

## Резюме

Виявлена значна мінливість за максимальною довжиною суцвіття на рослині в гібридних популяціях сої другого покоління, встановлено домінування меншої довжини суцвіття. В різних комбінаціях схрещування виявлено тригібридне, дигібридне і моногібридне розщеплення за максимальною довжиною суцвіття. Це означає, що батьківські форми розрізнялись за трьома, двома і однією парою генів.

Виявлена значительная изменчивость по максимальной длине соцветия на растении в гибридных популяциях сои второго поколения. Установлено доминирование меньшей длины соцветия. В разных комбинациях скрещивания выявлено тригибридное, дигибридное и моногибридное расщепление по максимальной длине соцветия. Это значит, что родительские формы различаются по трем, двум и одной паре генов.

Considerable variability on the maximum length of an inflorescence on a plant in hybrid populations of a soya of the second generation is revealed. Domination of smaller length of an inflorescence at a soya is established. In different combinations of crossing it is revealed three hybrid, two hybrid and monohybrid segregation on the maximum length of an inflorescence. It means that parental forms differ on three, two and one pair genes.

<sup>1</sup>ЭЙГЕС Н.С., <sup>1</sup>ВОЛЧЕНКО Г.А., <sup>2</sup>КУЗНЕЦОВА Н.Л., <sup>1</sup>ВАЙСФЕЛЬД Л.И.,  
<sup>2</sup>АРТАМОНОВ В.Д., <sup>1</sup>ВОЛЧЕНКО С.Г., <sup>2</sup>КОРНЕВА Г.Г., <sup>2</sup>КАХРИМАНОВА Н.Н.

<sup>1</sup> Учреждение Российской академии наук Институт биохимической физики  
им. Н.М. Эмануэля РАН, Россия, Москва, 119334, ул. Косыгина, 4,  
e-mail: liv11@yandex.ru

<sup>2</sup> Учреждение Российской академии наук Главный ботанический сад  
им. Н.В. Цицина РАН, Россия, Москва, 127276, Ботаническая ул., д. 4

## ЗАКОНОМЕРНОСТИ МЕТОДА ХИМИЧЕСКОГО МУТАГЕНЕЗА В ОТНОШЕНИИ ПРИЗНАКА ХЛЕБОПЕКАРНОГО КАЧЕСТВА НА ОЗИМОЙ ПШЕНИЦЕ

При использовании мощного химического мутагена этиленimina (ЭИ), одного из первых, открытых крупным ученым-генетиком И.А. Рапопортом [1], было получено широкое генотипическое и фенотипическое разнообразие признаков у мутантов мягкой озимой пшеницы [2]. Данный феномен позволил определить разные направления применения ценных признаков мутантов широкого мутационного спектра [3]. В работе рассматривается зерновое продовольственное направление, были выявлены некоторые закономерности при проведении исследований с применением метода химического мутагенеза и получении признаков, определяющих высокое хлебопекарное качество. Высокое хлебопекарное свойство — редкий признак. При использовании только традиционных методов селекции получить его трудно и возникает он редко.

## Материалы и методы

Мы остановились на наиболее мутабельном сорте ППГ 186 при воздействии ЭИ в оптимальных дозах на воздушно сухие семена. Было получено наиболее широкое разнообразие признаков у мутантов, составивших крупную коллекцию. В данном исследовании изучаются признаки мутантов коллекции. Ведется скрининг мутантов, мутантных сортов и константных гибридов с мутантами, который позволяет выделять из коллекции образцы с высокими хлебопекарными свойствами.

## Результаты и обсуждение

Определились следующие закономерности в отношении мутантного признака высоких хлебопекарных свойств, представляющие собой новизну, в отличие от традиционных методов селекции.

Частое возникновение признака. В наших исследованиях одна треть мутантов и гибридов с мутантами по отношению ко всем исследованным образцам обладает высоким качеством. При первом же скрининге, проведенном в 1989 году, из 27 исследованных образцов девять показали высокие хлебопекарные свойства (табл. 1).

Содержание сырой клейковины было выше по сравнению со стандартным сортом Заря (в это время еще не было сорта Московская 39) и составило у ряда образцов — 7469, 7564, 7628, 7703, 7723 от 40,0% до 43,4

Таблица 1

Хлебопекарное качество мутантов и мутантных сортов, выращенных в Одинцовском районе Московской области (пос. Немчиновка). Средний агрофон суглинистых почв. Урожай 1989 года. Климатические условия благоприятствовали формированию качества

Сорт, образец	Сырая клейковина в муке		Удельная работа деформации теста	Седиментация	Валориметрическая оценка	Разжижение	Объемный выход хлеба, см <sup>3</sup>	Общая хлебопекарная оценка, балл
	%	ИДК1						
Сибирская нива (261/18)	34,2	63	309	6,9	56	70	1230	отличная
Солнечный (7564)	40,2	74	382	7,6	73	40	1355	отличная
Беседа (5530)	35,7	59	504	5,4	75	40	1050	хорошая
7469	40,2	73	317	6,4	68	50	1250	отличная
7628	41,4	71	385	6,5	82	40	1205	отличная
7703	43,4	70	375	7,1	73	70	1155	отличная
7723	40,0	68	318	6,6	73	50	1195	отличная
3038	33,8	65	372	7,4	60	60	1225	отличная
3041	39,8	75	221	6,9	64	70	1220	отличная
Заря стандарт	33,7	70	211	4,2	63	65	1045	хорошая

Примечание. Анализы проведены Н.С. Беркутовой (НИИСХ ЦРНЧЗ РАСХН).

против 33,7% у сорта Заря. Преимущества у этих образцов были по седиментации — до 7,6 мл у образца 7564 против 4,2 у сорта Заря, по валориметру — до 82 е.в. у образца 7628 против 63 у сорта Заря, по объемному выходу хлеба — до 1355 см<sup>3</sup> у образца 7564 против 1045 у сорта Заря. Впечатляет показатель удельной работы деформации теста у образца 5530, которая составила 504 Дж против 211 у сорта Заря.

Неопределенно длительная сохранность признака высокого продовольственного качества. В настоящем исследовании этот признак сохраняется уже в течение 19 лет, начиная с 1989 года [4], по 2007 год [5]. Например, в 2001 году через 13 лет после первого скрининга, проведенного в 1989 году, признак высоких хлебопекарных свойств подтвердился. Превышение наблюдалось по содержанию белка в зерне (у сорта Сибирская нива — 16,6% и у образца 5530 — 16,0% против 13,7 у стандартного сорта Московская 39, который существовал к этому времени). Превышение также наблюдалось у всех сортов и образцов по содержанию сырой клейковины — до 33,7% у сорта Сибирская нива против 27,6 у сорта Московская 39. По валориметру особенно выделился сорт Сибирская нива — 98 е. в. против 61 у сорта Московская 39. Также наблюдалось превышение по общей хлебопекарной оценке, которая составляет от 4,6 баллов у образца 5530 до 5,0 баллов у сортов Сибирская нива и Имени Рапопорта против 4,5 у сорта Московская 39. У всех изученных в 2001 году образцов наблюдается значительное превышение объема хлеба — до 1320 см<sup>3</sup> у образца 5530 против 1190 у сорта Московская 39. Далее через 18 лет после первого скрининга 1989 года в 2006 году подтвердились высокие хлебопекарные свойства у тех же образцов (табл. 2).

Из представленных в табл. 2 образцов у половины хлебопекарные свойства были выше, чем у сорта Московская 39. Особенно выделялись образцы 7564, 7469, 7723 — 4,5–4,7 баллов (отличная) против 4,2 (хорошая) — у сорта Московская 39. Эти же образцы показали наилучшие результаты в 1989 году. Содержание сырой клейковины в муке составило у образцов 237 и 7628 40,1%, против 35,6 у сорта Московская 39. Образцы 5530 и 237 выделяются по содержанию белка в зерне: 16,82% — у образца 5530 и 16,76 — у образца 237 против 15,51 у сорта Московская 39. Превышение наблюдается также по седиментации — до 45 мл у образца 5530 против 35 у сорта Московская 39.

Продовольственные свойства у образцов, полученных методом химического мутагенеза, сохраняются при выращивании на разных агрофонах, в том числе на низких и в хозяйствах. Сорт Имени Рапопорта характеризуется хорошими хлебопекарными свойствами при выращивании на всех изученных агрофонах. В Центральном регионе в настоящее время сорт оценивается по этому признаку как соответствующий сорту Московская 39 (см. табл. 2), принятому за эталон качества, или превышает его [5]. До появления сорта Московская 39 на Госсортоучастках (ГСУ) и в хозяйствах в 2000 году хлебопекарные свойства сорта Имени Рапопорта изучались в сравнении с сортами

Таблица 2

Хлебопекарные свойства хемомутантных сортов и образцов, выращенных на Опытном поле Отдела отдаленной гибридизации Главного ботанического сада РАН (пос. Снегири Истринского района Московской области). Суглинистые почвы, средний агрофон. Урожай 2006 года. Климатические условия удовлетворительные для формирования качества

Сорт, образец	Содержание белка в зерне, %	Сырая клейковина в муке, %	Седиментация	Объемный выход хлеба, см <sup>3</sup>	Общая хлебопекарная оценка, балл
Имени Рапопорта	15,05	36,5	40	680	4,2 хорошая
Сибирская нива	13,85	37,0	44	690	4,2 хорошая
Белая (237)	16,76	40,1	42	670	4,2 хорошая
Беседа (5530)	16,82	37,6	45	700	4,2 хорошая
7469	15,35	37,0	38	720	4,7 отличная
Солнечный (7564)	13,51	35,3	39	710	4,7 отличная
7628	15,22	40,1	43	620	4,3 хорошая
7723	13,31	34,4	44	720	4,5 отличная
Московская 39 стандарт	15,51	35,6	35	690	4,2 хорошая

Примечание. Анализы проведены Н.Л. Кузнецовой, Г.Г. Корневой и Н.Н. Кахримановой в Отделе отдаленной гибридизации Главного ботанического сада РАН

немутантного происхождения селекции НИИСХ ЦРНЧЗ Заря, Мироновская 808, Инна. Выявилось преимущество сорта Имени Рапопорта по хлебопекарным свойствам в сравнении с этими сортами и стабильное проявление свойств сорта на разных агрофонах в Московской области на разных ГСУ, в хозяйстве и на опытном поле в сравнении с сортом Заря и особенно с сортом Мироновская 808. Например, в 1992 году сорт Имени Рапопорта выращивался на Госсортоучастках Егорьевском (песчаные почвы, низкий агрофон) и Каширском (выщелоченный чернозем, довольно высокий агрофон). Также сорт выращивался в хозяйстве Чапаевец Ногинского района (низкий агрофон песчаных почв) и в Одинцовском районе на Опытном поле (пос. Немчиновка, суглинистые почвы, средний агрофон). Год 1992-й по совокупности климатических факторов был неблагоприятным для формирования качества. В этих условиях сорт Имени Рапопорта стабильно на всех агрофонах формировал хорошее хлебопекарное качество. Содержание сырой клейковины в муке составляло от 28,7 до 35,2%, в среднем 30,4 с хорошей общей оценкой хлебопекарных свойств на каждом агрофоне. Стабильность хлебопекарного качества на разных агрофонах у сорта Заря менее выражена по сравнению с сортом Имени Рапопорта. Кроме того, сорт Заря уступает сорту Имени Рапопорта по качеству. Содержание сырой клейковины в муке у сорта Заря составляло от 25,4 до 26,2%, в среднем 25,7. Общая хлебопекарная оценка была хорошей только на Опытном поле в Немчиновке и на Егорьевском ГСУ. На Каширском ГСУ хлебопекарное

качество было только выше среднего. У сорта Мироновская 808 на всех участках произрастания оценки качества были от средней до выше средней, содержание сырой клейковины — от 24,6 до 25,0%, в среднем — 24,8. Сорт Мироновская 808 по качеству еще более чем сорт Заря уступил сорту Имени Рапопорта. Самое низкое качество было у сорта Инна (Опытное поле, пос. Немчиновка): общая хлебопекарная оценка — средняя, содержание сырой клейковины 19,3%. Преимущество сорта Имени Рапопорта при испытании на разных агрофонах касается также остальных показателей качества — удельной работы деформации теста, седиментации, разжижения, валориметрической оценки, объемов хлеба.

Высокое продовольственное качество у мутантов, константных гибридов с мутантами и у мутантных сортов сохраняется в годы, климатические условия которых не благоприятствуют формированию качества. Например, высокое и хорошее качество сохранялось у мутантов и мутантных сортов как в годы с благоприятными климатическими условиями, так и в годы, неблагоприятные для формирования качества. Оно несколько варьирует по годам, но всегда оставалось продовольственным. Данная закономерность особенно вырисовывается на фоне других сортов озимой пшеницы немутантного происхождения, в частности на фоне сорта Московская 39. Например, 2008 год был крайне неблагоприятным для формирования качества: лето было очень дождливым. При созревании и уборке пшеницы была высокая влажность, стала активизироваться амилаза. В хозяйстве Бунятино Дмитровского района Московской области у сорта Московская 39 содержание сырой клейковины упало и составило менее 20%. Сорт проявил фуражное качество, даже будучи выращенным на высоком агрофоне. У сорта Имени Рапопорта в соседнем хозяйстве Рогачёво (теперь Дока Джин) Дмитровского района на среднем агрофоне содержание сырой клейковины также снизилось, но было выше 20% и выше, чем у сорта Московская 39 на 5–6 абсолютных процента. По совокупности параметров, определяющих качество, сорт Имени Рапопорта сохранил свойства продовольственной пшеницы (по определению Раменского мелькомбината). В 2009 году условия вегетационного периода сложились более благоприятно для формирования качества по сравнению с 2008 годом. Но сорт Московская 39 в условиях того же хозяйства (Бунятино) на высоком агрофоне снова не удержал продовольственное качество и проявил фуражное. Сорт Имени Рапопорта в соседнем хозяйстве Рогачёво (Дока Джин) снова проявил свойство продовольственной пшеницы. Раменский мелькомбинат принял зерно сорта как продовольственное.

На основе сказанного мы заключаем, что высокие хлебопекарные свойства у изученных хемомутантных образцов и сортов более основываются на генотипе и меньше зависят от внешних условий по сравнению с сортами, полученными при использовании только традиционных методов селекции.

### **Выводы**

Продовольственные свойства мутантов озимой пшеницы, полученных под влиянием химического супермутагена ЭИ, в отличие от традиционных

методов селекции характеризуются высокой частотой возникновения, длительной сохранным, меньшей зависимостью от агрофона и климатических факторов, т. е. более основываются на генотипе, что представляет собой новизну.

### Литература

1. *Рапопорт И.А.* Карбонильные соединения и химический механизм мутаций // Докл. АН СССР.— 1946.— Т.54, №1.— С. 65–68.
2. *Эйгес Н.С.* Коллекция хемомутантов озимой пшеницы // Природа.— 1997.— №1.— С. 26–35.
3. *Эйгес Н.С., Вайсфельд Л.И., Волченко Г.А.* Генотипическое разнообразие коллекции хемомутантов озимой пшеницы и направления использования их ценных признаков // Достижения і проблеми генетики, селекції та біотехнології.— Кипв: ЛОГОС.— 2007.— Т.2.— С. 423–427.
4. *Эйгес Н.С., Кузнецова Н.Л., Артамонов В.Д., Долгова С.П., Вайсфельд Л.И., Волченко Г.А., Корнева Г.Г., Калмыкова Л.П.* Создание внутривидового биоразнообразия у озимой пшеницы методом химического мутагенеза и его использование в селекции // Фактори експериментальної еволюції організмів.— Кипв: ЛОГОС.— 2008.— Т.5.— С. 236–239.
5. *Эйгес Н.С., Кузнецова Н.Л., Волченко Г.А., Вайсфельд Л.И., Артамонов В.Д., Кахриманова Н.Н., Волченко С.Г.* Множественные мутации на озимой пшенице, определяющие хозяйственно-ценные признаки // Вісник Українського товариства генетиків і селекціонерів.— 2009.— Т.7, №2.— С. 269–275.

### Резюме

Из коллекции мутантов озимой пшеницы, полученной методом химического мутагенеза, выделены с высокой частотой образцы и сорта с высокими хлебопекарными свойствами. Последние, в отличие от традиционных методов селекции, сохраняются длительное время на разных агрофонах, в том числе низких, при разных погодных условиях. Следовательно, хлебопекарные свойства мутантов и мутантных сортов более определяются генотипом и менее внешними условиями.

З колекції мутантів озимой пшениці, отриманої методом хімічного мутагенезу, виділені з високою частотою зразки і сорти з високими хлібопекарськими властивостями. Останні, на відміну традиційних методів селекції, зберігаються тривалий час на різних агрофонах, у тому числі низьких, при різних погодних умовах. Отже, хлібопекарські властивості мутантів і мутантних сортів більш визначаються генотипом і менш зовнішніми умовами.

Of the extensive collection winter wheat's mutants received by method of chemical mutagenesis with high frequency there were choosed patterns and varieties with high baking properties. The patterns and varieties preserve high baking properties during long time by cultivation on different agricultural backgrounds and by various weather conditions. This means that baking properties are more determined by genotype and less by environment conditions.

**ЯМБОРКО Н.А., БІЛЯВСЬКА Л.О.**

*Інститут мікробіології та вірусології ім. Д.К. Заболотного НАН України  
Україна, 03143, Київ, вул. Заболотного 154, e-mail: kreminna@ukr.net*

## **ФІТОГОРМОНАЛЬНА АКТИВНІСТЬ МІКРООРГАНІЗМІВ-ДЕСТРУКТОРІВ ГЕКСАХЛОРЦИКЛОГЕКСАНУ**

В основі природного самоочищення ґрунту лежить властивість насамперед її живого компоненту розкласти широкий спектр природних і неприродних сполук. Саме мікроорганізми відіграють провідну роль в поетапній деградації пестицидів у ґрунті. Хлороорганічні пестициди найбільш стійкі до деградації, вони можуть залишатися в ґрунті десятиліттями [5]. Інсектицид гексахлорциклогексан (ГХЦГ) один із найбільш поширених в практиці сільського господарства, він є сумішшю чотирьох оптичних ізомерів  $\alpha$ -,  $\beta$ -,  $\gamma$ - і  $\delta$ .

Використання природного адаптаційного потенціалу мікробних асоціацій складає основу сучасної біотехнології рекультивації забруднених екосистем. Відомо, що синтез мікроорганізмами-деструкторами фітогормональних речовин створює сприятливі умови для розкладу аліфатичних і поліциклічних вуглеводнів як у забрудненому ґрунті так і в зоні ризосфери культурних рослин [2]. Разом з тим, продукція мікроорганізмами-деструкторами речовин, які сприяють оптимізації процесу ремедіації ґрунту і створюють умови для розвитку рослинності на забруднених територіях, вивчені мало і вимагають подальшого дослідження.

Тому, пошук активних мікроорганізмів-деструкторів пестицидів із властивостями синтезувати рістрегулюючі речовини є актуальним для ремедіації забруднених ґрунтів. В зв'язку з цим метою нашої роботи було дослідити вплив деяких екзометаболітів мікроорганізмів-деструкторів ГХЦГ на рослинні об'єкти, а також здатність синтезувати речовини фітогормональної природи.

### **Матеріали і методи**

У відділі загальної та ґрунтової мікробіології ІМВ НАНУ, із ґрунту місця локального забруднення пестицидами методом багаторазових пасажів та відбору за ознакою стійкості до пестицидів була виділена і селекціонована асоціація мікроорганізмів, яка отримала назву Мікрос [1]. Із неї виділено чисті культури мікроорганізмів-деструкторів, здатних розкласти ізомери інсектициду гексахлорциклогексану ( $\alpha$ -ГХЦГ,  $\beta$ -ГХЦГ,  $\gamma$ -ГХЦГ,  $\delta$ -ГХЦГ). Для визначення впливу культур-деструкторів на проростання насіння, проводили бактеризацію насіння ріпаку з розрахунку  $10^6$  клітин на насінину, попередньо визначивши титр клітин кожної культури мікроорганізмів.

Для визначення гіберелової кислоти (ГК) у культуральних рідинах культур-деструкторів використовували специфічний біотест на гіберелову активність з використанням гіпокотилів проростків огірків сорту Ніжинський [3]. Зміни довжини гіпокотилей виражали у відсотках від контролю. Як позитивний контроль використовували розчин ГК в концентрації  $10^{-5}$  М.