

## ГЕНЕТИКА, СЕЛЕКЦІЯ І БІОТЕХНОЛОГІЯ

УДК 631.523:582.661.21

### ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИЗОФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ СЕМЯН ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *AMARANTHUS* L.

© 2010 г. С. В. Лиманская, В. Н. Попов, Т. И. Гопцій

*Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева  
(Харьков, Украина)*

Изучен полиморфизм восьми ферментных систем (эстераза, малик-энзим, малатдегидрогеназа, б-фосфоглюконатдегидрогеназа, алкогольдегидрогеназа, аспартаминотрансфераза, шикиматдегидрогеназа, глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа) в семенах амаранта. Проведена оценка внутривидового и межвидового полиморфизма у 24 образцов амаранта. Показано, что методом электрофореза при посемянном анализе у амаранта выявляются только четыре ферментные системы (малик-энзим, малатдегидрогеназа, б-фосфоглюконатдегидрогеназа, алкогольдегидрогеназа). Для всех ферментов характерно наличие незначительного числа хорошо интерпретируемых компонентов, различающихся относительной активностью, а также электрофоретической подвижностью. Только для малик-энзима при посемянном анализе были выявлены гибридные спектры. Максимальное количество аллозимов для ферментных систем амаранта не превышает двух, что свидетельствует о низком уровне полиморфизма.

**Ключевые слова:** *Amaranthus* L., изоферменты, электрофорез, полиморфизм

Значение амаранта – перспективной альтернативной культуры – сложно переоценить для различных направлений народного хозяйства. Ещё со времён ацтеков на территории современной Мексики и Центральной Америки зерно и листья амаранта использовали в пищу (Stallknecht et al., 1993; Кононков и др., 2008). В настоящее время в народном хозяйстве амарант можно рассматривать как культуру экономически выгодную и универсальную. Так, например, различные виды рода *Amaranthus* используются в пищевой промышленности, животноводстве, фармакологии, медицине, а также цветоводстве. В связи с этим в мире выделяют несколько направлений в селекции данной культуры – зерновое, кормовое, масличное и декоративное.

Однако для быстрого и эффективного создания современных сортов амаранта необходимо всестороннее изучение не только общих

аспектов его морфологии, физиологии, но и генетики. Основные трудности в изучении генетики амаранта обусловлены сложным строением соцветий, чрезвычайно мелкими размерами генеративного аппарата, а также смешанной системой опыления. Причём уровень аутокроссинга варьирует как между видами, так и в пределах одной популяции (Гопцій, 1999). Это значительно усложняет возможность механического вмешательства в репродуктивный аппарат культуры для осуществления целенаправленного опыления, широко применяемого в генетико-селекционных исследованиях многих сельскохозяйственных растений. В связи с этим важной является разработка методов и подходов для более глубокого изучения амаранта без использования систем опыления.

Существенно ускорить генетико-селекционные исследования амаранта позволило бы вовлечение различных типов маркерных систем, в качестве которых можно использовать морфологические и биохимические признаки, а также ДНК-маркеры. Для большинства видов растений широко используются разные типы маркеров (Gupta et al., 1999; Терновская, 2000; Мартыненко и др., 2004; Шарыпина и др.,

*Адрес для корреспонденции:* Лиманская Светлана Васильевна, Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева, п/о «Коммунист-1», Харьков, 62483, Украина;  
e-mail: svetik\_svg@mail.ru

2006). В связи с этим биохимические маркеры для такой слабо изученной культуры, как амарант, являются актуальным направлением генетики. Данный тип генетических маркеров можно было бы применять для паспортизации сортов амаранта, выявления гибридности семян, маркирования хозяйственно-ценных признаков, а также в некоторых других селекционно-генетических программах, что с успехом практикуется для пшеницы, сои, кукурузы, подсолнечника и других культур.

С точки зрения биохимической генетики амарант изучен не достаточно. В литературе имеются единичные сведения по использованию изоферментов для изучения структуры популяций, родственных связей и эволюционных процессов в пределах рода *Amaranthus* L. Так, в работе Hauptli и Jain (1984) описаны следующие ферментативные системы: алкогольдегидрогеназа (ADH), малатдегидрогеназа (MDH), глутаматдегидрогеназа (GDH), лейцинаминопептидаза (LAP), шикиматдегидрогеназа (SKDH), кислая фосфатаза (ACPH), ксантиндегидрогеназа (XDH), фосфоглюкоизомераза (PGI), глутаминоксалоацетаттрансаминаза (GOT). На основании полученных данных авторы делают выводы об эволюционных взаимосвязях между зерновыми видами амаранта. Chan и Sun (1997) отмечают, что уровень межвидовой изменчивости по 30 изозимным локусам был выше, чем внутривидовой. Такие же результаты были получены в работах Юдиной и соавт. (2005; 2008), в которых изозимная оценка генетической коллекции амаранта проводилась по таким ферментативным системам как алкогольдегидрогеназа (ADH), глутаматдегидрогеназа (GDH), малик-энзим (ME), малатдегидрогеназа (MDH) и изоцитратдегидрогеназа (IDH).

Однако полиморфизм указанных ферментных систем амаранта остаётся изученным недостаточно. Отсутствуют данные по таким изоферментам амаранта, как аспаратамиотрансфераза и анодная эстераза, которые рассматриваются в данной работе. Следует также отметить, что в Украине не проводятся исследования по биохимической генетике амаранта. Вовлечение различного по происхождению растительного материала, в том числе и украинских сортов, для изучения генетического разнообразия этой культуры позволит расширить представления о полиморфизме изоферментных систем.

В связи с этим целью настоящего исследования явилось изучение изменчивости вось-

ми изоферментных систем (НАДФ-зависимая малатдегидрогеназа (малик-энзим, ME, К.Ф.1.1.1.40), НАД-зависимая малатдегидрогеназа (MDH, К.Ф.1.1.1.37), 6-фосфоглюконатдегидрогеназа (6-PGD, К.Ф.1.1.1.44), анодная эстераза (EST, К.Ф.3.1.1), алкогольдегидрогеназа (ADH, К.Ф.1.1.1.1), аспаратамиотрансфераза (AAT, К.Ф.2.6.1.1), шикиматдегидрогеназа (SKDH, К.Ф.1.1.1.25), глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа (G-6-PDH, К.Ф.1.1.1.49)) семян амаранта на примере 24 образцов разного происхождения.

## **МЕТОДИКА**

Растительный материал был представлен 24 образцами, среди которых 11 сортов и 13 популяций различного эколого-географического происхождения (Германия, Индия, Россия, США), отнесённых к пяти видам (*A. caudatus* L., *A. cruentus* L., *A. hybridus* L., *A. hypochondriacus* L., *A. mantegazzianus* Passerini.). Для трёх образцов видовая принадлежность не определена (таблица). Выбор растительного материала связан с вовлечением его в селекционный процесс по созданию исходного материала амаранта, адаптированного к условиям левобережной Лесостепи Украины.

В своей работе мы использовали семена амаранта, поскольку этот материал является стабильной системой с относительно постоянным компонентным составом, а также позволяет проводить анализ в любое время. Амарант относится к мелкосемянным растениям. Размеры семян у разных видов составляют до 1 мм. Такой размер накладывает определенные ограничения при их качественном анализе, например, при изучении изоферментного состава. Так, при экстракции ферментов из одного семени наблюдается низкая удельная концентрация определенного фермента, и методом электрофореза идентифицировать отдельные фракции иногда не представляется возможным. Это обстоятельство побудило нас провести не только анализ изоферментов индивидуальных семян, но и анализ смеси семян амаранта. Для оценки межвидового полиморфизма были проанализированы смеси семян каждого образца (по 30 семян в смеси). Для выявления внутривидовой изменчивости анализировали по 20 семян каждого образца амаранта. Таким образом, общий объём выборки для каждого вида при анализе смесей семян и посемянном анализе составил соответственно 120-240 и 80-160 семян.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИЗОФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ

### Список изучаемых видов и сортов амаранта

№ п/п	№ по каталогу	Вид	Сорт	Происхождение
<b>ВИР им. Н.И. Вавилова</b>				
1	К-61	<i>A. hypochondriacus L.</i>	-	США
2	К-7	не определен	Chouli	Индия
3	К-22	не определен	Кормовой	Индия
4	К-48	не определен	Местный	Индия
5	К-51	<i>A. hybridus L.</i>	-	Германия
6	К-65	<i>A. caudatus L.</i>	-	Германия
7	К-92	<i>A. cruentus L.</i>	-	Германия
8	К-146	<i>A. caudatus L.</i>	-	Германия
<b>Устимовская опытная станция ИР им. В.Я. Юрьева</b>				
9	00005	<i>A. cruentus L.</i>	Кармен	Украина
10	USD00001	<i>A. cruentus L.</i>	Багряный	Россия
11	USD00002	<i>A. cruentus L.</i>	Багряный	
12	00087	<i>A. caudatus L.</i>	-	
13	00110	<i>A. hybridus L.</i>	-	США
14	00038	<i>A. hybridus L.</i>	-	США
15	00059	<i>A. hybridus L.</i>	-	Индия
16	0079	<i>A. hybridus L.</i>	-	
17	00097	<i>A. hybridus L.</i>	-	
18	00039	<i>A. hybridus L.</i>	-	Германия
19	00050	<i>A. hypochondriacus L.</i>	-	
<b>Харьковский национальный аграрный университет им. В.В. Докучаева</b>				
20	-	<i>A. mantegazzianus L.</i>	Вогняна кулька	Украина
21	-	<i>A. hybridus L.</i>	Ультра	
22	-	<i>A. caudatus L.</i>	Роганский	
23	-	<i>A. hypochondriacus L.</i>	Лера	
24	-	<i>A. hypochondriacus L.</i>	Сем	

Экстракцию ферментов из семян проводили при температуре +4°C с использованием 0,02 М Tris-HCl буфера, содержащего также 0,01 mM PVP, 0,006 mM EDTA, 0,1 mM DTT и 20% сахарозы. Изоферментные спектры выявляли методом вертикального электрофореза в полиакриламидном геле (ПААГ). Разделение ферментов проводили в Tris-EDTA-боратной буферной системе: 0,09 М Tris, 0,09 М H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>, 0,0031 EDTA (pH 8,3). Разделительный гель включал 7% акриламида и 0,37% метиленбисакриламида. Продолжительность электрофореза составляла 3 ч при напряжении 300 В. Визуализацию спектров проводили гистохимическим окрашиванием гелей по методике Шоу и Прассада (Show, Prasad, 1970) с модификациями.

### РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

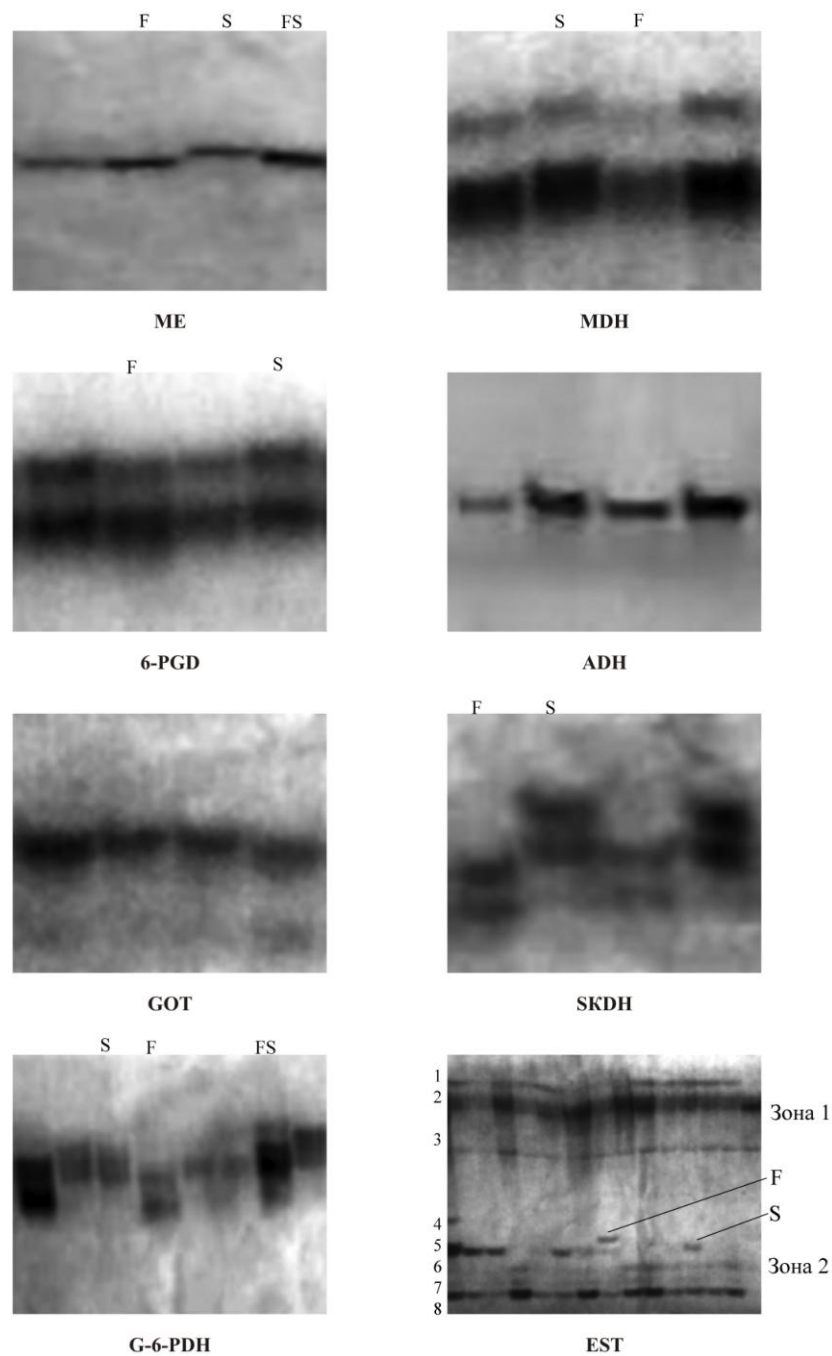
Анализ EST, AAT, SKDH и G-6PDG был проведён на смеси семян амаранта. Посемян-

ный анализ при данных условиях электрофореза не позволил выявить активность указанных ферментов, что можно объяснить незначительной их концентрацией в экстракте, полученном из одной семянки. Для ферментов ME, MDH, ADH, 6-PGD активность была выявлена не только при анализе смеси семян, но и в единичных семенах. При этом зимограммы в обоих случаях не отличались компонентным составом изоформ.

На представленных фотографиях показаны только хорошо интерпретируемые зоны активности ферментов.

Малик-энзим (ME). Зимографический анализ белковых спектров при посеянном анализе и в смеси семян выявил наличие одной основной зоны активности малик-энзима. Этот спектр характеризовался наличием быстрого (F) и медленного (S) компонентов. При посеянном анализе нами также был выявлен гиб-

**ЛИМАНСКАЯ, ПОПОВ, ГОПЦИЙ**



Электрофореграммы малик-энзима (ME, 00087 *A. caudatus* L.), НАД-зависимой малатдегидрогеназы (MDH, Лера *A. hypochondriacus* L.), 6-фосфоглюконатдегидрогеназы (6-PGD, 00087 *A. caudatus* L.), анодной эстеразы (EST, смеси семян), алкогольдегидрогеназы (ADH, Багряный 002 *A. cruentus* L.), аспаратаминотрансферазы (GOT, смеси семян), шикиматдегидрогеназы (SKDH, смеси семян) и глюкозо-6-фосфатдегидрогеназы (G-PDG, смеси семян).

S – медленно мигрирующий компонент, F – быстро мигрирующий компонент, FS – объединение быстро и медленно мигрирующих компонентов (гибридный спектр).

ридный спектр данной зоны. Для него было характерно объединение F и S компонентов, что, вероятно, свидетельствует об их кодоминантном типе наследования. При анализе малик-энзима в единичных семенах и смеси семян амаранта удалось установить, что для этого фермента характерно наличие дополнительных

зон ферментативной активности. Однако в этой части зимограммы из-за неясности спектров точное количество компонентов идентифицировать довольно сложно (рисунок, ME).

Полиморфизм малик-энзима описан только в одной работе (Юдина и др., 2005). Авторы отмечают наличие трёх зон ферментатив-

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИЗОФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ

ной активности этого фермента, среди которых вторая была полиморфной с тремя типами спектра и отсутствием гетерозигот. Сопоставить полученные нами зимограммы не представляется возможным в силу того, что электрофореграмма малик-энзима в указанной работе представлена только в виде схематического изображения.

*НАД-зависимая малатдегидрогеназа (MDH).* При анализе малатдегидрогеназы амаранта установлено наличие трёх зон ферментативной активности MDH: медленная (зона I), средняя (зона II) и быстрая (зона III). Зона I диффузная, проявляется довольно слабо, в виде разрозненных компонентов спектра у отдельных образцов. Зона II полиморфная и характеризуется наличием двух компонентов. Медленно подвижный компонент имеет вид тонкой полосы, а быстромигрирующий представляет мажорную полосу, вероятно, состоящую из 2-3 компонентов, которые в данных условиях электрофореза разделить не удалось (рисунок, MDH). Относительная подвижность как тонкого, так и мажорного компонентов этой зоны была различной, что может свидетельствовать о наличии нескольких аллельных вариантов. Сорта Кармен и Багряный USD00001 (*A. cruentus*), а также номера 00110 и 00038 (*A. hybridus*) характеризовались отсутствием тонкого компонента II зоны. Это может свидетельствовать о наличии нуль-аллеля. Зона III представлена однокомпонентным спектром и характеризуется наличием двух аллелей (быстрого и медленного). Однако следует отметить, что при посевном анализе эта зона, так же как и первая, была слабо выражена и идентифицировать их в данных условиях электрофореза было затруднительно. На рисунке показана только зона II активности MDH.

Полученные нами результаты отличаются от ранее опубликованных работ, в которых описано от одной до двух ферментативных зон активности малатдегидрогеназы. Так, в работе Hauptli и Jain (1984) этот фермент описан как мономер, контролируемый одним геном с тремя аллелями. Авторы другой работы (Юдина и др., 2005) отмечают две зоны ферментативной активности: первая – диффузная, а вторая представлена пятью типами спектров (два двуполосных и три трёхполосных).

*6-фосфоглюконатдегидрогеназа (6-PGD).* Анализ смеси семян и отдельных семян амаранта по 6-PGD показал сходные результаты, которые позволили установить следующее. Фе-

нотип 6-PGD характеризуется двухкомпонентным полиморфным спектром. Наличие в этой зоне активности фермента 6-PGD двух компонентов, вероятно, связано с посттранскрипционной изменчивостью. Нами выделены быстрый (F) и медленный (S) компоненты, которые могут соответствовать аллельным вариантам одного гена. Гибридных спектров, сочетающих оба компонента, не выявлено. Разница ферментативной активности изоформ 6-PGD1-F и 6-PGD1-S незначительна (рисунок, 6-PGD).

*Алкогольдегидрогеназа (ADH).* Особенности генетического контроля ADH в крахмальном и полиакриламидном гелях были описаны ранее. Так, в работах Hauptli и Jain (1984), а также Юдина и соавт. (2005) наблюдали одну зону ферментативной активности с быстро и медленно мигрирующими аллозимами, а также трёхкомпонентным типом спектра. Нам же в результате электрофореза ADH в ПААГ удалось выявить лишь одну зону ферментативной активности ADH (рисунок, ADH), вероятно состоящую из нескольких компонентов, разделить которые в данных условиях электрофореза не удалось.

*Анодная эстераза (EST).* При изучении полиморфизма анодной эстеразы активность фермента была выявлена только при анализе смеси семян. В семенах изученных образцов амаранта можно выделить две основные зоны активности данного фермента, состоящие из разного количества компонентов. На рисунке все компоненты EST пронумерованы в порядке возрастания от 1 до 8. Для первой ферментной зоны характерно наличие трех мономорфных компонентов (1-3). Первый и третий компоненты представляют собой линейные спектры, а второй имеет вид довольно широкой полосы, вероятно, состоящей из нескольких полос. В целом, при детальном рассмотрении эта часть спектра выглядит как диффузная, что затрудняет анализ (рисунок, EST).

Вторая зона ферментативной активности EST состоит из пяти компонентов, из которых четыре мономорфны (компоненты 4, 6-8), а один является полиморфным (5-й компонент). При этом 4-й компонент проявился только у двух исследуемых образцов амаранта. Очевидно, это может свидетельствовать о межвидовом полиморфизме эстеразы. Также это может быть обусловлено и другими факторами, например, взаимодействием генов, контролирующих проявление компонентов в данном участке спектра эстеразы. Компонент 5 полиморфный и харак-

теризуется наличием двух вариантов ферментативной активности – быстрый (F) и медленный (S). Компоненты 6-8 линейные и характеризуются одинаковой относительной электрофоретической подвижностью. Из компонентов 6-8 только 8-й проявляет высокую ферментативную активность (рисунок, EST).

*Аспаратаминотрансфераза* (AAT). Нами при изучении AAT в ПААГ был выявлен трёхкомпонентный спектр. При этом компонент AAT1 был мономорфный и хорошо выражен, а два других проявлялись слабо, и интерпретировать их было довольно сложно (рисунок, AAT).

*Шикиматдегидрогеназа* (SKDH). Электрофоретический анализ смесей семян изучаемых нами образцов позволил выявить два компонента шикиматдегидрогеназы (SKDH1 и SKDH2). Эти компоненты различались по электрофоретической подвижности, соответственно быстромигрирующие F и медленномигрирующие S (рисунок, SKDH). Можно предположить, что выявленные аллозимы контролируются двумя аллелями одного гена. В работе Hauptli и Jain (1984) указывается на наличие четырёх аллелей шикиматдегидрогеназы, и их взаимодействие приводит к формированию шести типов спектров: четырех однокомпонентных и двух двухкомпонентных. Вероятно, выявленные нами двухкомпонентные спектры соответствуют тем, которые описаны в указанной работе. Однокомпонентные спектры нами выявлены не были.

*Глюкозо-6-фосфатдегидрогеназа* (G-6-PDH). Анализ зимограммы фермента G-6-PDH показал наличие одной широкой зоны ферментативной активности, вероятно, состоящей из нескольких компонентов с близкой электрофоретической подвижностью. При этом спектр G-6-PDH имеет вид довольно широкой диффузной полосы (рисунок, G-6-PDH). Эта диффузная полоса отличается у разных образцов по относительной активности, а также по подвижности в ПААГ. У исследуемых образцов амаранта можно выделить три типа спектров, состоящих из медленно мигрирующего, быстро мигрирующего компонента, а также сочетающего эти два компонента.

Следует отметить, что полученные нами данные отличались от результатов работ других авторов. Эти различия обусловлены несколькими причинами. Прежде всего, условиями проведения электрофореза (крахмальный гель, другие буферные системы, время проведения

электрофореза и т.п.), что в целом может приводить к изменению разрешающей способности электрофоретической системы. Кроме того, для изоферментов характерным является изменение компонентного состава в зависимости от анализируемой ткани и стадии онтогенеза. Так, например, Hauptli и Jain (1984) экстрагировали ферменты из трёхнедельных проростков. Юдина и соавт. (2005) для экстракции ферментных систем использовали семена, недифференцированные проростки и листья, однако они не уточняют, в каких именно частях растения был выявлен определенный тип спектра. Нами же были использованы семена амаранта как более стабильная и удобная система по сравнению с другими частями растения.

Таким образом, для всех изоферментов было характерным наличие четкой одной ферментативной зоны, за исключением MDH, для которой выявили две зоны активности данного фермента. Результаты показали, что активность ферментов одной семянки амаранта, выявляемая методом электрофореза в ПААГ, характерна только для ME, MDH, ADH и 6-PGD. Активность этих ферментных систем в одной семянке выявляется в виде четких компонентов только в отдельных зонах. Это позволяет рекомендовать их для дальнейших генетико-селекционных исследований, например, для выявления гибридов при скрещивании разных образцов амаранта. Ферментные системы EST, G-6-PDH, GOT, SHDH при электрофоретическом анализе выявляются только в смеси семян. При высоком уровне полиморфизма их можно использовать для изучения взаимоотношений между сортами и для построения филогенетических связей между видами, применяя при этом бинарную систему интерпретации данных. В целом, следует отметить, что анализ 24 образцов амаранта показал незначительный полиморфизм изученных ферментов как на межвидовом, так и на внутривидовом уровнях. Альтернативным подходом для генетического изучения видов амаранта является использование ДНК-маркеров, выявляемых с помощью полимеразной цепной реакции (RAPD, SSR и др.).

## ЛИТЕРАТУРА

- Гопций Т.И. Амарант: биология, вирощування, перспективи використання, селекція. – Х., 1999. – 273 с.
- Конюков П.Ф., Гинс М.С., Гинс В.К., Рахимов В.М. Технология выращивания и переработки листовой массы амаранта как сырья для пищевой промышленности. – М.: РУДН, 2008. – 195 с.

## ИЗМЕНЧИВОСТЬ НЕКОТОРЫХ ИЗОФЕРМЕНТНЫХ СИСТЕМ

- Мартыненко В.С., Антонюк М.З., Терновская Т.К. Наследование генов зерновой эстеразы в популяциях ржи (*Secale cereale* L.) // Цитология и генетика. – 2004. – Т. 38, № 5. – С. 16-23.
- Терновская Т.К. Хромосомная локализация главных генов количественных признаков (QTL) пшеницы с использованием генов-маркеров D хромосомы // Цитология и генетика. – 2000. – Т. 34, № 2. – С. 16-23.
- Шарыпина Я.Ю., Попов В.Н., Кириченко В.В. Полиморфизм и генетический контроль некоторых ферментных систем у мутантных линий подсолнечника // Цитология и генетика. – 2006. – Т. 40, № 2. – С. 27-33.
- Юдина Р.С., Железнов Н.Б., Захарова О.В. и др. Изозимная оценка генетической коллекции амаранта (*Amaranthus* L.) // Генетика. – 2005. – Т. 41, № 12. – С. 1681-1687.
- Юдина Р.С., Ибрагимова С.С., Железнов Н.Б. Изучение структуры популяций амаранта (*Amaranthus* L.) по изоферментным локусам // Вестник ВОГиС. – 2008. – Т. 12, № 3. – С. 385-391.
- Chan K.F., Sun M. Genetic diversity and relationships detected by isozyme and RAPD analysis of crop and wild species of *Amaranthus* // Theor. Appl. Genet. – 1997. – V. 95. – P. 865-873.
- Gupta P.K., Varshney R.K., Sharma P.C., Ramesh B. Molecular markers and their application in wheat breeding // Plant Breeding. – 1999. – V. 118. – P. 369-390.
- Hauptli H., Jain S. Allozyme variation and evolutionary relationships of grain amaranths (*Amaranthus* spp.) // Theor. Appl. Genet. – 1984. – V. 69 – P. 153-165.
- Show C.R., Prasad R. Starch gel electrophoresis of enzymes – a compilation of recipes // Biochem. Genet. – 1970. – V. 4, № 2. – С. 297-320.
- Stallknecht G.F., Schulz-Schaeffer J.R. Amaranth rediscovered // New crops / Eds. J. Janick, J.E. Simon. – N.Y.: Wiley, 1993. – P. 211-218.

Поступила в редакцию  
23.04.2010 г.

## VARIATION OF SOME ISOZYME SYSTEMS IN SEEDS OF REPRESENTATIVES OF *AMARANTHUS* L. GENUS

S. V. Lymanska, V. M. Popov, T. I. Goptsiy

V.V. Dokuchaev Kharkiv National Agrarian University  
(Kharkiv, Ukraine)

Polymorphism of eight isozyme systems (esterase, malic enzyme, malate dehydrogenase, 6-phosphogluconate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase, aspartate aminotransferase, shikimate dehydrogenase, glucose 6-phosphate dehydrogenase) in amaranth seeds has been studied. The estimation of the interspecific and intraspecific polymorphism of 24 amaranth specimens have been carried out. It is shown that only four isozyme systems (malic enzyme, malate dehydrogenase, 6-phosphogluconate dehydrogenase, alcohol dehydrogenase) were discovered by the electrophoresis method in amaranth seeds. All the enzymes were characterized by the presence of insignificant number of well interpreted components differing in relative activity, and also in electrophoresis mobility. The hybrid spectrums have been detected only for malic enzyme. The maximum number of allozymes for amaranth enzyme systems doesn't exceed two that is evidence of the low level of polymorphism.

**Key words:** *Amaranthus* L., isozymes, electrophoresis, polymorphism

**МІНЛИВІСТЬ ДЕЯКИХ ІЗОФЕРМЕНТНИХ СИСТЕМ НАСІННЯ  
ПРЕДСТАВНИКІВ РОДУ *AMARANTHUS L.***

С. В. Лиманська, В. М. Попов, Т. І. Гопцій

*Харківський національний аграрний університет імені В.В. Докучаєва  
(Харків, Україна)*

Досліджували поліморфізм восьми ферментних систем (естераза, малік-ензим, малатдегідрогеназа, 6-фосфоглюконатдегідрогеназа, алкогольдегідрогеназа, аспаратамінотрансфераза, шикімаатдегідрогеназа, глюкозо-6-фосфатдегідрогеназа) у насінні амаранту. Проведено оцінку внутрішньовидового та міжвидового поліморфізму у 24 зразків амаранту. Показано, що методом електрофорезу при понасінинному аналізі у амаранту виявляються лише чотири ферментні системи (малік-ензим, малатдегідрогеназа, 6-фосфоглюконатдегідрогеназа, алкогольдегідрогеназа). Для всіх ферментів характерна наявність незначної кількості добре інтерпретованих компонентів, які розрізняються за відносною активністю, а також за електрофоретичною рухливістю. Лише для малік-ензиму при понасінинному аналізі було виявлено гібридні спектри. Максимальна кількість алозимів для ферментних систем амаранту не перевищує двох, що свідчить про низький рівень поліморфізму.

**Ключові слова:** *Amaranthus L.*, ізоферменти, електрофорез, поліморфізм