

УДК 582.572.8:581.162.3:581.48

**ЭНДОГЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРОВ И МАССЫ СЕМЯН ЮККИ
АЛОЭЛИСТНОЙ (*YUCCA ALOIFOLIA* L.) В НИКИТСКОМ БОТАНИЧЕСКОМ САДУ
В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ИСКУССТВЕННОГО ОПЫЛЕНИЯ**

**ENDOGENOUS VARIABILITY OF SIZES AND MASS OF SEEDS OF SPANISH
BAYONET (*YUCCA ALOIFOLIA* L.) IN NIKITA BOTANICAL GARDEN DEPENDING
ON ARTIFICIAL POLLINATION TYPE**

©Плугатарь Ю. В.

д-р с.-х. наук, член-корр. РАН
ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский
ботанический сад — Национальный научный центр РАН»
г. Ялта, Россия

©Plugatar Yu.

Dr. habil., Corr. member of RAS
FSBIS of the order of the Red Banner of Labour Nikita Botanical
Garden — National Scientific Center of the RAS, Yalta, Russia

©Максимов А. П.

канд. биол. наук
ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский
ботанический сад — Национальный научный центр РАН»
г. Ялта, Россия, cubric@mail.ru

©Maksimov A.

Ph.D., FSBIS of the order of the Red Banner of Labour Nikita
Botanical Garden — National Scientific Center of the RAS
Yalta, Russia, cubric@mail.ru

©Коба В. П.

д-р биол. наук
ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский
ботанический сад — Национальный научный центр РАН»
г. Ялта, Россия

©Koba V.

Dr. habil., FSBIS of the order of the Red Banner of Labour Nikita
Botanical Garden — National Scientific Center of the RAS
Yalta, Russia

©Хромов А. Ф.

канд. с.-х. наук
ФГБУН «Ордена Трудового Красного Знамени Никитский
ботанический сад — Национальный научный центр РАН»
г. Ялта, Russia

©Khromov A.

Ph.D., FSBIS of the order of the Red Banner of Labour Nikita
Botanical Garden — National Scientific Center of the RAS
Yalta, Russia

Аннотация. Приводятся результаты изучения эндогенной изменчивости размеров и массы семян юкки алоэлистной (*Yucca aloifolia* L.) и юкки алоэлистной 'Окаймленная' (*Yucca aloifolia* L. 'Marginata') по биометрическим данным. Дана характеристика амплитуды эндогенной изменчивости, оцененная с помощью объективных математических критериев.

Показаны сходство и различие, коррелятивная связь и характер кривых распределения исследуемых параметров. Впервые установлено, что величина амплитуды эндогенной изменчивости семян юкки алоэлистной и юкки алоэлистной окаймленной колеблется в широких пределах и зависит, в первую очередь, от признака и в меньшей степени от формовой принадлежности и не зависит от типа искусственного опыления. При свободном опылении и гибридизации с использованием пыльцы других видов варибельность веса семян значительно выше, чем при искусственном опылении юкки алоэлистной и юкки алоэлистной окаймленной в пределах вида. Наиболее низкий и одновременно высокий предел веса семени достигается при свободном опылении. Выявлены ростовые корреляции, которые реализуют наиболее оптимальный тип взаимодействия организма с окружающей средой. Фактические материалы, приводимые в статье актуальны, имеют научную новизну и практическую ценность.

Abstract. The results of study of endogenous variability of sizes and mass of seeds of the Spanish bayonet (*Yucca aloifolia* L.) and Spanish bayonet 'Marginata' (*Yucca aloifolia* L. 'Marginata') by biometric data have been given. Description of the endogenous variability's amplitude evaluated by means of objective mathematical criteria has been provided. The similarities and differences, correlative connection and character of the distribution curves of investigated parameters are shown. It has been for the first time determined that the amplitude range of endogenous variability of seeds of the Spanish bayonet and the Spanish bayonet 'Marginata' fluctuates over a wide range and depends, first of all, on the character and, to a lesser degree, on the form affiliation and does not depend on artificial pollination type. In case of an open pollination and hybridogeny with the use of pollen of other species, the variability of the seeds' weight is much higher than during artificial pollination of the Spanish bayonet and Spanish bayonet 'Marginata' within species. The lowest and simultaneously the highest limit of the seed's weight is attained during an open pollination. The growth correlations which implement the best option of an interaction of an organism with the environment have been revealed. The facts provided in the article are actual, have scientific novelty and practical usefulness.

Ключевые слова: Юкка алоэлистная (*Yucca aloifolia* L.), юкка алоэлистная 'Окаймленная' (*Yucca aloifolia* L. 'Marginata'), эндогенная изменчивость, размеры и масса семян, типы искусственного опыления, ростовые корреляции.

Keywords: Spanish bayonet (*Yucca aloifolia* L.), Spanish bayonet 'Marginata' (*Yucca aloifolia* L. 'Marginata'), endogenous variability, sizes and mass of seeds, artificial pollination types, growth correlations.

Эндогенная изменчивость того или иного органа растительного организма является первым этапом в исследованиях внутривидовой изменчивости древесных растений [1]. В ее основе, по С. А. Мамаеву [2], лежат две причины: биологические особенности роста и развития определенного вида, обуславливающие взаимокорреляцию органов в пределах индивидуума, а также особенности взаимодействия органов растения с внешней средой. Эндогенная изменчивость репродуктивных органов растения зависит также и от типа опыления их цветков.

В настоящей работе представлены результаты изучения эндогенной изменчивости размеров и массы семян юкки алоэлистной (*Yucca aloifolia* L.) и юкки алоэлистной 'Окаймленной' (*Yucca aloifolia* L. 'Marginata') в зависимости от типа опыления. Юкка алоэлистная — единственный представитель этого рода, который в условиях интродукции, где отсутствует ее специфический опылитель, завязывает плоды с жизнеспособными семенами при свободном опылении. Природа этого явления пока еще полностью не изучена.

Приводимые в данной статье материалы являются оригинальными, публикуются впервые и получены в результате проведения научно-исследовательских работ по тематическому плану отдела дендрологии, цветоводства и ландшафтной архитектуры НБС при обеспечении бюджетного финансирования.

Гарантируем, что каждый автор внес свой вклад по сбору, обработке материалов и написанию настоящей статьи. Эта работа соответствует вышеизложенным требованиям, выполнена качественно и тщательно в соответствии с этическими и юридическими нормами.

Материал и методика

При проведении искусственного опыления мы изолировали искусственно опыляемые цветки с целью исключения возможности свободного их опыления. Нами применялись следующие типы опыления: свободное опыление — цветки опылялись естественным путем, без вмешательства человека; искусственное опыление: автогения — опыление пыльцевыми зернами, взятыми из пыльников этого же цветка; гейтоногения — опыление пыльцевыми зернами, собранными с других цветков в пределах одной особи а) из элементарного (парциального) соцветия, б) из одного основного (осевого) соцветия, в) из разных соцветий]; ксеногения — опыление пыльцевыми зернами, взятыми из цветков других особей этого же вида; гибридогения — опыление пыльцевыми зернами из цветков других видов [3, с. 192–302].

Объектами исследований явились плодоносящие растения юкки алоэлистной и ее формы окаймленной, произрастающие в различных местах арборетума НБС в одинаковых почвенно-грунтовых условиях и одинаковой агротехнике их культивирования. Опытные растения характеризуются примерно равными таксационными показателями. Юкка алоэлистная, как и большинство других видов юкки, образует сложные терминальные соцветия (двойной диботрий) с функционально обоеполыми (гермафродитными) цветками, опыляемыми на родине специфическим естественным опылителем — юкковой молью (*Tegeticula yuccaselia* Riley 1872; Lepidoptera: Prodoxidae). Однако облигатный мутуализм, свойственный практически всем известным видам юкки, не распространяется на юкку алоэлистную.

Плод — ягодовидная, продолговатая, гладкая, цилиндрическая, трехчленная, шестигнездная, многосемянная, мясистая, прямостоячая коробочка [4, с. 382–387]. Семя — плоское, треугольное, черное, блестящее с продольными бороздками (Рисунки 1–3).



Рисунок 1. Плод юкки алоэлистной в натуральную величину.



Рисунок 2. Плод юкки алоэлистной — продольный разрез.



Рисунок 3. Семена юкки алоэлистной и поперечный разрез плода.

Семена для изучения эндогенной изменчивости собирали со средней части соцветия в количестве 100 шт. с каждого экземпляра. Длину, ширину и толщину семени измеряли штангенциркулем, массу определяли на ВЛК-500. Данные измерений обрабатывали статистическими методами.

Результаты и их обсуждение

Амплитуда эндогенной изменчивости изучаемых параметров в зависимости от примененных типов искусственного опыления приводятся в таблице.

Из Таблицы видно, что физические размеры и масса семян юкки алоэлистной и ее формы окаймленной варьируют в зависимости от условий их формирования на соцветии, экологических факторов и физиологического состояния особи, однако их форма, характер поверхности и оттенок являются неизменными видоспецифичными признаками. Особенно важную роль для этого вида юкки, родиной которого является Гватемала, играют такие экологические факторы как богатство, так и режим влажности почвы. Растения юкки алоэлистной, растущие в экстремальных условиях на сильнохрящеватых маломощных и сухих почвах, в отличие от подавляющего большинства мексиканских видов этого рода, отличаются медленным ростом, имеют меньшее количество листьев и меньшие размеры генеративных органов. Именно поэтому нами были отобраны экземпляры, произрастающие в оптимальных экологических условиях на богатых и влажных почвах и при высоком агротехническом уровне их содержания.

Более детальный анализ полученных данных показал, что семена, взятые с отобранных для опыта растений после проведения работ по их искусственному опылению очень мало различаются по величине и массе и не зависят от типа искусственного опыления. Статистические показатели линейных размеров семян зависят от полноты оплодотворения заложенных семязачатков и топографии образовавшихся в нем жизнеспособных семян, которые формируют форму плода. При частичном (неполном) их оплодотворении плод

образуется небольшим и уродливо закругленным. В таких плодах находятся обычно только мелкие, нежизнеспособные семена, а расположенные в центре плода, являются не только более плоскими, но и более длинными и широкими. Семена, находящиеся у краев плода, как правило, толще, но меньше по длине и ширине, а самые крайние резко отличаются от остальных своей нетипичной округлой или конусовидной формой. Следовательно, не только количество и топография завязавшихся семян в гнездах формируют форму плода, но и в какой-то мере плод оказывает определенное влияние на их форму. При максимальной завязываемости семян в плоде увеличение их количества превышает параллельное увеличение размеров и массы плода. Это свидетельствует о приспособлении растений к более рациональному и экономичному расходу ассимилятов на формирование определенного количества семян. Условия для формирования плодов, расположенных в пределах от основания до середины основного и элементарных соцветий являются наиболее оптимальными. Цветки в этой части соцветий (двойной диботрий) закладываются с большими потенциальными возможностями. Именно в них завязываются и созревают наибольшие по размерам плоды с большим количеством жизнеспособных семян. Поэтому искусственное опыление всех видов этого рода наиболее эффективно в первой половине цветения, а не во второй, когда начинают цвести более мелкие цветки, расположенные на концах соцветий.

Размеры и семенная продуктивность плодов юкки алоэлистной практически не зависят от типа искусственного опыления в пределах особи. Реальная продуктивность плодов (соотношение числа завязавшихся семян к общему количеству семязачатков), выраженная в процентах, у видов юкки различна, но в пределах вида выраженной зависимости ее от типа искусственного опыления не обнаружено [5, с. 187–191].

Известно, что большинство видов юкки легко завязывают плоды с жизнеспособными семенами при их искусственном опылении. Предложенный нами новый способ искусственного опыления позволил решить вопрос семенного размножения трудноопыляемых видов юкки, которые не завязывают плоды при обычном способе нанесения пыльцевых зерен на рыльце пестика [6]. Юкка алоэлистная и ее формы цветут не как другие виды юкки в мае — июне, а в августе. В это время существует возможность опыления растений другими видами насекомых, которые, вполне возможно, заменяют в условиях интродукции специфического опылителя, существующего только в условиях их родины. Процесс завязывания плодов с жизнеспособными семенами у юкки алоэлистной детально не изучен, но предполагается, что цветки опыляются какими-то дневными опылителями, например, пчелами, для которых в августе не хватает других цветущих растений и они используют для сбора нектара и цветки представителей этого вида. Семязачатки пестиков цветков при этом оплодотворяются и образуют плоды с жизнеспособными семенами.

Статистические показатели по длине, ширине семени и варьированию этих показателей практически идентичны у юкки алоэлистной и ее садовой формы окаймленной. По толщине и его варьированию значения немного больше у типичного вида. Что касается веса и варьирования этого признака то оно более выражено именно у типичной формы, вес и амплитуда колебаний которой немного больше, чем у формы окаймленной. Коэффициент вариации также характеризует большую изменчивость типичной формы. Это объясняется неодинаковым характером кривых распределения изучаемых признаков (Таблица).

Таблица.
 ЭНДОГЕННАЯ ИЗМЕНЧИВОСТЬ РАЗМЕРОВ И ВЕСА СЕМЯН ЮККИ АЛОЭЛИСТНОЙ (*YUSSA ALOIFOLIA* L.) И ЮККИ АЛОЭЛИСТНОЙ
 `ОКАЙМЛЕННОЙ` (*Yussa aloifolia* L. `Marginata`) В ЗАВИСИМОСТИ ОТ ТИПА ИСКУССТВЕННОГО ОПЫЛЕНИЯ

Тип искусственного опыления	Длина семени, мм		Ширина семени, мм		Толщина семени, мм		Вес семени, мг							
	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$C_v, \%$	lim	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$C_v, \%$	lim	$\bar{x} \pm S_{\bar{x}}$	$C_v, \%$	lim					
<i>Юкка алоэлистная (Yussa aloifolia L.)</i>														
Свободное опыление	6,0±0,1	9,6	4,5–7,0	5,0±0,1	10,4	4,0–6,0	2,1±0,1	33,0	7,7±1,0	60,6	1,0–3,5	7,7±1,0	60,6	2,0–20,4
Автогения	5,7±0,1	9,4	4,2–6,3	5,0±0,1	13,7	4,1–6,2	2,2±0,2	10,5	15,2±0,2	10,3	1,2–4,2	15,2±0,2	10,3	8,5–19,1
Гейтоногения а)	5,7±0,1	9,1	5,0–7,0	4,9±0,1	11,2	3,5–6,0	2,1±0,1	26,0	9,8±1,5	11,8	1,0–4,0	9,8±1,5	11,8	8,0–20,0
Гейтоногения б)	6,0±0,1	9,3	5,0–7,0	5,1±0,1	10,5	3,5–6,5	1,9±0,1	21,9	10,0±1,2	20,1	1,0–3,0	10,0±1,2	20,1	6,7–19,1
Гейтоногения в)	6,0±0,1	10,3	4,5–6,9	5,0±0,1	10,4	4,0–5,9	2,0±0,2	11,5	12,5±1,1	36,0	1,1–3,9	12,5±1,1	36,0	7,9–19,0
Ксеногения	5,5±0,1	12,4	4,0–7,0	4,5±0,1	14,3	3,0–5,5	2,8±0,1	30,2	11,3±1,0	25,0	1,0–5,0	11,3±1,0	25,0	8,0–17,0
Гибридогения (пыльца плодовых)	6,0±0,1	12,1	4,0–7,5	4,8±0,1	17,7	2,5–6,0	2,5±0,1	26,1	9,9±1,2	34,0	1,0–4,0	9,9±1,2	34,0	4,5–16,3
<i>Юкка алоэлистная `Окаймленная` (Yussa aloifolia L. `Marginata`)</i>														
Свободное опыление	5,9±0,1	7,6	5,0–7,0	4,8±0,1	7,8	4,0–5,5	1,8±0,1	7,8	8,1±1,3	10,5	1,0–3,0	8,1±1,3	10,5	3,5–14,0
Автогения	6,1±0,1	9,2	4,5–7,0	5,1±0,1	15,7	3,0–6,5	1,9±0,1	22,0	7,9±1,5	23,0	1,0–3,0	7,9±1,5	23,0	3,1–16,0
Гейтоногения а)	5,8±0,1	7,5	5,0–6,5	4,9±0,1	13,1	3,5–7,0	1,9±0,1	23,8	9,2±1,5	11,8	1,0–3,5	9,2±1,5	11,8	4,1–19,1
Гейтоногения б)	6,1±0,1	7,1	5,0–7,0	5,2±0,1	10,0	4,0–6,0	1,7±0,1	21,4	9,5±1,3	10,2	1,0–3,5	9,5±1,3	10,2	4,0–17,0
Гейтоногения в)	5,4±0,1	9,4	3,0–6,5	4,5±0,1	9,7	2,5–5,0	1,9±0,1	19,0	8,1±1,3	11,0	1,0–3,0	8,1±1,3	11,0	3,7–15,0
Ксеногения	5,5±0,1	8,7	4,0–6,5	4,9±0,1	7,0	4,0–5,5	1,9±0,1	18,0	9,1±1,4	11,5	1,0–2,5	9,1±1,4	11,5	4,0–15,5
Гибридогения (пыльца плодовых)	5,3±0,1	8,1	4,5–6,0	4,7±0,1	9,2	4,0–6,0	1,9±0,1	23,2	10,0±1,2	14,6	1,0–3,0	10,0±1,2	14,6	3,5–16,0

Эндогенная изменчивость линейных размеров и массы семян характеризуется однотипной амплитудой колебания и не зависит от формовой принадлежности изучаемых объектов. Превышение весовой амплитуды колебания признака над линейной, отмеченное И. И. Шмальгаузенем [7], позднее подтвержденное С. А. Мамаевым [1] и другими авторами, справедливо в данном случае только для длины и ширины. Коэффициент варьирования у обеих форм по толщине семени немного больше, чем по их весу за исключением вариантов, зависящих от типа опыления объектов исследования. Объяснение такого разброса параметров в зависимости от типа искусственного опыления требует дальнейших специализированных исследований и пока необъяснимо. При свободном опылении и гибридогении с использованием пыльцы других видов разброс параметров можно объяснить действием «механизма» стабилизации на ограничение нижнего их предела. Незначительное варьирование размеров и массы семян у юкки алоэлистной и ее садовой формы окаймленной в пределах особи связано с ростовыми взаимокорреляциями внутри организма, зависящими, в первую очередь, от колебания факторов внешней среды. Природа «оберегает» растение от чрезмерного изменения столь важного органа, как семя.

Рассчитанные коэффициенты парной корреляции между изучаемыми признаками семени юкки алоэлистной и ее садовой формы окаймленной, а также значения сводного коэффициента корреляции не показали достоверных различий между ними, что свидетельствует о прямой их зависимости друг от друга.

Оценка типа распределения показала, что длина, ширина и масса семени объектов нашего исследования характеризуется небольшой асимметрией. Это свидетельствует о том, что действующий в пределах организма «механизм» их стабилизации более резко ограничивает нижний предел этой величины, чем верхний. Только кривые распределения толщины семени характеризуются отрицательной асимметрией. В данном случае, по-видимому, действие «механизма» стабилизации направлено на ограничение верхнего ее предела. Подобный характер распределения подтверждает известное положение о том, что увеличение размера семени является полезным биологическим свойством, но до определенных пределов. В данном случае толщина семени, по-видимому, является ограничивающим признаком, стабилизирующим в противовес остальным параметрам наиболее рациональную величину и форму семени. Это подтверждается и топографией распределения семян юкки алоэлистной в плоде (Рисунки 1, 2, 3). Различия в характере распределения исследуемых параметров, взятых с одного экземпляра, имеют приспособительное значение.

Выводы

1. Величина амплитуды эндогенной изменчивости размеров и массы семян юкки алоэлистной (*Yucca aloifolia* L.) и юкки алоэлистной 'Окаймленной' (*Yucca aloifolia* L. 'Marginata') колеблется в широких пределах и зависит, в первую очередь, от признака и в меньшей степени от их формовой принадлежности. Для структурных признаков наибольшее значение имеют ростовые корреляции, которые отражают цикл онтогенетического развития и реализует наиболее оптимальный тип взаимодействия организма с окружающей средой путем саморегулирования амплитуды эндогенной изменчивости.

2. При свободном опылении и гибридогении с использованием пыльцы других видов варибельность веса семян значительно выше, чем при искусственном опылении юкки алоэлистной и юкки алоэлистной 'Окаймленной' в пределах вида. Наиболее низкий и одновременно высокий предел веса семени достигается при свободном опылении.

Список литературы:

1. Мамаев С. А. Формы внутривидовой изменчивости древесных растений. М.: Наука, 1973. 284 с.

2. Мамаев С. А. Основные принципы методики исследования внутривидовой изменчивости древесных растений // Индивидуальная и эколого-географическая изменчивость растений. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1975. С. 3–14.
3. Голубев В. Н., Волокитин Ю. С. Актуальные проблемы экологии опыления антофитов // Успехи современной биологии. 1985. Т. 99. №2. С. 292–302.
4. Максимов А. П., Волокитин Ю. С. Политомический ключ для определения по плодам видов *Yucca L.* интродуцированных в Крым // Растительные ресурсы. 1990. Т. 26. №3. С. 382–387.
5. Максимов А. П. Биометрическая характеристика и продуктивность плодов видов *Yucca L.*, интродуцированных в Крым // Растительные ресурсы. 1990. Т. 26. №2. С. 187–191.
6. Голубев В. Н., Максимов А. П., Волокитин Ю. С., Новикова В. М. А. С. 1470245 СССР. Способ искусственного опыления растений *Yucca ssp. L.* // Б. И. 1989. №13.
7. Шмальгаузен И. И. Определение основных понятий и методика исследования роста // Рост животных. М.: Биомедгиз, 1985. С. 8–60.

References:

1. Mamaev, S. A. (1973). *Formy vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii*. Moscow, Nauka, 284.
2. Mamaev, S. A. (1975). *Osnovnye printsipy metodiki issledovaniya vnutrividovoi izmenchivosti drevesnykh rastenii*. Individualnaya i ekologo-geograficheskaya izmenchivost rastenii. Sverdlovsk, UNTs AN SSSR, 3–14.
3. Golubev, V. N., & Volokitin, Yu. S. (1985). Aktualnye problemy ekologii opyleniya antofitov. *Uspekhi sovremennoi biologii*, 99, (2), 292–302.
4. Maksimov, A. P., & Volokitin, Yu. S. (1990). Politomicheskii klyuch dlya opredeleniya po plodam vidov *Yucca L.* introdutsirovannykh v Krym. *Rastitelnye resursy*, 26, (3), 382–387.
5. Maksimov, A. P. (1990). Biometricheskaya kharakteristika i produktivnost plodov vidov *Yucca L.*, introdutsirovannykh v Krym. *Rastitelnye resursy*, 26, (2), 187–191.
6. Golubev, V. N., Maksimov, A. P., Volokitin, Yu. S., & Novikova, V. M. (1989). A. S. 1470245 USSR. Sposob iskusstvennogo opyleniya rastenii *Yucca ssp. L.*, B. I., no. 13.
7. Shmalgauzen, I. I. (1985). *Opredelenie osnovnykh ponyatii i metodika issledovaniya rosta*. Rost zhivotnykh. Moscow, Biomedgiz, 8–60.

*Работа поступила
в редакцию 15.02.2017 г.*

*Принята к публикации
17.02.2017 г.*

Ссылка для цитирования:

Плугатарь Ю. В., Максимов А. П., Коба В. П., Хромов А. Ф. Эндогенная изменчивость размеров и массы семян юкки алоэлистной (*Yucca aloifolia L.*) в Никитском ботаническом саду в зависимости от типа искусственного опыления // Бюллетень науки и практики. Электрон. журн. 2017. №3 (16). С. 78–85. Режим доступа: <http://www.bulletennauki.com/plugatar> (дата обращения 15.03.2017).

Cite as (APA):

Plugatar, Yu., Maksimov, A., Koba, V., & Khromov, A. (2017). Endogenous variability of sizes and mass of seeds of Spanish bayonet (*Yucca aloifolia L.*) in Nikita botanical garden depending on artificial pollination type. *Bulletin of Science and Practice*, (3), 78–85. Available at: <http://www.bulletennauki.com/plugatar>, accessed 15.03.2017. (In Russian).