
**ИНТРОДУКЦИЯ
РЕСУРСНЫХ ВИДОВ**

УДК 633.8:581.92:58.086

**ХАРАКТЕРИСТИКА ПРЕДСТАВИТЕЛЕЙ РОДА *ATROPA*
В УСЛОВИЯХ ИНТРОДУКЦИИ****© 2019 г. Ф. М. Хазиева^{1, *}, Т. Е. Саматадзе^{1, 2}, Н. Ю. Свистунова¹,
С. И. Ромашкина¹, Н. И. Сидельников¹**¹*Всероссийский институт лекарственных и ароматических растений ФГБНУ ВИЛАР,
Москва, Россия*²*Российский университет дружбы народов, Москва, Россия***e-mail: vilar.6@yandex.ru*

Поступила в редакцию 20.03.2018 г.

После доработки 26.09.2018 г.

Принята к публикации 02.10.2018 г.

Изучены таксоны рода *Atropa* L., интродуцируемые в условиях Нечерноземной зоны РФ: *Atropa acuminata* Royle, *A. komarovii* Blin. & Shalyt, *A. belladonna* L. f. *lutea* (Döll) G. Dietr. в сравнении с сортом Багира (*A. belladonna*). Дана оценка изучаемых таксонов на ряд признаков: фенологические фазы, продуктивность сырья и семян, повреждаемость вредителями, содержание действующих веществ. Показано, что интродуценты рода *Atropa* уступают по продуктивности сырья и семян районированному сорту Багира, но характеризуются повышенным содержанием биологически активных соединений и могут рассматриваться в качестве потенциальных продуцентов алкалоидов для фармацевтического сырья. Проведены кариологические исследования таксанов *Atropa* и установлены их хромосомные числа ($2n = 72$; $2n = 74$). Выявленная невысокая изменчивость кариотипических показателей свидетельствует о стабильности хромосомного набора кариотипов исследуемых таксонов.

Ключевые слова: род *Atropa*, интродукция, фенологические фазы, биоморфологические показатели, продуктивность, хромосомные числа

DOI: 10.1134/S0033994619010059

Расширение поиска природных источников биологически активных соединений и создание на их основе лечебных фитопрепаратов является приоритетной задачей современной медицинской науки. В этой связи поиск новых источников лекарственно-го сырья является весьма актуальным, особое место среди многочисленных видов лекарственных растений занимают представители рода *Atropa* L. [1].

Род *Atropa* (Красавка) принадлежит к семейству Solanaceae (Пасленовые), трибы Нуссуатеае и включает в себя несколько видов: *A. acuminata* Royle (Красавка заостренная), *A. baetica* Willk. (Красавка бетийская), *A. belladonna* L. (Красавка обыкновенная), *A. caucasica* Kreyer (Красавка кавказская), *A. komarovii* Blin. et. Shal. (Красавка Комарова) и *A. pallidiflora* Schönb.-Tem (Красавка бледноцветковая), которые распространены на территории Средиземноморья, Южной Европы и Азии [2]. Все представители этого рода, произрастающие на территории России, являются лекарственными растениями и обладают как антихолинергическими, спазмолитическими, болеутоляющими, так и обезболивающими свойствами и применяются для лечения энцефалита, болезни Паркинсона, некоторых видов карциномы, спастической дисменореи и др. [3–6]. Основ-

ным видом, используемым в фармакологии, является белладонна обыкновенная, белладонна европейская или красавка.

A. belladonna является основным источником фармацевтических тропановых алкалоидов, в основном атропина и гиосциамин, последний составляет до 83–98% от всех алкалоидов белладонны [7–9]. Гиосциамин и скополамин широко используются как антихолинергические препараты, действующие на парасимпатическую нервную систему [10]. *A. belladonna* входит в состав таких препаратов, как беллатаминал, солутан, бесалол, беллалгин и др., а также используется как гомеопатическое лекарство [11, 12].

Дикорастущие запасы белладонны практически сведены к минимуму и не обеспечивают растущие потребности в сырье этой культуры. Поэтому необходимо введение в культуру дикорастущих видов растений как в пределах ареала, так и в новых областях, там, где эти виды не встречались до сих пор ни в диком, ни в культивируемом состоянии [13]. В настоящее время в Белгородском филиале ФГБНУ ВИЛАР выращивается только один сорт белладонны Багира. Основными признаками при введении новых видов в культуру является их адаптационная способность к новым почвенно-климатическим условиям, возможность получения стабильного урожая сырья и семян, устойчивость к основным видам вредителей и болезней, а также их фармацевтическая ценность – содержание биологически активных соединений в сырье.

Цель наших исследований – оценка таксонов рода *Atropa* по биолого-морфологическим, хозяйственно ценным признакам, а также изучение некоторых кариологических особенностей этих таксонов при интродукции в Нечерноземной зоне РФ (НЧЗ РФ).

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Объектом для исследований были интродуцируемые впервые в НЧЗ РФ виды *A. acuminata* Royle, *A. komarovii*, *A. belladonna* f. *lutea* (Döll) G. Dietr. В качестве контроля использовали сорт Багира (*A. belladonna*) (табл. 1). Опыт проводился в 2016 и 2017 гг.

Опыт закладывали двухмесячной рассадой по схеме 60 × 40 см на однорядковых делянках площадью 4,8 м², по 25–30 растений каждого образца без повторений. Общая площадь коллекционного питомника составила 164 м². В связи с тем, что семена *A. belladonna* характеризуются физиологическим типом эндогенного покоя, причиной которого является физиологический механизм торможения прорастания средней степени, семена замачивали в 0.07%-ном водном растворе гиббереллина в течение 72 ч.

Таблица 1. Изучаемые таксоны рода *Atropa*

Table 1. The studied *Atropa* taxa

№ п/п	Таксон Taxon	Происхождение Origin
1	<i>A. acuminata</i> Royle ex Lindl.	“Необычный огород”, куратор Jean-Luc Gatard (Франция) Le Potager Extraordinaire, curator Jean-Luc Gatard, Reamur, France
2	<i>A. komarovii</i> Blin. & Shalyt	“Необычный огород”, куратор Jean-Luc Gatard (Франция) Le Potager Extraordinaire, curator Jean-Luc Gatard, Reamur, France
3	<i>A. belladonna</i> L. f. <i>lutea</i> (Döll) G. Dietr.	Ботанический сад Университета медицины и фармации (Румыния) Botanical garden of the University of medicine and pharmacy (Romania)
4	<i>A. belladonna</i> L. cv. Bagira	Сорт “Багира” – контроль (Россия) Variety “Bagira”, the control (Russia)

Биометрические измерения проводили по общепринятой методике [14]. Оценка повреждаемости таксонов проводилась в период массового появления вредителей на растениях [15–17]. Статистическая обработка результатов опыта проведена с применением пакета анализа Excel.

Продуктивность сырья учитывали по сумме 2 укосов. Для этого в фазу массового цветения (1-й укос), а также после отрастания до фазы бутонизации и начала цветения (2-й укос) растения срезали серпом вручную на высоте прохода косилки комбайна КУФ (10–12 см), высушивали при температуре +60 °С до воздушно-сухого состояния. Число растений 5, повторность 3-кратная. У растений определяли высоту, число побегов, длину и ширину листа в средней части побега, число листьев на растении.

Содержание суммы алкалоидов – основного действующего вещества белладонны определяли согласно ФС.2.5.0020.15 [18].

Фертильность свежесобранной пыльцы и ее размеры изучали на временных ацетокарминовых препаратах на 50 полях зрения в 4-кратной повторности по методике [19].

Приготовление давленных хромосомных препаратов проводили согласно модифицированным методикам, описанным ранее [20]. Просмотр препаратов, отбор хромосомных пластинок и их анализ проводили с помощью светового микроскопа Ломо Микмед-5, снабженного камерой 14.0 Мп USB 2.0 C-Mount. Анализировали не менее 15 выбранных метафазных пластинок с хорошим разбросом хромосом из каждого исследуемого образца.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Все виды рода *Atropa* – теплолюбивые культуры, поэтому для изучения адаптированности новых интродуцентов к природно-климатическим условиям НЧЗ РФ важно знать периоды прохождения фенологических фаз, а также биоморфологические показатели, характеризующие продуктивность интродуцируемых видов.

Наблюдения за наступлением основных фенологических фаз изучаемых таксонов рода *Atropa* в первый год вегетации и после отрастания растений – во второй в значительной степени зависели от возраста растений и метеорологических условий года. Условия 2016 г. были благоприятными (сочетание высоких положительных температур и запасов почвенной влаги) для приживаемости рассады белладонны (100%) и способствовали оптимальному росту и развитию растений. Наблюдения показали, что в первый год вегетации продолжительность периода от всходов в условиях тепличного комплекса и до созревания плодов в поле составляла 180–213 сут. Во второй год период от отрастания растения до массового плодоношения колебался от 104 до 123 сут в зависимости от вида. Изучаемые виды отличались полиморфизмом по окраске венчика – от фиолетового (антоциановая окраска) до желто-фиолетового, желтого, размеры которого составляли от 20 до 34 мм длины (рис. 1).

Элементами, влияющими на структуру урожая лекарственных растений рода *Atropa*, являются высота растений, число генеративных побегов, число и размеры листьев. Как видно из табл. 2, растения изучаемых видов различаются по этим признакам в большей или меньшей степени от сорта Багира.

В первый год вегетации растения вида *A. acuminata* характеризуются низкорослостью, но большим числом генеративных побегов с меньшими размерами листьев. Растения *A. belladonna* f. *lutea* высокорослые, но с меньшим количеством побегов и с наибольшими размерами листьев по сравнению с другими образцами. Растения вида *A. komarovii* отличаются средними показателями по всем выше указанным признакам.

Метеоусловия 2016 г. (сумма активных температур) благотворно повлияли на рост растений первого года жизни, поэтому удалось получить два укоса. Исключение составил вид *A. komarovii*, 1-й укос травы которого был собран на месяц позже – 1 сен-

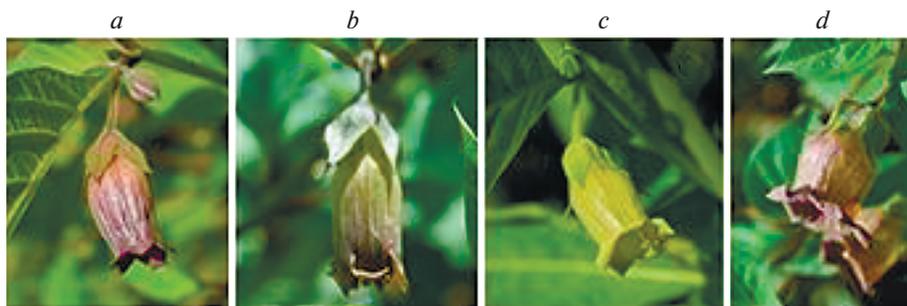


Рис. 1. Полиморфизм окраски венчика таксонов *Atropa*: *a* – *A. acuminata*, *b* – *A. komarovii*, *c* – *A. belladonna* f. *lutea*, *d* – *A. belladonna* сорт “Багира”.

Fig. 1. Polymorphism of the color of Corolla of the taxon *Atropa*: *a* – *A. acuminata*, *b* – *A. komarovii*, *c* – *A. belladonna* f. *lutea*, *d* – *A. belladonna* cv. “Bagira”.

тября, скошенные растения не вступили даже в фазу начала бутонизации. Поэтому не удалось скосить растения 2-й раз (табл. 2).

Ранее в наших исследованиях на растениях разных популяций белладонны выявлено 10 видов вредителей. По численности видов преобладали представители отряда Hemiptera (клопы). Отряд Coleoptera представлен 3 вредителями (*Leptinotarsa*, *Cetonia*, *Arphthona*). Наибольший вред растениям белладонны причиняют гусеницы совок, отряд Lepidoptera – капустная (*Mamestra brassicae* L.) и огородная совки (*M. oleracea* L.) [21]. Как видно из табл. 2, в первый год вегетации растения всех изучаемых видов повреждались незначительно (от 0.25 до 0.53 баллов).

В интродукции растений наряду с адаптационными возможностями большой интерес представляют популяции с повышенным содержанием биологически активных веществ [13]. В табл. 3 представлены результаты содержания суммы алкалоидов в пересчете на гиосциамин в разных органах надземной части.

Уже в первый год жизни почти все исследуемые популяции перешли к репродуктивному развитию и обеспечили полноценное созревание плодов и семян. Исключение составил *A. komarovii*, который вегетационный период завершил фазой начала плодоношения, образовав единичные плоды. Семена таксонов характеризовались высокими посевными качествами, соответствующими категории оригинальных семян.

Как свидетельствуют данные табл. 3, в листьях растений всех видов наблюдается максимальное содержание БАВ по сравнению с другими видами сырья растений, поэтому следующим этапом работы явилось установление соотношения листьев, стеблей и цветков + зеленые плоды в сырье. Исследования показали, что в первый год вегетации в сырье 1-го укоса преобладают листья, тогда как во 2-м – стебли. Этот показатель характерен для всех изучаемых таксонов, кроме *A. komarovii* (рис. 2).

Во второй год вегетации (2017 г.) продолжительность периода от всходов до созревания плодов у белладонны составляла от 104 до 123 сут, что меньше по сравнению с первым годом вегетации и связано с пониженной температурой воздуха и обильными осадками 2017 г., и отличалась также от многолетних наблюдений [22].

Известно, что цветение белладонны в Московской обл. наблюдается в период с июня по август [23]. Установлено, что двулетние растения зацветают почти на месяц раньше, чем растения первого года жизни. У растений второго года вегетации цветение начинается в I–II декаде июня, а у растений первого года жизни – в I декаде августа. В зависимости от метеорологических условий и возраста растений продолжительность периода цветения популяций варьирует по годам от 60–70 дней в первый год жизни и до 90–100 дней – во второй.

Таблица 2. Характеристика таксонов *Atropa* по биолого-морфологическим и хозяйственно-ценным признакам (2016 г.)**Table 2.** Biomorphological and economic characteristics of *Atropa* taxa (2016)

Показатель Parameter	№ укоса/признак the number of mowing/variety	Таксоны Taxon			
		<i>A. acuminata</i>	<i>A. belladonna</i> f. <i>lutea</i>	<i>A. komarovii</i>	<i>A. belladonna</i> cv. "Bagira"
Высота растений, см Plant height, cm	I	59.3 ± 2.37	77.3 ± 2.34	74.3 ± 3.55	71.3 ± 1.88
	II	58.3 ± 4.41	69.0 ± 8.33	47.3 ± 5.37	49.3 ± 6.31
Число генеративных побегов, шт. Number of generative shoots, pcs.	I	7.0 ± 1.53	1.3 ± 0.33	5.3 ± 0.33	3.3 ± 0.23
	II	12.7 ± 0.88	5.0 ± 0.58	–	6.0 ± 0.58
Длина листа, см Leaf length, cm	I	15.9 ± 0.89	21.4 ± 1.15	18.3 ± 0.83	20.6 ± 0.66
	II	17.4 ± 0.65	21.4 ± 0.79	–	18.9 ± 0.89
Ширина листа, см Leaf width, cm	I	4.9 ± 0.11	8.8 ± 0.32	6.8 ± 0.51	7.4 ± 0.28
	II	6.2 ± 0.18	9.3 ± 0.47	–	7.6 ± 0.11
Число листьев на растении, шт. Number of leaves per plant, pcs	I	87.3 ± 11.20	47.7 ± 12.33	146.0 ± 21.08	66.7 ± 11.72
	II	202.3 ± 9.60	78.3 ± 15.06	–	112.0 ± 11.02
Масса листьев, г/растение Weight of leaves, g	I	74.3 ± 4.70	75.0 ± 12.04	137.3 ± 15.63	88.3 ± 9.51
	II	136.7 ± 8.17	111.3 ± 12.04	–	97.0 ± 14.57
Масса стеблей, г/растение Weight of stems, g	I	73.7 ± 1.20	59.0 ± 10.50	155.3 ± 7.88	52.0 ± 3.61
	II	96.7 ± 8.69	70.0 ± 14.70	–	37.7 ± 2.73
Масса растения, г Plant weight, g	I	159.3 ± 9.39	144.7 ± 24.17	268.0 ± 14.57	145.7 ± 11.79
	II	241.7 ± 16.7	182.0 ± 62.6	–	138.3 ± 16.3
Масса семян с растения, г Weight of seeds per plant, g	Признак Character	1.28 ± 0.102	1.45 ± 0.109	–	1.85 ± 0.118
Содержание суммы алкалоидов в пересчете на гиосциамин, % The content of alkaloids as hyoscyamine equivalent, %	»	0.567	0.436	0.487	0.471
Повреждаемость вредителями, балл Pest damage, points	»	0.27	0.25	0.53	0.25
Окраска листа Leaf colour	»	Зеленая Green	Светло-зеленая Light green	Зеленая Green	Темно-зеленая Dark green
Окраска венчика Corolla colour	»	Светло-фиолетовая Light violet	Желтая Yellow	Желто-фиолетовая Yellow violet	Фиолетовая Violet
Вегетационный период, сутки Vegetation period, days	»	195	189	213	180

Климатические условия лета 2017 г. характеризовались прохладной погодой с обильными осадками (июль–август), что явилось неблагоприятным фактором для формирования урожая после первого укоса. Растения не смогли набрать достаточную листовостебельную массу. Как видно из табл. 4, в пределах коллекции отмечалась значительная изменчивость по высоте растений, числу генеративных побегов и размерам листьев. Показано, что урожайность сырья *A. belladonna* 2-го укоса формируется за счет интенсивного развития дополнительных побегов из спящих почек нижней части

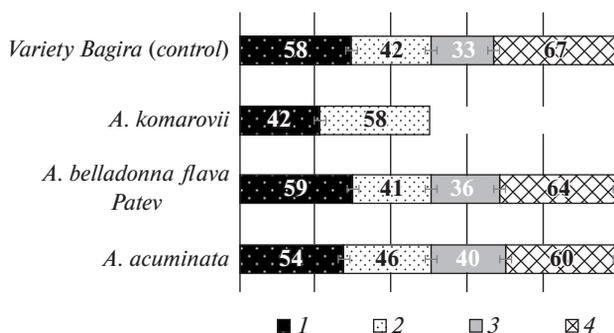


Рис. 2. Соотношение органов в надземной массе сырья *Atropa*, 1 год вегетации. 1 – укос I, листья, 2 – укос I, стебли; 3 – укос II, листья, 4 – укос II, стебли.

Fig. 2. The organ ratio in *Atropa* aboveground raw materials, the first year of vegetation. 1 – mowing I, leaves, 2 – mowing I, stems; 3 – mowing II, leaves, 4 – mowing II, stems.

стебля и не уступает урожайности 1-го укоса более чем на 5%, а иногда превышает его более чем на 10% [23]. В условиях 2017 г. урожайность сырья 2-го укоса уступала такой 1-го укоса более чем в 2 раза (табл. 4). Это связано в первую очередь со средней и сильной степенью повреждаемости листьев вредителями (от 0 до 3 баллов) (рис. 3).

Погодные условия оказали также отрицательное воздействие на накопление биологически-активных соединений в листьях по сравнению с первым годом вегетации. Как видно из табл. 4, виды *A. acuminata* и *A. komarovii* уступали по продуктивности сырья изучаемым образцам вида *A. belladonna*. Однако по содержанию суммы алкалоидов в сырье эти виды не уступали сорту Багира.

Изучение процентного соотношения в сырье листьев во второй год вегетации выявило следующие зависимости: в 1-м укосе процентное соотношение стеблей было больше, тогда как во втором 2-м укосе преобладали листья в отличие от первого года вегетации. Стоит отметить, что впервые интродуцируемый вид белладонны *A. komarovii* характеризуется наименьшим процентным соотношением стеблей в сырье 1-го укоса, а вид *A. acuminata* наименьшим соотношением листьев в сырье 2-го укоса по сравнению с сортом Багира (рис. 4).

Известно, что формирование качественной пыльцы является важнейшим фактором, обеспечивающим нормальное оплодотворение и дальнейшее развитие завязавшихся семян [24]. Размеры пыльцевых зерен у видов рода *Atropa* варьируют по годам (44 ± 0.2 – 60 ± 0.3 мкм) (табл. 5) и относятся к классу средних и крупных пыльцевых зерен [25].

Таблица 3. Содержание суммы алкалоидов в пересчете на гиосциамин в разных видах сырья таксонов рода *Atropa*

Table 3. Content of alkaloids expressed as hyoscyamine equivalent in raw materials of the studied *Atropa* taxa

Таксон Taxon	Содержание суммы алкалоидов в пересчете на гиосциамин, % The content of alkaloids as hyoscyamine equivalent, %			
	Листья Leaves	Стебли Stems	Цветки + зеленые плоды Flowers + green fruits	Трава Herb
<i>A. acuminata</i>	0.668	0.145	0.312	0.355
<i>A. komarovii</i>	0.581	0.123	0.345	0.408
<i>A. belladonna</i> f. <i>lutea</i>	0.497	0.117	0.287	0.351
<i>A. belladonna</i> cv. “Bagira”	0.664	0.314	0.349	0.479

Таблица 4. Характеристика таксонов рода *Atropa* по биолого-морфологическим и хозяйственно-ценным признакам (2017 г.)**Table 4.** Biomorphological and economic characteristics of *Atropa* taxa (2017)

Показатель Parameter	Укос/признак Mowing/character	Таксон Taxon			
		<i>A. acuminata</i>	<i>A. belladonna</i> f. <i>lutea</i>	<i>A. komarovii</i>	<i>A. belladonna</i> cv. "Bagira"
Высота растений, см Plant height, cm	I	95.5 ± 6.59	115.7 ± 2.85	94.0 ± 1.00	101.7 ± 2.96
	II	58.3 ± 4.41	69.0 ± 8.33	47.3 ± 5.37	49.3 ± 6.31
Число генеративных побегов, шт. Number of generative shoots, pcs.	I	6.3 ± 0.88	7.0 ± 1.00	5.0 ± 0.58	4.3 ± 0.25
	II	10.5 ± 0.87	12.3 ± 1.33	6.3 ± 1.45	7.0 ± 0.58
Длина листа, см Leaf length, cm	I	16.2 ± 0.64	18.3 ± 0.57	17.7 ± 0.37	19.2 ± 0.77
	II	16.5 ± 1.00	18.2 ± 0.86	18.0 ± 0.49	18.9 ± 1.00
Ширина листа, см Leaf width, cm	I	5.4 ± 0.17	6.9 ± 0.25	6.7 ± 0.19	7.5 ± 0.28
	II	5.5 ± 0.19	6.5 ± 0.24	6.3 ± 0.40	8.0 ± 0.33
Число листьев на растении, шт. Number of leaves per plant, pcs	I	165.0 ± 12.52	170.0 ± 20.21	133.3 ± 3.33	148.0 ± 17.50
	II	130.8 ± 15.74	127.3 ± 19.38	96.0 ± 11.24	130.7 ± 14.53
Масса листьев, г/растение Weight of leaves, g	I	133.8 ± 8.87	191.7 ± 27.83	158.7 ± 5.36	202.4 ± 19.51
	II	77.5 ± 8.63	104.3 ± 5.78	69.7 ± 6.17	100.5 ± 8.50
Масса стеблей, г/растение Weight of stems, g	I	218.3 ± 20.68	228.5 ± 21.50	190.7 ± 6.89	302.0 ± 23.61
	II	64.5 ± 7.19	62.3 ± 11.40	42.3 ± 2.18	88.0 ± 3.00
Масса одного растения, г Weight of plant, g	I	375.0 ± 23.12	471.7 ± 76.44	352.3 ± 4.76	555.0 ± 56.43
	II	146.2 ± 15.21	169.3 ± 16.51	112.0 ± 8.19	167.7 ± 23.97
Масса семян с растения, г Weight of seeds per plant, g	Признак Character	26.5 ± 1.14	21.8 ± 1.52	13.7 ± 1.03	43.1 ± 2.13
Масса 1000 шт. Weight of 1000 seeds	»	1.19 ± 0.283	1.32 ± 0.618	1.09 ± 1.040	1.35 ± 0.201
Повреждаемость вредителями, балл Pest damage, points	»	1.5	1.4	2.8	1.3
Содержание суммы алкалоидов в пересчете на гиосциамин, % Content of alkaloids as hyoscyamine equivalent, %	»	0.398	0.394	0.523	0.383
Вегетационный период, сутки Vegetation period, days	»	115	106	123	104

Установлено, что у типичных представителей рода *Atropa* обнаружена высокая пластичность женского гаметофита, а также высокая жизнеспособность пыльцы, которая играет важную роль в поддержании численности популяций белладонны [26]. Результаты анализа фертильности пыльцевых зерен в нашем исследовании показали, что процент фертильности был достаточно высок и варьировал от 81.0 до 94.0%, что в свою очередь предполагает высокую завязываемость семян.

Важным звеном в интродукции растений в новые климатические условия является завязываемость их семян. Как видно из приведенных данных (табл. 3, рис. 5), таксоны

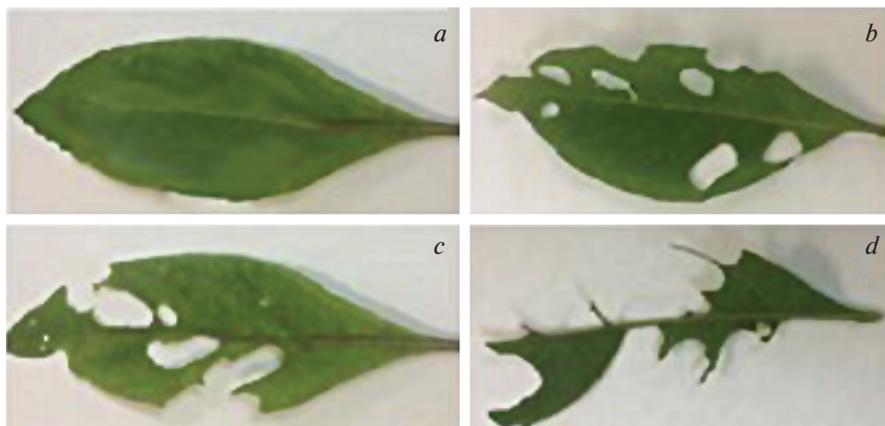


Рис. 3. Степень повреждаемости листьев *Atropa* вредителями отряда Lepidoptera: капустная совка (*Mamestra brassicae* L.) и огородная совка (*M. oleracea* L.). Баллы: *a* – 0; *b* – 1 (слабое); *c* – 2 (среднее); *d* – 3 (сильное).
Fig. 3. Level of damage caused on *Atropa* leaves by lepidopteran pests: cabbage moth (*Mamestra brassicae* L.) and bright-line brown-eyes moth (*M. oleracea* L.). Points: *a* – 0; *b* – (low); *c* – 2 (medium); *d* – 3 (high).

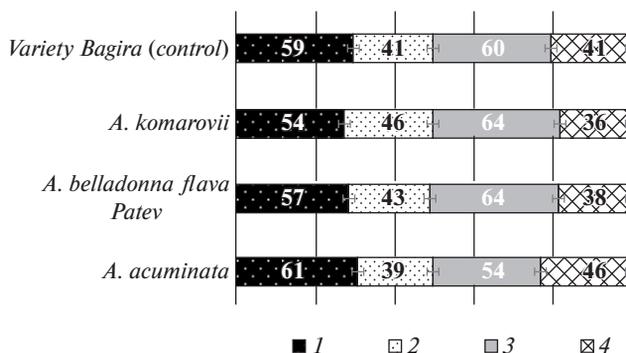


Рис. 4. Соотношение органов в надземной массе сырья *Atropa*, 2 год вегетации. 1 – укос I, листья, 2 – укос I, стебли; 3 – укос II, листья, 4 – укос II, стебли.

Fig. 4. The organ ratio in *Atropa* aboveground raw materials, the first year of vegetation. 1 – mowing I, leaves, 2 – mowing I, stems; 3 – mowing II, leaves, 4 – mowing II, stems.

существенно различались по показателям семенной продуктивности и качеству посевного материала. Следует отметить, что посевные качества семян всех изучаемых образцов были высокими.

Наименее адаптированным видом на первых этапах интродукции является *A. komarovii*, который на первом году жизни не достигает фазы созревания плодов, на втором – имеет низкую урожайность сырья и семян. Но следует заметить, что данный таксон характеризуется повышенным содержанием БАВ, что имеет большое значение при интродукции новых видов для фармацевтической промышленности.

Известно, что результаты кариологических исследований являются дополнительными данными не только в изучении теоретических вопросов (филогения, систематика и т.д.), но и в практической работе селекционера (подбор партнеров для скрещивания с целью создания высокоурожайных гибридов, изучение и контролирование индуцированного мутагенеза, использование полиплоидии и гетерозиса и т.д.). И первым этапом в кариологических исследованиях растений является изучение хро-

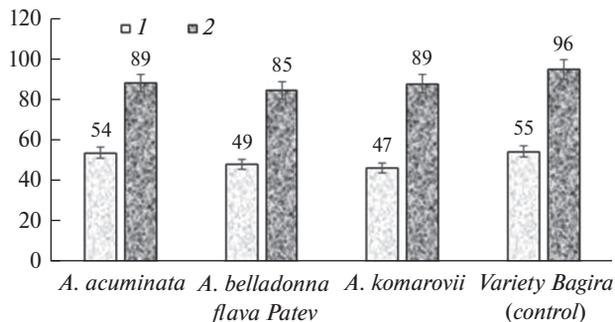


Рис. 5. Посевные качества семян таксонов *Atropa*. 1 – энергия прорастания (%); 2 – всхожесть (%).

Fig. 5. Seed germination quality of the studied *Atropa* taxa. 1 – germination energy (%); 2 – germination capacity (%).

мосомных чисел и установление уровней ploидности отдельных видов, подвидов и рас. Кариотип – это цитогенетический паспорт вида, который включает в себя число хромосом, их размеры и форму. Наряду с характерными для вида особенностями набора хромосом возможно наличие полиморфных вариантов этого набора. Особенно высока вероятность такого полиморфизма для растений, находящихся в неспецифических для них условиях произрастания, а именно при интродукции.

Кариологические исследования видов Красавки проводятся уже достаточно давно и включают в себя в основном сведения о числах хромосом этих видов. Выявлено, что все семейство Solanaceae имеет основное число хромосом 7 или 8. Некоторые виды, входящие в это семейство, в ходе эволюции имеют основное число хромосом, равное 9, 10, 11, 12, 14 или 17, в результате анеуплоидии или полиплоидии. Триба Solanaceae, в которую входит белладонна, имеет основное число $n = 12$, что, в свою очередь говорит о гексаплоидной природе этого рода [27–29].

В нашем исследовании было установлено, что кариотипы всех исследуемых видов Красавки имеют очень мелкие метацентрические и субметацентрические хромосомы, размер которых варьировал от 0.8 ± 0.04 до 1.14 ± 0.11 мкм (рис. 6).

Выявлено, что по абсолютной и относительной длине хромосом, а также по значению центромерного индекса наблюдался низкий коэффициент вариации. Число хромосом в кариотипе составляет $2n = 72$. Только один вид *A. komarovii* имел число хромосом $2n = 74$ (рис. 6), что соответствует раннее опубликованным данным по этому виду [30].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Проведенные интродукционные исследования *Atropa acuminata* Royle, *A. komarovii* Blin. & Shalyt, *A. belladonna* L. f. *lutea* (Döll) G. Dietr. показали, что растения при культивировании в Нечерноземной зоне РФ проходят все этапы онтогенеза, вступают в

Таблица 5. Морфофизиологическая характеристика пыльцы таксонов рода *Atropa* (2016–2017 гг.)
Table 5. Pollen morpho-physiological characteristics of the studied *Atropa* taxa (2016–2017)

Морфофизиологическая характеристика Morpho-physiological characteristics	<i>A. acuminata</i>	<i>A. komarovii</i>	<i>A. belladonna</i> f. <i>lutea</i>	<i>A. belladonna</i> cv. “Bagira”
Размер пыльцевого зерна, мкм Size of pollen grains, μm	47.5 ± 0.28	43.7 ± 0.25	49.0 ± 0.23	60.3 ± 0.25
Фертильность пыльцы, % Pollen fertility, %	85.0 ± 2.45	87.0 ± 2.64	81.0 ± 2.40	94.0 ± 2.08

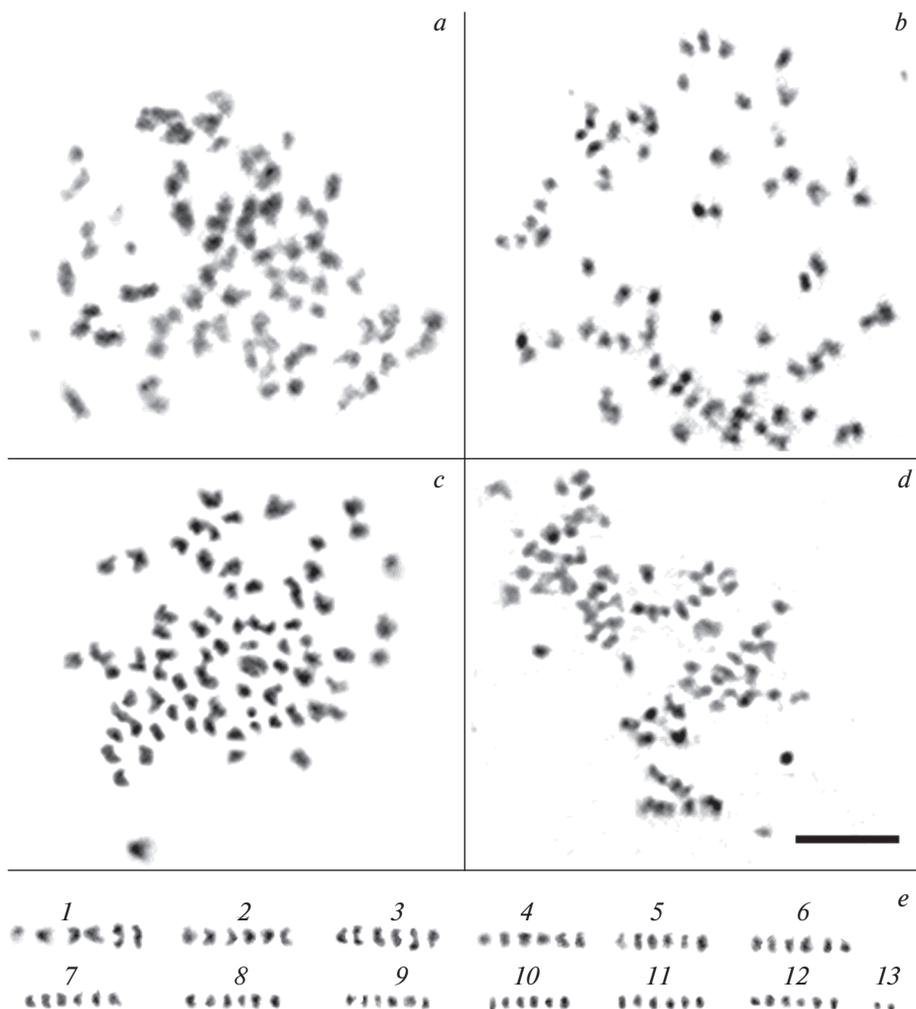


Рис. 6. Микрофотографии метафазных пластинок хромосом *Atropa*: а – *A. acuminata*, $2n = 72$; б – *A. belladonna* f. *lutea*, $2n = 72$; в – *A. komarovii*, $2n = 74$; д – *A. belladonna* cv. “Bagira”, $2n = 72$; е – кариотип *A. komarovii* ($2n = 74$). Масштабная линейка – 5 мкм.

Fig. 6. Micrographs of *Atropa* chromosomes in metaphase plates: а – *A. acuminata*, $2n = 72$; б – *A. belladonna* f. *lutea*, $2n = 72$; в – *A. komarovii*, $2n = 74$; д – *A. belladonna* cv. “Bagira”, $2n = 72$; е – karyotype *A. komarovii* ($2n = 74$). Scale bars – 5 μm .

фазу плодоношения и дают жизнеспособные семена. Изучение устойчивости к биотическим и абиотическим факторам данного региона свидетельствует об успешной реализации ими своих адаптивных потенциалов. Выявленная невысокая изменчивость кариотипических показателей у исследуемых видов белладонны свидетельствует о стабильности хромосомного набора кариотипов данных видов. По продуктивности сырья таксоны *A. acuminata*, *A. komarovii* и *A. belladonna* f. *lutea* уступают сорту Багира на 32, 15 и 37% соответственно, по продуктивности семян на 38, 49 и 68% соответственно.

Таким образом, все изучаемые лекарственные интродуценты рода *Atropa* разного географического происхождения могут рассматриваться в качестве потенциальных

продуцентов алкалоидов для фармацевтического сырья, расширяющих ресурсную базу региона. С другой стороны, нельзя не учитывать факт, что все они являются охраняемыми видами [31], а для разнообразия природных растительных сообществ региона сохранение лекарственных растений как в природных экосистемах, так и в культуре является чрезвычайно актуальным.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Maqbool F., Singh S., Kaloo Z.A., Jan M.* 2014. Medicinal importance of Genus *Atropa* Royle – A review. – *Int. J. Adv. Res.* 2(2): 48–54. http://www.journalijar.com/uploads/637_IJAR-2611.pdf
2. *Атлас ареалов и ресурсов лекарственных растений СССР.* 1983. М. 340 с. <http://plant.geoman.ru/books/item/f00/s00/z00000004/>
3. *Rhodes J.B., Abrams J.H., Manning R.T.* 1978. Controlled clinical trial of sedative-anticholinergic drugs in patients with the irritable bowel syndrome. – *J. Clin. Pharmacol.* 18(7): 340–345. <https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.1978.tb01603.x>
4. *Chopra R.N., Nayar S.L., Chopra I.C.* 1986. *Glossary of Indian Medicinal Plants (Including the Supplement).* New Delhi. 330 p.
5. *Tyler V.E., Brady L.R., Robbers J.E.* 1988. *Pharmacognosy.* 9th Edition. Philadelphia. 537 p.
6. *Srivastava V., Negi A.S., Ajayakumar P.V., Khan S.A., Banerjee S.* 2012. *Atropa belladonna* hairy roots: Orchestration of concurrent oxidation and reduction reactions for biotransformation of carbonyl compounds. – *Appl Biochem Biotechnol* – 166(6): 1401–1408. <https://doi.org/10.1007/s12010-011-9533-3>
7. *Waterman P.G.* 1993. Alkaloids: general observations. In: *Methods in plant biochemistry: Volume 8. Alkaloids and sulphur compounds.* New York. P. 1–16.
8. *Zhang L., Kai G.Y., Lu B.B., Zhang H.M., Tang K.X., Jiang J.H., Chen W.S.* 2005. Metabolic engineering of tropane alkaloid biosynthesis in plants. – *J. Integrative Plant Biology.* 47: 136–143.
9. *Ashtiana F.* 2011. Tropane alkaloids of *Atropa belladonna* L. and *Atropa acuminata* Royle ex Miers plants. – *J. Medicinal Plants Research.* 5(29): 6515–6522. <https://doi.org/10.5897/JMPR2011.482>
10. *Guggisberg A., Hesse M.* 1984. Chapter 3. Putrescine, spermidine, spermine and related polyamine alkaloids. – *The Alkaloids: Chemistry and Pharmacology.* 22: 85–188. [https://doi.org/10.1016/S0099-9598\(08\)60178-9](https://doi.org/10.1016/S0099-9598(08)60178-9)
11. *Фитопрепараты ВИЛАР.* 2009. М. 255 с.
12. *Chavan N.* 2017. Coin image of action of *Atropa belladonna* in crude and in homeopathic potentised form. – *J. Dev. Drugs.* 6(2): 175. <https://doi.org/10.4172/2329-6631.1000175>
13. *Климахин Г.И.* 2000. Интродукционные исследования – научная основа развития лекарственного растениеводства. – В сб.: *Лекарственное растениеводство. Сборник научных трудов, посвященный 70-летию ВИЛАР.* М. С. 17–31.
14. *Майсурадзе Н.И., Киселев В.П., Черкасов О.А.* 1984. Методика исследований при интродукции лекарственных растений. М. 32 с.
15. *Быков В.А., Бушковская Л.М., Пушкина Г.П.* 2006. Защита лекарственных культур от вредителей, болезней и сорняков (справочник). М. 112 с.
16. *Спирidonova В.П.* 1982. Вредители основных лекарственных культур на семеноводческих посевах в лесостепной зоне Украины и меры борьбы с ними. Автореф. дис. ... канд. биол. наук. М. 26 с.
17. *Бушковская Л.М., Пушкина Г.П., Масляков В.Ю., Сидельников Н.И.* 2015. Биологический фактор в агроценозах лекарственных культур как основа экологизированной защиты от вредных организмов. М. 140 с.
18. *Государственная фармакопея Российской Федерации XIII изд. ФС.2.5.0020.15.* 2015. <http://pharmacosopeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online/>
19. *Паушева З.П.* 1980. Практикум по цитологии растений. М. 304 с.
20. *Samatadze T.E., Muravenko O.V., Popov K.V., Zelenin A.V.* 2001. Genome comparison of the *Matricaria chamomilla* L. varieties by the chromosome C- and OR-banding patterns. – *Caryologia.* 54(4): 299–306. <https://doi.org/10.1080/00087114.2001.10589240>
21. *Сидельников Н.И., Басалаева И.В., Хазиева Ф.М., Бушковская Л.М.* 2013. Зависимость биопродуктивности сортообразцов *Atropa belladonna* L. от повреждаемости основными вредителями. – *Науч.-практ. журн. АГРО XXI.* 7–9: 14–16.
22. *Хазиева Ф.М.* 2017. Внутривидовая изменчивость популяций *Atropa belladonna* L. – *Успехи со- врем. науки.* 2(10): 149–156.
23. *Хазиева Ф.М., Конон Н.Т.* 2009. Интродукция *Atropa belladonna* L. в Московской области. – *Растит. ресурсы.* 45(2): 31–36.
24. *Цаценко Л.В., Синельникова А.С.* 2012. Пыльцевой анализ в селекции растений. *Научн. журн. КубГАУ.* 77(03): 1–11. <http://ej.kubagro.ru/2012/03/pdf/09.pdf>
25. *Эрдтман Г.* 1956. Морфология пыльцы и систематика растений (введение в палинологию). I. Покрытосеменные. М. 486 с.

26. Yurukova-Grancharova P., Yankova-Tsvetkova E., Baldjiev G., Barragan M.C. 2011. Reproductive biology of *Atropa belladonna*: embryological features, pollen and seed viability. — *Phytologia balcanica*. 17(1): 101–112.
http://www.bio.bas.bg/~phytolbalcan/PDF/17_1/17_1_10_Yurukova-Grancharova_&_al.pdf
27. Fedorov A.A. 1969. Chromosome numbers of flowering plants. Leningrad (Reprint by Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein, West Germany., 1974). 926 p.
28. Wentworth J.E., Bailey J.P., Gornall R.J. 1991. Contributions to a cytological catalogue of the British and Irish flora, 1. — *Watsonia*. 18: 415–417.
29. Romano S., Campo G., Colombo P. 1997 (1996). Numeri Cromosomici per la Flora Italiana. — *Inform. Bot. Ital.* 28(2): 251–255.
30. Числа хромосом цветковых растений флоры СССР. Морасеае — Zygophyllaceae. 1993. СПб. С. 92–93.
31. Красная книга РСФСР. Растения. 1988. М. 590 с.

Aspects of Introduction of Some *Atropa* L. Taxa

F. M. Haziya^{a, *}, T. E. Samatadze^{a, b}, N. Y. Svistunova^a,
S. I. Romashkina^a, N. I. Sidel'nikov^a

^aFederal State Scientific Institution All-Russian Scientific Research Institute of Medicinal and Aromatic Plants, Moscow, Russia

^bPeoples' Friendship University of Russia (RUDN), Moscow, Russia

*e-mail: vilar.6@yandex.ru

Abstract—Four taxa of the genus *Atropa* L. introduced in the central regions of the Russian Federation: *Atropa acuminata* Royle, *A. komarovii* Blin. & Shalyt, *A. belladonna* L. f. *lutea* (Döll) G.Dietr. and *A. belladonna* L. were studied. The studied *Atropa* taxa were evaluated by the following criteria: phenological phases, seed and raw materials productivity, pest damaging, content of active compounds. After winter rest, on the second year of vegetation, all introduced taxa have passed all phenological phases, entered fruiting stage and formed seeds with high rates of germination energy and germination capacity. The studies of pollen size and fertility have shown variation in pollen fertility from 81.0 to 94.0%. The obtained information on the resistance to regional biotic and abiotic factors indicates high adaptive potential of the species. The introduced *Atropa* taxa, as compared to *A. belladonna* cv. Bagira, produce less raw materials and seeds but has higher content of bioactive compounds. Being protected, the studied introduced *Atropa* taxa of different geographical origin can be considered as potential source of alkaloids for pharmaceutical plant raw materials. According to the karyological studies of belladonna species their chromosome numbers were determined as $2n = 72$ and $2n = 74$. The low variability in karyotype indicators of the studied *Atropa* species proves the stability of their chromosome sets.

Keywords: genus *Atropa*, introduction, productivity, chromosome numbers.

REFERENCES

1. Maqbool F., Singh S., Kaloo Z.A., Jan M. 2014. Medicinal importance of Genus *Atropa* Royle — A review. — *Int. J. Adv. Res.* 2(2): 48–54. http://www.journalijar.com/uploads/637_IJAR-2611.pdf
2. Atlas arealov i resursov lekarstvennykh rasteniy SSSR. 1983. [Atlas of the distribution areas and resources of the medicinal plants of the USSR]. Moscow. 340 p. (In Russian)
<http://plant.geoman.ru/books/item/f00/s00/z0000004/>
3. Rhodes J.B., Abrams J.H., Manning R.T. 1978. Controlled clinical trial of sedative-anticholinergic drugs in patients with the irritable bowel syndrome. — *J. Clin. Pharmacol.* 18(7). P. 340–345.
<https://doi.org/10.1002/j.1552-4604.1978.tb01603.x>
4. Chopra. R.N., Nayar S.L., Chopra I.C. 1986. Glossary of Indian Medicinal Plants (Including the Supplement). New Delhi. 330 p.
5. Tyler V.E., Brady L.R., Robbers J.E. 1988. Pharmacognosy. — 9th Edition. P hiladelphia. 537 p.
6. Srivastava V., Negi A.S., Ajayakumar P.V., Khan S.A., Banerjee S. 2012. *Atropa belladonna* hairy roots: Orchestration of concurrent oxidation and reduction reactions for biotransformation of carbonyl compounds. — *Appl Biochem Biotechnol* — 166(6): 1401–1408. <https://doi.org/10.1007/s12010-011-9533-3>

7. *Waterman P.G.* 1993. Alkaloids: general observations. In: *Methods in plant biochemistry: Volume 8. Alkaloids and sulphur compounds.* New York. P. 1–16.
8. *Zhang L., Kai G.Y., Lu B.B., Zhang H.M., Tang K.X., Jiang J.H., Chen W.S.* 2005. Metabolic engineering of tropane alkaloid biosynthesis in plants. – *J. of Integrative Plant Biology.* 47:136–143.
9. *Ashiana F.* 2011. Tropane alkaloids of *Atropa belladonna* L. and *Atropa acuminata* Royle ex Miens plants. – *J. Medicinal Plants Research.* 5(29):6515–6522. <https://doi.org/10.5897/JMPR2011.482>
10. *Guggisberg A., Hesse M.* 1984. Chapter 3. Putrescine, spermidine, spermine and related polyamine alkaloids. – *The Alkaloids: Chemistry and Pharmacology.* 22: 85–188. [https://doi.org/10.1016/S0099-9598\(08\)60178-9](https://doi.org/10.1016/S0099-9598(08)60178-9)
11. *Fitopreparaty VILAR (Spravochnik).* 2009. [VILAR herbal preparations (Reference book)]. M. 255 p. (In Russian)
12. *Chavan N.* 2017. Coin image of action of *Atropa belladonna* in crude and in homeopathic potentised form. – *J. Dev. Drugs.* 6(2): 175. <https://doi.org/10.4172/2329-6631.1000175>
13. *Klimakhin G.I.* 2000. Introduktsionnyye issledovaniya – nauchnaya osnova razvitiya lekarstvennogo rasteniyevodstva [Introduction researches as a scientific foundation for the development of medicinal crop production]. In: *Lekarstvennoye rasteniyevodstvo. Sbornik nauchnykh trudov, posvyashchenny 70-letiyu VILAR.* Moscow. P. 17–31. (In Russian)
14. *Maysuradze N.I.* 1984. Metodika issledovaniy pri introduktsii lekarstvennykh rasteniy [Research techniques in the introduction of medicinal plants]. Moscow. 33 p. (In Russian)
15. *Bykov V.A., Bushkovskaya L.M., Pushkina G.P.* 2006. Zashchita lekarstvennykh kultur ot vreditel'ey, bolezney i sornyakov (spravochnik). [Protection of medicinal plant crops against pests, diseases and weeds]. M. 112 p. (In Russian)
16. *Spiridonova V.P.* 1982. Vrediteli osnovnykh lekarstvennykh kultur na semenovodcheskikh posevakh v lesostepnoy zone Ukrainy i mery borby s nimi: Avtoref. diss. ... kand. biol. nauk, [Pests of the main medicinal plants on seed-production farms in a forest-steppe zone of Ukraine and pest control measures: Abstr. ... Cand. (Biology) Sci.]. M. 26 p.
17. *Bushkovskaya L.M., Pushkina G.P., Maslyakov V.Yu., Sidelnikov N.I.* 2015. Biologicheskiy faktor v agrotsenozakh lekarstvennykh kultur kak osnova ekologizirovannoy zashchity ot vrednykh organizmov. [Biological factor in the agricultural coenoses of medicinal herb cultures as a foundation for the ecologically sound control of harmful organisms] – Moscow. 140 p. (In Russian)
18. *Gosudarstvennaya farmakopeya Rossiyskoy Federatsii.* XIII izd. FS.2.5.0020.15. 2015. [State Pharmacopoeia of the Russian Federation. XIIIth edition]. <http://pharmacopoeia.ru/gosudarstvennaya-farmakopeya-xiii-online-gf-13-online/>
19. *Pausheva Z.P.* 1980. Praktikum po tsitologii rasteniy. [Practical course on plant cytology]. Moscow. 304 p. (In Russian)
20. *Samatadze T.E., Muravenko O.V., Popov K.V., Zelenin A.V.* 2001. Genome comparison of the *Matricaria chamomilla* L. varieties by the chromosome C- and OR-banding patterns. *Caryologia.* 54(4): 299–306. <https://doi.org/10.1080/00087114.2001.10589240>
21. *Sidelnikov N.I., Basalaeva I.V., Hazieva F.M., Bushkovskaya L.M.* 2013. Dependence of bioefficiency entries *Atropa belladonna* L. from the damaging of the main pests. – *Agro XXI.* 7–9: 14–16. (In Russian)
22. *Khazieva F.M.* 2017. Intraspecific variability of populations of *Atropa belladonna* L. – *Modern Science Success.* 2(10): 149–156. (In Russian)
23. *Khazieva F.M., Konon N.T.* 2009. The Examination of *Atropa belladonna* (Solanaceae) collection in Moscow region. – *Rastitelnye resursy.* 45(2): 31–36. (In Russian)
24. *Tsatsenko L.V.* 2012. Pollen analysis in plant breeding. – *Scientific J. of KubSAU.* 77(03): 1–11. (In Russian)
25. *Erdtman G.* 1956. Morfologiya pyl'tsy i sistematika rasteniy (vvedeniye v palinologiyu). I. Pokrytosemennyye [Pollen morphology and plant taxonomy. Angiosperms.] Transl from Engl. Moscow. 485 p. (In Russian)
26. *Yurukova-Grancharova P., Yankova-Tsvetkova E., Baldjiev G., Barragan M.C.* 2011. Reproductive biology of *Atropa belladonna*: embryological features, pollen and seed viability. – *Phytologia balcanica.* 17(1): 101–112. http://www.bio.bas.bg/~phytolbalcan/PDF/17_1/17_1_10_Yurukova-Grancharova_&_al.pdf
27. *Fedorov A.A.* 1969. Chromosome numbers of flowering plants. Leningrad (Reprint by Otto Koeltz Science Publishers, Koenigstein, West Germany., 1974). 926 p.
28. *Wentworth J.E., Bailey J.P., Gornall R.J.* 1991. Contributions to a cytological catalogue of the British and Irish flora, 1. – *Watsonia.* 18: 415–417
29. *Romano S., Campo G., Colombo P.* 1997 (1996). Numeri Cromosomici per la Flora Italiana. – *Inform. Bot. Ital.* 28(2): 251–255.
30. *Numeri Chromosomatum Magnoliophytorum. Florae USSR, Moraceae–Zygophyllaceae.* 1993. Petropoli. P. 92–93. 510 p.
31. *Krasnaya kniga RSFSR. Rasteniya.* 1988. [Red data book of RSFSR. Plants.]. M. 590 p. (In Russian)