

## ОЦЕНКА ВАРЬИРОВАНИЯ БИОМЕТРИЧЕСКИХ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СМОРОДИНЫ ЧЕРНОЙ

**Макова Наталья Евгеньевна**

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

[nemakova@mail.ru](mailto:nemakova@mail.ru)

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

**Аннотация:** целью настоящей работы является оценка степени варьирования показателей роста и плодоношения различных сортов черной смородины, выявление корреляционных связей между отдельными показателями. Исследования проводились на экспериментальных участках отдела ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Участки заложены по схеме 4.0×0.75 м. В качестве биологических объектов исследований взяты растения шести сортов смородины черной, в количестве 50 штук по каждому сорту. Проведена статистическая обработка измерений показателей роста и плодоношения смородины черной, получены сведения о репрезентативности выборок, вариабельности показателей, применении статистических методов в оценке различий. Произведена оценка вариабельности, достоверности и точности биометрических показателей листьев смородины на основе оцифрованных сканированных изображений. Установлена оптимальная площадь листьев, приходящаяся на одну ягоду (5.2–5.4 кв.см.). Установлены корреляционные связи между количеством ягод и количеством листьев на одном побеге ( $r = 0.79$ ), величиной урожая ягод с куста и количества листьев ( $r=0.75$ ). Выделены сорта с высокими уровнями компонентов продуктивности (Черный жемчуг, Чернавка и Маленький принц).

**Ключевые слова:** смородина, вариационная статистика, фенотип, генотип, модификационная изменчивость.

Качество и эффективность научных исследований аграрной сферы в значительной степени связаны с уровнем использования математического моделирования экспериментальных данных, открывающего новые возможности и перспективы [1]. При решении многих теоретических и практических задач садоводства большое значение имеет выяснение закономерностей варьирования биометрических признаков растений [2-4].

Вариационная статистика выполняет в плодоводстве важные задачи – по планированию экспериментов, ориентированных на максимальное получение информации при минимальных затратах, использованию алгоритмов и методов оценки результатов исследований, установлению различных корреляционно-регрессионных и других связей и зависимостей между показателями роста и плодоношения плодовых и ягодных растений, прогнозированию и моделированию признаков, сортов, технологий, урожайности насаждений и культур.

Изучение модификационной изменчивости количественных признаков и выявление закономерностей их варьирования у растений имеет первостепенное значение для селекции, так как этот тип изменчивости является главным препятствием на пути повышения эффективности идентификации по фенотипу нужных селекционеру генотипов и их отбора [2, 5, 6].

Целью настоящей работы является оценка степени варьирования показателей роста и плодоношения различных сортов черной смородины, выявление корреляционных связей между отдельными показателями, а также между показателями роста и урожайности на основе предварительного анализа выборок.

**Материалы и методы исследования.** С целью проведения анализа сортовых различий и генетической вариабельности смородины внутри сорта были проведены измерения нескольких показателей роста и фенотипических параметров. Исследования проводились на экспериментальных участках отдела

ягодных культур ФГБНУ «ФНЦ им. И.В. Мичурина». Участки заложены по схеме 4.0×0.75 м. В качестве биологических объектов исследований взяты растения шести сортов смородины черной, в количестве 50 штук по каждому сорту. По мнению ряда авторов, такого количества объектов достаточно для нахождения зависимостей с приемлемой точностью [3, 7, 8]. Растения выбирались случайно, в фазу плодоношения. Замеры производились на типичных побегах.

Измерения высоты ветви и длины плодоносящей зоны проводились с помощью рулетки, приборная погрешность составляла 0,1 см. Урожай (общая масса ягод) с куста определялся по формуле:  $Y = A * B * C$ , где  $A$  – общее количество ягод на 1 ветви, шт.,  $B$  – средний вес одной ягоды, г.,  $C$  – количество плодоносящих ветвей куста, шт. Периметр и площадь листовой пластинки определялись на основе ее изображения, полученного путем сканирования с высоким разрешением, с использованием компьютерной программой Leaf [4, 5, 9].

**Результаты и их анализ.** Эмпирические данные были обработаны стандартными методами вариационной статистики и получены численные значения таких статистических параметров, как среднее арифметическое  $M$ , ошибка средней арифметической  $m$ , среднее квадратическое отклонение  $\sigma$ , точность опыта  $p$ , достоверность определения среднего по Стьюденту  $t$  и коэффициент вариации выборки  $V$ . Численные значения этих величин приведены в таблице 1.

Наиболее точно получены средние величины линейных замеров: высоты побегов ( $p=0.73-1.40$  %) и длины плодоносящей зоны ( $p=2.23-3.37$  %), здесь же наименьший коэффициент вариации.

Судя по значениям коэффициента Стьюдента, определение средних значений по всем биометрическим показателям является достоверным.

Ошибка среднего арифметического не превосходит 5% по всем параметрам, кроме таких показателей, как «Количество ягод» и «Урожай с куста». Для этих параметров характерна также высокая изменчивость и

вариабельность.

Наиболее высокорослыми побегами обладают сорта Маленький принц и Чернавка, низкорослыми - Зеленая дымка и Багира. По длине плодоносящей зоны и количеству листьев лидируют сорта Маленький принц и Черный жемчуг.

Таблица 1

Вариационно-статистические характеристики показателей роста и плодоношения смородины

Сорт	Показатель	M	$\sigma$	m	p	t	V
Багира	Высота ветви, см	120.93	9.48	1.34	1.11	90.18	7.84
	Длина плод.зоны ветви, см	53.53	8.44	1.19	2.23	44.84	15.77
	Кол. листьев на 1 ветви, шт	85.07	22.56	3.19	3.75	26.67	26.52
	Кол. ягод на 1 ветви, шт	374.00	146.91	20.78	5.56	18.00	39.28
	Урожай с куста, г.	5099.16	2194.80	310.39	6.09	16.43	43.04
	Кол. плод.ветвей, шт	12.40	1.82	0.26	2.07	48.27	14.65
	Периметр листа, см	28.41	8.30	1.17	4.13	24.20	29.22
	Площадь листа, кв.см.	25.88	11.76	1.66	6.42	15.56	45.43
Зеленая дымка	Высота ветви, см	115.07	11.29	1.60	1.39	72.10	9.81
	Длина плод.зоны ветви, см	55.07	13.11	1.85	3.37	29.71	23.80
	Кол. листьев на 1 ветви, шт	84.20	34.95	4.94	5.87	17.03	41.51
	Кол. ягод на 1 ветви, шт	324.33	145.07	20.52	6.33	15.81	44.73
	Урожай с куста, г.	5090.56	2115.78	299.22	5.88	17.01	41.56
	Кол. плод.ветвей, шт	13.20	0.84	0.12	0.90	111.56	6.34
	Периметр листа, см	23.26	6.11	0.86	3.72	26.91	26.27
	Площадь листа, кв.см.	17.89	7.72	1.09	6.10	16.39	43.15
Черный жемчуг	Высота ветви, см	123.93	12.30	1.74	1.40	71.23	9.93
	Длина плод.зоны ветви, см	62.87	14.71	2.08	3.31	30.22	23.40
	Кол. листьев на 1 ветви, шт	90.73	36.66	5.18	5.71	17.50	40.41
	Кол. ягод на 1 ветви, шт	346.13	149.94	21.20	6.13	16.32	43.32
	Урожай с куста, г.	5787.51	2690.93	380.55	6.58	15.21	46.50
	Кол. плод.ветвей, шт	12.80	1.30	0.18	1.44	69.42	10.19
	Периметр листа, см	23.91	5.57	0.56	2.33	42.92	23.30
	Площадь листа, кв.см.	19.66	7.28	0.73	3.71	26.99	37.06
Маленький принц	Высота ветви, см	146.40	10.88	1.54	1.05	95.14	7.43
	Длина плод.зоны ветви, см	66.60	11.62	1.64	2.47	40.51	17.45
	Кол. листьев на 1 ветви, шт	90.80	23.53	3.33	3.67	27.28	25.92
	Кол. ягод на 1 ветви, шт	292.47	84.25	11.91	4.07	24.55	28.81
	Урожай с куста, г.	5179.29	1555.99	220.05	4.25	23.54	30.04
	Кол. плод.ветвей, шт	13.60	0.89	0.13	0.93	107.52	6.58
	Периметр листа, см	20.42	4.89	0.69	3.38	29.54	23.93
	Площадь листа, кв.см.	17.37	7.60	1.08	6.19	16.15	43.78
Тамерлан	Высота ветви, см	133.00	6.83	0.97	0.73	137.60	5.14
	Длина плод.зоны ветви, см	54.47	12.40	1.75	3.22	31.05	22.77
	Кол. листьев на 1 ветви, шт	72.13	16.85	2.38	3.30	30.28	23.36

	Кол. ягод на 1 ветви, шт	296.53	84.26	11.92	4.02	24.88	28.42
	Урожай с куста, г.	4032.25	1262.25	178.51	4.43	22.59	31.30
	Кол. плод.ветвей, шт	10.40	0.89	0.13	1.22	82.22	8.60
	Периметр листа, см	22.78	5.20	0.74	3.23	30.99	22.82
	Площадь листа, кв.см.	24.06	9.44	1.33	5.55	18.03	39.21
Чернавка	Высота ветви, см	137.60	9.69	1.37	1.00	100.37	7.04
	Длина плод.зоны ветви, см	60.27	10.41	1.47	2.44	40.94	17.27
	Кол. листьев на 1 ветви, шт	81.93	32.01	4.53	5.53	18.10	39.07
	Кол. ягод на 1 ветви, шт	396.13	161.88	22.89	5.78	17.30	40.86
	Урожай с куста, г.	5689.44	2327.27	329.13	5.78	17.29	40.91
	Кол. плод.ветвей, шт	12.00	1.87	0.26	2.20	45.36	15.59
	Периметр листа, см	24.26	5.60	0.79	3.26	30.64	23.07
	Площадь листа, кв.см.	21.11	8.11	1.15	5.43	18.40	38.42

Анализ данных, приведенных в таблице 1, показывает, что у смородины большинство количественных признаков характеризуется средним и высоким варьированием, и это создает трудности при проведении отбора по ним.

Высота побегов колебалась по сортам в среднем от  $115.1 \pm 1.6$  (Зеленая дымка) до  $146.4 \pm 1.5$  см (Маленький принц), изменчивость показателя не превышала 10%. При этом, длина плодоносящей зоны ветви изменялась от  $53.5 \pm 1.2$  (Багира) до  $66.6 \pm 1.6$  см (Маленький принц).

Все функции живого организма, требующие энергетических затрат, осуществляются за счет внешних источников энергии. Поэтому в основе биологической продуктивности сорта находится фотосинтез. Первичные продукты фотосинтеза под общим направляющим контролем генетического аппарата трансформируются в процессе роста и развития растений в компоненты живой биомассы [5, 10, 11].

К основным показателям фотосинтетической деятельности растений относятся величина площади листьев и динамика ее формирования.

По количеству листьев на 1 плодоносящей ветви сорта различались от  $72.1 \pm 2.4$  (Тамерлан) до  $90.7 \pm 5.2$  (Черный жемчуг) и  $90.8 \pm 3.3$  см (Маленький принц).

Наиболее крупными листьями характеризуется сорт Багира – площадь  $25.9 \pm 1.7$  кв.см., периметр  $28.4 \pm 1.2$  см. У сорта Маленький принц самые мелкие листья – площадь  $17.4 \pm 1.1$  кв.см., периметр  $20.4 \pm 0.7$  см.

Площадь листьев, приходящаяся на одну ягоду плодоносящей ветви, в среднем колебалась от 4.4 (Чернавка) и 4.6 (Зеленая дымка) до 5.9 кв.см. (Багира, Тамерлан). С учетом урожайности, наиболее оптимальной площадью листьев, приходящейся на одну ягоду, характеризуются сорта Черный жемчуг (5.2 кв.см.) и Маленький принц (5.4 кв.см.). Можно предположить, что большая площадь листьев у сорта Тамерлан позволяет вырабатывать больше ассимилятов, чем это необходимо акцепторам, и излишки продуктов фотосинтеза, накапливаясь в листьях, приводят к депрессии фотосинтеза. В результате продуктивность данного сорта наименьшая среди изучаемых сортов.

Производилась оценка генотипов по слагаемым урожая, так как при отборе ценных форм в селекции основное внимание уделяется сортам с оптимальными хозяйственными параметрами и высоким потенциалом продуктивности. Хозяйственная ценность сорта определяется урожайностью, которая зависит от его биологических особенностей и погодных условий. Анализ экспериментального материала показал, что исследуемые сорта смородины черной характеризуются высокой продуктивностью в Центральном Черноземье.

По количеству ягод на 1 ветви сорта различались от 292.5 (Маленький принц) до 396.1 шт (Чернавка). При этом варьирование признака составляло 28.4-44.7 %.

Наибольшая продуктивность характерна для сортов Черный жемчуг, Чернавка и Маленький принц –  $5.8 \pm 0.4$ ,  $5.7 \pm 0.3$  и  $5.2 \pm 0.2$  кг/куст соответственно. Наименьшая урожайность наблюдалась у сорта Тамерлан –  $4.0 \pm 0.2$  килограмм с куста.

Все компоненты продуктивности переменны, так как хотя и обусловлены генотипом сорта, но зависят от агротехнических факторов, метеорологических условий, устойчивости к болезням и вредителям и т.д. [6, 12]

Одним из показателей продуктивности является коэффициент продуктивности плодоносящих ветвей, который показывает урожай ягод с

одного погонного метра плодоносящей древесины (таблица 2). У изученных сортов коэффициент продуктивности плодоносящих ветвей был достаточно высоким и изменялся от 570.9 (Маленький принц) до 788.8 (Чернавка).

Таблица 2

Коэффициент продуктивности плодоносящих ветвей

Сорт черной смородины	Коэффициент продуктивности плодоносящих ветвей, г./п.м.
Багира	768.5
Зеленая дымка	706.7
Черный жемчуг	715.8
Маленький принц	570.9
Тамерлан	707.8
Чернавка	788.8

Коэффициент корреляции используется для определения наличия взаимосвязи между свойствами. Поэтому, кроме указанных выше параметров, нами была проведена оценка степени корреляции между показателями роста и плодоношения смородины для каждого сорта. [7]

В результате статистического анализа экспериментальных данных выявлена корреляционная зависимость между количеством ягод и количеством листьев на 1 побеге ( $r=0.79$ ). По сортам коэффициент корреляция изменялся от  $r = 0.67$  (Маленький принц) до  $r = 0.90$  (Чернавка).

Традиционно наблюдается положительная связь ( $r = 0.91$ ) между периметром и площадью листовой пластинки от  $r = 0.85$  (Маленький принц) до  $r = 0.98$  (Багира).

Зависимость между высотой побега и длиной плодоносящей зоны ветви явно прослеживается для сортов Зеленая дымка, Тамерлан, Маленький принц, Черный жемчуг ( $r = 0.55, \dots, 0.73$ ); зависимость между количеством листьев на 1 побеге и длиной плодоносящей зоны ветви наблюдается у сортов Черный жемчуг, Маленький принц, Зеленая дымка ( $r = 0.56, \dots, 0.81$ ).

В результате проведенных исследований установлено наличие положительной зависимости величины урожая ягод с куста от количества ягод

на 1 ветви ( $r=0.96$ ) и количества листьев ( $r=0.75$ ).

**Выводы.** В результате исследований проведена статистическая оценка вариабельности показателей роста и плодоношения смородины черной шести сортов. Установлена оптимальная площадь листьев, приходящаяся на одну ягоду (5.2 – 5.4 кв.см.). Установлены корреляционные связи между количеством ягод и количеством листьев на одном побеге ( $r = 0.79$ ), величиной урожая ягод с куста и количества листьев ( $r=0.75$ ). Выделены сорта с высокими уровнями компонентов продуктивности (Черный жемчуг, Чернавка и Маленький принц).

### Список литературы:

1. Проект наземного роботизируемого комплекса для нужд садоводства и растениеводства / В.А. Бабушкин, Ю.В. Родионов, Д.В. Никитин, В.П. Николашин, С.И. Данилин, Р.Р. Ковалев, В.А. Юдаев // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. – 2018. – № 4. – С. 6-13.
2. Макова Н.Е. Статистическая интерпретация показателей роста и плодоношения малины: диссертация... кандидата сельскохозяйственных наук. – Мичуринск, 2006. – 164 с.
3. Макова Н.Е. Статистические свойства биометрических показателей / Н.Е. Макова, Э.Н. Аникьева, А.А. Аникьев // Плодоводство и ягодоводство России.– 2012. – Т. 34. – № 2. – С. 20-29.
4. Аникьев А.А., Макова Н.Е., Аникьева Э.Н., Макова А.А. Автоматизированная система оценки урожайности сортов плодовых и ягодных культур по их морфометрическим индексам / А.А. Аникьев, Н.Е. Макова, Э.Н. Аникьева, А.А. Макова // Сб. тр. межд. научно-практ. конф. «Робототехника в сельскохозяйственных технологиях». – Мичуринск: Издательство ООО «БИС». – 2014. – С. 52-57.
5. Жидехина Т.В. Фотосинтетическая деятельность сортов смородины черной в изменяющихся условиях внешней среды // Плодоводство и



ягодководство России. – 2011. – Т. 28. № 1. – С. 208-215.

6. Макова Н.Е. Статистико-морфометрический анализ листьев смородины с использованием цифровых технологий / Н.Е. Макова, О.Е. Богданов, Н.В. Картечина, Л.И. Никонорова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета – 2019. – № 4 (59). – С. 27-30.

7. Макова Н.Е. Статистические свойства показателей роста и плодоношения смородины / Н.Е. Макова, О.Е. Богданов // Вестник КрасГАУ – 2020. – № 1 (154). – С. 12-17

8. Новая технология возделывания и уборки сахарной свеклы в условиях северо-востока Центрального Черноземья / В.И. Горшенин, С.В. Соловьёв, А.Г. Абросимов, О.А. Ашуркова // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. - 2016. - № 3. - С. 165-171.

9. Ресурсосберегающая технология ухода за почвой в многолетних насаждениях / А.И. Завражнов, К.А. Манаенков, В.В. Миронов, В.Ю. Ланцев // Вестник Российской академии сельскохозяйственных наук. - 2008. - № 2. - С. 17-18.

10. Иерархический анализ экспериментальных данных / Л.В. Бобрович, Н.В. Картечина, Н.В. Андреева, С.О. Чиркин // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 3 – С. 2.

11. Сравнение нормального распределения и эмпирической функции распределения при статистической обработке результатов измерений / Н.В. Картечина, Л.В. Бобрович, Н.В. Пчелинцева, О.С. Картечина // Наука и Образование. – 2019. – Т. 2. – № 3. – С. 20.

12. Оценка устойчивости плодовых растений к дестабилизирующим воздействиям на основе анализа спектров отражения листьев / А.Н. Юшков, Н.В. Борзых, А.И. Бутенко // Журнал прикладной спектроскопии. - 2016. - Т. 83. - № 2. - С. 323-328.

## STATISTICAL PROPERTIES OF INDICATORS OF GROWTH AND FRUITING OF CURRANTS

**Natalia Evgenievna Makova**

Candidate of Agricultural Sciences, Associate Professor

[nemakova@mail.ru](mailto:nemakova@mail.ru)

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

**Annotation.** The purpose of this work is to assess the degree of variation in growth and fruiting of different varieties of black currant, to identify correlations between individual indicators. The studies were conducted in pilot sites of berry crops FSSI "I.V. Michurin FSC". The plots were laid according to the scheme 4.0 \* 0.75 m. As biological objects of researches plants of six grades of a currant black, in quantity of 50 pieces on each grade are taken. Statistical processing of measurements of growth and fruiting indicators of black currant was carried out, data on the representativeness of samples, variability of indicators, application of statistical methods in the assessment of differences were obtained. The variability, reliability and accuracy of biometric indicators of currant leaves were evaluated on the basis of digitized scanned images. Significant correlations between the parameters of growth and fruiting of currants, the analysis of indicators of leaf plates and their relationship with productivity were obtained. The optimal leaf area per berry (5.2 – 5.4 sq. cm.) was established. Correlation between the number of berries and number of leaves on a single shoot ( $r = 0.79$ ), the yield of berries per Bush and number of leaves ( $r=0.75$ ). Varieties with high levels of productivity components (Black pearl, Chernavka and Little Prince) were identified.

**Key words:** currant, variation statistics, phenotype, genotype, modification variability.