

## ПЕРСПЕКТИВЫ ЦИФРОВИЗАЦИИ ТЕХНОЛОГИЙ ПРИМЕНЕНИЯ РЕГУЛЯТОРОВ РОСТА В ВИНОГРАДАРСТВЕ

Казахмедов Р.Э., д-р биол. наук

*Дагестанская селекционная опытная станция виноградарства и овощеводства – филиал Федерального государственного бюджетного научного учреждения «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства, виноградарства, виноделия» (Дербент)*

Казахмедов Т.Р., магистр 2-го года обучения

*Институт математики, механики и компьютерных наук  
Южного Федерального Университета (Ростов-на-Дону)*

**Реферат.** В статье представлены основные сведения о технологии применения регуляторов роста для повышения содержания сахаров в ягодах винограда и получения бессемянной продукции. Представлены механизмы и модели реализации эффектов регуляторов роста. С использованием базы данных влияния регуляторов роста на развитие элементов ягоды более 60 семенных и бессемянных сортов винограда, разработана программа подбора регуляторов для конкретного семенного сорта. В качестве исходной биологической величины, отражающей генетические особенности семенного сорта и лежащей в основе работы программы, использован интегрированный и константный показатель сорта – семенной индекс (отношение массы мякоти к массе семян в ягоде). Программа позволяет выбрать оптимальные регламенты применения регуляторов роста в практических целях для индукции бессемянности, ускорения начала созревания урожая, повышения содержания сахаров в ягодах и улучшения качества продукции.

**Ключевые слова:** виноград, семенной индекс, регуляторы роста, бессемянность, ускорение созревания, цифровизация, технология

**Summary.** The article presents the main information of the technology of growth regulators application to increase in the sugar content of the grape berries and to create the seedless products. Mechanisms and models of realization of growth regulators effects are presented. Using the database of the influence of growth regulators on the development of berry elements more than 60 seed and seedless grape varieties, a program for the selection of growth regulators for a particular seed variety is working out. As an initial biological value that is a basis of program's work and reflects the genetic characteristics of the seed variety, the integrated and constant variety indicator – the seed index (the ratio of the pulp mass to the seed mass in the berry) was used. The program allows you to choose the optimal regimes of growth regulators using for the induction of seedlessness, accelerating the beginning of ripening, increasing in the sugar content in the berries and improving the quality of products.

**Key words:** grapes, seed index, growth regulators, seedlessness, acceleration of ripening, digitalization, technology

**Введение.** Одним из приоритетных направлений экономической политики современной России следует назвать переход на цифровые технологии производства, цифровизацию экономики [1]. Реализация важных задач по разработке и внедрению новых технологий производства, переработки и хранения винограда, ускорению создания новых отечественных сортов невозможна без применения современных методов моделирования,

контроля и управления технологическими и селекционными процессами. Для ускорения технологического развития отрасли виноградарства необходимо развитие исследований, организация разработки и применения цифровых технологий, что следует признать актуальной задачей и одним из главных направлений повышения конкурентоспособности отечественной продукции.

Известно, что для бессемянных сортов винограда разработана эффективная технология применения регуляторов роста, в частности гиббереллина, для повышения продуктивности насаждений и качества сушёной продукции. Но при разработке технологии их применения на семенных сортах винограда возникают трудности, обусловленные различными биологическими особенностями семенных сортов. Попытки повысить урожайность большинства семенных сортов применением чистого гиббереллина мало успешны. Однако большее значение гиббереллин имеет в повышении качества продукции семенных сортов – увеличении массовой концентрации сахаров в ягодах, получении бессемянных ягод.

Эффективность гиббереллина повышается или его отрицательное действие смягчается при совместном его использовании с препаратами цитокининовой и ауксиновой природы. При этом расширяется диапазон направлений эффективного использования гиббереллина и фитогормонов других групп в регуляции степени развития семян – от получения бессемянных ягод, то есть полного отсутствия семян, до ингибирования развития зародыша после оплодотворения (стеноспермокарпия).

Анализ литературных источников и результатов наших исследований показывает, что применение регуляторов роста на семенных сортах фактически в своей основе сводится к регуляции формирования семян в ягоде. Экзогенное регулирование степени развития семян в ягоде в зависимости от цели применения регуляторов роста – необходимое условие эффективного их использования. Иными словами, эффективное применение регуляторов роста на семенных сортах – это, в первую очередь и главным образом, экзогенный контроль над формированием и развитием семян в ягоде [2-6].

Важным направлением применения регуляторов роста на семенных сортах винограда стало получение бессемянных ягод. Наши исследования показали, что соотношение ягод различных типов, в частности бессемянных развитых и бессемянных недоразвитых, при применении регуляторов роста как отдельно, так и совместно, определяется биологическими особенностями семенного сорта – склонностью к преимущественному развитию околоплодника или семяпочки. Оказалось, что чем больше склонность семенного сорта к преимущественному (автономному) росту околоплодника, тем больше формируется бессемянных ягод и выше доля бессемянных развитых ягод, имеющих практическую значимость [7].

Известно, что масса семени растений – консервативный признак, и данный показатель реагирует на ухудшение физиологических условий формирования ягоды винограда в последнюю очередь. В наших исследованиях это особенно проявлялось на сортах, склонных к преимущественному развитию семяпочек и семян (группа Каберне-Совиньон), что выражалось не только в постоянстве массы одного семени, но и в трудности индукции бессемянности у данных сортов по сравнению с сортом Агадаи, с преимущественным ростом околоплодника (группа Агадаи).

Многолетние исследования (1987-2015 гг.) по изучению влияния различных физиологически активных веществ на развитие генеративных органов семенных сортов винограда позволили разработать элементы технологии их применения для получения бессемянных ягод. Некоторые элементы технологии были испытаны в производственных условиях Дагестана. Следует признать, что очень важно не только прогнозировать реакцию семенных сортов на применение регуляторов роста. Для успешного их практического применения считаем актуальным разработку компьютерных программ подбора оптималь-

ных регламентов для конкретного сорта в зависимости от его биологических особенностей и предполагаемого направления использования продукции.

Цель настоящей работы – разработка цифровой программы подбора эффективных регламентов применения регуляторов роста для ускорения начала созревания урожая и получения бессемянной продукции на основе генетических особенностей сорта и базы данных влияния регуляторов роста на формирование генеративных органов винограда.

**Объекты и методы исследований.** Использовалась база данных многолетних исследований (1987-2015 гг.) по изучению формирования генеративных органов и влияния регуляторов роста различного механизма действия (гиббереллины, цитокинины, ауксины, стрептомицин), концентраций, соотношения и сроков их применения на развитие элементов ягоды более 60 семенных и бессемянных сортов винограда различной генеалогии в разных эколого-климатических условиях (Дагестан, Ростовская область, Узбекистан).

База данных содержит информацию о влиянии трех групп регуляторов роста стимулирующего действия и антибиотика при отдельном и совместном применении:

*А) по трем градациям действующего вещества:*

- гиббереллин А<sub>3</sub> – 10; 25; 50 мг/л;
- цитокинины – 2,5; 5; 10 мг/л;
- ауксины – 2,5; 5,10 мг/л;
- стрептомицин – 100; 200; 400 мг/л.

*Б) по 4 срокам применения (этапам органогенеза):*

- I – массовое цветение (опыление);
- II – конец цветения (оплодотворение);
- III – 5-7 дней после окончания цветения (постоплодотворение);
- IV – 10-15 дней после окончания цветения (начало эмбриогенеза).

Компьютерная программа для подбора целесообразных регламентов применения регуляторов роста реализована в среде разработки Delphi XE8 на языке программирования Delphi. Исходной биологической величиной, характеризующей сорт и лежащей в основе работы цифровой программы, является семенной индекс сорта – отношение массы мякоти к массе семян. Семенной индекс сорта является показателем, характеризующим морфофизиологические процессы, протекающие в ягоде, отражающие генетическую предрасположенность сорта к преимущественному росту семян или околоплодника [7].

**Обсуждение результатов.** Прежде рассмотрим кратко реакцию винограда на применение регуляторов роста различных групп (на примере семенного столового сорта Хусайне белый).

**Гиббереллин (ГКз).** Обработка гиббереллином вызывала высокую степень бессемянности (более 80 %), но при этом доля бессемянных развитых ягод не превышала 30 %. Эффективность данного препарата тем выше, чем раньше проводилась обработка. Ухудшение обеспеченности ассимилятами сопровождается снижением показателей бессемянности, тогда как повышенный фон питания усиливает действие гиббереллина. Особенно четко такое влияние проявляется при сравнительно ранних сроках обработки. Аналогично изменяется и масса бессемянных ягод: чем выше уровень питания соцветий, тем больше и величина бессемянных ягод.

**Цитокинины** (тидазурон, дропп, форхлорфенурон, цитодеф, 6-БАП). Действие препаратов аналогично по срокам применения влиянию гиббереллина на показатели бессемянности, однако выражено слабее. При этом бессемянность не превышала 50 %. Масса

бессемянных ягод, в целом, ниже, чем масса бессемянных ягод, полученных после обработки гиббереллином.

**Ауксины (альфа - НУК, 4-ХФК).** Наибольшую эффективность ауксиновый препарат проявлял при обработке в период цветения (бессемянность 75 %), Особенностью действия препарата является очень низкая доля бессемянных развитых ягод (менее 5 %), независимо от сроков его применения. Только при повышенном уровне питания соцветий и обработке на этапе постоплодотворения доля развитых бессемянных ягод достигала 30 %.

**Совместное применение Гк+Ц+А.** Показатель бессемянности при совместном применении указанных препаратов достигал 90 и более процентов. При обработке после цветения формировалось больше бессемянных развитых ягод.

**Стрептомицин.** Влияние стрептомицина в наибольшей степени проявлялось при обработке на этапе цветения: показатель бессемянности составил около 37 %, более 50 % он достигал на пониженном фоне питания соцветий при обработке на этапе постоплодотворения. Бессемянные ягоды, сформировавшиеся при обработке стрептомицином, отличались слабым ростом и небольшой конечной величиной.

**Гк+стрептомицин.** При совместном применении гиббереллина и стрептомицина, имеющих, на наш взгляд, разные точки приложения в процессе формирования бессемянных ягод, отмечался синергетический эффект. Наибольшую эффективность смесь проявляла при обработке на этапе цветения, когда показатель бессемянности составлял более 95%. На повышенном фоне питания завязывалось больше бессемянных развитых ягод, и одновременно повышалась их масса.

Исследования показали, что наиболее оптимальным для семенных сортов винограда является индукция стеноспермокарпии – то есть обработка на этапе постоплодотворения, но при условии, что регуляторы роста использованы совместно. Важное значение для практического получения бессемянных ягод имеет подбор концентраций в смеси при обработке соцветий для конкретного семенного сорта.

Нами выявлен механизм действия регуляторов роста на процесс созревания и сахаронакопления в ягодах. Установлено, что при обработке регуляторами роста на определенных стадиях развития семяпочки соцветий винограда запускается механизм абортации зародыша в семени вследствие нарушения гормонального баланса в семяпочках. Однако, при этом развитие интегументов не нарушается, размеры и форма семян соответствуют сортовым особенностям. В то же время масса семян снижается почти в 2-3 раза (до 20 мг – 4 класс бессемянности по К.В. Смирнову). Предполагаем, что именно накопление ассимилятов в околоплоднике из-за нарушения развития зародыша и эндосперма может являться причиной более высокого содержания сухих веществ в соке ягод (у винограда они представлены моносахарами). Более того, отсутствие нормально развивающегося зародыша, запускает механизм старения генеративных органов винограда (ягод) в биологическом смысле, что выражается в переходе ягод винограда после первой фазы роста к третьей, минуя вторую. Именно за счёт отсутствия второй фазы роста и ускоряется начало созревания ягод винограда при обработке регуляторами роста на 15- 25 дней (рис. 1).

Состав, соотношение и сроки применения регуляторов роста зависят от особенностей сортов и от цели их применения – полное отсутствие семян или ускорение созревания урожая, получение столового винограда или на переработку.

Семенные сорта могут быть отнесены к различным группам по особенностям роста семян и околоплодника на ранних этапах развития ягоды в первые 10 дней после опыления (массового цветения): семенные сорта группы Агадаи – сорта с преимущественным ростом околоплодника и семенные сорта группы Каберне-Совиньон, сорта с преимуще-

ственным ростом семяпочек и семян. Эти особенности семенных сортов должны лежать в основе выбора моделей применения регуляторов роста в практических целях (табл.).

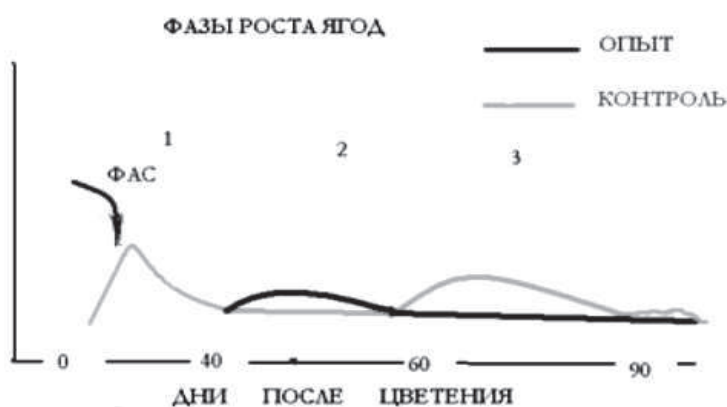


Рис.1. Механизм ускорения срока созревания ягод винограда [7]

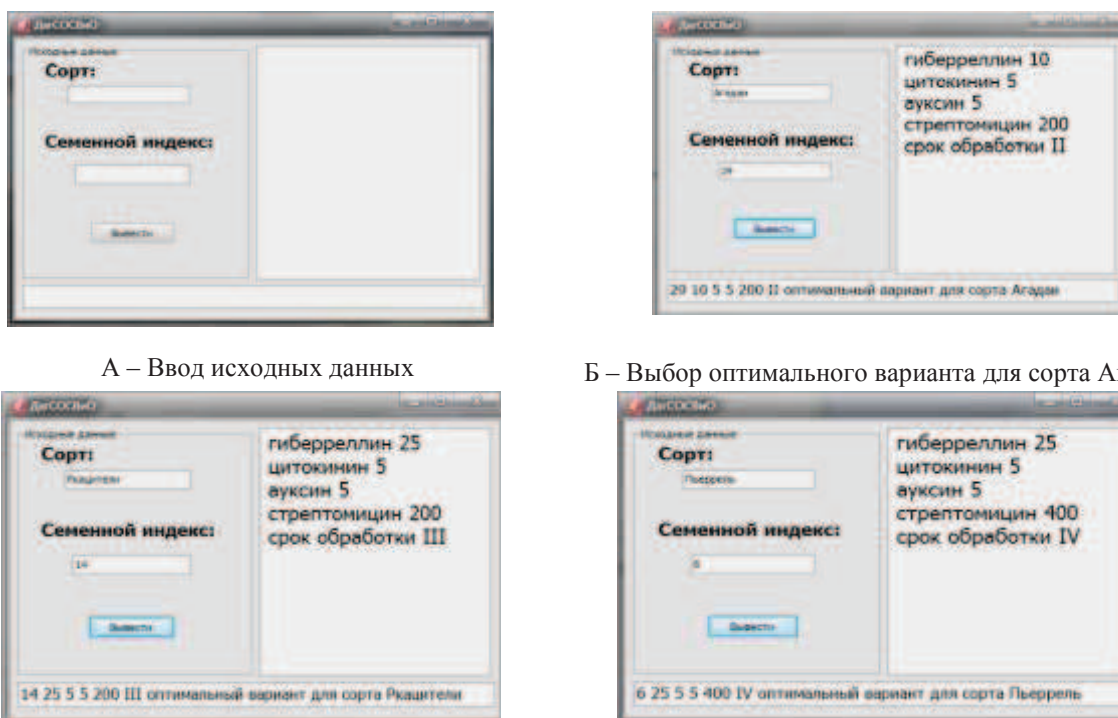
Модели применения регуляторов роста на семенных сортах винограда

Группа семенных сортов	Биологические особенности	Развитие элементов завязи	Практические рекомендации
I	Функциональная партенокарпия и стеноспермокарпия, преимущественный рост околоплодника	Высокая интенсивность роста околоплодника, низкая интенсивность роста семяпочек	Индукция стеноспермокарпии, получение бессемянных ягод, повышение сахаронакопления – обработки на этапе постоплодотворения
II	Функциональная стеноспермокарпия	Средняя интенсивность роста семяпочек и околоплодника	Индукция стеноспермокарпии и феноспермии –обработки на этапе постоплодотворения
III	Функциональная феноспермия, преимущественный рост семяпочек	Низкая интенсивность роста околоплодника, высокая интенсивность роста семяпочек	Индукция феноспермии повышение сахаронакопления – обработки на этапе начало эмбриогенеза

Однако, несмотря на относительную несложность подбора препаратов при наличии базы данных по сорту, трудно прогнозировать и подобрать состав смеси и сроки обработки для конкретного сорта при отсутствии экспериментальных данных по определённому семенному сорту.

Это обстоятельство может затруднить или ограничить возможности применения и внедрения технологии применения регуляторов роста в производство, а также и у любителей-виноградарей. Более того, в последнее время начали возделывать большое число новых сортов винограда, по которым отсутствует информация об их реакции на обработку регуляторами роста.

Разработанная цифровая программа позволяет подобрать регламенты применения (состав, соотношение в смеси, концентрации действующего вещества, срок обработки) регуляторов роста для конкретного семенного сорта по величине его семенного индекса. Работа в программе очень проста, осуществляется введением семенного индекса сорта и подразумевает на выходе получение оптимальных регламентов применения регуляторов роста для индукции различной степени бессемянности и ускорения начала созревания урожая семенных сортов (рис. 2).



А – Ввод исходных данных

Б – Выбор оптимального варианта для сорта Агадаи

В – Выбор оптимального варианта для сорта Ркацители

Г – Выбор оптимального варианта для сорта Пьеррель

Рис. 2. Компьютерная программа для подбора целесообразных регламентов применения регуляторов роста (А – ввод исходных данных; Б / В / Г – выбор оптимального варианта для сорта Агадаи / Ркацители / Пьеррель)

**Заключение.** Важным направлением применения регуляторов роста на семенных сортах винограда стало получение бессемянных ягод, повышение содержания сахаров в ягодах и ускорение начала созревания урожая. С использованием базы данных влияния регуляторов роста на развитие элементов ягоды более 60 семенных и бессемянных сортов винограда разработана программа подбора регуляторов для конкретного семенного сорта.

В качестве исходной биологической величины, отражающей генетические особенности семенного сорта и лежащей в основе работы программы, использован интегрированный и константный показатель сорта – семенной индекс (отношение массы мякоти к массе семян в ягоде). Работа в программе осуществляется введением семенного индекса сорта с получением оптимальных регламентов применения регуляторов роста для индукции различной степени бессемянности и ускорения начала созревания семенных сортов винограда.

### Литература

1. Программа «Цифровая экономика Российской Федерации» [Электронный ресурс]. 2018. URL: <http://static.government.ru/media/files/9gFM4FHj4PsB79I5v7yLVuPgu4bvR7M0.pdf>
2. Казахмедов Р.Э. Физиологические основы применения регуляторов роста на семенных сортах винограда *Vitis vinifera* L. Виноделие и виноградарство 2013. № 2. С. 36-37.
3. Казахмедов Р.Э. Биологические основы формирования бессемянных ягод у семенных сортов винограда и способы их получения с использованием регуляторов роста. М.: МСХА, 1996. 149 с.
4. Казахмедов Р.Э., Смирнов К.В. Особенности развития ягод винограда с различным количеством семян // Виноделие и виноградарство. 2003. № 5. С. 42-44.
5. Казахмедов Р.Э. Получение бессемянных ягод у семенных сортов винограда *V. Vinifera* L. путем применения регуляторов роста : автореф. дис. ... канд. с.-х. наук : 06.01.08 / Казахмедов Рамидин Эфендиевич. Ялта. 1992. 28 с.
6. Регуляторы роста на виноградниках Дагестана / Р.Э. Казахмедов, Т.Ф. Ремиханова, М.С. Халифатов, А.Х. Агаханов // Виноделие и виноградарство. 2008. № 3. С. 44-45.
7. Казахмедов Р.Э. Физиологические основы формирования генеративных органов и пути индуцирования бессемянности у семенных сортов винограда : дисс. ... д-ра биол. наук : 03.00.12 / Казахмедов Рамидин Эфендиевич. М., 2000. 373 с.