

С.М. Байбосынова¹ , С.А. Кубентаев¹ ,
С.К. Мухтубаева^{1,2} , К.С. Избастина¹ , М.Ж. Жумагул^{1,2*} 

¹Астанинский ботанический сад, Астана, Казахстан

²Международный университет Астана, Астана, Казахстан

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

ОСОБЕННОСТИ ПРОРАСТАНИЯ СЕМЯН ВИДОВ *TULIPA* L., СОБРАННЫХ В ЕСТЕСТВЕННЫХ МЕСТООБИТАНИЯХ

В представленной работе исследована всхожесть семян восьми видов рода *Tulipa* L., собранных в естественных местообитаниях. Основной целью исследования было выявление взаимосвязи между всхожестью и особенностями прорастания семян диких видов *Tulipa* L. Дополнительно проведена оценка эффективности холодной стратификации как метода преодоления семенного покоя у представителей данного рода. Наивысшие показатели всхожести (85,7–100 %) отмечены у видов *Tulipa auliekolica*, *Tulipa buhseana*, *Tulipa turgaica*, *Tulipa altaica*, *Tulipa schrenkii*, *Tulipa patens* и *Tulipa alberti*, при этом *Tulipa buhseana* отличался также наибольшей скоростью прорастания. Семена *T. biebersteiniana* продемонстрировали низкую всхожесть (17,5–66,6 %) и слабую энергию прорастания. Установлено, что начало прорастания зависит от вида и может наблюдаться уже на 18–23 -й день стратификации.

В опыте, проведенном в условиях открытого грунта, всхожесть семян отсутствовала из-за недостаточной влажности, несмотря на прохождение естественной холодовой стратификации. Полученные результаты подтверждают ключевую роль стратификации и оптимальной влажности для успешного прорастания семян. Способность семян *Tulipa* сохранять жизнеспособность в неблагоприятных условиях указывает на выраженный период покоя, что обеспечивает устойчивость популяций и позволяет эффективно хранить семена в банках генетических ресурсов.

Ключевые слова: *Tulipa* L., всхожесть, семена, состояние покоя, стратификация, эфемерные растения.

S.M. Baybossynova¹, S.A. Kubentayev¹,
S.K. Mukhtubayeva^{1,2}, K.S. Izbastina¹, M.Zh. Zhumagul^{1,2*}

¹Astana Botanical Garden, Astana, Kazakhstan

²Astana International University, Astana, Kazakhstan

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

Germination characteristics of *Tulipa* L. species collected from natural habitats

The present study investigated the germination of seeds from eight species of the genus *Tulipa* L. collected from their natural habitats. The main objective of the research was to identify the relationship between germination rates and the germination characteristics of wild *Tulipa* species, as well as to evaluate the effectiveness of cold stratification as a method for overcoming seed dormancy in representatives of this genus. The highest germination rates (85.7–100%) were recorded in *Tulipa auliekolica*, *Tulipa buhseana*, *Tulipa turgaica*, *Tulipa altaica*, *Tulipa schrenkii*, *Tulipa patens*, and *Tulipa alberti*, with *Tulipa buhseana* also exhibiting the fastest germination. In contrast, *T. biebersteiniana* seeds showed low germination (17.5–66.6%) and weak germination energy. It was found that the onset of germination varied depending on the species and could be observed starting from days 18–23 of stratification. In an experiment conducted under open field conditions, no seed germination was observed due to insufficient moisture, despite natural cold stratification. These results confirm the crucial role of stratification and optimal moisture in seed germination. Furthermore, the ability of *Tulipa* seeds to maintain viability under unfavorable conditions indicates a pronounced dormancy period, which contributes to population resilience and enables their effective preservation in seed banks.

Keywords: *Tulipa* L., germination, seeds, dormancy, stratification, ephemeral plants.

С.М. Байбосынова¹, С.А. Кубентаев¹,
С.К. Мухтубаева^{1,2}, К.С. Избастина¹, М.Ж. Жумагул^{1,2*}

¹Астана ботаникалық бағы, Астана, Қазақстан

²Астана Халықаралық университеті, Астана, Қазақстан

*e-mail: mzhakypzhan@mail.ru

***Tulipa* L. туысының табиғи ареалдарынан жиналған түрлерінің тұқымдарының өну ерекшеліктері**

Бұл зерттеуде табиғи таралу ареалдарынан жиналған *Tulipa* L. тұқымдасының сегіз түрінің тұқымдарының өнгіштігі зерттелді. Зерттеудің негізгі мақсаты – жабайы *Tulipa* L. түрлерінің тұқымдарының өнгіштігі мен өну ерекшеліктері арасындағы өзара байланысты анықтау, сондай-ақ тұқым ұйқысы жағдайын жеңу әдісі ретінде суық стратификацияның тиімділігін бағалау болып табылады. Ең жоғары өнгіштік көрсеткіштері (85,7–100 %) *Tulipa auliekolica*, *Tulipa buhseana*, *Tulipa turgaica*, *Tulipa altaica*, *Tulipa schrenkii*, *Tulipa patens* және *Tulipa alberti* түрлерінде тіркелді. Сонымен қатар *Tulipa buhseana* түрі ең жоғары өну жылдамдығымен ерекшеленді. Ал *T. biebersteiniana* тұқымдарының өнгіштігі төмен (17,5–66,6 %) және өну энергиясы әлсіз болды. Өну басталуы түрге байланысты әртүрлі болып, стратификацияның 18–23-күнінен бастап байқалды. Ашық топырақ жағдайында жүргізілген тәжірибеде табиғи суық стратификацияға қарамастан, жеткіліксіз ылғалдылық себебінен тұқым өнгіштігі тіркелген жоқ. Бұл нәтижелер тұқымдардың өнуі үшін стратификация мен оңтайлы ылғалдылықтың шешуші рөл атқаратынын дәлелдейді. Сонымен қатар *Tulipa* тұқымдарының қолайсыз жағдайларда тіршілік қабілетін сақтай алуы олардың айқын ұйқы кезеңіне ие екенін және бұл қасиет популяцияның тұрақтылығын қамтамасыз етіп, тұқым банктерінде тиімді сақтауға мүмкіндік беретінін көрсетеді.

Түйін сөздер: *Tulipa* L., өнгіштік, тұқымдар, тыныштық күйі, стратификация, эфемероидты өсімдіктер.

Введение

Средняя Азия является основным районом концентрации природных видов тюльпанов, где произрастают более 66 видов, из которых 48 являются эндемиками. Эндемичные виды тюльпанов представляют собой ценный генетический материал, обладающими уникальными характеристиками, которые могут быть использованы в селекционных программах и для сохранения биоразнообразия (Вальдшмит, 2010; Черепанов, 1973). Сохранение и изучение разнообразия тюльпанов обусловлено их высокой генетической, культурной и экономической ценностью. Генетическое разнообразие является основой для селекции новых сортов (Christenhusz et al., 2013). Экологическая значимость заключается в поддержании экосистем и сохранении биоразнообразия. Культурная ценность проявляется историческом и эстетическом вкладе тюльпанов, а экономическая – в их важной роли в декоративном растениеводстве (Ярмишко, 2018).

Семена имеют ключевое значение для сохранения и разведения диких тюльпанов. Род *Tulipa* (семейства Liliaceae) представлен многолетними луковичными растениями (Zhang et al., 2023). По мнению И.И. Шамрова (2006), он остается недостаточно изученным в аспекте способов размножения и репродуктивной биологии.

Углубленное понимание этих процессов позволит разрабатывать эффективные меры по увеличению и сохранению численности тюльпанов в природных популяциях, их успешной интродукции и дальнейшему использованию в декоративном растениеводстве.

Семена *Tulipa* обладают наибольшей устойчивостью к неблагоприятным условиям среды по сравнению с другими стадиями жизненного цикла растения, а их семенное размножение играет важную роль в распространении и закреплении многих видов (Seed Coat Sculpture in Comanthera, n.d.; Nonogaki et al., 2018; Qin et al., 2010).

Недавние исследования также показали, что семенная кожура может предоставлять важную информацию для определения таксономических связей у многих растений (Nalawade et al., 2020; Rhie & Lee, 2020; Rosbakh et al., 2019). Изучение морфологии семян позволяет лучше понять стратегии выживания и эволюционные тенденции растений в фрагментированных местообитаниях. Размер семени считается относительно стабильной характеристикой и важным элементом жизненного цикла растения (Soltani et al., 2018). Масса семени конкретного вида обычно рассматривается как стабильный признак, влияющий на прорастание и укоренение проростков (Conserving Seeds of Useful Wild Plants in Mexico, n.d.; Why Large Seeds with Physical Dormancy Become Nondormant

Earlier Than Small Ones, n.d.). Тан (Tan et al., 2007) считал, что ультраструктура узоров на поверхности семян, наблюдаемая с помощью сканирующего электронного микроскопа, может служить надёжным и информативным показателем при формировании филогенетических и таксономических гипотез в роду *Tulipa*. Кроме того, размер семени является важным физическим показателем его качества, способным влиять на вегетативный рост (Ambika et al., 2014). Морфологические параметры, такие как длина, ширина и масса, являются важными характеристиками для оценки размера и формы семян (Wyllie-Echeverria et al., 2003). Эти показатели могут влиять на водопоглощение, содержание влаги и как следствие, на прорастание (Determination of the Seed Characteristics, n.d.). Для тюльпанов проведено множество исследований, посвященных морфологии семян, однако детальные работы, рассматривающие взаимосвязь между всхожестью и особенностями прорастания в роде *Tulipa*, остаются ограниченными.

Семена тюльпанов находятся в состоянии покоя, которое регулируется различными факторами, включая температуру и соотношение экзогенных и эндогенных гормонов (The Physiological Relationship Between Abscissic Acid and Gibberellin, n.d.). Чувствительность диких видов к температурным условиям варьирует, особенно у некоторых местных и редких видов, для которых такие данные ранее не публиковались. Прорастание является критическим этапом жизненного цикла растения, а семенной покой предотвращает появление сеянцев в неподходящий сезон или неблагоприятных условиях (Liu et al., 2019).

На сегодняшний день проведено множество ценных исследований, посвящённых таксономии, фенологии и анатомии видов рода *Tulipa*. Однако, несмотря на ключевую роль семян в размножении и формировании популяций, данные об особенностях их прорастания остаются ограниченными. В настоящем исследовании проведен анализ взаимосвязи между всхожестью и особенностями прорастания семян диких видов тюльпанов с целью оценки их способности прорасти в условиях, приближенных к природным. Кроме того, применялись различные методы для преодоления семенного покоя для изучения всхожести представителей рода *Tulipa*.

Целью настоящей работы является изучение взаимосвязи между всхожестью и особенностями прорастания семян диких видов *Tulipa* L., а также оценка эффективности холодной страти-

фикации как метода преодоления семенного покоя у представителей этого рода.

Материалы и методы исследования

Семена восьми видов рода *Tulipa* (*T. altaica*, *T. auliekolica*, *T. buhseana*, *T. biebersteiniana*, *T. schrenkii*, *T. turgaica*, *T. patens*, *T. alberti*) были собраны в естественных популяциях на территории Казахстана в июне 2023 года. Географические координаты мест сбора фиксировались с использованием GPS-приёмника. Образцы охватывали Улытаускую, Костанайскую и Карагандинскую области. Точные координаты и условия местообитаний представлены на карте ареалов (рис. 1).

После сбора семена досушивались в лабораторных условиях при температуре +20...+22 °C в течение 10-14 суток. Хранение проводилось в бумажных пакетах при +4 °C в лаборатории банка семян Астанинского ботанического сада. Для определения начальной всхожести использовались семена текущего года сбора, без предварительной стратификации, что позволило определить их «естественную» способность к прорастанию в лабораторных условиях.

Проращивание семян проводилось на аппарате АПС-2М в специальном режиме в течение 14-21 суток при температуре 23-25 °C. Учёт всходов велся ежедневно в течение 30 дней. Критерием прорастания считалось появление зародышевого корешка длиной не менее 1 мм (Archana et al., 2023).

Энергия прорастания определялась как процент проросших семян на 7-й день эксперимента от общего числа семян в каждой повторности (Smolikova et al., 2020). Каждый вариант опыта выполнялся в трех повторностях, с числом семян 100, 50 и 30 в зависимости от доступного материала. Для контроля заражённости (контаминации) ежедневно фиксировалось наличие грибковых или бактериальных поражений. В случае высокой частоты контаминации семена предварительно стерилизовали в 1% растворе перманганата калия (KMnO₄) в течение 1 минуты с последующим промыванием дистиллированной воде (Kottayam et al., 2014).

Полевые GPS-координаты мест сбора растений были зарегистрированы с помощью портативного GPS-приёмника в формате широты и долготы, а затем обработаны и представлены в виде таблицы для последующей географической привязки (таб.1).

Таблица 1

GPS-координаты мест сбора образцов *Tulipa L.*

№ п/п	Название вида	Семейство	Место сбора, административный район	Координаты сбора (N, E) Зона	Дата сбора (число, месяц, год), коллекторы
1	<i>Tulipa alberti</i>	Liliaceae	Улытауская область окр. Аэропорта вдоль дороги	N 47.723914, E 67.796885	10.06.2023 Кубентаев С.А.
2	<i>Tulipa altaica</i> Pall. ex Spreng	Liliaceae	Карагандинская область, окр Сарыбулака 1отд.Ортау каменисто-шебнистые скалы	N 48.320896, E 72.217158	12.06.2023 Кубентаев С.А.
3	<i>Tulipa auliekolica</i> Perezhogin	Liliaceae	Костанайская область, окрестность поселка Карамнды вдоль дороги Карамнды-Костанай степи	N 51.983026, E 64.395259	Кубентаев С.А.
4	<i>Tulipa biebersteiniana</i>	Liliaceae	Улытауская область, окр.п.Улытау разнотравие, кустарников.луга, возле реки	N 48.737733, E 67.029065	10.06.2023 Кубентаев С.А.
5	<i>Tulipa buhseana</i>	Liliaceae	Улытауская область, Окрестность села Унгирли полынь-ковыльная степь	N 49.29968, E 67.00013	10.06.2023 Кубентаев С.А.
6	<i>Tulipa patens</i> C.Agardh ex Schult. et Schult.f. Тюльпан понижающий	Liliaceae	Казахстан, Улытауская обл., Жанааркинский р-он, окр.пос. Тогускен, залежные земли	N 48.396115, E 69.93544	11.06.2023 Кубентаев С.А.
7	<i>Tulipa schrenkii</i> Regel	Liliaceae	Улытауская область, окрестность с.Унгирли полынь-ковыльная степь	N 49.29968, E 67.00013	10.06.2023 Кубентаев С.А.
8	<i>Tulipa schrenkii</i> Regel	Liliaceae	Костанайская область аулиекольский район по дороге аулиеколь-Карамнды ковыльно- тырсовая степь	N 51.983374, E 64.394901	Кубентаев С.А.
9	<i>Tulipa turgaica</i> Perezhogin	Liliaceae	Костанайская область, окрестности мавзолея Кейки батыра, полынная, злаковая степь	N 50.486579, E 66.026724	09.06.2023 Кубентаев С.А.
10	<i>Tulipa turgaica</i> Perezhogin	Liliaceae	Костанайская область окр.села Торгайка окр. п.Шубулак обочина дороги	N 49.731284, E 63.603713	09.06.2023 Кубентаев С.А.
11	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Schult. & Schult. f	Liliaceae	Улытауская область, окр. пос. Улытау, трасса Улытау – Аркалык, по берегу реки Жетыкыз	N 48.737733, E 67.029065	23.04.2023 Кубентаев С.А.
12	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Schult. & Schult. f	Liliaceae	Костанайская область, Окр. пос. Амангельды, возле моста через реку Карынсалды, луга.	N 50.486812, E 65.754497	24.04.2023 Кубентаев С.А.

Следует отметить, что образцы *T.turgaica*, *T.shrenkii*, *T.biebersteiniana* использовались в проращивании несколько раз, так как они были собраны из различных регионов.

Прорастание семян каждого вида тюльпанов оценивалось при различных температурных режимах:

1) при устойчивой положительной температуре в пределах 20-25°C (на столе Якобсона),

2) при низкой положительной температуре +4-4,5°C (холодильная камера для стратификации) в чашках Петри.

3) при низкой положительной температуре +4-4,5 °C в пластиковых контейнерах с почвенным субстратом.

4) при естественных условиях с посевом в пластиковые контейнеры с почвенным субстратом и размещением на открытом воздухе.

Для каждой температуры использовали три повторности с числом семян 100, 50 и 30 в зависимости от их доступного количества. Наблюдения проводились каждые три дня после появления первых всходов. Проросшие семена подсчитывали и удаляли в течение четырех месяцев. Семя считалось проросшим при появлении радикула длиной не менее 2 мм. Определялись процент всхожести и скорость прорастания (Zhang et al., 2020; Федоровна, 2015).

1. Проращивание при устойчивой положительной температуре в пределах 20-25°C (на столе Якобсона)

Проращивание семян проводилось на аппарате АПС-2М в специальном режиме в течение 14-21 суток при температуре 23-25°C. Аппарат оснащен системой автоматической регулировки постоянной и переменной температуры воды, управляя нагревателем (ТЭН) и охладителем (компрессор) в соответствии с традиционным законом терморегуляции. Подготовка семян, их раскладка и работа с материалом выполнялись согласно общепринятым методикам. Семена размещались на холщовых ложах с фильтровальной бумагой, сверху на каждое ложе сверху устанавливался пластиковый колпак для минимизации испарения. Таким образом, аппарат поддерживает постоянную влажность и создает

условия, приближенные к естественным, что способствует успешному прорастанию. Семена раскладывались в трех повторностях по 50 штук в зависимости от наличия материала, без предварительной обработки.

Результаты и их обсуждение

Всего было изучено 9 видов: *T.auliekolica*, *T.turgaica*, *T.shrenkii*, *T.buhseana*, *T. altaica*, *T.biebersteiniana*, *T.shrenkii*, *T.patens*, *T.biebersteiniana*.

Наблюдение за образцами, размещенными на столе Якобсона, проводилось в течение трех месяцев, начиная с 2 октября 2023г. В этот период прорастание семян не было зафиксировано. Отсутствие прорастания, по всей видимости, связано с воздействием положительной температуры, так как температурный режим является одним из ключевых факторов, определяющих выход семян из состояния покоя. Согласно литературным данным, переменные температуры, а также холодная стратификация способны нарушать физиологический покой семян (Князев et al., 2001). В связи с этим 2 января 2024 года образцы были перенесены в холодильную камеру. Наиболее зараженные семена удаляли, а оставшиеся подвергались обработке в 0,2% растворе перманганата калия (KMnO₄) в течение 30 минут для дезинфекции. Затем семена раскладывали по 30 штук на каждую повторность в чашки Петри и помещали в холодильную камеру при устойчивой температуре +4-4,5°C для прохождения холодной стратификации.

У исследуемых образцов наблюдался период имбибиции – процесс поглощения воды семенами, необходимый для инициации прорастания. Однако воздействие высоких положительных температур оказывало ингибирующее влияние на прорастание, что связано с адаптацией этих видов к более низким температурам. После переноса образцов в холодильную камеру с оптимальной пониженной положительной температурой была зафиксирована высокая скорость и энергия прорастания. Согласно данным таблицы 2, семена прорастали быстро и достигли 100% всхожести.

Таблица 2

Всхожесть и скорость прорастания семян после переноса в холодильную камеру после проращивания на столе Якобсона

№	Название	Семейство	Всхожесть	Энергия прорастания	Контаминация
1	<i>Tulipa auliekolica</i>	<i>Liliaceae</i> I +100 II +100 III +100	100%	9 день 73%	3-5%
2	<i>Tulipa turgaica</i> Костанайская обл. Кейки батыр	<i>Liliaceae</i> I +93 II +100 III +97	96,6%	13 день 20%	3-5%
3	<i>Tulipa schrenkii</i> Костанайская обл. 9км.от Караменди	<i>Liliaceae</i> I +96 II +90 III +93	93,0%	9 день 10%	3-5%
4	<i>Tulipa buhseana</i>	<i>Liliaceae</i> I +100 II +90 III +100	96,6%	9 день 33%	3-5%
5	<i>Tulipa altaica</i>	<i>Liliaceae</i> I +87 II +90 III +90	89,0%	9 день 13%	3-5%
6	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Улытауская область окр.п. Улытау	<i>Liliaceae</i> I +60 II +6% III +13	66,6%	13 день 8,8%	3-5%
7	<i>Tulipa schrenkii</i> Улытауская область окр.с. Унгирли	<i>Liliaceae</i> I +96 II +100 III +100	98,6%	19 день 26%	3-5%
8	<i>Tulipa patens</i>	<i>Liliaceae</i> I +93 II +90 III +93	92,0%	13 день 8,8%	3-5%
9	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Костанайская обл. Карасакал	<i>Liliaceae</i> I +23% II +13% III +	17,5%	23 день 5,5%	3-5%

Известно, что всхожесть считают высокой при прорастании 80–100% семян, средней от 30 до 79 и низкой от 1 до 30% (Князев et al., 2001). Как следует из данных таблицы 2, вид *T. auliekolica* продемонстрировал максимальную всхожесть, достигшую 100%. Высокую всхожесть (более 89%) продемонстрировали образцы *Tulipa turgaica* (Костанайская обл. Кейки батыр), *T. schrenkii* (Костанайская обл. 9км.от Караменди), *T. buhseana*, *T. altaica*, *T. schrenkii* (Улытауская область окр. с. Унгирли) и *T. patens*. Семена *Tulipa biebersteiniana*, собранных из двух регио-

нов, показали всхожесть ниже среднего (66,6%) и низкую (17,5%). Из литературных источников известно, *T. biebersteiniana* имеют очень низкую семенную продуктивность и всхожесть (Беляев & Князев, 1986). Размножение этого вида осуществляется вегетативно, путем образования дочерней луковицы на столоне. При этом такое возобновление не способствует увеличению численности популяции, а лишь обеспечивает её выживание. Согласно исследованиям (Zhang et al., 2025; Zhang et al., 2020), популяции вида *T. giraria*, морфологически близкого к *T.*

biebersteiniana, также лишена семенного размножения. Это свидетельствует о том, что семена этих видов либо не прорастают вовсе, либо прорастают в крайне малом количестве, что указывает на низкую или отсутствующую семенную продуктивность.

В настоящем исследовании подтверждено, что покой семян *Tulipa* препятствует их прорастанию в неблагоприятных климатических условиях. Благодаря этому семена сохраняют свою жизнеспособность до наступления оптимальных условий для прорастания и роста. Физиологический покой таким образом способствует выживанию видов *Tulipa* в дикой природе и их адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды.

2. *Проращивание семян при низкой положительной температуре 4-4,5°C (холодильная камера для стратификации) в чашках Петри.*

Из литературных источников (Pipinis et al., 2023) известно, что для тюльпанов постоянное воздействие холодных температур (холодная стратификация) более эффективно нарушает состояние покоя и способствует прорастанию се-

мян, чем температурные колебания. Кроме того, по данным некоторых исследований (Zhang et al., 2023; Hatzilazarou et al., 2023), влияние гормонов на прорастание семян также зависит от продолжительности стратификации.

В рамках исследования было изучено влияние стратификации на прорастание семян при низкой положительной температуре 4-4,5°C (холодильная камера для стратификации) в чашках Петри. Всего было исследовано 8 видов *Tulipa*, при этом один вид рассматривался повторно, так как семена были собраны из различных мест произрастания. Семена были отделены от корешков, подсчитаны и распределены в три повторности по 100 штук на каждую чашку Петри. Каждую чашку увлажняли равным количеством воды (2 мл) и накрывали для предотвращения испарения. После этого чашки помещались в постоянные контролируемые условия низкой температуры (+4°C). Наблюдение велось до появления первых проростков, после чего учет всхожести осуществлялся каждые три дня.

Результаты учета проростков представлены в таблице 3.

Таблица 3

Всхожесть семян различных видов Tulipa L. после стратификации при температуре +4 °C в чашках Петри (трёхкратная повторность по 100 семян)

№	Название	Семейство	Всхожесть	Энергия прорастания	Контаминация
1	<i>Tulipa altaica</i>	<i>Liliaceae</i>	89,6%	32 день 0,10%	-
		I +92			
		II +94			
		III +83			
2	<i>Tulipa auliekolica</i>	<i>Liliaceae</i>	85,7%	18 день 0,18%	-
		I +82			
		II +86			
		III +89			
3	<i>Tulipa buhseana</i>	<i>Liliaceae</i>	95,7%	18 день 0,79%	-
		I +96			
		II +96			
		III +95			
4	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Всходы на 38 день	<i>Liliaceae</i>	54,3%	46 день 0%	-
		I +62			
		II +67			
		III +34			
5	<i>Tulipa schrenkii</i> Улытауская область окр.с. Унгирли	<i>Liliaceae</i>	91,0%	28 день 0,18%	-
		I +81			
		II +92			
		III +100			
6	<i>Tulipa turgaica</i> Костанайская обл.окр.мазара Кейки батыра	<i>Liliaceae</i>	66,6%	25 день 0,29%	-
		I +68			
		II +41			
		III +91			

Продолжение таблицы

№	Название	Семейство	Всхожесть	Энергия прорастания	Контаминация
7	<i>Tulipa patens</i>	<i>Liliaceae</i>	79,0%	25 день 0,23%	-
		I +86			
		II +60 III +91			
8	<i>Tulipa alberti</i>	<i>Liliaceae</i>	96,3%	25 день 0,08%	-
		I +93			
		II +98 III +49			
9	<i>Tulipa turgaica</i> Костанайская обл.окр. Окр.с. Торгай; окр.п. Шубулак	<i>Liliaceae</i>	80,0%	25 день 0,29%	-
		I +100			
		II +60			
10	<i>Tulipa schrenkii</i> Костанайская обл. 9 км. от Караменди	<i>Liliaceae</i>	57,3%	25 день 0,05%	-
		I +81			
		II +42 III +49			
11	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Улытауская область окр.п. Улытау	<i>Liliaceae</i>	39,7%	38 день 0,12%	-
		I +40			
		II +46 III +33			

Наши результаты также показывают, что стратификация семян при постоянной низкой температуре положительно влияет на всхожесть. Кроме того, мы отметили, что каждый вид характеризуется индивидуальной скоростью прорастания.

Так, вид *T. buhseana* проявил как высокую всхожесть (95,7%), так и высокую скорость прорастания (0,79%-18 день). В то же время высокую всхожесть продемонстрировали виды *Tulipa auliekolica* (85,7%), *Tulipa altaica* (89,6%), *Tulipa schrenkii* (91,0%), *Tulipa alberti* (96,3%), однако их скорость прорастания оставалось низкой (0,18%, 0,10%, 0,18%, 0,08% соответственно).

Вид *T. turgaica*, собранный из различных мест произрастания, показал высокую всхожесть (80,0%) в одном случае и среднюю (66,6%) – в другом, начав прорастать на 25-день со средней скоростью прорастания 0,29% после начала эксперимента. Виды *Tulipa schrenkii*, собранные из разных мест, демонстрировали высокую всхожесть (91%) в одном случае и, низкую (57,3%) в другом.

Следует отметить, что *T. biebersteiniana* из различных мест произрастания показал низкую всхожесть (54,7 и 39,3 %) и крайне низкую незначительную скорость прорастания. Эти данные подтверждают предыдущие результаты, полученные после пересадки со стола Якобсона. Также необходимо отметить, что семена, предварительно находившиеся на столе Якобсона и

уже прошедшие стадию имбибиции, прорастали быстрее, тогда как сухие семена требовали дополнительного времени на набухание, что обусловило задержку прорастания,

3. Проращивание семян при низкой положительной температуре +4–4,5 °C в пластиковых контейнерах с почвенным субстратом.

Основной целью исследования было максимально точное воспроизведение естественных условий произрастания. В связи с этим те же виды *Tulipa* были высажены в пластиковые контейнеры, предварительно заполненные почвой. Для сохранения влажности контейнеры поместили в плотно закрытые полиэтиленовые пакеты. Проращивание проводилось в холодильной камере при стабильной температуре +4 °C.

Эксперимент проводился с трёхкратной повторностью, по 30 семян на каждый повтор. Всего было изучено восемь видов, при этом вид *T. schrenkii* был представлен дважды – из разных мест произрастания. В течение всего периода наблюдений почвенные образцы в контейнерах и чашках Петри регулярно увлажнялись по мере необходимости.

Результаты проращивания семян *Tulipa* L. в почвенной среде при температуре +4 °C представлены в таблице 4. Посев был проведён 31 октября 2023 года, а учёт всходов начинался с момента появления первых проростков.

Таблица 4

Всхожесть семян *Tulipa* L. при проращивании в почве при +4 °C

№	Название	Семейство	Всхожесть	Энергия прорастания	Контаминация
1	<i>Tulipa altaica</i> Ортау окр. Сарыбулак	<i>Liliaceae</i> I-100 II-90 III-93	94,3%	27 день 0,06%	-
2	<i>Tulipa auliekolica</i> Кост. обл. п. Караменди	<i>Liliaceae</i> I-100 II-86,6 III-86,6	91,0%	27 день 0,36%	-
3	<i>Tulipa buhseana</i> окр. Унгирли	<i>Liliaceae</i> I-96,6 II-90 III-93,3	93,3%	21 день 0,35%	-
4	<i>Tulipa biebersteiniana</i> Улытауская область окр. п. Улытау	<i>Liliaceae</i> I-26,6 II-26,6 III-13,3	22,1%	37 день 0%	-
5	<i>Tulipa schrenkii</i> Улытауская область окр. с. Унгирли	<i>Liliaceae</i> I-63,3 II-76,6 III-63,3	67,7%	30 день 0,07%	-
6	<i>Tulipa turgaica</i> Костанайская обл. окр. мазара Кейки батыра	<i>Liliaceae</i> I-83,3 II-76,6 III-70,0	69,0%	27 день 0,10%	-
7	<i>Tulipa patens</i> Улытауская область. Тогускен	<i>Liliaceae</i> I-73,3 II-66,6 III-53,3	64,4%	37 день 0,07%	-
8	<i>Tulipa schrenkii</i> Костанайская обл. 9 км. от Караменди	<i>Liliaceae</i> I-36,6 II-20 III-6,7	21,1%	29 день 0%	-

Первые всходы семян были обнаружены на 21 день после посадки. Это был вид *Tulipa buhseana*, с всхожестью и скоростью прорастания которой была 93,3% и 0,35% соответственно.

Высокую всхожесть, превышающую 91% продемонстрировали виды *Tulipa altaica*, *Tulipa auliekolica*, у которых проростки появились на 27 день со скоростью прорастания 0,06 и 0,36% соответственно. Среднюю всхожесть показали виды *Tulipa schrenkii*, *Tulipa turgaica*, *Tulipa patens*, у которых также была низкая скорость прорастания. Следует отметить, что в почвенном субстрате, так и в чашке Петри подтвердился результат всхожести *Tulipa schrenkii* из разных местностей сбора, где отмечены как средняя (67,7%), так и низкая всхожесть (21,1%).

Вид *Tulipa biebersteiniana* во всех трех исследованиях проявил себя низкой всхожестью и очень незначительной энергией прорастания.

В данном исследовании мы обнаружили, что стратификация на 4°C дала наилучший результат по проращиванию семян.

4. Проращивание семян Тюльпанов в открытом грунте.

Известно, что Тюльпаны – эфемерные растения с очень коротким жизненным циклом. Они быстро прорастают, цветут, плодоносят и завершают жизненный цикл в течение благоприятного сезона. Семена прерывают покой при наличии достаточного количества влаги. Эфемерные растения используют этот короткий влажный период для быстрого роста и размножения.

В условиях открытого грунта семена подвергались естественной стратификации, однако отсутствие достаточного уровня влаги не позволило им пройти начальную стадию имбибиции – критически важную фазу, необходимую для запуска метаболических процессов и последующего прорастания. Отсутствие всходов в этих условиях указывает на ограниченность эффективности исключительно естественной стратификации в аридной среде и подчеркивает необходимость использования контролируемой искусственной стратификации с обеспечением стабильного влагового режима. Полученные результаты подтверждают ключевую роль как температурного, так и влагового факторов в преодолении физиологического покоя.

При этом установлено, что семена *Tulipa* способны сохранять жизнеспособность в течение длительного времени неблагоприятных условиях, не теряя прорастания при задержке наступления подходящих условий. Такая способность отражает выраженную форму физиологического покоя и может рассматриваться как адаптивный механизм, способствующий устойчивости популяции и поддержанию естественного семенного банка в почве.

Важно отметить, что наблюдения за прорастанием семян проводились в течение продолжительного времени. Такой подход был обусловлен значительной вариабельностью сроков прорастания между видами и даже среди отдельных семян одного вида. Наблюдалось, что прорастание происходило асинхронно, с временным разбросом, что соответствует данным других авторов о наличии выраженного внутрипопуляционного полиморфизма по скорости перехода из состояния покоя к активному росту (Tang et al., 2017; Rouhi et al., 2019; Baskin & Baskin, 2014).

Продолжительное наблюдение за семенами позволило учесть межвидовые и внутривидовые особенности темпов прорастания и получить более точное представление об адаптивных механизмах, обеспечивающих выживание в естественных условиях. Эти данные особенно важны при оценке жизнеспособности семян редких и эндемичных видов и при разработке эффективных подходов к их сохранению и интродукции. Полученные результаты подчёркивают необходимость комплексного подхода, учитывающего как морфологические, так и физиологические характеристики семян, а также влияние внешних экологических факторов на процессы прорастания.

Полученные результаты подчёркивают важную роль влаги и температуры в преодолении физиологического покоя семян *Tulipa* spp., что согласуется с данными предыдущих исследований по прорастанию эфемероидов в аридных и субаридных экосистемах (Benech-Arnold et al., 2000). В условиях открытого грунта, несмотря на прохождение естественной стратификации, семена не продемонстрировали прорастания, что, по-видимому, связано с недостаточной влажностью, необходимой для начала процесса имбибиции. Это наблюдение подтверждает выводы Tang et al. (2017), согласно которым низкие температуры в сочетании с влажностью необходимы для активации метаболических процессов у семян *Tulipa iliensis*.

Искусственная стратификация при стабильных гидротермических условиях обеспечила прорастание семян, что подтверждает её эффективность как метода преодоления физиологического покоя, особенно в условиях, имитирующих естественную среду. Эти результаты согласуются с данными исследований других эфемерных и эфемероидных видов, демонстрирующих аналогичные адаптационные механизмы (Finch-Savage & Leubner-Metzger, 2006).

Наблюдавшаяся асинхронность прорастания указывает на выраженный внутрипопуляционный полиморфизм по скорости выхода из состояния покоя. Такая гетерогенность может рассматриваться как эволюционно значимая стратегия, обеспечивающая долговременное сохранение семенного банка и устойчивость популяций к непредсказуемым изменениям внешней среды (Venable, 2007).

Способность семян сохранять всхожесть в течение длительного времени в неблагоприятных условиях также подтверждает наличие стойкого физиологического покоя и высокий уровень экологической пластичности. Это свойство может иметь важное значение для сохранения редких и эндемичных видов рода *Tulipa*, адаптированных к экстремальным условиям, таких как *Tulipa regelii* или *Tulipa altaica*, чья экология остается недостаточно изученной (Zhou et al., 2021).

Согласно последним данным Kubentayev et al. (2024a, 2024b) Казахстан является страной с наибольшим видовым разнообразием рода *Tulipa* в мире, включая как широко распространённые, так и узкоэндемичные виды. Это делает особенно актуальным изучение физиологических и экологических особенностей семенного размножения для разработки стратегий сохра-

нения редких таксонов и оценки их адаптационного потенциала в условиях изменения климата. Авторы подчёркивают, что многие казахстанские тюльпаны демонстрируют высокую степень эндемизма и требуют целенаправленного подхода к сохранению *in situ* и *ex situ*.

Таким образом, адаптивные особенности прорастания семян тюльпанов обусловлены как генетически заложенными механизмами покоя, так и внешними экологическими факторами. Комплексный подход, включающий как морфофизиологические характеристики семян, так и оценку климатических параметров, является необходимым условием для разработки эффективных программ сохранения биоразнообразия и интродукции эфемероидов в условиях изменяющегося климата.

Заключение

Проведённое исследование показало, что холодовая стратификация семян *Tulipa* L. при температуре +4 °C способствует преодолению покоя и стимулирует прорастание большинства изученных видов. Высокие показатели всхожести зафиксированы у видов *T. auliekolica*, *T. buhseana*, *T. altaica*, *T. schrenkii*, *T. alberti* и *T. patens*, что подтверждает эффективность применённого метода. При этом наблюдались значительные различия в скорости прорастания между видами и даже между популяциями одного и того же вида (*T. schrenkii*, *T. biebersteiniana*, *T. turgaica*), что подчёркивает необходимость учёта эколого-географических особенностей происхождения материала.

Полученные данные представляют практическую ценность для разработки оптимальных

методов размножения редких и эндемичных видов *Tulipa*, в том числе в условиях интродукции и реинтродукции. Учет особенностей покоя и устойчивости семян к обезвоживанию позволяет рассматривать большинство видов тюльпанов как обладателей ортодоксального типа семян, пригодных для длительного хранения. При соблюдении условий полной физиологической зрелости и достаточной просушки такие семена способны сохранять жизнеспособность в течение продолжительного времени. Это создает возможность их эффективного хранения и консервации в специализированных банках семян, а также использования при формировании живых коллекций в ботанических садах с целью сохранения генофонда природной флоры.

Источник финансирования

Данное исследование было профинансировано Министерством экологии и природных ресурсов Республики Казахстан в рамках программы № BR23591088.

Вклад авторов после заключения

Байбосынова С.А.: научное руководство, проведение исследования, сбор и обработка данных, валидация данных, редактирование и доработка рукописи.

Кубентаев С.А.: проведение исследования, сбор.

Мухтубаева С.К.: разработка концепции, валидация данных

Избастина К.С.: формальный анализ

Шарипова (Жумагул) М.Ж.: редактирование и доработка рукописи.

Литературы

- Беляев, А. Ю., & Князев, М. С. (1986). Раноцветущие декоративные многолетники уральской флоры, перспективные для озеленения. В *Новые декоративные растения в культуре на Среднем Урале* (с. 3–12).
- Вальдшмит, Л. И. (2010). *Қазақстан қызғалдақтары*. Алматы кітап баспасы.
- Князев, М. С., Куликов, П. В., & Филиппов, Е. Г. (2001). Тюльпаны родства *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae) на Южном Урале. *Ботанический журнал*, 86(3), 109–119.
- Федоровна, Я. Л. (2015). Размножение и репродуктивная стратегия *Tulipa biebersteiniana* (Liliaceae) в Тамбовской области. *IN SITU*, 4, 28–33.
- Черепанов, С. К. (1973). *Свод дополнений и изменений к «Флоре СССР» (mm. I–XXX): Additamenta et Corrigenda ad «Floram URSS» (tomi I–XXX)*. Alexander Doweld.
- Шамров, И. И. (2006). Морфологическая природа семязачатка и эволюционные тенденции его развития у цветковых растений. *Ботанический журнал*, 91(11), 1601–1635.
- Ярмишко, В. Т. (2018). Современные проблемы интродукции растений. *Биология растений и садоводство: теория, инновации*, 147, 89–91.
- Ambika, S., Velusamy, M., & Somasundar, G. (2014). Review on effect of seed size on seedling vigour and seed yield. *Research Journal of Seed Science*, 7, 31–38.

- Archana, H. I., Akash, A., Kushwah, A., & Sanjay, M. (2023). *Recent advances in seed science and technology*.
- Baskin, C. C., & Baskin, J. M. (2014). *Seeds: Ecology, biogeography, and evolution of dormancy and germination* (2nd ed.). Academic Press.
- Benech-Arnold, R. L., et al. (2000). Environmental control of dormancy in seeds: Implications for ecological and agricultural management. *Seed Science Research*, 10(3), 223–241.
- Christenhusz, M. J. M., et al. (2013). Tiptoe through the tulips: Cultural history, molecular phylogenetics and classification of *Tulipa* (Liliaceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 172(3), 280–328.
- Conserving seeds of useful wild plants in Mexico: Main issues and recommendations. (n.d.). *Genetic Resources and Crop Evolution*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s10722-016-0427-7>
- Determination of the seed characteristics. (n.d.). [PDF file].
- Finch-Savage, W. E., & Leubner-Metzger, G. (2006). Seed dormancy and the control of germination. *New Phytologist*, 171(3), 501–523.
- Hatzilazarou, S., Pipinis, E., Kostas, S., Stagiopoulou, R., Gitsa, K., Dariotis, E., et al. (2023). Influence of temperature on seed germination of five wild-growing *Tulipa* species of Greece associated with their ecological profiles: Implications for conservation and cultivation. *Plants*, 12(7), Article 1574.
- Kottayam, S., Sartaj, A., & Ansari, H. (2014). Advancing flower quality of tulip (*Tulipa gesneriana* Linn.) through application of plant growth regulators. *International Journal of Horticulture and Floriculture*, 2(2), 46–51.
- Kubentayev, S. A., Alibekov, D. T., Perezhogin, Y. V., Lazkov, G. A., Kupriyanov, A. N., Ebel, A. L., et al. (2024b). Revised checklist of endemic vascular plants of Kazakhstan. *PhytoKeys*, 238, 241.
- Kubentayev, S. A., Baasanmunkh, S., Alibekov, D. T., Tojibaev, K. S., Nyamgerel, N., Ivashchenko, A. A., et al. (2024a). Revisiting the genus *Tulipa* (Liliaceae) in Kazakhstan, the country with the richest tulip diversity worldwide. *PhytoKeys*, 250, 95.
- Liu, S., et al. (2019). Mechanism of the breaking of seed dormancy by flower thinning in *Heracleum moellendorffii* Hance. *Journal of Plant Growth Regulation*, 38(3), 870–882.
- Nalawade, A. S., Bose, A., & Gurav, R. V. (2020). Comparative seed morphology in the genus *Chlorophytum* Ker Gawl. (Agavoideae, Asparagaceae) in India. *Flora*, 273, Article 151723.
- Nonogaki, H., Barrero, J. M., & Li, C. (2018). Editorial: Seed dormancy, germination, and pre-harvest sprouting. *Frontiers in Plant Science*, 9.
- Pipinis, E., Hatzilazarou, S., Kostas, S., Stagiopoulou, R., Gitsa, K., Dariotis, E., et al. (2023). Effect of temperature on breaking of morphophysiological dormancy and seed germination leading to bulblet production in two endemic tulip species from Greece. *Plants*, 12(9), Article 1859.
- Qin, H., et al. (2010). Transcriptomics analysis identified candidate genes colocalized with seed dormancy QTLs in rice (*Oryza sativa* L.). *Journal of Plant Biology*, 53(5), 330–337.
- Rhie, Y. H., & Lee, S. Y. (2020). Seed dormancy and germination of *Epimedium koreanum* Nakai. *Scientia Horticulturae*, 272, Article 109600.
- Rosbakh, S., et al. (2019). Bleaching and cold stratification can break dormancy and improve seed germination in Cyperaceae. *Aquatic Botany*, 158, Article 103128.
- Rouhi, H., et al. (2019). Dormancy and germination behavior of wild tulip species in arid zones. *Seed Science Research*, 29(3), 212–219.
- Seed coat sculpture in *Comanthera* (Eriocaulaceae) and its implications on taxonomy and phylogenetics. (n.d.). *Plant Systematics and Evolution*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00606-013-0808-8>
- Smolikova, G., Leonova, T., Vashurina, N., Frolov, A., & Medvedev, S. (2020). Desiccation tolerance as the basis of long-term seed viability. *International Journal of Molecular Sciences*, 22(1), Article 101.
- Soltani, E., et al. (2018). A meta-analysis of the effects of frugivory (endozoochory) on seed germination: Role of seed size and kind of dormancy. *Plant Ecology*, 219(11), 1283–1294.
- Tan, D.-Y., Li, X.-R., & Hong, D.-Y. (2007). *Amana kuocangshanica* (Liliaceae), a new species from south-east China. *Botanical Journal of the Linnean Society*, 154(3), 435–442.
- Tang, Y., et al. (2017). Effects of low temperature and GA3 on seed dormancy and germination of *Tulipa iliensis*. *Journal of Plant Physiology*, 218, 123–129.
- The physiological relationship between abscisic acid and gibberellin during seed germination of *Trichocline catharinensis* (Asteraceae) is associated with polyamine and antioxidant enzymes. (n.d.). *Journal of Plant Growth Regulation*. <https://link.springer.com/article/10.1007/s00344-019-09990-1>
- Venable, D. L. (2007). Bet hedging in a guild of desert annuals. *Ecology*, 88(5), 1086–1090.
- Why large seeds with physical dormancy become nondormant earlier than small ones. (n.d.). *PLOS ONE*. <https://journals.plos.org/plosone/article?id=10.1371/journal.pone.0202038>
- Wyllie-Echeverria, S., et al. (2003). Seed size variation within *Zostera marina* L. (Zosteraceae). *Botanical Journal of the Linnean Society*, 142(3), 281–288.
- Zhang, H., et al. (2025). Clarifying the taxonomic relationships of *Tulipa iliensis* and *T. thianschanica* based on multiple evidences of phenotypic, karyotypic, molecular, and chloroplast genomes. *Diversity*, 17(3), Article 219.
- Zhang, W., et al. (2020). Practical methods for breaking seed dormancy in a wild ornamental tulip species *Tulipa thianschanica* Regel. *Agronomy*, 10(11), Article 1765.
- Zhang, W., Zhao, J., Xue, L., Dai, H., & Lei, J. (2023). Seed morphology and germination of native *Tulipa* species. *Agriculture*, 13(2), Article 466. <https://www.mdpi.com/2077-0472/13/2/466>

Zhou, Y., et al. (2021). Ecological adaptation and conservation strategies of wild *Tulipa* species in Central Asia. *Botanical Review*, 87(1), 66–89.

Сведения об авторах:

С.А. Байбосынова – кандидат сельскохозяйственных наук, заведующая лабораторией «Астанинский ботанический сад» филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан (Астана, Казахстан, e-mail: baisaule-m@mail.ru).

С.А. Кубентаев – PhD, ассоциированный профессор, Международный университет Астана (Астана, Казахстан, e-mail: kubserik@mail.ru).

С.К. Мухтубаева – к.б.н., ассоциированный профессор, ведущий научный сотрудник «Астанинский ботанический сад» филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан; Международный университет Астана (Астана, Казахстан, e-mail: mukhtubaeva@mail.ru).

К.С. Избастина – PhD, ассоциированный профессор «Астанинский ботанический сад» филиал РГП на ПХВ «Институт ботаники и фитоинтродукции» Комитета лесного хозяйства и животного мира Министерства экологии и природных ресурсов Республики Казахстан; Казахский агротехнический исследовательский университет им. С. Сейфуллина (Астана, Казахстан, e-mail: izbastina.k@gmail.com).

М.Ж. Шарипова – PhD, ассоциированный профессор, Международный университет Астана (Астана, Казахстан, e-mail: moldirzhumagul@gmail.ru).

Information about the authors:

S.A. Baibossynova – Candidate of Agricultural Sciences, Head of Laboratory, Astana Botanical Garden, a branch of the Institute of Botany and Phytointroduction under the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan (Astana, Kazakhstan, e-mail: baisaule-m@mail.ru).

S.A. Kubentayev – PhD, Associate Professor, Astana International University (Astana, Kazakhstan, e-mail: kubserik@mail.ru).

S.K. Mukhtubayeva – Candidate of Biological Sciences, Associate Professor, Leading Researcher at the Astana Botanical Garden, a branch of the Institute of Botany and Phytointroduction under the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan; Astana International University (Astana, Kazakhstan, e-mail: mukhtubaeva@mail.ru).

K.S. Izbastina – PhD, Associate Professor, Astana Botanical Garden, a branch of the Institute of Botany and Phytointroduction under the Committee of Forestry and Wildlife of the Ministry of Ecology and Natural Resources of the Republic of Kazakhstan; S. Seifullin Kazakh Agrotechnical Research University (Astana, Kazakhstan, e-mail: izbastina.k@gmail.com).

M.Zh. Sharipova – PhD, Associate Professor, Astana International University (Astana, Kazakhstan, e-mail: moldirzhumagul@gmail.ru).

Авторлар туралы мәлімет:

С.А. Байбосынова – ауыл шаруашылығы ғылымдарының кандидаты, зертхана меңгерушісі, Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК «Астана ботаникалық бағы» филиалы (Астана, Қазақстан, e-mail: baisaule-m@mail.ru).

С.А. Кубентаев – PhD, қауымдастырылған профессор, Астана халықаралық университеті (Астана, Қазақстан, e-mail: kubserik@mail.ru).

С.К. Мухтубаева – биология ғылымдарының кандидаты, қауымдастырылған профессор, жетекші ғылыми қызметкер, Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК «Астана ботаникалық бағы» филиалы; Астана халықаралық университеті (Астана, Қазақстан, e-mail: mukhtubaeva@mail.ru).

К.С. Избастина – PhD, қауымдастырылған профессор, Қазақстан Республикасы Экология және табиғи ресурстар министрлігі Орман шаруашылығы және жануарлар дүниесі комитетінің «Ботаника және фитоинтродукция институты» ШЖҚ РМК «Астана ботаникалық бағы» филиалы; С. Сейфуллин атындағы Қазақ агротехникалық зерттеу университеті (Астана, Қазақстан, e-mail: izbastina.k@gmail.com).

М.Ж. Шарипова – PhD, қауымдастырылған профессор, Астана халықаралық университеті (Астана, Қазақстан, e-mail: moldirzhumagul@gmail.ru).

Поступила: 09 января 2026 года

Принята: 28 июня 2026 года