

## МОДЕЛИРОВАНИЕ ОТДЕЛЬНЫХ КОЛИЧЕСТВЕННЫХ ПРИЗНАКОВ НОВОГО СОРТИМЕНТА ХРИЗАНТЕМЫ САДОВОЙ В УСЛОВИЯХ ЮЖНОГО БЕРЕГА КРЫМА

Ю.Г. КОПАНЬ

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр

### Введение

Для создания новых сортов непреходящее значение имеют фундаментальные исследования структурных элементов цветочно-декоративных растений, которые обуславливают как показатели репродуктивного успеха, так и декоративной ценности конкретного сорта, сортимента и культуры в целом.

В связи с этим детальное изучение системы количественных признаков на предмет тесноты их связи между собой открывает возможность как моделирования и прогнозирования успешности репродукции, так и выявления характера и тесноты связи актуальных биоморфологических особенностей сортимента хризантемы садовой для использования в дальнейшей селекции. При решении указанных задач на завершающем этапе исследования применяют статистическое моделирование, позволяющее ботаникам и селекционерам с той или иной степенью вероятности характеризовать фенотипическую ассоциацию главных количественных признаков конкретного сорта хризантемы садовой. Биологические исследования цветочно-декоративных растений с применением статистического моделирования довольно редки на Украине, а при изучении хризантем и вовсе отсутствуют [1,6,7].

Цель исследования: выявить основные количественные признаки 40 сортов хризантемы садовой коллекции Никитского ботанического сада – Национального научного центра и построить на основе их фенотипических ассоциаций статистические модели, которые послужат ботаникам и селекционерам соответственно для характеристики взаимосвязанных морфологических параметров хризантемы садовой и создания новых сортов с актуальными декоративными и биолого-хозяйственными особенностями.

### Объекты и методы исследования

Объектом исследования в 2005-2007 гг. послужили 40 сортов хризантемы садовой: 20 мелкоцветковых (Акварель, Золотой Паучок, Кира, Корсика, Манита, Медя, Мишаль, Никитская Юбилейная, Николина, Орфей, Плюшевый Мишка, Русское Поле, Садко, Юрий Богатиков, Annacy Red, Annacy White, Balloon, Boston, Lipstick, Two Tone Pink) и 20 крупноцветковых (Золото Скифов, Коктебель, Коралл, Легенда Крыма, Огни Пекина, Халцедон, Эстет, Anastasia, Anastasia Bronze, Anastasia Lilac, Anastasia Sun, Dalistar, Diplomat Bronze, Diplomat Pink, Diplomat Purpur, Diplomat Weinrot, Izetka Bernstein, Rayonnant Pink, Revert, Sirius Gold). Биометрические измерения проводили на растениях хризантем в период массового цветения в 2005-2007 гг. по общепринятым методикам [2, 5]. Объем каждой выборки равен 50.

Обработку исходных данных проводили общепринятыми статистическими методами, а анализ полученных результатов – методом регрессионного анализа [3, 4].

### Результаты и обсуждение

После изучения в 2005-2007 гг. биологических особенностей 40 сортов хризантем из садовых групп мелкоцветковых и крупноцветковых и последовательного исключения из расчетов незначимых показателей нами были выявлены для построения статистических моделей в качестве зависимых переменных следующие 7 количественных признаков:

- 1) надземная фитомасса, г;

- 2) масса вегетативных структур, г;
- 3) доля язычковых цветков, %;
- 4) длина язычковых цветков, см;
- 5) диаметр соцветия, см;
- 6) жизнеспособность пыльцы, %;
- 7) репродуктивное усилие, %.

В качестве независимых переменных после предварительного корреляционного анализа экспериментальных данных нами были выявлены следующие 15 факторных признаков: коэффициент вегетативного размножения, черенков с растения; ширина листа, см; длина листа, см; количество цветков в соцветии, шт.; доля язычковых цветков, %; длина язычковых цветков, см; диаметр соцветия, см; высота растения, см; количество соцветий, шт.; надземная фитомасса, г; масса вегетативных структур; масса листьев, г; масса генеративных структур, г; репродуктивное усилие, %; жизнеспособность пыльцы, %.

Для определения коррелирующих признаков нами были рассчитаны уравнения множественной линейной регрессии. Построенная регрессионная модель, выраженная уравнением регрессии, характеризует не только отдельный признак, выбранный в качестве результативного параметра, но и количественно отображает соответствующую фенотипическую ассоциацию взаимосвязанных биологических особенностей. Необходимо также обратить внимание на тот факт, что в связи со сложным гибридным происхождением сортов хризантемы садовой для соответствующих морфометрических параметров характерна большая (в нашем случае от 19 до 66%) вариабельность, поэтому уравнения регрессии объясняют только определенную часть значений признака относительно среднего, выраженную через значение коэффициента детерминации.

Исследование взаимодействия признака “надземная фитомасса” и 4-факторных признаков с применением регрессионного анализа получило выражение в виде уравнения множественной линейной регрессии:

$$y = 0,748685 - 0,023829x_1 + 1.001884x_2 - 0.012789x_3 + 1.014573x_4 \quad (1),$$

где

$y$  – фенотипическая величина результативного признака “надземная фитомасса”;

$x_1, x_2, x_3, x_4$  – факторные признаки, наименования которых представлены в табл. 1.

Сравнение коэффициентов регрессии в уравнении даёт представление о степени влияния факторных признаков ( $x_1, x_2, x_3, x_4$ ) на фенотипическую величину признака “надземная фитомасса” (табл. 1).

Таблица 1

**Взаимосвязь надземной фитомассы и комплекса факторных признаков изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии $x_i$	Коэффициент регрессии $b_i$	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std. err. of $b_i$ )
Высота растения, см	$x_1$	- 0.23829	0.034688
Масса вегетативных структур, г	$x_2$	1.001884	0.025366
Масса листьев, г	$x_3$	- 0.012789	0.028374
Масса генеративных структур, г	$x_4$	1.014573	0.006863
Коэффициент детерминации, $R^2 = 0.99965322$			

Согласно коэффициенту детерминации, данная модель объясняет 99,9% значений признака “надземная фитомасса” относительно среднего.

Исследование взаимодействия признака “масса вегетативных структур” и 2-факторных признаков с применением регрессионного анализа получило выражение в виде уравнения множественной линейной регрессии:

$$y = -1,60097 + 1,1401x_1 + 1,02661x_2 \quad (2),$$

где

y – фенотипическая величина результативного признака “масса вегетативных структур”;

x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub> – факторные признаки, наименования которых представлены в табл.2.

Сравнение коэффициентов регрессии в уравнении даёт представление о степени влияния факторных признаков (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>) на фенотипическую величину признака “масса вегетативных структур” (табл. 2).

Таблица 2

**Взаимосвязь массы вегетативных структур и комплекса факторных признаков изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии x <sub>i</sub>	Коэффициент регрессии, b <sub>i</sub>	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std. err. of b <sub>i</sub> )
Высота растения, см	x <sub>1</sub>	1,1401	0.139824
Масса листьев, г	x <sub>2</sub>	1.02661	0.089699
Коэффициент детерминации, R <sup>2</sup> = 0.95714429			

Согласно коэффициенту детерминации, данная модель объясняет 95,8% значений признака “масса вегетативных структур” относительно среднего.

Исследование взаимодействия признака “доля язычковых цветков”, который применительно к сортам хризантемы садовой характеризует степень махровости соцветий, и 3-факторных признаков с применением регрессионного анализа получило выражение в виде уравнения множественной линейной регрессии:

$$y = 0,43 + 0,037202x_1 + 0,01075x_2 - 0.002355x_3 \quad (3),$$

где

y – фенотипическая величина результативного признака “доля язычковых цветков”;

x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub> – факторные признаки, наименования которых представлены в табл. 3.

Сравнение коэффициентов регрессии в уравнении даёт представление о степени влияния факторных признаков (x<sub>1</sub>, x<sub>2</sub>, x<sub>3</sub>) на фенотипическую величину признака “доля язычковых цветков” (табл. 3).

Согласно коэффициенту детерминации, данная модель объясняет 59,1% значений признака “доля язычковых цветков” относительно среднего.

Таблица 3

**Взаимосвязь доли язычковых цветков и комплекса факторных признаков изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии x <sub>i</sub>	Коэффициент регрессии, b <sub>i</sub>	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std. err. of b <sub>i</sub> )
Длина язычковых цветков, мм	x <sub>1</sub>	0,037202	0,029919
Диаметр соцветия, см	x <sub>2</sub>	0,0100750	0,017441
Количество соцветий, шт.	x <sub>3</sub>	- 0.002355	0,0011236
Коэффициент множественной корреляции, R = 0,76932964			
Коэффициент детерминации, R <sup>2</sup> = 0.59186809			
Стандартная ошибка уравнения регрессии m ux = 0,25132			

Исследование взаимодействия признака “длина язычковых цветков”, который является одной из характеристик декоративности соцветий сортов хризантемы садовой, и 3-факторных признаков с применением регрессионного анализа получило выражение в виде уравнения множественной линейной регрессии:

$$y = 2,257481 + 1,106911x_1 + 0,273112x_2 - 0,007285x_3 \quad (4),$$

где

$y$  – фенотипическая величина результативного признака “длина язычковых цветков”;  
 $x_1, x_2, x_3$  – факторные признаки, наименования которых представлены в табл. 4.

Сравнение коэффициентов регрессии в уравнении даёт представление о степени влияния факторных признаков ( $x_1, x_2, x_3$ ) на фенотипическую величину признака “длина язычковых цветков” (табл. 4).

Таблица 4

**Взаимосвязь длины язычковых цветков и комплекса факторных признаков изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии $x_i$	Коэффициент регрессии, $b_i$	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std. err. of $b_i$ )
Доля язычковых цветков, %	$x_1$	1,106911	0,890207
Диаметр соцветия, см	$x_2$	0,273112	0,084111
Количество соцветий, шт.	$x_3$	- 0.007285	0.006968
Коэффициент множественной корреляции, $R = 0.85816262$			
Коэффициент детерминации, $R^2 = 0.73644307$			
Стандартная ошибка уравнения регрессии $m_{yx} = 1.3709$			

Согласно коэффициенту детерминации, данная модель объясняет 73,6% значений признака “длина язычковых цветков” относительно среднего.

Исследование взаимодействия признака “диаметр соцветия”, который является важнейшей характеристикой декоративности сортов хризантемы садовой, и 3-факторных признаков с применением регрессионного анализа получило выражение в виде уравнения множественной линейной регрессии:

$$y = 10,88361 + 0,63522x_1 - 0,03635x_2 - 0,06211x_3 \quad (5),$$

где

$y$  – фенотипическая величина результативного признака “диаметр соцветия”;  
 $x_1, x_2, x_3$  – факторные признаки, наименования которых представлены в табл. 5.

Сравнение коэффициентов регрессии в уравнении даёт представление о степени влияния факторных признаков ( $x_1, x_2, x_3$ ) на фенотипическую величину признака “диаметр соцветия” (табл. 5).

Согласно коэффициенту детерминации, данная модель объясняет 84,9% значений признака “диаметр соцветия” относительно среднего.

Таблица 5

**Взаимосвязь диаметра соцветий и комплекса факторных признаков изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии $x_i$	Коэффициент регрессии, $b_i$	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std. err. of $b_i$ )
Длина язычковых цветков, мм	$x_1$	0,63522	0,240882
Количество соцветий, шт.	$x_2$	- 0,03635	0.009538
Жизнеспособность пыльцы, %	$x_3$	- 0.06211	0.021011
Коэффициент множественной корреляции, $R = 0.92123015$			
Коэффициент детерминации, $R^2 = 0.848665$			
Стандартная ошибка уравнения регрессии $m_{yx} = 2,1674$			

Исследование взаимодействия признака “жизнеспособность пыльцы” и 5- факторных признаков с применением регрессионного анализа получило выражение в виде уравнения множественной линейной регрессии:

$$y = 80,36317 - 0,04684x_1 - 3,89277x_2 + 0,2716x_3 - 2,8121x_4 - 0,9655x_5 \quad (6),$$

где

$y$  – фенотипическая величина результивного признака “жизнеспособность пыльцы”;

$x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$  – факторные признаки, наименования которых представлены в табл. 6.

Сравнение коэффициентов регрессии в уравнении даёт представление о степени влияния факторных признаков ( $x_1, x_2, x_3, x_4, x_5$ ) на фенотипическую величину признака “жизнеспособность пыльцы” (табл. 6).

Таблица 6

**Взаимосвязь жизнеспособности пыльцы и комплекса факторных признаков изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии $x_i$	Коэффициент регрессии, $b_i$	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std.err. of $b_i$ )
Количество цветков в соцветии, шт.	$x_1$	- 0.04684	0.0305
Доля язычковых цветков, %	$x_2$	- 3,89277	10,89325
Длина язычковых цветков, см	$x_3$	0,27160	1,87787
Диаметр соцветия, см	$x_4$	- 2,8121	1,07629
Количество соцветий, шт.	$x_5$	- 0,09655	0,08468
Коэффициент множественной корреляции, $R = 0.76986038$			
Коэффициент детерминации, $R^2 = 0.592685$			
Стандартная ошибка уравнения регрессии $m_{yx} = 14,894$			

Согласно коэффициенту детерминации, данная модель объясняет 59,3% значений признака “жизнеспособность пыльцы” относительно среднего.

Исследование взаимодействия важнейшего признака растений “репродуктивное усилие” и 3- факторных признаков с применением регрессионного анализа получило выражение в виде уравнения множественной линейной регрессии:

$$y = -1,00137 + 0,19263x_1 - 4,34711x_2 + 0,41511x_3 \quad (7),$$

где

$y$  – фенотипическая величина результирующего признака “репродуктивное усилие”;

$x_1, x_2, x_3$  – факторные признаки, наименования которых представлены в табл. 7.

Сравнение коэффициентов регрессии в уравнении даёт представление о степени влияния факторных признаков ( $x_1, x_2, x_3$ ) на фенотипическую величину признака “репродуктивное усилие” (табл. 7).

Таблица 7

**Взаимосвязь показателей репродуктивного усилия и комплекса факторных признаков изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии $x_i$	Коэффициент регрессии $b_i$	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std. err. of $b_i$ )
Жизнеспособность пыльцы, %	$x_1$	0,19263	0.041129
Доля язычковых цветков, %	$x_2$	- 4,34711	1,789222
Коэффициент вегетативного размножения, черенков с растения	$x_3$	0,41511	0.252479
Коэффициент множественной корреляции, $R = 0.82513073$			
Коэффициент детерминации, $R^2 = 0.681$			
Стандартная ошибка уравнения регрессии $m_{yx} = 1.7671$			

Согласно коэффициенту детерминации, данная модель объясняет 68,1% значений признака “репродуктивное усилие” относительно среднего. Однако при исследовании взаимодействия данного признака и 1 фактора с построением уравнения регрессии было установлено повышение показателя коэффициента детерминации до 92,7 %:

$$y = 3,104815 + 0,19263x^2 \quad (8),$$

где

$y$  – фенотипическая величина результирующего признака “репродуктивное усилие”;

$x$  – факторный признак “жизнеспособность пыльцы”, статистические показатели которого представлены в табл. 8.

Таблица 8

**Взаимосвязь показателей репродуктивного усилия и жизнеспособности пыльцы изученных сортов хризантемы садовой**

Признак	Обозначение в уравнении регрессии $x_i$	Коэффициент регрессии, $b_i$	Стандартная ошибка коэффициента регрессии (Std. err. of $b_i$ )
Жизнеспособность пыльцы, %	$x_1$	0,015537	0.00076
Коэффициент детерминации, $R^2 = 0.927$			

**Выводы и практическое применение**

На основании проведенного исследования нами выявлено, что:

1) для построения моделей в качестве зависимых переменных надлежит использовать 7 количественных признаков (надземная фитомасса, г; масса

вегетативных структур, г; доля язычковых цветков, %; длина язычковых цветков, см; диаметр соцветия, см; жизнеспособность пыльцы, %; репродуктивное усилие, %);

2) статистические модели, построенные на основе фенотипических ассоциаций 15-факторных признаков, характеризуют не только отдельный признак, выбранный в качестве результирующего параметра, но и количественно отображают соответствующую систему взаимосвязанных биологических особенностей сортов хризантемы садовой.

Результаты проведенного нами исследования послужат теоретической основой для создания новых сортов с актуальными декоративными и биолого-хозяйственными особенностями. Особенное внимание следует обратить на признаки “надземная фитомасса”, “масса вегетативных структур”, “доля язычковых цветков”, “длина язычковых цветков”, “диаметр соцветия”, “жизнеспособность пыльцы” и “репродуктивное усилие” как перспективные для использования в направленной селекции сортов хризантемы садовой.

### Список литературы

1. Ветрова Е.В., Достанко Г.С., Пирко И.Ф. Морфометрические параметры листа хризантемы садовой в условиях Донецкого ботанического сада // Матеріали читань, присвячених 300- річчю з дня народження К. Ліннея / Ред. Соколов І.Д. – Луганськ: Елтон-2, 2007. – С. 27-29.
2. Доспехов Б.А. Методика полевого опыта. – М.: Агропромиздат. – 1986. – 351 с.
3. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ. – Кн. 1, 2. – М.: Мир, 1981. – 252 с.
4. Лакин Г.Ф. Биометрия: Учеб. пособие для биол. спец. вузов. – М.: Высш. шк., 1990. – 352 с.
5. Методика государственного сортоиспытания сельскохозяйственных культур: Вып. 6. Декоративные культуры. – М.: Колос, 1968. – 224 с.
6. Работагов В.Д. Математическая модель продуктивности лаванды // Физиология и биохимия культурных растений. – 1983. – Т.15. – № 6. – С. 566-571.
7. Шолохова Т.А. Результаты межсортовой гибридизации канны садовой // Труды Никит. ботан. сада. – 2004. – Т. 124. – С. 51-59.

*Рекомендовано к печати д.б.н., проф. Работаговым В.Д.*