

УДК 581.143.5

DOI: 10.21779/2542-0321-2023-38-1-122-130

М.Г. Алиев, М.А. Магомедова

Морфогенетические особенности редких видов березы на начальных этапах онтогенеза

*Дагестанский государственный университет; Россия, 367000, г. Махачкала,
ул. М. Гаджиева, 43а; gapshimata81@yandex.ru*

В статье изучаются редкие и исчезающие виды растений Дагестана. Эти исследования имеют важное значение для сохранения биоразнообразия [9]. Выяснение доли влияния экологических и генетических факторов в морфогенезе растений позволит оценить их устойчивость во все более возрастающих стрессовых условиях [1]. В работе приводятся данные по всхожести семян, ростовые параметры интактных вегетативных органов и продолжительность жизни проростков *Betula raddeana* (Trautv.) и *Betula litwinowii* (A. Doluch) в лабораторных условиях. Всхожесть семян определялась как с холодовой предобработкой, так и без нее. Больше всего на всхожесть семян влияет температура среды во время их покоя. В качестве стимулятора роста проростков использовался раствор кинетина. Предобработка раствором кинетина благоприятно действует на морфогенетические особенности надземных вегетативных органов проростков березы, хоть и незначительно. Этиолия стимулирует рост стебля в длину, но угнетающе влияет на корень. Наибольшая чувствительность проростков березы на начальных этапах онтогенеза наблюдается в условиях полной этиолияции.

Ключевые слова: *Betula raddeana*, *Betula litwinowii*, всхожесть семян, проросток, засорение, кинетин, продолжительность жизни.

Сокращение ареалов редких и исчезающих видов связано не только с экологическими факторами среды [7], но и с генетическими особенностями растений. Поэтому очень важно изучение и стрессорной среды произрастания, и эндогенных особенностей растений. В таких исследованиях важно изучение роли конкретных факторов, определяющих начальные этапы морфогенеза растений [10; 12]. В Дагестане подобные исследования редки, хоть и имеют для региона особую важность [3].

Объекты исследования – береза Радде (*Betula raddeana* (Trautv.)) и береза Литвинова (*Betula litwinowii* (A. Doluch)), занесены в Красную книгу Республики Дагестан. Являются эндемиками, нуждающимися в охране и расширении ареала. Семенной материал был собран в окрестностях с. Гапшима (1460 м над ур. м.) Акушинского района Дагестана.

Betula raddeana (*B. raddeana*) – небольшое дерево высотой 7–8 м. Черешки длиной около сантиметра, густо опушённые [8].

Betula litwinowii (*B. litwinowii*) – дерево высотой до 15 м, с направленными вверх или распростертыми, неповисающими ветвями [6]. В таблице 1 даны характеристики генеративных органов исследуемых видов березы. По этим показателям *B. raddeana* и *B. litwinowii* отличаются друг от друга незначительно.

Таблица 1. Сведения о развитии генеративных органов *B. raddeana* и *B. litwinowii*

Объекты	Цветение	Созревание плодов	Количество плодов в «сережке»	Масса 1000 плодов, г
<i>B. raddeana</i>	май–июнь	сентябрь	253±23	1,32±0,1
<i>B. litwinowii</i>	май	август–сентябрь	278±26	1,25±0,1

Семена березы могут всходить и без специальной обработки холодом. Однако, по мнению ученых, прорастание охлажденных семян и ризогенез проростков происходили эффективнее по сравнению с неохлажденными семенами [11]. Для определения наилучшей всхожести половина всех семян заблаговременно была обработана холодом при температуре 3–4 °C (табл. 3).

В лаборатории семена, помещенные в чашки Петри, прорачивали на фильтровальной бумаге, смоченной чистой водой или раствором 10 mM NaCl согласно схеме опыта (табл. 2). Все варианты сочетались также с предварительной обработкой раствором кинетина с концентрацией 8 мг/л и разными режимами освещения: естественное, непрерывное и полная темнота (табл. 3).

Таблица 2. Схема опытов с проростками *B. raddeana* и *B. litwinowii*

Исходные варианты культивирования	Подварианты			
	вода	NaCl	свет	темнота
Вода	+		+	+
NaCl		+	+	+
Предобработка кинетином	+	+	+	+

Температурная предобработка семян березы играет важную роль в определении всхожести. Так, в процессе хранения семян при температуре +20...–23 °C их всхожесть у *B. raddeana* и *B. litwinowii* на естественном освещении составила 17 и 23 % соответственно (табл. 3), тогда как при воздействии температуры +4 °C – 38 и 42 %.

Таблица 3. Всхожесть семян *Betula raddeana* (А) и *B. litwinowii* (Б) при сочетании разных условий (в %)

Варианты воздействия	А	Б	+4 °C		+23 °C	
			А	Б	А	Б
Естественное освещение						
+ температура						
+4 °C	38	42	38	42		
+23 °C	17	23			17	23
Круглосуточное освещение						
+ температура						
+4 °C	35	39	35	39		
+23 °C	15	20			15	20
Полная темнота						
+ температура						
+4 °C	36	38	36	38		
+23 °C	16	21			16	21
Итого			36,3	39,7	16,0	21,3

Из таблицы 3 также видно, что разные режимы освещения тоже влияют на всхожесть семян. Так, при полном отсутствии света всхожесть семян *B. raddeana* без холодовой обработки составила 16 %, а при низкотемпературной обработке – 36 %. Тезже показатели у *B. litwinowii* соответствуют значениям 21 и 38 % соответственно. Всхожесть семян немного отличается и при круглосуточном освещении по сравнению с полной темнотой.

Таким образом, температура покоя семян является главным фактором, определяющим их всхожесть.

Грибы-микоризообразователи играют важную роль в морфогенезе проростков после выхода из семенной кожуры. Наши исследования проводились в стерильных условиях. Это в свою очередь является стрессовым фактором для развития проростков. Тем не менее, нам удалось выявить степень влияния других стрессовых факторов, в частности темноты и засоления в сравнительном плане [5].

Таблица 4. Длина корня и стебля (в мм) *B. raddeana* и *B. litwinowii* на 20-е сутки прорастания в различных условиях культивирования

Варианты воздействия	Корень		Стебель	
	А	Б	А	Б
Естественное освещение				
вода	11,3±1,2	12,2±1,1	13,6±1,1	12,2±1,2
NaCl	7,6±0,8	8,4±0,7	14,1±1,2	13,1±1,1
Полная темнота				
вода	9,3±0,7	10,2±9,1	15,3±1,4	13,8±1,2
Предобработка кинетином				
Естественное освещение				
вода	12,3±1,3	14,5±1,4	15,2±1,3	14,1±1,3
NaCl	8,1±0,7	9,7±0,8	15,6±1,3	14,7±1,2
Полная темнота				
вода	10,5±0,9	13,7±1,2	15,8±1,4	14,5±1,2

В таблице 4 представлены данные, позволяющие выяснить зависимость длины корня и стебля от режимов освещения и засоления в разных их сочетаниях. Так, длина корня *B. raddeana* в воде и на естественном освещении составила в среднем 11,3 мм, в воде и в темноте – 9,3 мм, в растворе

NaCl и на естественном освещении – 7,6 мм. Такие же размеры характерны и для органов проростков *B. litwinowii*. Длина стебля *B. raddeana* и *B. litwinowii* в воде и на естественном освещении составила 13,6 и 12,2 мм соответственно, в воде и полной темноте – 15,3 и 13,8 мм и в растворе NaCl и на естественном освещении – 14,1 и 13,1 мм соответственно.

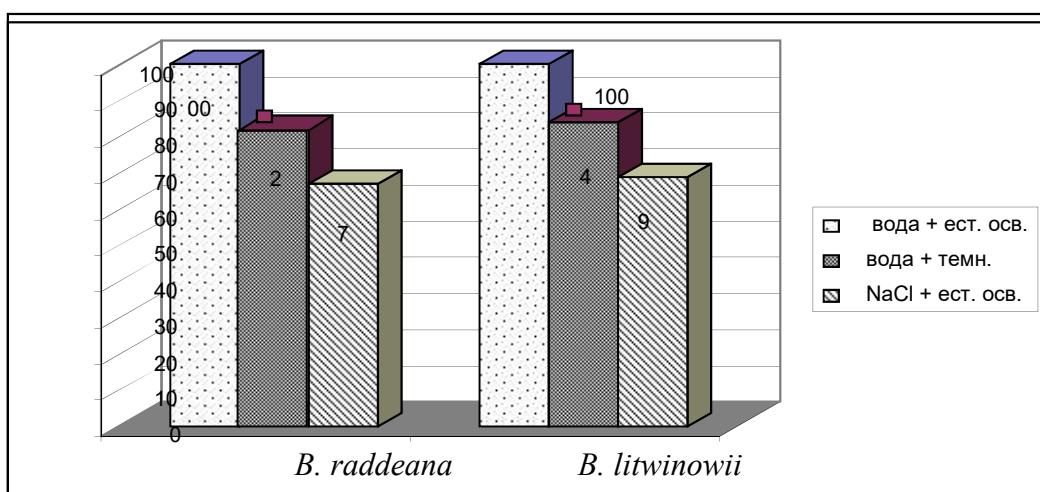


Рис. 1. Длина корня *B. raddeana* и *B. litwinowii* в % по отношению к контролю (вода + ест. осв.)

Из таблицы 4 видно, что полная этиолияция ускоряет рост стебля в длину. Круглосуточная темнота угнетает рост корня. Наличие в среде культивирования малой концентрации соли NaCl (10 мМ) стимулирует рост стебля, а на корень действует угнетающее. Сочетание темноты и засоления приводит к гибели проростков уже на 4–5-е сутки прорастания.

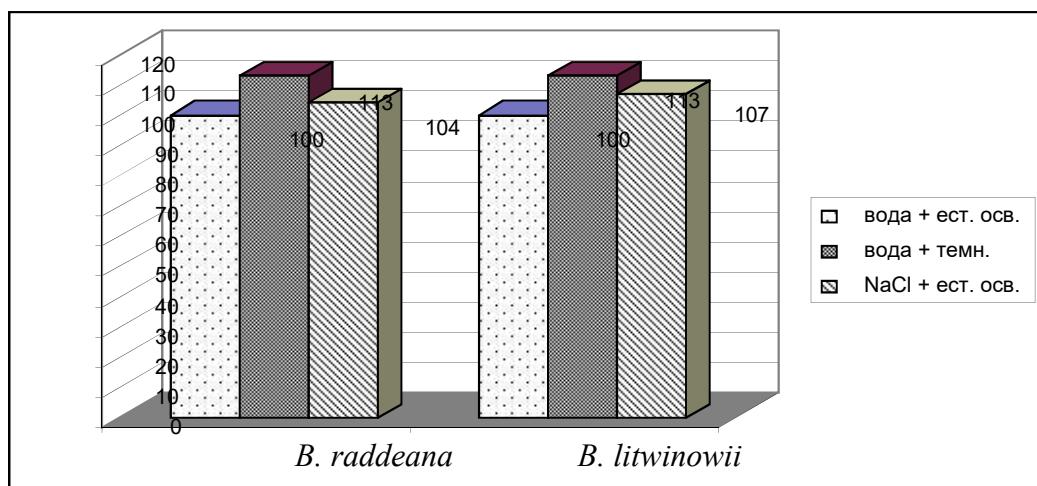


Рис. 2. Длина стебля *B. raddeana* и *B. litwinowii* в % по отношению к контролю (вода + ест. осв.)

На рис. 1 отображены данные в % по отношению к контролю, показывающие влияние темноты и засоления на длину корня. Объекты исследования практически не отличаются друг от друга по реакции на стрессовые факторы.

Почти такая же картина наблюдается при действии тех же условий на длину стебля (рис. 2).

Предобработка проростков *B. raddeana* и *B. litwinowii* раствором кинетина ускоряет рост, стимулируя деление и растяжение клеток, особенно стеблей и листьев (рис. 3).

Из рисунка 4 видно, что проростки *B. raddeana* достаточно сильно реагируют на предобработку раствором кинетина + темнота, тогда как стебли проростков *B. litwinowii* – раствором NaCl + естественное освещение. Так, длина стебля в варианте *вода + темнота* по отношению к контролю составила у проростков *B. raddeana* 85 %, у

проростков *B. litwinowii* – 94 %. Характер действия раствора кинетина в варианте $NaCl$ + естественное освещение для обоих объектов одинаковый.

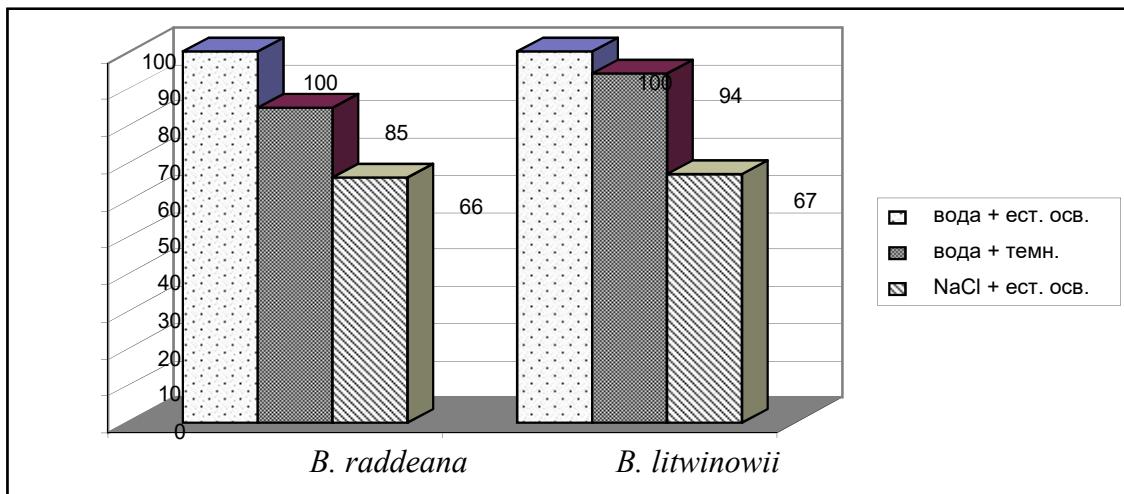


Рис. 3. Длина корня *B. raddeana* и *B. litwinowii* в % по отношению к контролю (вода + ест. осв.) при 6-часовой предобработке в растворе кинетина

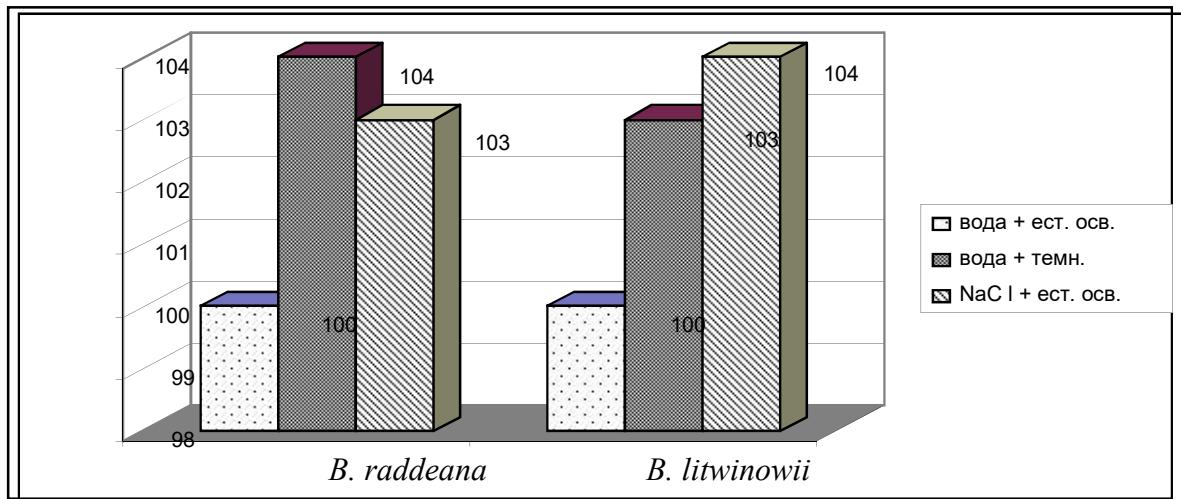


Рис. 4. Длина стебля *B. raddeana* и *B. litwinowii* в % к контролю (вода + ест. осв.) при 6-часовой предобработке в растворе кинетина

Динамика развития листьев у растений играет решающую роль в морфогенезе проростков. Фотосинтетическая поверхность листовой пластинки молодых листьев коррелирует с образованием пластических веществ проростка. В свою очередь интенсивность роста листовых пластинок зависит от эндогенных (генетических) факторов, определяющих норму реагирования листьев [2]. Особое значение в морфогенетических процессах, как целых проростков, так и отдельных органов, имеют и экологические факторы. К ним можно отнести освещенность местности и засоление почвы, учтенные в исследовании. Сочетание этих и других факторов определяет не только темпы роста листовой пластинки, но и ее конечные размеры [4].

Таблица 5. Параметры листовой пластинки *B. raddeana* и *B. litwinowii* на 20-е сутки прорастания

Варианты воздействия	Длина		Ширина	
	А	Б	А	Б
Естественное освещение				
вода	9,2±0,8	8,7±0,7	4,1±0,3	3,8±0,2
NaCl	9,3±0,8	8,9±0,7	5,2±0,4	4,3±0,2
Полная темнота				
вода	6,1±0,6	5,2±0,5	3,3±0,2	3,2±0,3
Предобработка кинетином				
Естественное освещение				
вода	10,3±0,9	9,9±0,8	5,6±0,4	4,4±0,3
NaCl	11,6±1,1	10,3±0,9	6,3±0,5	5,2±0,4
Полная темнота				
вода	6,2±0,5	6,1±0,5	3,8±0,3	4,1±0,3

По данным таблицы 5 видно, что в контроле (*вода + естественное освещение*) длина и ширина листовой пластинки проростков *B. raddeana* составили 9,2 и 4,1 мм соответственно. Эти же показатели в варианте *вода + темнота* составили 6,1 и 3,3 мм, в *NaCl + естественное освещение* – 9,3 и 5,2 мм соответственно. Такая же динамика наблюдается и у проростков *B. litwinowii*.

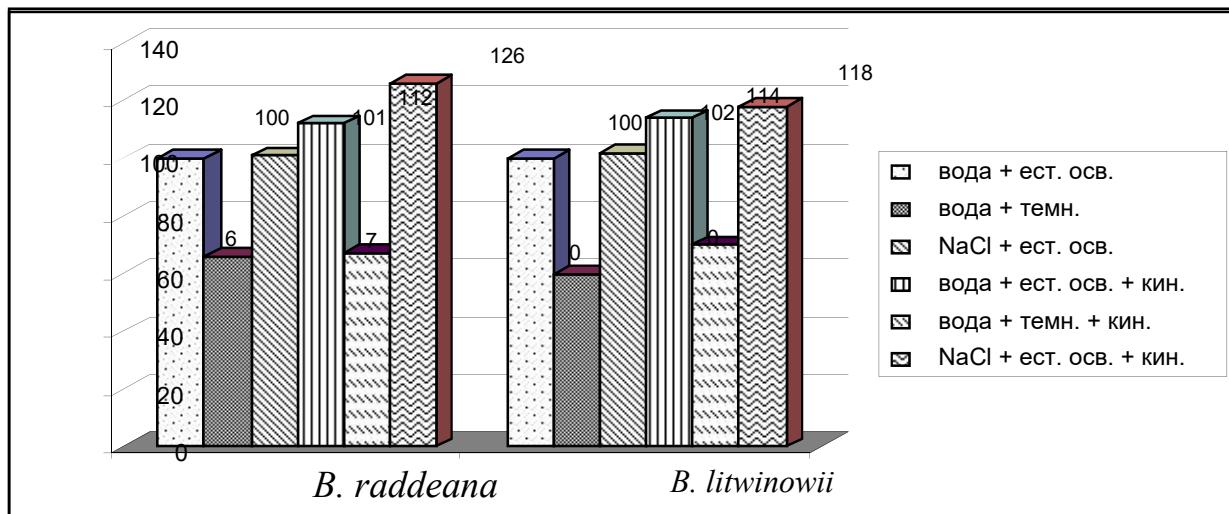


Рис. 5. Длина листовой пластинки листьев проростков *B. raddeana* и *B. litwinowii* в % по отношению к контролю (вода + ест. осв.)

Предобработка раствором кинетина благоприятно сказывается на длине и ширине листовой пластинки. Это особенно заметно в вариантах *вода + естественное освещение* и *NaCl + естественное освещение*. У проростков *B. raddeana* в варианте *вода + естественное освещение* длина и ширина составили 10,3 и 5,6 мм, а у *B. litwinowii* – 9,9 и 4,4 мм соответственно. Засоление среды *NaCl* концентрацией 10 мМ стимулирует рост листовой пластинки даже по сравнению с контролем (табл. 5).

На рисунке 5 представлены данные длины листовой пластинки в % по отношению к контролю. В варианте *вода + темнота* длина листовой пластинки проростков *B. raddeana* составила 66 %, а у *B. litwinowii* – 60 %. Но при предобработке раствором кинетина эти показатели в том же варианте немного увеличились и составили 67 и 70 % соответственно, т. е. стимулирующий эффект кинетина в этом варианте более четко выражен у проростков *B. litwinowii*.

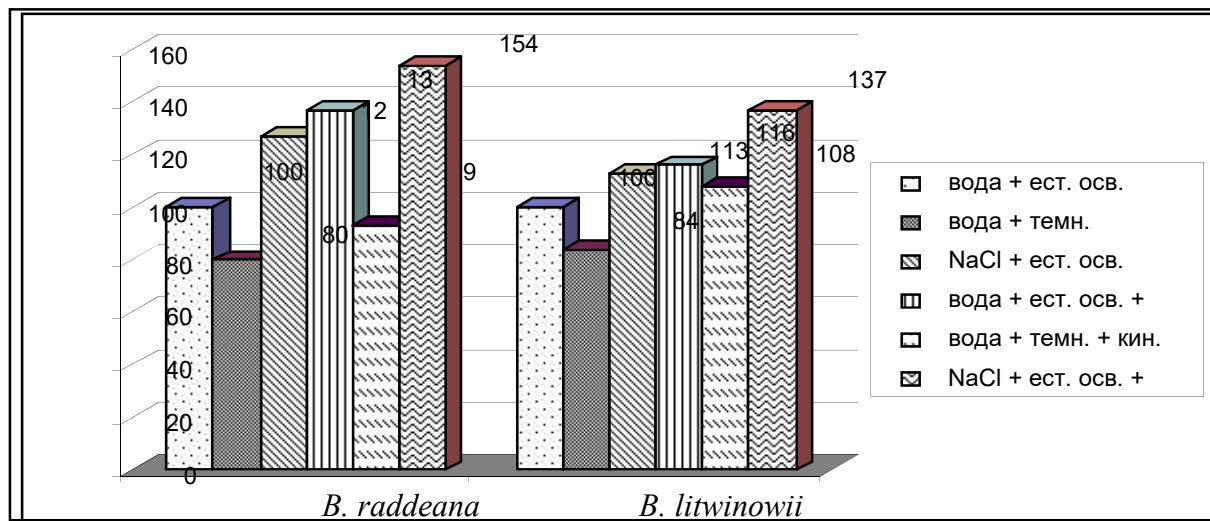


Рис. 6. Ширина листовой пластинки *B. raddeana* и *B. litwinowii* в % по отношению к контролю (вода + ест. осв.)

Из рисунка 6 видно, что наибольший стимулирующий эффект обработки раствором кинетина выражен в варианте $\text{NaCl} + \text{естественное освещение}$. Так, ширина листовой пластинки проростков *B. raddeana* в этом варианте составила 154 %, а у проростков *B. litwinowii* – 137 %. Значительный эффект раствора кинетина также достигается в варианте *вода + естественное освещение* – 137 и 116 % у проростков *B. raddeana* и *B. litwinowii* соответственно. Стимулирующий эффект раствора кинетина менее выражен в варианте *вода + темнота* и составляет 93 и 108 % соответственно по объектам.

Таким образом, по таблице 5 и рисункам 5 и 6 можно сделать вывод, что в наибольшей степени изменчива длина листовой пластинки – как при предобработке раствором кинетина, так и без нее.

Таблица 6. Продолжительность жизни (в сутках) проростков *B. raddeana* и *B. litwinowii* в лабораторных условиях

Объекты	Вода + ест. освещ.	Вода + темнота	NaCl + ест. освещ.
<i>B. raddeana</i>	$35,6 \pm 2,3$	$21,3 \pm 2,5$	$36,2 \pm 3,1$
<i>B. litwinowii</i>	$41,2 \pm 3,7$	$22,6 \pm 3,2$	$42,7 \pm 3,6$
Предобработка кинетином			
<i>B. raddeana</i>	$37,8 \pm 3,6$	$21,5 \pm 2,7$	$37,4 \pm 3,4$
<i>B. litwinowii</i>	$44,5 \pm 4,1$	$23,2 \pm 2,8$	$44,6 \pm 3,8$

Продолжительность жизни растений зависит от множества факторов. В наших исследованиях проростки березы культивировались в лабораторных условиях, где в среде отсутствовал гриб-симбионт, образующий микоризу на корневой системе про-

ростков и взрослого растения. В контроле (*вода + естественное освещение*) из двух изученных объектов самой высокой продолжительностью жизни обладали проростки

B. litwinowii (41,2 сут.). Наибольшее стрессовое давление оказывала этиоляция (табл. 6). Так, продолжительность жизни проростков *B. raddeana* в полной темноте составила в среднем 21,3, а *B. litwinowii* – 22,6 суток. Даже предобработка раствором кинетина значительно не влияла на продолжительность жизни в темноте (21,5 и 23,2 суток соответственно).

Из таблицы 6 видно, что концентрация соли NaCl (10 мМ) в среде увеличивает продолжительность жизни проростков. Так, в варианте *NaCl + естественное освещение* продолжительность жизни проростков *B. raddeana* составляет 36,2, а *B. litwinowii* – 42,7 суток. При предобработке раствором кинетина продолжительность жизни проростков несколько возрастает и составляет 37,4 и 44,6 суток соответственно.

Таким образом, начальный этап развития растений в онтогенезе является определяющим. Растения *B. raddeana* и *B. litwinowii* в период прорастания очень чувствительны к условиям культивирования, особенно к этиоляции, что отражается на ростовых параметрах, продолжительности жизни, размерах листовой пластинки и на других показателях. Стressорность среды проицрастания не снимается даже в случае обработки раствором кинетина, хоть и смягчается.

Предобработка раствором кинетина наиболее благоприятно влияет при сочетании с естественным освещением и засолением NaCl. Продолжительность жизни проростков *B. litwinowii* больше, чем *B. raddeana*, даже после предобработки кинетином последних. Из изученных факторов наиболее критическим оказалась этиоляция. Раствор NaCl несколько увеличивает продолжительность жизни проростков. Вопрос пороговой чувствительности проростков *B. raddeana* и *B. litwinowii* к соли NaCl требует дополнительных исследований.

В перспективе заслуживает внимания различие реакций у изученных видов берез на интенсивность освещения.

Литература

1. Адамова Р.М., Алиев М.Г. Особенности семенного возобновления реликтовых берез Дагестана // Биологическое разнообразие Кавказа и Юга России // Материалы XVII Международной научной конференции. – Нальчик, 2015. – С. 101.
2. Алиев М.Г., Юсуфов А.Г. Рост, старение и продолжительность жизни интактных листьев древесных растений // Лесное хозяйство. 2010. № 1. – С. 34.
3. Алиев М.Г. Действие условий культивирования на изолированные листья травянистых и древесных растений // Наука и образование в современном мире: вызовы XXI века. Материалы XI Международной научно-практической конференции. – Астана, 2022. – С. 10–13.
4. Алиев М.Г. Старение интактных листьев растений // Международный научный журнал «XII Глобальная наука и инновации 2021: Центральная Азия». – Нур-Султан, 2021. – С. 139–144.
5. Гавриленко В.Ф., Ладыгина М.Е., Хандобина Л.М. Большой практикум по физиологии растений. – М.: Высшая школа, 1975. – 392 с.
6. Галушко А.И. Флора Северного Кавказа. Определитель. Т. 1. – Ротов н/Д: Изд-во Ростовского университета, 1980. – С. 193.
7. Казимов А.П. Изучение морфогенеза растений // Научно-исследовательский центр «Science discovery». – Ростов н/Д, 2022. – С. 484–488.

8. Косенко И.С. Определитель высших растений Северо-Западного Кавказа и Предкавказья. – М., 1970. – С. 59.
9. Красная книга Республики Дагестан. – Махачкала: Тип. ИП Джамалудинова М.А., 2020. – С. 21.
10. Манапова С.Р., Алиев М.Г. Сравнительные морфофизиологические особенности лука крупного в предгорьях Центрального Дагестана // Вестник Дагестанского государственного университета. 2022, вып. 1. – С. 88–95.
11. Фурс О.В., Захарченко Н.С., Дьяченко О., Пиголева С.В., Чулин А.Н., Чулина И.А., Тарлачков С.В., Бурянов Я.И., Шевчук Т.В. Влияние холодового стресса на морфогенез растений // International independent scientific journal. Т. 1, № 26. – М., 2021. – С. 3–11.
12. Юсуфов А.Г. Биология старения цветковых растений. – Махачкала: Изд-во ДГУ, 1992. – 201 с.

Поступила в редакцию 2 февраля 2023 г.

UDC 581.143.5

DOI 10.21779/2542-0321-2023-38-1-122–130

Morphogenetic Features of Rare Birch Species at the Initial Stages of Ontogenesis

M.G. Aliev, M.A. Magomedova

Dagestan State University; Russia, 367000, Makhachkala, M. Gadzhiev st., 43a; gapshima81@yandex.ru

The article studies rare and endangered plant species of Dagestan. These studies are important for the conservation of biodiversity. Finding out the share of the influence of environmental and genetic factors in the morphogenesis of plants will allow us to assess their stability in increasingly stressful conditions. The study provides data on seed germination, growth parameters of intact vegetative organs and life expectancy of seedlings of *Betula raddeana* (Trautv.) and *Betula litwinowii* (A. Doluch) in laboratory conditions. Seed germination was determined both with and without cold pretreatment. The determining factor affecting germination is the temperature regime during seed dormancy. A kinetin solution was used as a growth stimulator for seedlings. Pretreatment in a kinetin solution stimulates the growth of organs, but only slightly. Etiolation stimulates the growth of the stem in length, but depressingly affects the root. Birch seedlings at the initial stages of ontogenesis are very sensitive to cultivation conditions, especially to complete darkness.

Keywords: *Betula raddeana*, *Betula litwinowii*, seed germination, seedling, salinity, kinetin, life expectancy.

Received 2 February 2023