

Оригинальные статьи / Original articles

<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-24-30>
УДК 635.262:631.528.1

В.И. Немтинов*, Ю.Н. Костанчук

ФГБУН «Научно-исследовательский институт сельского хозяйства Крыма»
Россия, 295493 г. Симферополь,
ул. Киевская, 150

*Автор для переписки: nemtin2@mail.ru

Вклад авторов: Все авторы участвовали в планировании и постановке эксперимента, а также в анализе экспериментальных данных и написании статьи.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Для цитирования: Немтинов В.И., Костанчук Ю.Н. Оценка мутагенных образцов чеснока озимого. Овощи России. 2023;(3):24-30.
<https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-24-30>

Поступила в редакцию: 02.05.2023

Принята к печати: 26.05.2023

Опубликована: 09.06.2023

Victor I. Nemtinov*, Yulia N. Kostanchuk

FSBSI "Research Institute of Agriculture of Crimea"
150, Kievskaya str., Simferopol, 295043, Russia

*Correspondence Author: nemtin2@mail.ru

Conflict of interest: The authors declare that they have no conflict of interest.

Authors' Contribution: All authors contributed to the planning and setting up the experiment, as well as in the analysis of experimental data and writing of the article.

For citations: Nemtinov V.I., Kostanchuk Yu.N. Evaluation of mutagenic samples of winter garlic. Vegetable crops of Russia. 2023;(3):24-30. (In Russ.) <https://doi.org/10.18619/2072-9146-2023-3-24-30>

Received: 02.05.2023

Accepted for publication: 26.05.2023

Published: 09.06.2023

Оценка мутагенных образцов чеснока озимого



Резюме

Актуальность. Использование химического мутагенеза на чесноке актуально для создания новых форм со стабильными признаками, лучшими биохимическими качествами, повышенной урожайностью, с целью использования в селекционной практике.

Результаты. Оценивалась реакция чеснока, обработанного двумя химическими мутагенами: ДЭС (диэтилсульфат) – 0,025; 0,05 и 0,1% (мутанты 2, 3 и 4), а также ДМС (диметилсульфат) – 0,02; 0,04 и 0,08% растворами (мутанты 5, 6 и 7).

Последствие химических мутагенов отмечено при низкой и средней вариабельности признаков во втором–пятом поколении. По низкой изменчивости 1,6–9,4% выделилась высота растений (образцы М 3 и 6), количество листьев (М 5), высота ложного стебля (М 3), диаметр луковиц (М 6), а также по длине листьев и массе луковиц образцы М 3, 5 и 6. Действие мутагенов на морфометрические признаки чеснока также отслежено во второй генерации (повторное выращивание из воздушных луковиц), где отмечены параметры низкой и средней вариабельности признаков. Большинство образцов по 7 признакам отражали низкую изменчивость 5,5–10,0% и только 2 показали среднюю изменчивость 11,4–16,4%: М 6 по высоте растений и ложному стеблю и М 3 – по диаметру луковиц и урожайности. Корреляция между их значением в 5-ом поколении и во 2-й генерации также выявило сильные прямые и средние связи. Высокая наследуемость признаков $h^2 = 0,74–0,99$ по препаратам ДЭС – 0,05%, ДМС – 0,02 и 0,04%, явилась важнейшим показателем отбора ценных признаков.

Ключевые слова: чеснок озимый, популяция, воздушные луковички, химические мутагены, морфометрия, наследуемость признаков

Evaluation of mutagenic samples of winter garlic

Abstract

Relevance. The use of chemical mutagenesis on garlic is relevant for the creation of new forms with stable characteristics, better biochemical qualities, increased yield, for use in breeding practice.

Results. The reaction of garlic treated with two chemical mutagens was evaluated: DES (diethyl sulfate) – 0.025; 0.05 and 0.1% (mutants 2, 3 and 4), as well as DMS (dimethyl sulfate) – 0.02; 0.04 and 0.08% solutions (mutants 5, 6 and 7). The aftereffect of chemical mutagens was noted with low and medium variability of signs in the second–fifth generation. According to the low variability of 1.6–9.4%, the height of plants (samples M 3 and 6), the number of leaves (M 5), the height of the false stem (M 3), the diameter of bulbs (M 6), as well as the length of leaves and the weight of bulbs samples M 3, 5 and 6 were distinguished. The effect of mutagens on morphometric signs of garlic were also tracked in the second generation (re-growing from air bulbs), where the parameters of low and medium variability of signs are marked. The majority of samples on 7 signs reflected a low variability of 5.5–10.0% and only 2 mutants showed an average variability of 11.4–16.4%: M 6 in plant height and false stem and M 3 in bulb diameter and yield. The correlation between their value in the 5th generation and in the 2nd generation also revealed strong direct and average connections. High heritability of h^2 signs = 0.74–0.99 for DES preparations – 0.05%, VMI – 0.02 and 0.04%, was the most important indicator of the selection of valuable signs.

Keywords: winter garlic, population, air bulbs, chemical mutagens, morphometry, heritability of traits

Введение

Чеснок является одним из полезнейших для здоровья человека продуктом с большим набором целебных свойств, поэтому сортовой набор в реестре селекционных достижений России ежегодно пополняется. Однако из-за разнообразия климатических условий территории России они не могут удовлетворить аридный климат Крыма. Сегодня производству срочно требуется набор 4–5 сортов [1], а посадочный материал следует обновлять чеснока раз в 3–5 лет [2]. Поскольку в России на промышленной основе чеснок выращивается в малых объемах (основное производство сосредоточено в хозяйствах населения), доля импорта на товарном рынке чеснока оценена в 90–98 %. Нестабильная урожайность (связанна с ошибочными методами отбора посадочного материала, вирусные заболевания – желтая мозаика *Lys v*, желтая карликовость *Gys v*, стрик *Oys v* и множество поливирусов) – факторы, влияющие на результат выхода продукции [3,4]. Размножение чеснока через воздушную луковичку с использованием химического мутагенеза это один из путей улучшения сорта и оздоровления посадочного материала.

В процессе размножения чеснока происходит отбор в сторону вегетативного развития и продуктивных форм. Некоторые авторы считают, что промышленная система коммерческого использования ограничивает отбор вида, использования существующей генетической изменчивости индуцированных мутаций, т.е. способ получения новых форм [5]. Применение мутагенов определяет оценку биологических эффектов, влияющих на конкретную клетку или ткань, и зависит от типа мутагена, дозы обработки, что важно для роста и развития растения [6,7]. Однако литературные источники в решении селекционных задач методом химического мутагенеза не раскрывают полноту исследований, это и является новизной в решении проблемы.

Преодолеть тенденцию распространенности малоурожайных популяций чеснока можно при ведении целенаправленной селекции. Стоит задача – изучить изменчивость признаков чеснока озимого с помощью сильных химических мутагенов ДЭС и ДМС, отобрать ценные формы по морфометрии с лучшими хозяйственно ценными признаками и химическим составом для использования в селекции. Значение характера наследуемости морфометрических и хозяйственно ценных признаков определяла степень ассоциации между фено- и генотипическими показателями (селекционными) [8]. Одни количественные признаки имеют низкую наследуемость, другие – относительно высокую [9]. Наследуемость по мнению Leuthoold, Бриггс и Ноулз это важнейший популяционно-генетический параметр отбора [10,11]. Поэтому коэффициент наследуемости, прежде всего дает представление о степени развития данного количественного признака (морфометрии) от условий среды и влияния доз мутагенов. Здесь генетико-математический метод играет важную роль в определении наследуемости признаков [12].

Цель исследований – оценка морфометрических изменений *Allium sativum* L. от воздействия химических мутагенов ДЭС и ДМС, и отбор видимых мутационно-измененных форм с ценными хозяйственными признаками для использования в селекции, создания новых сортов, адаптированных в Крыму.

Материалы и методы

В Институте биологии развития им. Н.К. Кольцова РАН воздушные луковички стрелкующегося чеснока местной популяции (с. Укромное, Республика Крым) в экспозиции 16 часов были обработаны химическими мутагенами первой группы – ДЭС (диэтилсульфат) 0,025%, 0,05 и 0,1%, а также ДМС (диметилсульфат) 0,02%, 0,04 и 0,08% [13]. Эти мутагены легко вступают в реакцию с белковыми молекулами, что проявляет наибольшее количество видимых фенотипических изменений, полученных именно под действием ДМС и ДЭС, что подтверждают и другие исследователи [14, 15]. В контроле группа луковичек в течение 16 часов замачивалась в воде.

Высев обработанных воздушных луковичек в открытый грунт был проведен на опытном участке отдела селекции и семеноводства овощных и бахчевых культур ФГБУН «НИИСХ Крыма» (с. Укромное, Симферопольский р-н) в 1-й декаде ноября 2015 года по схеме 40+25x8 см, т. е. из расчета 384,6 тыс. шт./га. В каждом варианте высевались по 100 воздушных луковичек. Всего в опыте посеяно 700 шт. (при массе 1000 шт. = 35 г) по всем вариантам. Почва представлена южным карбонатным тяжелосуглинистым чернозёмом, механический состав – глинистый, структура комковатая. Наблюдения и отбор измененных форм проводили в течение всего периода вегетации: всходы, листообразование, формирование луковицы, образование цветоносов, уборочная спелость. Анализировали растения по комплексу признаков: высота; количество листьев, их длина и ширина; диаметр и высота ложного стебля; диаметр и масса луковицы; количество зубков и их масса; окраска внешних чешуй луковицы и кожистых чешуй зубков. Биохимический состав определяли по показателям: сухое вещество, сумма сахаров, витамин С и накопление эфирных масел.

В последующие годы продолжалась оценка мутантов, где зубки высаживались по рядовой схеме через 50 см в открытый грунт. В технологии выращивания мутантов чеснока важную роль играли факторы среды – сложение микроклимата, которые оказывали влияние на морфометрические показатели.

Осенне-зимний период 2018–2021 годов от посадки зубков мутантов чеснока озимого М2 (второго) – М5 (пятого) поколений со второй декады ноября до 2–3 декады января укоренение зубков складывалось при положительной температуре воздуха от 2,8 до 6,1°C. Несмотря на кратковременное понижение минимальной температуры воздуха от -0,9 ... до -20,1°C и на поверхности почвы от -0,8 до -22,3°C, и колебаний максимальной температуры воздуха от 6,5 до 28,0°C, и на поверхности почвы от 3,4 до 17,0°C при выпадении осадков от 39 до 56 мм это не препятствовало укоренению и всходам чеснока. В период интенсивного нарастания листьев с февраля по апрель при средней температуре воздуха от 1,0 до 9,7 °C отмечено снижение *min* и повышение *max* температур от -8,6 до -1,9 °C и от 11,9 до 26,4 °C при выпадении осадков от 1,3 мм (в апреле 2019 года) до 80,5 мм (в марте 2020 года).

В период формирования луковиц с 1–2-й декады мая по 3 декаду июня и 1 декаду июля средняя температура воздуха колебалась от 14,4 до 24,3°C при колебаниях *min* и *max* температур соответственно от 3,9 до 15,1°C и

от 21,9 до 37,2°C. Значительные увеличения min и max температур отмечены на почве – от 1,5–3,5°C и 4,9–18,4°C при наличии осадков от 17,5 до 208,5 мм (в 2021 году). По исследованиям Жученко А.А. [16], сорта (в нашем случае мутанты), также отличались по реакции на температурные условия среды. Здесь в основу положена аксиома влияния количественного признака морфометрии и генетически средовых фонов мутагенов.

Растения анализировали в поколениях в 3-х повторностях. Количественный учёт мутаций учитывался способами: 1) отношением морфометрических показателей к контролю; 2) определением коэффициента изменчивости показателей морфометрии к контролю; 3) определением коэффициента корреляции – «длина листа – диаметр луковицы», «длина листа – масса луковицы». Проявления признаков увеличения и низкосредней изменчивости признаков морфометрии отмечали со 2 поколения размножения зубками. За вторую генерацию размножения чеснока принимали метод получения посадочного материала через воздушную луковичку. Оценку признаков корреляции морфометрии чеснока сравнивали в различных поколениях и со второй генерацией. При определении наследуемости признаков использовали «Методику полевого опыта» [17]. Статистическую обработку результатов опыта проводили с использованием пакета Microsoft Office Excel 2010.

Результаты исследований и обсуждение

Оценка характера наследуемости морфометрических признаков и комбинационной способности мутагенных форм является предпосылкой для рационального отбора и прогнозирования эффективности селекции. Коэффициент наследуемости (h^2) является важнейшим генетическим параметром. При составлении h^2

различных количественных признаков в отдельных дозировках мутагенов имелась ввиду двойственность этого коэффициента. С одной стороны, в основу положена аксиома о совместном влиянии на развитие морфометрического признака генетических и средовых факторов – химических мутагенов первой группы, способных переносить алкидные соединения в другие растительные клетки и условий среды. Поэтому этот коэффициент, прежде всего дает представление о степени зависимости данного количественного признака от химических мутагенов и условий среды.

За 2018–2021 гг. контроль чеснока озимого без обработки мутагенами показал сильную наследуемость в потомстве в 5 поколениях по 7 признакам морфометрии (h^2 от 0,81 до 0,99) и среднюю (h^2 от 0,37 до 0,68) по 3-м признакам – по количеству зубков в луковице и урожайности, и длине листьев. Обработка в 3-х концентрациях воздушных луковичек мутагенах ДЭС также показала сильную наследуемость признаков в 5-ти поколениях: по высоте растений, длине листьев, высоте ложного стебля, диаметру луковиц и массе луковиц ($h^2=0,74-0,99$) и в двух концентрациях – по количеству и ширине листьев, диаметру ложного стебля и урожайности ($h^2=0,78-0,97$) (табл. 1).

Обработка воздушных луковиц в 3-х концентрациях мутагеном ДМС показала сильную наследуемость признаков также в 5-ти поколениях: по высоте растений, ширине листьев, высоте ложного стебля и его диаметру, диаметру и массе луковиц и урожайности; в 2-х концентрациях отмечена сильная наследуемость – количество листьев и их длина. Следует отметить, по количеству зубков отмечена средняя наследуемость в контроле по препаратам ДЭС 0,05% и ДМС 0,08% ($h^2=0,43$ и 0,45).

Ежегодно оценивались морфометрические показатели растений. По сравнению с контролем высота

Таблица 1. Наследуемость признаков чеснока от мутагенов и факторов среды, h^2 за 2018–2021 годы
Table 1. Heritability of garlic traits from mutagens and environmental factors, h^2 for 2018-2021

Показатели (см, шт.)	Контроль без обработки	Химические мутагены					
		Препарат ДЭС, %			Препарат ДМС, %		
		0,025	0,05	0,1	0,02	0,04	0,08
Высота растений, см	0,98	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
Количество листьев, шт.	0,81	0,31	0,79	0,84	0,87	0,82	-0,21
Листья длина, см	0,84	0,74	0,98	0,88	0,88	0,90	-0,05
Листья ширина, см	0,61	0,97	0,78	0,63	0,75	0,77	0,77
Высота ложного стебля, см	0,83	0,94	0,99	0,93	0,95	0,89	0,86
Диаметр ложного стебля, см	0,86	0,84	0,88	0,39	0,94	0,87	0,94
Диаметр луковиц, см	0,81	0,96	0,85	0,76	0,87	0,88	0,94
Масса луковицы, г	0,99	0,99	0,96	0,98	0,87	0,95	0,97
Количество зубков в луковице, шт.	0,37	-0,15	0,43	0,12	0,02	-0,21	0,45
Урожайность, кг/м ²	0,68	0,29	0,89	0,95	0,74	0,77	0,86

Таблица 2. Диаметр и масса луковиц чеснока (в 1-м-4-м поколениях)
Table 2. Diameter and weight of garlic bulbs (in the 1st-4th generation)

№ мутанта и концентрация мутагена	Диаметр луковиц и их изменчивость (V, %)				Масса луковиц и их изменчивость (V, %)			
	см	± к st, см	V, %	± к st, %	г	± к st, г	V, %	± к st, %
1 – Контроль (без обработки)	6,6	0,0	8,6	0,0	100,5	0,0	6,0	0,0
2 – 0,025% ДЭС	6,8	+0,2	8,0	-0,6	100,0	-0,5	3,6	-2,4
3 – 0,05% ДЭС	7,2	+0,6	8,4	-0,2	106,6	+6,1	4,6	-1,4
4 – 0,1% ДЭС	6,6	0,0	5,4	-3,2	85,5	-15,0	5,0	-1,0
5 – 0,02% ДМС	7,2	+0,6	7,1	-1,5	104,0	+3,5	3,6	-2,4
6 – 0,04% ДМС	6,6	0,0	4,2	-4,4	90,8	-9,7	5,3	-0,7
7 – 0,08% ДМС	7,2	+0,6	6,1	-2,5	105,2	+4,7	7,2	+1,2
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	6,6	±0,3	6		98,9	±0,4		
V, %			6,8				5,0	

мутантов увеличивалась с возрастанием концентрации обоих мутагенов по препаратам; 0,05% ДЭС на 7,0 см и 0,02–0,08% ДМС на 5–7 см. Результаты статистической обработки подтверждают достоверность средней совокупности высоты данной группы мутантов находясь в интервале 73,2–75,2 см, где концентрации 0,05% ДЭС и 0,04–0,08% ДМС оказались более влиятельными, так как превысили среднюю по варианту ($\bar{x}=71,0$) на 1,2–4,2 см. Остальные имели более низкие значения. Ошибка средней ($S\bar{x}=2,7\%$) и вариабельность были незначительными ($V=5,4\%$). Установлена сильная обратная корреляционная связь – «высота растений – урожайность» при $r=-0,9\dots-1,0$ по образцам №3, 5 и 6, против контроля $r=-0,5$.

Количество листьев, их расположение зависели от высоты растения. Обработка воздушных луковичек различными мутагенами оказала влияние на количество

листьев и их параметр. Средние и высокие дозировки мутагенов – 0,05–0,1% ДЭС и 0,04–0,08% ДМС увеличивали количество листьев 0,4–0,8 шт. на растениях по сравнению с контролем и средним значением вариантов ($\bar{x}=8,8$). Абсолютная ошибка средней равна $S\bar{x}=0,4\%$ при незначительной вариабельности признака ($V=9,6\% \pm 1,7$).

В селекции чеснока важны признаки: высота и диаметр ложного стебля. Концентрации препаратов 0,05% ДЭС и 0,04% ДМС до 9,4% увеличивали высоту и диаметр ложного стебля до 0,7 см, что положительно сказалось на урожайности чеснока. С увеличением концентрации препарата ДМС до 0,04% на 0,9–1,1 см увеличивалась высота ложного стебля по отношению к контролю и совокупной средней вариантов $\bar{x}=11,9$ см, при абсолютной ошибке средней $S\bar{x} \pm 0,4$ и незначительной изменчивости показателя ($V 5,5\%$).

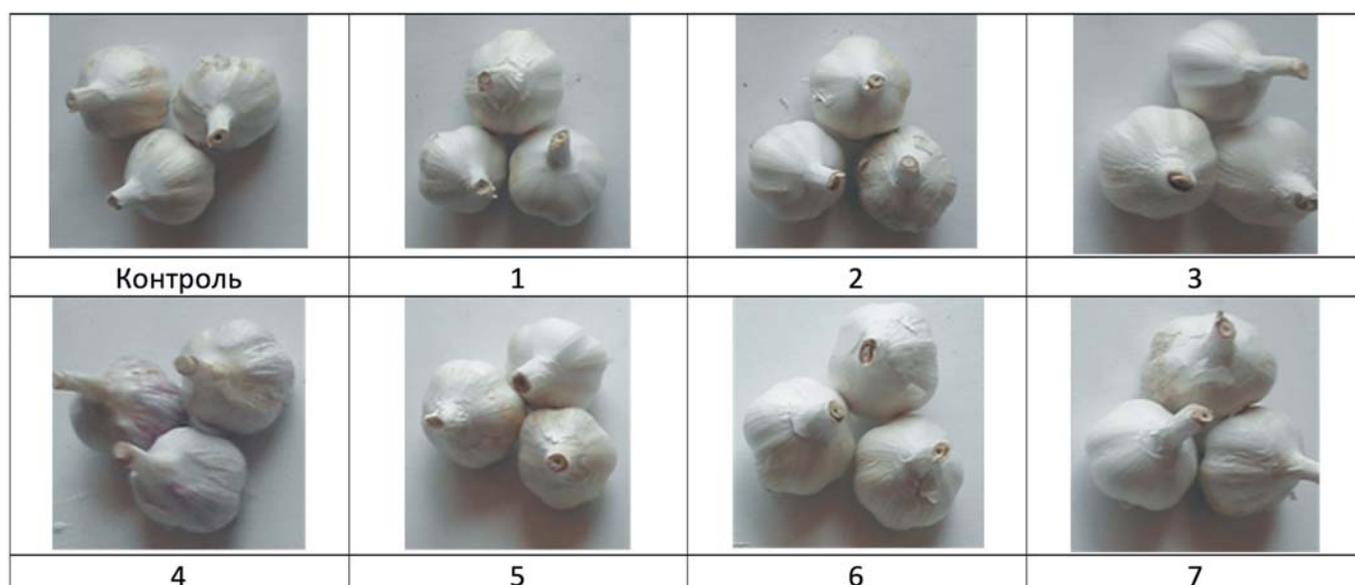


Рис. Мутагенные образцы второго поколения чеснока озимого
Fig. Mutagenic samples of the second generation of winter garlic

Таблица 3. Урожайность чеснока и её изменчивость, кг/м² (в 3-4 поколениях)
Table 3. Garlic yield and its variability, kg/m² (in the 3rd-4th generation)

№ мутанта и концентрация мутагена	2019 год	2020 год	Среднее за 2019-2020 годы	Изменчивость (V, %)
1 – Контроль (без обработки)	1,3±0,1	1,8 ± 0,1	1,6±0,1	7,9
2 – 0,025% ДЭС	1,5±0,0	1,7± 0,2	1,6±0,1	3,7
3 – 0,05% ДЭС	1,6±0,0	2,4± 0,2	2,0±0,1	7,2
4 – 0,1% ДЭС	1,1±0,0	1,8± 0,1	1,4±0,1	4,8
5 – 0,02% ДМС	1,5±0,1	2,2± 0,2	1,8±0,1	3,7
6 – 0,04% ДМС	1,6±0,0	2,0± 0,2	1,8±0,1	7,9
7 – 0,08% ДМС	1,4±0,0	1,6± 0,1	1,5±0,0	4,3
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	1,4±0,1	1,9± 0,2	1,7±0,1	5,6±1,7

Диаметр ложного стебля (л.с.) влияет на прочность стебля и скорость формирования луковицы. Так, в min и max концентрациях ДМС отмечено увеличение диаметра л.с. на 0,5–0,7 см по сравнению с контролем и средним совокупным показателем вариантов $\bar{x}=2,0$ см при абсолютной ошибке средней $S\bar{x} \pm 0,1$ и средней ($V=11\%$); средняя изменчивость диаметра л.с. отмечена также при обработке другими концентрациями препарата ДЭС и в контроле. Установлены сильные корреляционные связи – «высота л.с. и диаметр л.с. – урожайность» при $r = -1,0$ по образцу № 3. Наиболее важными показателями продуктивности являются диаметр и масса луковиц чеснока (табл. 2).

Обработка воздушных луковиц чеснока мутагенами – 0,05% ДЭС, 0,02 и 0,08% ДМС на 9% увеличили диаметр луковиц, где их размер на 0,6 см превышал контроль и среднюю совокупную вариантов $\bar{x}=6,6$ см при ошибке $S\bar{x} \pm 0,3$ и незначительной изменчивости признака ($V=6,8\%$).

Величину урожайности определяла масса луковиц, наибольшую величину показали варианты 3, 5, 7 – 104–107 г препараты с концентрацией – 0,05% ДЭС и 0,02–0,08 ДМС при совокупной средней вариантов $\bar{x}=98,9$ и абсолютной ошибке средней $S\bar{x} \pm 5,4$ при незначительной вариабельности массы луковиц ($V=5,0\%$). Итак, обработка воздушных луковиц мутагенами – 0,05% ДЭС и 0,02...0,04% ДМС не только увеличивала показатели по морфометрии мутантов – высоты растений, количества листьев, изменяла высоту и

диаметр ложного стебля, но увеличивала урожайность на 12,5–25,0% в сравнении с контролем (рис., табл. 3).

Увеличение урожайности на 12,5–25,0% отмечено при обработке 0,05% ДЭС и 0,02...0,04% ДМС, которые превышали контроль и средние значения урожайности вариантов (1,7 кг/м²) в 1,1-1,2 раза. Коэффициенты вариации по урожайности находились в интервале 3,7–7,9% при незначительной средней изменчивости $V=5,6 \pm 1,7$. Установлено, что сильные корреляционные связи $r=0,83-0,97$ – «длина листа – масса луковицы» отмечены у образцов №5 и 7, а также по «длине листа – диаметру луковицы» при $r=0,7-0,99$ в вариантах №2, 4 и 7. Остальные образцы отмечены при низких и средних значениях $r=0,2-0,63$. Последствие химических мутагенов в 2021 году отмечено при низкой и средней вариабельности признаков. По низкой изменчивости 1,6–9,4% выделилась высота растений (мутанты №3 и 6), количество листьев (5), высота ложного стебля (3), диаметр луковиц (6), а также по длине листьев и массе луковиц все мутанты №№ 3,5 и 6. Остальные признаки были в пределах средних значений 10,1–16,6% (табл. 4).

Действие мутагенов на морфометрические признаки чеснока также отслежено на второй генерации в 2021 году (выращивание однозубок из воздушных луковичек), где параметры признаков были более четко выражены (табл. 5).

Отмечена низкая и средняя вариабельность признаков. Большинство мутантов по 7 признакам отра-

Таблица 4. Морфометрия чеснока при последствии мутагенов в 5-ом поколении, 2021 год
Table 4. Morphometry of garlic in the aftereffect of mutagens in the 5th generation, 2021

№ мутанта, концентрация мутагена	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Длина листьев, см	Высота ложного стебля, см	Диаметр луковицы, см	Масса луковицы, г	Урожайность, кг/м ²
1. Контроль (без обработки)	39,1±3,1	6,3±0,3	56,1±2,7	15,1±1,2	6,2±0,3	55,6±2,6	1,5±0,09
3. 0,05% ДЭС	47,3±1,8	7,0±0,6	52,3±0,3	18,3±0,2	6,6±0,0	68,4±1,5	3,4±0,3
5. 0,02% ДМС	40,7±3,1	6,3±0,3	58,7±0,9	13,9±1,2	6,1±0,2	68,7±1,2	2,0±0,05
6. 0,04% ДМС	44,7±2,4	6,0±0,6	57,7±1,7	16,8±1,1	6,0±0,3	60,0±1,9	1,7±0,09
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	42,8±2,6	6,4±0,4	56,2±1,4	16,1±0,9	6,2±0,2	63,1±5,1	2,1±0,1
V, %	11,2	10,9	7,3	10,7	9,2	5,1	9,9
НСР ₀₅							0,34

Таблица 5. Последствие мутагенов при выращивании луковиц из воздушных луковичек чеснока озимого от второй генерации (2021 год)
Table 5. Aftereffect of mutagens in the cultivation of bulbs from air bulbs of winter garlic from the second generation (2021)

№ мутанта, концентрация мутагена	R между значением признаков в 5-ом поколении и во 2-й генерации						
	Высота растений, см	Количество листьев, шт.	Длина листьев, см	Высота ложного стебля, см	Диаметр луковицы, см	Масса луковицы, г	Урожайность, кг/м ²
1. Контроль (без обработки)	45,1±1,6	6,7±0,3	62±2,3	13,8±0,2	6,7±0,4	55±1,2	1,7±0,1
3. 0,05% ДЭС	48,3±0,9	6,7±0,3	58,3±2,0	16,5±0,5	6,3±0,4	66,7±0,7	2,6±0,2
5. 0,02% ДМС	59,3±2,3	7,7±0,3	62,3±2,0	14,5±0,3	6,3±0,2	75,7±1,3	2,8±0,03
6. 0,04% ДМС	55,7±2,2	7,0±0,6	68,0±1,5	16,8±1,6	6,4±0,1	79,7±2,4	3,0±0,09
$\bar{x} \pm S\bar{x}$	52,1±1,8	7,1±0,4	62,7±2	15,4±0,6	6,4±0,3	69,2±1,4	2,5±0,1
V, %	6,8	10,0	5,5	7,1	7,5	4,3	8,6
HCP ₀₅							0,45

Таблица 6. Корреляция признаков чеснока при влиянии мутагенов, 2021 год
Table 6. Correlation of garlic traits under the influence of mutagens, 2021

№ мутанта, концентрация мутагена	R между значением признаков в 5-ом поколении и во 2-й генерации						
	Высота растений	Количество листьев	Длина листьев	Высота ложного стебля	Диаметр луковицы	Масса луковицы	Урожайность
1. Контроль (без обработки)	-0,42	0,99	0,98	-0,65	-0,60	-0,86	-0,95
3. 0,05% ДЭС	-0,75	1,00	0,60	0,94	0,99	-0,85	0,75
5. 0,02% ДМС	0,89	0,87	-0,53	-0,99	-0,97	0,60	0,56
6. 0,04% ДМС	-0,71	0,50	-0,50	0,84	-0,89	0,42	0,76

жали низкую изменчивость 5,5–10,0 и только 4 мутанта показали среднюю изменчивость 11,4–16,4 №6 по высоте растений и ложному стеблю и №3 по диаметру луковиц и урожайности. Определение признаков корреляции между их значением в 5-ом поколении и во 2-й генерации показало сильные прямые и средние связи (табл. 6).

Так, по мутанту 3 из 7 показателей морфометрии 6 значений относились к сильной и прямой связи от -0,75...-0,85 до 1, где признак корреляции длины листьев отмечен в среднем значении $r=0,6$. По мутанту 5 значение 4-х корреляций – высоты растений и ложного стебля, количества листьев и диаметра луковиц были сильными (0,87...-0,99), где остальные связи это длина листьев, масса луковиц и урожайность относились к средним значениям $r = -0,53-0,60$. Мутант 6 также показал стабильные связи по 4-м признакам: это высота растений и ложного стебля, диаметр луковиц и урожайность: - 0,71–0,86...-0,89, остальные показатели были в средних значениях $r = 0,42-0,50$. Контроль также показал сильные связи по 4-м признакам это количество листьев и их длина, масса луковиц и урожайность. Оценка биохимического состава продукции при использовании мутагенов являлась важным показателем в селекции чеснока озимого. Так, по сравнению с контролем в 3-4-ом поколениях отмечено > сухого вещества концентрации ДЭС и ДМС до max на 4,1-9,3%. Здесь различные

концентрации мутагенов не оказали существенного влияния на > витамина С в продукции. В 5-ом поколении подобная тенденция сохранялась только по препарату 0,05% ДЭС. Очевидно большее количество осадков в 5-ом поколении (май – 1 декада июля до 198 мм) и увеличение температуры воздуха более 36°C увеличивало содержание эфирных масел и уменьшало содержание сухого вещества в продукции.

Заключение

1. В селекционном питомнике обработка воздушных луковичек мутагенами 0,05% ДЭС и 0,02; 0,04% ДМС не только увеличивала показатели морфометрии мутантов и высокие корреляции увеличения урожайности чеснока на 27–67% по сравнению с контролем, но и определила высокую наследуемость признаков $h^2=0,7-0,99$.

2. Образцы мутантов от 2-ой генерации № 3, 5, 6 с низкой и средней изменчивостью хозяйственно ценных признаков (урожайность – 2,5-11,5%, масса луковиц – 3,0-5,2%, количество зубков – 12,5-13,9%) и морфометрии (высота растений – 3,1-6,8%, длина листьев – 3,9-5,6%, количество листьев – 8,1-14,9%), и повышенным содержанием общих сахаров (18,5-24,1%) и средним содержанием эфирного масла (0,14-0,34%) рекомендуются для исследования в контрольном питомнике клонов.

Об авторах:

Виктор Илларионович Немтинов – доктор сельскохозяйственных наук, главный научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>,
 автор для переписки, nemtin2@mail.ru

Юлия Николаевна Костанчук – старший научный сотрудник,
<https://orcid.org/0000-0002-3410-6634>, kostanyulya@mail.ru

About the Authors:

Victor I. Nemtinov – Doc. Sci. (Agriculture), Chief Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-2020-200X>,
 Correspondence Author, nemtin2@mail.ru

Yulia N. Kostantchuk – Senior Researcher,
<https://orcid.org/0000-0002-3410-6634>, kostanyulya@mail.ru

• Литература

1. Сыч З.Д. Чеснок: новые перспективы для бизнеса. *Овощеводство*. 2013;(10):15-17.
2. Поляков А.В., Зубалий А.В. К проблеме получения безвирусного посадочного материала чеснока озимого. *Научное обеспечение отрасли овощеводства России в современных условиях*. Сб. науч. тр. Международно научно-практической конференции к 85-летию ВНИИО. М.; 2015. С.328–332.
3. Кокарека Н.Н., Плешакова Т.Н. Вирусы лука и чеснока: диагностика и профилактика. *Картофель и овощи*. 2013;(6):13–14. EDN QZPREH.
4. Налобова В.Л., Купреенко Н.П., Войтехович И.М. Анализ сортообразцов лука репчатого и чеснока озимого на наличие вирусной инфекции. *РУП Сб. науч. тр. Института овощеводства*, Минск. 2013. Т.21. С.142-147.
5. Matijevic M., Bado S., Lagoda P.J.L. and Forster B.P. Impact of Induced Mutations in Plant Breeding. International Conference on Plant Genetics and Breeding Technologies, Vienna, 18-20 February 2013: 45-48 p.
6. Taner Y. and Kunter B. Determining effective radiation mutagen dose for garlic (*Allium sativum* L.). *Bahçe*. 33. 2004:95-99.
7. Хазиева Ф.М., Басалаева И.В., Тоцкая С.А., Грязнов М.Ю., Сидельников Н.И., Бурова А.Е. Влияние химических мутагенов на *Calendula officinalis* L. *Вопросы биологической, медицинской и фармацевтической химии*. 2014;(4):66. EDN STUHSR.
8. Nemtinov V.I., Shirokova A.V., Kostanchuk Yu.N., Pekhova O.A., Timasheva L.A., Belova I.V., Danilova I.L. The paradigm of induced chemical mutagenesis of *Allium sativum* L. *E3S Web of Conferences*. Moscow, 2020: 04024. DOI 10.1051/e3sconf/202022404024. EDN KVIPGI.
9. Robertson D.S. *Genetics*. 1955;(40):745–760.
10. Leuthoold Y. *Areh. Tiezzucht*. 1968. Bd. 2. P.3–25. В кн.: Жученко А.А. Экологическая генетика культурных растений. Кишинев. Изд. «Штиинца». 1980. Гл.4. С. 148-201.
11. Бриггс Ф., Ноулз П. Научные основы селекции растений = Introduction to plant breeding. Москва: Колос, 1972. 398 с.
12. Плохинский Н.А. *Цитология и генетика*. 1971;5(6):665-672.
13. Немтинов, В.И., Широкова А.В. Мониторинг оценки морфометрии чеснока озимого при использовании химических мутагенов. *Бюллетень Государственного Никитского ботанического сада*. 2019;(133):187-194.
14. Roychowdhury R., Tah J. Chemical mutagenic action on seed germination and related agro-metrical traits in M1 *Dianthus* generation. *Current Botany*. 2011;2(8):19–23.
15. Кудина Г.А. Химические мутагены в селекции цветочно-декоративных растений. *Промышленная ботаника*. 2006;(6):116-120. EDN ZCKRJJ.
16. Жученко А.А. Адаптация растений к температуре. *Адаптивный потенциал культурных растений (эколого-генетические основы)*. Кишинев, Изд «Штиинца», 1988. С.220–227.
17. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. Определение коэффициента наследуемости. М: Агрпромиздат, С. 306-313.

• References

1. Sych Z. D. Garlic: new perspectives for business. *Vegetable growing*. 2013;(10): 15–17. (In Russ.)
2. Polyakov A.V., Zubaliy A.V. On the problem of obtaining of non-viral seed material of overwinter garlic. *The scientific support for the vegetable industry of Russia in modern conditions. / Collection of scientific papers based on the International scientific-practical conference dedicated to the 85th anniversary of All-Russian Research Institute of Vegetable Growing*, Moscow: 2015. P. 328-332. (In Russ.)
3. Kokareka N.N., Pleshakova T.N. The viruses of the onion and garlic: diagnostics and preventive measures. *Potato and Vegetables*. 2013;(6):13–14. EDN QZPREH. (In Russ.)
4. Nalobova V.L., Kuprienko N.P., Voitekhovich I.M. Analysis of varieties of onion and winter garlic for the presence of a viral infection. *Collection of scientific works of the Institute of Vegetable growing*. Minsk, 2013; (21):142-147. (In Russ.)
5. Matijevic M., Bado S., Lagoda P.J.L. and Forster B.P. Impact of Induced Mutations in Plant Breeding. International Conference on Plant Genetics and Breeding Technologies, Vienna, 18-20 February 2013. P. 45-48.
6. Taner Y., Kunter B. Determining effective radiation mutagen dose for garlic (*Allium sativum* L.). *Bahçe*. 33. 2004. P.95-99.
7. Haziieva F.M., Basalaeva I. V., Tockaja S. A., Grjaznov M. Ju., Sidel'nikov N. I. and Burova A. E. The effect of chemical mutagens on *Calendula officinalis* L. *Voprosy biologicheskoy, medicinskoj i farmacevticheskoy himii*. 2014;(4):66. EDN STUHSR. (In Russ.)
8. Nemtinov V.I., Shirokova A.V., Kostanchuk Yu.N., Pekhova O.A., Timasheva L.A., Belova I.V. and Danilova I.L. The paradigm of induced chemical mutagenesis of *Allium sativum* L. *E3S Web of Conferences*. Moscow, 2020: 04024. DOI 10.1051/e3sconf/202022404024. – EDN KVIPGI.
9. Robertson D.S. *Genetics*. 1955;(40):745–760.
10. Leuthoold Y. *Areh. Tiezzucht*. 1968. Bd. 2. P.3–25.
11. Briggs F., Knowles P. Scientific foundations of plant breeding = Introduction to plant breeding. Moscow: Kolos, 1972. 398 p. (In Russ.)
12. Plokhinsky N.A. *Cytology and genetics*. 1971;5(6):665-672.
13. Nemtinov V.I., Shirokova A.V. Monitoring of the evaluation of winter garlic morphometry using chemical mutagens. *Bulletin of GNBS*. Yalta. 2019;(133):187-194. (In Russ.)
14. Roychowdhury R., Tah J. Chemical mutagenic action on seed germination and related agro-metrical traits in M1 *Dianthus* generation. *Current Botany*. 2011;2(8):19–23.
15. Kudina G.A. Chemical mutagens in flower-ornamental plant selection. *Industrial Botany*. 2006; (6):116-120. EDN ZCKRJJ. (In Russ.)
16. Zhuchenko A.A. Plant adaptation to temperature. *Adaptive potential of cultivated plants (ecological and genetic basis)*. Chisinau, Publishing House "Shtinitsa", 1988. P. 220-227. (In Russ.)
17. Dospikhov B.A. Methodology of field experience. M.-Agropromizdat, 1985. 306-313 p. (In Russ.)