

УДК 633.11:575.224.

## ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА В РАСШИРЕНИИ ГРАНИЦ ОТБОРА ЦЕННЫХ ГЕНОТИПОВ МЯГКОЙ ЯРОВОЙ ПШЕНИЦЫ (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Рипбергер Е.И., Боме Н.А.

ФГБОУ ГОУ ВПО «Тюменский государственный университет», Тюмень, e-mail:rector@utmn.ru

Целью данного исследования явилось изучение влияния химического препарата на рост, развитие, выживаемость и продуктивность исходных и гибридной ( $F_4$ ) форм, обработанных разными концентрациями диэтиленимид 2-амидопиримидилфосфорной кислоты. Анализ лабораторных и полевых исследований показал необходимость подбора оптимальной концентрации химического мутагена и его неоднородное влияние на показатели роста, развития, биологической устойчивости и продуктивности растений мягкой яровой пшеницы. Выявлена различная чувствительность исследуемых образцов к фосфемиду, что может указывать на генотипические особенности исходных и гибридной ( $F_4$ ) форм. Результаты работы, представленные в статье, могут иметь интерес для практической селекции растений и найти применение при создании исходного материала данной сельскохозяйственной культуры.

**Ключевые слова:** *Triticum aestivum* L., Тюменская область, химический мутагенез, энергия прорастания, полевая всхожесть, биологическая устойчивость, продуктивность, гибридные формы

## APPLICATION OF CHEMICAL MUTAGENESIS TO THE SELECTION OF VALUABLE GENOTYPES OF SOFT SPRING WHEAT (*TRITICUM AESTIVUM* L.)

Ripberger E.I., Bome N.A.

Tyumen State University, Tyumen, e-mail:rector@utmn.ru

The goal of the present work was researching the influence of the concentration of the chemical agent diethylenimid 2-amidopyrimidilfosformoy acid (Phosphemidum) on the growth, the development, the survival, and the productivity of the primary and the hybrid forms ( $F_4$ ) of the studied soft spring wheat. The evaluation of the investigations carried out in the lab and on the field show a varying impact of the afore mentioned chemical agent on the different parameters growth, development, survival, and productivity and underline the necessity to determine the optimal mutagen concentration. Based upon morphometric parameters of the germ as well as the seeds' germination capacity on the field the maximum inhibition of the chemical agent could be determined. In the opposite direction, by looking at the rate of survival of the plants, the disinhibition could be studied. The varying sensitivity of the primary form and ist hybrids ( $F_4$ ) with regards to Phosphemidum is attributed to genotypically specific characteristics. The present work may be relevant and find application for the production of advanced varieties of soft spring wheat.

**Keywords:** *Triticum aestivum* L., Tyumen area, chemical mutagenesis, germinative energy, germination characteristics, biological resistance, productivity, hybrid

По данным ООН, за последние 100 лет средняя температура земной поверхности возросла на 0,75 °C [10]. Исследователи О.Д. Сиротенков и В.Н. Павлова из Всероссийского научно-исследовательского института сельскохозяйственной метеорологии сообщают о возможности положительного и отрицательного влияния на окружающую среду повышения температуры, сопровождающегося изменением годовой и суточной амплитуды. Например, авторы называют увеличение продолжительности безморозного периода как положительный фактор, а повышение температуры в период налива и созревания зерна, ведущего к сокращению данных периодов и соответственно уменьшению урожайности, отрицательным [9]. В соответствии со сценарием глобального развития, составленного межправительственной группой экспертов по изменению климата «АИФ» (предусматривает высокие темпы экономического роста при интенсивном использовании ископаемого топлива), Все-

российским НИИ сельскохозяйственной метеорологии, предложена динамика отклонения урожайности зерновых культур при изменении климата в федеральных округах России от современного уровня. Из полученных ими данных следует, что в Уральском федеральном округе данный показатель составит на 2030 год 26 % и в 2050 году 38 %. Наиболее оптимальным выходом из складывающейся ситуации являются селекционные работы по созданию генетического материала или сортов, обладающих широким адаптивным потенциалом в меняющихся условиях среды [2].

Идея создания генетического материала, адаптированного под постоянно меняющиеся погодные условия и обладающего качественно новыми селекционно ценными признаками, была и остается ведущей в селекции растений. Одним из способов реализации поставленной задачи, по мнению Иосифа Абрамовича Рапопорта, является химический мутагенез, позволяющий в короткие сроки получить большое разнообра-

зие новых признаков и свойств у мутационного материала [11].

**Целью настоящего исследования** явилось изучение влияния химического препарата на основные показатели роста, развития, выживаемости и продуктивности двух исходных сортов мягкой яровой пшеницы и их гибридного потомства; выявление оптимальной концентрации мутагенного вещества.

### Материалы и методы исследований

В качестве исходного материала в индуцированном мутагенезе принимали участие гибридная (F<sub>1</sub>) комбинация Сага х Скэнт 3, полученная нами методом гибридизации в 2009 году (биостанция Тюменского государственного университета «Озеро Кучак», г. Тюмень) в системе неполных диаллельных скрещиваний, а также родительские формы: Сага (Мексика, из мировой коллекции ВНИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова) и Скэнт 3 (Казахстан, районирован в Тюменской области) [5]. Из вышеназванных образцов отбирали по 50 зерен для каждой из двух концентраций мутагена и контроля. Обработку изучаемого материала диэтиленмид 2-амидопиримидилфосфорной кислотой проводили в лаборатории биотехнологических и микробиологических исследований Тюменского государственного университета. Семена погружали в растворы двух различных концентраций мутагена (0,002%; 0,01%), контроль в дистиллированную воду, экспозиция составила 3 часа. Затем семена промывали 45 минут в проточной воде [1, 6]. Одну часть обработанных семян использовали в лабораторном эксперименте, другую их часть высушивали и хранили до посевного периода.

Химический препарат диэтиленмид 2-амидопиримидилфосфорная кислота, фосфемид или фосфазин (Phosphemidum), – белый кристаллический порошок, растворимый в воде и спирте. Препарат синтезирован по заказу на химическом факультете Московского государственного университета им. Ломоносова.

Для определения энергии прорастания семян, а также морфометрических параметров проростков часть обработанных мутагеном семян и контроль прорастивали в чашках Петри на увлажнённой дистиллированной водой фильтровальной бумаге в соответствии с ГОСТ 12038-84 для мягкой яровой пшеницы [3].

Другая часть семян использована для полевого изучения на биостанции Тюменского государственного университета «Озеро Кучак» в 2013 году. Экспериментальный участок расположен в Нижнетавдинском районе Тюменской области на границе двух агроклиматических зон: подтайги и северной лесостепи. Почва участка окультуренная, дерново-подзолистая супесчаная. Анализ почвенных проб проведён на базе лаборатории «Экотоксикологии» Тобольской комплексной научной станции Уральского отделения РАН. Отбор проб выполнен в соответствии с ГОСТ 28168-89. Валовое содержание элементов в образцах почвы определяли атомно-эмиссионным методом на спектрометре ОРТМА-7000DV. Кислотность в солевой вытяжке почвы экспериментального участка составила 6,6, относится к слабощелочному типу (ГОСТ 26423-85). Содержание гумуса – 3,67%. Сухой

остаток равен 0,47% (норма 0,30%, ГОСТ 26423-85). Определено количество анионов (мг·экв): Cl<sup>-</sup> (ГОСТ 26425-85, п.1) – 0,43±0,00; SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> (ГОСТ 26426-85) – 0,2±0,00; HCO<sub>3</sub><sup>-</sup> (ГОСТ 26424-85) – 0,23±0,01. Катионов (мг·экв): Mg<sup>2+</sup> (ГОСТ 26487-85) – 1,66±0,04; Ca<sup>2+</sup> (ГОСТ 26487-85) – 6,86±0,06. Содержание биогенных веществ (мг/кг): NH<sub>4</sub><sup>+</sup> (ГОСТ 26489-85) – 19,5±0,12; NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (ГОСТ 26107-84) – 9,15±0,73; NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (26488-85) – 18,8±0,32; H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub><sup>-</sup> и HPO<sub>4</sub><sup>-</sup> (ГОСТ 26207-84) – 433,3±34,51. Валовое содержание макро- и микроэлементов (мг/кг): As – 2,09; Ca – 3362,33; Cd – 25,02; Co – 17,52; Cr – 92,27; Cu – 55,41; Fe – 3553,51; Mg – 1125,37; Mn – 382,64; Mo – 68,61; Ni – 61,84; Pb – 38,99; Sr – 29,69; Zn – 402,52.

Посев семян, обработанных различными концентрациями мутагена, и контроль проводили блоками отдельно для каждого образца (M1). При закладке опыта использовали методические указания Всероссийского НИИ растениеводства им. Н.И. Вавилова [4].

Условия 2013 года характеризовались рядом особенностей гидротермического режима. По показателю ГТК Г.Т. Селянинова вегетационный период относился к слабо засушливому (ГТК = 1,19). Сумма активных температур выше 10°C за этот период составила 1847,9°C. Учитывая, что, по данным К.А. Фляксбергера [12], оптимальная сумма активных температур для роста и развития мягкой яровой пшеницы составляет 1500-1750°C, превышение данного показателя равно 97,9°C. В период посева (9.05) и всходов (20.05–23.05.) отмечалось понижение среднесуточной температуры воздуха на 1,6°C по сравнению со средним многолетним значением в сочетании с большим количеством осадков (140,9% к норме). В фазы выход в трубку (16.06) и созревания (1.08-2.09) наблюдалось повышение среднесуточной температуры воздуха и недостаток влаги в июне (0,2°C; 62,0%) и августе (1,4°C; 62,7%), в периоды, очень важные для формирования колоса и налива зерна.

### Результаты исследований и их обсуждение

Впервые применение химического мутагенеза в селекции растений в России предложил И.А. Рапопорт, за что был номинирован на Нобелевскую премию. На сегодняшний день в селекции растений широко применяются мутагены химического характера, ведутся поиски новых химических индукторов мутаций [16].

Авторским коллективом под руководством Н.С. Эйгес получены сорта озимой пшеницы с высокой адаптивной способностью в результате отдалённой гибридизации и химического мутагенеза. За семнадцатилетний период, шесть лет из которых являлись крайне неблагоприятными, удалось доказать преимущество по адаптивным свойствам образцов, полученных с помощью химического мутагенеза. Причинами возникновения высоких адаптивных свойств при химическом мутагенезе авторы называют множественные мутации,

гетерозис и увеличение содержания гетерохроматина в клетке [15].

Успех в получении мутаций и жизнеспособных мутантов при индуцированном химическом мутагенезе во многом зависит от химического препарата, его концентрации [14, 15]. Диэтиленимид 2-амидопиримидилфосфорная кислота по химическому строению относится к соединениям группы этиленимида и этилендиамина. Соединения данной группы широко известны и интересны своей способностью алкилировать ДНК и белки, вызывая нарушения хромосомного аппарата. Особенностью фосфемиды является присутствие у него двух этилимининных групп и пиримидинового основания. В статье, основанной на многолетних исследованиях Л.И. Вайсфельд цитогенетического действия противоопухолевого препарата фосфемиды, сообщается, что данный препарат способен подавлять митотическую активность и вызывать перестройки в клетках проростков *Crepis capillaris*. При цитогенетическом анализе было установлено, что больше перестроек возникает при большей концентрации препарата, также показано, что высокая концентрация ( $1 \cdot 10^{-2}M$ ) фосфемиды вызвала разрушение веретена деления и множественные разломы хромосом [1, 11]. Большое значение концентрации в работах с сильным химическим мутагеном этиленимином (ЭИ) приводит Н.С. Эйгес, сообщая о наиболее эффективном влиянии низких доз (0,01-0,04%), вызывающих возникновение исключительно генных мутаций и повышающих количество гетерохроматина в клетках, что и является следствием широкого разнообразия, высокой жизнеспособности и продуктивности полученных мутантов. Высокие дозы мутагена (0,09-0,12%, экспозиция 24 часа) в исследованиях, проведенных автором, вызвали повреждение ядерного аппарата клетки (перестройки хромосом и анеуплоидию), хозяйственно ценные признаки при таком способе обработке отсутствовали [17].

Нами проведено изучение чувствительности двух сортов, различающихся по эколого-географическому происхождению, методам создания, принадлежности к ботанической разновидности, и гибрида, полученного от скрещивания этих сортов, к двум концентрациям фосфемиды. При этом активность мутагена определялась по изменчивости в  $M_1$  как популяционных признаков (энергия прорастания, всхожесть семян, выживаемость растений), так и индивидуальных (длина проростков, высота растений, продуктивность).

Л.А. Кротова и другие исследователи сообщают о влиянии химических мутагенов на всхожесть семян, выживаемость и продуктивность растений  $M_1$  в зависимости от мутагена, его концентрации, экспозиции, а также видовой принадлежности и генотипа исследуемых растений [7, 8, 14, 16]. По нашим данным можно судить о неоднозначном влиянии диэтиленимида 2-амидопиримидилфосфорной кислоты на основные морфобиологические признаки образцов мягкой яровой пшеницы.

Изучение чувствительности яровой пшеницы к воздействию мутагена было начато с лабораторных исследований. Биологическая активность мутагена определялась по способности семян к прорастанию, а также по морфометрическим параметрам проростков. Фосфемид оказал ингибирующее действие на показатели энергии прорастания семян. При этом ингибирующий эффект оказался в прямой зависимости от дозы мутагена. Вместе с тем у гибрида Сара х Скэнт 3 отмечен эффект стимуляции, проявившийся в увеличении показателя энергии прорастания на 6% по сравнению с контролем (рис. 1). В.А. Шерер и Р.Ш. Гадиев утверждают о стимулирующем действии химических мутагенов на первых этапах эмбриональной детерминации в развивающихся семенах и стимуляции созидательных градиентов растений. Согласно закону Арндта-Шульца «Arndt-Schulz-Gesetz», слабые раздражения пробуждают деятельность живых элементов, средние усиливают, сильные тормозят, а очень сильные парализуют. Таким образом, слабые концентрации мутагенного вещества могут стимулировать процессы жизнедеятельности растений. Отражение стимулирующего действия различных химических мутагенов на растения нашло в работах А.И. Китаева, Н.С. Эйгес, В.К. Шумного, Л.А. Кротовой и др. [7, 8, 13, 14, 16, 17].

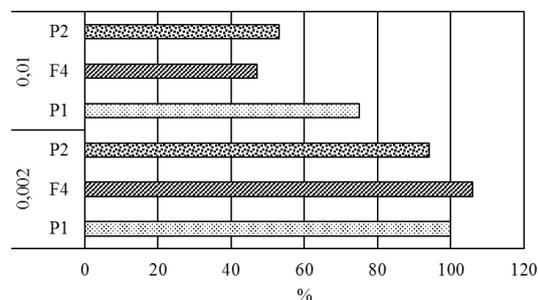


Рис. 1. Влияние фосфемиды на энергию прорастания семян в  $M_1$  (% по отношению к контролю)

Примечание: P1 – Сара; F4 – Сара х Скэнт 3; P2 – Скэнт 3; К – контроль; 0,002 и 0,01% – концентрации фосфемиды

Для полной оценки влияния различных концентраций фосфемиды на рост и развитие родительских и гибридной ( $F_4$ ) форм мягкой яровой пшеницы нами были сняты и изучены морфометрические параметры проростков в лабораторных условиях на третьи сутки. По количеству образовавшихся зародышевых корней низкие показатели в 0,01% концентрации отмечены у сорта Скэнт 3 (47,0% к контролю), остальные образцы характеризовались незначительными изменениями данного признака по отношению к контролю. Резкое снижение длины зародышевых корней выявлено во всех концентрациях мутагена: Сага (0,002% – на 40,0% и 0,01% – на 59,0%), Сага х Скэнт 3

(0,002% – на 25,0% и 0,01% – на 42,0%) и Скэнт 3 (значительные изменения лишь в концентрации 0,01% на 36,0%), наибольшие отклонения зарегистрированы в вариантах с высокими концентрациями фосфемиды. Интересные результаты по изменчивости длины проростка у мексиканского сорта Сага по отношению к разным концентрациям мутагена. Так, при низкой концентрации (0,002%) было отмечено снижение данного показателя на 61,0%, при более высокой его концентрации (0,01%) – лишь на 41,0%. У остальных образцов отмечено резкое отклонение при концентрации 0,01% (Скэнт 3 – 52,0% и Сага х Скэнт 3 – 57,0% по отношению к контролю) (рис. 2).

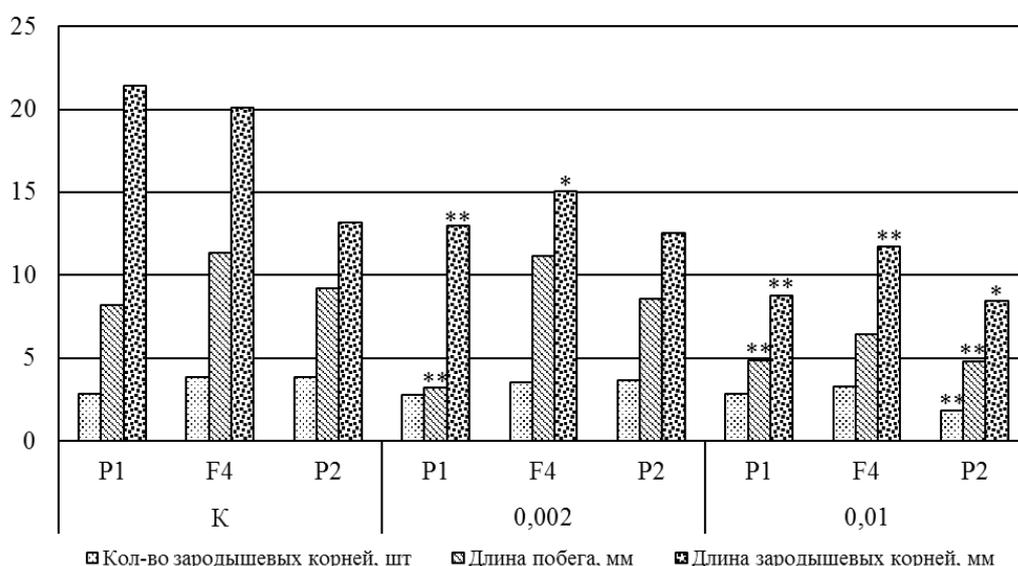


Рис. 2. Изменчивость морфологических признаков проростков яровой пшеницы в лабораторном опыте с применением химического мутагена  
Примечание: различия при сравнении с контролем статистически достоверны: \* при  $P < 0,01$  \*\* при  $P < 0,001$ ; P1 – Сага; F4 – Сага х Скэнт 3; P2 – Скэнт 3; К – контроль; 0,002 и 0,01% – концентрации фосфемиды

В полевых исследованиях 2013 года сильное снижение показателей полевой всхожести (Сага – 37% и Скэнт 3 – 65%) и биологической устойчивости (Сага – 27% и Скэнт 3 – 55%) было отмечено у родительских форм, обработанных фосфемидом в 0,01%-ной концентрации. При низкой концентрации значительных отклонений данных показателей от контроля не обнаружено. Ярко выраженный стимулирующий эффект выживаемости растений по отношению к контролю отмечен у гибридной комбинации на 14,0% (0,002%) и 80,0% (0,01%). Полевая всхожесть у данного образца во всех концентрациях мутагена оказалась ниже контроля (0,002% – на 33,0% и 0,01% на 10%) (рис. 3).

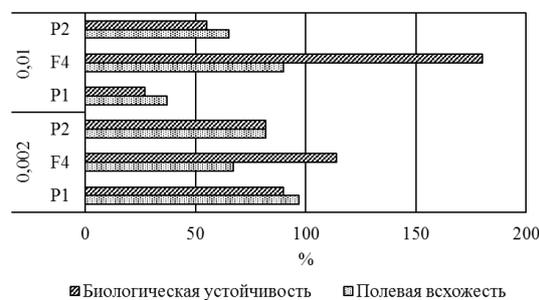


Рис. 3. Влияние фосфемиды на полевую всхожесть и биологическую устойчивость растений  $M_1$  (% по отношению к контролю)  
Примечание: P1 – Сага; F4 – Сага х Скэнт 3; P2 – Скэнт 3; К – контроль; 0,002 и 0,01% – концентрации фосфемиды

Ингибирующее действие мутагена проявилось и на высоте растений  $M_1$  в полевом опыте. Исследования показали, что увеличение концентрации фосфемиды приводило к замедлению роста растений. Более чувствительным оказался мексикан-

ский сорт Сага, у которого отмечено снижение показателя при изученных концентрациях (0,002 и 0,01 %) на 20,0 % и 77,0 % соответственно. В остальных вариантах отклонения от контроля были недостоверны (рис. 4).

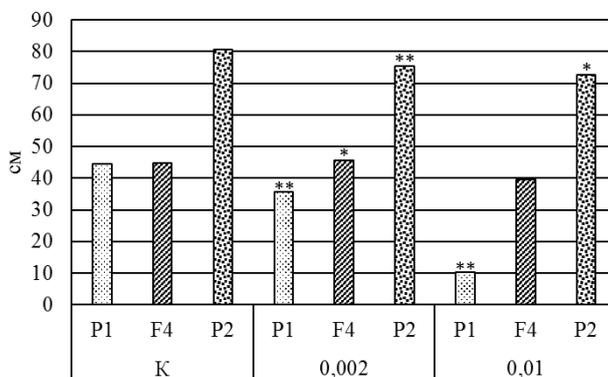


Рис. 4. Высота растений ( $M_1$ ) в зависимости от различных концентраций мутагена (фаза колошения)

Примечание: различия при сравнении с контролем статистически достоверны: \* при  $P < 0,01$  \*\* при  $P < 0,001$ ; P1 – Сага; F4 – Сага х Скэнт 3; P2 – Скэнт 3; К – контроль; 0,002 и 0,01% – концентрации фосфемиды

Воздействие различных концентраций фосфемиды на продуктивность исследуемых образцов оказалось неодинаковым. Концентрация мутагена 0,01 % имела стимулирующее влияние на данный показатель у гибридной комбинации Сага х Скэнт 3 – на 16,0%,

у сортов Сага и Скэнт 3 отмечалось резкое снижение семенной продуктивности – на 67,0% и 57,0% при сравнении с контролем. Реакция яровой пшеницы на действие химического препарата в меньшей концентрации была менее выраженной (рис. 5).

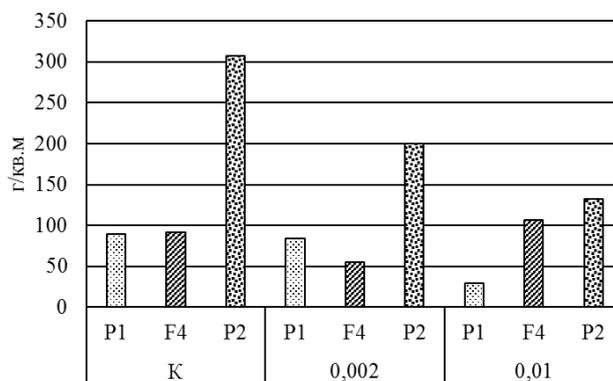


Рис. 5. Продуктивность яровой пшеницы  $M_1$  в вариантах опыта с применением химического мутагена

Примечание: P1 – Сага; F4 – Сага х Скэнт 3; P2 – Скэнт 3; К – контроль; 0,002 и 0,01% – концентрации фосфемиды

Такое распределение данных может говорить о низкой чувствительности к мутагенному соединению гибридной ( $F_4$ ) формы Сага х Скэнт 3 и высокой чувствительности сортов Сага и Скэнт 3. Неодинаковая реакция родительских и гибридной ( $F_4$ ) формы на воздействие фосфемидом указывает на генотипические особенности исследуемого материала.

### Заключение

На основании полученных нами данных можно сделать заключение о неоднозначном влиянии различных концентраций диэтиленимид 2-амидопиримидилфосфорной кислоты на показатели энергии прорастания, морфометрические параметры проростков, полевой всхожести, высоты растений, био-

логической устойчивости и продуктивности различных сортов и гибрида мягкой яровой пшеницы. По морфометрическим параметрам проростков и полевой всхожести семян выявлено максимальное ингибирующее действие химического препарата, наибольший стимулирующий эффект отмечен по показателю выживаемости растений.

Изученные образцы проявили различную чувствительность к воздействию химического мутагена, что может указывать на генотипические особенности исследуемого материала и необходимость тщательного изучения и подбора концентраций мутагенного вещества – фосфемиды. Выявлено, что созданная нами гибридная комбинация Сага х Скэнт 3 обладает меньшей чувствительностью к мутагену по сравнению с родительскими формами.

В целом данная работа направлена на изучение эффективности использования мутагенного агента в нескольких дозах для расширения генетического разнообразия растений и реального увеличения возможности отбора, которые можно значительно повысить при сочетании рекомбинационной и мутационной изменчивости.

#### Список литературы

1. Вайсфельд Л.И. Цитогенетическое действие противоопухолевого препарата фосфемиды // *Фундаментальные науки и практика*. – 2010. – Т. 1, №3. – С. 3–6.
2. Официальный сайт: Всероссийский НИИ сельскохозяйственной метеорологии. – URL: <http://www.agromet.ru/index.php?id=77> (дата обращения: 16.04.2014).
3. ГОСТ 12038–84 Семена сельскохозяйственных культур. Методы определения всхожести. – М.: СТАНДАРТИНФОРМ, 2011. – 29 с.
4. Градчанинова О.Д. Методические указания по изучению мировой коллекции пшеницы. – Л.: ВИР, 1987. – 28 с.
5. Дорощев В.Ф., Лаптев Ю.П., Чекалин Н.М. Цветение, опыление и гибридизация растений. – М.: Агропромиздат, 1990. – 144 с.
6. Зоз Н.Н. Методика использования химических мутагенов в селекции сельскохозяйственных культур // *Мутационная селекция*. – М.: Наука, 1968. – С. 217–230.
7. Китаев А.И. Изучение действия химических мутагенов на рост и развитие сорго в М1 // *Сборник научно-исследовательских работ аспирантов и молодых ученых*. – 1972. – №4. – С. 18–24.
8. Кротова Л.А. Химические мутагены как фактор получения различных мутаций у яровой мягкой пшеницы // *Вестник Алтайского государственного аграрного университета*. – 2009. – №9. – С. 12–15.
9. Методы оценки последствий изменения климата для физических и биологических систем; под ред. С.М. Семенова. – М.: Росгидромет, 2012. – 511 с.
10. Официальный сайт: Организация объединенных наций. URL: <http://www.un.org/ru/climatechange/changes.shtml> (дата обращения: 16.04.2014).
11. Рапопорт И.А. Открытие химического мутагенеза: Избранные труды. – М.: Наука, 1993. – 304 с.
12. Фляксберггер К.А. Пшеницы. – М.; Л.: Сельхозгиз, 1938. – 296 с.
13. Шерер В.А., Гадиев Р.Ш. Применение регуляторов роста в виноградоводстве и питомниководстве. – Киев: Уражай, 1991. – 112 с.
14. Шумный В.К., Чекуров В.М., Сидорова К.К. Генетические методы в селекции растений. – Новосибирск: Наука. Сиб. отд.-ние, 1992. – 296 с.

15. Эйрес Н.С., Волченко Г.А., Кузнецова Н.Л. Химический мутагенез И.А. Рапопорта в создании признаков высоких адаптивных и высоких хлебопекарных свойств у озимой пшеницы // *Проблемы и перспективы современной науки*. – 2011. – Т. 3, №1. – С. 114–120.

16. Эйрес Н.С. Историческая роль Иосифа Абрамовича Рапопорта в генетике. Продолжение исследований с использованием метода химического мутагенеза // *Вавиловский журнал генетики и селекции*. – 2013. – Т. 17, №1. – С. 162–172.

17. Martius F. Das Arndt-Schulz Grundgesetz. Muench Med Wschr, 1923, Vol. 70, pp. 1005–1006.

#### References

1. Vaysefeld L.I. *Fundamentalnye nauki i praktiki*, 2010, Vol. 1, No. 3, pp. 3–6.
2. Russia Institut of Agricultural Meteorology, Available at: <http://www.agromet.ru/index.php?id=77> (accessed 16 April 2014).
3. GOST 12038–84 Semena selskokhozyaystvennykh kultur. Metody opredeleniya vskhzhesti [Seeds of crops. Methods of determination of germination]. Moscow, Standartinform, 2011. 29 p.
4. Gradchaninova O.D. Metodicheskie ukazaniya po izucheniyu mirovoy kolleksii pshenitsy [Methodical instructions on studying of a world collection of wheat]. Saint Petersburg, VIR, 1987. 28 p.
5. Dorofeev V.F., Lapteva I.M., Chekalin I.M. Tsvetenie, opylenie i gibridizatsiya rasteniy [Blossoming, pollination and hybridization of plants]. Moscow, Agropromizdat, 1990. 144 p.
6. Zoz N.N. *Mutatsionnaya selektsiya*, 1968, pp. 217–230.
7. Kitaev A.I. *Sbornik nauchno-issledovatel'skikh rabot aspirantov i molodykh uchenykh* [Collection of scientific and research works of graduate students and young scientists], 1972. no. 4, pp. 18–24.
8. Krotova L.A. *Vestnik Altayskogo gosudarstvennogo agrarnogo universiteta*, 2009, no. 9, pp. 12–15.
9. Semenov S.M. *Metody otsenki posledstviy ismeneniya klimata dlya fizicheskikh i biologicheskikh sistem* [Methods of the assessment of consequences of climate change for physical and biological systems]. Moscow, Rosgidromet, 2012. 511 p.
10. United Nations, Available at: <http://www.un.org/ru/climatechange/changes.shtml> (accessed 16 April 2014).
11. Rapoport I.A. *Otkrytie khimicheskogo mutagenеза: Izbrannye trudy* [Opening of a chemical mutagenesis: Chosen works]. Moscow, Nauka, 1993. 304 p.
12. Flyagsberger K.A. *Pshenitsy* [Wheat]. Moscow, Selkhozgiz, 1938. 296 p.
13. Sherer V.A., Gadiev R.Sh. *Primenenie regulyatorov rosta v vinogradovodstve i pitomnikovodstve*. Kiev, Urozhay, 1991. 112 p.
14. Shumnyy V.K., Chekurov V.M., Sidorov K.K. *Geneticheskie metody v selektsii rasteniy* [Genetic methods in selection of plants]. Novosibirsk, Nauka. Sib. Otdelenie, 1992. 296 p.
15. Eyges N.S., Volchenko G.A., Kuznetsova N.L. *Problemy i perspektivy sovremennoy nauki*, 2011, Vol. 3, No. 1, pp. 114–120.
16. Eyges N.S. *Vavilovskiy zhurnal genetiki i selektsii*, 2013, Vol. 17, No. 1, pp. 162–172.
17. Martius F. *Das Arndt-Schulz Grundgesetz*. Muench Med Wschr, 1923, Vol. 70, pp. 1005–1006.

#### Рецензенты:

Белкина Р.И., д.с.-х.н., профессор кафедры технологии производства, хранения и переработки продукции растениеводства ФГБОУ ВПО «Государственный аграрный университет Северного Зауралья», г. Тюмень;

Пак И.В., д.б.н., заведующий кафедрой экологии и генетики ФГБОУ ВПО «Тюменский государственный университет Минобрнауки России», г. Тюмень.

Работа поступила в редакцию 04.06.2014.