

Д. Р. Костырко

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПОЛИПЛОИДИИ ПЛОДОВОЙ ШЕЛКОВИЦЫ *MORUS ALBA* L. В ДОНЕЦКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ НАН УКРАИНЫ

гетерозис, диплоид, тетраплоид, полиплоид, кариограмма, метафазные пластинки, феноритмика, *Morus* L.

Семейство *Moraceae* Linn., к которому относится род *Morus* L., является одним из семейств, у которого почти или полностью отсутствует естественная полиплоидия. Согласно подробному обзору литературы, посвящённому данному вопросу и опубликованному Е.П. Раджабли в 60 – 70-ые годы [13-15], преобладающее большинство изученных видов данного рода диплоидны с числом хромосом $2n = 28$. Лишь один вид – шелковица чёрная (*Morus nigra* L.), являющийся 22-плоидным видом, с числом хромосом равным 308, известен как полиплоидный.

В результате цитологических исследований культивируемых в странах СНГ видов и разновидностей шелковицы была обнаружена ещё одна тетраплоидная форма *M. alba* L. ($2n = 56$) – плодовая шелковица сорта ‘Тегеран-гут’ и ряд триплоидных форм ($2n = 42$) кормовой шелковицы [16, 17].

Высокая хозяйственная ценность спонтанных триплоидов кормовой шелковицы привлекла внимание тузоводов к проблеме практического использования её полиплоидных форм в культуре и возможности искусственного создания тетраплоидов, как исходного материала для полиплоидной селекции [1]. Небольшое число хромосом ($2n = 28$) наряду с существованием такой высокополиплоидной формы, как *M. nigra* может служить первым указанием на перспективность шелковицы для искусственной полиплоидии.

Ставилась задача вырастить путем обработки семян шелковицы *Morus alba* L. водными растворами колхицина полиплоидные формы, отличающиеся высокими показателями урожайности и качества плодов для использования как кормовых, пищевых и лекарственных растений.

Работы по экспериментальной полиплоидии у шелковицы, прежде всего как кормовой культуры, были начаты у шелковицы почти одновременно и независимо в Азербайджане (СНГ) и Японии. Метод получения полиплоидных форм шелковицы был разработан Е.П. Раджабли в 1951-1952 и 1956 гг. на Кусарчайской зональной опытной станции (КЗОС) Института генетики и селекции АН Азербайджана и заключался в проращивании сухих семян шелковицы в водных растворах колхицина, изготовленных из собранных нами лукович *Colchicum umbrosum* Stev. in Neuv., произрастающего в зоне альпийских лугов Кавказа. Сухие семена помещались в чашки Петри на фильтровальную бумагу, смоченную раствором колхицина в концентрации 0,02-0,03% и проращивались при температуре 25-30°C. Методика в подробном изложении опубликована в 1966 г. [12].

В результате были получены тетраплоидные растения [12], цитологически подтверждённые исследованиями С. И. Раджабли [16, 17].

В те годы к этим исследованиям была причастна и автор данной статьи, которая в 60-тые годы продолжила работы на КЗОС по изучению полиплоидных форм кормовой шелковицы. Подтверждением этому является благодарность, высказанная основоположницей работ по полиплоидии шелковицы в бывшем СССР Е. П. Раджабли [15].

Впоследствии наш интерес к полиплоидной селекции у шелковицы как плодовой культуры возник в 1972 г. уже в Донецком ботаническом саду НАН Украины (ДБС) в связи с особой ценностью её плодов, которая определяется не только их приятным вкусом и богатым набором питательных веществ и микроэлементов в них, но, главным образом, содержанием биологически активных веществ, придающих им целебные свойства и позволяющих использовать их для терапевтических и профилактических целей. Лечебны также листья и корни шелковицы. Тем более, что сортов плодовой шелковицы до последнего времени известно очень мало. Это, прежде всего, местные азербайджанские сорта *M. alba* – Бидана-гут, Гянджа-гут, Тегеран-гут, Шах-гут, Ширван-гут и Хар-гут, относящийся к *M. nigra*. Очень мало также работ, освещающих вопросы её изучения как плодовой культуры [8]. Лишь в последние годы появляются публикации об изучении крупноплодных форм *M. nigra* и *M. alba* в Украине [3, 4, 9], биохимического состава их плодов [6, 7, 11] и др.

Работа по полиплоидной селекции у шелковицы *M. alba* в ДБС развернулась в 1976 г., когда семена её полиплоидных форм от свободного опыления были привезены из Института генетики и селекции АН Азербайджана (г. Баку). Посев семян в ящики в теплице произведён 6.03.1976 г. Всходы появились 22-28.03.1976 г., пикировка их в горшки произведена 1.04.76 г., высадка в школу – 20.05.77 г., высадка саженцев в питомник – 25.09.77 г., высадка на постоянное место – весной 1979 г. Всего высажено 40 образцов, частично в коллекционный питомник, частично в аллею шелковицы. Первые сведения о результатах данной работы опубликованы в 1995 г. [4].

Первые четыре года саженцы шелковицы сильно обмерзали в зимний период, но с наступлением весны быстро восстанавливались. В 1982 г. растения вступили в генеративную фазу, а с 1990 г. – в фазу обильного плодоношения. Проведённый цитологический анализ [10] подтвердил полиплоидную природу опытных растений. Все образцы оказались тетраплоидами ($2n = 56$). Это наглядно показано на примере селекционной формы №11 [3].

Пользуясь классификацией хромосом Ю. М. Агаева [2], установлено, что шелковица *M. alba* из природных экотопов юго-востока Украины, принятая за контроль, содержит в соматических клетках 28 хромосом. Это совпадает с данными других исследователей применительно к *M. alba* [2, 14]. Среди хромосом выделяются две крупные почкообразные хромосомы размером 2,7 – 8,3 мкм, относящиеся к типу М-хромосом, другие 26 – к мелким S-хромосомам. Их размер не превышает 2,5 мкм. Морфологически хромосомы имеют овальную или пальцеобразную форму [2].

По данным 25-летних (1978 – 2002 гг.) фенологических наблюдений начало вегетации на примере последних 5 лет (1996 – 2000 гг.) наблюдается, в среднем, в последней декаде апреля – начале мая и имеет короткий период: цветение – в мае, в течение 20 – 30 дней, плодоношение в июне, в среднем в течение 42 дней, конец вегетации в октябре в связи с позднеосенними заморозками. При этом часто лист опадает зелёным. Продолжительность вегетации в среднем 170 дней, из которых на цветение и плодоношение приходится от 30 до 60 дней.

Сумма эффективных температур, необходимая для начала вегетации шелковицы в условиях Донбасса составляет 414 - 624, 6°С, для начала цветения в среднем 567,4°С, что приходится на май месяц. Для наступления фазы плодоошения необходимая сумма эффективных температур должна соответствовать 934 - 1211°С. Общая сумма эффективных температур, необходимая для нормального прохождения всех фаз сезонного развития шелковицы в Донбассе составляет - 2475,6 - 2956,2°С.

Согласно оценке зимостойкости древесных растений [5], состояние всех опытных образцов шелковицы соответствует 2 - 3 баллам. Часть образцов вымерзла в зимний период. Также высоки и показатели засухоустойчивости, которые по П.И. Лапину и С. В. Сидневой [5] соответствуют 1 - 2 баллам. Наиболее губительны для шелковицы в Донбассе весенние заморозки. По данным наших наблюдений, в отдельные годы (1999 - 2000 гг.) в результате поздних весенних заморозков (май) у всех опытных образцов отмечалась значительная гибель распусившихся цветков, листьев, молодых побегов, что не могло не отразиться на дальнейшем развитии растений и их урожайности. Так, в результате позднего весеннего заморозка и полной гибели цветков и почек в 1999 г. плодоношения растений не наблюдалось. В то же время в 2000 г., благодаря распусканию запасных почек, произошёл значительный сдвиг фаз развития и цветение и плодоношение происходили в июне месяце, в более сжатые сроки.

Детальный просмотр морфологии почек показал, что почечные покровы у полиплоидных образцов состоят из 3 - 6 толстых наружных чешуй красновато-коричневого цвета с жёсткими щетинками в терминальной части и 4 - 6 внутренних тонких плёнчатых чешуй, покрытых мягкими волосками. Также густо опушены зачаточные листья. Очевидно, наружные и внутренние чешуи, их опушение и опушение зачаточных листьев надёжно защищают почки шелковицы в период зимнего покоя от резких перепадов температур, типичных для юго-востока Украины. Это и объясняет относительно высокую зимостойкость шелковицы - южной культуры в этих условиях.

Растения отличаются интенсивным ростом, гетерозисными морфологическими признаками: крупные почки и пыльцевые зёрна, крупный, несколько уплощенный лист, короткие междоузлия и т. д.

В настоящее время - это крупномерные деревья, до восьми и более метров высотой с раскидистой или шаровидной формой кроны, исключительно красивыми, крупными блестящими, тёмно- или светло-зелёными листьями, придающими растениям декоративность в течение всего периода вегетации.

В ходе эксперимента среди опытных образцов шелковицы отобран ряд перспективных, отличающихся комплексом биохозяйственных показателей, три из них проходят государственное испытание с 1998 г. и занесены в Реестр сортов Украины в 2001 г. Это 'Белоснежка', 'Дина', 'Машенька'. Ниже приводится характеристика их некоторых параметров и свойств (таблица).

Учитывая, что Донбасс является регионом с высоким антропогенным прессингом, важное значение имеет отбор плодовых растений, в данном случае шелковицы с высоким содержанием в плодах сухих веществ, общих и простых сахаров, каротина и других биологически активных веществ, а также устойчивых к аккумуляции из почвы и атмосферы вредных и токсичных элементов для организма человека. С этой целью в лаборатории фитохимии ДБС был проведён биохимический анализ плодов ряда полиплоидных образцов шелковицы, в т. ч. трёх вышеуказанных сортов. Определялось содержание сухого вещества, водорастворимых углеводов, каротина, макро- (Ca, Mg,

Таблица. Характеристика некоторых биохозяйственных показателей перспективных образцов форм *Morus alba* L

Характеристика (показатель)	Характеристика сортов		
	'Белоснежка'	'Дина'	'Машенька'
Дерево	Среднерослое, крона среднезагущенная	Среднерослое, среднераскидистое	Среднерослое, среднераскидистое
Группа спелости	Среднеспелая	Среднеспелая с растянутым периодом плодоношения	Раннеспелая
Начало плодоношения, год	5	5	5
Плоды	Цилиндрические, белые	Цилиндрические, тёмно-фиолетовые	Цилиндрические, розовые
Масса плода, г	2,79	2,84	2,84
Мякоть	Сочная, белого цвета, ароматная	Сочная, фиолетово-чёрная, ароматная	Сочная, бело-розовая, ароматная
Характер вкуса	Сладкий	Кисло-сладкий	Сладкий
Дегустационная оценка, балл	5	5	5
Состав плодов, % сухих веществ	12,5	13,83	13,76
Са, мг/%	9696,92	10597,85	-
каротин, мкг/г	19,49	20,14	10,83
витамина С, мг/%	327,3	346,8	356,01
Использование	Универсальное	Универсальное	Универсальное
Повреждение болезнями, %	0	0	0
Рекомендуемая зона выращивания	Степь	Степь	Степь

P) и микроэлементов и т. д. Согласно полученным данным, содержание сухого вещества у селекционных образцов и сортов *M. alba* колеблется от $12,4 \pm 0,27$ ('Белоснежка') до $13,43 \pm 0,41\%$ ('Дина'), что несколько превышает контроль – $11,22 \pm 0,24\%$. Наибольшее (X max) содержание каротина отмечено у сорта 'Дина' ($26,05 \pm 0,57$), наименьшее (X min) – у сорта 'Машенька' ($10,83 \pm 0,38$) мкг/г. В целом, все исследованные образцы несколько превосходят по этим двум показателям контроль $11,22 \pm 0,24\%$ (сухое вещество) и $8,84 \pm 0,26$ мкг/г (каротин).

В плодах опытных образцов *M. alba* определено $356,01 - 327,3$ мг/100 г аскорбиновой кислоты, общее количество минеральных веществ в плодах – $1,00 - 1,24\%$.

Анализируя данные содержания микроэлементов в плодах селекционных форм шелковицы, можно отметить, что по содержанию Ca все изученные формы превосходят контроль; наивысшее содержание у формы № 9 ($96,92$ мг/кг). По содержанию Mg опытные образцы превышают контроль на $0,28 - 0,48\%$ и $0,10 - 0,20\%$. В целом из 28 изученных микроэлементов по количеству накопления токсичных элементов из них, таких как Ba, Pb, Cd, Bi, Hg, Sb, Sr выделяются опытные образцы № 9 и № 10, хотя накопление их в целом в плодах не так значительно. Есть основание полагать, что при выращивании плодовой шелковицы в регионах, отличающихся, подобно Донбассу, значительным нарушением окружающей среды, наблюдается незначительное накопление токсичных элементов в её плодах, повышенное содержание сухих веществ, каротина, аскорбиновой кислоты, полезных макро- и микроэлементов, что не превышает санитарно-гигиенических норм. Это свидетельствует о широкой возможности её культуры в данных условиях. Растения практически устойчивы к болезням и вредителям. Разработан ряд методов ускоренного вегетативного размножения. В дополнение к ранее разработанным методам семенного и вегетативного (окулировка) способам, разработана технология зелёного черенкования. Это наиболее простой и экономичный метод для массового размножения [3].

Таким образом, на основе развернувшихся в ДБС с 1976 г. работ по полиплоидной селекции плодовой шелковицы *Morus alba* L. создана коллекция экспериментально полученных под воздействием водных растворов колхицина (*Colchicum umbrosum* Stev. in Neuv.) полиплоидных форм шелковицы. Коллекция включает 40 образцов. Растения выращены из семян от свободного опыления, полученных из Института генетики и селекции АН Азербайджана (г. Баку). Цитологически установлена полиплоидная природа опытных образцов. Все они оказались тетраплоидами – $2n = 56$. Проведён широкий интродукционный эксперимент с *M. alba*. Изучен комплекс биохозяйственных особенностей растений (фенология, зимо- и засухоустойчивость, устойчивость к поздним весенним и ранним осенним заморозкам), морфологические признаки – почечные покровы, цветки, лист, соплодия и их биохимический состав и т. д. Отобран ряд перспективных форм, отличающихся комплексом биохозяйственных показателей, три из которых ('Белоснежка', 'Дина', 'Машенька') занесены в Реестр сортовых растений Украины 2001 г. и проходят государственное сортоиспытание. Разработан ряд методов ускоренного вегетативного размножения, наиболее простым и экономически выгодным из которых является зелёное черенкование. Результаты, достигнутые в направлении увеличения размеров соплодий и улучшения их вкусовых качеств при переводе шелковицы на тетраплоидный уровень, указывают на перспективность использования полиплоидии в селекции плодовой шелковицы на основе привлечения в работу соответствующего исходного материала.

1. *Абдуллаев И. К.* Полиплоидия в эволюции и селекции многолетних растений // Изв. АН Аз ССР. Сер биол. наук. – 1970. – № 2. – С. 42 –51.
2. *Агаев Ю. М.* Особенности мейоза в микроспороцитах у 168-хромосомного гибрида *Morus nigra* L. (22с) // Полиплоидия у шелковицы. – М.: ВАСХНИЛ. – 1970. – С. 70 – 75.
3. *Глухов А. З., Костырко Д. Р., Мітіна Л. В.* Плодова шовковиця *Morus alba* L. на південному сході України. Інтродукція, біоморфологія, використання. – Донецьк: Лебідь, 2003. – 139 с.
4. *Костырко Д. Р.* Изучение крупноплодных селекционных форм шелковицы культивируемых сортов *Morus alba* L. в Донецком ботаническом саду НАН Украины // Особенности акклиматизации многолетних интродуцентов, накапливающих биологически активные вещества. Тез. докл. – Краснодар. – 1995. – С. 125 –129.
5. *Лалин П. И., Сиднева С. В.* Оценки перспективности интродукции древесных растений по данным визуальных наблюдений // Опыт интродукции древесных растений . – М.: Наука. – 1973. – С. 7 – 67.
6. *Лебеда А. Ф., Стройная С. А., Паламарчук Е. П.* Крупноплодные формы *Morus nigra* L. и *Morus alba* L. // Тез докл. Третьої Укр. конф. з медичної ботаніки. – К.: Вищ. шк. – 1992. – С. 128 – 129.
7. *Лебеда А. Ф., Паламарчук Е. П., Стройная С. А.* Биохимический состав плодов *Morus nigra* L. // Там же. – С. 87 – 88.
8. *Махмудбекова Н. И.* Изучение сортового состава плодовой шелковицы Азербайджана: Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05. – Баку, 1966. – 24 с.
9. *Мітіна Л. В.* Інтродукція селекційних форм *Morus alba* L. на південному сході України: Автореф. дис. ... канд. біол. наук: 03.00.05 – К., 2002. – 18 с.
10. *Мітіна Л. В., Костырко Д. Р.* Цитологічна характеристика селекційних форм *Morus alba* L. в Донецькому ботанічному саду НАН України // Промышленная ботаника. – 2003. – Вып. 3. – С. 180 – 182.
11. *Погорелая Н. Ф., Паламарчук Е. П., Седых Т. Ю.* Лектаны *Morus nigra* L. и *Morus alba* L. // Тез. докл. Третьої Укр. конф. з медичної ботаніки. – К.: Вищ. шк.. – 1992. – С. 87 – 88.
12. *Раджабли Е.П.* Методика получения полиплоидных форм шелковицы // Экспериментальная полиплоидия в селекции растений. – Новосибирск: Наука, 1966. – С. 235-240.
13. *Раджабли Е. П.* Экспериментальная полиплоидия у шелковицы (*Morus* L.) // Экспериментальная полиплоидия в селекции растений.- Новосибирск: Наука, 1966. – С. 241 –254.
14. *Раджабли Е. П.* Экспериментальная полиплоидия и её использование в селекции шелковицы: : Автореф. дис. ... канд. биол. наук: 06.01.05. – Новосибирск, 1967. – 25 с.
15. *Раджабли Е. П.* Об истории исследований по экспериментальной полиплоидии у шелковицы // Генетика. – 1976. – 12. – № 8 – С. 38 –43.
16. *Раджабли С. И.* Цитологическое исследование соматических хромосом у шелковицы // Тез. доклада VIII научн. конф. аспирантов АН Аз ССР. – Баку, 1960. – С. 105 –108.
17. *Раджабли С. И.* Экспериментальная полиплоидия в селекции растений. – Новосибирск: Наука. – 1966. – 224 с.

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Получено 2.03.2005

УДК 581. 15: 582. 635. 3 (477-62)

КРАТКАЯ ИСТОРИЯ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЙ ПОЛИПЛОИДИИ У ПЛОДОВОЙ ШЕЛКОВИЦЫ *MORUS ALBA* L. В ДОНЕЦКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ НАН УКРАИНЫ

Д.Р. Костырко

Донецкий ботанический сад НАН Украины

Приведены результаты изучения экспериментально полученных под воздействием водных растворов колхицина, выделенного из луковок (*Colchicum umbrosum* Stev. in Neuv.), полиплоидных форм *Morus alba* L. Изучен комплекс биохозяйственных признаков и свойств селекционных форм, среди которых отобран ряд наиболее перспективных. Показана возможность использования полиплоидии в селекции плодовой шелковицы *Morus alba* L. при переводе её на тетраплоидный уровень ($2n = 56$).

UDC 581. 15: 582. 635. 3 (477. 62)

A BRIEF RECORD ON EXPERIMENTAL POLYPLOIDY OF FRUIT-BEARING WHITE MULBERRY *MORUS ALBA* L. AT THE DONETSK BOTANICAL GARDENS OF THE NATIONAL ACADEMY OF SCIENCES OF UKRAINE

D. R. Kostyrko

Donetsk Botanical Gardens, Nat. Acad. Sci. of Ukraine

The article presents results of study of polyploid forms of *Morus alba* L. experimentally obtained under the influence of colchicine water solutions extracted from bulbs (*Colchicinium umbrosum* Stev. in Neuv.). The complex of bioeconomical characters and properties of selectional forms has been studied. Among these forms a number of the most perspective ones has been selected. The possibility of using polyploidy in white mulberry (*Morus alba* L.) selection when it is transferred to tetraploid level ($2n = 56$) is considered.