УДК 634.85

DOI 10.30679/2219-5335-2020-6-66-39-47

**ПРИМЕНЕНИЕ МЕТОДА
МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ
ОПТИМИЗАЦИИ
ПРИ ПРОВЕДЕНИИ КЛОНОВОЙ
СЕЛЕКЦИИ СОРТА ВИНОГРАДА
КОКУР БЕЛЫЙ**

Студенникова Наталия Леонидовна
канд. с.-х. наук
ведущий научный сотрудник
лаборатории генеративной
и клоновой селекции
e-mail: studennikova63@mail.ru

Котоловец Зинаида Викторовна
канд. с.-х. наук
научный сотрудник
лаборатории генеративной
и клоновой селекции
e-mail: zinaida_kv@mail.ru

*Федеральное государственное
бюджетное учреждение науки
«Всероссийский национальный
научно-исследовательский институт
виноградарства «Магарач» РАН»,
Ялта, Республика Крым, Россия*

В данной статье представлены результаты отбора маточных кустов автохтонного сорта винограда Кокур белый (100 кустов) по 11 агробиологическим признакам в пределах исходной группы растений (порядка 500 штук) методом многокритериальной оптимизации. При проведении клоновой селекции решающими моментами являются способы отбора протоклонов, сроки испытания и проверка стабильности их свойств в потомстве. Длительность и сложность клоновой селекции диктует необходимость поиска новых методологических подходов для увеличения эффективности и ускорения отбора виноградных растений. Суть метода применительно к клоновой селекции состоит в проведении

UDC 634.85

DOI 10.30679/2219-5335-2020-6-66-39-47

**APPLICATION
OF THE MULTI-CRITERIA
OPTIMIZATION METHOD
WHEN CONDUCTING
A CLONE BREEDING
OF KOKUR BELY GRAPE VARIETY**

Studennikova Natalia Leonidovna
Cand. Agr. Sci.
Leading Research Associate
of Generative and Clone
Selection Laboratory
e-mail: studennikova63@mail.ru

Kotolovets Zinaida Viktorovna
Cand. Agr. Sci.
Research Associate
of Generative and Clone
Selection Laboratory
e-mail: zinaida_kv@mail.ru

*Federal State Budgetary
Institution of Science
«All-Russian National Research
Institute of Viticulture
«Magarach» RAS»,
Yalta, Republic of Crimea, Russia*

This article presents the results of selection of fallopian bushes of the autochthonous Kokur Bely grape variety (100 bushes) according to 11 agrobiological features in the pre-cases of the initial group of plants (about 500 pieces) by the multi-criteria optimization method. When conducting clone breeding, the crucial points are the methods of selecting protoclon, the timing of testing and checking the stability of their properties in the offspring. The duration and complexity of clone breeding dictates the need to find new methodological approaches to increase in the efficiency and speed up the selection of grape plants. The essence

сравнительной оценки изучаемых кустов винограда по комплексу агробиологических показателей, которыми представлено множество оценочных критериев, путем перевода единиц измерения в безразмерный вид с помощью операции нормирования. Данный метод был ранее апробирован нами на популяциях сортов винограда Цитронный Магарача, Гарс Левелю и Саперави, что отражено в публикациях. Исследования проводились на производственном участке винограда сорта Кокур белый (№ 361, формирование АЗОС-1, схема посадки кустов 3×1,25) в филиале «Алушта» ГУП РК «ПАО «Массандра». Для дальнейшего проведения клоновой селекции отобраны 100 кустов винограда с наименьшими показателями функции, диапазон значений которых составил от 3,847 до 6,277. Метод многокритериальной оптимизации может быть использован при обработке данных, собранных при изучении популяций сортов винограда, и позволяет выделить оптимальные протоклоны по комплексу хозяйственно-биологических признаков, преобразовав различные единицы измерения в безразмерные величины. В конечном итоге применение данного метода позволяет объективно оценить каждый куст, а затем, при отборе и внедрении клонов в производство, повысить рентабельность виноградовинодельческой отрасли.

Ключевые слова: СОРТ, МЕТОД МНОГОКРИТЕРИАЛЬНОЙ ОПТИМИЗАЦИИ, ВИНОГРАД, АГРОБИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ, МАТОЧНЫЕ КУСТЫ

of the method in relation to clone selection is to conduct a comparative assessment of the studied grape bushes by a set of agrobiological indicators, which represent a set of evaluation criteria by converting units of measurement to a dimensionless form using the normalization operation. This method was previously tested on populations of Citronny Magaracha, Gars Levelu and Saperavi grape varieties, which is reflected in the publications. The research was conducted at the production plot of the Kokur Bely grape variety (No. 361, AZOS-1 formation, 3×1.25 planting scheme) in the «Alushta» branch of the State Unitary Enterprise of the Crimean Republic «Massandra» PJSC. For further clone breeding, 100 bushes with the lowest function indicators were selected, with a range of values ranging from 3,847 to 6,277. The multi-criteria optimization method can be used for processing data collected during the study of grape variety populations and allows us to select the optimal protoclon for a complex of economic and biological characteristics, converting various units of measurement into dimensionless values. In the end, the application of this method allows you to objectively evaluate each bush, and then, when selecting and implementing clones in production, increase in the profitability of the grape-wine industry.

Key words: VARIETY, MULTI-CRITERIA OPTIMIZATION METHOD, GRAPES, AGROBIOLOGICAL FEATURES, FALLOPIAN BUSHES

Введение. В настоящее время существует много работ, направленных на выделение, изучение и внедрение в производство клонов традиционных сортов винограда [1-8]. В клоновой селекции решающими моментами являются способы отбора протоклонов, сроки испытания и проверка

стабильности свойств в потомстве. Получению исходного клонового материала предшествует 15-20-летний период клоновой селекции, что обуславливает необходимость поиска новых методологических подходов для увеличения эффективности и ускорения отбора растений [9-12].

Наиболее распространенными методами индивидуальной селекции являются отборы почковых мутаций, клонов по морфологическим корреляциям, высокопродуктивных клонов. В работах Г. Гоедеке и Х. Шеффлинга [13], П.Я. Голодриги и соавт. [9] предлагается применять четырехпольный метод выделения клонов при индивидуальном отборе. Л.П. Трошин и Л.А. Животовский рекомендуют использовать новые направления в клоновой селекции – «ступенчатая» селекция по продуктивности и отбор высокопродуктивных клонов по комплексу признаков [1]. Л.А. Животовским и Ю.П. Алтуховым разработан метод выделения морфологически «средних» и «крайних» фенотипов по совокупности количественных признаков [11].

В нашей работе в качестве метода выделения протоклонов сорта винограда Кокур белый предложен метод многокритериальной оптимизации, который был ранее апробирован нами на популяциях сортов винограда Цитронный Магараца, Гарс Левелю и Саперави [14-16].

При проведении полевых исследований выявлено ухудшение некоторых хозяйственных признаков сорта: горошение гроздей, уменьшение величины ягод и гроздей, снижение продуктивности кустов. Эти факторы вызвали необходимость проведения клоновой селекции автохтонного сорта Кокур белый в целях выделения высокопродуктивных протоклонов по комплексу признаков.

Цель данных исследований – выделить в пределах исходной группы растений винограда сорта Кокур белый маточные кусты (около 100 штук) методом многокритериальной оптимизации для проведения клоновой селекции.

Задачи исследования: провести агробиологические учеты по 11 признакам у исходной группы растений (около 500 штук) винограда сорта Кокур белый; методом многокритериальной оптимизации выделить маточные кусты по наименьшим значениям функции.

Объекты и методы исследований. Кокур белый – крымский технический сорт винограда народной селекции, среднепозднего периода созревания. Относится к эколого-географической группе сортов Черного моря. Цветок обоеполый. Грозди средние, цилиндроконические, средней плотности. Ягоды крупные и средние, овальные, слегка яйцевидной формы, желтовато-зеленые. Кожица тонкая, но прочная, покрыта легким восковым налетом. Мякоть сочная, тающая. Вызревание побегов хорошее. Используется для приготовления шампанских виноматериалов, столовых, крепких и десертных вин [17].

Исследования проводились на производственном участке сорта винограда Кокур белый (№ 361, формировка АЗОС-1, схема посадки кустов 3×1,25) в филиале «Алушта» ГУП РК «ПАО «Массандра».

Работа выполнялась согласно общепринятым в практике виноградарства методам [12, 18, 19].

Обсуждение результатов. Суть метода применительно к клоновой селекции состоит в проведении сравнительной оценки изучаемых кустов винограда по комплексу агробиологических показателей, которыми представлено множество оценочных критериев, путем перевода единиц измерения в безразмерный вид с помощью операции нормирования.

Операция нормирования проводится по формуле:

$$f_j(x_i) = \frac{(f_j(x_i) - f_j^-)}{(f_j^+ - f_j^-)}, \text{ если } f_j \rightarrow \max, \quad (1)$$

где $f_j(x_i)$ – значение j -го критерия в нормированном виде для i -го куста (фактическое значение признака i -го куста);

f_j^- – значение теоретического минимума, который ниже фактического минимального значения признака по выборке (500 кустов);

f_j^+ – значение теоретического максимума, который выше фактического максимального значения признака по выборке (500 кустов).

В качестве показателя оценки пригодности протоклона для дальнейшей работы использовалось значение модуля суммы разности отклонений критериев, по которым оценивается протоклон, имеющий минимальное значение.

$$\varphi_1(x_i) = \sum_{j=1}^n |f_j^-(x_i) - f_j(x^u)| \rightarrow \min, \quad (2)$$

где $0 \leq f_j(x_i) \leq 1$; $x^u=1$, $f_j(x_i)$ – фактическое значение признака i -го куста.

Выбор лучшего куста определялся из условий наибольшего приближения к идеалу, то есть интервал $[\varphi(x_i); x^u] \rightarrow \min$. Следовательно, чем меньше значение функции протоклона $\varphi(x_i)$, тем лучше куст.

В процессе исследований был проведен учет по 11 признакам у 500 кустов (количество глазков, развившихся побегов, плодоносных побегов, количество соцветий, коэффициенты плодоношения и плодоносности, процент развившихся побегов, количество гроздей, средняя масса грозди, урожайность куста, продуктивность побега по сырой массе грозди).

Следующий этап – определение теоретического максимального значения каждого из 11 признаков, который должен быть выше фактического максимального показателя, установленного у 500 кустов, и определение теоретического минимального значения каждого из 11 признаков, который должен быть ниже фактического минимального показателя, установленного у 500 кустов. Такие вычисления проводятся для каждого куста по вы-

бранным 11 признакам. Полученные разности по 500 кустам и 11 признакам суммируются. Итоговый показатель – это и есть значение целевой функции у изучаемых 500 кустов. Значения целевых функций сравнивались у 500 кустов, затем отбирались протоклоны по наименьшим показателям, определяющим лучшие кусты. Данные отражены в таблице.

Выделенные маточные кусты сорта Кокур белый
по наименьшим показателям целевых функций из 500 кустов

№ п/п	№ куста (функции)	Значение функции	Адрес куста	№ п/п	№ функции	Значение функции	Адрес куста
1	2	3	4	5	6	7	8
1	X 448	3,847	11-7-2	51	X261	5,534	8-8-1
2	X476	4,033	11-23-2	52	X79	5,560	5-14-1
3	X240	4,043	7-31-3	53	X87	5,570	5-17-3
4	X201	4,098	7-10-1	54	X388	5,606	10-6-1
5	X437	4,105	11-2-1	55	X153	5,607	6-20-3
6	X413	4,314	10-22-3	56	X44	5,638	4-25-2
7	X4	4,329	4-3-3	57	X335	5,654	9-11-1
8	X358	4,398	9-24-2	58	X390	5,656	10-7-2
9	X337	4,418	9-11-3	59	X352	5,682	9-20-1
10	X407	4,638	10-18-3	60	X404	5,709	10-17-2
11	X230	4,658	7-26-2	61	X479	5,716	11-25-2
12	X329	4,669	9-7-3	62	X139	5,719	6-13-2
13	X399	4,771	10-14-2	63	X308	5,734	8-33-3
14	X207	4,776	7-12-3	64	X222	5,741	7-20-2
15	X18	4,787	4-10-1	65	X133	5,784	6-10-2
16	X493	4,833	11-32-2	66	X156	5,789	6-22-3
17	X410	4,834	10-21-2	67	X340	5,882	9-13-2
18	X332	4,856	9-9-1	68	X360	5,882	9-25-3
19	X481	4,901	11-26-2	69	X157	5,861	6-23-1
20	X67	4,922	5-7-3	70	X478	5,867	11-24-2
21	X322	4,963	9-4-1	71	X429	5,890	10-32-2
22	X16	4,966	4-9-1	72	X468	5,895	11-18-4
23	X423	4,982	10-29-3	73	X350	5,923	9-19-2
24	X441	5,001	11-4-1	74	X477	5,939	11-24-1
25	X396	5,009	10-13-2	75	X234	5,948	7-28-2
26	X288	5,042	8-23-1	76	X480	5,954	11-25-3
27	X452	5,057	11-10-1	77	X89	5,982	5-18-2
28	X381	5,058	10-1-2	78	X326	5,983	9-6-1
29	X58	5,072	5-3-2	79	X220	5,999	7-19-2
30	X225	5,094	7-23-2	80	X469	5,999	11-19-1
31	X202	5,101	7-10-2	81	X265	6,012	8-10-1
32	X349	5,108	9-18-3	82	X140	6,064	6-13-3
33	X83	5,130	5-16-1	83	X431	6,072	10-33-2

Продолжение таблицы							
1	2	3	4	5	6	7	8
34	X418	5,139	10-26-1	84	X136	6,075	6-11-3
35	X451	5,155	11-9-1	85	X299	6,081	8-29-3
36	X194	5,159	7-7-1	86	X208	6,105	7-13-1
37	X158	5,254	6-23-2	87	X319	6,130	9-3-1
38	X474	5,273	11-22-2	88	X466	6,135	11-17-3
39	X226	5,281	7-23-3	89	X35	6,152	4-21-3
40	X291	5,286	8-25-1	90	X254	6,167	8-4-2
41	X219	5,303	7-18-4	91	X62	6,172	5-5-1
42	X168	5,329	6-29-3	92	X295	6,172	8-27-1
43	X97	5,346	5-22-3	93	X465	6,172	11-17-1
44	X378	5,360	9-35-1	94	X92	6,181	5-19-3
45	X269	5,380	8-12-2	95	X63	6,182	5-5-4
46	X155	5,389	6-21-3	96	X71	6,198	5-10-1
47	X426	5,444	10-30-3	97	X287	6,222	8-22-2
48	X33	5,474	4-20-1	98	X470	6,236	11-19-2
49	X196	5,489	7-7-3	99	X50	6,238	4-29-2
50	X36	5,508	4-22-1	100	X171	6,277	6-31-3

В результате сравнения значений целевых функций у 500 исходных кустов методом многокритериальной оптимизации отобраны для дальнейшего трехлетнего изучения 100 маточных (Π_0) кустов винограда сорта Коккур белый по 11 агробиологическим признакам с наименьшими показателями в диапазоне от 3,847 до 6,277.

Выводы. Таким образом, метод многокритериальной оптимизации может быть использован при отборе данных, собранных при изучении популяций сортов винограда, и позволяет выделить оптимальные протоклоны по комплексу биолого-хозяйственных признаков, преобразовав различные единицы измерения в безразмерные величины. В конечном итоге это позволяет объективно оценить каждый куст винограда, а затем при внедрении клонов в производство повысить рентабельность виноградовинodelьческой отрасли.

Литература

1. Методические рекомендации по массовой и клоновой селекции винограда на продуктивность. Ялта: ВНИИВиП «Магарач». 1987. 35 с.

2. Клименко В.П. Студенникова Н.Л., Котоловец З.В. Первичный отбор маточных кустов в популяции сорта винограда Цитронный Магарача // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2013. № 4. С. 2-4.
3. Mercenaro L. Intravarietal Agronomical Variability in *Vitis vinifera* L. cv. Cannonau Investigated by Fluorescence, Texture and Colorimetric Analysis / L. Mercenaro, G. Usai, C. Fadda, G. Nieddu, A. del Caro // South African Journal for Enology and Viticulture. V. 37, № 1. 2016. P. 67-78.
4. Downie D.A. Baubles, bangles, and biotypes: A critical review of the use and abuse of the biotype concept // Journal of Insect Science. 2010. V.10: Article 176. Available online: insectscience.org/10.176.
5. White M.L. Winter Injury to Grapevines and Methods of Prevention / M.L. White. – 2014. – <https://www.extension.iastate.edu/wine/viticulture>.
6. Erias-Dias J.E.J. Status of the Vitis national collection in Portugal. Report of a Working Group on Vitis Rome Italy: Bioversity International, 2008. pp. 93-94.
7. E. Peterlunger E. Celotti et al. Effect of Training System on Pinot Noir and Wine Composition. Amer.J. Enol. And Viticult. 2002.53, No. 1. Pp. 14-18.
8. Заманиди П.К. Семейство виноградовые (*Vitaceae*) / Земледелие и животноводство, Афины. 2005. № 3: 22-26; № 5: 26-28 (греч.)
9. Методические рекомендации по массовой и клоновой селекции винограда. Ялта: ВНИИВиВ «Магарач», 1976. 31 с.
10. Лазаревский М.А. Сортоизучение винограда и улучшение сортов клоновым отбором (программа и методика). Ростов на Дону: Росиздат. 1952. 42с.
11. Животовский Л.А., Алтухов Ю.П. Метод выделения морфологически «средних» и «крайних» фенотипов по совокупности количественных признаков // Доклады Академии наук СССР. 1980. Т. 251. № 2. С. 473-476.
12. Отбор высокопродуктивных клонов перспективных сортов и закладка клоноиспытательных участков для промышленного клонового материала: отчет о НИР (заключ.) / ИВиВ «Магарач». Инв. № 1237. Ялта. 1985. 96 с.
13. Гоедеке Г., Шеффлинг Х. Клоновая селекция в предварительном испытании по четырехпольному методу (перев. с нем.). Die Wein. Wissenscatt. 1970. XI - XII № 11, 12. P.447-489.
14. Студенникова Н.Л., Котоловец З.В. / Применение метода многокритериальной оптимизации для отбора кустов-родоначальников клонов в популяции винограда сорта Цитронный Магарача // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2014. № 1. С. 2-5.
15. Студенникова Н.Л. Котоловец З.В., Лиховской В.В. Методические рекомендации по применению метода многокритериальной оптимизации в клоновой селекции. Печатается по постановлению секции Ученого совета по виноградарству ФГБУН «ВНИИВиВ «Магарач» РАН» от 11.12.2018 г. Ялта. 2018.
16. Студенникова Н.Л., Котоловец З.В. Применение метода многокритериальной оптимизации для отбора кустов-родоначальников клонов в популяции винограда сорта Гарс Левелю // Магарач. Виноградарство и виноделие. 2014. № 2. С. 2-3.
17. Энциклопедия виноградарства. Кишинев: гл. ред. Молд. Сов. Энц. 1986. Т. 2. С. 52-53.
18. Кени Р.Л., Радора Х. Принятие решений при многих критериях замещения и предпочтения. М: Радио и связь. 1981. 560с.
19. Амирджанов А.Г., Сулейманов Д.С. Оценка продуктивности сортов винограда и виноградников (Методические указания). Баку, 1986. 54 с.

References

1. Metodicheskie rekomendacii po massovoj i klonovoj selekcii vinograda na produktivnost'. Yalta: VNIIViPP «Magarach». 1987. 35 s.

2. Klimenko V.P. Studennikova N.L., Kotolovec' Z.V. Pervichnyj otbor matochnykh kustov v populyacii sorta vinograda Citronnyj Magaracha // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2013. № 4. S. 2-4.
3. Mercenaro L. Intra-varietal Agronomical Variability in *Vitis vinifera* L. cv. Cannonau Investigated by Fluorescence, Texture and Colorimetric Analysis / L. Mercenaro, G. Usai, C. Fadda, G. Nieddu, A. del Caro // South African Journal for Enology and Viticulture. V.37, № 1. 2016. P. 67–78.
4. Downie D.A. Baubles, bangles, and biotypes: A critical review of the use and abuse of the biotype concept // Journal of Insect Science. 2010. V.10: Article 176. Available online: insectscience.org/10.176.
5. White M.L. Winter Injury to Grapevines and Methods of Prevention / M.L.White. – 2014. – <https://www.extension.iastate.edu/wine/viticulture>.
6. Erias-Dias J.E.J. Status of the Vitis national collection in Portugal. Report of a Working Group on Vitis Rome Italy: Bioversity International, 2008. pp. 93-94.
7. E. Peterlunger E. Celotti et al. Effect of Training System on Pinot Noir and Wine Composition. Amer.J. Enol. And Viticult. 2002. 53, No. 1. Pp. 14-18.
8. Zamanidi P.K. Semejstvo vinogradovye (*Vitaceae*) / Zemledelie i zhivotnovodstvo, Afiny. 2005. № 3: 22-26; № 5: 26-28 (grech.)
9. Metodicheskie rekomendacii po massovoj i klonovoj selekcii vinograda. Yalta: VNIIViV «Magarach», 1976. 31 s.
10. Lazarevskij M.A. Sortoizuchenie vinograda i uluchshenie sortov klonovym otborom (programma i metodika). Rostov na Donu: Rosizdat. 1952. 42s.
11. Zhivotovskij L.A., Altuhov Yu.P. Metod vydeleniya morfologicheskii «srednih» i «krajnih» fenotipov po sovokupnosti kolichestvennykh priznakov // Doklady Akademii nauk SSSR. 1980. T. 251. № 2. S. 473-476.
12. Otbor vysokoproduktivnykh klonov perspektivnykh sortov i zakladka klonoispytatel'nykh uchastkov dlya promyshlennogo klonovogo materiala: otchet o NIR (zaklyuch.) / IViV «Magarach». Inv. № 1237. Yalta. 1985. 96 s.
13. Goedeke G., Sheffling H. Klonovaya selekciya v predvaritel'nom ispytanii po chetyrekhpol'nomu metodu (perev. s nem.). Die Wein. Wissenscatt. 1970. XI - XII № 11, 12. R.447-489.
14. Studennikova N.L., Kotolovec' Z.V. / Primenenie metoda mno-gokriterial'noj optimizacii dlya otbora kustov-rodonachal'nikov klonov v populyacii vinograda sorta Citronnyj Magaracha // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2014. № 1. S. 2-5.
15. Studennikova N.L. Kotolovec' Z.V., Lihovskoj V.V. Metodicheskie rekomendacii po primeneniyu metoda mnogokriterial'noj optimizacii v klonovoj selekcii. Pechataetsya po postanovleniyu sekcii Uchenogo soveta po vinogradarstvu FGBUN «VNIIViV «Magarach» RAN» ot 11.12.2018 g. Yalta. 2018.
16. Studennikova N.L., Kotolovec' Z.V. Primenenie metoda mnogokriterial'noj optimizacii dlya otbora kustov-rodonachal'nikov klonov v populyacii vinograda sorta Gars Levelyu // Magarach. Vinogradarstvo i vinodelie. 2014. № 2. S. 2-3.
17. Enciklopediya vinogradarstva. Kishinev: gl. red. Mold. Sov. Enc. 1986. T. 2. S. 52-53.
18. Keni R.L., Radora H. Prinyatie reshenij pri mnogih kriteriyah zameshcheniya i predpochteniya. M: Radio i svyaz'. 1981. 560s.
19. Amirdzhanov A.G., Sulejmanov D.S. Ocenka produktivnosti sortov vinograda i vinogradnikov (Metodicheskie ukazaniya). Baku, 1986. 54 s.