



БИОМИКА/BIOMICS

<http://biomics.ru>



ПРИМЕНЕНИЕ АЗИДА НАТРИЯ ДЛЯ ХИМИЧЕСКИ ИНДУЦИРОВАННОГО МУТАГЕНЕЗА КУЛЬТУРНЫХ РАСТЕНИЙ

¹Лаштабова С.В., ¹Головина В.Ю., ²Михайлова Е.В., ²Кулуев Б.Р.

¹Башкирский государственный педагогический университет, Уфа,
feuerstrom@mail.ru; belova.vika0107@gmail.com

²Институт биохимии и генетики Уфимского научного центра Российской академии наук, kuluev@bk.ru

Резюме

Одним из наиболее широко используемых в селекции растений мутагенов является азид натрия, который сам или его метаболиты вызывают точечные мутации в геноме, обычно не вызывающие сдвига в рамке считывания генов. В статье представлены примеры использования азид натрия для химически индуцированного мутагенеза таких растений как ячмень обыкновенный, пшеница твердая, овес щетинистый, горох посевной, арахис культурный, кукуруза сахарная, рис посевной, томат культурный, хлопчатник обыкновенный, руккола, коротконожка двухколосковая, подсолнечник однолетний, спатоглоттис складчатый. Отмечается перспективность использования азид натрия не только в селекции растений, но и в фундаментальных исследованиях.

Ключевые слова: азид натрия, индуцированный мутагенез, химический мутагенез, качественные признаки, количественные признаки, селекция

Введение

Азид натрия (NaN_3) – это один из наиболее часто используемых химических мутагенов в селекции растений, который применяется для улучшения свойств культурных растений и приобретения ими новых признаков. Воздействие данного вещества через мутационное влияние на генетический аппарат может способствовать повышению устойчивости растений к неблагоприятным условиям окружающей среды и к патогенам, что приводит к увеличению их урожайности и улучшению количественных признаков (масса растений, количество плодов и т.д.). Азид натрия, как и другие химические мутагены, обуславливает гораздо более высокую частоту мутаций у растений, по сравнению с уровнем случайных мутаций в нормальных условиях, возникающих довольно редко. Азид натрия вызывает замену GC на AT или AT на GC [Till et al., 2007]. При этом мутации обычно точечные и, самое главное, не происходит сдвига рамки считывания, таким образом, синтезированный с измененной последовательности нуклеотидов белок у мутантных растений может сохранять свои

биологические свойства или же отличаться по функциям от белка обычных растений [Bahadur et al., 2015].

Изоэлектрическая точка азид натрия – $\text{pH}=4.8$, а при $\text{pH}=3.0$ в его растворе преобладающим соединением становится азидоводород HN_3 (азотистоводородная кислота). Повышение мутагенности азид натрия в кислой среде обусловлено проникновением через клеточную мембрану незаряженных молекул HN_3 . Основным метаболитом данного вещества является L-азидоаланин ($\text{N}_3\text{-CH}_2\text{-CH(-NH}_2\text{)-COOH}$). Аминогруппа в этом соединении обеспечивает сильный мутагенный эффект. Именно поэтому при обработке семян растений применяют кислые буферные растворы азид натрия, например фосфатный буфер $\text{pH}=3$ [Muthusamy et al., 2005]. NaN_3 не является мутагеном для взрослых особей дрозофилы и для семян *Arabidopsis thaliana*, так как, считается, что у этих организмов отсутствуют ферментативные реакции превращения азид натрия в L-азидоаланин [Gruszka et al., 2008].

Определение дозы химических мутагенов часто производится путем изменения

концентрации и продолжительности воздействия на растения, а также путем изменения уровня pH. Мутагенный эффект азидов натрия может быть увеличен при предварительном проращивании семян [Gruszka et al., 2008]. Химические мутагены – сильные канцерогены, поэтому требуют крайней осторожности при работе с ними и их утилизации [Bahadur et al., 2015].

Несмотря на широкое внедрение в биотехнологию растений современных методов геномной инженерии и геномного редактирования, селекция культурных растений с целью создания их новых сортов несколько не теряет актуальности. Важнейшими методами селекции растений остаются индивидуальный и массовый отбор, а также гибридизация. Однако определенной проблемой для многих культурных растений остается отсутствие высокого уровня генетического разнообразия, необходимого для проведения гибридизации и отбора. Одним из способов повышения генетического разнообразия линий и сортов культурных растений является применение методов индуцированного мутагенеза. При этом наиболее простым и доступным представляется применение различных химических веществ, которые обладают мутагенным эффектом. Данная обзорная статья посвящена рассмотрению некоторых примеров применения одного из самых популярных в селекции растений химических мутагенов – азидов натрия.

Использование азидов натрия для мутагенеза ячменя обыкновенного (*Hordeum vulgare*)

Мучнистая роса – болезнь, сильно повреждающая листья растений, в том числе и листья ячменя. Путем воздействия азидом натрия на различные линии ячменя обыкновенного были вызваны мутации в гене *MLO*, что способствовало повышению устойчивости растений к заболеванию мучнистой росой [Molina-Cano et al., 2003]. Продукт гена ячменя *MLO* – мембранный белок, который препятствует накоплению в зараженной клетке активных форм кислорода. Различные *MLO*-мутанты имеют устойчивость к возбудителю мучнистой росы *Blumeria graminis* f. sp. *hordei*. Устойчивость выражается в отложении полисахаридного барьера в местах внедрения возбудителя и гибели зараженных клеток [Дьяков, 2012].

Также при помощи азидов натрия удалось улучшить такие признаки ячменя, как высота растения, длина колоса, морозоустойчивость и масса зерен. Были получены мутантные линии, подходящие для дальнейшей гибридизации и

выведения новых сортов (M48, M27 и M30) [Dyulgerova, 2012].

Антоцианы – класс окрашенных флавоноидов, обеспечивающих различные цвета органов растений. Антоцианы синтезируются из антоцианидинов после объединения с гликозильной, ацильной и метильной группами в различных комбинациях, что дает растениям различную окраску. Дегидрофлавонол-4-редуктаза часто определяет структуру антоцианидинов, которые накапливаются в различных растениях [Макаревич и др., 2010]. Ячмень используется для производства пива, и антоцианы могут вызвать помутнение продукта. Таким образом, имеет значение получение сортов ячменя, не содержащих антоцианидинов. Ген *An18* кодирует синтез дегидрофлавонол-4-редуктазы, и путем его повреждения, вызванного азидом натрия, удалось получить мутантные линии растений, не содержащие антоцианы [Olsen et al., 1993].

Использование азидов натрия для мутагенеза пшеницы твердой (*Triticum durum*)

Методом химически индуцированного мутагенеза была получена твердая пшеница линии 422. Мутантные растения накапливали на 5 мг/г калия больше и были более солеустойчивы, чем дикого типа. При сильном стрессе, вызванном повышенным содержанием солей, мутантная линия 422 прорастала лучше, чем пшеница дикого типа. Возможность накапливать калий улучшает гидратацию тканей, и содержание воды в листьях мутантных растений было выше, чем в растениях дикого типа. Таким образом, именно способность накапливать калий в больших количествах, вызванная обработкой азидом натрия, обеспечила солеустойчивость мутантной линии 422 твердой пшеницы [Agata et al., 2001].

Использование азидов натрия для мутагенеза овса щетинистого (*Avena strigosa*)

Сапонины – вторичные метаболиты многих растений, которые обнаруживаются и у овса. Мутантные растения *Avena strigosa*, полученные после обработки азидом натрия, не содержали сапонин, так как был нарушен синтез данных веществ, что приводило к заражению растений патогенами. Это позволило сделать вывод о том, что сапонины имеют противогрибковые свойства [Papadopoulou et al., 1996].

Применение азидов натрия для мутагенеза гороха посевного (*Pisum sativum*)

Обработка гороха посевного азидом натрия приводила к мутации, обуславливающей дефицит пиридоксина в растении. Данная мутация оказалась летальной в отсутствие пиридоксина во внешней

среде. Таким образом, эксперимент показал, что мутантная линия гороха была не способна синтезировать собственный пиридоксин и что пиридоксин является важным фактором роста для гороха посевного. Мутантные растения имели гомозиготные рецессивные аллели в локусе *pxd-1*. В целом мутанты были жизнеспособны, фертильны и неотличимы от дикого типа, если извне к ним поступал пиридоксин [Kumar, 1988].

Мутагенное влияние азид натрия на арахис культурный (*Arachis hypogaea*)

Воздействие азид натрия на арахис культурный способно изменить такие признаки, как высота растения, количество побегов, стручков, семян, а также вес семян [Mensah et al., 2007]. Изменения признаков возможны как в положительную, так и в отрицательную стороны. При увеличении концентрации азид натрия снижалась выживаемость растений, таким образом, имеет значение подбор необходимой концентрации азид натрия для обработки растений. При последующей гибридизации и селекции арахиса культурного с улучшенными признаками планируются работы по выведению сортов, имеющих большую хозяйственную ценность [Mensah et al., 2007].

Использование азид натрия для мутагенеза кукурузы сахарной (*Zea mays*)

Паразитическое растение стрига (*Striga hermonthica*) вызывает повреждения кукурузы сахарной, паразитируя на ней, и таким образом снижает ее урожайность. Семена стриги прорастают под землей вблизи корней кукурузы. Корни растений-хозяев выделяют вещество, которое стимулирует прорастание семян стриги. Семена прорастают лишь при стимулирующем воздействии данного соединения. Данное вещество – стригол – имеет сходство по функциям с гиббереллинами. (Гэлстон и др., 1983) Стрига постепенно истощает растение-хозяина, в результате чего кукуруза погибает. При помощи азид натрия были получены мутантные растения кукурузы, устойчивые к воздействию стриги. Эти растения не выделяли вещество, необходимое для прорастания семян растения-паразита [Kiruki et al., 2006].

Использование азид натрия для мутагенеза риса посевного (*Oryza sativa*)

Ген *Wxb* – один из аллелей, отвечающий за повышенное или пониженное содержание амилозы в зернах риса посевного. Его функционирование зависит от температуры окружающей среды во время развития семени, таким образом, содержание

амилозы варьирует, что отражается на качестве риса. Зерна риса сорта «Snow Pearl» были обработаны азидом натрия, что позволило получить мутантные растения с повышенным содержанием амилозы (на 6-7%), в отличие от растений этого же сорта, не обработанных мутагеном. Длина цепи амилопектина была одинакова у мутантных растений и контрольных, что позволило сделать вывод о том, что мутация не влияет на строение амилопектина. Была получена новая мутация, влияющая только на количество амилозы. Генетический анализ показал, что повышенное содержание амилозы контролируется двумя рецессивными генами. Таким образом, были получены мутантные растения риса посевного с повышенным содержанием амилозы в эндосперме, без изменения структуры амилопектина [Suzuki et al., 2008].

Короткий период созревания зерен у мутантной линии риса SA419, полученной после обработки риса посевного сорта «Gainung 67» азидом натрия, также связан с повышенным содержанием крахмала в зернах и более быстрым их прорастанием, а также у данной мутантной линии выше масса 1000 зерен, что имеет важное хозяйственное значение [Jeng et al., 2003; 2006].

Путем обработки риса посевного азидом натрия была получена мутантная линия *Isi1*. Растения данной линии отличались от растений дикого типа дефицитом поглощения кремния. Устойчивость к вредителям у растений мутантной линии была понижена, таким образом, был сделан вывод о том, что кремний необходим для устойчивости растений к различным стрессам [Nakata et al., 2008].

Использование азид натрия для мутагенеза томата культурного (*Lycopersicon esculentum*)

Культивированию томатов препятствует множество факторов. Данные растения подвержены различным заболеваниям, влиянию патогенов и других стрессовых факторов окружающей среды, что оказывает отрицательное влияние на урожайность томатов. Одним из путей увеличения урожайности растений является повышение их стрессоустойчивости, для чего используется химически индуцированный мутагенез. Семена сортов T106, T244 и T420 были обработаны растворами с разными концентрациями азид натрия (1.0, 2.0 и 4.0 мМ соответственно). У растений, подвергшихся обработке мутагеном, были обнаружены значительные отличия от растений контрольной группы по следующим признакам: прорастание семян, выживание растений, высота стеблей, длина корней, количество листьев и плодов [Adamu et al., 2007]. Таким образом, обработка

азидом натрия обеспечила вариабельность по вышеперечисленным признакам у растений. Полученные мутантные растения при последующей гибридизации и селекции могут стать источниками стрессоустойчивых и высокоурожайных сортов томата [Adamu et al., 2007].

Использование азиды натрия для мутагенеза хлопчатника обыкновенного (*Gossypium hirsutum*)

Хлопчатник – экономически важное культурное растение, которое культивируется во многих странах мира. Это растение является основным источником сырья для производства тканей, а также для получения растительных белков и масел, поэтому хлопчатник называют «белым золотом». Он занимает первое место среди всех товарных культур Индии, являясь важнейшим сырьем для текстильной промышленности [Shivagaje et al., 2004]. Однако хлопчатник, как и многие другие культуры, сильно страдает от абиотических и биотических стрессовых факторов. В связи с этим существует необходимость получения новых сортов хлопчатника, устойчивых к различным неблагоприятным условиям внешней среды. Для достижения этой цели может использоваться индуцированный мутагенез. Он позволяет повысить изменчивость растений, оказывая влияние на качественные и количественные признаки, такие, как количество коробочек на растении, устойчивость к абиотическому и биотическому стрессу, урожайность и содержание масел. Обработке азидом натрия могут подвергаться как семена, так и проростки, а также каллус хлопчатника [Ganesan et al., 2005; Muthusamy et al., 2005].

Использование азиды натрия для мутагенеза рукколы (*Eruca sativa*)

Руккола – это растение, широко используемое в пищу среди жителей Европы. Оно оказывает мочегонное действие, положительно влияет на работу желудка и имеет противогинготную активность [Bhandari et al., 1996].

Растения рукколы обрабатывались азидом натрия в различных концентрациях от 1 до 5 мМ. В течение 60 дней после посева проводились морфометрические измерения растений. Были измерены следующие параметры: высота растений, площадь листьев, вес стеблей, корней и листьев до и после высушивания, а также содержание хлорофилла в растениях. Исследование показало, что обработка растений раствором азиды натрия с концентрацией 3 мМ позволила увеличить часть параметров по сравнению с контрольной группой [Al-Qurainy et al., 2009].

Использование азиды натрия для мутагенеза коротконожки двухколосковой (*Brachypodium distachyon*)

Коротконожка двухколосковая является модельным объектом в биологии. Ее геном сравним по размеру с геномом *A. thaliana* (150 мегабаз). Существуют ди-, тетра- и гексаплоидные линии коротконожки двухколосковой. Среди диплоидных линий, как было выяснено в исследовании, также существуют отличия в геноме. Данный вывод был сделан на основании того, что действие азиды натрия на данные линии (BDR018, BDR001 и BDR037) существенно различался. В первой линии не было обнаружено хлорофилльных мутантов, во второй были только растения без хлорофилла, а в третьей были обнаружены мутанты с различными изменениями (растения без хлорофилла, желтые, светло-зеленые и полосатые). Исследование позволило выяснить, что растение с небольшим по размеру геномом (сравнительно с ячменем и другими сельскохозяйственными культурами, подвергавшимися индуцированному химическому мутагенезу азидом натрия) требует в 5-10 раз большую концентрацию азиды натрия для индуцирования различных мутаций [Engvild, 2005].

Использование азиды натрия для мутагенеза подсолнечника однолетнего (*Helianthus annuus*)

Подсолнечник однолетний – одна из четырех важнейших масличных культур в мире. Из семян подсолнечника получают подсолнечное масло, в связи с чем имеет значение повышение доли содержания жирных кислот в семенах данного растения. Подсолнечник содержит ненасыщенные жирные кислоты, а именно олеиновую, линолевую, пальмитиновую, стеариновую и другие. Использование азиды натрия в качестве мутагена позволило повысить содержание стеариновой кислоты в семенах подсолнечника до 35%, что имеет важное хозяйственное значение [Skoric et al., 2008].

Использование азиды натрия для мутагенеза спатоглоттиса складчатого (*Spathoglottis plicata*)

Спатоглоттис складчатый относится к семейству Орхидные и является декоративным растением, в связи с чем большое хозяйственное значение имеет эстетическая привлекательность растения и разнообразие его окраски. Химически индуцированный мутагенез азидом натрия позволил добиться появления мутантного растения с молочно-белым цветком и зелеными прицветниками, а также листьями ярко-зеленого цвета (у растений дикого типа лиловый цветок и прицветники) [Roy et al., 2005].

Заключение

Азид натрия – мутаген, способный в некоторых случаях вызвать мутации (транзиции и трансверсии) в ДНК различных растений, что может привести к изменению структуры белка, синтезированного с мутантного гена. Следствием этого становится генетическое и фенотипическое разнообразие растений. При помощи азид натрия возможно изменение таких признаков, как высота растений, масса зерен, содержание амилозы, крахмала, стеариновой кислоты, ускорение прорастания семян. Благодаря азиду натрия удалось получить новые линии декоративных растений. Также азид натрия опосредованно через воздействие на геном может повлиять на устойчивость растений к стрессовым

факторам окружающей среды: морозоустойчивость, солеустойчивость, устойчивость к мучнистой росе и к воздействию стриги. При помощи данного мутагена удалось добиться уменьшения количества антоцианов в растениях ячменя. Также нарушение некоторых метаболических процессов при помощи азид натрия сыграло роль в изучении противогрибковых свойств сапонинов, способности синтезировать пиридоксин растениями гороха посевного и в понимании значения кремния в формировании устойчивости растений к неблагоприятным факторам окружающей среды. Некий свод приобретенных некоторыми растениями в результате химического мутагенеза с помощью азид натрия новых черт приведен в таблице.

Таблица

Примеры использования азид натрия для химически индуцированного мутагенеза различных растений

Растение	Признаки растения	Статьи
Ячмень обыкновенный <i>Hordeum vulgare</i>	Высота растения, длина колоса, морозоустойчивость, масса зерен, устойчивость к возбудителю мучнистой росы, пониженное содержание антоцианов	[Olsen et al., 1993] [Dyulgerova, 2012] [Molina-Cano et al., 2003]
Пшеница твердая <i>Triticum durum</i>	Солеустойчивость вследствие накопления калия	[Agata et al., 2001]
Овес щетинистый <i>Avena strigosa</i>	Выявление противогрибковых свойств сапонины	[Papadopoulou et al., 1996]
Горох посевной <i>Pisum sativum</i>	Выявление синтеза горохом пиридоксина	[Kumar, 1988]
Арахис культурный <i>Arachis hypogaea</i>	Высота растения, количество побегов, стручков, семян, вес семян	[Mensah et al., 2007]
Кукуруза сахарная <i>Zea mays</i>	Устойчивость к воздействию стриги	[Kiruki et al., 2006]
Рис посевной <i>Oryza sativa</i>	Повышенное содержание крахмала в зернах, более быстрое их прорастание, увеличение массы зерен, выявление роли кремния в формировании устойчивости к стрессу	[Nakata et al., 2008]
Томат культурный <i>Lycopersicon esculentum</i>	Вариабельность по признакам: прорастание семян, выживание растений, высота стеблей, длина корней, количество листьев и плодов	[Adamu et al., 2007]
Хлопчатник обыкновенный <i>Gossypium hirsutum</i>	Количество коробочек на растении, устойчивость к абиотическому и биотическому стрессу, содержание масел	[Ganesan et al., 2005]
Руккола <i>Eruca sativa</i>	Высота растений, площадь листьев, вес стеблей, корней и листьев до и после высушивания, содержание хлорофилла в растениях	[Al-Qurainy et al., 2009]
Коротконожка двухколосковая <i>Brachypodium distachyon</i>	Необходимость увеличения концентрации азид натрия для растений с небольшим по размерам геномом	[Engvild, 2005]
Подсолнечник однолетний <i>Helianthus annuus</i>	Повышение содержания стеариновой кислоты в семенах	[Skoric et al., 2008]
Спатоглоттис складчатый <i>Spathoglottis plicata</i>	Молочно-белый цветок, зеленые прицветники, листья ярко-зеленого цвета	[Roy et al., 2005]

Признаки, полученные при помощи воздействия азид натрия, имеют значение как для фундаментальной, так и прикладной науки. Мутантные линии могут быть использованы для создания новых сортов культурных растений с различными хозяйственно ценными признаками.

Таким образом, химически индуцированный мутагенез не теряет своей актуальности как в фундаментальных исследованиях, так и в селекции культурных растений. При этом, одним из наиболее эффективных химических мутагенов может считаться азид натрия и его метаболиты, такие как L-азидоаланин, образующиеся в кислой среде при проникновении азидов в ткани растений. Возможности использования азид натрия не ограничиваются перечисленными в статье видами растений. Особенно актуальным и перспективным представляется применение азид натрия в селекции апомиктичных, а также преимущественно вегетативно размножающихся растений для повышения генетического разнообразия внутри отдельных линий и популяций.

Литература

1. Дьяков Ю.Т. (Ред.) Фундаментальная фитопатология. М.: Красанд, 2012. — 512 с.
2. Макаревич А.М., Шутова А.Г., Спиридович Е.В., Решетников В.Н. Функции и свойства антоцианов растительного сырья // Труды БГУ. 2010. Т. 4. С.1-11.
3. Adamu A.K., Aliyu H. Morphological effects of sodium azide on tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill) // Science World Journal. Department of Biological Sciences Ahmadu Bello University Zaria. Kaduna State, Nigeria. 2007. V. 2. N 4.
4. Agata R., Mario R., Linda M., Cristiano P., Giuseppe N., Natale D.F. Enhanced osmotolerance of a wheat mutant selected for potassium accumulation // Plant science. 2001. V. 160. P. 441–448.
5. Al-Qurainy F. Effects of sodium azide on growth and yield traits of *Eruca sativa* (L.) // World Applied Sciences Journal. 2009. V. 7. P. 220–226.
6. Bahadur B., Venkat Rajam M., Sahijram Leela, Krishnamurthy K.V. Induced mutations and crop improvement Plant Biology and Biotechnology // Springer. India. 2015. V. 1. P. 593–617.
7. Bhandari D.C., Chandel K.P.S. Status of rocket germplasm in India: research accomplishments and priorities // Rocket: A Mediterranean crop for the world. 1996. P. 67.
8. Dyulgerova B. Genetic diversity among induced mutants of winter barley (*Hordeum vulgare* L.) // Journal of Central European Agriculture. 2012. V. 13. P. 262–272.
9. Engvild K.C. Mutagenesis of the model grass *Brachypodium distachyon* with sodium azide // Risoe National Laboratory. 2005.
10. Ganesan M., Bhanumathi P., Jayabalan N. Mutagenic effect of sodium azide on somatic embryo regeneration and root growth of cotton (*Gossypium hirsutum* L. CV. SVPR2) // Journal of Agricultural Technology. 2005. V. 1. P. 365–380.
11. Gruszka D., Szarejko I., Maluszynski M. Sodium Azide as a Mutagen, Plant Mutation Breeding and Biotechnology // CABI International. Wallingford, UK. 2008. P. 159–166.
12. Jeng T.L., Tseng T.H., Wang C.S., Chen C.L., Sung J.M. Starch biosynthesizing enzymes in developing grains of rice cultivar Tainung 67 and its sodium azide-induced rice mutant // Field Crops Research. 2003. V. 84. P. 261–269.
13. Jeng T.L., Tseng T.H., Wang C.S., Chen C.L., Sung J.M., Yield and grain uniformity in contrasting rice genotypes suitable for different growth environments // Field Crop Research. 2006. V. 99. P. 59–66.
14. Kiruki S., Onek L.A., Limo M. Azide-based mutagenesis suppresses *Striga hermonthica* seed germination and parasitism on maize varieties // African Journal of Biotechnology. 2006. V. 5. P. 866–870.
15. Kumar S. Recessive monogenic mutation in grain pea (*Pisum sativum*) that causes pyridoxine requirement for growth and seed production // Journal of Bioscience. 1988. V. 13. P. 415–418.
16. Mensah J.K., Obadoni B., Effects of sodium azide on yield parameters of groundnut (*Arachis hypogaea* L.) // African Journal of Biotechnology. 2007. V. 6. P. 668–671.
17. Molina-Cano J.L., Simian J.P., Sopena A., Perez-Vendrell A.M., Dorsch S., Rubiales D., Swanston J.S., Jahoor A. Mildew-resistant mutants induced in North American two- and six-rowed malting barley cultivars // Theoretical and Applied Genetics. 2003. V. 107. P. 1278–1287.

18. Muthusamy A., Vasanth K., Jayabalan N. Induced High Yielding Mutants in Cotton (*Gossypium hirsutum* L.) // Mutation Breeding Newsletter and Reviews. 2005. N 1.
19. Nakata Y., Ueno M., Kihara J., Ichii M., Taketa S., Arase S., Rice blast disease and susceptibility to pests in a silicon uptake-deficient mutant Isil of rice // Crop Protection. 2008. V. 27. P. 865–868.
20. Olsen O., Wang X., Von Wettstein D. Sodium azide mutagenesis: preferential generation of A.T→G.C transitions in the barley ant18 gene // Proceedings of National Academics of Sciences of USA. 1993. V. 90. N 17. P. 8043–8047.
21. Papadopoulou K., Melto R.E., Leggett M., Daniels M.J., Osbourn A.E. Compromised disease resistance in saponin deficient plant // Proceedings of the National Academy of Sciences of USA. 1999. V. 96. P. 12923–12928.
22. Roy S., Biswas A.K. Isolation of a white flowered mutant through seed culture in *Spathoglottis plicata* Blume // Cytologia. 2005. V. 70. N 1. P. 1–6.
23. Shivagaje A., Kasture M., Yadav D., Pandharikar N., Mathankar M. Cotton scenario in India // Current Science. 2004. V. 87. P.8.
24. Skoric D., Jovic S., Sakac Z., Lecic N., Genetic possibilities for altering sunflower oil quality to obtain novel oils // Canadian Journal of Physiology and Pharmacology. 2008. V. 86. P. 215–221
25. Suzuki Y., Sano Y., Tse K., Matsukura U., Aoki N., Sato H. A rice mutant with enhanced amylase content in endosperm without affecting amylopectin structure // Breeding Science. 2008. V. 58. P. 209–215.
26. Till B.J., Cooper J., Tai T.H., Colowit P., Greene E.A., Henikoff S., Comai L. Discovery of chemically induced mutations in rice by TILLING // BMC Plant Biol. 2007. V. 7.:19.

THE USE OF SODIUM AZIDE FOR CHEMICAL INDUCED MUTAGENESIS OF CROP PLANTS

¹Lashtabova S.V., ¹Golovina V.Y., ²Mikhaylova E.V., ²Kuluev B.R.

¹Bashkir State Pedagogical University, Ufa, feuerstrom@mail.ru; belova.vika0107@gmail.com

²Institute of Biochemistry and Genetics of Ufa Scientific Center of RAS, Ufa, kuluev@bk.ru

Resume

One of the most widely used in plant breeding mutagenes is sodium azide, which itself or its metabolites cause point mutations in the genome that do not cause shifts in the reading frame. We show examples of the use of sodium azide for the chemically induced mutagenesis of plants such as *Hordeum vulgare*, *Triticum durum*, *Avena strigosa*, *Pisum sativum*, *Arachis hypogaea*, *Zea mays*, *Oryza sativa*, *Lycopersicon esculentum*, *Gossypium hirsutum*, *Eruca sativa*, *Brachypodium distachyon*, *Helianthus annuus*, *Spathoglottis plicata*. The prospects of using sodium azide not only in plant breeding, but also in fundamental research are noted.

Key words: sodium azide, induced mutagenesis, chemical mutagenesis, qualitative traits, quantitative traits, breeding