – seed germination (days); ordinate – seed germination, %.

после смены температуры на более низкие (20–25 °C). Например, в течение 3-х дней у *Acetosa thyrsoiflora* всхожесть достигла 100 %.

Для семян восьми видов мы не смогли определить максимальную температуру прорастания, но можем предположить, что температура

Таблица 2

Всхожесть и средневзвешенное значение периода (T_{cp}) прорастания семян ($M \pm SD$)

Table 2

Germination and weighted average value of the period (T_{cp}) of seed germination ($M \pm SD$)

Показатели Indicators	Температурные режимы t , °C Temperature conditions t , °C					
	5	10	20	25	30	35
<i>Acetosa thyrsiflora</i>						
ЛВ, %	70±3,6 ^a	81±3,7 ^b	95±4,5 ^b	97±2,9 ^b	48±3,6 ^B	2±0,8 ^c
T_{cp} , сутки	16,4±0,4 ^a	5,7±0,1 ^b	4,3±0,2 ^b	3,6±0,1 ^b	7,8±0,2 ^d	10,5±0,3 ^c
<i>Allium senescens</i>						
ЛВ, %	19±0,8 ^a	66±0,8 ^b	65±0,8 ^b	92±0,8 ^B	39±2,2 ^c	1,3±0,5 ^c
T_{cp} , сутки	25,7±0,4 ^a	11,8±0,1 ^b	9,6±0,2 ^b	9,6±0,3 ^b	16,9±0,5 ^a	4,0±0,8 ^B
<i>Chelidonium majus</i>						
ЛВ, %	0	99±0,8 ^a	85±2,2 ^b	68±1,4 ^B	47±2,4 ^c	0
T_{cp} , сутки	0	5,3±0,1 ^a	16,1±0,1 ^b	14,7±0,1 ^b	20,5±0,4 ^B	0
<i>Geum aleppicum</i>						
ЛВ, %	0	1,3±0,5 ^a	96±2,9 ^b	10 ±0 ^B	93±0,8 ^b	12±1,6 ^c
T_{cp} , сутки	0	21,0±1,0 ^a	10,9±0,1 ^b	7,5±0,1 ^b	11,3±0,5 ^B	15,3±0,1 ^c
<i>Gonolimon speciosum</i>						
ЛВ, %	24±0,8 ^a	73±0,8 ^b	89,2±0,7 ^B	78±0,8 ^c	89±0,8 ^B	91±0,9 ^B
T_{cp} , сутки	25,8±0,1 ^a	8,9±0,1 ^b	3,2±0,1 ^B	4,5±0,1 ^B	3,2±0,1 ^B	2,03±0,0 ^B
<i>Hesperis sibirica</i>						
ЛВ, %	0	45±0,8 ^a	75±7,1 ^b	91±2,8 ^B	14±1,5 ^c	9±0,8 ^d
T_{cp} , сутки	0	7,2±0,5 ^a	5,9±0,1 ^b	3,4±0,2 ^B	20,5±0,3 ^c	8,1±0,2 ^d
<i>Hieracium umbellatum</i>						
ЛВ, %	0	24±1,4 ^a	47±3,6 ^b	41±6,5 ^{bb}	38±0,8 ^B	15±0,8 ^c
T_{cp} , сутки	0	11,5±0,2 ^a	12,7±0,1 ^b	6,3±0,4 ^B	10,9±0,6 ^c	10,6±0,2 ^c
<i>Mulgedium sibiricum</i>						
ЛВ, %	0	4±0,8 ^a	24±1,6 ^b	5±0,8 ^a	4±0,8 ^a	4±0,9 ^a
T_{cp} , сутки	0	10,0±0,8 ^a	11,1±0,7 ^a	6,4±0,2 ^b	9,0±0,8 ^a	8,3±0,1 ^a
<i>Rumex aquaticus</i>						
ЛВ, %	0	5±0,8 ^a	44±1,6 ^b	20±1,6 ^B	24±0,8 ^B	46±1,6 ^b
T_{cp} , сутки	0	11,6±4,0 ^a	7,6±2,9 ^b	5,2±2,4 ^B	4,3±2,1 ^B	5,6±2,4 ^b
<i>Solidago dahurica</i>						
ЛВ, %	87±4,9 ^a	37±0,8 ^b	56±0,8 ^B	34±2,2 ^b	53±2,2 ^B	0
T_{cp} , сутки	20,6±0,4 ^a	8,6±0,3 ^b	10,6±0,2 ^B	13,9±0,1 ^B	12,5±4,0 ^B	0
<i>Veronica incana</i>						
ЛВ, %	2±0,8 ^a	86±0,8 ^b	94±0,8 ^B	92±1,4 ^B	35±0,8 ^c	0
T_{cp} , сутки	23,5±0,2 ^a	11,5±0,3 ^b	7,6±0,2 ^B	5,9±0,2 ^B	10,6±0,4 ^b	0
<i>Viola dissecta</i>						
ЛВ, %	0	67±0,8 ^a	97±2,4 ^b	91±3,7 ^B	9±0,8 ^c	0
T_{cp} , сутки	0	12,9±0,1 ^a	8,6±0,4 ^b	6,6±0,3 ^b	12,9±0,1 ^a	0

Примечание. ЛВ – лабораторная всхожесть, %; T_{cp} – средневзвешенное значение периода прорастания семян, в днях. Средние значения с одинаковыми буквенными индексами статистически не различимы при $p < 0,008$, $n = 4$.

Note. ЛВ – laboratory germination rate, %; T_{cp} – weighted average value of the seed germination period, in days. The average values with the same letter indexes are not statistically distinguishable at $p < 0.008$, $n = 4$.

35 °С является максимальной для шести изученных видов, их семена при этой температуре прорастают очень слабо со всхожестью от 1 до 15 %, так зародыши *Geum aleppicum* после высвобождения от покровной оболочки или не растут совсем, или трогаются в рост медленно. Отличаются ходом прорастания семена двух видов: *Goniolimon speciosum* и *Rumex aquaticus*, при 35 °С всхожесть этих семян составляет 92 и 46 % соответственно, при этом и показатель T_{cp} равен 2,03 и 5,6 суток, что говорит об оптимальности этого температурного режима (табл. 2).

Оптимальным температурным режимом прорастания семян у степных видов являются высокие температуры от 20 до 25 °С (35 °С), для семян лесных растений характерен узкий диапазон оптимума, у каждого вида он различен, например, для семян *Solidago dahurica* – 5 °С, *Chelidonium majus* – 10 °С. Наиболее широким диапазоном оптимальных температур обладают семена лугового вида *Acetosa thyrsoflora* – от 10 до 25 °С и 25 °С, у семян другого лугового вида *Geum aleppicum* температурный оптимум прорастания узок и составляет 25 °С. Для прибрежно-водного *Rumex aquaticus* характерны два оптимума прорастания 20 и 35 °С (см. табл. 1). Подобная картина с двумя пиками была отмечена О.В. Давовой [4] для семян *Allium galanthum* Kar. et Kir., обитающего по каменистым склонам. Семена этого вида лучше прорастают при температурах 5 и 20 °С, при котором всхожесть составляет 60 и 30 % соответственно. Что касается хорошего прорастания семян *Rumex aquaticus* при 35 °С, то в литературе имеются сведения о том, что семена видов из местообитаний с высоким уровнем водоснабжения имеют тенденцию прорастать при относительно высоких температурах [20]. Наши данные вполне соотносятся с этим мнением.

При низких (5 °С) и высоких (35 °С) температурах у исследуемых видов наблюдается задержка прорастания семян, снижаются их всхожесть, энергия и темп, прорастание семян становится затрудненным. З.Г. Беспалова с соавторами [21] считают, что задержка прорастания при низкой температуре является приспособлением, защищающим семена от преждевременного прорастания в конце осени. Похожую картину отмечали М.Г. Николаева с соавторами [22] и В.В. Вихирева-Василькова [23] у семян растений Крайнего Севера, И.В. Борисова [8] – у семян степных и луговых растений Монголии. Растения из холод-

ных регионов, как правило, предпочитают прорастание при более высоких температурах, чтобы предотвратить появление всходов, когда морозы более вероятны [24]. И, наоборот, отсутствие прорастания при высоких температурах является, как указывает В.В. Скрипчинский [25] приспособлением, предотвращающим преждевременное появление проростков в то время, когда они были бы обречены на гибель. В регионах с жарким и сухим летом высокие температуры подавляют прорастание, чтобы избежать появления всходов в периоды водного стресса [26].

Заключение

1. Семена восьми видов, из которых шесть являются представителями сем. Ranunculaceae, не прорастают при температурном диапазоне от 5 до 35 °С.

2. По требовательности к теплу в момент прорастания виды распределились на две группы: семена растений, начинающие прорастать при 5 °С, и семена растений, начинающие прорастать при 10 °С.

3. Температурный диапазон прорастания семян у изученных видов широк. Для большинства степных и луговых видов он составляет от 5 до 35 °С, лесных и прибрежно-водных – от 10 до 35 °С.

4. При низких (5 °С) и высоких (35 °С) температурах у изученных видов прорастание семян становится затрудненным, задержка прорастания при этих режимах является приспособлением, защищающим семена растений от несвоевременного прорастания в конце осени перед суровой зимой или в летние сухие месяцы, в период острого дефицита влаги, который характерен для Центральной Якутии.

5. Спектр оптимальных температур для прорастания семян разнообразен. Наиболее узкий диапазон оптимума характерен для семян лесных растений, у каждого из них оптимальный температурный режим специфичен. Наиболее широким спектром оптимальных температур обладают семена лугового *Acetosa thyrsoflora* – от 10 до 25 °С. Для семян всех изученных степных видов оптимум лежит в пределах 20–25 °С, а прибрежно-водного *Rumex aquaticus* – характерны два оптимума прорастания 20 и 35 °С.

Литература

1. Тарakanов К.А. Экологические этапы развития и типы приспособления некоторых видов растений // Растения и среда. М.; Л., 1950. С. 48–75.

2. Николаева М.Г. О природе действия пониженной температуры на семена // Итоги и перспективы исследований развития растений: матер. II делегат. съезда ВБО. М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1959. С. 137–147.
3. Культиасов М.В. Эколого-исторический метод в интродукции растений // Бюл. ГБС. 1963. Вып. 15. С. 24–39.
4. Диева О.В. Особенности прорастания семян сибирских видов лука // Бюлл. ГБС. 1966. Вып. 61. С. 66–72.
5. Grubb P.J. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche // Biological Reviews. 1977. Vol. 52. P. 107–145.
6. Schütz W., Rave G. The effect of cold stratification and light on the seed germination of temperate sedges (*Carex*) from various habitats and implications for regenerative strategies // Plant Ecology. 1999. Vol. 144, No. 2. P. 215.
7. Haberlandt F. Der allgemeine Landwirtschaf Pflanzbau. 1879. 760 p.
8. Борисова И.В. О долговечности семян некоторых степных и пустынных растений Казахстана и Монголии // Бот. журн. 1998. Т. 83, № 6. С. 55–65.
9. Днепровский Ю.М., Черемушкина В.А., Судобина В.П. Особенности прорастания семян корневищных луков Северной Азии // Бюл. ГБС. 1991. Вып. 159. С. 89–95.
10. Райкова, И.А. К биологии прорастания и всхожести семян некоторых памирских растений // Науч. тр. Ташкентск. гос. ун-та. Биология. 1962. Вып. 210. С. 155–186.
11. Стешенко А.П. Биология свежесобранных семян у растений высокогорий Памира // Бот. журн. 1963. Т. 48, № 7. С. 965–978.
12. Гаврилова М.К. Климат Центральной Якутии. Якутск: Кн. изд-во, 1973. 120 с.
13. Строна И.Г. Общее семеноведение полевых культур. М.: Колос, 1966. 464 с.
14. Бухаров А.Ф., Балеев Д.Н., Бухарова А.Р. Кинетика прорастания семян. Методы исследования и параметры // Известия ТСХА. 2017. Вып. 2. С. 5–15.
15. Конспект флоры Азиатской России: сосудистые растения / [Л.И. Малышев и др.]; под ред. К.С. Байкова. Новосибирск: Изд-во СО РАН, 2012. 630 с.
16. Конспект флоры Якутии: Сосудистые растения / сост. Л.В. Кузнецова, В.И. Захарова. Новосибирск: Наука, 2012. 272 с.
17. Николаева М.Г. Особенности прорастания семян растений из подклассов Magnoliidae, Ranunculidae, Caryophyllidae и Hamamelidae // Бот. журн. 1988. Т. 73, № 4. С. 508–521.
18. Billings W.D., Mooney H.A. The ecology of Arctic and alpine plants. 1968 // doi.org/10.1111/j.1469-185X.1968.tb00968.x
19. Thompson K. The occurrence of buried viable seeds in relation to environmental gradients // J. Biogeography. 1978. Vol. 5. P. 425–430.
20. Grime J., Mason G., Curtis A. A comparative study of germination characteristics in a local flora // Journal of Ecology. 1981. Vol. 69. P. 1017–1059.
21. Беспалова З.Г., Борисова И.В., Санжид Ж. Всхожесть и характер прорастания семян некоторых видов полыни (*Artemisia* L.) Центрального Казахстана и Монголии // Бот. журн. 1982. Т. 67, № 10. С. 1321–1328.
22. Николаева М.Г., Алексеева Х.А., Далецкая Т.В., Поздова Л.М., Полякова Е.Н., Разумова М.В., Скрибин С.З. Условия прорастания семян растений Крайнего Севера // Бюлл. ГБС. 1983. Вып. 128. С. 90–94.
23. Вихирева-Василькова В.В. О прорастании семян некоторых арктических растений // Бот. журн. 1958. Т. 43, № 7. С. 1024–1029.
24. Rosbakh S., Poschlod P. Initial temperature of seed germination as related to species occurrence along a temperature gradient // Funct. Ecol. 2015. Vol. 29. P. 5–14.
25. Скрипчинский В.В. Приспособительные реакции, регулирующие процессы роста и развития растений в свете общих закономерностей онтогенеза // Итоги и перспективы исследований развития растений. М.; Л., 1959. С. 66–81.
26. Mayfield M.M., Dwyer J.M., Main A., Levine J.M. The germination strategies of widespread annual plants are unrelated to regional climate // Global Ecology and Biogeography. 2014. Vol. 23. P. 1430–1439.

Поступила в редакцию 15.12.2020

Принята к публикации 16.02.2021

Об авторах

АНДРОСОВА Дария Николаевна, младший научный сотрудник, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, 677000, Якутск, пр. Ленина, 41, Россия,
<http://orcid.org/0000-0003-1521-0556>, darija_androsova@mail.ru;

ДАНИЛОВА Надежда Софроновна, главный научный сотрудник, доктор биологических наук, профессор, Институт биологических проблем криолитозоны СО РАН, 677000, Якутск, пр. Ленина, 41, Россия,
<http://orcid.org/0000-0001-6532-7977>, nad9.5@mail.ru.

DOI 10.31242/2618-9712-2020-26-1-10

Influence of temperature on germination of the seeds of herbaceous plants in Central Yakutia

D.N. Androsova*, N.S. Danilova

Institute for Biological Problems of Cryolithozone of the Siberian Branch of RAS, Yakutsk, Russia

**darija_androsova@mail.ru*

Abstract. The influence of different temperature conditions on the germination of seeds of 20 species of perennial herbaceous plants in Central Yakutia was studied. The seeds of 8 species of *Aconitum kusnezoffii* Reichb., *Actaea erythrocarpa* Fisch., *Adonis sibirica* Patrin, *Anemonidium dichotomum* (L.) Holub., *Heraclium dissectum* Ledeb., *Iris laevigata* Fisch. et C.A. Mey., *Trollius sibiricus* Schipcz., *Thalictrum minus* L. do not germinate in the temperature range from 5 to 35 °C; among them, there are the species of forest and meadow vegetation belonging to Ranunculaceae family. The species were divided into 2 groups according to the demand for heat at the time of germination: plant seeds starting to germinate at 5 °C, and plant seeds starting to germinate at 10 °C. The temperature range of seed germination for the studied species is wide. For the majority of steppe and meadow species, it ranges from 5 to 35 °C, while for forest and coastal-water species – from 10 to 35 °C. The ranges of optimal temperatures for seed germination are diverse. The narrowest optimum range is typical for the seeds of forest plants; in each of them, the optimum temperature regime is specific. The widest range of optimum temperatures is characteristic of the seeds of meadow *Ace-tosa thyrsoflora* – from 10 to 25 °C. For the seeds of all the studied steppe species, the optimum lies within the range of 20–25 °C, while there are two optimal temperature points for the coastal-water *Rumex aquat-icus*: 20 and 35 °C. At low (5 °C) and high (35 °C) temperatures, the germination of the seeds of the studied species becomes difficult; the delay in germination under these conditions is a tool protecting the seeds of Yakut plants from untimely germination in late autumn before the harsh winter or in dry summer months, during the period of acute moisture deficit, which is typical for Central Yakutia.

Key words: germination capacity, seed germination, minimum, maximum and optimal temperature regime of seed germination.

Acknowledgements. The work was carried out within the framework of the State Assignment to the IBPC SB RAS under the Project «Vegetation cover of the cryolithozone of taiga in Yakutia: biodiversity, environmental functions, protection and rational use» (0297-2021-0023; reg. number AAAA21-121012190038-0).

References

1. Tarakanov K.A. Ekologicheskie etapy razvitiya i tipy prispособleniya nekotoryh vidov rastenij // Rasteniy a i sreda. M.; L., 1950. P. 48–75.
2. Nikolaeva M.G. O prirode dejstviya ponizhennoj temperatury na semena // Itogi perspektivy issledovaniy razvitiya rastenij: materialy II delegat. s"ezda VBO. M.; L.: Izd-vo AN SSSR, 1959. P. 137–147.
3. Kul'tiasov M.V. Ekologo-istoricheskijmetod v in-trodukciirastenij // Byul. GBS. 1963. Iss. 15. P. 24–39.
4. Daeva O.V. Osobennosti prorstaniya semyan si-birskih vidov luka // Byull. GBS. 1966. Iss. 61. P. 66–72.
5. Grubb P.J. The maintenance of species-richness in plant communities: the importance of the regeneration niche // Biological Reviews. 1977. Vol. 52. P. 107–145.
6. Schütz W., Rave G. The effect of cold stratification and light on the seed germination of temperate sedges (Carex) from various habitats and implications for regener-ative strategies // Plant Ecology. 1999. Vol. 144, No. 2. P. 215.

7. *Haberlandt F.* Der allgameine Landwirtschaft Pflanzbau. 1879. 760 p.
8. *Borisova I.V.* O dolgovechnosti semyan nekotorykh stepnykh i pustynnykh rasteniy Kazahstana i Mongolii // Bot. Zhurn. 1998. Vol. 83, No. 6. P. 55–65.
9. *Dneprovskiy Yu.M., Cheremushkina V.A., Sudobina V.P.* Osobennosti prorstaniya semyan kornevishchnykh lukov Severnoj Azii // Byul. GBS. 1991. Iss. 159. P. 89–95.
10. *Rajkova I.K.* K biologii prorstaniya i vskhozhnosti semyan nekotorykh pamiirskih rasteniy / I.K. Rajkova // Nauch. tr. Tashkentsk. Gos. un-ta. Biologiya. 1962. Iss. 210. P. 155–186.
11. *Steshenko A.P.* Biologiya svezhesobrannykh semyan u rasteniy vysokogorij Pamira // Bot. Zhurn. 1963. Vol. 48, No. 7. P. 965–978.
12. *Gavrilova M.K.* Klimat Central'noj Yakutii. Yakutsk: Kn. izd-vo, 1973. 120 p.
13. *Strona I.G.* Obshchee semenovedenie polevykh kul'tur. M.: Kolos, 1966. 464 p.
14. *Buharov A.F., Baleev D.N., Buharova A.R.* Kinetika prorstaniya semyan. Metody issledovaniya i parametry // Izvestiya TSKHA. 2017. Iss. 2. P. 5–15.
15. *Konspekt flory Aziatskoj Rossii: sosudistye rasteniya* / [L.I. Malyshevi dr.]; pod red. K.S. Bajkova. Novosibirsk.: Izd-vo SB RAN, 2012. 630 p.
16. *Konspekt flory Yakutii: Sosudistye rasteniya* / sost. L.V. Kuznecova, V.I. Zaharova. Novosibirsk: Nauka, 2012. 272 p.
17. *Nikolaeva M.G.* Osobennosti prorstaniya semyan rasteniy iz podklassov Magnoliidae, Ranunculidae, Caryophyllidae Hamamelidae // Bot. Zhurn. 1988. Vol. 73, No. 4. P. 508–521.
18. *Billings W.D., Mooney H.A.* The ecology of Arctic and alpine plants. 1968 // doi.org/10.1111/j.1469-185X.1968.tb00968.x
19. *Thompson K.* The occurrence of buried viable seeds in relation to environmental gradients // J. Biogeography. 1978. Vol. 5. P. 425–430.
20. *Grime J., Mason G., Curtis A.* A comparative study of germination characteristics in a local flora // Journal of Ecology. 1981. Vol. 69. P. 1017–1059.
21. *Bespalova Z.G., Borisova I.V., Sanzhid Zh.* Vskhozhest' i harakter prorstaniya semyanok nekotorykh vidov polyni (*Artemisia L.*) Central'nogo Kazahstana i Mongolii // Bot. Zhurn. 1982. Vol. 67, No. 10. P. 1321–1328.
22. *Nikolaeva M.G., Alekseeva H.A., Daleckaya T.V., Pozdova L.M., Polyakova E.N., Razumova M.V., Skryabin S.Z.* Usloviya prorstaniya semyan rasteniy Krajnego Severa // Byull. GBS. 1983. Iss. 128. P. 90–94.
23. *Vihireva-Vasil'kova V.V.* O prorstanii semyan nekotorykh arkticheskikh rasteniy // Bot. Zhurn. 1958. Vol. 43, No. 7. P. 1024–1029.
24. *Rosbakh S., Poschlod P.* Initial temperature of seed germination as related to species occurrence along a temperature gradient // Funct. Ecol. 2015. Vol. 29. P. 5–14.
25. *Skripchinskij V.V.* Prispособitel'nye reakcii, reguliruyushchie process rosta i razvitiya rasteniy v svete obshchih zakonomernostej ontogeneza // Itogi i perspektivy issledovaniy razvitiya rasteniy. M.; L., 1959. P. 66–81.
26. *Mayfield M.M., Dwyer J.M., Main A., Levine J.M.* The germination strategies of widespread annual plants are unrelated to regional climate // Global Ecology and Biogeography. 2014. Vol. 23. P. 1430–1439.

About the authors

ANDROSOVA Darija Nikolaevna, junior researcher, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41 Lenina pr., Yakutsk 677000, Russia,

<http://orcid.org/0000-0003-1521-0556>, darija_androsova@mail.ru;

DANILOVA Nadezhda Sofronovna, chief researcher, Dr. Sci. (Biology), professor, Institute for Biological Problems of Cryolithozone SB RAS, 41 Lenina pr., Yakutsk 677000, Russia,

<http://orcid.org/0000-0001-6532-7977>, nad9.5@mail.ru.

Citation

Androsova D.N., Danilova N.S. Influence of temperature on germination of the seeds of herbaceous plants in Central Yakutia // Arctic and Subarctic Natural Resources. 2021. Vol. 26, No. 1. pp. 107–115. (In Russ.) <https://doi.org/10.31242/2618-9712-2021-26-1-10>