

УДК 633.11 .575.24 .631.528  
DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-5-1897-1901

## ЧАСТОТА И СПЕКТР ХРОМОСОМНЫХ АБЕРРАЦИЙ ПОСЛЕ ВОЗДЕЙСТВИЯ НЕКОТОРЫМИ ХИМИЧЕСКИМИ МУТАГЕНАМИ

© Н.Н. Назаренко

Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет  
49600, Украина, г. Днепр, ул. Сергея Ефремова, 25  
E-mail: nik\_nazarenko@ukr.net

Данное исследование было проведено для установления характера действия химических мутагенов (1,4-бисдиазоацетилбутан (ДАБ), диметилсульфат (ДМС)) и взаимосвязи между природой мутагена и хромосомными абберациями на клеточном уровне. Сухие семена 8 сортов пшеницы мягкой озимой были замочены в растворе ДАБ 0,1 и 0,2 %, ДМС 0,0125, 0,025 и 0,05 % соответственно. Исследована частота и спектр хромосомных аббераций. Установлена взаимосвязь между методом получения сорта, природой мутагена и изменениями на клеточном уровне, выраженная в виде уменьшения частоты аббераций при действии ДАБ, в случае создания сорта с помощью ДАБ или, в меньшей степени, при действии как ДАБ, так и ДМС на оба сорта, созданных с помощью химического мутагенеза вообще.

*Ключевые слова:* пшеница; химический мутагенез; хромосомные абберации

### ВВЕДЕНИЕ

Применение химических мутагенов получило широкое распространение в инструментальной мутационной селекции. Особенно эффективным стало применение веществ, относящихся к классу супермутагенов [1–3].

К методическим вопросам при использовании данного (да и любого другого) типа мутагенеза относятся особенности генотип-мутагенного взаимодействия [4–5]. В случае с химическими мутагенами это взаимодействие приобретает решающее значение в том плане, что, в отличие от физических, они имеют ярко выраженную специфичность действия в зависимости от определенного локуса ДНК [6–7]. Следовательно, эффективность в индукции общей частоты и отдельных типов мутаций у химических мутагенов напрямую зависит не только и не столько от концентрации или экспозиции (тем более, что в этом случае масштабные исследования давно проведены, и некие оптимальные значения давно получены [4]), но прежде всего от генотипа исходного материала [8–9].

В данном исследовании в качестве дифференцирующего фактора использовались особенности методов селекции при получении исходного генотипа [9].

Поскольку многими исследователями до нас обосновано, что хромосомные абберации являются довольно надежными показателями факта мутагенного воздействия, а отчасти даже и его специфичности, мы использовали их в качестве показателя на первом этапе наших исследований [10–13].

В данной работе представлены результаты по индукции частоты и спектра хромосомных аббераций в клетках пшеницы мягкой озимой различных сортов в первом поколении после факта мутагенного воздействия ( $M_1$ ) [9; 14].

Целью исследований являлось установление специфичности генотип-мутагенного взаимодействия в

зависимости от мутантного (изучалась зависимость частоты и спектра перестроек от природы воздействовавшего мутагена), мутантно-рекомбинантного (аналогично) и рекомбинантного методов селекции при получении исходного сорта.

### МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Для обработки использовали сухие семена следующих сортов пшеницы: мягкой озимой (далее в скобках метод получения сорта) Фаворитка, Ласуня, Хуртовына (облучение исходного материала гамма-лучами), линия 418, Колос Мироновщины (гибридизация), Сонечко (химический мутагенез, НДММ 0,005 %) и Калинова (химический мутагенез, ДАБ 0,1 %), Волошкова (термомутагенез). Использовались концентрации ДАБ (1,4-бисдиазоацетилбутан) – 0,1 и 0,2 % и ДМС (диметилсульфат) – 0,0125, 0,025 и 0,05 %. Экспозиция мутагенов составила 18 ч. Данные концентрации и экспозиция являются оптимальными для селекционного процесса, что было неоднократно установлено ранее.

Цитологический анализ проводили стандартным методом на временных давленных препаратах, окрашенных ацетокармином. Проводили мацерацию тканей 45 % раствором уксусной кислоты [15–16].

Математическую обработку полученных результатов проводили по методу дисперсионного анализа, достоверность разницы средних оценивали по критерию Стьюдента, группировку по характеру воздействия проводили методом кластерного анализа [17]. Использовали стандартный инструментальный программы Statistica 8.0.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты по частоте хромосомных аббераций представлены в табл. 1. Как мы видим из табл. 1, все

варианты со статистической достоверностью отличались друг от друга и от контроля.

Для упрощения схемы статистического анализа варианты были разбиты на группы по видам мутагена, и изучались сначала существенность отличия от контроля варианта с наименьшей дозой мутагена, а потом отличия вариантов внутри группы (табл. 1). Частота хромосомных aberrаций под действием мутагенов варьировала от 3,3 % (сорт Калынова, ДАБ 0,1 %) до 29,98 % (линия 418, ДМС 0,05 %). В целом ДАБ индуцирует намного меньше хромосомных aberrаций, чем ДМС, что в принципе согласуется с более ранними данными.

Мы видим, что у сорта Калынова, созданного при воздействии ДАБ, частота aberrаций существенно снижена по сравнению с остальными сортами под действием того же мутагена. У сорта Сонечко, созданного также при воздействии химического мутагена, однако иной природы, в целом частота несколько ниже, однако это далеко не так явно выражено, и в отдельных вариантах других сортов различия со схожими вариантами сорта Сонечко могут быть несущественными, хотя определенная специфичность все же есть. Что касается ДМС, то мы видим, что снижение частоты aberrаций у сортов, созданных с помощью химического мутагенеза, по сравнению с другими сортами происходит явно только при использовании критической дозы.

Таким образом, из табл. 1 ясно видно, что воздействие химического мутагена, качественно иного, при повторном действии на сорта, созданные химическим мутагенезом, имеет свою специфичность только при использовании более высоких доз, нежели оптимальные для селекционной практики. При использовании же оптимальных доз существенных различий не отмечено. В то время как использование того же класса мутагенов (учитывая также и данные о применении алкилмочевин, опубликованные ранее) приводит к существенному снижению частоты хромосомных aberrаций и, возможно, сокращению частоты и обеднению спектра мутаций.

В табл. 2 представлены результаты по спектру мутантных aberrаций. При этом в целом мы находим, что специфичность полученных данных наблюдается только в преобладании хромосомных aberrаций по типу фрагмент над мостами, что и ранее отмечалось в наших исследованиях [9]. Также стоит отметить расширение спектра при увеличении концентрации мутагенов [3].

В результате проведенного кластерного анализа были четко выделены по линии итерации четыре группы. К первой группе относится сорт Волошкова, полученный с помощью термомутагенеза (по-видимому, это объясняется качественно иной природой использованного мутагена и, как следствие, высокой нестабильностью таких генотипов). Во вторую и третью группы

Таблица 1

Частота хромосомных aberrаций  $M_1$  пшеницы мягкой озимой

Вариант	Митозов в стадии анафазы	Всего aberrаций		Митозов в стадии анафазы	Всего aberrаций	
		шт.	%		шт.	%
Фаворитка				418		
Контроль	984	19	1,93 ± 0,31	962	11	1,14 ± 0,11
ДАБ 0,1 %	912	54	5,92 ± 0,69*	1024	41	4,01 ± 0,64*
ДАБ 0,2 %	1007	102	10,13 ± 1,03*	984	88	8,99 ± 0,88*
ДМС 0,0125 %	1001	127	12,69 ± 1,14*	850	85	10,00 ± 0,98*
ДМС 0,025 %	911	174	19,09 ± 1,33*	939	178	18,96 ± 1,38*
ДМС 0,05 %	564	147	26,06 ± 1,64*	1009	302	29,98 ± 1,87*
Ласуныя				Хуртовына		
Контроль	1056	15	1,42 ± 0,19	1034	12	1,16 ± 0,11
ДАБ 0,1 %	1033	57	5,52 ± 0,69*	1017	61	6,00 ± 0,74*
ДАБ 0,2 %	1020	104	10,19 ± 1,06*	994	111	11,17 ± 1,05*
ДМС 0,0125 %	1004	100	9,96 ± 0,92*	1010	110	10,89 ± 1,02*
ДМС 0,025 %	1017	163	16,02 ± 1,28*	895	161	17,99 ± 1,39*
ДМС 0,05 %	717	166	23,14 ± 1,49*	581	142	24,44 ± 1,59*
Сонечко				Волошкова		
Контроль	1026	8	0,78 ± 0,04	1003	31	3,09 ± 0,34
ДАБ 0,1 %	1003	58	5,78 ± 0,33*	1014	81	7,99 ± 0,80*
ДАБ 0,2 %	984	85	8,64 ± 0,51*	979	139	14,20 ± 1,11*
ДМС 0,0125 %	1014	101	9,96 ± 0,98*	1016	104	10,23 ± 1,01*
ДМС 0,025 %	985	145	14,72 ± 1,14*	892	153	17,16 ± 1,30*
ДМС 0,05 %	509	99	19,45 ± 1,31*	511	129	25,25 ± 1,49*
Калынова				Колос Мироновщины		
Контроль	1047	9	0,86 ± 0,11	909	10	1,10 ± 0,13
ДАБ 0,1 %	1003	33	3,30 ± 0,14*	1003	58	5,78 ± 0,73*
ДАБ 0,2 %	1013	77	7,60 ± 0,43*	1014	104	10,26 ± 1,02*
ДМС 0,0125 %	1010	101	10,00 ± 1,01*	1040	124	11,92 ± 1,08*
ДМС 0,025 %	917	157	17,12 ± 1,24*	892	173	19,40 ± 1,46*
ДМС 0,05 %	649	137	21,11 ± 1,41*	639	177	27,70 ± 1,74*

Примечание: \* – статистически достоверно при  $t_{0,05}$ .

Таблица 2

## Спектр хромосомных aberrаций

Вариант	Фрагменты (одинарные +двойные)		Мосты (хромосомные + хроматидные)		Фрагмен- ты/мосты	Другие (микроядра, отстаю- щие хромосомы)		Две и более	
	шт.	%	шт.	%		шт.	%	шт.	%
Сорт Фаворитка									
Контроль	4,00	21,05	14,00	73,68	0,29	1,00	5,26	1,00	5,26
ДАБ 0,1%	41,00	75,93	13,00	24,07	3,15	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,2%	69,00	67,65	30,00	29,41	2,30	3,00	2,94	0,00	0,00
ДМС 0,0125%	65,00	51,18	60,00	47,24	1,08	2,00	1,57	8,00	6,30
ДМС 0,025%	74,00	42,53	81,00	46,55	0,91	19,00	10,92	19,00	10,92
ДМС 0,05 %	72,00	48,98	63,00	42,86	1,14	12,00	8,16	41,00	27,89
Сорт 418									
Контроль	6,00	54,55	5,00	45,45	1,20		0,00	2,00	18,18
ДАБ 0,1%	29,00	70,73	11,00	26,83	2,64	1,00	2,44	0,00	0,00
ДАБ 0,2%	58,00	65,91	27,00	30,68	2,15	3,00	3,41	0,00	0,00
ДМС 0,0125%	49,00	57,65	30,00	35,29	1,63	6,00	7,06	8,00	9,41
ДМС 0,025%	89,00	50,00	76,00	42,70	1,17	13,00	7,30	21,00	11,80
ДМС 0,05 %	137,00	45,36	141,00	46,69	0,97	24,00	7,95	43,00	14,24
Сорт Ласуня									
Контроль	4,00	26,67	11,00	73,33	0,36	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,1%	37,00	64,91	17,00	29,82	2,18	3,00	5,26	0,00	0,00
ДАБ 0,2%	68,00	65,38	36,00	34,62	1,89	0,00	0,00	2,00	1,92
ДМС 0,0125%	47,00	47,00	51,00	51,00	0,92	2,00	2,00	8,00	8,00
ДМС 0,025%	84,00	51,53	73,00	44,79	1,15	6,00	3,68	17,00	10,43
ДМС 0,05 %	88,00	53,01	76,00	45,78	1,16	2,00	1,20	21,00	12,65
Сорт Хуртовина									
Контроль	7,00	58,33	5,00	41,67	1,40	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,1%	34,00	55,74	27,00	44,26	1,26	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,2%	59,00	53,15	52,00	46,85	1,13	0,00	0,00	4,00	3,60
ДМС 0,0125%	53,00	48,18	55,00	50,00	0,96	2,00	1,82	9,00	8,18
ДМС 0,025%	78,00	48,45	74,00	45,96	1,05	9,00	5,59	27,00	16,77
ДМС 0,05 %	71,00	50,00	60,00	42,25	1,18	11,00	7,75	38,00	26,76
Сорт Сонечко									
Контроль	6,00	75,00	2,00	25,00	3,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,1%	41,00	70,69	17,00	29,31	2,41	0,00	0,00	4,00	6,90
ДАБ 0,2%	63,00	74,12	22,00	25,88	2,86	0,00	0,00	8,00	9,41
ДМС 0,0125%	56,00	55,45	43,00	42,57	1,30	2,00	1,98	12,00	11,88
ДМС 0,025%	60,00	41,38	66,00	45,52	0,91	19,00	13,10	34,00	23,45
ДМС 0,05 %	41,00	41,41	35,00	35,35	1,17	23,00	23,23	54,00	54,55
Сорт Волошкова									
Контроль	16,00	51,61	13,00	41,94	1,23	2,00	6,45	5,00	16,13
ДАБ 0,1%	51,00	62,96	30,00	37,04	1,70	0,00	0,00	3,00	3,70
ДАБ 0,2%	86,00	61,87	52,00	37,41	1,65	1,00	0,72	7,00	5,04
ДМС 0,0125%	50,00	48,08	48,00	46,15	1,04	6,00	5,77	14,00	13,46
ДМС 0,025%	65,00	42,48	64,00	41,83	1,02	24,00	15,69	41,00	26,80
ДМС 0,05 %	59,00	45,74	60,00	46,51	0,98	10,00	7,75	40,00	31,01
Калынова									
Контроль	2,00	22,22	7,00	77,78	0,29	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,1%	18,00	54,55	15,00	45,45	1,20	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,2%	34,00	50,75	33,00	49,25	1,03	0,00	0,00	0,00	0,00
ДМС 0,0125%	59,00	58,42	40,00	39,60	1,48	2,00	1,98	12,00	11,88
ДМС 0,025%	88,00	56,77	64,00	41,29	1,38	3,00	1,94	26,00	16,77
ДМС 0,05 %	80,00	58,39	46,00	33,58	1,74	11,00	8,03	38,00	27,74
Сорт Колос Мыроновщины									
Контроль	5,00	50,00	5,00	50,00	1,00	0,00	0,00	0,00	0,00
ДАБ 0,1%	38,00	65,52	20,00	34,48	1,90	0,00	0,00	2,00	3,45
ДАБ 0,2%	61,00	58,65	37,00	35,58	1,65	6,00	5,77	14,00	13,46
ДМС 0,0125%	61,00	49,19	59,00	47,58	1,03	4,00	3,23	17,00	13,71
ДМС 0,025%	80,00	46,24	85,00	49,13	0,94	8,00	4,62	22,00	12,72
ДМС 0,05 %	87,00	49,15	83,00	46,89	1,05	7,00	3,95	19,00	10,73

попали оба сорта, полученные с помощью химического мутагенеза. То есть ясно видно специфичность сродства генотипа и того фактора мутагенеза, с помощью которого он был создан. При этом также показана и зависимость от конкретного химического соединения. Все остальные сорта попали в четвертую группу.

Между частотой хромосомных aberrаций и концентрацией мутагена была найдена корреляция на уровне 0,6–0,7.

### ВЫВОДЫ

Таким образом, можно считать, что в результате исследований установлено, что специфичность воздействия мутагена при создании конкретного генотипа находит свое отображение и при действии тем же мутагеном на данный генотип в случае ДАБ (проявляется в виде снижения частоты aberrаций у сорта Калынова), а также существенно, хотя и не настолько, влияет на воздействие этим мутагеном на генотип, созданный тоже при действии химического фактора, но иной природы (снижения частоты aberrаций у сорта Сонечко). При этом ничего такого не наблюдается при использовании генотипов, полученных с помощью гамма-лучей или методами рекомбинатной селекции.

Этот эффект подтвердил и проведенный кластерный анализ.

При исследовании спектра мы не нашли ничего, что указывало бы на какую-либо специфику, кроме того, что соотношение мостов и фрагментов при действии химических мутагенов данной природы смещается в пользу фрагментов.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Hossain M.F., Alam M.S.* Effect of gamma irradiation on the callus, developed from indica rice // *Pakistan Journal of Biological Sciences*. 2001. № 6. P. 670-671.
2. *Karthika I.R., Subba B.* Effect of Gama Rays and EMS on Two varieties of Soybean // *Asian Journal of Biological Sciences*. 2006. № 5. P. 721-724.
3. *Назаренко Н.Н.* Особенности мутагенной депрессии под действием нитрозоалкильных агентов // *Машиностроение и безопасность жизнедеятельности*. 2015. Вып. 4. С. 62-65.
4. *Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagava H.* Plant Mutation breeding and Biotechnology. Washington: IAEA Publishing, 2011. 595 p.
5. *Назаренко Н.Н.* Особенности негативных последствий мутагенного воздействия // *Экологическая генетика*. 2015. Т. 13. Вып. 4. С. 25-26.
6. *Rank J., Lopez L.C., Nielsen M.H.* Genotoxicity of maleic hydrazide, acridine and DEHP in Allium cepa root cells performed by two different laboratories // *Hereditas*. 2002. № 136. P. 13-18.
7. *Grant W.F., Owens E.T.* Chromosome aberration assays in Pisum for the study of environmental mutagens // *Mutat. Res.* 2001. № 488. P. 93-118.
8. *Корогодина В.Л., Пантелеев А. С., Ганичева И.И.* Влияние мощности дозы гамма-облучения на митоз и адаптивный ответ клеток первичных корней проростков гороха // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 1998. Т. 38. Вып. 5. С. 643-649.
9. *Назаренко Н.Н.* Особенности воздействия гамма-лучей на хромосомный аппарат клетки на примере пшеницы мягкой озимой // *Вестник Тамбовского государственного университета. Серия Естественные и технические науки*. Тамбов, 2015. Т. 20. Вып. 2. С. 449-452.
10. *Гераськин А.С., Дикарев В.Г., Дикарева Н.С.* Влияние раздельного радиоактивного и химического загрязнения на выход цитогенетических нарушений в интеркалярной меристеме ярового ячменя // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2002. Т. 42. Вып. 4. С. 364-368.
11. *Егоров Е.В.* Аналогия биологического действия сверхмалых химических и физических доз // *Радиационная биология. Радиоэкология*. 2003. Т. 43. Вып. 3. С. 261-264.
12. *Huaili Q., Lanming X., Fei H.* Biological effect of the seeds of Arabidopsis thaliana irradiated by MeV protons // *Radiation Effects & Defects in Solids*. 2005. № 160. P. 131-136.
13. *Lifang W., Zengliang Y.* Radiobiological effects of a low-energy ion beam on wheat // *Radiat. Environ Biophys*. 2001. № 40. P. 53-57.
14. *Nazarenko M.* Relationships between chromosomal aberrations frequency and initial material genotype after mutagen treatment // *Revue Ecologie-Environnement*. 2015. № 11. P. 40-43.
15. *Natarajan A.T.* Chromosome aberrations: Plants to human and feulgen to FISH // *Current Science*. 2005. № 89. P. 335-340.
16. *Rakhmatullina E.M., Sanamyan M.F.* Estimation of efficiency of seed irradiation by thermal neutrons for inducing chromosomal aberration in M<sub>2</sub> of cotton *Gossypium hirsutum* L. // *Russian Journal of Genetics*. 2007. № 43. P. 518-524.
17. *Клекка У.Р.* Дискриминантный анализ. Факторный, дискриминантный, кластерный анализ. М.: Финансы, 1989. 189 с.

Поступила в редакцию 17 мая 2016 г.

Назаренко Николай Николаевич, Днепропетровский государственный аграрно-экономический университет, г. Днепр, Украина, кандидат биологических наук, доцент кафедры селекции и семеноводства, e-mail: nik\_nazarenko@ukr.net

### Информация для цитирования:

*Назаренко Н.Н.* Частота и спектр хромосомных aberrаций после воздействия некоторыми химическими мутагенами // *Вестник Тамбовского университета. Серия Естественные и технические науки*. Тамбов, 2016. Т. 21. Вып. 5. С. 1897-1901. DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-5-1897-1901.

Nazarenko N.N. Chastota i spektr khromosomnykh aberratsiy posle vozdeystviya nekotorymi khimicheskimi mutagenami [Rate and spectra of chromosomal aberrations after action of some chemical mutagens]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki – Tambov University Review. Series: Natural and Technical Sciences*, 2016, vol. 21, no. 5, pp. 1897-1901. DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-5-1897-1901. (In Russian).

UDC 633.11 .575.24 .631.528  
DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-5-1897-1901

## RATE AND SPECTRA OF CHROMOSOMAL ABERRATIONS AFTER ACTION OF SOME CHEMICAL MUTAGENS

© N.N. Nazarenko

Dnepropetrovsk State Agrarian-economic University  
25 Sergey Efremov St., Dnepr, Ukraine, 49600  
E-mail: nik\_nazarenko@ukr.net

This study was carried out to determine chemical mutagens effect (1,4-bis-diazotsetilbutan (DAB), dimethylsulphat (DMS) and interaction between mutagen nature and chromosomal aberrations on cells level. Dry seeds of 8 varieties of winter wheat were soaked in solution with DAB 0.1 and 0.2 %, DMS 0.0125, 0.025 and 0.05 % respectively. The frequency and spectra of chromosomal aberration have been investigated. Relationships between method of variety breeding, nature of mutagen factor and changes on cell level have been identified. It is expressed as a decrease in the frequency of aberrations by the action of the DAB when varieties had been created with DAB or, at less level, with DMS and DAB both for two varieties which had been created with chemical mutagenesis generally.

*Key words:* wheat; chemical mutagenesis; chromosomal aberrations

### REFERENCES

1. Hossain M.F., Alam M.S. Effect of gamma irradiation on the callus, developed from indica rice. *Pakistan Journal of Biological Sciences*, 2001, no. 6, pp. 670-671.
2. Karthika I.R., Subba B. Effect of Gama Rays and EMS on Two varieties of Soybean. *Asian Journal of Biological Sciences*, 2006, no. 5, pp. 721-724.
3. Nazarenko N.N. Osobennosti mutagennoy depressii pod deystviem nitrozoalkil'nykh agentov [Specificity of mutagen depression under nitrozoalkyl agents action]. *Mashinostroenie i bezopasnost' zhiznedeyatel'nosti – Engineering industry and life safety*, 2015, no. 4, pp. 62-65. (In Russian).
4. Shu Q.Y., Forster B.P., Nakagava H. *Plant Mutation breeding and Biotechnology*. Washington, IAEA Publishing, 2011. 595 p.
5. Nazarenko N.N. Osobennosti negativnykh posledstviy mutagennogo vozdeystviya [Peculiarities of negative consequences of mutagenic action]. *Ekologicheskaya genetika – Ecological genetics*, 2015, vol. 13, no. 4, pp. 25-26. (In Russian).
6. Rank J., Lopez L.C., Nielsen M.H. Genotoxicity of maleic hydrazide, acridine and DEHP in *Allium cepa* root cells performed by two different laboratories. *Hereditas*, 2002, no. 136, pp. 13-18.
7. Grant W.F., Owens E.T. Chromosome aberration assays in *Pisum* for the study of environmental mutagens. *Mutat. Res.*, 2001, no. 488, pp. 93-118.
8. Korogodina V.L., Panteleev A. S., Ganicheva I.I. Vliyanie moshchnosti dozy gamma-oblucheniya na mitoz i adaptivnyy otvet kletok pervichnykh korney prorostkov gorokha [Influence of doze of gamma radiation on mitosis and conditioning dose of cells of primary root of germinant peas]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya* [Radiation biology. Radioecology], 1998, vol. 38, no. 5, pp. 643-649. (In Russian).
9. Nazarenko N.N. Osobennosti vozdeystviya gamma-luchey na khromosomnyy apparat kletki na primere pshenitsy myagkoy ozimoy [Specifics of gamma rays action on the chromosomes cells at winter wheat sample]. *Vestnik Tambovskogo universiteta. Seriya Estestvennye i tekhnicheskie nauki – Tambov University Reports. Series: Natural and Technical Sciences*, 2015, vol. 20, no. 2, pp. 449-452. (In Russian).
10. Geras'kin A.S., Dikarev V.G., Dikareva N.S. Vliyanie razdel'nogo radioaktivnogo i khimicheskogo zagryazneniya na vykhod tsitogeneticheskikh narusheniy v interkalyarnoy meristeme yarovogo yachmenya [The influence of separate radioactive and chemical pollution on release of cytogenic dysfunction in intercalary meristem of spring barley]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya* [Radiation biology. Radioecology], 2002, vol. 42, no. 4, pp. 364-368. (In Russian).
11. Egorov E.V. Analogiya biologicheskogo deystviya sverkhmalykh khimicheskikh i fizicheskikh doz [Analogy of biologic action of extra small chemical and physical doses]. *Radiatsionnaya biologiya. Radioekologiya* [Radiation biology. Radioecology], 2003, vol. 43, no. 3, pp. 261-264. (In Russian).
12. Huaili Q., Lanming X., Fei H. Biological effect of the seeds of *Arabidopsis thaliana* irradiated by MeV protons. *Radiation Effects & Defects in Solids*, 2005, no. 160, pp. 131-136.
13. Lifang W., Zengliang Y. Radiobiological effects of a low-energy ion beam on wheat. *Radiat. Environ Biophys.*, 2001, no. 40, pp. 53-57.
14. Nazarenko M. Relationships between chromosomal aberrations frequency and initial material genotype after mutagen treatment. *Revue Ecologie-Environnement*, 2015, no. 11, pp. 40-43.
15. Natarajan A.T. Chromosome aberrations: Plants to human and feulgen to FISH. *Current Science*, 2005, no. 89, pp. 335-340.
16. Rakhmatullina E.M., Sanamyan M.F. Estimation of efficiency of seed irradiation by thermal neutrons for inducing chromosomal aberration in M2 of cotton *Gossypium hirsutum* L. *Russian Journal of Genetics*, 2007, no. 43, pp. 518-524.
17. Klekka U.R. *Diskriminantnyy analiz. Faktorny, diskriminantnyy, klasternyy analiz* [Discriminate analysis. Factors, discriminates, cluster type analysis]. Moscow, Finansy Publ., 1989. 189 p. (In Russian).

Received 17 May 2016

Nazarenko Nikolay Nikolaevich, Dnepropetrovsk State Agrarian-Economic University, Dnepr, Ukraine, Candidate of Biology, Associate Professor of Plant Breeding and Seed Department, e-mail: nik\_nazarenko@ukr.net