

Л.В. Митина**БИОМОРФОЛОГИЯ ГЕНЕРАТИВНОЙ СФЕРЫ *MORUS ALBA L.***

Morus alba L., цветение, семенная продуктивность, генеративные органы, морфология, пыльца, половой диморфизм

Исследование функционирования генеративной сферы интродуцентов – неотъемлемый компонент комплексного интродукционного анализа. Нормальный процесс цветения, образования плодов и качественных семян – это один из критериев успешности прохождения процесса адаптации и акклиматизации растений в новых условиях произрастания. В ряде научно-исследовательских работ представлены отдельные сведения относительно полового диморфизма у шелковицы (*Morus alba L.*), протекания процессов гамето- и микроспорогенеза [1, 11, 13, 16]. Однако эти данные неполные и зачастую противоречивы. На юго-востоке Украины биоморфология цветения и плодоношения шелковицы исследуется нами впервые.

Цель работы – изучение биологии цветения, плодоношения и морфологического строения генеративных органов плодовой шелковицы в экстремальных условиях Донбасса.

Объект исследования – генеративные органы плодовой шелковицы селекционных форм № 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15 *Morus alba L.* – семенного потомства сорта Апшерон-тут селекции Института генетики и селекции АзССР. Контролем служили растения из природных экотопов юго-востока Украины. Морфологическое описание структурных элементов генеративных органов проводили согласно разработкам Ал.О. Федорова, М.И. Кирпичникова, З.Т. Артюшенко [16]. Рисунки сделаны при помощи бинокля МБС-9. Исследования жизнеспособности пыльцы проводили на свежесобранном материале селекционных форм № 3, 8, 11, 14, 17 и контроля по общепринятым методикам [10, 12] под световым микроскопом МВВ-1А через 2, 3, 4, 12, 24 часа после посева. Проращивали пыльцу на среде с 1 % содержанием агар-агара и с разной концентрацией сахарозы – 0 %, 25 %, 50 % при температуре воздуха 28 °С. Плодоношение селекционных форм оценивается по 5-бальной шкале [4]. Семенную продуктивность определяли по разработкам И.В. Вайнагия [2]. Биометрические расчеты проводили согласно рекомендациям Г.Н. Зайцева [3].

Коллекционные растения шелковицы, произрастающие на территории Донецкого ботанического сада НАН Украины по А.Л. Тахтаджяну [14] имеют разные типы распределения полов: гиномоноэция, андродиэция, и триэция, что характерно для анемофильных растений, а также растений гибридного происхождения. Шелковица – анемофил, для которого характерна двудомность, но встречаются также и однодомные экземпляры. Цветки шелковицы однополые, собраны в цимозные соцветия. Женские цветки с простым четырехчленным околоцветником, который иногда сростается с завязью; пестик состоит из двух плодолистиков с верхней одногнездной завязью, которая содержит одну семязпочку, листочки свободные. В мужском цветке, который также четырехчленный, каждому листочку околоцветника соответствует одна тычинка, расположенная супротивно. Соцветия сложные, состоят из дихазиев.

Цветение шелковицы характеризуется растянутыми сроками и часто продолжается 25–30 дней. С началом вегетации на фазе развития 3–5 листочков происходит массовое цветение женских соцветий, мужские соцветия начинают развиваться до появления листочков. Продолжительность цветения женских экземпляров, в среднем, на 20 дней длинее, чем мужских. Пролонгированность цветения растений с женскими цветками объясняется спецификой их морфогенеза. На женских экземплярах в почках содержатся зачаточные побеги, листья,

Цветение, дни

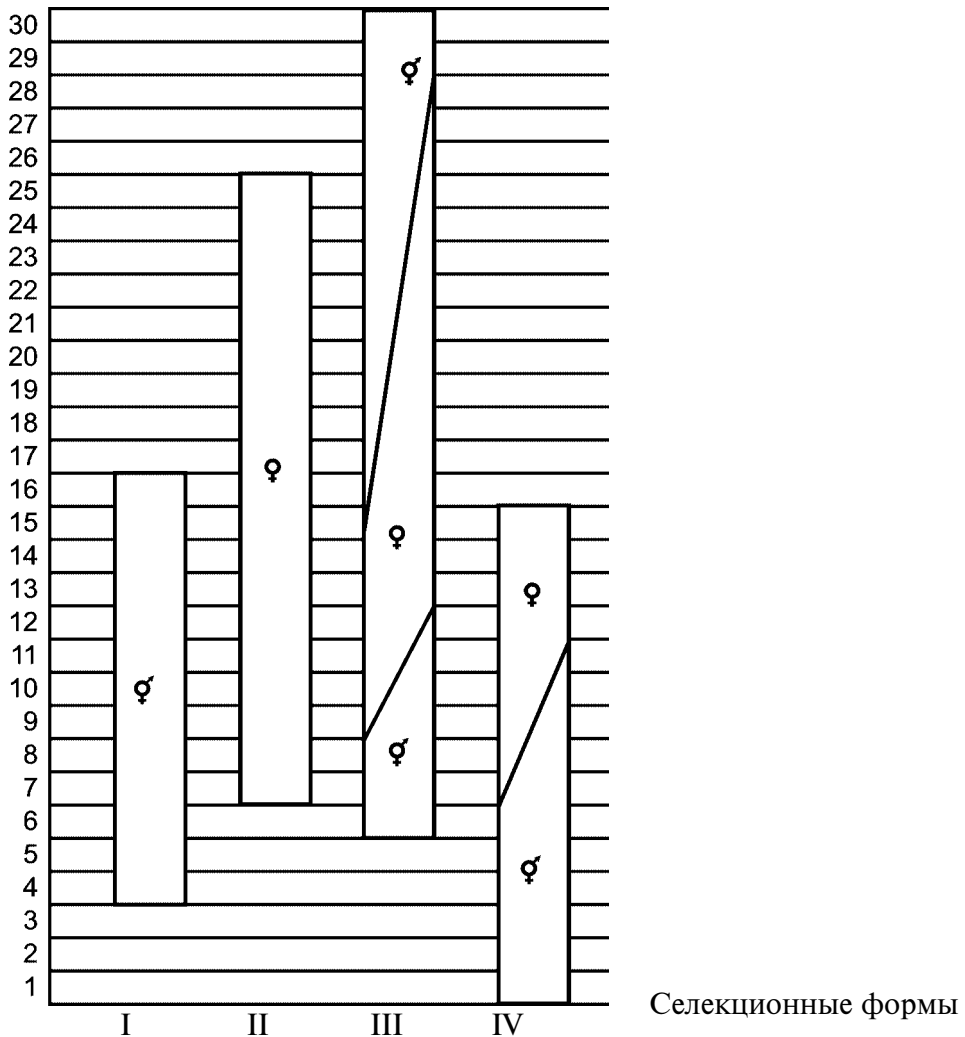


Рис. 1. Динамика цветения селекционных форм (с.ф.) *Morus alba* L. в зависимости от пола: I – с.ф. № 7, II – с.ф. № 11, III – с.ф. ; 14, IV – контроль

2–3 соцветия, которые зацветают первыми во время следующей вегетации. Именно эти, сформированные на стадии внутрипочечного развития соцветия, являются основой массового цветения. После образования первой завязи продолжается линейный рост побегов и развитие следующих 2–3 соцветий. Так, в начале фазы плодоношения наблюдается следующая картина: на годичном побеге имеются зрелые плоды, как правило, два, расположенных в базальном конце побега, далее, по ходу роста побега 1–2 полужелтых соплодия, 1–2 завязи и 1–2 цветущих соцветия. Таким образом, в целом, по растениям, начало фазы плодоношения совпадает с окончанием фазы цветения. Разница в сроках цветения отличается по селекционным формам и составляет 5–10 дней от начала цветения, и 10–30 дней по его окончанию. Выявлено, что первыми раскрываются тычиночные цветки, затем пестичные (разница составляет 3–5 дней), последними зацветают двуполые (разница в сроках по сравнению с женскими с мужскими – 8–11, женскими – 6–9 дней) (рис. 1). При сравнении продолжительности цветения селекционных форм и контроля установлено, что у растений из природных экотопов начало цветения и плодоношения происходит на 3–5 дней раньше, чем у интродуцентов. Это объясняется тем, что растения имеют высокий уровень пloidности, а для полиплоидов характерно более позднее прохождение фаз онтогенеза в сравнении с диплоидами [13].

Таблица 1. Сравнительная характеристика морфологических признаков и семенной продуктивности (в расчете на одно соплодие) селекционных форм *Morus alba* L. (1997 г.)

| Образец, № | Соплодие | | | Вес соплодия, г | ПСП, шт M±m | РСП, шт. | КСП, % |
|---------------|-----------|-----------|------------------|-----------------|----------------|------------|--------|
| | длина | ширина | длина: ширина | | | | |
| 4 | 2,53±0,05 | 1,55±0,03 | 1,63 | 3,61±0,12 | 38,14±1,16 | 37,28±2,11 | 97,3 |
| 5 | 2,58±0,03 | 1,62±0,02 | 1,59 | 3,63±0,11 | 39,11±2,14 | 37,25±2,16 | 95,2 |
| 6 | 2,56±0,05 | 1,64±0,03 | 1,56 | 3,71±0,18 | 42,31±1,58 | 40,23±2,15 | 95,1 |
| 7 | 2,38±0,06 | 1,47±0,03 | 1,62 | 2,84±0,07 | 36,59±1,52 | 34,00±1,94 | 92,3 |
| 8 | 2,61±0,02 | 1,45±0,05 | 1,81 | 2,98±0,53 | 46,17±2,13 | 44,21±2,25 | 95,7 |
| 9 | 2,48±0,04 | 1,46±0,02 | 1,72 | 3,32±0,11 | 45,16±1,01 | 42,57±2,41 | 94,2 |
| 10 | 2,26±0,07 | 1,10±0,02 | 2,05 | 2,12±0,08 | 28,47±1,36 | 21,96±1,32 | 76,2 |
| 12 | 2,48±0,03 | 1,46±0,03 | 1,70 | 3,32±0,15 | 40,52±1,29 | 36,96±1,17 | 91,2 |
| 13 | 2,39±0,02 | 1,32±0,03 | 1,81 | 3,69±0,48 | 32,14±2,36 | 31,21±1,12 | 97,1 |
| 14 | 2,71±0,03 | 1,51±0,02 | 1,79 | 2,79±0,07 | 51,62±1,52 | 46,40±2,15 | 89,2 |
| 15 | 2,81±0,05 | 1,52±0,02 | 1,85 | 4,10±0,12 | 52,39±1,73 | 50,88±2,02 | 97,4 |
| 16 | 2,56±0,06 | 1,53±0,01 | 1,67 | 3,12±0,29 | 36,44±1,68 | 35,11±1,68 | 96,3 |
| К | 1,12±0,09 | 0,72±0,06 | 1,55 | 1,52±0,14 | 15,33±1,62 | 13,62±1,49 | 88,8 |

Примечание: К - контроль, ПСП - потенциальная семенная продуктивность, РСП - реальная семенная продуктивность, КСП - коэффициент семенной продуктивности, M±m - Среднее арифметическое и погрешность

Отборы отличаются сроками созревания плодов. Плодоношение, в среднем, заканчивается в первых числах августа. Согласно литературным данным [17], по величине соплодия условно разделяют на группы: мелкие – менее 15 мм длиной, средние – от 15 до 20 мм и крупные – более 22 мм. Средний урожай соплодий с одного дерева шелковицы от 30 до 72 кг. Соплодия селекционных форм относятся к крупным, поскольку их длина варьирует в пределах 2,26–3,97 м. Плодоношение селекционных форм оценивается по 5 бальной шкале в 4–5 баллов. На двулетних побегах образуется 21–91 штук плодов (лимиты min-max). Достоверной разницы в количестве формирования плодов по экспозициям (север, юг, запад, восток) не установлено.

Важным показателем успешности роста интродуцентов с семенная подуктивность (табл. 1). Все селекционные формы создают выполненные семена с высокой энергией прорастания (91–98 %). Плоды, образовавшиеся из двуполых или комбинированных соцветий, имели невыполненные семена с энергией прорастания 30–40 % [6, 9].

Известно, что качество семян зависит от жизнеспособности пыльцы. Селекционная форма № 11 – мужской экземпляр, другие – однодомные растения, с мужскими, женскими и двуполыми цветками. На среде без содержания сахарозы у диплоидов произошло образование пыльцевых трубок у 2,4 % пыльцы контроля – диплоида, а у селекционных единиц этот процесс наблюдался только у № 11 – 2,5 %. На среде с 25 % содержанием сахарозы наблюдалось увеличение энергии прорастания пыльцы и через 12 часов средние показатели составляли у диплоидов – 51,2 %, тетраплоидов № 3 – 22,4 %, № 8 – 40,9 %, № 11 – 52,6 %, № 14 – 26,7 %, № 17 – 10,6 %. Наиболее высокие показатели прорастания пыльцевых трубок отмечены через 12 часов после посева пыльцы. На среде с 50 % содержанием сахарозы через 24 часа средние показатели прорастания пыльцевых зерен диплоида составляли 6,2 %, у тетраплоидов № 8 – 15,0 %, № 17 – 8,3 %, а № 3, 11, 14 – 0 % [7].

Исследуемые деревья шелковицы белой можно отнести к двум группам: двудомные растения (мужские и женские цветки на разных экземплярах) и полигамные (наличие мужских, женских и двуполых цветков на одном экземпляре). Среди них можно распределить деревья по количественным показателям наличия соцветий того или другого типа: гинодиецичные – селекционные формы № 5, 7, 9, 10, 12, 13, 16; андродиецичные – селекционная форма № 11; триецичные – соотношение женских и мужских цветков – 70:30 (селекционная форма № 14); соотношение мужских, гермафродитных и женских цветков – 50:30:10 (селекционные формы № 6, 8).

Наши исследования показали большое разнообразие в строении цветков и соцветий у селекционных форм шелковицы белой. Так, на примере селекционной формы № 14 мы наблюдали наличие на дереве побегов с соцветиями, образованными однополыми цветками – женскими или мужскими, побеги с одновременным наличием на них соцветий как женских, так и мужских, а так же побеги с соцветиями, образованными разнополыми и обоеполыми цветками.

Наблюдалось аномалии в строении цветков. Редукция коснулась: тычиночных нитей, пыльцевых мешков и пыльцы; пестиков и рылец. Степень редукции этих органов варьирует, и, например, в гинецее наблюдается переход от редукции разной степени столбика и рылец до полной редукции пестика, который в таких случаях имеет вид небольших бугорков различной формы. Рассмотрим подробное строение цветков шелковицы (рис. 2). Пестичный цветок состоит из 4 листочков, одного пестика, образованного двумя плодолистиками, один из которых редуцирован, рыльце на столбике (встречается сидячее), состоит из двух лопастей. Поверхность лопастей опушенная, что является приспособлением к анемофильности. Тычиночный цветок состоит из 4 листочков, которым соответствуют 4 тычинки и редуцированного пестика. Гермафродитный цветок состоит из 4 листочков околоцветника, одного пестика, который

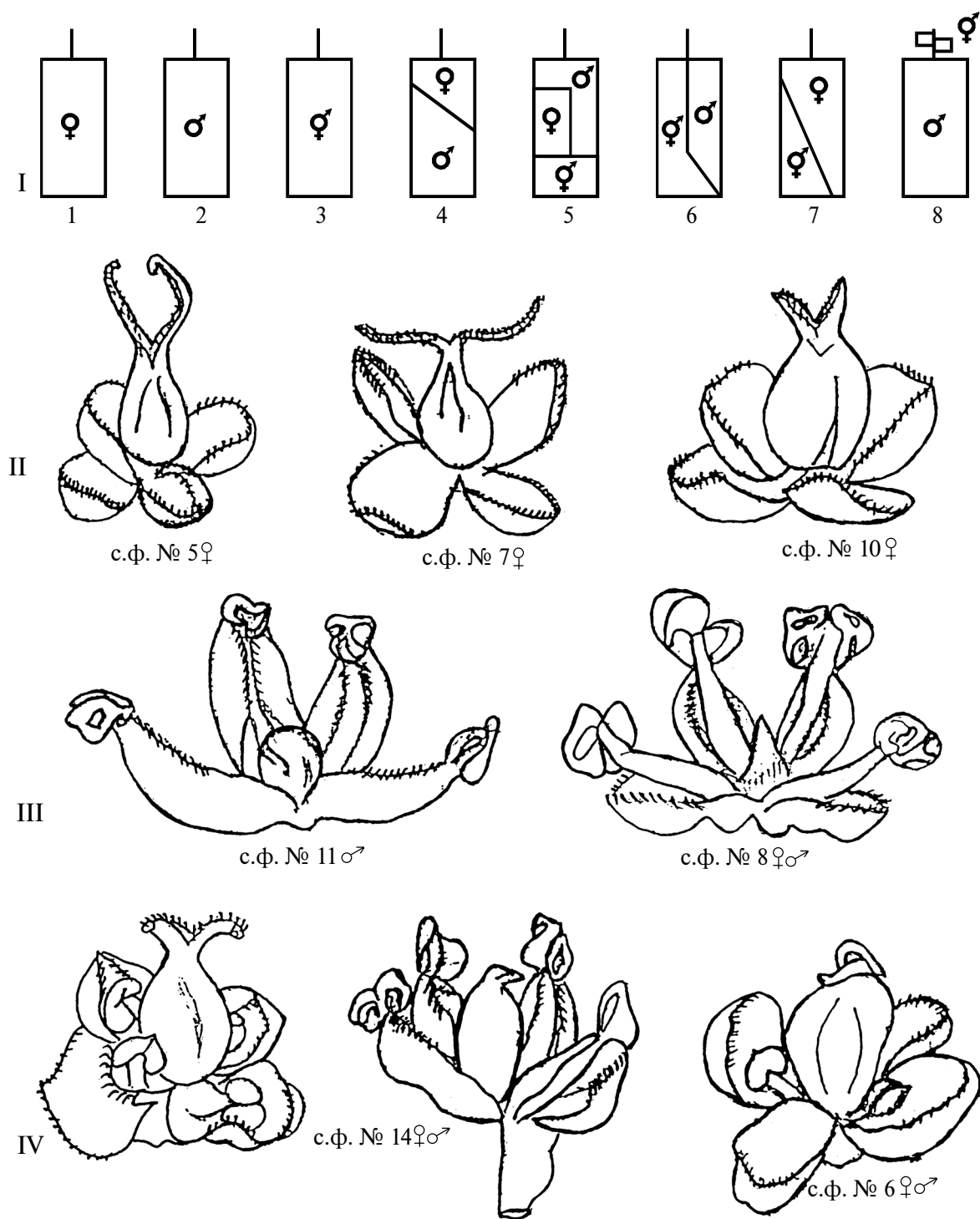


Рис. 2. Типы соцветий и строение генеративных органов селекционных форм (с.ф.) *Morus alba* L.:

I - схематическое строение соцветий:

1-3 соцветия, образованные из однополых цветков,

4-8 комбинированные соцветия, образованные цветками разного пола;

II - женские цветки;

III - мужские цветки;

IV - двуполые (аномальные) цветки

бывает: а) нормально развит; б) имеет редуцированные лопасти; в) редуцирован до шарообразной формы, превышая размерами тычинки, которые находятся внутри околоцветника на укороченных тычиночных нитях; г) имеет гиперутолщенное основание пестика, с рыльцами нормальных размеров; тычинок: а) нормально развитые тычинки; б) с редуцированными тычиночными нитями без пыльников; г) с утолщенными пыльниками, расположенными на укороченных утолщенных нитях; д) количество тычинок колеблется от 1 до 3. Abortивные пестики в цветках часто сопровождаются дегенеративными пыльцевыми мешками с дефективной пыльцой. Эта пыльца морфологически неоднородная с показателем прорастания 12 %. Дефективные пыльцевые мешки не растрескиваются во время цветения, имеют утолщенные стенки пыльцевых камер, чаще всего высыхают вместе с цветком, или срстаются с околоцветником, образуя дефективную ложную костянку. Установлено, что селекционным формам свойственно изменение сексуализации по годам. Так, на женских экземплярах наблюдается образование комбинированных и мужских соцветий, в то же время мужской экземпляр (№ 11) способен время от времени продуцировать небольшое количество женских соцветий с последующим образованием нормальных соплодий с выполненными семенами.

Степень редукции, характер последней, количественное и качественное соотношение нормальных и дегенеративных составных репродуктивных органов, их количества в соцветии обусловлено как генетически, так и в значительной степени зависит от естественных экзогенных факторов, воздействующих на растения. Согласно литературным данным [9, 13, 15], причины возникновения аномалий в генеративных органах следующие: идентичность происхождения тычинок и плодолистиков у растений: цветок становится двуполым в результате развития нормального плодолистика или при преобразовании тычинок в плодолистик; склонность к образованию гермафродитных цветков определяется генотипом и проявляется в экстремальных метеорологических условиях, гибридное происхождение растений, которое характеризуется дефективной пыльцой и яйцевым аппаратом.

Таким образом, нами установлены следующие черты специфики биоморфологии селекционных форм плодовой шелковицы *Morus alba* L.: выявлена пролонгированность цветения женских экземпляров по сравнению с мужскими, что объясняется спецификой их морфогенеза; выделены четыре типа соцветий у шелковицы а) соцветия, образованные из женских цветков; б) соцветия – из мужских цветков, в) соцветия – из двуполых цветков; г) комбинированные – из мужских, женских и двуполых цветков в разных количественных соотношениях. Наилучшие показатели прорастания пыльцы шелковицы белой отмечены у селекционной формы № 11 – 52,6 % (мужского экземпляра) при концентрации сахарозы в питательной среде 25 %, энергия прорастания пыльцы, собранной с мужских соцветий однодомных растений имеет низкие показатели – 18,6 %. Подсчет плодов показал, что на двулетних побегах образуется 21–91 штук; плодоношение селекционных форм оценивается в 4–5 баллов; соплодия селекционных форм относятся к крупным, поскольку их длина варьирует в пределах 2,26–3,97 см. Выделены формы с ранним, поздним и растянутым сроком плодоношения. Все селекционные формы образуют выполненные семена с высокой энергией прорастания 91–98 %. Плоды, образовавшиеся из двуполых или комбинированных соцветий, имели невыполненные семена с энергией прорастания 30–40 %. Отмечено аномальное строение цветков: редукция различной степени тычиночных нитей, пыльцевых мешков и пыльцы, пестиков и рылец.

В целом, изучение биоморфологии генеративных органов селекционных форм *Morus alba* L. показало, что интродуценты подвержены воздействию экзогенных факторов окружающей среды, что накладывает отпечаток на морфологическое строение цветков, однако репродуктивные функции шелковицы не нарушаются, что указывает на успешность прохождения растениями процесса адаптации в новых условиях произрастания.

1. *Абдуллаев И.К., Лев Э.А.* Изучение коррелятивной зависимости изменчивости признаков шелковицы при полиплоидии // Полиплоидия у шелковицы. – М.: Б. и., 1970. – С. 36–44.
2. *Вайнасий И.В.* О методике изучения семенной продуктивности растений // Ботан. Журн. – 1977. – Т. 59. – С. 826–831.
3. *Зайцев Г.Н.* Методика биометрических расчетов. – М.: Наука, 1973. – 256 с.
4. *Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур.* – Вып. V. Плодовые, ягодные, субтропические, цитрусовые, орехоплодные культуры, виноград и чай. – М.: Колос, 1971. – 160 с.
5. *Митина Л.В., Митин В.В.* Особенности плодоношения декоративных и плодовых форм *Morus L.* // Матер. конф. “Теоретические основы озеленения и благоустройства городов и сел”. – Кишинев: Б. и., 1997. – С. 115–116.
6. *Митина Л.В.* Использование семенного потомства сорта Апшерон-тут для формирования интродукционной популяции на Юго-Востоке Украины // Тез. доп. III Міжнар. наук. конф. “Промислова ботаніка”. – Донецьк: Б. в., 1998. – С. 207–208.
7. *Мітіна Л.В.* Вивчення життєздатності пилку *Morus alba L.* // Матер. X Міжнар. наук. конф. “Вивчення онтогенезу рослин природних та культурних флор у ботанічних закладах Європі”. – Умань. – Б. в., 1998. – С. 104–106.
8. *Мітіна Л.В.* Особливості насінневого розмноження *Morus alba L.* // Тез. доп. конф. молодих вчених. – Херсон: Б. в., 1998. – С. 82–83.
9. *Митина Л.В.* Теретогенез у селекційних одиниць *Morus alba L.* // Тез. докл. VI Міжнарод. конф. “Проблеми дендрології, цветоводства і пловодводства”. – Ялта: Б. и., 1998. – С. 44–45.
10. *Паушева З.П.* Практикум по цитологии растений. – М.: Колос. – 1974. – 288 с.
11. *Поддубная-Арнольди В.А.* Характеристика семейств покрытосеменных растений по цитоэмбриологическим признакам. – М.: Наука, 1982. – 352 с.
12. *Прозина М.Н.* Ботаническая микротехника. – М. – 1960: Высш. школа. – 205 с.
13. *Раджабли Е.П.* Об истории исследований по экспериментальной полиплоидии у шелковицы. – Новосибирск: Б. и., 1976. – Сер. Генетика. – 12, № 8. – С. 72–89.
14. *Тахтаджян А.Л.* Жизнь растений. – М.: Просвещение, 1978. – 247 с.
15. *Тахтаджян А.Л.* Вопросы эволюционной морфологии растений. – Л.: Изд-во Ленингр. ун-та, 1956. – с. 211.
16. *Федоров, Кирпичников М.Э., Артюшенко З.Т.* Атлас по описательной морфологии высших растений. Стебель, корень. – М.; Л.: Изд-во АН СССР, 1962. – 352 с.
17. *Федоров А.И.* Тутоводство. – М.: Сельхозгиз, 1947. – 346 с.

ДБС НАН України

Получено 06.07.2001 г.

УДК 631.527:581.4:581.141+581.162.3:577

Биоморфология генеративной сферы *Morus alba L.* / Митина Л.В. // Промышленная ботаника. – 2002. – Вып. 2. – С. 138–144.

На основании изучения биологии цветения, плодоношения и морфологического строения генеративных органов селекционных форм *Morus alba L.*, произрастающих на коллекционном участке Донецкого ботанического сада НАН Украины, отмечено смещение сексуализации растений под влиянием экзогенных (климатических) факторов в сторону андродии и гинедии.

Выделены четыре типа соцветий в зависимости от пола цветков и их количественного соотношения в соцветии. Зафиксирована редукция различной степени тычиночных нитей, пыльцевых мешков и пыльцы, пестиков и рылец. Наивысшие показатели прорастания пыльцы шелковицы белой отмечены у селекционной формы № 11 (♂) – 52,6 % при концентрации сахарозы в питательной среде 25 %. Селекционные формы образуют выполненные семена с высокой энергией прорастания 91–98 %. Выделены интродуценты с ранним, поздним и растянутым сроком плодоношения.

Табл. 1. Рис. 2. Библиогр.: 17

UDC 631.527:581.4:581.141+581.162.3:577

Biomorphology of *Morus alba L.* generative sphere / Mitina L.V. // Industrial botany. – 2002. – V. 2. – P. 138–144.

Based on studying the biology of flowering, fruitage and morphological structure of generative organs of *Morus alba L.* selected forms, grown in the collection plot of the Donetsk Botanical gardens Nat., Ukr. Acad. Sci. there was observed displacement of plants sexualization under the impact of exogenous (climatic) factors both in the direction of androdiecy, and gynodiecy.

Four types of inflorescence have been defined depending on flowers sex and their quantitative correlation in an inflorescence. The reduction of different degree of stamens filaments, pollen sacs and pollen, pistils and stigmas was observed. The highest indices of pollen germination in *M. alba* are found in form №11(♂) – 52,6 %, the saccharose concentration in the nutrient medium being 25 %. Selection forms form full-grained seeds with high germination energy of 91–98%. There have been defined introduced plants with early, late and stretched forms of fruitage.

Tabl. 1. Pic. 2. Bibliogr.: 17