

## ПРИМЕНЕНИЕ ФАКТОРНОГО АНАЛИЗА В ЦЕЛЯХ ПРОВЕДЕНИЯ СРАВНИТЕЛЬНОЙ АМПЕЛОГРАФИЧЕСКОЙ ОЦЕНКИ НОВЫХ ВИННЫХ СОРТОВ ВИНОГРАДА

Ройчев В.Р., д-р с.-х. наук

*Аграрный университет (Пловдив, Болгария)*

**Реферат.** В целях проведения сравнительной ампелографической оценки новых винных сортов винограда был использован факторный анализ. Он показал, что сорта статистически достоверно отличаются друг от друга почти по всем учетным агробиологическим и технологическим признакам, а также образуют две группы (кластеры). Применение факторного анализа дает возможность определить самые важные хозяйственно ценные признаки, от которых зависит количество урожая, собранного с куста. Их значение в структуре урожая сводится к обобщению в четыре фактора, которые в достаточной мере способны объяснить более 50 % их общего варьирования. На формирование урожая винограда у исследуемых сортов оказывают воздействие также факторы, которые находятся за пределами настоящего исследования.

**Ключевые слова:** факторный анализ, кластерный анализ, агробиологические и технологические признаки, новые винные сорта винограда, ампелографическая оценка

**Summary.** Factor analysis has been applied for a comparative ampelographic evaluation of the newly developed wine grape cultivars. It has been found that their differing is statistically proven by almost all studied agrobiological and technological indices, and they are divided into two groups (clusters). Factor analysis makes it possible to identify the most commercially important indices, which determine the quantity of the produced grape per vine. Their significance for yield structure is summarized in four factors, which are sufficient to explain more than half of their total variation. The analyzed factors are not the only ones to influence the formation of grape yield in the studied cultivars.

**Key words:** factor analysis, cluster analysis, agrobiological and technological indices, newly developed wine vine cultivars, ampelographic evaluation

**Введение.** Отбор винных сортов винограда как в давние времена, так и в наше время проводится не по состоянию его внешнего вида, а по технологическим признакам его как сырья для производства разных категорий, типов и видов вина, а также виноматериалов и сока. Одним из самых важных требований, которое предъявляется при выведении новых сортов винограда, является то, чтобы они отличались высокой плодоносностью и урожайностью. Известно, что эти исключительно важные хозяйственно ценные признаки обуславливаются большим количеством и разнообразием факторов, связанных с биологическими особенностями сорта и условиями среды. Их значение в области варьирования урожайности определяется с помощью метода коэффициентов путей, дающего возможность проделать анализ причин и распределить их воздействие на прямое и косвенное [1, 2]. Применение факторного анализа в ампелографических исследованиях винных сортов западно-европейской эколого-географической группы позволяет выявить наиболее ценные с хозяйственно-производственной точки зрения признаки, воздействующие на формирование урожая [3, 4, 5].

В целях ампелографического и селекционного изучения интерес представляет комплексное воздействие разных агробиологических и технологических признаков на признак, несущий в себе высшую степень обобщения, – урожай с куста винограда, рассматриваемый как итоговая переменная величина.

Целью настоящего исследования являлось выявление возможности применения факторного анализа в сравнительных ампелографических и селекционных исследованиях новых сортов винограда.

**Объекты и методы исследований.** Экспериментальная работа проводилась на четырех новых сортах винограда, предназначенных на производство белого вина, – Орфей (Мискет червен х Пино ноар), Ахелой (Юни блан х Мускат Отонел), Черноморски еликсир (Мискет портокалов цвят х Димят), Черноморски брильянт (Тамянка х Димят), и двух, предназначенных для производства красного вина – Евмолпия (Мавруд х Мерло) и Хеброс (Мискет червен х Пино ноар), выращиваемых на участках ампелографического сортоиспытания кафедры виноградарства Аграрного университета в г. Пловдиве.

На выборке из 25 типичных растений винограда, находящихся в соответствующем периоде вегетации, в течение пятилетнего периода проводилось исследование по определению ампелографических признаков – коэффициент плодоношения на побег (К), горошение ягод (%), средняя масса грозди (g), длина грозди (cm), ширина грозди (cm), семян на 100 ягод (число), масса семян на 100 ягод (g), урожай с куста (kg), средний вес 100 ягод (g), длина ягод (mm), ширина ягод (mm), сахара (%), кислоты (g/dm<sup>3</sup>) [6, 7].

Полученные биометрические данные были обработаны математическим путем с помощью статистического программного продукта IBM Statistics SPSS 24 [8, 9]. Для определения достоверных отличий между сортами по учетным признакам применялся однофакторный дисперсионный анализ, а оценка среднего проводилась по методу Duncan. Анализ генотипического соответствия между сортами осуществлялся в нисходящем кластеризационном процессе по методу межгруппового комбинирования [10, 11].

В настоящем исследовании применялся факторный анализ, с помощью которого велось комплексное изучение и учет воздействия факторов (признаков) на величину и изменение итоговой переменной (урожай с куста). При помощи этой статистической технологии осуществлялась группировка независимых переменных со сходными характеристиками в факторы на основе их взаимной корреляции, причем сокращение числа исследуемых переменных не вело за собой потерю информации.

**Обсуждение результатов.** Многосторонний сравнительный анализ показал, что у исследуемых сортов винограда – Евмолпия, Хеброс, Орфей, Ахелой, Черноморски еликсир и Черноморски брильянт наблюдаются достоверные отличия почти по всем биометрическим признакам (табл. 1). Только по показателю «коэффициент плодоношения на побег и число семян на 100 ягод» образуются по две группы достоверности, а в остальных случаях образуются по три или четыре статистические группы, обладающие достоверными отличиями в значениях агробиологических признаков. Наиболее высокими значениями отдельных признаков отличились сорта: Евмолпия – средняя масса грозди 360 g, длина и ширина грозди 20,8/13,87 cm, число и масса семян на 100 ягод – 220 и 7,79 g, урожай с куста 7,88 kg; Хеброс – число семян на 100 ягод – 221, сахара – 21,0 %; Орфей – коэффициент плодоношения на побег 1,47, число семян на 100 ягод – 225 и кислоты – 7,10 g/dm<sup>3</sup>; Ахелой – длина и ширина ягод 16,2/15,2 mm; Черноморски еликсир – число семян на 100 ягод – 221, средний вес 100 ягод – 247 g, длина и ширина ягод – 16,5/15,6 mm, сахара – 20,9 %; Черноморски брильянт – горошение ягод – 6,25 %, урожай с куста – 8,21 kg, ширина ягод – 15,3 mm, сахара – 21,0 %.

В зависимости от относительного расстояния и оценки по сходству исследуемые шесть сортов винограда были распределены в две группы (кластеры) (рис. 1).

Таблица 1 – Многосторонний сравнительный анализ ампелографических признаков у исследуемых сортов винограда

Сорт Признак	Коэффициент плодоношения на побег	Горошение ягод, %	Средняя масса грозди g	Длина грозди, cm	Ширина грозди cm	Семян на 100 ягод число	Масса семян на 100 ягод, g	Урожай с куста, kg	Средний вес 100 ягод, g	Длина ягод, mm	Ширина ягод mm	Сахара, %	Кислоты, g/dm <sup>3</sup>
Евмолпия	1,28 <sup>b</sup>	2,09 <sup>bc</sup>	360 <sup>a</sup>	20,8 <sup>a</sup>	13,87 <sup>a</sup>	220 <sup>a</sup>	7,79 <sup>a</sup>	7,88 <sup>a</sup>	175 <sup>c</sup>	12,0 <sup>e</sup>	11,4 <sup>c</sup>	20,4 <sup>ab</sup>	6,94 <sup>ab</sup>
Хеброс	1,33 <sup>b</sup>	2,05 <sup>bc</sup>	135 <sup>c</sup>	13,0 <sup>e</sup>	9,26 <sup>c</sup>	221 <sup>a</sup>	7,04 <sup>c</sup>	6,19 <sup>c</sup>	141 <sup>d</sup>	13,9 <sup>c</sup>	13,2 <sup>b</sup>	21,0 <sup>a</sup>	6,90 <sup>ab</sup>
Орфей	1,47 <sup>a</sup>	1,35 <sup>c</sup>	150 <sup>c</sup>	12,7 <sup>e</sup>	8,22 <sup>d</sup>	225 <sup>a</sup>	6,86 <sup>c</sup>	5,69 <sup>d</sup>	125 <sup>e</sup>	13,1 <sup>d</sup>	12,8 <sup>b</sup>	19,4 <sup>c</sup>	7,10 <sup>a</sup>
Ахелой	1,32 <sup>b</sup>	1,28 <sup>c</sup>	209 <sup>b</sup>	15,4 <sup>d</sup>	9,16 <sup>c</sup>	183 <sup>b</sup>	6,88 <sup>c</sup>	4,55 <sup>e</sup>	213 <sup>b</sup>	16,2 <sup>a</sup>	15,2 <sup>a</sup>	19,8 <sup>bc</sup>	6,29 <sup>c</sup>
Черноморски еликсир	1,38 <sup>ab</sup>	2,31 <sup>b</sup>	205 <sup>b</sup>	18,3 <sup>b</sup>	11,53 <sup>b</sup>	221 <sup>a</sup>	7,43 <sup>b</sup>	7,04 <sup>b</sup>	247 <sup>a</sup>	16,5 <sup>a</sup>	15,6 <sup>a</sup>	20,9 <sup>a</sup>	6,87 <sup>ab</sup>
Черноморски брильянт	1,38 <sup>ab</sup>	6,25 <sup>a</sup>	196 <sup>b</sup>	17,1 <sup>c</sup>	9,74 <sup>c</sup>	178 <sup>b</sup>	5,70 <sup>d</sup>	8,21 <sup>a</sup>	223 <sup>b</sup>	15,7 <sup>b</sup>	15,3 <sup>a</sup>	21,0 <sup>a</sup>	6,66 <sup>b</sup>

a, b, c,.....степень достоверности по методу Duncan при отклонении  $\alpha=0,05$

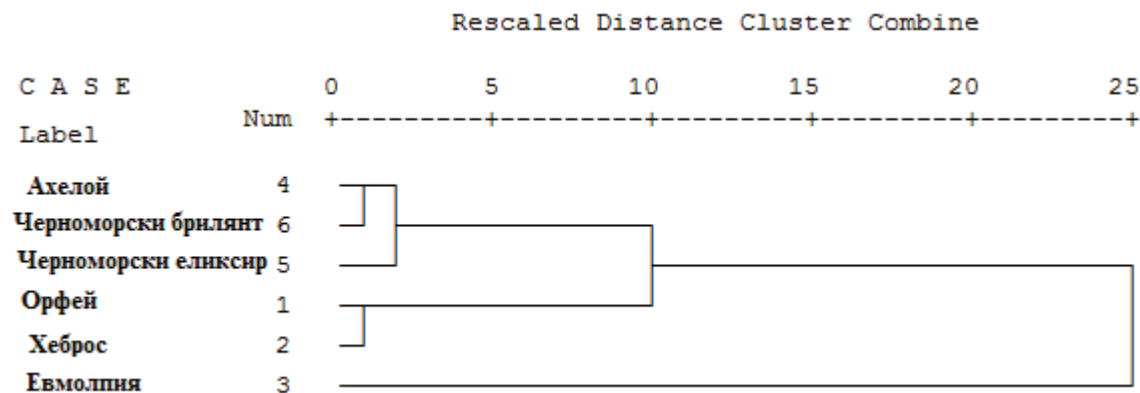


Рис. 1. Дендрограмма-кластеризация исследуемых сортов винограда

Таблица 2 – Факторное распределение ампелографических признаков, оказывающих воздействие на урожайность винограда исследуемых сортов

Сорт Признак	Орфей (70,6%)					Хеброс (70,8%)					Ахелой (57,3%)					Черноморски эликсир (67,6%)					Евмолпия (57,5%)					Черноморски брильянт (68,8%)				
	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F1	F2	F3	F4	F5	F6	F1	F2	F3	F4	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4	F5	F1	F2	F3	F4
Коэффициент плодоношения на побег						0,880						0,756			-0,723										0,711					0,612
Горшение ягод (%)					-0,528					0,848				0,653						-0,779					-0,681				0,657	
Средняя масса грозди (g)			0,568									0,698				-0,647													0,913	
Длина грозди (cm)		0,808						0,835								0,740							0,837				0,818			
Ширина грозди (cm)		0,783						0,892							-0,673		0,849						0,805				0,874			
Семян на 100 ягод, (число)				0,724						0,679				0,704					0,864					0,782	0,879					
Масса семян на 100 ягод (g)				0,781							0,627			0,673					0,889					0,870	0,851					
Средний вес 100 ягод (g)			-0,797						0,710							0,620														
Длина ягод (mm)	0,957						0,924						0,927				0,908					0,951				0,949				
Ширина ягод, (mm)	0,944						0,907						0,929				0,924					0,957				0,972				
Сахара (%)									0,832						0,646					0,814								0,715		
Кислоты (g/dm <sup>3</sup> )					0,798					-0,719					-0,646						0,818									
Факторное воздействие (%)	15,9	12,0	11,8	11,4	9,9	9,5	16,5	12,8	11,3	11,2	9,6	9,4	16,9	15,3	13,6	11,5	17,4	15,0	13,7	11,7	9,8	16,5	15,0	14,7	11,3	16,9	16,2	14,1	12,2	9,1

К первому кластеру относятся Ахелой, Черноморски еликсир и Черноморски брильянт, а ко второму – Орфей и Хеброс. Сорта этих групп характеризуются высокой степенью сходства в значениях агробиологических и технологических признаков, что дает возможность при применении определенного метода селекции рассматривать их как почти одинаковые. Относительные расстояния между отдельными вариантами находятся в пределах 0,0 до 0,5. Сорт Евмолпия по своим значениям учетных признаков существенно отличается от всех остальных сортов. Его специфика требует изучения в последующей селекционной работе.

Из факторного распределения ( $F_n$ ) полученных агробиологических и технологических биометрических данных видно, что на формирование урожая винограда у сортов Орфей и Хеброс воздействие оказывают шесть обобщающих факторов (70,6 % и 70,8 %), у Черноморски еликсир и Черноморски брильянт - пять (67,6 % и 68,8 %), а у Ахелой и Евмолпия – четыре (57,3 % и 57,5 %), причем каждый из них охватывает от одного до трех признаков (табл. 2).

В обобщающий фактор  $F_1$  у большинства сортов входят *длина и ширина ягод* с факторным воздействием 15,9 %-16,9 %, причем лишь только у двух сортов обнаруживаются отличия: у Черноморски еликсир (*длина и ширина грозди* - 17,4 %) и у Черноморски брильянт (*число и масса семян на 100 ягод* - 16,9 %). Все признаки характеризуются положительным воздействием на количество урожая винограда.

В  $F_2$  – это *длина и ширина грозди* (12,0-15,0 %) у сортов Орфей, Хеброс и Евмолпия, *длина и ширина ягод* (15,0 % -16,2 %) у Черноморски еликсир и Черноморски брильянт, а у Ахелой признаки *число и масса семян на 100 ягод* (15,3 %) оказывают положительное воздействие на зависимую переменную, а *ширина грозди* – отрицательное.

Третий фактор ( $F_3$ ) охватывает разные признаки у отдельных сортов. Лишь у сортов Черноморски еликсир и Евмолпия они совпадают: *число и масса семян на 100 ягод* – 13,7 % и 14,7 %. Положительное воздействие на количество урожая оказывают *средняя масса грозди* (Орфей), *средний вес 100 ягод* и *сахара* (Хеброс), *горошение ягод* и *сахара* (Ахелой), а также *длина и ширина грозди* (Черноморски брильянт), а отрицательные значения обнаруживаются по признакам *средний вес 100 ягод* (Орфей) и *коэффициент плодоношения на побег* (Ахелой).

В  $F_4$  наблюдается еще более широкое разнообразие учетных признаков по сортам, в то время как их факторное воздействие на формирование урожая снижается. Оно является положительным по признакам: *число и масса семян на 100 ягод* (Орфей), *число семян на 100 ягод* (Хеброс), *средний вес 100 ягод* (Ахелой), *сахара* (Черноморски еликсир), *коэффициент плодоношения на побег* (Евмолпия), *коэффициент плодоношения на побег* и *горошение ягод* (Черноморски брильянт), а отрицательное по признакам: *кислоты* (Хеброс), *средняя масса грозди* и *кислоты* (Ахелой), *горошение ягод* (Черноморски еликсир и Евмолпия). Почти все признаки в  $F_5$  и  $F_6$  обладают положительным воздействием на урожайность.

Выраженное путем стандартных коэффициентов регрессии ( $Beta$ ) прямое воздействие факторов показало, что наиболее высоким достоверным положительным значением для повышения урожая винограда у сорта Орфей обладает  $F_2$  (0,211), в то время как у Хеброс – это  $F_3$  (0,125), у Евмолпия –  $F_1$  (0,200), у Ахелой –  $F_4$  (0,175), у Черноморски еликсир –  $F_2$  (0,207), а у Черноморски брильянт –  $F_5$  (0,179) (табл. 3).

Коэффициенты регрессионной модели зарекомендовали себя как статистически значимые, так как степени их статистической значимости (Sig.) находятся в значениях ниже отклонения – 0,05. Низкие коэффициенты детерминации у всех сортов свидетельствуют о том, что определение урожая с куста происходит не только по учетным признакам в обобщающих факторах.

Применение факторного анализа в процессе синхронного изучения воздействия признаков на урожайность всех изучаемых сортов показало, что их можно обобщить в четыре фактора, в достаточной мере объясняющих 62,0 % их общего варьирования (табл. 4).

Таблица 3 – Коэффициенты регрессионной модели изменения ампелографических признаков, оказывающих воздействие на урожайность винограда у исследуемых сортов

Сорт	Фактор	Коэффициент регрессии (B)	Стандартизованный коэффициент регрессии (Beta)	Sig.
Орфей	(Константа)	5,691		
	F <sub>1</sub>	-0,065	-0,044	0,054
	F <sub>2</sub>	0,309	0,211	0,025
	F <sub>3</sub>	-0,289	-0,198	0,045
	F <sub>4</sub>	0,301	0,206	0,038
	F <sub>5</sub>	-0,043	-0,029	0,024
	F <sub>6</sub>	0,018	0,013	0,051
Коэффициент детерминации	R <sup>2</sup> =12,9%			
Хеброс	(Константа)	6,191		
	F <sub>1</sub>	-0,037	-0,023	0,048
	F <sub>2</sub>	0,038	0,024	0,055
	F <sub>3</sub>	0,204	0,125	0,047
	F <sub>4</sub>	-0,182	-0,112	0,033
	F <sub>5</sub>	-0,120	-0,074	0,049
	F <sub>6</sub>	-0,183	-0,113	0,023
Коэффициент детерминации	R <sup>2</sup> =4,8%			
Евмолпия	(Константа)	7,885		
	F <sub>1</sub>	0,402	0,200	0,022
	F <sub>2</sub>	-0,205	-0,102	0,033
	F <sub>3</sub>	0,186	0,092	0,041
	F <sub>4</sub>	0,111	0,055	0,047
Коэффициент детерминации	R <sup>2</sup> =6,2%			
Ахелой	(Константа)	4,547		
	F <sub>1</sub>	-0,071	-0,054	0,044
	F <sub>2</sub>	-0,277	-0,213	0,049
	F <sub>3</sub>	-0,077	-0,059	0,054
	F <sub>4</sub>	0,228	0,175	0,050
Коэффициент детерминации	R <sup>2</sup> =8,4%			
Черноморски еликсир	(Константа)	7,035		
	F <sub>1</sub>	0,094	0,069	0,055
	F <sub>2</sub>	0,282	0,207	0,044
	F <sub>3</sub>	0,272	0,199	0,041
	F <sub>4</sub>	-0,311	-0,228	0,049
	F <sub>5</sub>	-0,183	-0,134	0,050
Коэффициент детерминации	R <sup>2</sup> =15,7%			
Черноморски брильянт	(Константа)	8,208		
	F <sub>1</sub>	-0,040	-0,018	0,049
	F <sub>2</sub>	-0,133	-0,061	0,051
	F <sub>3</sub>	-0,245	-0,113	0,039
	F <sub>4</sub>	-0,590	-0,272	0,028
	F <sub>5</sub>	0,388	0,179	0,015
Коэффициент детерминации	R <sup>2</sup> =12,3%			

Таблица 4 – Общее факторное распределение воздействия ампелографических признаков на урожайность винограда исследуемых сортов

Признаки	F <sub>1</sub>	F <sub>2</sub>	F <sub>3</sub>	F <sub>4</sub>
Коэффициент плодоношения на побег				
Горошение ягод (%)				
Средняя масса грозди (g)	0,774			
Длина грозди (cm)	0,892			
Ширина грозди (cm)	0,832			
Семян на 100 ягод (число)			0,826	
Масса семян на 100 ягод (g)			0,825	
Средний вес 100 ягод (g)		0,629		
Длина ягод (mm)		0,940		
Ширина ягод (mm)		0,930		
Сахара (%)				0,606
Кислоты (g/dm <sup>3</sup> )				0,524
Факторное воздействие (62,0 %)	19,5 %	18,9 %	13,8 %	9,8 %

Таблица 5 – Коэффициенты регрессионной модели изменения ампелографических признаков, оказывающих воздействие на урожайность исследуемых сортов

Сорт	Фактор	Коэффициент регрессии (B)	Прямое воздействие факторов (Beta)	Sig.
	(Константа)	6,593		
	F <sub>1</sub>	0,657	0,312	0,012
	F <sub>2</sub>	0,009	0,004	0,050
	F <sub>3</sub>	-0,069	-0,033	0,049
	F <sub>4</sub>	0,177	0,084	0,045
Коэффициент детерминации	R <sup>2</sup> =10,6%			

С помощью признаков *средняя масса грозди*, *длина грозди* и *ширина грозди* выражается 19,5 % общего варьирования у исследуемых сортов винограда. Они являются основополагающими при делении сортов на группы, так как их относительная степень варьирования в наибольшей мере коррелирует с первым основным компонентом. Второй основной компонент является основой для объяснения 18,9 % общего варьирования, причем самые высокие коэффициенты корреляции здесь были обнаружены по признакам *средний вес 100 ягод*, *длина ягод* и *ширина ягод*. На долю третьего основного компонента приходится объяснение 13,8 % общего варьирования, в основном по признакам *число семян на 100 ягод* и *масса семян на 100 ягод*. С помощью четвертого объясняется 9,8% общего варьирования, где наивысшей степенью корреляции обладает признак *сахара*.

Анализ коэффициентов регрессионной модели изменения учетных признаков Beta показал, что отрицательные значения и воздействие были обнаружены лишь у F<sub>3</sub> (-0,033) (табл. 5). Самым высоким прямым воздействием на урожайность отличились признаки из обобщенного фактора F<sub>1</sub> (0,312), за ними следуют признаки из F<sub>4</sub> и F<sub>2</sub>. Коэффициенты регрессионной модели являются статистически значимыми. Низкие значения коэффициента детерминации указывают на то, что на формирование урожая винограда с одного куста у исследуемых сортов воздействие оказывают и другие признаки помимо учетных.

**Выводы.** Винные сорта винограда Орфей, Ахелой, Черноморски еликсир, Черноморски брильянт, Евмолпия и Хеброс обладают статистически достоверными отличиями почти по всем учетным агробиологическим и технологическим признакам и делятся на две группы (кластеры). В первый кластер входят Ахелой, Черноморски еликсир и Черноморски брильянт, а во второй – Орфей и Хеброс. Сорт Евмолпия существенно отличается по значениям учетных признаков от всех сортов, что делает его перспективным для последующего изучения в селекции.

Путем применения факторного анализа в сравнительных ампелографических исследованиях винных сортов винограда можно определить наиболее важные хозяйственно-ценные признаки, от которых зависит количество урожая, полученного с куста винограда. Большинство из них оказывают положительное воздействие на урожайность, и они группируются в четыре или шесть обобщающих факторов.

Урожайность у большинства сортов винограда, прошедших исследование, обуславливается, в основном, признаками *длина и ширина ягод и грозди*. Распределение их статистически значимого прямого положительного воздействия выражено при помощи факторов от  $F_1$  до  $F_5$ . Значение учетных признаков в структуре урожая у всех сортов обобщается в четыре фактора, объясняющих в достаточной мере свыше 50% их общего варьирования.

Наиболее высоким достоверным прямым воздействием на урожайность у всех сортов отличаются признаки из обобщенного фактора  $F_1$ , за ними следуют признаки из  $F_4$  и  $F_2$ . На формирование урожая с куста винограда у исследуемых сортов оказывают воздействие также другие факторы, не рассматриваемые в настоящем исследовании.

### Литература

1. Mokreva T., V. Roichev, 2004. An Efficient Correlation Model for the Study of Grape Cultivars (Vitis vinifera L.) Fertility. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 10, 4, 423-428. National Centre for Agrarian Sciences.
2. Мокрева Т., 2007. Сравнителни характеристики на статистически критерии и алгоритми за оценка на експериментални данни от лозарството. Дисертация, Пловдив, 145 с.
3. Симеонов И., В. Ройчев, Т. Мокрева, 2015. Приложение на факторния анализ за сравнителна оценка на агробиологични и технологични характеристики на популация и клонове от сорт Димят. Селскостопанска Академия. Растениевъдни науки, София, Год. LII, No. 4, 43-58.
4. Simeonov I., T. Mokreva, V. Roychev, 2016. Ampelographic evaluation of population and clones of Misket vrachanski variety. Bulgarian Journal of Agricultural Science, 22 (No 2), 234-244 Agricultural Academy.
5. Ройчев В., 2017. Ампелографическая оценка сортов винограда западноевропейской эколого-географической группы. Русский виноград. Сборник научных трудов, Том 6, Новочеркасск, ВНИИВиВ, Россия, 51-60.
6. Българска Ампелография, 1990. Обща ампелография. Издателство на Българската академия на науките. Селскостопанска академия. Институт по Лозарство и винарство - Плевен. София, т. I, 296 с.
7. Ройчев В., 2012. Ампелография. Академично издателство на Аграрен Университет-Пловдив, 574 с.
8. Iliev I. P., S. G. Gocheva-Ilieva, D. N. Astadjov, N. P. Denev, N. V. Sabotinov, 2008. Statistical approach in planning experiments with a copper bromide vapor laser. Quantum Electron., vol. 38, N 5, pp. 436-440.
9. Landau S., B. Everitt, 2004. A Handbook of Statistical Analyses using SPSS, Charman & Hall/CRC Press LLC, Boca Raton, London, New York, Washington, 311 с.,
10. Everitt B. S., 1979. Unresolved Problems in Cluster Analysis. Biometrics, 35, 169-181.
11. Bryant F., P. Yarnold, 1994. Principal components analysis and exploratory and confirmatory factor analysis. American Psychological Association Books, Editors: LG Grimm, PR Yarnold, pp. 99-136.