

К.Р. Утеулин¹, Е.А. Бекешев³, М.К. Амрин³,
Н.В. Курбатова², Ч.Ж. Алдасугурова², О.А. Федорина³,
А.Б. Атыгаев², Е.Ю. Степанова³

¹Институт биологии и биотехнологии растений, г. Алматы, Казахстан,

²Национальный университет им. аль-Фараби, г. Алматы, Казахстан,

³Научно-исследовательский центр «Фарыш-Экология», г. Алматы, Казахстан

МОРФО-АНАТОМИЧЕСКАЯ СТРУКТУРА ЛИСТЬЕВ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ *AGROPYRON FRAGILE (ROTH) SANDARGY, STIPA SAREPTANA A. BECK, ARTEMISIA TERRA - ALBAE KRASCH*, ВЫРАЩЕННЫХ НА СУПЕСЧАННОЙ ПОЧВЕ, ЗАГРЯЗНЕННОЙ НЕСИММЕТРИЧНЫМ ДИМЕТИЛГИДРАЗИНОМ

Аннотация. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) – эффективное и широко используемое ракетное топливо является загрязнителем окружающей среды, эффективно аккумулируется растениями, которые в свою очередь включены в пищевую цепь человека. Исследования влияния НДМГ на дикорастущие виды растений актуальны, поскольку растения накапливают токсикант первого класса опасности соединение для человека, растения служат «хранилищем» данного супертоксиканта и при отмирании растений происходит вторичное загрязнение окружающей среды. Целью настоящего исследования являются – исследование морфо-анатомических характеристик листьев дикорастущих видов растений *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae* в условиях загрязнения почвы НДМГ. Установлено, что в условиях загрязнения среды НДМГ, листья растений дикорастущих видов *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck. и *Artemisia terrae-albae* Krasch, приобретают признаки свойственные листьям ксерофитов: уменьшение толщины листовых пластины; уменьшение площади проводящих пучков; увеличение толщины эпидермиса. Область применения результатов исследований - физиология растений, загрязнение окружающей среды.

Ключевые слова: НДМГ, лист, анатомические параметры, *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*.

Источник финансирования исследований. Республиканская бюджетная программа 008 «Прикладные научные исследования в области космической деятельности и информационной безопасности». Научно-технический проект «Исследование природы загрязнения растений несимметричным диметилгидразином и токсичными продуктами его трансформации». Исследование выполнено в 2018-2020 гг. Республиканским государственным предприятием «Научно-исследовательский центр «Фарыш-Экология» Аэрокосмический Комитет Министерства цифрового развития, инноваций и аэрокосмической промышленности РК в сотрудничестве с Республиканским государственным предприятием «Институт биологии и биотехнологии растений». Комитет науки. Министерство образования и науки Республики Казахстан.

Түйіндеме. Асимметриялық диметилгидразин (АДМГ) – тиімді және кеңінен қолданылатын зымыран отыны қоршаған ортаны ластағыш болып табылады, өсімдіктермен тиімді жинақталады. Олар өз кезегінде адамның тамақ тізбегіне қосылады. Жабайы өсімдік түрлеріне АДМГ-әсерін зерттеу өзекті болып табылады. Өйткені өсімдіктер осы улы, бірінші дәрежелі қауіпті қосылысты жинайды, өсімдіктер осы супер токсиканттың «қоймасы» ретінде қызмет етеді және өсімдіктер шірігеннен кейін қоршаған ортаның қайталама ластануы орын алады. Осы зерттеудің мақсаты – АДМГ топырағының ластануы жағдайында *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae* жабайы өсімдік түрлерінің жапырақтарының морфо-анатомиялық сипаттамаларын зерттеу. АДМГ қоршаған ортаның ластануы жағдайында жабайы өсетін өсімдіктердің жапырақтары бар екені анықталды. *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck. және *Artemisia Terra-albae* Krasch, ксерофиттердің жапырақтарына тән белгілерді алады: табақша қалыңдығын азайту; өткізгіш шоқтардың ауданын азайту; эпидермистің қалыңдығын арттыру. Зерттеу нәтижелері экологиялық физиология болып табылады.

Түйінді сөздер: АДМГ, жапырақ, анатомиялық параметрлері, *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*.

• • •

Abstract. Unsymmetrical dimethylhydrazine (UDMH), an efficient and widely used rocket propellant, is an environmental pollutant which is efficiently accumulated by plants which in turn are integrated into the human food chain. Researches of UDMH impact on wild species of plants are relevant since the plants accumulate this toxic compound that has first class hazard for human population, plants store this super toxicant and when plants die, secondary environmental pollution occurs. Objective of this research is to study morpho-anatomical characteristics of leaves of wild species of *Agropyron fragile*, *Stipasareptana*, *Artemisiaterrae-albae* plants in conditions of soil pollution with UDMH. It has been established that in conditions of environment pollution with UDMH, leaves of wild species *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipasareptana* A. Beck. and *Artemisiaterrae-albae* Krasch develop characteristic of xerophytes leaves: decrease in lamina thickness; decrease in area of conducting bundles; decrease in epidermis thickness. Field of application of the research results is ecological physiology.

Keywords: UDMH, leaf, anatomical parameters, *Agropyron fragile*, *Stipasareptana*, *Artemisiaterrae-albae*

Введение. Несимметричный диметилгидразин (НДМГ) – эффективное и широко используемое ракетное топливо является загрязнителем окружающей среды, эффективно аккумулируется растениями, которые в свою очередь включены в пищевую цепь человека. Исследования влияния НДМГ на дикорастущие виды растений актуальны, поскольку растения накапливают токсины первого класса опасности [1]. Необходимы научные исследования по изучению механизмов адап-

тации дикорастущих видов растений в условиях негативного антропогенного воздействия на среду проливов ракетного топлива - НДМГ. В связи с этим, особый интерес вызывают исследования морфо-анатомических параметров листьев растений в среде загрязненной НДМГ. В настоящей работе изучены следующие морфо-анатомические параметры листьев дикорастущих видов растений *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*; эпидермис, мезофилл, площади проводящих пучков, толщина листовой пластины.

Эпидерма (эпидермис, кожа) — внешняя первичная покровная ткань листьев.

У эпидермы две основные функции: первая покровная, защитная и вторая регуляция газообмена и транспирации (естественного испарения воды живыми тканями). Кроме типичных функций, характерных для покровной ткани, эпидерма может функционировать как всасывающая ткань, принимает участие в синтезе различных веществ, в восприятии раздражений, в движении листьев. Таким образом, эпидерма многофункциональная ткань. Восковой налет снижает интенсивность транспирации у листьев: У огромного большинства высших растений клетки эпидермы образуют выросты - трихомы или волоски (греч. трихос - волосок). К трихомам относятся самые разнообразные выросты эпидермы. Трихомы бывают железистые и кроющие. В железистых трихомах накапливаются экскреты, поэтому их относят к выделительной системе.

Мезофилл Эта ткань располагается между двумя слоями эпидермиса листа и состоит из модифицированных паренхимных клеток, осуществляющих фотосинтез. Фотосинтетическую паренхиму иногда называют хлоренхимой. Цитоплазма клеток хлоренхимы содержит большое число хлоропластов, в которых и протекают реакции фотосинтеза. У двудольных растений мезофилл состоит из двух четко различающихся слоев: верхний слой составляет палисадная паренхима, клетки которой имеют столбчатую форму, а нижний – губчатая паренхима с клетками неправильной формы, содержащими меньше хлоропластов. Фотосинтез идет главным образом в палисадной паренхиме, а воздухоносные межклетники губчатой паренхимы обеспечивают интенсивный газообмен. Важной частью листа являются проводящие пучки (жилки). Пучок обособленная система взаимосвязанных между собой тканей, выполняющая в основном функцию проведения по растению воды с растворенными в ней минеральными веществами и органических веществ. Основные составляющие проводящих пучков. – ксилема и флоэма. Функция ксилемы- транспорт воды и минеральных солей от корней к листьям, то есть осуществляет восходящий ток.

Функция флэзмы - проведение к корням органических веществ, которые синтезируются в листьях (сахароза и др.) Лист - это боковая специализированная часть побега. Основные функции листа: фотосинтеза, газообмена и испарения воды (транспирация) [2-4].

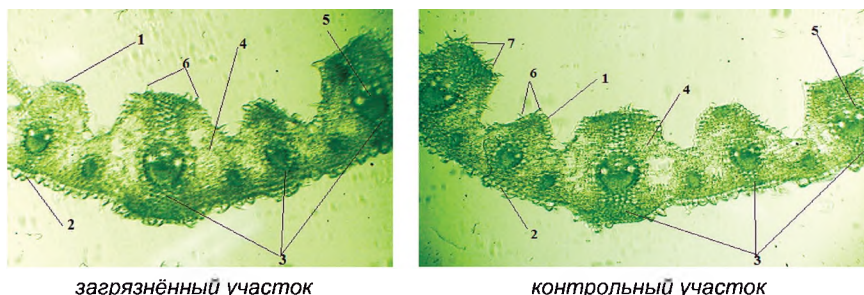
Цель исследования - изучение морфо-анатомических характеристик листьев дикорастущих видов растений *Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae* в условиях загрязнения почвы НДМГ.

Объекты исследований - дикорастущие виды растений: полынь белоземельная (*Artemisia terrae-albae* Krasch.), пырей ломкий или сибирский (*Agropyron fragile* (Roth) Candargy), ковыль сарептский (*Stipa sareptana* A. Beck.), которые были собраны на экспериментальных площадках Института биологии и биотехнологии растений, из искусственно загрязненных НДМГ (10 мг/кг) и контрольных образцах почвы.

Методы исследований. Микроскопические исследования проведены на растительном материале, который был зафиксирован в смеси спирта, глицерина и воды в соотношении 1:1:1. При изготовлении и описании препаратов использовались общепринятые в анатомии растений методы [5-7]. Микроскопические исследования проводили при определении анатомических особенностей листьев. Анатомические препараты были изготовлены с помощью микротомы с замораживающим устройством ОЛ-3СО (Инмедпром, Россия). Для количественного анализа проведено измерение морфометрических показателей с помощью окуляр-микрометра МОВ-1-15 (при объективе х 10, увеличении х 40,10,7). Микрофотографии анатомических срезов были сделаны на микроскопе МС 300 (Micros, Австрия) с видеокамерой САМ V400/1.3М (jProbe, Япония). Статистическая обработка проведена согласно Рокицкому П.Ф. [8].

Результаты и обсуждение. Были проведены микроскопические исследования анатомической структуры листьев растений дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных на образцах почвы загрязненных НДМГ (100 ПДК). Загрязнение образцов почвы в горшках проведено в июне 2019 г. на открытой экспериментальной площадке. Сбор растений для изучения осуществлен в июле 2020 г. Контролем служили растения дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных параллельно с опытными растениями на образцах почвы незагрязненной НДМГ. Через год содержание НДМГ в образцах почвы снижается значительно. Однако остаточный в образцах почвы НДМГ биоиндексировался. Были получены следующие результаты: на рисунке 1 отражено анатомическое строение листьев пырея ломкого (*Agropyron fragile*), с загрязненного участка и контрольный образец.

Тип строения листовой пластинки - ксерофитный. Отмечен верхний и нижний эпидермис листа. Рассмотрены многочисленные эпидермальные образования на верхнем и нижнем эпидермисе, представленные двумя типами волосков – простыми и головчатыми. Дифференциация на губчатый и столбчатый мезофилл не происходит. Только губчатый мезофилл. Главный проводящий пучок, большего диаметра, лежит в центре жилки, а мелкие проводящие пучки, располагаются по периферии листа. Все пучки имеют склеренхимную обкладку. Морфометрические показатели листьев представлены в таблице 1.



1 – верхний эпидермис, 2 – нижний эпидермис, 3 - склеренхима, 4 – мезофилл, 5 - проводящий пучок, 6 – простые волоски, 7 – головчатые волоски

Рисунок 1 - Анатомическое строение листьев *Agropyron fragile*

Таблица 1 – Морфо-анатомические показатели листьев *Agropyron fragile* (Roth) Nevski

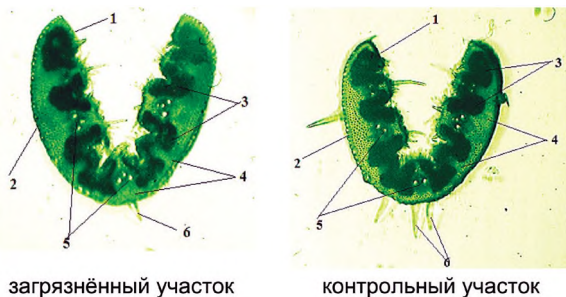
Участок	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина листовой пластинки, мкм	Толщина слоя мезофилла, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^3 \text{мм}^2$
	нижний	верхний			
Загрязненный	4,0 \pm 0,2	7,0 \pm 0,6	111,1 \pm 5,2	72,0 \pm 0,9	70,0 \pm 2,5
Контрольный	4,0 \pm 0,3	4,6 \pm 0,3	171,3 \pm 4,3	75,1 \pm 1,1	110,1 \pm 2,2

Основываясь на результатах таблицы 3, следует отметить, что толщина нижнего эпидермиса листьев у растений с загрязнённого участка и контроль - одинаковая. Толщина верхнего эпидермиса листьев у растений загрязненного участка больше верхнего эпидермиса листьев у растений контрольного участка. Хотя толщина листовой пластинки у растений с загрязнённого участка меньше (111,1 \pm 5,2 мкм), нежели у растений контрольного участка (171,3 \pm 4,3 мкм). Толщина мезофилла при этом меньше у загрязнённого образца (72,0 \pm 0,9 мкм),

чем у контрольного ($75,1 \pm 1,1 \mu\text{м}$). В отношении площади ксилемных сосудов, то по полученным результатам видно уменьшение площади сосудов ($70,0 \pm 2,5 \times 10^3 \mu\text{м}^2$) у растений загрязнённого участка по сравнению с контролем ($110,1 \pm 2,2 \times 10^3 \mu\text{м}^2$).

На рисунке 2 рассмотрено анатомическое строение листьев ковыля сарептского с двух участков. При рассмотрении видно, что верхняя сторона листовой пластинки ковыля гофрирована. Одни ребра более крупные, другие – мелкие. Нижняя сторона листа всегда гладкая, но на ней встречаются эпидермальные образования – простые волоски. В контрольном образце их количество больше. С обеих сторон лист покрыт эпидермой. Эпидерма покрыта кутикулой, особенно толстой с нижней стороны у растений с загрязненного участка. На верхней эпидерме также имеются простые волоски, более многочисленные у контрольного растения. На боковых сторонах крупных ребер в углублениях, защищенных волосками, расположены устьица.

Проводящие пучки располагаются в средней части крупных и мелких ребер. При этом в мелких ребрах пучки соответственно меньше. Механическая ткань – склеренхима, расположена со стороны нижней эпидермы и входит в крупные ребра, достигает там верхней эпидермы, образуя расширение. Мезофилл состоит из однородных parenchymal клеток. Листья с таким мезофиллом - изолатеральные. Участки мезофилла в соответствии с общей гофрированной структурой листа имеют W-образную форму. Проводящие пучки коллатеральные, закрытые, обычного для злаков строения. Морфометрические показатели листьев представлены в таблице 2.



- 1 – верхняя эпидерма, 2 – нижняя эпидерма, 3 – хлорофиллоносная ткань (мезофилл), 4 – механическая ткань (склеренхима), 5 – проводящие пучки, 6 – простой волосок

Рисунок 2 - Анатомическое строение листьев *Stipa sareptana* (x 80)

**Таблица 2 – Морфо-анатомические показатели листьев
Stipa sareptana A. Beck**

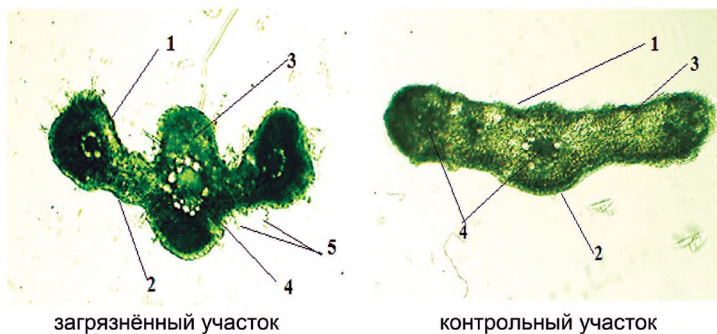
Участок	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина листовой пластинки, мкм	Толщина слоя мезофилла, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^3 \text{мм}^2$
	нижний	верхний			
Загрязненный	6,8 \pm 0,8	6,8 \pm 0,7	123,0 \pm 3,7	101,0 \pm 1,2	50,0 \pm 2,7
Контрольный	5,0 \pm 0,9	5,4 \pm 0,2	153,0 \pm 5,7	91,0 \pm 1,1	70,0 \pm 2,2

Основываясь на результатах таблицы 2, следует отметить, что толщина нижнего и верхнего эпидермиса у растений с загрязнённого участка больше, чем в контроле. Хотя толщина листовой пластинки у растений с загрязнённого участка меньше (123,0 \pm 3,7 мкм), нежели у растений контрольного участка (153,0 \pm 5,7 мкм). Толщина мезофилла при этом больше у загрязнённого образца (101,0 \pm 1,2 мкм), чем у контрольного (91,0 \pm 1,1 мкм). В отношении площади ксилемных сосудов, по полученным результатам отмечено уменьшение площади сосудов у растений загрязнённых участков.

На рисунке 3 отражено анатомическое строение листовой пластинки полыни белоземельной, контрольный образец и с загрязнённого участка. Лист снаружи покрыт эпидермисом. Клетки верхнего и нижнего эпидермиса плотно сомкнуты. Снаружи клетки эпидермиса имеют выраженную степень кутикулизации, особенно у загрязнённого образца. На эпидермисе видны простые и бокаловидные волоски, как эпидермальные образования. Лист имеет однородный мезофилл, расположенный рыхло. Клетки губчатого мезофилла занимают все пространство между верхним и нижним эпидермисом. В середине листа располагается большой проводящий пучок, а по краям – малые. Проводящая ткань объединена в закрытые коллатеральные пучки и состоит из флоэмы и ксилемы. Крупный проводящий пучок окружен клетками склеренхимы, а малые пучки погружены в мезофилл листа. Количество проводящих пучков у загрязнённого образца меньше, так на представленном срезе – 3, а в контрольном образце – 5. Морфометрические показатели листьев представлены в таблице 3.

Основываясь на результатах таблицы 3, следует отметить, что толщина нижнего эпидермиса одинаковая у растений двух участков, а толщина верхнего эпидермиса у растений с загрязнённого участка (6,7 \pm 0,8) больше, чем в контроле (6,0 \pm 0,2). Хотя толщина листовой пластинки у растений с загрязнённого участка меньше (54,0 \pm 1,1 мкм), нежели у растений контрольного участка (58,0 \pm 0,9 мкм). Толщина мезофилла при этом меньше у загрязнённого образца (31,0 \pm 0,9 мкм), чем у контрольного (38,0 \pm 0,3 мкм). В отношении площади ксилемных

сосудов, по полученным результатам отмечено уменьшение площади сосудов у растений загрязнённых участков. Опираясь на полученные результаты, можно заключить, что общая адаптивная реакция изученных дикорастущих видов растений может быть выражена следующим образом: Усилена в основном покровно-защитная ткань листа: верхний эпидермис листа полыни (0,067 мм опыт и 0,060 мм контроль), пырея (0,07 мм и 0,046 мм контроль), ковыля (0,068 мм опыт и 0,054 мм контроль). Подобный результат (утолщение верхнего эпидермиса листа) получен в исследованиях влияния экотоксиканта НДМГ на морфо-анатомические параметры листьев проростков *Agropyron pectiniforme*. Эпидермис полифункционален, важнейшей его функцией является — защита растений от неблагоприятных внешних факторов и регуляция газо- и паробмена. Кроме этого элементы эпидермиса принимают участие в фотосинтезе, поглощении воды и питательных веществ, синтезе различных соединений, в движении листьев. Вероятно, стимуляция роста и развития проростка *Agropyron pectiniforme* связана с полифункциональным эпидермисом листа [9].



1 – верхний эпидермис, 2 – нижний эпидермис, 3 – хлорофиллоносная ткань (мезофилл), 4 – проводящий пучок, 5 – бокаловидный волосок
Рисунок 3 - Анатомическое строение листьев *Artemisia terrae-albae* (x 80)

Таблица 3 – Морфо-анатомические показатели листьев *Artemisia terrae-albae* Krasch

Участок	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина листовой пластинки, мкм	Толщина слоя мезофилла, мкм	Площадь ксилемных сосудов, $\times 10^3 \text{мм}^2$
	нижний	верхний			
Загрязненный	6,0 \pm 0,7	6,7 \pm 0,8	54,0 \pm 1,1	31,0 \pm 0,9	60,0 \pm 0,9
Контрольный	6,0 \pm 0,9	6,0 \pm 0,2	58,0 \pm 0,9	38,0 \pm 0,3	80,0 \pm 0,7

Заключение. Были проведены микроскопические исследования анатомической структуры листьев растений дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных на образцах почвы загрязненных НДМГ (100 ПДК). Загрязнение образцов почвы в горшках проведено в июне 2019 г. на открытой экспериментальной площадке. Сбор растений для изучения осуществлен в июле 2020 г. Контролем служили растения дикорастущих видов (*Agropyron fragile*, *Stipa sareptana*, *Artemisia terrae-albae*), выращенных паралейнно с опытными растениями на образцах почвы незагрязненной НДМГ. Через год содержание НДМГ в образцах почвы снижается значительно. Однако остаточный в образцах почвы НДМГ биоиндексируется. Установлено, что листья растений дикорастущих видов злаков *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck. и полыни: *Artemisia terrae-albae* Krasch, приобретают признаки свойственные листьям ксерофитов.

1. Уменьшается толщина листовой пластины растений с опытного, загрязненного НДМГ образца почвы относительно контроля - листа растения с незагрязненного образца почвы в следующем порядке. Уменьшение толщины листовой пластины свидетельствует о снижении её функции: транспирации и газообмена листа. Мелкоклеточность листа приводит к сокращению межклетных пространств и общей внутренней испаряющей поверхности.

2. Уменьшается площадь проводящих пучков листа растений с опытного, загрязненного НДМГ образца почвы относительно контроля - листа растения с незагрязненного образца почвы в следующем порядке. Уменьшение площади проводящих пучков листа свидетельствует о снижении их функций: снабжения мезофилла водой и растворами солей, а также на снижение оттока органических веществ, образовавшихся в процессе ассимиляции.

В целом, уменьшение данных анатомических параметров листа приводит к снижению функций листа: транспирации, газообмена и фотосинтеза, приводит к ксерофитизации листьев исследованных растений дикорастущих видов. Однако, наряду с установленным уменьшением толщины листа и площади проводящих пучков отмечено увеличение толщины верхнего эпидермиса листа. Утолщение эпидермиса свидетельствует не только об усилении ее защитной функции, но и усилении функции: транспирации и газообмена.

Вывод. НДМГ и производные его окисления – токсичные летучие соединения вызывают ксерофитизацию листьев злаков: *Agropyron fragile* (Roth) Nevski, *Stipa sareptana* A. Beck и полыни: *Artemisia terrae-albae* Krasch.

Список литературы

- 1 *Жубатов Ж.* Апробация системы критериев экологической устойчивости территории Республики Казахстан к воздействию ракетно-космической деятельности// Ползуновский вестник. - Барнаул, 2008. - № 1-2. - С. 131-135., [ZHubatov ZH. Aprobatsiya sistemy kriteriev ehkologicheskoy ustojchivosti erritorii Respubliki Kazakhstan k vozdejstviyu raketno-kosmicheskoy deyatel'nosti// Polzunovskij vestnik. - Barnaul, 2008. - № 1-2. - S. 131-135.]
- 2 *Полевой В.В.* Физиология растений. Москва. Высшая школа, 1989. - 464 с., [Polevoj V.V. Fiziologiya rastenij. Moskva. Vysshaya shkola, 1989. - 464 s.]
- 3 *Лотова Л.И.* Морфология и анатомия высших растений. - М., 2000.- 528 с., [Lotova L.I. Morfologiya i anatomiya vysshikh rastenij. - M., 2000.-528 s.]
- 4 Атлас по анатомии растений: учеб. пособие для вузов / Бавтута Г. А., Ерёмин В. М., Жигар М. П. — Мн.: Ураджай, 2001. — 146 с. — (Учеб. и учеб. пособия для вузов). — ISBN 985-04-0317-9, [Atlas po anatomii rastenij: ucheb. posobie dlya vuzov / Bavtuto G. A., Eryomin V. M., Zhigar M. P. — Mn.: Uradzhaj, 2001. — 146 s. — (Ucheb. i ucheb. posobiya dlya vuzov). — ISBN 985-04-0317-9]
- 5 *Пермяков А.И.* Микротехника.- М.: МГУ. 1988.- С. 11-29., [Permyakov A.I. Mikrotehnika.- M.: MGU. 1988.- S. 11-29.]
- 6 *Прозина М.Н.* Ботаническая микротехника. - М.: МГУ. 1960. - 260 с., [Prozina M.N. Botanicheskaya mikrotehnika. - M.: MGU. 1960. - 260 s.]
- 7 *Барыкина Р.П., Веселова Т.Д., Девятков А.Г.* Справочник по ботанической микротехнике.- М.: МГУ. 2004.- 313 с., [Barykina R.P., Veselova T.D., Devyatov A.G. Spravochnik po botanicheskoy mikrotehnike.- M.: MGU. 2004.- 313 s.]
- 8 *Рокицкий П.Ф.* Биологическая статистика. М.Колос, 1973.- 327 с., [Rokitskij P.F. Biologicheskaya statistika. M.Kolos, 1973. – 327 s.]
- 9 *Агапов О.А., Федорина О.А., Атыгаев А.Б., Утеулин К.Р., Жексенбай А., Казкеев Д., Алдасугурова Ч.Ж., Курбатова Н.В.* Влияние несимметричного диметилгидразина на всхожесть семян, рост и анатомические параметры проростков дикорастущих видов растений.// Новости науки Казахстана. 2019- № 1 (139).- С.210-222, [Agapov O.A., Fedorina O.A., Atygaev A.B., Uteulin K.R., ZHeksenbaj A., Kazkeev D., Aldasugurova CH.ZH., Kurbatova N.V. Vliyanie

nesimmetrichnogo dimetilgidrazina na vskhozhest' semyan, rost i anatomicheskie parametry prorostkov dikorastushhikh vidov rastenij.// Novosti nauki Kazakhstana. 2019. -№ 1 (139). - S.210-222]

Утеулин К.Р., доктор биологических наук,
e-mail: ipbbkz@gmail.com. gen_uteulink@mail.ru

Бекешев Е.А., и.о. генерального директора,
e-mail: chemist_e@mail.ru

Амрин М.К., начальник отдела медицинских программ,
e-mail: info@gh-ecology.kz

Курбатова Н.В., кандидат биологических наук,
e-mail: kurbatova_nv77@mail.ru

Степанова Е.Ю., главный научный сотрудник,
e-mail: stepanova.e@gh-ecology.kz

Федорина О.А., ведущий научный,
e-mail: fedorina.o@gh-ecology.kz

Алдасуурова Ч.Ж., преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов,
e-mail: aldasuurova.chinar.77@gmail.com

Атыгаев А.Б., докторант PhD, E.mail: newanuar@gmail.com