

УДК 594.2 581:582.

## СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ РЕПРОДУКТИВНЫХ СТРУКТУР ДИКОРАСТУЩИХ ОРХИДНЫХ КРЫМА

Теплицкая Л.М., Янцев А.В., Ржевская В.С.

Представлены результаты по статистическому анализу морфометрических параметров (длина, ширина) завязей 4-х видов орхидных флоры Крыма. Показана высокая вариабельность линейных параметров завязей. Выявлены достоверные статистические показатели, которые могут быть критерием оценки вида на определенной стадии развития плодов и семян.

**Ключевые слова:** статистический анализ, морфометрические параметры, *Orchis picta*, *Orchis simia*, *Orchis purpurea*, *Cephalanthera damasonium*.

### ВВЕДЕНИЕ

При разработке метода асимбиотического размножения орхидей *in vitro* одной из первых задач является определение стадии развития семян. Эта стадия, как указывает ряд авторов видоспецифична [1 – 3]. В настоящее время она определена для *Dactylorhiza baltica*, *D. incarnata*, *D. Maculata*, *D. Lancebractata*, *Cypripedium calceolus*, *C. Macranthos*, *Orchis militaris*, *Listera ovata* [4, 5]. Для ряда растений выявлены коррелятивные зависимости морфометрических параметров репродуктивных органов (пыльники, завязи, семязачатки) и стадиями развития пыльцы, семян, зародышевых мешков [6, 7]. Для орхидных известны работы по влиянию степени зрелости семян на процесс их прорастания [2].

Известно, что процент всхожести семян орхидных в природных условиях невысок и составляет около 5%, но причины такой низкой всхожести до сих пор не выявлены. Имеется ряд гипотез, которые свидетельствуют о морфологической и физиологической неполноценности части семян. Присутствие в плоде достаточно большого количества семян может быть связано со сложностью процесса опыления и формирования зародыша данных видов орхидей. Морфометрические исследования репродуктивных структур на определенных стадиях развития могут оказать помощь в определении оптимальной стадии развития полноценных семян, а также дополнить список диагностических признаков вида. Такие исследования для дикорастущих видов флоры Крыма не проводились. В связи с этим целью работы было изучить морфометрические параметры завязей и дать детальную статистическую оценку этим параметрам. Определить степень достоверности и критерий оценки видов по репродуктивным структурам.

## МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Материалом исследования были завязи дикорастущих видов орхидей флоры Крыма: *Orchis picta* Loisel – Ятрышник точечный (раскрашенный), *Orchis simia* Lam. – Ятрышник обезьяний, *Orchis purpurea* Hunds. – Ятрышник пурпурный, *Cephalanthera damasonium* Mill. – Пыльцеголовник крупноцветковый.

Материал использовали свежий и фиксированный смесью Карнуа [10]. Принимая во внимание неравномерность развития семян и плодов в разных частях соцветия, для работы отбирали завязи только из средней части соцветия через 30-40 дней после опыления (увядания венчика). Данный признак совпадает с фазой сформированного семени, а завязь остается еще зеленой. За период 2005-2006 года было исследовано 100-300 завязей каждого вида и 100-500 семян. Микроскопические и морфологические исследования проводили с помощью микроскопа МОВ-1-1,5х, при объективе 40х и окуляре 10х.

Статистическую обработку данных проводили по общепринятым методам вариационной статистики [2, 3], с использованием набора компьютерных статистических программ Excel. Определяли среднюю арифметическую ( $\bar{x}$ ), ее погрешность ( $Sx$ ), а также наиболее важные статистические показатели изменчивости признаков – дисперсию ( $\sigma^2$ ), средние квадратные отклонения ( $\sigma$ ), коэффициент изменчивости (CV). Для выяснения корреляционной связи между изучаемыми линейными параметрами ширина и длина завязи, ширина и длина зародышей определяли коэффициент ( $r$ ). Оценку достоверности разницы между средними арифметическими и оценку достоверности коэффициента корреляции проводили с использованием t-критерия по Стьюденту.

## РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Данные полученные при измерениях длины завязи и их статистической обработке, представлены в таблице 1.

У вида *O. picta* максимальная длина завязи составляла 22,0 мм, минимальная – 8,0 мм, со средним значением показателя –  $16,7 \pm 0,5$  мм.

У вида *O. simia* максимальная длина завязи составляла 20,0 мм, минимальная – 2,0 мм. Среднее значение показателя –  $17,6 \pm 0,56$  мм.

Для вида *O. purpurea* длины завязи варьировала от 1 мм до 10 мм, среднее значение показателя –  $4,8 \pm 0,32$  мм.

У вида *C. damasonium* минимальная длина завязи составляла 3,0 мм, максимальная – 15 мм. Среднее значение показателя –  $8,1 \pm 0,70$  мм.

Сопоставление длины завязи показывает, что для первых двух видов параметр практически не отличается. Максимальную длину завязи имеет *O. simia* – 17,6 мм, минимальную – *O. purpurea* – 4,8 мм.

Наибольшее рассеяние вариант в совокупности вокруг средней арифметической или отклонение было выявлено у вида *C. damasonium* –  $\alpha=0,650$ , наименьшее – у *O. picta*  $\alpha=0,068$ , у *O. simia* этот показатель отличается незначительно ( $\alpha=0,068$  и  $\alpha=0,091$ ). Соответственно среднее отклонение не улавливает истинной закономерности вариации, поэтому необходимо рассматривать

Таблица 1.

Линейные параметры длины завязи четырех видов Орхидных

Вид растения		<i>Orchis picta</i>	<i>Orchis simia</i>	<i>Orchis purpurea</i>	<i>Cephalanthera damasonium</i>
Выборка (n)		120	120	300	170
Длина завязи, мм	max	22,0	20,0	10,0	15,0
	min	8,0	12,0	1,0	3,0
Среднее арифметическое ( $\bar{x}$ )		16,7	17,6	4,8	8,1
Среднее отклонение ( $\alpha$ )		0,068	0,091	0,146	0,650
Стандартное отклонение ( $\delta$ )		1,973	1,942	2,006	2,977
Дисперсия ( $\delta^2$ )		3,890	3,771	4,026	8,861
Коэффициент вариации (CV),%		11,779	11,034	41,791	36,753
Ошибка средней ( $Sx'$ )		0,50	0,56	0,32	0,70
Показатель точности (Cs),%		3,4	3,2	6,9	8,9

такие показатели вариации, как среднее квадратическое отклонение вариант от средней арифметической (дисперсия) и стандартное отклонение. Наибольшее значение дисперсии по изученному морфометрическому параметру у представителей вида *C. damasonium*:  $\sigma^2=8,861$ , минимальное – у *O. simia*:  $\sigma^2=3,771$ . Это говорит о том, что минимальное рассеяние вариант в вариационном ряду вокруг средне арифметической не у *O. picta*, как показало среднее отклонение, а у *O. simia*. Самое большое значение коэффициента вариации V имеет вид *O. purpurea* – 41,791%, минимальное – *O. simia* – 11,034%. Коэффициенты вариации для первого и второго видов имеют почти одинаковое значение (11,779 и 11,034). Максимальное значение ошибки средней арифметической  $Sx$  имеет вид *C. damasonium* – 0,70, минимальное значение  $Sx$  имеет вид *O. purpurea* – 0,32. Это показывает, что наибольшее расхождение между средними значениями длины завязи в выборке и генеральной совокупности – *C. damasonium*, минимальное – у *O. purpurea*. Сравнивая показатели точности Cs, можно сказать, что наибольшее приближение к генеральной совокупности выявилось у видов *O. picta* и *O. simia* – 3,4% и 3,2% соответственно, наименьшее у видов *O. purpurea* и *C. damasonium* – 6,9% и 8,9% соответственно. В результате сопоставления средних значений длины завязи и дисперсии определили достоверные различия средних значений и в степени дисперсии показателя (табл. 2).

Результаты, полученные при измерениях ширины завязи и их статистической обработке, представлены в таблице 3. Сопоставление показателей завязи показывает, что для видов 1 и 3 этот параметр почти не отличается, максимальную ширину завязи имеют представители вида *C. damasonium*  $x'-7,92$  мм, минимальную *O. purpurea*  $x'-2,0$  мм. Средняя арифметическая  $Sx'$  указывает на то, какое значение признака наиболее характерно для данной совокупности. Но одного этого

показателя еще не достаточно для характеристики совокупности, так как главной особенностью совокупности является наличие разнообразия между ее членами, т. е. Вариация. Всякая вариация в популяции растений отражает различия между особями и условиями, при которых они росли. Колебания всех вариантов обобщат среднее отклонение. Наибольшее среднее отклонение (а) было выявлено у вида *O. simia*  $a = 0,272$ , наименьшее среднее отклонение – у вида *C. damasonium*  $a=0,04$ . Это указывает на то, что максимальные вариации показателей ширины завязи около среднего значения наблюдаются у *O. simia*, минимальные у *C. damasonium*.

**Таблица 2.**  
**Результаты сопоставления средних значений длины завязи и дисперсии**

	<i>Orchis picta</i>	<i>Orchis simia</i>	<i>Orchis purpurea</i>	<i>Cephalanthera damasonium</i>
<i>Orchis picta</i>	X		t	t
<i>Orchis simia</i>		X	t	t
<i>Orchis purpurea</i>	t	t	X	tF
<i>Cephalanthera damasonium</i>	t	t	tF	X

Условные обозначения: t – достоверные различия средних значений длины завязи; F – достоверные различия в степени дисперсии показателя ( $p=0,95$ ) (рис. 1).

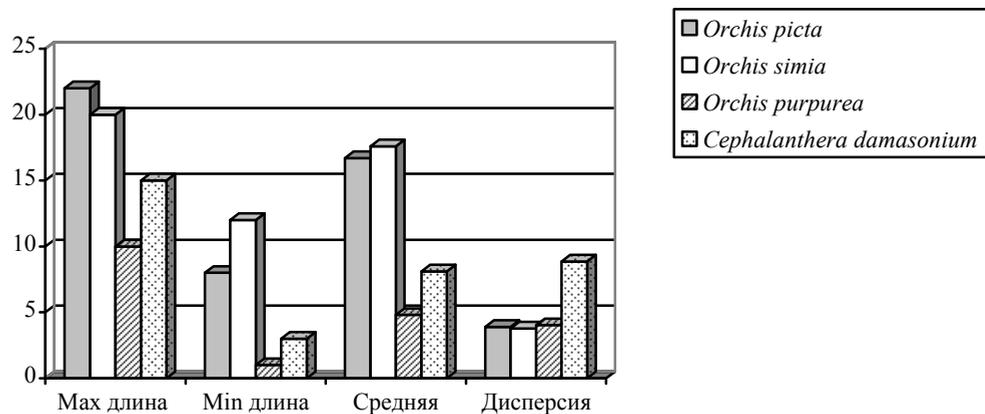


Рис. 1. Выборочные значения длины завязи.

Однако среднее отклонение не улавливает истинной закономерности вариации, т.е. Рассеяния вариант в совокупности или в вариационном ряду вокруг средней арифметической. Более совершенными показателями, характеризующими вариацию являются среднее отклонение, вариант от средней арифметической (дисперсия) и стандартное отклонение. Наибольшее значение дисперсии у

**СТАТИСТИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ МОРФОМЕТРИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ**

представителей вида *C. damasonium* –  $\sigma^2 = 5,356$ , наименьшее у *O. purpurea* –  $\sigma^2 = 0,127$ . Минимальное рассеивание вариант в вариационном ряду вокруг средней арифметической не у *C. damasonium*, как показало среднее отклонение, а у *O. purpurea*. Максимальное рассеивание вариант – у *C. damasonium*.

**Таблица 3.**

**Линейные параметры (ширина) завязи четырех видов орхидных**

Вид растения		<i>Orchis picta</i>	<i>Orchis simia</i>	<i>Orchis purpurea</i>	<i>Cephalanthera damasonium</i>
Выборка (n)		12	12	13	12
Ширина завязи, мм	max	4	4	2,3	7,3
	min	1,5	2	1,7	4,0
Среднее арифметическое ( $\bar{x}$ )		2,2	2,9	2,0	7,92
Среднее отклонение ( $\alpha$ )		0,036	0,272	0,008	0,004
Стандартное отклонение ( $\delta$ )		0,893	0,644	0,346	2,314
Дисперсия ( $\delta^2$ )		0,797	0,415	0,127	5,356
Коэффициент вариации (CV),%		40,590	22,206	17,314	29,217
Ошибка средней ( $S_{\bar{x}}$ )		0,257	0,186	0,095	0,668
Показатель точности ( $C_s$ ),%		11,718	6,411	4,798	8,434
Показатель достоверности ( $tx'$ ),%		8,537	15,598	20,855	11,856

Для сравнения степени изменчивости групп растений разных видов применяют коэффициент вариации  $V$ . Он показывает, какой процент от средней арифметической составляет  $\sigma$ . Самое большое значение коэффициента вариации имеет вид *O. picta* – 40,6%, наименьший коэффициент вариации характеризует данные по ширине завязи у *O. purpurea* – 17,314%, таким образом, наибольшая степень изменчивости ширины завязи у *O. picta*, минимальная – у *O. purpurea*.

Наибольшее значение ошибки средне арифметической  $S_{\bar{x}}$  у *C. damasonium* – 0,668, наименьшее у *O. purpurea* – 0,095. Это показывает, что максимальное расхождение между средними значениями ширины завязи в выборке и генеральной совокупности у *C. damasonium*, минимальное – у *O. purpurea*. Для количественной оценки выборочной ошибки используется показатель точности  $C_s$ . Он показывает, насколько приблизились к реальной генеральной совокупности. Из табл. 3 видно, что наибольшее приближение к генеральной совокупности выявилось у *O. purpurea* – 4,80%, наименьшее – у *O. picta* – 11,7%.

Для определения достоверности статистического показателя вычисляли для исследованных четырех видов орхидных показатель достоверности. Все четыре

вида показателя достоверны, т. к.  $t_f > t_t$ . Таким образом, выборки исследуемых четырех видов орхидных репрезентативны.

В результате сопоставления средних значений ширины завязи и дисперсии отметили достоверные различия средних значений показателя и достоверные различия в степени дисперсии данного показателя (табл. 4).

Таблица 4.

Результаты сопоставления средних значений ширины завязи и дисперсии

	<i>Orchis picta</i>	<i>Orchis simia</i>	<i>Orchis purpurea</i>	<i>Cephalanthera damasonium</i>
<i>Orchis picta</i>	X	t	F	tF
<i>Orchis simia</i>	t	X	tF	tF
<i>Orchis purpurea</i>	F	tF	X	tF
<i>Cephalanthera damasonium</i>	tF	tF		X

Условные обозначения: t – достоверные различия средних значений длины завязи; F – достоверные различия в степени дисперсии показателя ( $p=0,95$ ) (рис. 2).

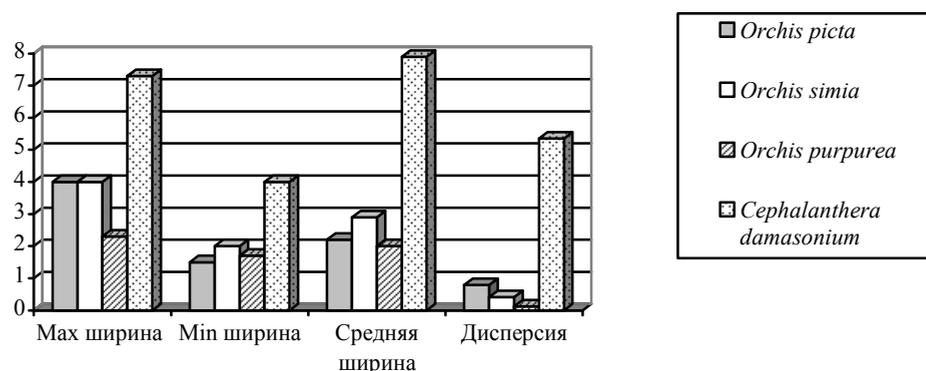


Рис. 2. Выборочные значения ширины завязи.

Таким образом, проведенный детальный статистический анализ морфологических линейных параметров завязей видов орхидей, показал, что критерием оценки репродуктивных органов не всегда могут быть средне арифметические показатели. Достоверность различий определяется и степенью дисперсии. Аналогичные исследования были проведены и по объему зародыша, длине и ширине семени.

**ВЫВОДЫ**

1. Показана высокая вариабельность линейных параметров завязей четырех видов орхидных: *Orchis picta*, *Orchis simia*, *Orchis purpurea*, *Cephalanthera damasonium*.

2. Выявлены достоверные статистические показатели, которые могут быть критерием оценки конкретного вида на определенной стадии развития плодов семян.
3. Определен показатель достоверности для изученных видов и показана репрезентативность выборки.

#### Список литературы

1. Теплицкая Л. М. Изучение морфометрических параметров семян орхидных флоры Крыма в связи с проблемой их прорастания *in vitro* / Теплицкая Л. М., Ржевская В. С., Янцев А. В. // Экосистемы Крыма, их оптимизация и охрана. – 2005. – С. 98 – 106.
2. Андропова Е. В. Эмбриогенез и постсеменное развитие орхидных (на примере *Dactylorhiza baltica*, *D. incarnate*, *Thunia marschalliana*, *Bletilla striata*): автореф. дисс. на соискание учен. степени канд. биол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаника» / Е. В. Андропова. – Л., 1988. – 24 с.
3. Куликов П. В. Экология и репродуктивные особенности редких орхидных Урала: дисс. ... канд. биол. наук : 03 00 05 / П. В. Куликов. – Екатеринбург, 1995. – 487 с.
4. Arditti J. P. Plant strategies and vegetation processes / Arditti J. P. – Chichester: John Wiley Sons, 1979. – P.1-22.
5. Fast G. Orchid seed germination and seedling culture – a manual: European terrestrial orchids (symbiotic and asymbiotic methods) / Fast G. // *Orchids biology-reviews and perspectives* – 1982. – № 2. – P. 303-326.
6. Круглова Н. Н. Микроспора злаков как модельная система для изучения путей морфогенеза: автореф. дисс. на соискание учен. степени док. биол. наук : спец. 03.00.05 «Ботаника» / Круглова Н. Н. – Уфа, 2002. – 48 с.
7. Резникова С. А. Цитология и физиология развивающегося пыльника / Резникова С. А. – М.: Наука, 1984. – 266 с.
8. Лакин Г. Ф. Биометрия: [учеб. пособие для биол. спец. ВУЗов] / Г. Ф. Лакин. – 4-е изд. перер. и доп. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
9. Рокицкий П. Ф. Биологическая статистика: [учеб. пособие для биол. фак-тов ун-тов] / П. Ф. Рокицкий – 3-е изд., исправ. – Минск: Высшая школа, 1973. – 319 с.
10. Паушева З. П. Практикум по цитологии растений / Паушева З. П. – М.: Агропромиздат, 1988. – 270 с.

*Теплицька Л.М., Янцев О.В., Ржевська В.С. Статистичний аналіз морфометричних параметрів репродуктивних структур дикорастучих орхидних Криму // Вчені записки Таврійського національного університету ім. В.І. Вернадського. Серія „Біологія, хімія”. – 2009. – Т. 22 (61). – № 1. – С. 87-93.*

Представлені результати зі статистичного аналізу морфометричних параметрів (довжина, ширина) зав'язей 4-х видів орхидних флори Криму. Показана висока варіабельність лінійних параметрів зав'язей. Виявлені достовірні статистичні показники, які можуть бути критерієм оцінки виду на певній стадії розвитку плодів та насіння.

**Ключові слова:** статистичний аналіз, морфометричні параметри, *Orchis picta*, *Orchis simia*, *Orchis purpurea*, *Cephalanthera damasonium*.

*Teplitckaya L.M., Yancev A.V., Rjevskaya V.S. The statistical analysis of morphometric parameters of reproductive structures of wild Crimea's orchids // Uchenye zapiski Tavricheskogo Natsionalnogo Universiteta im. V. I. Vernadskogo. Series «Biology, chemistry». – 2009. – V.22 (61). – № 1. – P. 87-93.*

The results of statistical analysis of ovary's morphometric parameters (length, width) of 4 orchid's species of Crimea's flora are represented. It is shown the high variability of the linear parameters of ovaries. Revealed reliable statistical indicators, which can be criteria for assessing the species at some stage of development of fruits and seeds.

**Keywords:** statistical analysis, morphometric parameters, *Orchis picta*, *Orchis simia*, *Orchis purpurea*, *Cephalanthera damasonium*.

*Поступила в редакцію 26.04.2009 г.*