

УДК 634

РАЗРАБОТКА ИНДЕКСОВ РАЗВИТИЯ САДА ДЛЯ КОНТРОЛЯ ПРОИЗВОДСТВЕННОГО ПРОЦЕССА ВЫРАЩИВАНИЯ ЯБЛОК

Михаил Сергеевич Бабарин

доктор экономических наук

Юрий Викторович Трунов

доктор сельскохозяйственных наук, профессор

trunov.yu58@mail.ru

Светлана Александровна Брюхина

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

sv_mich@mail.ru

Анна Юрьевна Медеяева

кандидат сельскохозяйственных наук, доцент

ampleeva-anna84@yandex.ru

Мичуринский государственный аграрный университет

г. Мичуринск, Россия

Аннотация. В статье предложены 12 Индексов для мониторинга и контроля состояния садовых насаждений с целью повышения эффективности производства яблок. Наиболее сложным индексом является Индекс сводный развития сада, который включает в себя наиболее важные составляющие: Индекс урожайности; Индекс товарности плодов; Индекс периодичности плодоношения; Индекс использования площади питания; Индекс предельной высоты деревьев; Индекс сохранности и бонитета деревьев. ареал и степень заражённости отдельных кварталов сада по хозяйству.

Ключевые слова: яблоня, интенсивное садоводство, производционный процесс, управление, индексы развития.

Продукция садоводства – плоды и ягоды являются необходимыми элементами здорового питания человека, поскольку содержат незаменимые витамины и биологически активных веществ. Однако, в России население испытывает значительный дефицит этих продуктов [8, 9, 17].

В России остро стоит проблема качества продукции, что обусловлено низкой конкурентоспособностью государства и отечественных предприятий, а также невысоким уровнем качества жизни населения [1, 2, 6].

В интенсивном садоводстве в настоящее время стоят следующие основные задачи его научного и методологического развития [8, 9, 19]:

- создание динамических моделей садовых растений на основе управления функциональным состоянием и продукционным процессом [4, 5, 11].
- создание динамических моделей агрофитоценоза, агроэкосистемы сада на основе агроэкологического и эколого-физиологического мониторинга территорий [10, 12, 13].
- механизация, автоматизация и роботизация технологических процессов в садоводстве на основе информационного моделирования с использованием искусственного интеллекта [14,15,17].

Уровни научного познания в области садоводства включают в себя изучение растительного организма (молекулярный, геномный, клеточный и тканевой), агроэкосистему как совокупность живых организмов и окружающей среды, а также отрасль садоводства как организационную структуру [7, 16, 18].

Чтобы эффективно управлять этими компонентами, необходима разработка методов познания, на стыке возможности современных промышленных технологий садоводства и технологий искусственного интеллекта [1,3].

Целью исследований было разработка количественных и качественных показателей для оценки состояния, продуктивности и перспектив развития интенсивных насаждений яблони.

Исследования проводили в интенсивном саду ООО «Агроном-Сад» Липецкой области. Почвы – среднесуглинистые выщелоченные чернозёмы,

среднемошные, слабокислые, низкообеспеченные основными элементами минерального питания. Объектами служили интенсивные насаждения яблони на карликовых подвоях.

Индексы развития плодового сада — это количественные и качественные показатели, которые используются для оценки состояния, продуктивности и перспектив развития садов.

Предложены 12 Индексов для мониторинга и контроля состояния садовых насаждений с целью повышения эффективности производства яблок, они охватывают все важные стороны производственной деятельности в саду.

Они различны по наполняемости и сложности, но они необходимы для объективной и всесторонней оценки состояния сада.

1. Индекс сводный развития сада по сортам, кварталам (разработать индекс)
2. Индекс урожайности (динамика, качество и т.д.)
3. Индекс, характеризующий эффективность использования садовой инфраструктуры
4. Индекс соответствия премиальному качеству производимой продукции в разрезе сортов
5. Индекс уровня механизации всех агропроцессов
6. Динамические критерии качества уборки урожая
7. Количественный Индекс сдерживания (успешности борьбы и нераспространения) Эрвинии
8. Сводный индекс производительности труда по дирекции сада
9. Сводные ключевые показатели по сезону, году по дирекции сада
10. Динамический индекс финансовой эффективности дирекции сада
11. Реализованные проекты и улучшения в дирекции сада
12. Индекс эффективности работы с персоналом (ротация, обучение, выбытие неквалифицированных сотрудников и найм квалифицированных, наставничество руководства и т.д.)

Более подробно рассмотрим некоторые из них, относящиеся к биологии и экологии сада.

1. Индекс сводный развития сада

Должен включать некоторые из уже предложенных индексов, а также некоторые дополнительные показатели важнейших параметров развития дерева. Оценка должна быть дифференцированной по кварталам и сортам. Показателей не должно быть много, они могут запутать достоверную оценку.

I_1 – Индекс урожайности

I_2 – Индекс товарности плодов

I_3 – Индекс периодичности плодоношения

I_4 – Индекс использования площади питания

I_5 – Индекс предельной высоты деревьев

I_6 – Индекс сохранности и бонитета деревьев

Эти 6 показателей охватывают обобщённо все важнейшие характеристики состояния сада: ростовую активность, генеративную продуктивность, регулярность плодоношения, качество плодов и экологическую адаптивность.

I_1 – Индекс урожайности

Это наиболее сложный индекс объективной оценки, поскольку на урожайность сильно влияют (не считая уровня агротехники и возможных ошибок):

- погодные факторы;
- производственный потенциал сорта;
- возраст сада (особенно в период вступления в плодоношение).

Этот показатель может сильно варьировать от 0 (полное отсутствие урожая) до 100% (полная реализация производственного потенциала данного сорта в данном возрасте при данных условиях).

Любой индекс определяется в сравнении с чем-то. Для многих других индексов критериями сравнения могут быть либо показатели прошлого года, либо определённые максимальные (или минимальные) значения показателя.

Для Индекса урожайности это не подходит, так как постоянно изменяется в зависимости от возраста дерева (развивается), особенно на начальных этапах развития дерева. Тем более, не известен потенциал урожайности сорта, особенно в конкретных условиях нашего хозяйства, а также насколько быстро этот предел может наступить.

Поэтому критерием сравнительной оценки Индекса урожайности может служить теоретическая (модельная) динамика изменения урожайности по годам жизни сада, разработанная нами для сходных условий произрастания сада.

Нами получена модельная динамика урожайности некоторых сортов яблони, позволяющая конкретизировать индекс урожайности для конкретного сорта и возраста сада.

Примеры графических изображений и логистических уравнений регрессий урожайности сортов яблони – в файле «Биологическое моделирование».

И₂ – Индекс товарности плодов

(Индекс соответствия премиальному качеству производимой продукции в разрезе сортов)

Стандарт FFV-50 (2008), посвященный сертификации и контролю товарного качества яблок, предусматривает разделение на высший, первый и второй товарные сорта, в России выделяют высший (Премиум) и три товарных сорта (первый, второй, третий).

К высшему товарному сорту относят отборные плоды, типичные по форме, размеру и окраске для того или иного помологического сорта, с целой плодоножкой, без повреждений вредителями и болезнями, с размером по наибольшему поперечному диаметру > 70 мм. Плоды должны быть без дефектов, за исключением очень незначительных при условии, что они не влияют на общий вид продукта, качество и вид в упаковке.

К основным показателям и дефектам, обуславливающим снижение качества плодов, относятся: недостаточный размер и интенсивность окраски, повреждения вредителями и болезнями, механические повреждения (ветром, градом, птицами, при уборке и транспортировке), повреждения солнечным

ожогом, морозом, физиологическими расстройствами (загар, подкожная пятнистость, стекловидность, растрескивание и др.).

Этот индекс простой в использовании. Для его получения берут пробные партии плодов в процессе уборки, по сортам и кварталам. Плоды сортируют по качеству и принадлежности к товарным сортам (в соответствии с ГОСТ). Затем взвешивают плоды каждого товарного сорта и находят процентную долю от общей массы партии. Суммарная доля плодов высшего и первого товарного сортов (либо другие категории) и будет считаться Индексом качества продукции. При сортировке можно руководствоваться не только Стандартами, но и внутренними инструкциями и требованиями. Главное, чтобы эти требования были ежегодно одинаковыми, поскольку сравнивать Индекс следует с величиной прошлого года. Главное, чтобы эти требования были ежегодно одинаковыми, поскольку сравнивать Индекс следует с величиной прошлого года, предусматривая его увеличение, либо отсутствие снижения.

И₃ – Индекс периодичности плодоношения

Периодичность плодоношения обусловлена неравномерностью образования генеративных почек по годам.

Ярко выражена у культур и сортов, имеющих совмещенные сроки роста плодов и дифференциации генеративных почек (например, яблоня).

Объективным показателем степени колебания урожаев того или иного сорта является индекс периодичности плодоношения. Индекс периодичности плодоношения – отношение разницы в урожаях смежных лет к сумме этих урожаев. В результате значение индекса меняется от нуля при регулярном плодоношении сорта до единицы при максимальной степени периодичности. Этот показатель можно выражать и в процентах.

$$J = \frac{a_2 - a_1}{a_2 + a_1}$$

$$J = \frac{1}{n - 1} \left(\frac{a_2 - a_1}{a_2 + a_1} + \frac{a_3 - a_2}{a_3 + a_2} + \dots + \frac{a_n - a_{n-1}}{a_n + a_{n-1}} \right)$$

где n — число лет наблюдений; a_1 , и a_2 — урожаи двух смежных лет.

В результате по значению индекса периодичности плодоношения все сорта делят на:

- регулярно плодоносящие сорта $J = 0-0,4$
- слабо периодичные сорта $J = 0,4-0,7$
- резко периодичные сорта $J = 0,7-1,0$

Для постоянного мониторинга периодичности плодоношения можно рассчитывать Индекс за 2 последних года и сравнивать его либо с прошлогодними расчётами, либо с многолетним расчётом Индекса по этому сорту, предусматривая его снижение, либо отсутствие увеличения.

И₄ – Индекс использования площади питания

Показывает динамику освоения площади питания дерева и связан с интенсивностью ростовых процессов боковых ветвей.

В идеале дерево после посадки должно быстро расти и максимально освоить отведённую ему площадь питания. Кроны соседних деревьев должны сомкнуться и образовать сплошную живую полосу – «плодовую стену». Если деревья в саду слишком медленно осваивают площадь питания, значит они плохо растут, интенсивность их роста снижена, что может быть связано с нарушением технологических регламентов. Если деревья в саду не могут освоить площадь питания до начала устойчивого плодоношения, это говорит о неправильно выбранной схеме посадки.

Этот Индекс также простой в использовании. Для его получения сначала нужно вычислить общую площадь питания по схеме посадки. Например, при схеме $3,5 \times 0,8$ м общая площадь питания будет $2,8 \text{ м}^2$. Максимально возможная площадь проекции кроны составит $0,8 \times 0,8 \text{ м} = 0,64 \text{ м}^2$, что составляет 22,9% от общей площади питания. Именно к этой величине и должен стремиться Индекс.

За площадь питания можно принять максимально возможную площадь проекции кроны, тогда Индекс будет стремиться к 100%. После достижения предельной площади питания использование Индекса теряет смысл.

И₅ – Индекс предельной высоты деревьев

Урожайность деревьев имеет прямую зависимость от объёма кроны. Чем больше объём кроны, тем больше потенциальная урожайность. Поэтому мы должны стремиться к максимально возможному объёму кроны, способному разместить максимальное количество плодов.

Условно, объём кроны – это произведение площади проекции кроны на её высоту. Площадь проекции кроны ограничена площадью питания, а высота дерева – высотой шпалерной опоры и удобством ухода за кроной уборки урожая. В современном интенсивном садоводстве предельная высота кроны принята примерно 3,5 м.

Как и в случае с площадью питания, в идеале дерево после посадки должно быстро расти и достигнуть своей предельной высоты, после чего выполняются работы по ограничению высоты дерева.

Индекс высоты дерева также предельно простой. Для его вычисления измеряют фактическую высоту дерева и соотносят её с предельной высотой дерева, выражая результат в %. В процессе роста молодого дерева Индекс будет стремиться к 100%. После достижения предельной высоты дерева использование Индекса теряет смысл.

И₆ – Индекс сохранности и бонитета деревьев

На плодовые деревья в саду действует большое количество экологических факторов, которые при определённых значениях могут негативно влиять на состояние дерева, сильно ослабляя его жизненные силы способные привести к его гибели (лимитирующие факторы). Основными лимитирующими факторами в средней полосе России могут служить температурные факторы (прежде всего, неблагоприятные зимние и весенние условия), водообеспеченность, некоторые почвенные факторы.

В зависимости от напряжённости фактора, растения могут погибнуть либо сразу все, либо будут погибать постепенно, тем самым снижая количество продуктивных посадочных мест и уменьшая суммарный урожай плодов с единицы площади. В этом случае речь идёт о сохранности деревьев.

Если напряжённость негативного фактора находится в зоне толерантности организма, может наблюдаться ослабление жизнеспособности растительного организма, что может выражаться в изменении внешнего вида, проявлении внешних и внутренних повреждений тканей, ослаблении ростовой активности дерева, снижении урожая и качества плодов. Такое состояние живых деревьев можно оценить при помощи определения их бонитета.

Бонитет сада – количественная и качественная оценка хозяйственной годности и возможной продуктивности данного насаждения, а также занимаемого им земельного участка. Бонитет можно оценить в баллах или в процентах.

Предлагается следующая шкала бонитета:

5 баллов (100%) – растение имеет полностью здоровый внешний вид, по апробационным признакам соответствует показателям сорта, имеет нормальную ростовую активность, максимальную продуктивность и отличное качество плодов.

4 балла (80%) – растение имеет здоровый внешний вид, имеются отдельные повреждения вредителями, болезнями и атмосферными факторами, имеет нормальную ростовую активность, хорошую продуктивность и хорошее качество плодов.

3 балла (60%) – растение имеет угнетённый внешний вид, имеются значительные повреждения вредителями, болезнями и атмосферными факторами, имеет слабую ростовую активность, невысокую продуктивность и удовлетворительное качество плодов.

2 балла (40%) – растение сильно повреждено вредителями, болезнями и атмосферными факторами, не имеет ростовой активности, имеет слабое плодоношение и низкое качество плодов.

1 балл (20%) – растение угнетенный внешний вид, отсутствует ростовая активность, плодоношение, единичные плоды низкого качества, на грани гибели.

Индекс сохранности вычисляется в процентах сохранившихся растений от числа посадочных мест. В идеале Индекс должен стремиться к 100%, но так

бывает очень редко. Поэтому задача – не дать этому Индексу упасть, то есть максимально сохранить деревья живыми.

Индекс бонитета определяется по выше приведённой шкале. В идеале Индекс должен стремиться к 100%.

Общий Индекс сохранности и бонитета можно вычислить как среднее между отдельным Индексом сохранности и Индексом бонитета.

$$Иб = (Ис + Иб) : 2, (\%)$$

Заключение

Предложены 12 Индексов для мониторинга и контроля состояния садовых насаждений с целью повышения эффективности производства яблок.

Наиболее сложным индексом является Индекс сводный развития сада, который включает в себя наиболее важные составляющие: Индекс урожайности; Индекс товарности плодов; Индекс периодичности плодоношения; Индекс использования площади питания; Индекс предельной высоты деревьев; Индекс сохранности и бонитета деревьев.

Список литературы:

1. Бабарин М.С., Леонова Т.И. Экономическая модель затрат на качество // Современная экономика: проблемы и решения. 2011. № 10 (22). С. 46-52.
2. Бабарин М.С. Формирование экономической модели стратегии качества организации. Автореф. дисс. ... доктора экон. наук. Специальность 08.00.05: Экономика и управление народным хозяйством (стандартизация и управление качеством продукции). С.-Петербург. 2015. 32 с.
3. Бабушкин В.А., Завражнов А.И., Трунов Ю.В. Промышленное садоводство как управляемая информационно-технологическая система // Достижения науки и техники АПК. 2016. №7. Т.30. С. 110-112.
4. Григорьева Л.В., Ершова О.А. Особенности формирования площади листьев слаборослых деревьев яблони в интенсивном саду // Вестник МичГАУ. 2012. № 2. С. 9-12.

5. Григорьева, Л.В. Агробиологические аспекты повышения продуктивности яблони в насаждениях ЦЧР РФ / Л.В. Григорьева // Автореферат дис. ... доктора с.-х. наук / Сев.-Кавказ. зон. науч.-исслед. ин-т садоводства и виноградарства. Краснодар, 2015. – 47 с.

6. Егоров Е. А., Куликов И. М. Состояние и тенденции развития отрасли садоводства в Российской Федерации. Аналитический вестник Совета Федерации Федерального Собрания РФ. 2018:10(699):113-121.

7. Ефремов И.А., Иванова Е.В. Тенденции развития отрасли садоводства в России // Вестник Воронежского государственного аграрного университета. 2020. № 4 (67). С. 276-286.

8. Иванова Е.В. Об условиях рационального использования научного потенциала для инновационного развития регионального АПК // Экономика сельскохозяйственных и перерабатывающих предприятий. 2007. № 10. С. 38-40.

9. Иванова Е.В., Смагин Б.И. Оценка потенциала товарного производства сельскохозяйственной продукции в решении проблемы импортозамещения в аграрном секторе экономики // Вестник Мичуринского государственного аграрного университета. 2016. № 3. С. 105-112.

10. Курьянова, Е.Н. Энергетика биосферы и энергетическая эффективность плодородия / Е.Н. Курьянова, Л.В. Бобрович, Л.В. Григорьева, Е.В. Пальчиков, Н.В. Картечина // Вестник МичГАУ. 2012. №2. С. 9-12.

11. Придорогин М.В., Гордеев А.С., Трунов Ю.В., Бадин А.Е. Использование для садоводства теории мониторинга и аудита среды обитания в моделях био- и геосистем, природно-производственных территориальных комплексов и их компонентов // Вопросы современной науки и практики. Университет им. В. И. Вернадского. 2018:3(69):19-41.

12. Савич В.И., Трунов Ю.В., Наумов В.Д., Никиточкин Д.Н. Информационная оценка моделей плодородия дерново-подзолистых почв и черноземов под яблоню с учетом почвообразовательных процессов // Плодородие. 2014. № 4(79). С. 26-28.

13. Трунов Ю.В. Садоводство России как управляемая система с прогнозируемым развитием // Современное состояние питомниководства и инновационные основы его развития: матер. Межд. науч.-практ. конф., посвящ. 100-летию со дня рожд. С.Н. Степанова. Мичуринск. 2015. С. 23-30.

14. Трунов Ю.В. Проблемы развития садоводства России как управляемой развивающейся системы // Плодоводство и ягодоводство России. 2015. Т. 42. С. 297-299.

15. Трунов Ю.В., Завражнов А.А., Еремеев Д.Н. Повышение эффективности российского садоводства на основе использования интенсивных типов садов и машинных технологий их возделывания // Достижения науки и техники АПК. 2013. № 4. С. 41-43.

16. Трунов Ю.В., Куликов И.М., Соловьев А.В., Завражнов А.А., Завражнов А.И. Концепция системы управления биологическими и производственными процессами в садоводстве на основе цифровых технологий с использованием искусственных нейронных сетей // Садоводство и виноградарство. 2019. № 5. С. 54-58.

17. Трунов Ю.В., Завражнов А.А., Куликов И.М., Завражнов А.И. Концепция научных исследований «Садоводство будущего» // Плодородие. 2019. №1 (106). С. 51-55.

18. Zavrzhnov A.I., Lantsev V.Y., Zavrzhnov A.A., Trunov Y.V. Modern industrial horticulture as the managed information and technological system. Ecology, Environment and Conservation. Vol 22. Dec. 2016. Suppl. issue. PP. 173-177.

19. Trunov Y.V. The Problems and Development Course of the Russian Horticulture. Russian Journal of Horticulture. 2015. V.2. № 2. PP. 59-62.

UDC 634

**DEVELOPMENT OF GARDEN DEVELOPMENT INDICES TO
CONTROL THE APPLE GROWING PRODUCTION PROCESS**

Mikhail S. Babarin

doctor of economic sciences

Yury V. Trunov

doctor of agricultural sciences, professor

trunov.yu58@mail.ru

Svetlana Al. Bryukhina

candidate of agricultural sciences, associate professor

sv_mich@mail.ru

Anna Yu. Medelyaeva

candidate of agricultural sciences, associate professor

ampleeva-anna84@yandex.ru

Michurinsk State Agrarian University

Michurinsk, Russia

Abstract. The article proposes 12 indices for monitoring and controlling the condition of orchard plantations in order to improve the efficiency of apple production. The most complex index is the Index of the consolidated development of the garden, which includes the most important components: Index of productivity; Index of marketability of fruits; Index of the periodicity of fruiting; Index of the use of the area of nutrition; Index of the maximum height of trees; Index of the safety and bonitet of trees.

Key words: apple tree, intensive gardening, production process, management, development indices.

Статья поступила в редакцию 10.05.2025; одобрена после рецензирования 20.06.2025; принята к публикации 30.06.2025.

The article was submitted 10.05.2025; approved after reviewing 20.06.2025; accepted for publication 30.06.2025.