

На правах рукописи

Потапенко

Потапенко Наталья Христофоровна

**АДАПТАЦИОННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ ШЕЛКОВИЦЫ
В УСЛОВИЯХ КЛИМАТИЧЕСКОГО СТРЕССА
(НА ПРИМЕРЕ НИЖЕГОРОДСКОГО ПОВОЛЖЬЯ)**

Специальность: 03.02.08 – экология

АВТОРЕФЕРАТ

**диссертации на соискание учёной степени
кандидата биологических наук**

**Нижний Новгород
2011**

Работа выполнена на базе Ботанического сада
Государственного образовательного учреждения высшего профессионального
образования «Нижегородский государственный университет
им. Н.И. Лобачевского»

Научный руководитель: кандидат биологических наук,
Широков Александр Игоревич

Официальные оппоненты: доктор биологических наук,
профессор
Лобов Виктор Павлович
доктор биологических наук,
Мазуренко Майя Темофеевна

Ведущая организация: Государственное
образовательное учреждение
высшего профессионального
образования «Нижегородская
государственная
сельскохозяйственная академия»

Защита диссертации состоится «___» _____ 2011 г. в _____ часов
на заседании диссертационного совета Д.212.166.12 Нижегородского
государственного университета им. Н.И. Лобачевского по адресу: 603950,
г. Нижний Новгород, пр. Гагарина, д. 23, корп. 1, биологический факультет.

E-mail: ecology@bio.unn.ru

факс: (8312) 462-30-85

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке Нижегородского
государственного университета им. Н.И. Лобачевского.

Автореферат разослан «___» _____ 2011 г.

Учёный секретарь
диссертационного совета,
кандидат биологических наук

Н.И. Зазнобина

Введение

Актуальность работы. Устойчивость и продуктивность биоценоза зависит от разнообразия входящих в него элементов, в первую очередь продуцентов, способных расширить диапазон потребляемых ресурсов (Одум, 1975; Бигон и др., 1989). Для повышения уровня биоразнообразия урбоэкосистем необходим поиск новых, устойчивых в данном регионе растений. Особую ценность представляют пищевые, декоративные, лекарственные и другие виды. В этом плане определенный интерес вызывает субтропический род шелковица (*Morus* L.), виды которого на протяжении 5000 лет широко используются в технических, пищевых и лекарственных целях.

В новых местах произрастания большинство видов оказываются в стрессовых условиях, вызванных несоответствием климатических факторов и общего ритма развития растений на родине и в пункте интродукции. Изучению родового комплекса шелковицы в условиях климатического стресса на базе коллекции Ботанического сада Нижегородского государственного университета им. Н.И. Лобачевского (ННГУ) посвящена данная работа.

Цель исследования: выявление адаптационной изменчивости субтропического рода *Morus* при культивировании в различных природных зонах в условиях климатического стресса.

Задачи исследования:

1. Выявить северные пределы устойчивости и особенности адаптации шелковицы при интродукции на территории России и сопредельных государств.

2. Проанализировать морфологическую и фенологическую изменчивость шелковицы на базе коллекции Ботанического сада ННГУ и выявить механизмы адаптаций к условиям климатического стресса.

3. Изучить влияние основных экологических факторов и выявить лимитирующие при интродукции р. *Morus* L. в зоне хвойно-широколиственных лесов.

4. Оценить степень адаптации шелковицы в основных природных зонах России и сопредельных государств.

5. Выделить перспективные формы для культивирования в условиях нижегородского Поволжья и разработать агротехнические рекомендации.

Научная новизна. Впервые на основании исторического анализа подведены итоги стихийной интродукции шелковицы на территории Евразии и дана сравнительная оценка степени адаптации шелковицы в основных природных зонах России. Впервые при интродукции на территории нижегородского Поволжья изучены морфологические особенности шелковицы,

проанализированы ритмы ее развития и выявлены механизмы морфологической и физиологической адаптаций к климатическому стрессу.

Научно-практическая значимость. Полученные результаты дополняют основные положения факториальной экологии демонстрацией морфологических и физиологических адаптаций древесных растений (на примере рода *Morus*) к условиям климатического стресса. Собранная и выращенная коллекция шелковицы в Ботаническом саду может быть использована для дальнейшей селекции более зимостойких и продуктивных сортов. В процессе работы отобраны 4 формы, имеющие наилучшие показатели по зимостойкости, продуктивности и декоративности. В настоящее время идет подготовка документов для их регистрации в качестве районированных сортов. Разработаны агротехнические рекомендации по их культивированию и размножению в условиях нижегородского Поволжья. Материалы исследований используются в Ботаническом саду ННГУ для проведения экскурсий, научно-исследовательских работ студентов, учащихся школ и техникумов.

На защиту выносятся следующие положения:

1. На территории России северная граница культивирования плодоносящей шелковицы проходит через гг. С.-Петербург – Н. Новгород – Казань до южных отрогов Уральских гор, локально – в отдельных пунктах Среднего Урала, Южной Сибири и на юге Приморского края.

2. В нижегородском Поволжье шелковица (характеризуясь субтропическим происхождением) произрастет в условиях климатического стресса, но перспективна для культивирования. Это возможно благодаря выраженным механизмам морфологической и физиологической адаптации к таким лимитирующим факторам, как низкая температура воздуха в осенне-зимний период, низкая температура почвы в весенний период.

3. Степень адаптации шелковицы белой снижается при продвижении культуры из субтропического в умеренный пояс, закономерно уменьшается при увеличении континентальности климата. Однако, в европейской части России (в зоне хвойно-широколиственных лесов) степень адаптации повышается при увеличении континентальности климата.

Апробация работы и публикации. Основные результаты работы были представлены и доложены на Выездном заседании Регионального Совета Ботанических Садов центра европейской части России (г. Н. Новгород, 2004 г.), на конференциях: «Роль ботанических садов в сохранении биоразнообразия растительного мира Азиатской России: настоящее и будущее» (Новосибирск, 2006); «Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства» (Минск, 2007); «Современная физиология растений: от молекул до экосистем

(Сыктывкар, 2007); «Биологическое разнообразие. Интродукция растений» (С.-Петербург, 2007); «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии» (Барнаул, 2007); «Принципы и способы сохранения биоразнообразия» (Йошкар-Ола – Пушино, 2008); «Актуальные проблемы дендрологии и адаптации растений» (Уфа, 2009); «Актуальные проблемы окультуривания и использования сельскохозяйственных угодий» (Княгинино, 2010).

По материалам диссертации опубликовано 10 научных работ, из них 2 – в журналах, рекомендованных ВАК.

Структура и объём диссертации. Диссертация состоит из введения, 5 глав, заключения, выводов, списка использованной литературы, 5 приложений. Работа изложена на страницах основного текста, иллюстрирована 17 рисунками, 13 фотографиями, 17 таблицами. Список литературы содержит 220 источников, из них 20 на иностранных языках.

Личный вклад автора. Автором лично на протяжении 2000-2009 гг. осуществлены основные этапы исследований: обследование существующих коллекционных насаждений, оценка устойчивости растений, отбор образцов для лабораторных исследований и их предварительная или окончательная обработка, обработка цифровых данных. Лично автором в Ботаническом саду ННГУ заложен новый коллекционный участок, в основу которого легли отобранные наиболее перспективные культивары местной репродукции. Основные результаты исследований опубликованы. Доля личного участия в написании работ, опубликованных в соавторстве, составляет от 30 до 100%.

Благодарности. Автор выражает искреннюю благодарность своему научному руководителю директору Ботанического сада ННГУ А.И. Широкову, и всем, кто оказал помощь в подготовке и выполнении работы: коллективу Ботанического сада (особенно Т.Р. Хрыновой), а также И.В. Борякову и Е.Е. Боряковой, А.А. Брилкиной.

Глава 1. Общая характеристика и опыт интродукции шелковицы в некоторых природных зонах Евразии

Приводится общая характеристика р. *Morus* и видов, культивируемых в Ботаническом саду ННГУ (*M. alba* L. и *M. australis* Poir.). На основании данных отечественной и зарубежной литературы обобщены сведения об интродукции шелковицы на территории Евразии. Используя в качестве критерия успешной адаптации «способность растений формировать полноценные плоды», определена северная граница культурного ареала шелковицы на территории России и сопредельных государств, которая походит через гг. С.-Петербург – Н. Новгород – Казань до южных отрогов Уральских гор, локально встречается на среднем Урале (г. Екатеринбург), в отдельных пунктах Южной Сибири (гг. Барнаул, Улан-Удэ, Абакан) и на юге Приморского края.

Глава 2. Природные условия района исследований

Рассмотрены физико-географические условия местности, в которой расположен Ботанический сад ННГУ, дана синоптическая характеристика сезонов года и их климатические особенности, описаны почвы и растительность территории.

Глава 3. Материал и методики исследований

Изучение интродукционных возможностей рода *Morus* ведется в Ботаническом саду ННГУ с 1934 г. За 65 лет интродукции семенами, черенками и живыми растениями было получено свыше 100 образцов шелковицы (4 вида, более 20 форм) из 50 пунктов 20 стран Евразии. В открытом грунте испытано 64 образца, в настоящее время в коллекции – 37 образцов. В работе описаны 42 экземпляра шелковицы на генеративной стадии (*M. alba* и *M. australis*) в возрасте от 30 до 65 лет.

Систематическая принадлежность исследуемых видов приведена в соответствии с «Флорой Китая» (Flora..., 2003). Морфометрические параметры растений измеряли в соответствии с методиками, используемыми в туководстве (Лазарев, 1985; Федоров, 1935); для сравнительного анализа с растениями в основных районах шелководства использовали рекомендации Продовольственной и сельскохозяйственной организации ООН (Conservation..., 2003). Фенологические наблюдения осуществляли по методике ГБС РАН (1975) с выделением узловых фенофаз (Зайцев, 1981). Биохимические анализы плодов и агрохимические анализы почвы проводили по стандартным общепринятым методикам (Ермаков, 1987, Плешков, 1976). Способы размножения шелковицы изучали по методикам, принятым в туководстве (Федоров, 1954). Черенкование проводили в оранжерее Ботанического сада ННГУ. Эксперименты по микроклональному размножению и выращиванию шелковицы *in vitro* были выполнены на кафедре биохимии и физиологии растений ННГУ. Оценку перспективности по данным визуальных наблюдений проводили по методике П.И. Лапина и С.В. Сидневой (1973). Коэффициент адаптации рассчитывали по методике ботанического сада Ростовского госуниверситета (Цветковые..., 2000). Для выявления наиболее перспективных культиваров в коллекции Ботанического сада ННГУ были использованы следующие показатели: подмерзание побегов, длительность плодоношения, обилие плодов на текущем побеге, максимальная длина плода и наличие осенней окраски. Каждый показатель оценивали по 5-ти бальной системе. Статистическая обработка проведена при помощи пакета Statistica 6.0 и программы MS Excel 2003.

Глава 4. Адаптационные изменения шелковицы при культивировании в условиях климатического стресса

4.1. Морфологические особенности шелковицы

4.1.1. Морфологическое описание шелковицы в Ботаническом саду ННГУ

Приведены морфологические описания экземпляров *M. alba* и *M. australis*, культивируемых в Ботаническом саду ННГУ.

Используя данные о размерах растений (высота и диаметр кроны), характеристике побега (длина и количество метамеров), почек и листьев методом одиночной связи (ближайшего соседа) была построена дендрограмма сходства, вскрывающая структуру коллекции шелковицы белой в Ботаническом саду ННГУ (рис. 1).

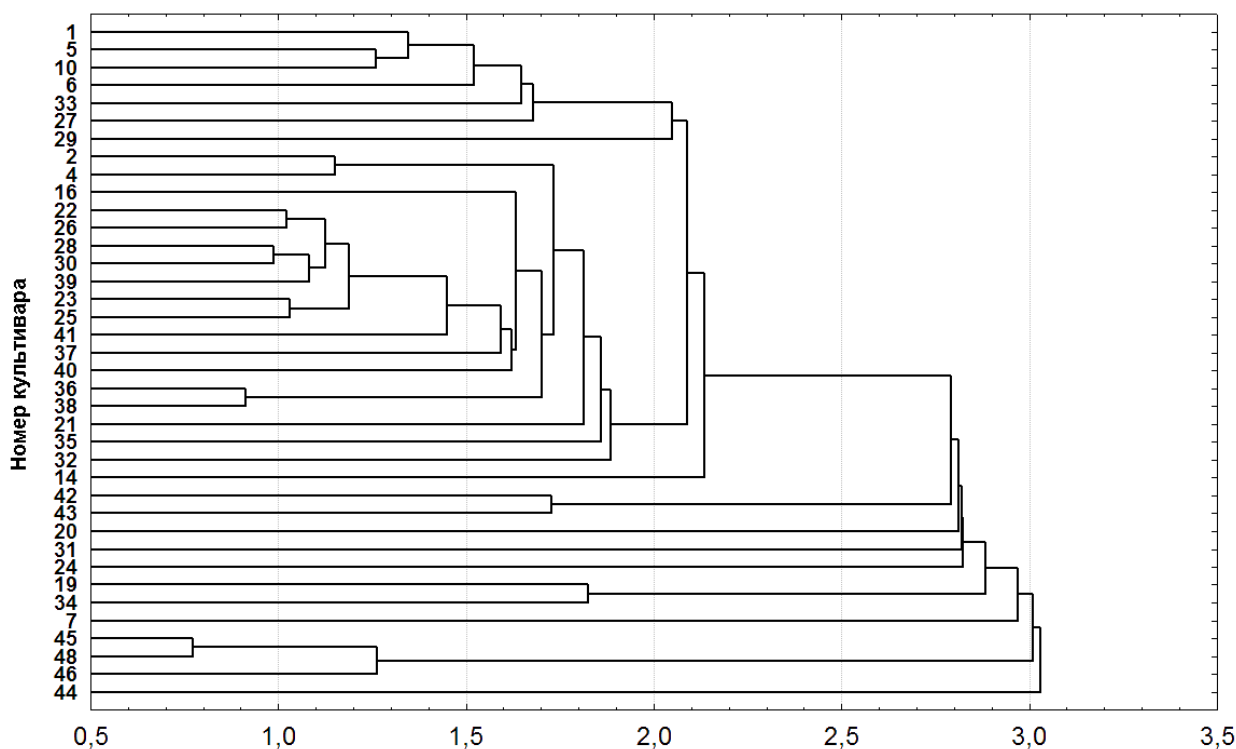


Рис. 1. Дендрограмма сходства культиваров (по морфометрическим параметрам) шелковицы белой в Ботаническом саду ННГУ

Рыхлость дендрограммы свидетельствует о гетерогенности коллекции. При этом, четко выделился «центральный» кластер, сформированный одновозрастными культиварами с регулярным цветением (плодоношением), произрастающими в сомкнутых насаждениях на основном коллекционном участке и группа «аутсайдеров», отличающихся по возрасту, генотипу или по условиям произрастания. По вегетативным признакам не выявилось различий между мужскими, женскими и однодомными растениями.

4.1.2. Варьирование морфометрических параметров шелковицы в условиях климатического стресса

Сравнивая результаты морфометрической оценки родового комплекса *Morus* (Flora..., 2003; Conservation..., 2003) с нашими данными (рис. 2) следует отметить, что все отмеченные параметры для шелковицы в Ботаническом саду находятся в области средних или малых значений. Из всего многообразия видов рода на северной границе культурного ареала способные произрастать два: *M. alba* и *M. australis*, с некрупными размерами вегетативных и генеративных органов, для развития которых достаточно действующих значений лимитирующих факторов.

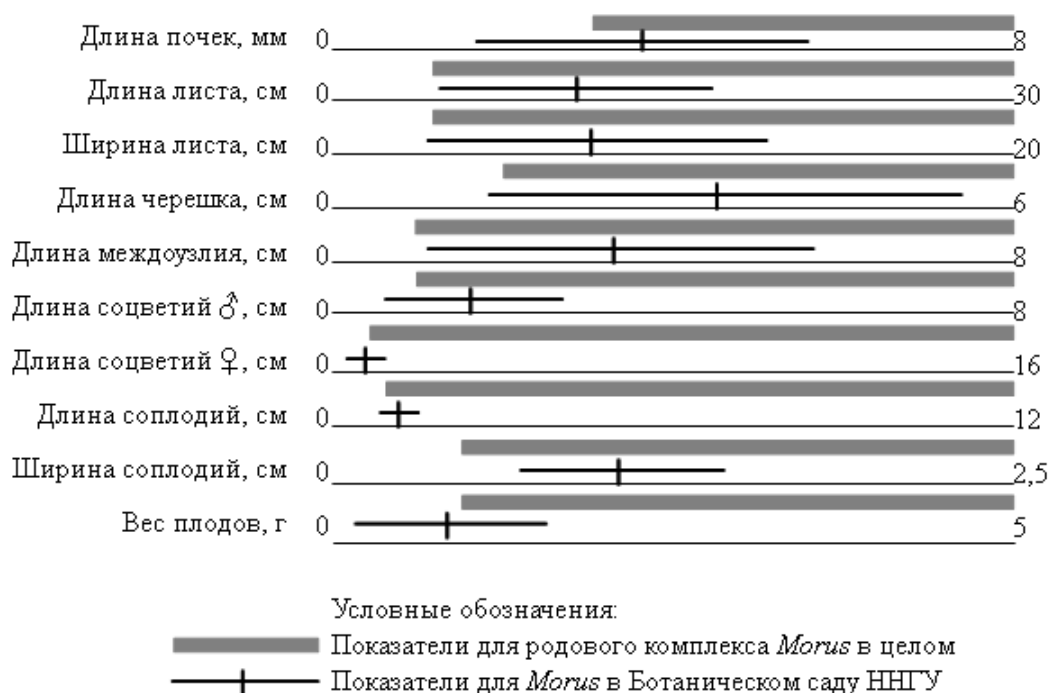


Рис. 2. Сравнительная характеристика некоторых морфометрических показателей для родового комплекса *Morus* в основном ареале возделывания и при интродукции в Ботаническом саду ННГУ

При сравнении показателей исключительно по *M. alba* также наблюдается смещение морфологических параметров в меньшую сторону (рис. 3). На фоне закономерного общего смещения морфометрических параметров шелковицы в область меньших значений выделяются показатели длины и ширины листовой пластинки. Так, для некоторых древесных растений (Мигалина, 2009) была показана связь изменения длины листа со среднемноголетними климатическими данными (вдали от климатического оптимума), между тем, как площадь (ширина) листовой пластинки варьирует в зависимости от погодных условий конкретного вегетационного сезона.

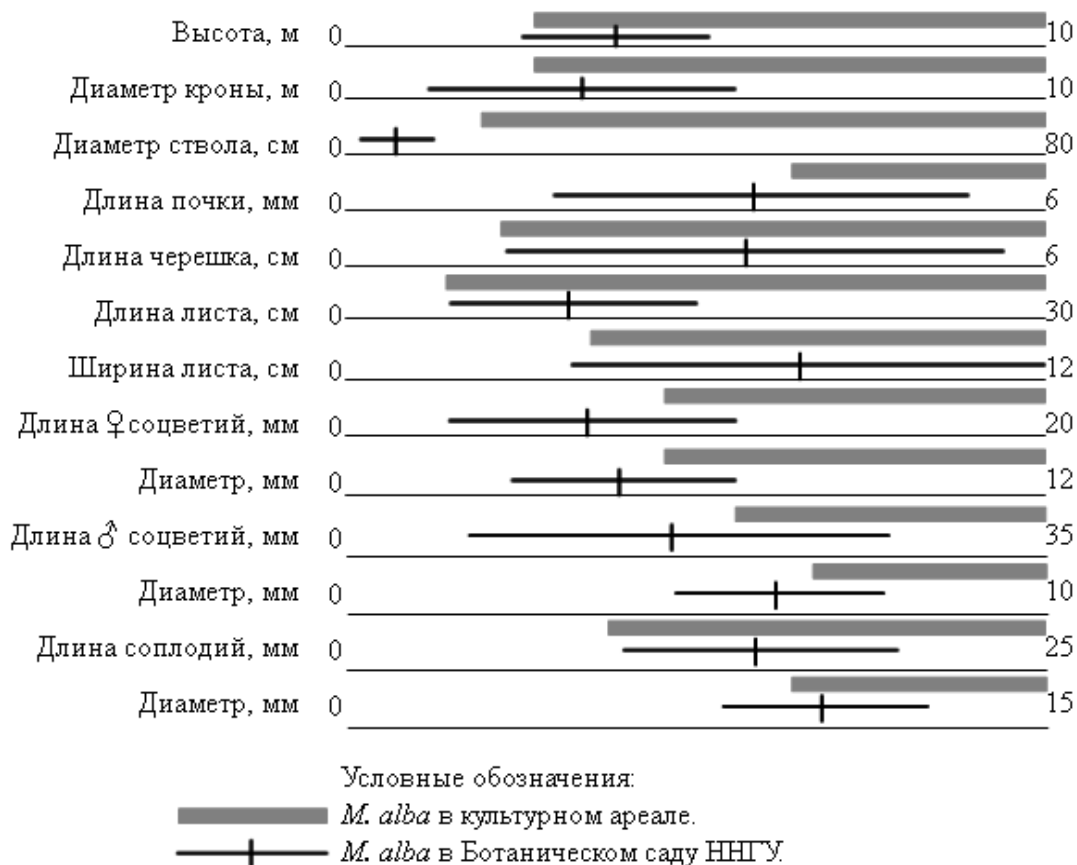


Рис. 3. Сравнение морфометрических параметров *M. alba* в культурном ареале (Flora..., 2003) и в Ботаническом саду ННГУ

Таким образом, в стрессовых условиях уменьшаются морфометрические показатели параметров шелковицы, особенно – высота, диаметр кроны и стволиков, изменяется жизненная форма (переход от дерева к кустарнику).

4.2. Фенологические особенности шелковицы

4.2.1. Фенологическое развитие шелковицы в Ботаническом саду ННГУ

В годовом цикле развития шелковицы четко выделяется два периода: зимнего покоя (ноябрь-апрель) и летней вегетации (май-октябрь). По сравнению с местными видами, в Ботаническом саду ННГУ шелковица относится к позднераспускающимся видам и заканчивает вегетацию в средние сроки. В конце мая – начале июня, когда клен, береза и дуб уже находятся в полном облиствении, у шелковицы только начинается фаза распускания листьев. Осеннее расцветивание листьев у шелковицы связано с понижением температуры воздуха менее +10°C, может проявиться и в середине лета или в августе. Длительность периода и характер листопада варьируют в зависимости от климатических условий. При ранних заморозках и дождях со снегом естественный листопад отсутствует. При продолжительной теплой осени декоративная окраска насаждений шелковицы может держаться более месяца. Это соответствует феноритмотипам развития шелковицы при интродукции в Москве и Барнауле.

4.2.2. Сравнительный анализ ритмов развития шелковицы в разных природных зонах

Ритмы развития и длительность периода вегетации шелковицы в разных природных зонах (рис. 4) неравнозначны и зависят от комплекса климатических факторов. При увеличении континентальности климата по линии Москва – Барнаул – Уссурийск наблюдается сокращение сроков цветения и созревания плодов, при этом стадии плодоношения достигают формы, способные оптимально использовать максимальный световой день в июне-июле, успешной зимовке побегов со сформированными цветковыми почками благоприятствует длительный период осенней вегетации. Самый короткий период вегетации со стадией плодоношения *M. alba*, наблюдается в г. С.-Петербурге (Зайцев, 1981), где составляет около 4-х месяцев.

Темпы развития растений напрямую связаны с количеством тепла, определяемым суммой эффективных температур (СЭТ), необходимым для прохождения той или иной фазы вегетации (табл. 1). Несмотря на то, что наступление определенных фаз развития растений в высокой степени зависит от температуры воздуха, значение таких пороговых констант не абсолютно.

Таблица 1

Суммы эффективных температур (СЭТ) выше +5, +10 и +15°C и среднесуточная температура воздуха (t °C) в периоды наступления основных фаз развития шелковицы в различных точках культивирования

Фаза	Температура, °C	г. Ашгабад, Туркмения	г. Ташкент, Узбекистан	г. София, Болгария	г. Белгород, Россия	г. Н. Новгород, Россия	г. Барнаул, Россия	
Распускание почек	СЭТ	>5	155	50	60	95	120	145
		>10	20	-	-	-	15	30
		>15	-	-	-	-	-	-
	t °C	12	8,5	6,9	8	11,3	12,6	
Распускание листьев	СЭТ	>5	250	110	70	175	180	
		>10	65	10	-	35	40	
		>15	-	-	-	-	-	
	t °C	14,4	10,8	9	11	13,3		
Цветение	СЭТ	>5	365	300	125	255	270	285
		>10	115	90	5	70	80	100
		>15	20	5	-	-	-	-
	t °C	16,8	15,3	10,6	13	15	15,8	
Плодоношение	СЭТ	>5	845	700	500	625	670	815
		>10	445	350	180	280	320	375
		>15	200	115	20	60	70	150
	t °C	23	20,3	16,5	18	18	19,3	
Природная зона		Пустыни и п/пустни	Пустыни и п/пустыни	Широколиств. леса	Лесостепь	Хвойно-широколиств. леса	Лесостепь	

Географический пункт	Март			Апрель			Май			Июнь			Июль			Август			Сентябрь			Октябрь			Ноябрь			I			
	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III	I	II	III				
<i>M. alba</i>																															
Санкт-Петербург																															
Уссурйск																															
Нижний Новгород																															
Барнаул																															
Москва																															
Бишкек (Фрунзе)																															
София (Болгария)																															
Ташкент																															
Ашгабад																															
<i>M. australis</i>																															
Нижний Новгород																															
Москва																															
Ташкент																															
София (Болгария)																															

Условные обозначения:

----- вегетация *** цветение -0-0-0 плодоношение <<<< расцветивание листьев <-••• листопад

Рис. 4. Спектр фенофаз шелковицы в разных пунктах интродукции

Среднесуточная температура воздуха (табл. 1) не является стабильным показателем для характеристики фаз развития шелковицы. Так, например, при $+12^{\circ}\text{C}$ в г. Ашгабад (Деревья..., 1972) наблюдается распускание почек шелковицы, а в г. Софии (Петков, 2001) при $+10,6^{\circ}\text{C}$ деревья уже цветут, соответственно при $+16,8^{\circ}\text{C}$ в г. Ашгабад шелковица еще только зацветает, а в г. София при $+16,5^{\circ}\text{C}$ деревья уже плодоносят.

Показатели температуры в $+5$, $+10$ или $+15^{\circ}\text{C}$ для отсчета СЭТ также не постоянны. Они могут быть одинаковыми для разных природных зон: в гг. Ашгабад (пустыня) и Барнауле (лесостепь) фаза цветения наблюдается при СЭТ ($>+10^{\circ}\text{C}$) 110° и 115° соответственно, или значительно отличаться внутри одной зоны: в гг. Ашгабад и Ташкент (Миронова, 1983) фаза распускания почек наблюдается при СЭТ ($>+5^{\circ}\text{C}$) 155° и 50° соответственно. По представленным данным минимальное значение показателя температуры для расчета СЭТ на определенную фазу развития сложно определить, но распускание почек наблюдается только после устойчивого перехода среднесуточной температуры воздуха через $+5^{\circ}\text{C}$ (г. Ташкент), цветение – через $+10^{\circ}\text{C}$ (г. София), плодоношение – через $+15^{\circ}\text{C}$ (г. Белгород (Лазарев, 2005), г. Н. Новгород (Потапенко, 2010), г. Барнаул (Лучник, 1982), г. София).

Сравнительный анализ температурных параметров в разных пунктах интродукции подтверждает положение о том, что пороговое значение СЭТ на даты наступления основных фаз развития шелковицы повышается при увеличении континентальности климата (София – Белгород – Барнаул) и понижается при продвижении с севера на юг (Н. Новгород – Белгород). Такие же закономерности наблюдаются при перемещении пункта интродукции шелковицы внутри отдельных природных зон (Белгород – Барнаул, Ашгабад – Ташкент). Но конкретные климатические условия пункта интродукции могут значительно изменять значения СЭТ внутри одной зоны (Ашгабад – Ташкент).

4.3. Влияние климатических факторов на развитие шелковицы

4.3.1. Световой режим

В Ботаническом саду ННГУ, как и в других дендрариях лесной зоны, шелковица является весьма светолюбивым видом. В дендрарии в сомкнутых насаждениях шелковицы кроны деревьев несимметричны, скошены в южном направлении или в сторону лучшего освещения. При культивировании на открытых участках равномерно освещенные деревья имеют симметричную крону. В целом, *световой фактор в условиях нижегородского Поволжья не является лимитирующим*, на открытом местоположении количества солнечной радиации достаточно для развития шелковицы в летний период.

4.3.2. Температурный режим

В районах тутоводства для нормального роста и развития шелковицы необходимы температуры выше $+10^{\circ}\text{C}$ (активные температуры), а при температурах выше $+15^{\circ}\text{C}$ (интенсивные температуры) формируются полноценные плоды; оптимальной для роста и развития шелковицы является температура $+20...+25^{\circ}\text{C}$ (Шелководство, 1949).

Изучая агроклиматические показатели района интродукции можно предварительно оценить эффективность выращивания шелковицы. При использовании циклограмм (рис. 5), отражающих годовые колебания температуры воздуха и почвы, выделяют период с температурами выше $+10^{\circ}\text{C}$. Если данный период составляет не менее 3-х месяцев, то можно предположить положительный результат интродукции шелковицы в данный регион.

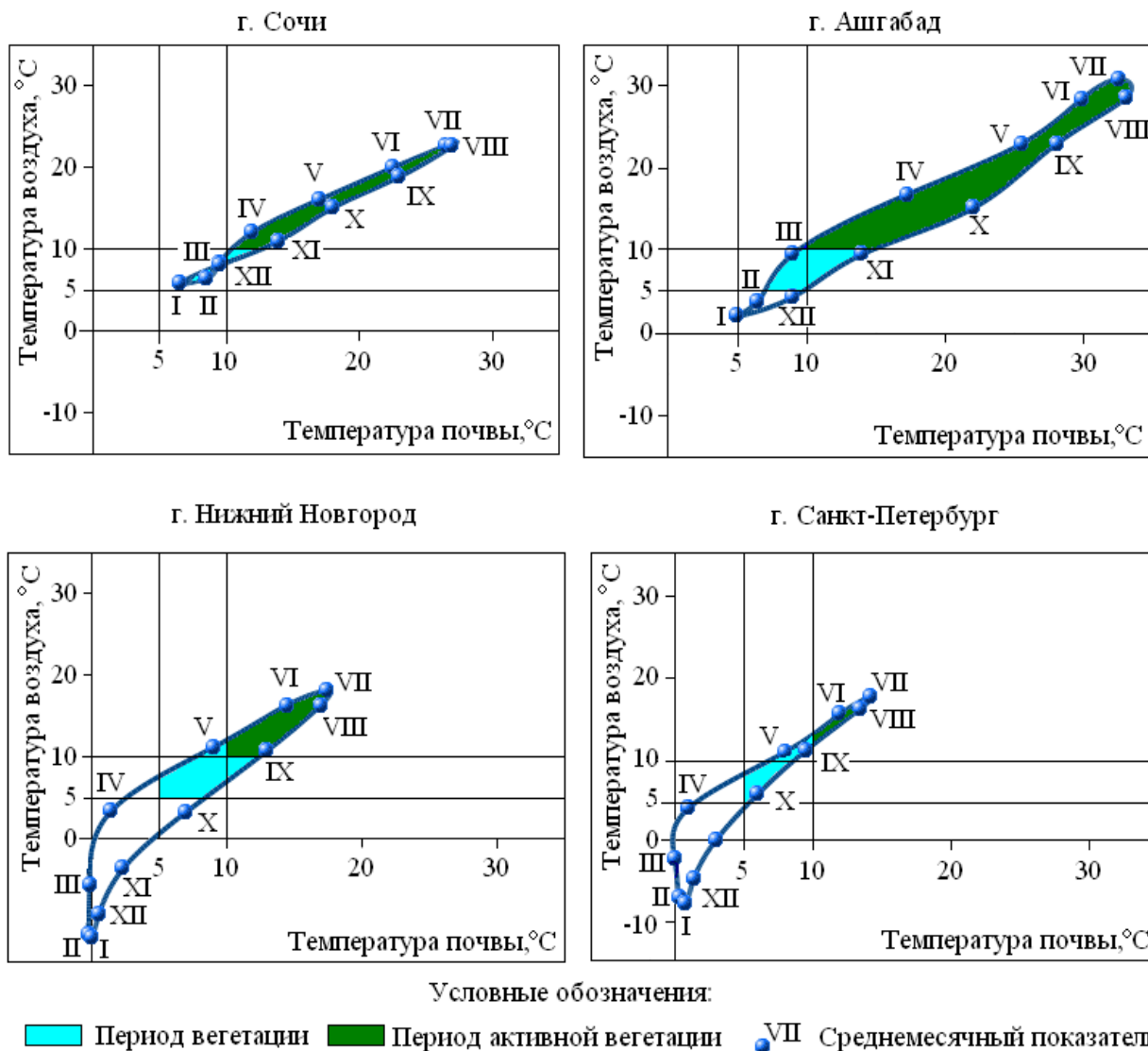


Рис. 5. Циклограммы колебаний температуры воздуха и почвы и период вегетации шелковицы

В основных районах тутоводства (гг. Сочи, Ашгабад) температура почвы не является лимитирующим фактором, так как она всегда выше минимального порогового уровня развития шелковицы. В зоне действия внутриматерикового континентального климата умеренного пояса (г. Н. Новгород) весной период активной вегетации тормозится кроме возвратных холодов, еще и температурой почвы и начинается только с конца мая (рис. 5), завершается в середине сентября в связи с понижением температуры воздуха, при этом активная деятельность корневой системы продолжается в почве до ноября. В северо-западных районах (г. С.-Петербург) период развития шелковицы ограничен среднесуточными температурами почвы, которые превышают $+10^{\circ}\text{C}$ только в начале июня и опускаются ниже порога активной вегетации уже в начале-середине сентября (рис. 5). Несмотря на то, что средние минимальные температуры воздуха составляют $-7,3\dots-10,5^{\circ}\text{C}$, в отдельные дни температура способна опускаться до -30°C . Сильные морозы вызывают серьезные повреждения надземной части растений, которые не способны восстановиться за 100 дней активной вегетации.

Верхний порог существования шелковицы ограничен температурами $+40\dots+50^{\circ}\text{C}$. В нижегородском Поволжье такие явления не наблюдаются.

Таким образом, в условиях нижегородского Поволжья действие температурного фактора неоднозначно. В зимний период температуры воздуха оказывают повреждающее действие, препятствуют нормальному развитию растений; летом – близки к оптимальным и благоприятствуют созреванию плодов. Низкие значения температуры в почве задерживают развитие шелковицы в весенний период – своеобразный «уход» от поздневесенних заморозков. Постепенное остывание почвы осенью способствует подготовке растений к зиме и успешной зимовке.

4.3.3. Водный режим

В целом, *водный режим в условиях Ботанического сада ННГУ благоприятен для развития шелковицы*, поскольку в зимний период снеговой покров способствует успешной зимовке, в летний период на хорошо дренированных почвах влаги достаточно.

4.3.4. Почвенно-грунтовые условия

Агрохимический анализ верхнего горизонта почвы под насаждениями шелковицы в сравнении с соседними участками (сенокосный луг и дубрава) показал, что даже небольшие по площади посадки шелковицы за 25-летний период влияют на физико-химический состав верхнего горизонта почвы (Потапенко, 2009). Под посадками шелковицы значительно меньше подвижных ионов фосфора и калия, снижается общее количество калия, кальция, фосфора и азота.

4.3.5. Климатический стресс и влияние отдельных факторов на развитие растений

При интродукции организм испытывает состояние напряжения – стресса в результате воздействия на него иных показателей действующих факторов. В зависимости от биологических особенностей организма, те или иные показатели могут быть для него благоприятными (экстрессовыми) или неблагоприятными (дистрессовыми). Растение при интродукции не всегда попадает под действие только дистрессовых факторов. Выявление лимитирующих факторов и экологического оптимума в разные периоды вегетации позволяет точнее прогнозировать успешность интродукции вида, определять методы, благоприятствующие адаптации растений в культуре.

Анализ основных морфометрических параметров методом главных компонент (МГК) показал наличие ряда комплексно действующих факторов, влияющих на развитие шелковицы. Для оценки влияния отдельных факторов на развитие признака (морфометрического параметра) в качестве зависимой переменной был выбран показатель высоты дерева, как самый изменённый под влиянием стрессовых условий. При этом оказалось, что фактор 1, действие которого наиболее значимо и составляет 58,5%, не влияет на высоту и диаметр кроны $r = 0,00$, $r = 0,05$ соответственно, но устойчиво коррелирует с параметрами побегов и листьев $r = -0,71...-0,89$. Вероятно, это генетически обусловленный фактор, определяющий темпы и ритм развития растений; т.е. конечный результат влияния среды во многом определяется биологическими свойствами самого растения, когда «растение отчасти само является фактором своего существования» (Горышина, 1979). Отрицательная корреляция может свидетельствовать о направлении отбора, когда выживают те экземпляры шелковицы, которые способны формировать небольшие органы.

Действие фактора 2 (18,7%) неоднозначно. С одной стороны он отрицательно коррелирует с высотой $r = -0,37$ и диаметром кроны $r = -0,82$ (что естественно), но положительно связан с размерами листовой пластинки $r = 0,33...0,38$. Возможно, что это действие отрицательных значений температурного фактора: за короткий вегетационный период (на фоне достаточного обеспечения основными ресурсами) растения не способны полностью сформировать вегетативные органы, при этом более зимостойкими и в целом более развитыми, оказываются особи шелковицы с потенциально заложенными небольшими размерами, на развитие которых требуется меньше энергии и пластических веществ.

Фактор 3 (10,6%) наоборот, положительно коррелирует с высотой и диаметром кроны, длиной метамера ($r = 0,29...0,55$), но отрицательно коррелирует с размерами почек ($r = -0,34...-0,43$), фактор 4 (6,6%) положительно

связан с длиной метамера $r = 0,58$. Можно ассоциировать 3 и 4 факторы с затенением и освещенностью растений соответственно. При этом более высокими оказываются экземпляры с удлинёнными побегами и кронами, вытянутыми в сторону лучшего освещения. Действительно, самым крупным в коллекции Ботанического сада ННГУ является культивар № 44, произрастающий под пологом леса на поляне в юго-восточной экспозиции.

Таким образом, МГК выявил ряд факторов, из которых 4 наиболее значимых могут быть трактованы с биологической точки зрения; успешность адаптации шелковицы в Ботаническом саду ННГУ обусловлена в первую очередь наличием генетически разнообразного семенного материала и благоприятными микроклиматическими условиями выращивания.

4.4. Степень адаптации шелковицы в условиях климатического стресса в некоторых природных зонах Евразии

4.4.1. Сравнительная оценка шелковицы по данным визуальных наблюдений

Перспективность интродукции растений зависит от их жизнеспособности в новых условиях существования. Жизнеспособность проявляется в особенностях и полноте прохождения растением всех циклов сезонного и онтогенетического развития. Для оценки жизнеспособности по данным визуальных наблюдений мы использовали комплексную шкалу П.И. Лапина и С.В. Сидневой (1973).

По результатам наблюдений в 2000-2008 гг. (табл. 2) *M. alba* и *M. australis* относятся ко II группе «достаточно перспективных растений».

Таблица 2

Оценка перспективности интродукции шелковицы в Ботаническом саду ННГУ по данным визуальных наблюдений

Вид	Признаки (оценка приводится в баллах)							Сумма баллов	Группа перспективности
	Вызревание побегов	Зимостойкость	Сохранение габитуса	Побегообразовательная способность	Прирост кроны	Генеративное развитие	Размножение в культуре		
<i>M. alba</i>	18,6±0,3	18,8±0,3	9,6±0,2	4,2±0,1	4,5±0,2	20,9±1,1	6,2±0,2	82,8±1,6	II
<i>M. australis</i>	20±0,0	19±1,0	10±0,0	3,4±0,0	5±0,0	21,7±3,3	6,2±0,8	85,3±3,7	II

В г. Москва по одним данным (Древесные..., 2005) эти виды относятся к III группе «менее перспективных растений», а по другим данным (Плотникова, 1971, 1980) – к I группе «пригодных для широкого внедрения растений, не полностью акклиматизированных, но сохраняющих полезные свойства».

4.4.2. Сравнительная оценка шелковицы по коэффициенту адаптации

Поскольку определение степени адаптации экзота является необходимым и первоочередным условием для рекомендации по его выращиванию, то для сравнения различных методов определения устойчивости интродуцента мы применили коэффициент адаптации (Цветковые..., 2000). Использование разных показателей (зимостойкость и засухоустойчивость в г. Белая Церковь, зимостойкость и перспективность в г. Москва) не повлияло на определение шелковицы в ту или иную группу видов (табл. 3). Степень адаптации снижается при продвижении культуры из субтропического в умеренный пояс, закономерно уменьшается и при увеличении континентальности климата. Однако, в европейской части в зоне хвойно-широколиственных лесов степень адаптации несколько повышается при увеличении континентальности климата. Здесь *M. alba* является ограниченно перспективным видом, ценным по своим свойствам, но при культивировании требующим определенных затрат на уход.

Глава 5. Перспективность интродукции шелковицы в условиях нижегородского Поволжья

5.1. Характеристика плодоношения и декоративных качеств растений шелковицы в Ботаническом саду ННГУ

В Ботаническом саду ННГУ шелковица устойчиво плодоносит. Соплодия шелковицы белой имеют разнообразную форму: от округлых до удлиненно-цилиндрических. Средние размеры составляют: длина $15,7 \pm 0,4$ мм, диаметр $10,1 \pm 0,2$ мм, масса $0,8 \pm 0,1$ г. Соплодия шелковицы южной в целом более мелкие, их средние размеры $14,3 \pm 1,2$ мм, $9,2 \pm 0,5$ мм и $0,6 \pm 0,2$ г соответственно.

По вкусу плоды разделяются на две группы: светло-окрашенные приторно-сладкие и темно-окрашенные кисло-сладкие. Наиболее крупные плоды формируются в начале плодоношения.

Сроки плодоношения варьируют год от года у разных экземпляров, пик приходится на середину-конец июля, окончание – в августе-сентябре. Обилие плодов и длительность плодоношения зависят от степени подмерзания побегов и от погодных условий конкретного сезона.

Посадки шелковицы особенно декоративны в летний период, когда растения полностью покрываются ярко-зеленой листвой разнообразных форм и размеров, и осенью, когда листва окрашивается в золотистые тона и постепенно опадает, покрывая землю соломенно-желтым ковром. Длительность сохранения осенней окраски зависит от индивидуальной устойчивости экземпляра к действию пониженных температур, от возраста растения и от конкретных микроклиматических условий выращивания.

**Коэффициент адаптации и группа перспективности
для шелковицы белой в разных природных зонах**

Природная зона	Пункт интродукции	Методика оценки устойчивости	Источник данных	Коэфф. адаптации, %	Группа перспективности
Кавказская горная страна	г. Нальчик	Зимостойкость (Дугорлиев, 1978)	Дугорлиев, 1978	86-100	I
Среднеазиатская горная страна	г. Алматы Казахстан	Зимостойкость (Вехов, 1953)	Рубаник, 1959	40-80	II-IV
	г. Бишкек Кыргызстан	Зимостойкость (видоизм. Вехов, 1976)	Деревья..., 1976	66-100	I-III
Пустыня	г. Джезказган Казахстан	Перспективность (Лапин, 1973)	Шаталина, 1981	21-40	V
Степь	г. Ростов-на Дону	Комплексная оценка (Цветковые..., 2000)	Цветковые..., 2000	90	I
	г. Самара	Зимостойкость (Соколов, 1957)	Затворницкий, 1973	88-100	I
	г. Аскания-Нова, Украина	Зимостойкость (Лапин, 1973)	Карасев, 1962	71-86	II
Лесостепь	Центральное черноземье	Зимостойкость (Вехов, 1953)	Машкин, 1971, Вехов, 1953	40-80	II-IV
	Украина	Зимостойкость (Соколов, 1957)	Мисник, 1976	50-88	II-IV
Широколиственные леса	г. Умань Украина	Зимостойкость (Соколов, 1957)	Мисник, 1972	75-100	I
	г. Белая Церковь Украина	Зимостойкость (Дерий, 1958)	Дерий, 1958	80-100	I-II
		Засухоустойчивость (Дерий, 1958)		66-100	I-II
	г. Чебоксары	Зимостойкость (Лапин, 1973)	Богатов, 1990	56-71	III
Хвойно-широколиственные леса	г. Каунас Литва	Зимостойкость (Лапин, 1973)	Янушкавичюс, 1990	56-100	I-III(IV)
	г. Калининград	Зимостойкость (видоизм. Соколов, 1987)	Ботанические сады..., 1987	44-67	III-IV
	г. Н. Новгород	Перспективность (Лапин, 1973)	Потапенко, 2011	80	II
Хвойно-широколиственные леса	г. Москва	Перспективность (Лапин, 1973)	Древесные..., 2005	61-75	III
		Зимостойкость (Лапин, 1973)		56-71	III(IV)
		Зимостойкость (Плотникова, 1971)	Плотникова, 1971	56-85	II-III(IV)
Муссонные хв.-широколиств. леса	г. Владивосток	Жизненное состояние (Карпенко, 1981)	Шихова, 2003	40-80	II-IV
Тайга	г. С.-Петербург	Зимостойкость (Соколова, 1952)	Соколова, 1952	40-80	II-IV
	г. Архангельск	Зимостойкость (Древесные ..., 1980)	Древесные растения ..., 1980	(0) 28-71	III-V

Таким образом, в условиях центральных и южных районов нижегородского Поволжья можно выращивать шелковицу белую в качестве декоративной и плодовой культуры для частного садоводства при соблюдении соответствующих агротехнических мероприятий.

5.2. Размножение

В Ботаническом саду ННГУ были опробованы основные способы размножения шелковицы: семенной и вегетативный. Размножение одревесневшими черенками не дало положительных результатов, микрклональное размножение неперспективно вследствие экономической нецелесообразности и высокого заражения исходного материала. Вегетативное размножение зелеными черенками позволяет получать материал с известными биологическими свойствами. В оптимальных условиях количество укоренившихся зеленых черенков шелковицы достигает 100% без применения стимуляторов.

Саженцы генеративной репродукции обладают большей устойчивостью в новых условиях, дальнейшая работа с такими экземплярами позволяет получать местные сорта ценной культуры. В условиях Ботанического сада ННГУ шелковица завязывает жизнеспособные семена, при этом высокий процент всхожести (более 50%) свидетельствует о достаточной адаптации шелковицы в новых условиях произрастания. Шелковица способна формировать единичные жизнеспособные семена в условиях пространственной изоляции; наивысшие средние показатели всхожести (более 90%) за исследованный период имеют культивары № 2, 6, 25, 26, 28, 29, 37, 38, 41, 43; статистическая обработка данных показала высокую взаимосвязь ($r \approx \pm 0,9$) между показателями всхожести, энергии прорастания и периодом прорастания образцов семян шелковицы из Ботанического сада ННГУ.

5.3. Перспективные формы и рекомендации по их культивированию

По результатам сравнительной оценки коллекционных растений шелковицы в Ботаническом саду ННГУ культивары № 1, 2, 10 и 14 являются наиболее перспективными. У данных экземпляров соотношение устойчивости, крупноплодности и декоративных качеств наиболее оптимально. Они рекомендуются для выращивания в южных и центральных районах нижегородского Поволжья. Кроме того, перспективны культивары № 4 и 31, а также № 40 – однодомное дерево с относительно крупными белыми плодами.

ВЫВОДЫ

1. Исторический анализ стихийного опыта интродукции р. *Morus* L. на территории России и сопредельных государств свидетельствует о способности шелковицы произрастать от субтропиков до зоны хвойно-широколиственных лесов. На территории России северная граница устойчивости рода *Morus* L.

(по критерию успешности плодоношения) проходит через гг. С.-Петербург – Н. Новгород – Казань до южных отрогов Уральских гор, локально – в отдельных пунктах Южной Сибири (гг. Барнаул, Улан-Удэ, Абакан) и на юге Приморского края.

2. В условиях Ботанического сада ННГУ основные значения морфологических параметров шелковицы смещаются в сторону крайних малых и средних показателей. При этом, шелковица регулярно формирует полноценные плоды, завязывает жизнеспособные семена, что свидетельствует о ее достаточной адаптированности.
3. Лимитирующими факторами при интродукции шелковицы являются низкие температуры воздуха в осенне-зимний период и низкие температуры почвы в весенний периоды развития. Для развития шелковицы в период летней вегетации в зоне хвойно-широколиственных лесов нижегородского Поволжья температурный, водный и световой режимы являются благоприятными.
4. У шелковицы, произрастающей в состоянии климатического стресса на северной границе культурного ареала, морфологическая адаптация проявляется в:
 - смене жизненной формы дерева на жизненную форму кустарника;
 - переходе к мелколистности (сокращение размеров листьев, но увеличение их числа);
 - абортации верхушек побегов при наступлении засушливого периода или похолодания (снижение среднесуточной температуры ниже 10°C).
5. У шелковицы, произрастающей в состоянии климатического стресса на северной границе культурного ареала, физиологическая адаптация проявляется в:
 - позднем начале вегетации («уход» от поздневесенних заморозков);
 - ускоренном вызревании побегов в конце вегетационного периода в результате абортации их верхушек, что способствует естественному листопаду и благоприятствует успешной зимовке;
 - созревании плодов в самый жаркий месяц года (соответственно формируются полноценные плоды).
6. Степень адаптации шелковицы белой снижается при продвижении культуры из субтропического в умеренный пояс, закономерно уменьшается при увеличении континентальности климата. Однако, в европейской части в зоне хвойно-широколиственных лесов степень адаптации несколько повышается при увеличении континентальности климата. Результат интродукции шелковицы успешно прогнозируется на основании анализа циклограмм, отражающих среднесуточные температуры воздуха и почвы выше +10°C в конкретном пункте.

Список публикаций по теме диссертации

Работы, опубликованные в ведущих рецензируемых научных журналах и изданиях, определенных ВАК:

1. Потапенко Н.Х. Биоморфологические особенности адаптации шелковицы (*Morus* L.) при интродукции в условиях нижегородского Поволжья. // Аграрная Россия. Спец. выпуск 2009 г. М.: Фолиум, 2009. С. 99–100.
2. Потапенко Н.Х. Влияние температуры воздуха на основные фазы сезонного развития шелковицы в разных климатических условиях // Вестник Нижегородского университета им. Н.И. Лобачевского. Сер. Биология. Вып. 2(2). Н. Новгород: Изд-во ННГУ, 2010. С. 453–455.

Статьи, тезисы и материалы докладов региональных и всероссийских конференций:

3. Потапенко Н.Х., Мишукова И.В., Старова Н.М. Опыт интродукции шелковицы в Ботаническом саду ННГУ. // Роль ботанических садов в сохранении биоразнообразия растительного мира Азиатской России: настоящее и будущее. Н.: Сибтехнорезерв, 2006. С. 223–225.
4. Потапенко Н.Х. Характеристика плодов и семян шелковицы (р. *Morus* L.) в Ботаническом саду Нижегородского государственного университета // Бюлл. Ботанического сада Саратовского государственного университета. Вып. 5. Саратов: Научная книга, 2006. С. 246–250.
5. Потапенко Н.Х. Особенности сезонного развития шелковицы (*Morus* L.) при интродукции в Ботаническом саду Нижегородского государственного университета // Мат-лы VI межд. науч.-практ. конф. «Проблемы ботаники Южной Сибири и Монголии». Барнаул: АзБука, 2007. С. 265–267.
6. Потапенко Н.Х. Морфологические особенности шелковицы белой (*Morus alba* L.) в Ботаническом саду ННГУ // Биологическое разнообразие. Интродукция растений. СПб.: Ботанический сад БИН им. В.Л. Комарова РАН, 2007. С. 502–503.
7. Потапенко Н.Х. Морфологические особенности шелковицы южной (*Morus australis* Poir.) в Ботаническом саду ННГУ // Теоретические и прикладные аспекты интродукции растений как перспективного направления развития науки и народного хозяйства. Минск: Эдит ВВ, 2007. Т.2. С.266–268.
8. Брилкина А.А., Уткина О.Ю., Потапенко Н.Х. Особенности введения видов шелковицы в культуру *in vitro*. // Современная физиология растений: от

молекул до экосистем. Часть 3. Сыктывкар: Коми НЦ УрО РАН, 2007. С. 150-151.

9. Брилкина А.А., Потапенко Н.Х. Экологические особенности шелковицы белой (*Morus alba* L.) при интродукции в условиях Ботанического сада ННГУ. // Принципы и способы сохранения биоразнообразия. Мар. гос. ун-т. Йошкар-Ола- Пушино, 2008. С. 399-401.
10. Потапенко Н.Х. Влияние сомкнутых насаждений шелковицы на состав гумусового горизонта почвы в дендрарии Ботанического сада ННГУ. // Актуальные проблемы окультуривания и использования сельскохозяйственных угодий. Княгинино: НГИ-ЭИ, 2009. С. 65–70.

Подписано к печати 24.01.2011. Формат 60×84 1/16.
Бумага офсетная. Печать офсетная. Гарнитура Times.
Усл. печ. л. 1. Тираж 100 экз. Заказ 50.

Отпечатано в типографии
Нижегородского госуниверситета им. Н.И. Лобачевского
603000, Н. Новгород, ул. Б. Покровская, 37.

