

**АСК-АНАЛИЗ РЕГЕНЕРАЦИОННОЙ СПОСОБНОСТИ ЧЕРЕНКОВ ВИНОГРАДА**

**Радчевский П.П.**, канд. с.-х. наук, **Луценко Е.В.**, д-р экон. наук, канд. техн. наук

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Кубанский государственный аграрный университет имени И.Т. Трубилина» (Краснодар)*

**Реферат.** Приведены результаты исследований по применению АСК-анализа для установления причинно-следственных связей между укореняемостью черенков шести сортов винограда и факторами, её обуславливающими.

**Ключевые слова:** виноград, черенки, регенерационная способность, причинно-следственные связи, АСК-анализ

**Summary.** The results of studies on the use of ASK analysis are presented to establish cause-consequence relationships between rooting the cuttings of six grape varieties and the factors that cause it.

**Key words:** grapes, cuttings, regenerative ability, cause-consequence relationships, ASK-analysis

**Введение.** Успех выращивания корнесобственных саженцев винограда во многом определяется регенерационной активностью черенков, которая включает побего- и корнеобразовательную способность. Наиболее важной является корнеобразовательная (ризогенная) способность или активность черенков. Она зависит от многих эндогенных и экзогенных факторов, таких, например, как сортовые особенности, запас пластических веществ черенков, степень их зрелости, гормональная активность, размерные характеристики, зона заготовки на однолетнем побеге, возраст маточных кустов, особенности их агротехники, сроки заготовки и условия хранения черенков, способы их предпосадочной подготовки и другое [1]. К основным показателям корнеобразовательной способности черенков относятся укореняемость – доля (процент) черенков с корнями, длина предкорневого периода, среднее количество образовавшихся на черенках корней, доля черенков с тремя корнями и более, суммарная длина корней, средняя длина корня, длина зоны корнеобразования [2].

Во время укоренения черенков в них происходят сложные физиологические и биохимические процессы, проявлением которых служат многочисленные корреляционные взаимосвязи и взаимозависимости. Раскрытие особенностей проявления этих взаимосвязей, помогает выяснить природу корнеобразовательной способности черенков, степень влияния изучаемых факторов на различные показатели корнеобразовательной способности, наметить пути увеличения этой способности [1, 3, 4].

Для установления корреляционных связей между показателями корнеобразовательной способности черенков и обуславливающими их факторами можно провести множественный корреляционный анализ. Однако, как широко известно (см., например: (<https://www.gwern.net/Causality>)), корреляция не является причинно-следственной связью. Таким образом, этот метод не позволяет выявить причинно-следственные связи между корнеобразовательной способностью черенков и обуславливающими их факторами.

Ясно, что для того чтобы можно было говорить о выявлении силы и направления причинно-следственных связей в моделируемой предметной области необходимо как-то сравнивать корреляции в разных группах, в которых фактор действовал и не действовал и при

этом получились какие-то определенные результаты. Именно это сравнение и реализовано в разработанном профессором Е.В. Луценко автоматизированном системно-когнитивном анализе (АСК-анализ) [5], используемом 7 разных способов этого сравнения.

Однако, как указывает автор разработки, системно-когнитивные модели (СК-модели) отражают силу и направление причинно-следственных зависимостей между значениями факторов и результатами их действия, но не дают содержательной интерпретации механизмов их действия. Задачей специалистов-экспертов, хорошо разбирающихся в данной предметной области является проведение содержательной интерпретация СК-моделей, объяснение механизмов действия причин на последствия [6].

Поскольку в виноградно-питомниководстве АСК-анализ еще не применялся, нами было решено восполнить этот пробел, что и явилось целью данных исследований.

**Объекты и методы исследований.** АСК-анализ представляет собой метод искусственного интеллекта, разработанный проф. Е.В. Луценко в 2002 году [1] для решения широкого класса задач идентификации, прогнозирования, классификации, диагностики, поддержки принятия решений и исследования моделируемой предметной области путем исследования ее модели. АСК-анализ доведен до инновационного уровня благодаря тому, что имеет свой программный инструментарий – универсальную когнитивную аналитическую систему «Эйдос-X++» (система «Эйдос»).

Система «Эйдос» выгодно отличается от других интеллектуальных систем следующими параметрами:

- разработана в универсальной постановке, не зависящей от предметной области, поэтому она является универсальной и может быть применена во многих предметных областях (<http://lc.kubagro.ru/aidos/index.htm>);

- находится в полном открытом бесплатном доступе ([http://lc.kubagro.ru/aidos/\\_Aidos-X.htm](http://lc.kubagro.ru/aidos/_Aidos-X.htm)), причем с актуальными исходными текстами ([http://lc.kubagro.ru/\\_\\_AIDOS-X.txt](http://lc.kubagro.ru/__AIDOS-X.txt));

- является одной из первых отечественных систем искусственного интеллекта персонального уровня, то есть она не требует от пользователя специальной подготовки в области технологий искусственного интеллекта (есть акт внедрения системы «Эйдос» 1987 года) (<http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos02/PR-4.htm>);

- обеспечивает устойчивое выявление в сопоставимой форме силы и направления причинно-следственных зависимостей в неполных зашумленных взаимозависимых (нелинейных) данных очень большой размерности числовой и не числовой природы, измеряемых в различных типах шкал (номинальных, порядковых и числовых) и в различных единицах измерения (т.е. не предъявляет жестких требований к данным, которые невозможно выполнить, а обрабатывает те данные, которые есть);

- содержит большое количество локальных (поставляемых с инсталляцией) и облачных учебных и научных приложений (в настоящее время их 31 и 152, соответственно) ([http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation\\_Aidos-online.pdf](http://lc.kubagro.ru/aidos/Presentation_Aidos-online.pdf));

- обеспечивает мультиязычную поддержку интерфейса на 44 языках, языковые базы входят в инсталляцию и могут пополняться в автоматическом режиме;

- поддерживает on-line среду накопления знаний и широко используется во всем мире (<http://aidos.byethost5.com/map3.php>);

- наиболее трудоемкие в вычислительном отношении операции синтеза моделей и распознавания реализует с помощью графического процессора (GPU), что на некоторых задачах обеспечивает ускорение решения этих задач в несколько тысяч раз, что реально обеспечивает интеллектуальную обработку больших данных, большой информации и больших знаний;

– обеспечивает преобразование исходных эмпирических данных в информацию, а ее в знания и решение с использованием этих знаний задач классификации, поддержки принятия решений и исследования предметной области путем исследования ее системно-когнитивной модели, генерируя при этом очень большое количество табличных и графических выходных форм развития (когнитивная графика), у многих из которых нет никаких аналогов в других системах (примеры некоторых форм можно посмотреть в работе: [http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos18\\_LLS/aidos18\\_LLS.pdf](http://lc.kubagro.ru/aidos/aidos18_LLS/aidos18_LLS.pdf));

– хорошо имитирует человеческий стиль мышления: дает результаты анализа, понятные экспертам на основе их опыта, интуиции и профессиональной компетенции [7].

Всем этим и обусловлен выбор АСК-анализа и его программного инструментария – интеллектуальной системы «Эйдос» в качестве метода и инструмента решения поставленной проблемы.

Среди ряда системно-когнитивных моделей (модели знаний), задействованных в АСК-анализе, нами была выбрана и задействована модель «INF 3», основой которой является разность между фактическими и теоретическими ожидаемыми частотами.

Центральным местом в данной модели является, так называемый, нелокальный нейрон. В качестве последнего может быть любой показатель, зависящий от различных изучаемых признаков (факторов).

На представленной ниже (см. рис.) схеме модели нелокальный нейрон располагается в ее центре. Он связан с двумя группами признаков – рецепторов, которые могут в первом случае активировать его, а во втором – тормозить. Таким образом, рецепторы являются факторами (причинами), действующими на нелокальный нейрон и вызывающими последствие. На модели рецепторы рассортированы по информативности, причём на схеме представлены только связи с относительной силой влияния выше 0 %.

Активирующее влияние отображается линиями красного, а тормозящее – синего цвета. Толщина линии отражает относительную силу влияния рецептора в процентах, которая приводится в кружочке в центре линии.

В наших исследованиях обработке подверглись данные, полученные в результате четырехлетнего (2010-2013 гг.) вегетационного опыта по изучению регенерационной способности одноглазковых черенков сортов винограда Августин, Молдова, Виорика, Ритон, Первенец Магарача и Цитронный Магарача. Черенки проращивались в оптимальных условиях в пластиковых сосудах с водой, толщина слоя которой составляла 2,5-3,0 см. Опыт был заложен в четырехкратной повторности. В каждой повторности – по 10 черенков.

В результате проведенных замеров и учетов были получены следующие показатели: толщина черенка, объем черенка, объем древесины черенка, коэффициент вызревания (отношение толщины черенка в месте наименьшего диаметра к толщине сердцевинки), условный коэффициент вызревания (отношение площади сердцевинки к площади поперечного сечения черенка), доля черенков с распутившимися глазками, длительность распускания глазков, суммарная длина побегов черенка, укореняемость (процент черенков с корнями), длина предкорневого периода, доля черенков с тремя корнями и более, среднее количество корней на черенок.

В нашем случае в качестве нелокального нейрона модели выступает максимальная «Укореняемость», то есть наибольшая доля (процент) черенков с корнями, полученными в опыте. Дело в том, что численные значения укореняемости, так же как и других признаков, автоматически были поделены используемой системой на три группы: низкие (1/3), средние (2/3) и высокие (3/3). В данном случае мы рассматриваем самую высокую укореняемость (3/3), которая колебалась в пределах 76,7-100 %. В качестве рецепторов выступают остальные перечисленные выше показатели размерных характеристик, степени вызревания черенков, а также процессов побего- и корнеобразования.

**Обсуждение результатов.** Наибольшее активирующее влияние на высокую укореняемость черенков оказала наименьшая длительность распускания глазков (рис.). Сила влияния данного фактора (рецептора) составила 100 %, что вполне объяснимо. Как уже неоднократно отмечалось нами в различных публикациях, посвященных вопросам регенерационной способности черенков винограда, интенсивность распускания глазков у них зависит в первую очередь от гормональной активности.

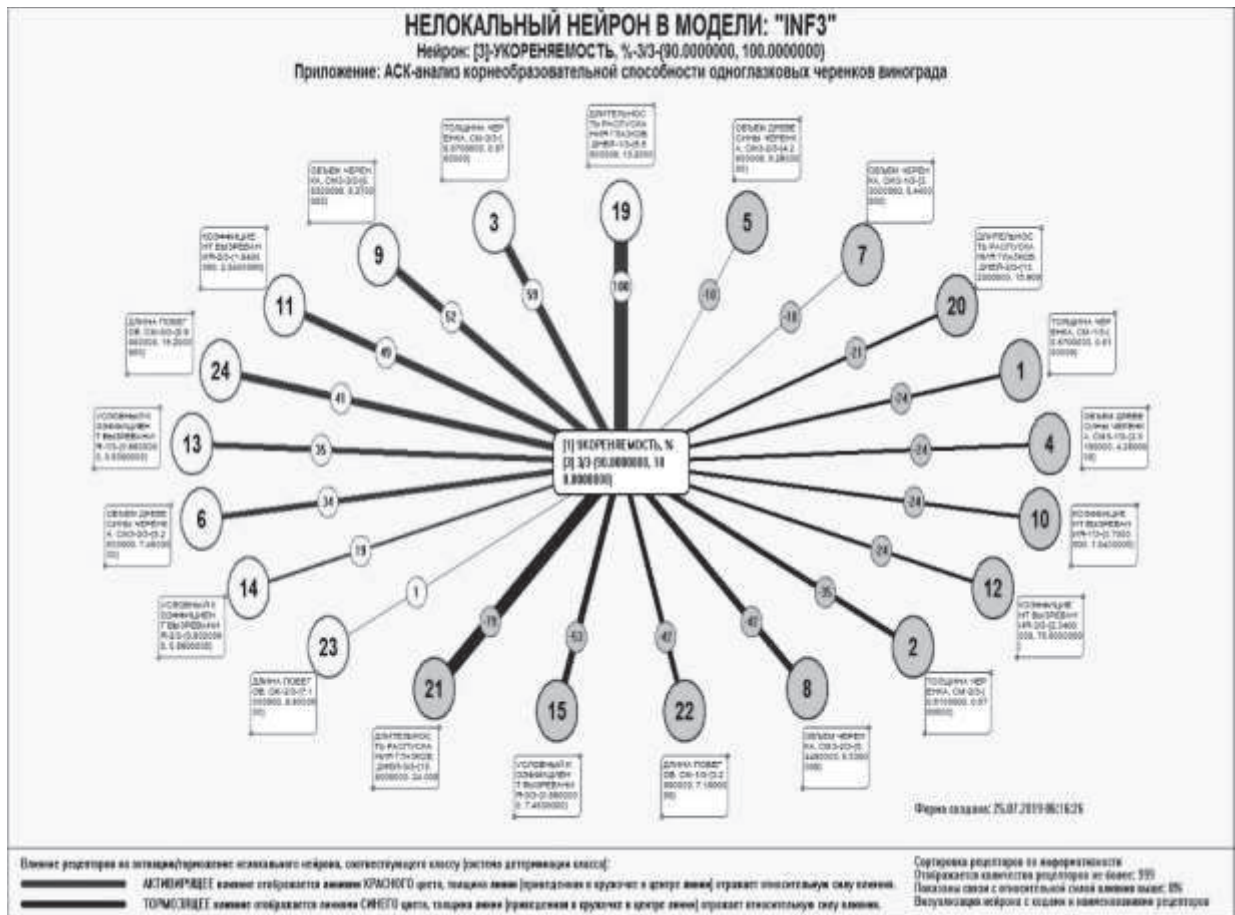


Рис. Наличие и степень причинно-следственных связей между укореняемостью, размерными характеристиками, показателями вызревания черенков винограда, а также показателями их побегообразовательной способности

Также выявлено, что при проращивании черенков в оптимальных условиях их ризогенная активность определяется, в основном, не запасом пластических веществ, а гормональной активностью. Наглядным примером тому является лучшее укоренение более тонких черенков, характеризовавшихся большей интенсивностью распускания глазков [8].

Таким образом, единая гормональная природа длительности распускания глазков и укореняемости и обеспечила их теснейшее взаимодействие.

Значительно меньшее, но также существенное активирующее влияние на высокую укореняемость оказали показатели, характеризующие размерные характеристики и степень вызревания черенков – наибольшие толщина и объем черенков, соответственно 59 и 52 %, а также коэффициент вызревания средней степени (49 %). Все эти три показателя связаны с запасом пластических веществ черенка.

Следующую группу факторов с долей влияния 34-41 % составили: наибольшая длина побегов (41 %), наименьший условный коэффициент вызревания (35 %) и наибольший объем древесины (34 %).

Последними по силе активирующего влияния на укореняемость черенков являлись условный коэффициент вызревания средней величины (19 %) и длина побегов также средней величины. Впрочем сила влияния последнего фактора составила только 1 %.

Подводя краткий итог анализа активирующего влияния изучаемых факторов на укореняемость черенков винограда, можно отметить, что данный нейрон зависит как от показателей, обусловленных гормональной активностью, так и запасом пластических веществ. Однако преобладающее влияние оказала гормональная активность черенков.

Если наименьшая длительность распускания глазков оказала наибольшее активирующее влияние на укореняемость, то самое сильное тормозящее влияние получено наибольшей длительностью распускания глазков, с силой влияния 79 %. На втором месте по силе тормозящего влияния на рассматриваемый рецептор (53 %) оказался условный коэффициент вызревания с наибольшим значением показателя.

Достаточно сильное угнетающее действие на укореняемость (в пределах 35-42 %) оказали также наименьшая длина побега (42 %), объем и толщина черенка средней величины, соответственно 42 и 35 %. В наших предыдущих исследованиях установлено, что суммарная длина побегов черенка зависит от содержащегося в нем запаса пластических веществ [1]. Наименьшие значения длины побегов свидетельствуют о низком запасе пластических веществ у исходных черенков. Такие черенки естественно не могут характеризоваться высокой ризогенной активностью.

Кроме перечисленных выше факторов тормозящее воздействие на укореняемость черенков оказали также наибольший и наименьший коэффициенты вызревания (по 24 %), объем древесины с наибольшим и средним значениями (24 % и 5 %), наименьшая толщина черенка (24 %), длительность распускания глазков средней величины (21 %) и наименьший объем черенка.

Проведенный анализ показывает, что тормозящее влияние на укореняемость оказывают как низкая гормональная активность черенков, о чем свидетельствует увеличение длительности распускания глазков, так и уменьшение размерных характеристик черенков, приводящее к уменьшению абсолютного запаса пластических веществ черенков.

Что касается тормозящего влияния на укореняемость обоих коэффициентов вызревания с наибольшими значениями, то оно может быть связано с пониженной гормональной активностью черенков данных групп. В наших предыдущих исследованиях отмечались случаи обратной корреляционной зависимости между степенью вызревания черенков и их гормональной активностью.

**Выводы.** В результате проделанной работы установлено, что АСК-анализ можно с успехом использовать для установления причинно-следственных связей в исследованиях по изучению регенерационной способности черенков винограда.

Выявлено, что регенерационная способность черенков винограда при проращивании их в благоприятных условиях зависит как от гормональной активности черенков, так и от запаса в них пластических веществ, со значительным преобладанием степени влияния гормональной активности.

Для получения высокой укореняемости черенков (в пределах 90-100 %) необходимо быстрое распускание глазков у черенков (за 6,5-13,2 дней), наибольшие толщина, объем и объем древесины, коэффициенты вызревания и условного вызревания – со средними значениями показателей, а суммарная длина побегов – с наибольшими.

### Литература

1. Радчевский П. П. Влияние биологически активных веществ на регенерационные свойства виноградных черенков, выход и качество саженцев: Краснодар: КубГАУ, 2017. 275 с.

2. Радчевский П.П., Радчевская Т.П. К методике изучения регенерационной активности виноградных черенков (научно-исследовательская работа по биологии в средних общеобразовательных школах) // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2014. № 07(101). С. 1777-1792. IDA [article ID]: 1011407116. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/07/pdf/116.pdf>, 1 у.п.л.

3. Радчевский П.П. Особенности протекания регенерационных процессов у черенков винограда сорта Молдова в зависимости от их толщины // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2014. № 03(097). С. 203-223. IDA [article ID]: 0971403014. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/03/pdf/14.pdf>, 1,312 у.п.л.

4. Радчевский П.П. Особенности проявления корреляционных зависимостей между показателями побего- и корнеобразовательной способности виноградных черенков сортов Молдова и Восторг различной длины, под влиянием обработки их Радиксом плюс // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2015. № 01(105). С. 381-412. IDA [article ID]: 1051501021. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2015/01/pdf/21.pdf>, 2 у.п.л.

5. Луценко Е.В. Автоматизированный системно-когнитивный анализ в управлении активными объектами (системная теория информации и ее применение в исследовании экономических, социально-психологических, технологических и организационно-технических систем): Монография (научное издание). Краснодар: КубГАУ. 2002. 605 с. <http://elibrary.ru/item.asp?id=18632909>

6. Луценко Е.В., Печурина Е.К., Сергеев А.Э. Автоматизированный системно-когнитивный анализ зависимости субъективных сомелье-оценок качества вина от его объективных физико-химических свойств // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2019. № 05(149). С. 39-80. IDA [article ID]: 1491905015. – Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2019/05/pdf/15.pdf>, 2,625 у.п.л.

7. Луценко Е.В. Проблемы и перспективы теории и методологии научного познания и автоматизированный системно-когнитивный анализ как автоматизированный метод научного познания, обеспечивающий содержательное феноменологическое моделирование // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2017. – №03 (127). С. 1-60. IDA [article ID]: 1271703001. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2017/03/pdf/01.pdf>, 3,75 у.п.л.

8. Радчевский П.П. Особенности проявления корреляционных зависимостей между степенью вызревания черенков устойчивых сортов винограда и их корнеобразовательной способностью / П.П. Радчевский // Политематический сетевой электронный научный журнал Кубанского государственного аграрного университета (Научный журнал КубГАУ) [Электронный ресурс]. Краснодар: КубГАУ, 2014. №01(095). С. 327-346. IDA [article ID]: 0951401017. Режим доступа: <http://ej.kubagro.ru/2014/01/pdf/17.pdf>, 1,25 у.п.л.