

NEWS

OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF THE REPUBLIC OF KAZAKHSTAN

SERIES OF AGRICULTURAL SCIENCES

ISSN 2224-526X

Volume 1, Number 25 (2015), 86 – 91

EFFECT OF HEPTYLE LOWCONCENTRATIONS ON GROWTH INDICATORS OF WHEAT SEEDLINGS

Shayakhmetova I.Sh., Boribay E.S.

Abstract In the article the effect of asymmetrical dimethylhydrazine and its derivative nitrosodimethylamine on germination and growth of wheat cultivar Omskaya 9 seedlings is shown. The 1,1-dimethylhydrazine concentration 10^{-3} M cause the slightly decreasing of wheat seeds germination rate and roots and shoot elongation.

Keywords: 1,1-dimethylhydrazine, NDMA, heptyl, components of liquid rocket fuels, *Triticum aestivum*.

УДК 631.4; 633.11

ВЛИЯНИЕ ГЕПТИЛАНИЗКИХ КОНЦЕНТРАЦИЙ НА РОСТОВЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ ПРОРОСТКОВ ПШЕНИЦЫ

Шаяхметова И.Ш., Борибай Э.С.

Алматинский технологический университет,
КазЭУ им. Т. Рыскулова, г. Алматы

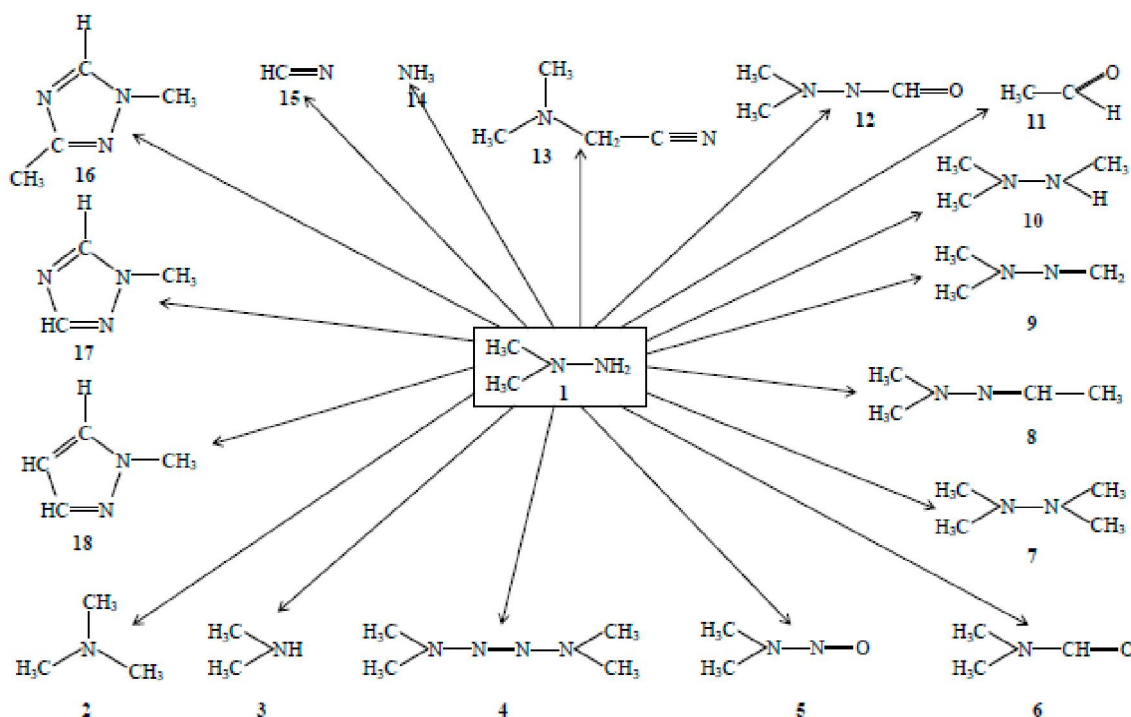
Аннотация. Цель исследования - изучить влияние низких концентраций 1,1-диметилгидразина (1,1-ДМГ) и нитрозодиметиламина (НДМА) на рост и развитие пшеницы. Объектом служили проростки пшеницы с. Омская-9. Для исследований взяты 1,1 – диметилгидразин и нитрозодиметиламин в концентрациях – 10^{-6} М, 10^{-5} М, 10^{-4} М, 10^{-3} М.

Ключевые слова: 1,1-диметилгидразин (НДМГ), нитрозодиметиламин (НДМА), гептил, компоненты жидких ракетных топлив, мембрана, мутаген, микробиота, экосистема, *Triticum aestivum*.

На значительных территориях Центрального Казахстана наблюдаются ландшафтные загрязнения ракетным топливом. Действительно, химическое загрязнение окружающей среды компонентами жидких ракетных топлив (КЖРТ) создает экологические проблемы в Казахстане. Повышенное содержание компонентов жидких ракетных топлив в воде, в растениях представляют угрозу здоровью человека. Среди видов жидкого ракетного топлива наиболее токсичным является несимметричный диметилгидразин (НДМГ), относящийся к группе канцерогенных и мутагенных агентов первого класса опасности[1-3].

Действие 1,1-ДМГ на растения очень мало изучено. Не учитывается также и то, что значительная часть зерновых полей Казахстана находится под влиянием трасс космических полетов. Одновременно растительный покров входит в факторы, определяющие интенсивность выноса и рассеивания компонентов ракетного топлива. Исследованиями выявлены существенные видовые различия в накоплении растениями НДМГ. Его содержание в злаках составило 35% от пробданного семейства, в сложноцветных – 42%, в маревых – 50% [1,2]. Растения также являются промежуточным звеном переноса ксенобиотиков в организм животных и человека. Высокая реакционная способность НДМГ обуславливается образованием различных продуктов его трансформации. Некоторые из них превосходят его по токсичности. НДМГ и продукты его трансформации способны накапливаться и длительное время (до 30 лет) сохраняться в местах аварийных проливов[4,5], делая загрязненные участки опасными для жизни.

Попадая в почву, НДМГ окисляется с образованием различных токсичных химических соединений как линейного, так и циклического строения (рисунок 1).



1,1-диметилгидразин, 2-триметиламин, 3-диметиламин, 4- 1,1,4,4-тетраметилтетразен, 5- N-нитрозодиметиламин, 6- N, N-диметилформамид, 7-тетраметилгидразин, 8- диметилгидразон ацетальдегида, 9-1,1-диметилгидразон формальдегида, 10- триметилгидразин, 11-ацетальдегид, 12-1-формил-2,2-демилгидразин, 13-ацетонитрилдиметиламина, 14- аммиак, 15- синильная кислота, 16- 1,3-диметил-1Н-1,2,4-триазол, 17- 1-метил-1Н-1,2,4-триазол, 18- 1-метил-1Н-пиразол.

Рисунок 1 - Основные продукты трансформации 1,1-диметилгидразина в почве [3]

Гидразин образует взрывоопасные смеси с воздухом и O_2 , способен к воспламенению в присутствии асбеста, угля, оксидов Cu, Fe, Hg и др.; в воздухе при температуре вспышки $270^\circ C$ (в чистом O_2 и в присутствии металлов и их оксидов температура вспышки понижается) [14].

Из огромного числа производных гидразина изучены только 100, из которых 40 вредны для здоровья людей, а 20 обладают канцерогенными свойствами для животного организма [15, 16].

Исследование поглощения и влияния 1,1-ДМГ и НДМА на растения, а также разработка методов восстановления загрязненных химическими веществами почв являются актуальными вопросами Казахстана.

Однако наряду с вредным влиянием этих веществ показано, что 1,1-ДМГ как углерод- и азотсодержащее соединение оказывает в умеренных дозах стимулирующее воздействие на микробиоту почвенно-растительной системы [7].

В связи с этим целью наших исследований было изучить влияние низких концентраций 1,1-диметилгидразина и НДМА на рост и развитие пшеницы.

Объект и методы исследования

Объектом служили проростки пшеницы с. Омская - 9. Для исследований взяты 1,1-диметилгидразин и НДМА в концентрациях – 10^{-6} М, 10^{-5} М, 10^{-4} М, 10^{-3} М. Промытые и дезинфицированные семена пшеницы с. Омская-9 проращивались в чашках Петри на растворах исследуемых веществ при температуре $22-24^\circ C$ в темноте. В одних опытах растения выдерживались на растворах 1,1-диметилгидразин и НДМА в течение 10 дней. В других после второго дня воздействия веществами проростки пшеницы переносились в сосуды с дистиллированной водой и выдерживались при комнатной температуре и на свету до дальнейших исследований. На каждый вариант брали по 30-45 семян (в 2-х параллелях). 1,1-ДМГ использовали

в смеси с 0,1н HCl. Определяли всхожесть семян, количество и длину корней, высоту coleoptилей и первого листа.

Результаты исследования

В результате исследований показано, что 1,1-диметилгидразин только при концентрации (10^{-3} М) снизил степень прорастания пшеницы на 15%, в то время как НДМА (10^{-3} М) вызвал полное торможение прорастания зерен. Как представлено в таблице 1, в первые 2 дня в прорастающих зернах исследуемые вещества не тормозили появление новых корней, однако несколько снизили темп их новообразования.

Таблица 1. Влияние 1,1-диметилгидразина на рост проростков пшеницы

Варианты	Продолжительность, день	Количество корней, шт	Длина зародышевого корня, см	Общая длина корней, см	Высота coleoptили, см
H ₂ O	1	3±0.0	1.7±0.38	4.1±0.79	0.5±0.1
H ₂ O	2	4.0±0.89	4.4±0.95	12.5±2.80	2.9±0.80
H ₂ O	3	5±0.0	6.0±0.73	18.9±2.41	6.8±0.79
НДМГ 10 ⁻⁶ М	1	3±0.0	1.6±0.25	3.9±0.76	0.4±0.21
НДМГ 10 ⁻⁶ М	2	3.3±0.6	2.9±0.95	7.8±2.63	1.6±0.61
НДМГ 10 ⁻⁶ М	3	5±0.0	4.6±1.2	12.9±2.81	5.5±0.96
НДМГ 10 ⁻⁵ М	1	3±0.0	1.3±0.36	3.2±0.87	0.4±0.11
НДМГ 10 ⁻⁵ М	2	3.3±0.57	2.8±0.82	6.9±1.83	1.4±0.58
НДМГ 10 ⁻⁵ М	3	5±0.0	4.4±1.46	12.8±3.65	5.3±1.21
НДМГ 10 ⁻⁴ М	1	3.1±0.31	1.0±0.22	2.7±0.67	0.4±0.14
НДМГ 10 ⁻⁴ М	2	3.2±0.38	2.7±0.91	6.4±1.81	1.1±0.57
НДМГ 10 ⁻⁴ М	3	5±0.0	3.9±0.84	12.6±3.2	4.6±1.79
НДМГ 10 ⁻³ М	1	3.0±0.0	0.9±0.24	2.3±0.65	0.3±0.25
НДМГ 10 ⁻³ М	2	3.1±0.25	1.9±0.53	4.7±1.38	1.0±0.47
НДМГ 10 ⁻³ М	3	4.6±0.74	3.5±0.96	10.7±3.83	3.8±1.79

Примечание: 1,1-ДМГ использовали в смеси с 0,1н HCl.

Так, при обработке семян пшеницы растворами 10^{-5} М и 10^{-6} М НДМГ новые корни появлялись на 17,5% и при больших концентрациях на 20-22% меньше, чем в контрольном варианте. Следует отметить, что при переносе этих растений на воду корнеобразование восстанавливалось до уровня контроля. И только при концентрации 10^{-3} М НДМГ образование корней достигло 92% от контроля. Примечательно, что НДМГ и НДМА (таблица 2) оказали существенный эффект торможения на дальнейший рост корней. Степень сдерживания роста корней зависела от концентрации исследуемых веществ. Так, максимальная длина первого корня проростков пшеницы была ниже в опытном варианте НДМГ 10^{-6} М на 29%, 10^{-5} М и 10^{-4} М – 34-36%, 10^{-3} М – 56%, чем в контроле. Наряду с вредным влиянием этих веществ некоторыми учеными [6,7] показано, что 1,1-диметилгидразин как углерод- и азотсодержащее соединение оказывает в умеренных дозах стимулирующее воздействие на микробиоту почвенно-растительной системы. Однако наши результаты не согласуются с этими данными. Возможно, в исследованиях этих авторов это связано с частичным вымыванием и преобразованием 1,1-ДМГ в почве.

Таблица 2. Влияние однодневного воздействия НДМГ и НДМА на ростовые показатели всходящих проростков пшеницы

Варианты	Продолжительность, день	Количество корней, шт	Длина зародышевого корня, см	Общая длина корней, см	Высота coleoptили, см
H ₂ O	1	3±0.0	1.7±0.38	4.1±0.79	0.5±0.1
НДМГ 10 ⁻⁶ М	1	3±0.0	1.6±0.25	3.9±0.76	0.4±0.21
НДМА 10 ⁻⁶ М	1	3.00±0	1.10±0.19	2.9±0.54	0.33±0.12
НДМГ 10 ⁻⁵ М	1	3±0.0	1.3±0.36	3.2±0.87	0.4±0.11
НДМА 10 ⁻⁵ М	1	3.00±0	1.01±0.18	2.59±0.51	0.37±0.11
НДМГ 10 ⁻⁴ М	1	3.1±0.31	1.0±0.22	2.7±0.67	0.4±0.14
НДМА 10 ⁻⁴ М	1	2.95±0.21	0.80±0.24	2.02±0.72	0.27±0.13
НДМГ 10 ⁻³ М	1	3.00±0.00	0.9±0.24	2.3±0.69	0.3±0.25
НДМА 10 ⁻³ М	1	0	0	0	0

Примечание: 1,1-ДМГ и НДМА использовали в смеси с 0,1н HCl.

Однодневное воздействие показывает снижение длины зародышевого корня при концентрации НДМА 10^{-4} М. Высота coleoptily при всех концентрациях НДМА ниже контроля на 40% в среднем. Примечательно то, что в концентрации НДМА 10^{-3} М полностью тормозит всхожесть семян.

Следует отметить, что и в наших исследованиях показано усиление роста опытных проростков только после переноса их в водную среду. Рост корней при этом в длину усилился во всех опытных вариантах. В вариантах 10^{-6} М и 10^{-5} М он достиг уровня роста корней контроля первого дня, а в варианте 10^{-3} М разница между контролем и опытом была все еще высока и равна 42%. Что касается НДМА, то во всех вариантах наблюдалось торможение роста корней и оно было около 26%. Интересно отметить увеличение роста в длину корней после переноса растений на воду, однако разница между контролем оставалась существенной и длина корней была меньше контроля на 25%, 44% и 59% при воздействии НДМА в концентрациях 10^{-6} М, 10^{-5} М и 10^{-4} М соответственно. Таким образом, темп роста корней не был восстановлен полностью и на воде. Изменения суммарной длины корней также подтверждает торможение роста растений под воздействием 1,1-ДМГ и НДМА.

Таблица 3. Последствие влияния НДМА на рост проростков пшеницы

СССВарианты (М)	Продолжительность, день	Кол-во корней (шт.)	Длина зародышевого корня (см)	Общая длина корней (см)	Высота coleoptily (см)
Вода	1	3.00±0	1.2±0.20	3.08±0.43	0.51±0.08
Вода	2	3.00±0	2.56±0.4	7.05±1.13	1.55±0.2
Вода	3	4.21±0.41	9.31±1.1	30.37±1.44	6.75±1.49
НДМА 10^{-6}	1	3.00±0	1.10±0.19	2.89±0.54	0.33±0.12
Вода (НДМА 10^{-6})	2	3.00±0	1.72±0.49	5.04±1.22	1.10±0.27
Вода (НДМА 10^{-6})	3	4.29±0.46	6.90±1.24	26.80±4.76	6.77±1.01
НДМА 10^{-5}	1	3.00±0	1.01±0.18	2.59±0.51	0.37±0.11
Вода (НДМА 10^{-5})	2	3.02±0.15	1.92±0.47	4.82±0.1.25	1.23±0.26
Вода (НДМА 10^{-5})	3	3.84±0.63	5.24±1.08	20.5±4.27	5.82±1.01
НДМА 10^{-4}	1	2.95±0.21	0.80±0.24	2.02±0.72	0.27±0.13
Вода (НДМА 10^{-4})	2	3.07±0.26	1.68±0.33	4.72±0.93	0.86±0.24
Вода (НДМА 10^{-4})	3	4.00±0.0	3.81±1.18	12.93±3.62	4.82±0.9

Примечание: Вода (НДМА 10^{-6}) – растения после обработки НДМА перенесены на водную среду

Нами было исследовано влияние НДМА на рост надземной части растений. Результаты исследований показали, что рост надземной части также зависит от концентрации исследуемых веществ. При более высоких концентрациях 1,1-ДМГ снижение роста coleoptily составило 44%.

Таким образом, гептил в концентрации 10^{-3} М вызывает некоторое торможение процесса прорастания зерен пшеницы, в то время как нитрозодиметиламин в концентрации 10^{-3} М полностью тормозит прорастание зерен. В первые 2 дня в прорастающих зернах исследуемые вещества не тормозят появление новых корней, однако несколько снижают темп их новообразования. Гептил в концентрации 10^{-3} М снижает рост надземных органов и корней проростков пшеницы, а в концентрации 10^{-4} М только на 10 день снижает суммарную длину всех корней, по сравнению с контрольными растениями. Торможение роста проростков пшеницы при кратковременном действии НДМГ и НДМА в некоторой степени было обратимым. Так, на следующий день, после снятия воздействия исследуемых веществ рост корней и надземной части усиливается, достигая уровня контроля при концентрации 10^{-6} М у нитрозодиметилamina. Однако после действия гептила рост проростков пшеницы не был полностью восстановлен.

Заключение

Исследования влияния 1,1-диметилгидразина и нитрозодиметилamina в интервалах концентрация 10^{-3} М – 10^{-6} М на рост корней, coleoptily первых листьев пшеницы, выращенных в

лабораторных условиях, показали, что 1,1-диметилгидразин при концентрации 10^{-3} М вызывает некоторое торможение процесса прорастания зерен, а также рост корней и надземных органов. Нитрозодиметиламин при концентрации 10^{-3} М полностью тормозит прорастания зерен пшеницы. Также показан обратимый характер торможения роста проростков пшеницы после временного воздействия нитрозодиметиламина и 1,1-диметилгидразина дальнейшего переноса растений на воду. Полученные результаты показывают неоднозначный характер влияния исследуемых веществ на рост различных органов проростков пшеницы. Необходимы дальнейшие более углубленные исследования влияния 1,1 диметлгидразина и НДМА на процессы роста и накопления исследуемых веществ в различных органах растений, влияния этих веществ на перекисное окисление липидов мембран и формирования генеративных органов растений пшеницы.

ЛИТЕРАТУРА

- [1] Касимов Н.С., Гребенюк В.Б., Королева Т.В., Проскуряков Ю.В. Поведение компонентов ракетного топлива в почвах, водах и растениях. Почвоведение, 1994, №9, с. 110-120.
- [2] Ермаков Е.И., Панова Г.Г., Петрова З.М., Остапенко Н.С., Бойцова Л.И., Сизов Г.М., Вашкевич О.В. Влияние несимметричного диметилгидразина на состояние почвенно-растительной системы. В Экологические аспекты воздействия компонентов жидких ракетных топлив на окружающую среду. Санкт-Петербург. 1998. - С.15-19.
- [3] Lars Carlsen, Bulat N. Kenessov, Svetlana Ye. BatyrbekovaA QSAR/QSTR study on the human health impact of the rocket fuel 1,1-dimethyl hydrazine and its products // Journal «Environmental toxicology and pharmacology». - 2009. - P.1-9.
- [4] Греков А.П., Веселов В.Я. Физическая химия гидразина. Киев: Наук думка. 1979. 263 с.
- [5] Белов А.А. К вопросу о токсичности и опасности гидразина и его производных.// Современные проблемы токсикологии – 2000, №1 – С.28-32.
- [6] Ергожин Е.Е., Соломин В.А., Якунов В.В. Химико - экологический мониторинг объектов окружающей среды - одно из основных направлений изучения экологических аспектов влияния космодрома «Байконур» // Вестник КарГУ. Серия биологии, медицины и географии. -2001.- № 1 (21) – С. 93-96.
- [7] Экологические проблемы и риски воздействия ракетно-космической техники на окружающую среду. Справочное пособие. Под ред. Адушкина В.В. и др. «Анкил». М, 2000. 144-149 с.
- [8] Пимкин В.Г., Сулима Т.А., Коновалова Т.В., Александрова Н.С. Влияние несимметричного диметилгидразина на почвенно-растительный комплекс. «Сборник Тезисов научных докладов VI международной конференции» Экология и развитие Северо-Запада России. Санкт-Петербург. С 167-168.
- [9] Нечипуренко С.В., Шилина Ю.А., Ефремов С.А., Наурызбаев М.К. Флотационное обогащение шунгитовых пород Казахстана // Химический журнал Казахстана. - 2006.- № 3 (12). – С. 219-224
- [10] Жайсаңбаев Г. Байқоңыр және гарыштық ұшырылымдарының экологиялық зардаптары. Дүние, 2003. - №5
- [11] Mexquita R., Picarra B., Saldanha C., Martins de Silva J. Nitric oxide effects on human erythrocytes structural and functional properties –an in vivo study // Clin. Hemorheol.Microcirc. - 2002. Vol. 27. № 2. - P. 137-147.
- [12] Toimela T., Tahti Y. Cytotoxicity of mercury and aluminum in vitro blood-brain barrier system // Toxicol. Lett. - 2002.- Vol.135.-P. 147-148.
- [13] Xia Haiyan., Vinson Andrea., Dike Laura E. Rapid analysis of hepatocyte toxicity // Drug Metab. Rev. - 2003. - №35. - P. 206.
- [14] Ворожейкин А.П., Королева Т.В., Проскурова Ю.В., Пузанов А.В. Поведение несимметричного диметилгидразина в ландшафтах районов падения остаточных частей ракет-носителей, стартующих с космодрома «Байконур» // Сибирский экологический журнал, 2001. - №2. - С.167-173.
- [15] Муравлева Л.Е., Кулмагамбетова И.Р., Терехин С.П. Влияние несимметричного диметилгидразина на морфологию печени растущих животных, получающих рацион с низким содержанием белка и высоким содержанием жира // Успехи соврем.естествознания. - 2008. -Т.8. -С.62.
- [16] Hussain S.M., Frazier J.M. Cellular toxicity of hydrazine in primary rat hepatocytes // Toxicol. Sci. - 2008. –V. 69. - 424-432.

REFERENCES

- [1] Kasimov N.S., Grebenyuk V.B., Koroleva T.V., Proskuriakov Yu.V. The behavior of propellant components in soil, water and plants. Soil, 1994, №9, p. 110-120.
- [2] Yermakov Ye.I., Panova G.G., Petrov Z.M., Ostapenko N.S., Boytsova L.I., Sizov G.M., Vashekevich O.V. Influence of unsymmetrical dimethylhydrazine on the state of the soil-plant system. In the environmental aspects of the impact of components of liquid rocket fuels on the environment. St. Petersburg. 1998. - p.15-19.
- [3] Lars Carlsen, Bulat N. Kenessov, Svetlana Ye. BatyrbekovaA QSAR / QSTR study on the human health impact of the rocket fuel 1,1-dimethyl hydrazine and its products. Journal «Environmental toxicology and pharmacology». - 2009. - P.1-9.
- [4] Grekov A.P., Veselov V.Ya. Physical chemistry of hydrazine. Kiev: Nauk Dumka. 1979. 263 p.
- [5] Belov A.A. On the issue of toxicity and hazards of hydrazine and its derivatives. Modern problems of toxicology - 2000, №1 - p.28-32.

- [6] Yergozhin Ye.Ye., Solomin V.A., Yakunov V.V. Chemical - ecological monitoring of the environment - one of the main environmental aspects of the study of the influence of the spaceport "Baikonur". Bulletin of KarSU. Series of biology, medicine and geography. -2001.- № 1 (21) - P. 93-96.
- [7] Environmental problems and risks of impacts rocket and space technology on the environment. Reference manual. Ed. Adushkin V.V. et al., "Ankil". M, p.144-149 2000. p.
- [8] Pimkin V.G., Sulima T.A., Konovalova T.V., Alexandrova N.S. Influence of unsymmetrical dimethylhydrazine on soil-plant complex. "The book of abstracts of scientific papers of the VI International Conference" Ecology and development of the North-West of Russia. St. Petersburg. p.167-168.
- [9] Nechipurenko S.V., Shilina Yu.A. Yefremov S.A., Nauryzbayev M.K. Flotation of shungite of Kazakhstan. Chemical Journal of Kazakhstan. - 2006.- № 3 (12). - P. 219-224.
- [10] Zhaysanbayev G. Launches from the Baikonur space station and environmental consequences. The world, 2003 - N.5
- [11] Mexquita R., Picarra B., Saldanha C., Martins de Silva J. Nitric oxide effects on human erythrocytes structural and functional properties –an in vivo study // Clin. Hemorheol.Microcirc. - 2002. Vol. 27. № 2. - P. 137-147.
- [12] Toimela T., Tahti Y. Cytotoxicity of mercury and aluminum in vitro blood-brain barrier system // Toxicol. Lett.- 2002.- Vol.135.-P. 147-148.
- [13] Xia Haiyan., Vinson Andrea., Dike Laura E. Rapid analysis of hepatocyte toxicity // Drug Metab. Rev. - 2003. - №35. - P. 206.
- [14] Vorozheikin A.P., Koroleva T.V., Proskurova Yu.V., Puzanov A.V. The behavior of unsymmetrical dimethylhydrazine in landscapes areas falling residual parts of rockets launched from the "Baikonur". Siberian Journal of Ecology, 2001. - №2. - p.167-173.
- [15] Muravleva L.Ye., Kulmagambetova I.R., Teriokhin S.P. Influence of unsymmetrical dimethylhydrazine on the morphology of the liver growing animals fed a diet low in protein and high in fat. Advances of modern natural science. - 2008. - V.8. - p.62.
- [16] Hussain S.M., Frazier J.M. Cellular toxicity of hydrazine in primary rat hepatocytes // Toxicol. Sci. - 2008. -V. 69. - 424-432.

ГЕПТИЛДІҢ ТӨМЕН КОНЦЕНТРАЦИЯЛАРЫНЫҢ БИДАЙ ӨСКІНІНІҢ ӨСУ КӨРСЕТКІШТЕРІНЕ ӘСЕРІ

Шаяхметова И.Ш., Борибай Э.С.

Аңдатпа Мақалада 1,1-диметилгидразин және оның туындысы нитрозодиметиламиннің Омск-9 бидай сортының өсу көрсеткіштеріне ықпалы туралы қарастырылған. 1,1-диметилгидразин 10^{-3} М концентрациясында бидай дәнінің өну қабілетін, сонымен қатар, тамыр, жерүсті мүшелерінің өсу деңгейін тежейтіні байқалды. Нитрозодиметиламин 10^{-3} М концентрацияда дәннің өну қабілетін толықтай тежейді. Алайда, өнген дәндерді су ортаға ауыстырғанда, өскіннің өсуі қайта реттеле бастайтындығы анықталды.

Кілт сөздер: 1,1-диметилгидразин (НДМГ), нитрозодиметиламин (НДМА), гептил, зымыран сұйық отынының компоненттері, мембрана, мутаген, микробиота, экожүйе, *Triticum aestivum*.

Поступила 15.01.2015