

# ЭКОЛОГИЯ

МРНТИ 87.15.03, 34.29, 34.31.31

О.А. Агапов<sup>1</sup>, О.А. Федорина<sup>1</sup>, А.Б. Атыгаев<sup>1</sup>, К.Р. Утеулин<sup>2</sup>,  
А. Жексенбай<sup>2</sup>, Д. Казкеев<sup>2</sup>, Ч.Ж. Алдасуурова<sup>3</sup>, Н.В. Курбатова<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Научно-исследовательский центр «Фарыш-Экология», г. Алматы, Казахстан

<sup>2</sup>Институт биологии и биотехнологии растений», г. Алматы, Казахстан

<sup>3</sup>Казахский Национальный университет им. аль-Фараби,  
г. Алматы, Казахстан

## ВЛИЯНИЕ НЕСИММЕТРИЧНОГО ДИМЕТИЛГИДРАЗИНА НА ВСХОЖЕСТЬ СЕМЯН, РОСТ И АНАТОМИЧЕСКИЕ ПАРАМЕТРЫ ПРОРОСТКОВ ДИКОРАСТУЩИХ ВИДОВ РАСТЕНИЙ

**Аннотация.** Исследовано влияние образцов почвы, загрязненных несимметричным диметилгидразином (НДМГ) на всхожесть семян, рост и анатомические параметры проростков дикорастущих видов растений. Установлена стимуляция всхожести семян и роста проростков *Artemisia dracunculus* и *Agropyron pectiniforme* при содержании НДМГ в образцах почвы 1; 5; 25 мг/кг и 1; 5 мг/кг, соответственно. Тогда, как всхожесть семян и рост проростков культурного злака (*Triticum aestivum*), сорт – Саратовская - 29 угнетались при содержании НДМГ в образцах почвы 5 и 25 мг/кг. Изменения количественно-анатомической структуры проростков *Agropyron pectiniforme* (верхнего эпидермиса листа, а также экзодермы, первичной коры корней) согласуются с данными их биотеста. Данные о количественно-анатомической структуре листа и корня могут учитываться в дальнейших исследованиях механизмов влияния НДМГ на рост и развитие растений.

**Ключевые слова.** НДМГ, семена, проростки, *Agropyron pectiniforme*, *Artemisia dracunculus*, *Triticum aestivum*.

• • •

**Түйіндеме.** Өсімдіктердің жабайы түрлері ескіндерінің өсуіне және анатомиялық параметрлеріне, тұқымдарының өнуіне топырақ үлгілеріне ластанған симметриялық емес диметилгидразиннің (НДМГ) әсері зерттелді. Салыстырмалы 1; 5; 25 мг/кг и 1; 5 мг/кг топырақ үлгілеріне НДМГ қосқанда *Artemisia dracunculus* және *Agropyron pectiniforme* өсімдік ескіндерінің өсуі мен тұқымдарының өну стимуляциясы анықталды. 5 және 25 мг/кг топырақ үлгілеріне НДМГ қосқанда мәдени дақылдың (*Triticum aestivum*), Саратовская - 29 сортының өскіндері мен тұқымдары енбей, еспей қалады. *Agropyron*

*pectiniforme* (жапырақтың жоғарғы эпидермисі, тамырдың алғашқы қабығы және экзодермасы) ескіндерінің сандық-анатомиялық құрылымының өзгеруі олардың биотестіне сәйкес келеді. Жапырақ пен тамырдың сандық-анатомиялық құрылымы туралы мәліметтер есімдіктердің өсуі мен дамуында НДМГ әсерінің механизмін зерттеу жұмыстарында ескеріледі.

**Түйінді сөздер:** НДМГ, тұқым, ескіндер, *Agropyron pectiniforme*, *Artemisia dracunculus*, *Triticum aestivum*.

• • •

**Abstract.** The effect of soil samples contaminated with asymmetric dimethylhydrazine (UDMH) on seed germination, growth and anatomical parameters of seedlings of wild plant species was investigated. The stimulation of seed germination and growth of seedlings of *Artemisia dracunculus* and *Agropyron pectiniforme* with the content of UDMH in soil images 1; 5; 25 mg/kg and 1; 5 mg/kg, respectively, was established. Whereas, the germination of seeds and the growth of seedlings of cultivated grass (*Triticum aestivum*), the variety - Saratovskaya - 29 was inhibited when the UDMH content in soil samples was 5 and 25 mg / kg. Changes in the quantitatively-anatomical structure of the seedlings of *Agropyron pectiniforme* (upper epidermis of leaf and exoderm, primary root cortex) are consistent with the data of their biotest. Data on the quantitatively-anatomical structure of the leaf and root can be taken into account in further studies of the mechanisms of the influence of UDMH on the growth and development of plants.

**Keywords:** UDMH, seeds, seedlings, *Agropyron pectiniforme*, *Artemisia dracunculus*, *Triticum aestivum*.

**Введение.** Несимметричный диметилгидразин (НДМГ,  $(\text{CH}_3)_2\text{N}_2\text{H}_2$ ) входит в группу широко используемых в ракетной технике гидразиновых горючих, НДМГ легко самовоспламеняется с окислителями, что обеспечивает легкий запуск и стабильную работу двигателей ракет-носителей (РН) в широком диапазоне изменения окружающих условий. НДМГ относится к первому классу опасности. Основными источниками поступления НДМГ и его производных в окружающую среду являются проливы НДМГ при авариях РН, а также локальное загрязнение места падения первой ступени РН в соответствующих районах падения, специально выделенных для этой цели.

В районах падения ступеней ракеты «Протон» в Казахстане случаи с превышением ПДК для НДМГ в почве до 5 раз составили 8% от общего количества поверхностных проб, от 5 до 10 раз – 2%, от 10 до 50 раз – 8%, от 50 до 100 раз – 3%, более 100 раз – 5%. Глубина

проникновения НДМГ с концентрацией в пределах 0,04-939,04 мг/кг составляет 5-160 см [1]. НДМГ и продукты его окисления, как и другие производные гидразина, относятся к группе канцерогенных и мутагенных агентов, вызывают нежелательные эффекты и пост-эффекты в окружающей среде и относятся к первому классу, опасности воздействия на человека. Растительный покров на загрязненных НДМГ почвах накапливает компоненты ракетного топлива и таким образом может представлять риск для человека. НДМГ может передаваться по пищевой цепочке «растение-животное-человек» [2].

В Казахстане утверждены гигиенические нормативы «Предельно допустимые концентрации компонентов жидких ракетных топлив продуктов их трансформации в объектах окружающей среды», согласно которым предельно допустимые концентрации (ПДК) для НДМГ составляют в почве (0,1 мг/кг), в воде (0,02 мг/м<sup>3</sup>), в воздухе (0,001 мг/м<sup>3</sup>) [3]. Вопросы образования и накопления НДМГ и продукта его трансформации нитрозодиметиламина (НДМА) в растениях, на почвах, ранее загрязненных НДМГ остаются неизученными и актуальны с точки зрения экологической безопасности. В рамках работы по изучению образования и накопления НДМГ и НДМА в растениях, проводились исследования по оценке порога фитотоксичности почвы, загрязненной «гептилом» на различные виды дикорастущих растений.

**Цель работы** - изучение влияния на дикорастущие виды растений образцов почвы, загрязненных НДМГ. Использовать биотесты – всхожесть семян, интенсивность роста и развития проростков. Исследовать изменения параметров анатомического строения проростков.

**Объекты исследований.** Объектами исследований служили семена и проростки дикорастущих видов растений – представителей флоры районов падений первых степеней ракет-носителей в Центральном Казахстане. Полынь эстрагон – *Artemisia dracunculus L.*, представитель семейства Сложноцветные (*Asteraceae*), Пырей гребневидный - *Agropyron pectiniforme*, представитель семейства Злаки (*Gramíneae*). Для сравнения использован культурный злак - Пшеница мягкая (*Triticum aestivum*), сорт – Саратовская -29.

**Методы исследования.** В работе использованы известные методы прорастания семян [4] и изучения фитотоксичности почвы [5-7]. Эксперименты проводили в чашках Петри в двух повторностях. Перед посевом в каждую чашку Петри, заполненную образцом серо-бу-

рой супесчаной почвы массой 50 гр., вносили раствор НДМГ объемом 20 мл в определенной концентрации (из расчета в 10, 50 и 250 ПДК НДМГ для почвы), и тщательно перемешивали. Затем, отобранные для опыта семена (по 20 шт. *Agropyron pectiniforme*, *Triticum aestivum* и по 30 шт. *Artemisia dracunculus* в каждой повторности) размещались равномерно в чашки Петри с почвой исследуемых концентраций НДМГ. Отдельно высевались семена дикорастущих растений соответствующих видов в контрольные образцы почвы, без загрязнения, их увлажнение проводилось дистиллированной водой. Проращивание проводилось при температуре + 23°C.

Каждый вариант каждой серии проводился в двукратной повторности с последующей статистической обработкой [8].

Проведена оценка анатомической структуры проростков *Agropyron pectiniforme* на образцах почвы, загрязненной НДМГ. Фиксацию растений проводили в 70% спирте. Анатомические препараты готовили с помощью микротомы с замораживающим устройством ТОС-2, срезы заключали в глицерин в соответствии с общепринятыми методиками Прозиной М.Н. (1960), Барыкиной Р.П. (2004). Толщина анатомических срезов 10 мкм. Подготовлено более 50 временных препаратов. Для количественного анализа проведено измерение морфометрических показателей с помощью компьютерной программы. Микрофотографии сделаны на микроскопе МС-300 (увеличение x180) [9, 10].

**Результаты и обсуждение.** Для исследования воздействия НДМГ на входы растений в лабораторных условиях использован «Фитотест», который является модификацией «Биотеста на проращивание семян». Фитотест использует следующие термины и определения. Тест-объект - семена высших растений. Тест-функция - всхожесть семян, интенсивность роста проростков. Показатель тест-функции - изменения всхожести семян, средней длины проростков. Порог фитотоксичности – ингибирование всхожести семян, роста проростка и корней семян на 20% и более от контроля. Средне-эффективное действие НДМГ - ингибирование всхожести семян, роста проростка и корней семян на 40-60%, в среднем на 50% [11].

Эксперименты на проростках на протяжении многих десятилетий служат эффективной модельной системой изучения широкого ряда физиологических процессов в растениях [12].

В нашей работе на образцах почвы с внесенным раствором НДМГ эквивалентным, 10, 50, 250 ПДК НДМГ для почвы (1, 5 и 25 мг/кг), изучена всхожесть семян и интенсивность роста проростков дикорастущих видов растений *Agropyron pectiniforme*, *Artemisia dracunculus*, а также для сравнения окультуренного злака *Triticum aestivum*, сорт «Саратовская 29». Результаты исследований на седьмые сутки эксперимента представлены в таблице 1.

**Таблица 1 - Всхожесть семян *Agropyron pectiniforme*, *Artemisia dracunculus*, *Triticum aestivum*, сорт «Саратовская 29» на образцах почвы, загрязненной НДМГ. Седьмые сутки наблюдений**

		<i>Agropyron pectiniforme</i>	<i>Artemisia dracunculus</i>	<i>Triticum aestivum</i>
Внесенная доза НДМГ, мг/кг	Превышение ПДК, раз	Всхожесть, % Длина листа, см Токсичность почвы	Всхожесть, % Длина надземной части, см Токсичность почвы	Всхожесть, % Длина надземной части, см Токсичность почвы
250	50	23±6	20±5	55±6
250	10	45±7	85±5	55±6
250	50	4,4±0,3	0,8±0,2	10,9±0,5
250	10	6,1±1,3	1,2±0,3	10,0±0,7
20±5	45±7	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует
4,5±1,3	5,8±0,4	Стимуляция	Стимуляция	Стимуляция
Отсутствует	Стимуляция	Стимуляция	Стимуляция	Стимуляция
55±5	58±5	20±5	85±5	55±6
1,1±0,2	1,2±0,2	0,8±0,2	1,2±0,3	10,0±0,7
Стимуляция	Стимуляция	Отсутствует	Стимуляция	Отсутствует
18±1	25±5	55±6	55±6	55±6
8,8±0,4	10,0±0,6	10,0±0,7	10,0±0,7	10,0±0,7
Высокая	Идентификация всхожести семян на 55%	Отсутствует	Отсутствует	Отсутствует

Как видно из результатов исследований, представленных в таблице 1:

- НДМГ при содержании в почве 1 и 5 мг/кг стимулирует всхожесть семян, увеличивает длину листа проростков, в концентрации 25 мг/кг не влияет на всхожесть, не изменяет длину надземной части *Agropyron pectiniforme*;

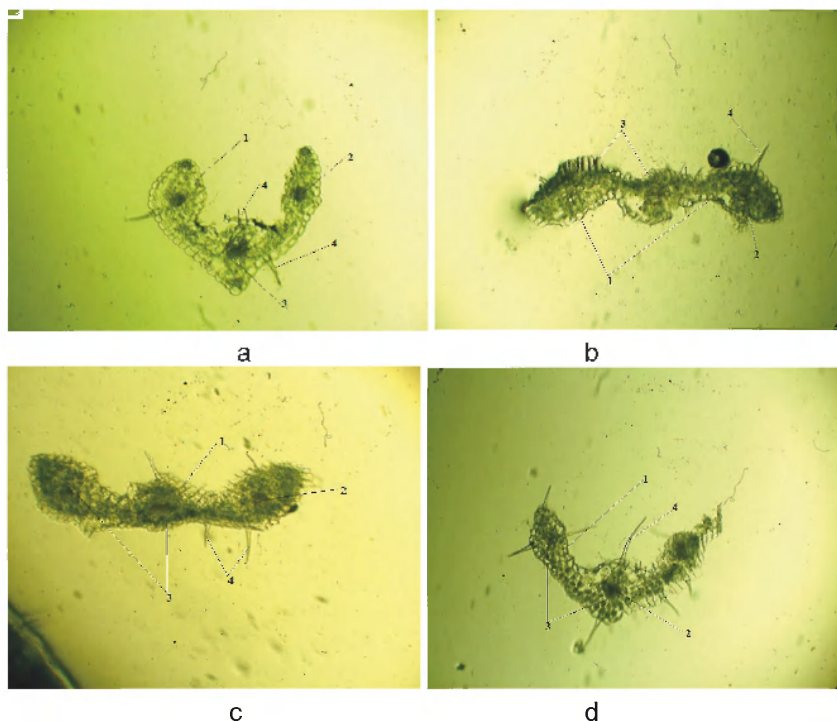
- НДМГ при содержании в почве 1; 5 и 25 мг/кг стимулирует всхожесть семян, увеличивает длину надземной части проростков *Artemisia dracunculus*;

- НДМГ при содержании в почве 1 мг/кг не влияет и при 5 и 25 мг/кг ингибирует всхожесть семян, при содержании в почве 25 мг/кг НДМГ уменьшает длину листа проростков *Triticum aestivum*.

Порог фитотоксичности почвы для мягкой пшеницы находится в интервале содержания НДМГ в почве: больше 1 мг/кг и не превышает 5 мг/кг. Всхожесть контрольных семян дикорастущих растений *Agropyron pectiniforme*, *Artemisia dracunculus* значительно ниже (в 2-3 раза) всхожести контрольных семян культурного злака – *Triticum aestivum*, сорт - «Саратовская 29».

Устойчивость к НДМГ в опытных образцах почвы дикорастущих видов растений значительно превышает культурный злак *Triticum aestivum*, сорт - «Саратовская 29». Так, НДМГ в концентрации в почве 5 мг/кг ингибирует всхожесть семян злака «Саратовская 29» в два раза, в этой же концентрации НДМГ стимулирует всхожесть семян *Artemisia dracunculus* в три раза, семян *Agropyron pectiniforme* в два раза. На примере испытанных злаков, прослеживается зависимость - с повышением продуктивности, введенного в культуру вида растения, снижается его устойчивость к факторам среды. Культурный злак «Саратовская - 29» можно использовать в лабораторных условиях в качестве биоиндикатора (как наиболее чувствительного) уровня загрязнения почвы НДМГ. Ингибирование всхожести семян и интенсивности роста и развития проростков дикорастущих испытанных видов растений следует ожидать при концентрации НДМГ в почве превышающих ПДК в 250 и более раз.

Также были изучены особенности анатомической структуры проростков растений при воздействии на них НДМГ. В настоящей работе изучена анатомическая структура листа и корня *Agropyron pectiniforme* - дикорастущего вида растения (рисунок 1).



1 – эпидермис; 2 – проводящий пучок; 3 – склеренхима; 4 – простой волосок.  
Внесение НДМГ в образцы почвы: мг/кг: а – контроль, б – 1, с – 5, d – 25 мг/кг.  
Рисунок 1 – Анатомическая структура листа проростков *Agropyron pectiniforme*

На поперечном срезе листьев контрольных и всех трех опытных образцов (х63) различимы клетки верхней и нижней эпидермы (1). Снаружи эпидерма покрыта тонким слоем кутикулы и образует однорядный слой клеток, у всех образцов. Клетки эпидермы имеют округлую форму и плотно прилегают друг к другу. Эпидермальными образованиями являются многочисленные, одноклеточные, простые волоски (верхняя и нижняя сторона листовой пластинки) (4). Мезофилл однородный, состоит из многогранных и округло-многогранных клеток с хлоропластами. Проводящие пучки (2) состоят из небольшо-

**Таблица 2 – Количественно-анатомические показатели листьев проростков *Agropyron pectiniforme***

Внесённая концентрация НДМГ в образец почвы, мг/кг	Толщина эпидермиса, мкм		Толщина листовой пластинки, мкм	Толщина слоя мезофилла, мкм	Площадь проводящих пучков $\times 10^{-3} \text{ мм}^2$
	верхнего	нижнего			
контроль	0,032+	0,037+	0,736+	0,594+	0,181+
	0,002	0,009	0,043	0,087	0,004
1	0,041+	0,038+	0,697±	0,589±	0,182+
	0,003	0,004	0,055	0,09	0,011
5	0,041+	0,036±	0,873±	0,545±	0,180+
	0,004	0,080	0,076	0,074	0,006
25	0,036+	0,037±	0,794±	0,558±	0,178+
	0,002	0,008	0,012	0,084	0,009

го количества флоэмы и 2-3 сосудов ксилемы. В структуре листовой пластинки встречаются участки склеренхимы (3), что свидетельствует об увеличении механических тканей.

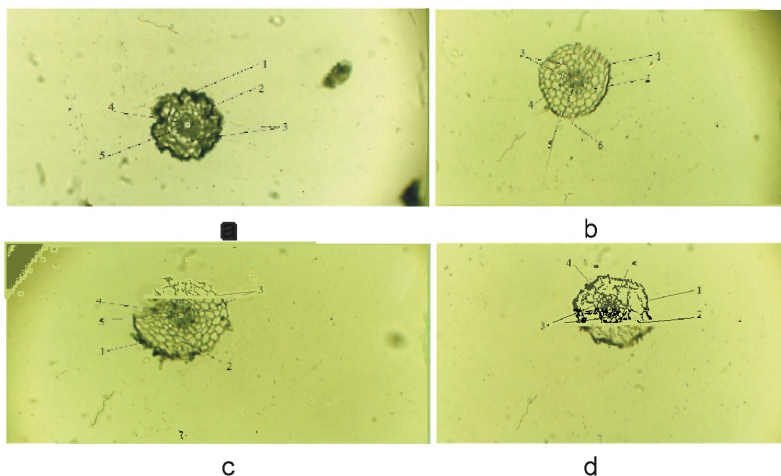
Количественные показатели (толщина, площадь) анатомической структуры листа *Agropyron pectiniforme* представлены в таблице 2.

По данным таблицы 2 можно проследить изменения происходящие в структуре листа *Agropyron pectiniforme*. На образцах почвы с внесённым раствором НДМГ в концентрациях 1 и 5 мг/кг почвы увеличена толщина верхнего эпидермиса листа *Agropyron pectiniforme*. Эпидермис полифункционален, важнейшей его функцией является — защита растений от неблагоприятных внешних факторов и регуляция газо- и парообмена. 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* НДМГ связана с полифункциональным эпидермисом листа.

В анатомическом строении корня проростка *Agropyron pectiniforme* отмечены: 1 - экзодерма, 2 – первичная кора, 3-эндодерма, 4 –склеренхима, 5- центральный сосуд ксилемы (рисунок 2). Первичная кора представлена в виде экзодермы (1), из одного слоя плотно расположенных клеток. Далее концентрическими слоями расположена запасующая паренхима первичной коры (2). Клетки округлые со слабо утолщенными стенками без межклетников. Внутренний слой первичной коры пред-



ставлен плотно сомкнутыми клетками эндодермы (3). Она представлена одним слоем клеток, который граничит с центральным цилиндром. Так как *Agropyron pectiniforme* относится к однодольным растениям, то следует отметить, что в самом центре проводящего пучка располагается склеренхима. Такой тип строения, где водопрводящие и механические элементы располагаются в самом центре, обеспечивает достаточную прочность корня на разрыв. В состав центрального цилиндра также входят клетки основной паренхимы.



1 – экзодерма; 2 – первичная кора; 3-эндодерма; 4 –склеренхима; 5- центральный сосуд ксилемы; 6- корневой волосок (зона всасывания корня).  
Внесение НДМГ в образцы почвы: мг/кг: а – контроль, б – 1, с – 5, d – 25 мг/кг.

Рисунок 2 – Анатомическая структура корня проростков *Agropyron pectiniforme*

Отмечены следующие особенности анатомического строения корня проростков *Agropyron pectiniforme*, на образцах почвы, загрязненных НДМГ.

1. У контрольных образцов корня экзодерма (защитная, покровная ткань) и весь корень в целом имеет сильно извилистую структуру тогда, тогда как корень образцов почвы с внесением НДМГ в дозе, эквивалентной 1 и 5 мг/кг имеет достаточно ровный слой экзодермы. Причем, отмечено наличие эпидермальных образований в виде

простых волосков, что свидетельствует об усилении функции корня – всасывания веществ из почвы. Корень образцов почвы с НДМГ 25 мг/кг имеет слабо извилистую структуру и слегка утолщен;

2. Относительно контроля, в почве с внесением НДМГ в дозе, эквивалентной 1 и 5 мг/кг в первичной коре корня отмечено увеличение количества рядов клеток паренхимы до четырех. При увеличении содержания НДМГ в образцах почвы до 25 мг/кг установлено уменьшение количества слоев паренхимных клеток до одного или двух, но сильно увеличенных клеток. Вероятно, НДМГ усиливает функцию первичной коры - транспорт веществ от всасывающих структур корня к проводящему цилиндру;

3. Слой эндодермы на срезах всех образцов корня одинаков, и представлен одним слоем клеток, который ограничивает первичную кору от центрального цилиндра;

Функция эндодермы корня - выполняет роль барьера, который контролирует передвижение веществ из коры в осевой цилиндр и обратно;

4. Вокруг центрального сосуда первичной ксилемы, располагаются клетки механической ткани – склеренхимы. В контрольном образце 4 слоя склеренхимных клеток. В образце (НДМГ 1 мг/кг) 2 слоя, во образце (НДМГ 5 мг/кг) 2 слоя с пропускными клетками, в образце (НДМГ 25 мг/кг) 2 сосуда ксилемы с элементами лубяных волокон.

Данные количественных показателей (толщина, площадь, диаметр) корня проростка *Agropyron pectiniforme* в контрольных и загрязненных НДМГ образцах почвы представлены в таблице 3.

**Таблица 3 – Количественно-анатомические показатели корней проростков *Agropyron pectiniforme*.**

Внесенная доза НДМГ, мг\кг	Толщина коры		Диаметр центрального цилиндра, Мкм	Площадь ксилемных сосудов $\times 10^{-3}$ мм <sup>2</sup>
	Толщина экзодермы, мкм	Толщина первичной коры, мкм		
Контроль	0,033±	0,616±	1,171±	0,017±
	0,002	0,004	0,031	0,002
1	0,038±	0,518±	1,143±	0,014±
	0,004	0,04	0,030	0,002
5	0,037±	0,707±	1,142±	0,014±
	0,004	0,009	0,012	0,002
25	0,039±	0,694±	1,119±	0,016±
	0,002	0,007	0,001	0,002

Согласно данным таблицы 3, в образцах почвы с внесением НДМГ в дозе, эквивалентной 25 мг/кг увеличена толщина экзодермы, первичной коры корней проростков *Agropyron pectiniforme*. Вероятно, НДМГ усиливает функции коры – защитную и транспорт веществ от всасывающих структур корня к проводящему цилиндру.

**Выводы. Основные результаты.** Устойчивость к загрязнению почвы НДМГ проростков дикорастущих видов растений *Artemisia dracunculus* и *Agropyron pectiniforme* высокая, в несколько раз превышает устойчивость культурного злака (*Triticum aestivum*), сорт – Саратовская - 29. С внесением НДМГ в почву в дозе, эквивалентной 10, 50 и 250 ПДК (0,1 мг/кг) не обнаружено ингибирования всхожести семян и интенсивности развития проростков дикорастущих растений *Artemisia dracunculus* и *Agropyron pectiniforme*. Тогда, как всхожесть семян культурного злака (*Triticum aestivum*), сорт – Саратовская - 29 угнеталась при превышении ПДК для НДМГ в почве в 50 и 250 раз. В образцах почвы с содержанием НДМГ эквивалентным 1 и 5 мг/кг увеличена толщина верхнего эпидермиса листа и с содержанием НДМГ эквивалентным 25 мг/кг увеличена толщина экзодермы, первичной коры корней проростков *Agropyron pectiniforme*. Полученные данные об изменениях количественно-анатомической структуры листа и корня проростков могут учитываться в исследованиях механизмов влияния НДМГ на рост и развитие растения.

Экспресс методом на фитотоксичность почвы, загрязненной НДМГ может служить биотест с использованием данных об изменении всхожести семян. Данный метод является наиболее удобным и простым в техническом отношении, позволяет получить результаты в короткий срок.

Исследования настоящей работы проведены в лабораторных условиях, что служит моделью, имитацией воздействия загрязненной НДМГ почвы на растения в природных условиях.

**Источник финансирования исследований.** Республиканская бюджетная программа 008 «Прикладные научные исследования в области косической деятельности». Научно-технический проект «Исследование природы загрязнения растений несимметричным диметилгидразином и токсичными продуктами его трансформации». Республиканское государственное предприятие. Научно-исследова-

тельский центр «Фарыш-Экология». Аэрокосмический комитет Министерства оборонной и аэрокосмической промышленности Республики Казахстан.

### 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

2 *Королева Т.В.* Ландшафтно-геохимический анализ загрязнения несимметричным диметилгидразином районов падений первых ступеней космических ракет (Центральный Казахстан). Автореферат диссертации.- канд. географ. наук. 11.00.01. - Москва, 1995. - 22 с.

3 Об утверждении гигиенических нормативов «Предельно допустимые концентрации компонентов жидких ракетных топлив продуктов их трансформации в объектах окружающей среды». Приказ Министра здравоохранения Республики Казахстан от 18 ноября 2010 г. № 899.

4 *Карпин В.И., Переpravо Н.И., Золотарев В.Н., Рябова В.Э., Шамсутдинова Э.З., Козлова Т.В.* Методика определения силы роста семян кормовых культур М.: Изд-во РГАУ – МСХА, 2012. — 16 с.

5 *Минеева В.Г.* Практикум по агрохимии..- Изд. 2-е. - М.:МГУ, 2001. - 689 с.

6 *Нетрусов А.И., Котова И.Б.* Микробиология. - Изд. 3-е.- М., 2009. - 352 с.

7 *Пиртахия Н.В.* Биоиндикация химического загрязнения в системе гигиенического мониторинга почвы //Мат. Пленума Научного Совета по экологии человека и гигиене окружающей среды РАМН и МЗ Российской Федерации. 17-19 декабря 2003.

8 *Лакин Г.Ф.* Биометрия - М.: Изд. «Высшая школа», 1990.- 352 с.

9 *Прозина М.Л.* Ботаническая микротехника.- М., 1960. - 280 с.

10 *Барыкина Р.П. и др.* Справочник по ботанической микротехнике. Основы и методы. - М.: Изд-во МГУ, 2004. - 312 с.

11 Методические рекомендации МР 2.1.7.2297-07. «Обоснование класса опасности отходов производства и потребления по фитотоксичности» (МР 2.1.7.2297-07). - М.: Федеральный центр гигиены и эпидемиологии Роспотребнадзора, 2008.-15 с.

12 *Удовенко Г.В.* Диагностика устойчивости растений к стрессовым воздействиям (методическое руководство). - Л., 1988. - С. 89.

**Агапов О.А.** - заместитель начальника отдела экологических программ,  
e-mail: agaole@mail.ru

**Федорина О.А.** - ведущей научный сотрудник  
e-mail: olga\_fedorina64@mail.ru

**Утеулин К.Р.** - заведующий лабораторией доктор биологических наук,  
e-mail: gen\_uteulink@mail.ru

**Казкеев Д.** - младший научный сотрудник,  
e-mail: dauren.kazkeyev@gmail.com

**Жексенбай А.** - младший научный сотрудник,  
e-mail: aslan.zhexenbay@mail.ru

**Атагаев А.Б.** - научный, e-mail: newanuar@gmail.com

**Курбатова Н.В.** - старший преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов, e-mail: kurbatova\_nv77@mail.ru

**Алдасугурова Ч.Ж.** - преподаватель кафедры биоразнообразия и биоресурсов, e-mail: aldasygyrova.chinar.77@gmail.com