

non-linear relationship was found between the WAL of the leaves of apricot seedlings and the freezing of the shoots. It was revealed that seedlings with shoot damage to the average level, WAL are higher (12–15% water content in leaves after 24 hours) than those with slightly submerged (0.8–6%). In severely freezing genotypes (freezing 60–100%), on the contrary, is lower than winter-hardy. The correlation before the peak was 0.79 *, after the peak -0.98 *, significant at the 0.05 significance level.

Key words: *apricot; water-holding ability of leaves; freezing of shoots; seedlings; eco-geographical groups; Dagestan*

УДК 582.4:631.55:519.876.5

DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-207-211

НЕКОТОРЫЕ ПОДХОДЫ К МАТЕМАТИЧЕСКОМУ МОДЕЛИРОВАНИЮ УРОЖАЙНОСТИ СЕМЕЧКОВЫХ КУЛЬТУР

Валерий Анатольевич Шишкин, Евгений Павлович Рыбалкин,
Александр Иванович Сотник

Никитский ботанический сад – Национальный научный центр РАН
298648 Республика Крым, г. Ялта, пгт Никита, Никитский спуск, 52
E-mail: shilv18@mail.ru

Проведен анализ методов математического моделирования семечковых культур на примере изучения 5 сортоподвойных образцов груши с учетом факторов влияющих на урожайность. Рассмотрено 15 основных факторов таких как: максимальная, минимальная и средняя температуры, относительная влажность, заболеваемость хлорозом, засухоустойчивость, морфологические характеристики. Математический анализ с построением математических моделей проводился с использованием пакета программ Matlab. В результате получены математические модели характеризующие влияние как отдельных, так и множественных факторов на урожайность сортоподвоев груши.

Ключевые слова: *анализ; математические модели; сортоподвойные сорта груши; урожайность*

Введение

Основным методом исследования и использования сложных моделей биологических систем является вычислительный компьютерный эксперимент, который требует применения адекватных методов вычислений для соответствующих математических систем, алгоритмов вычислений, технологий разработки и реализации компьютерных программ, хранения и обработки результатов компьютерного моделирования [2].

Математическое моделирование биосистем включает предварительную статистическую обработку экспериментальных результатов, изучение сложности и организованности биосистем, выбор адекватной математической модели и определение числовых значений параметров математической модели по экспериментальным данным [4].

Целью данной работы был математический анализ характеристик сортоподвоев груши с использованием современных методов математического моделирования.

Объекты и методы исследования

Материалом для математического анализа и моделирования послужили данные по характеристикам 5 сортоподвоев груши. К ним относятся:

- параметры кроны и показатели площади сечения штамба груши разных сочетаний;
- степень повреждения хлорозом, параметры засухоустойчивости, завязываемость;

- осыпаемость плодов груши разных сочетаний;
- степень повреждения хлорозом сорто-подвойных сочетаний груши;
- урожайность сорто-подвойных сочетаний груши;
- параметры засухоустойчивости, завязываемость и осыпаемость плодов груши разных сорто-подвойных сочетаний;
- показатели выпадения осадков в вегетационный период;
- показатели среднемесячной температуры воздуха;
- показатели максимальной и минимальной температуры воздуха.

Данные получены за период с 2009 по 2018 год.

Данные обрабатывались в пакете Matlab. Первичная обработка данных проведена методом графического анализа. В дальнейшем использованы корреляционный и регрессионный анализ [5].

Результаты и обсуждения

Анализ статистических данных и разработка регрессионной модели осуществлялись с использованием пакета прикладных программ MATLAB [2].

Для автоматизации анализа различных данных были разработаны сценарии на специализированном языке, применяемом в пакете MATLAB.

Первый этап заключался в подготовки статистических данных для загрузки в используемую систему. Далее уже загруженные данные приводятся к форме пригодной для дальнейшей обработки средствами пакета MATLAB.

На следующем этапе с использованием функций «scatter» для построения точечных диаграмм, строятся диаграммы рассеивания для графического анализа наличия или отсутствия зависимостей между рассматриваемыми параметрами. Это позволяет выделить факторы, которые прямо влияют на интересующие параметры.

Далее проводится корреляционный анализ, с применением функции «corrcoef», которая возвращает матрицу парных коэффициентов корреляции, а также матрицу уровней значимости. Все пары параметров имеющих модуль коэффициента корреляции меньше 0.5 и/или уровень значимости больший 0.05 исключались из дальнейшего рассмотрения.

Оставшиеся пары факторов и параметров включаются в модель. Для построения множественной регрессии применялась функция «regress». Она позволяет получить коэффициенты уравнения регрессии и коэффициент детерминации. Для наглядной демонстрации результатов анализа выводятся графики зависимостей параметров от факторов, построенных по экспериментальным данным и по полученным моделям.

Для вывода графиков в двумерной системе координат использовались функции «plot» и «scatter», а для трехмерных графиков – «mesh» и «scatter3».

На каждом этапе анализа разработанными сценариями для пакета MATLAB предусматривается вывод промежуточных результатов, в удобном для восприятия виде.

Таблица

Результаты корреляционного анализа факторов влияющих на урожайность по сортоподвоям груши

Подвой	Пары параметров со значимой корреляцией	Коэффициент корреляции
1	2	3
ВА 29	«урожайность» и «завязываемость»	0.9016
КА 53	«осыпаемость» и «повреждение хлорозом»	0.8039
	«урожайность» и «завязываемость»	0.8838
	«урожайность» и «осыпаемость»	-0.8023

Продолжение таблицы

1	2	3
КА 61	«осыпаемость» и «завязываемость»	-0.9165
КА 86	«осыпаемость» и «повреждение хлорозом»	0.7606
	«осыпаемость» и «завязываемость»	-0.7845
КА 92	«урожайность» и «повреждение хлорозом»	-0.9080

В результате корреляционного анализа установлена прямая и обратные зависимости как отдельных факторов влияющих на урожайность, так и их совокупность [3].

Значения корреляционного анализа позволили построить регрессионные модели следующих зависимостей:

Регрессионная модель зависимости урожайности от высоты, повреждения хлорозом, завязываемость и осыпаемости для подвоя «ВА 29»

$$y = 37,7622 + 2,0131x_1 + 0,1827x_2 + 0,3726x_3 - 0,6069x_4, \text{ где}$$

y – урожайность, т/га;

x_1 – высота, м;

x_2 – повреждение хлорозом, балл;

x_3 – завязываемость, %;

x_4 – осыпаемость, %.

Коэффициент детерминации: 0,9098

Регрессионная модель зависимости урожайности от высоты, повреждения хлорозом, завязываемость и осыпаемости для подвоя «КА 53»

$$y = 36,1307 + 2,4346x_1 + 1,4629x_2 + 0,9633x_3 - 0,9382x_4, \text{ где}$$

y – урожайность, т/га;

x_1 – высота, м;

x_2 – повреждение хлорозом, балл;

x_3 – завязываемость, %;

x_4 – осыпаемость, %.

Коэффициент детерминации: 0,9161.

Регрессионная модель зависимости урожайности от высоты, повреждения хлорозом, завязываемость и осыпаемости для подвоя «КА 61»

$$y = -74,2597 - 4,5041x_1 + 11,5813x_2 + 2,1864x_3 + 1,1006x_4, \text{ где}$$

y – урожайность, т/га;

x_1 – высота, м;

x_2 – повреждение хлорозом, балл;

x_3 – завязываемость, %;

x_4 – осыпаемость, %.

Коэффициент детерминации: 0,7240.

Регрессионная модель зависимости урожайности от высоты, повреждения хлорозом, завязываемость и осыпаемости для подвоя «КА 86»

$$y = 26,3417 + 11,2093x_1 + 23,6936x_2 + 0,5865x_3 - 1,4835x_4, \text{ где}$$

y – урожайность, т/га;

x_1 – высота, м;

x_2 – повреждение хлорозом, балл;

x_3 – завязываемость, %;

x_4 – осыпаемость, %.

Коэффициент детерминации: 0,7557.

Регрессионная модель зависимости урожайности от высоты, повреждения хлорозом, завязываемость и осыпаемости для подвоя «КА 92»

$$y = 55,5536 + 1,8388x_1 - 6,6217x_2 - 0,2153x_3 - 0,4664x_4, \text{ где}$$

y – урожайность, т/га;

x_1 – высота, м;

x_2 – повреждение хлорозом, балл;

x_3 – завязываемость, %;

x_4 – осыпаемость, %.

Коэффициент детерминации: 0,8659.

Регрессионная модель, характеризующая воздействие всех 15 факторов выглядит следующим образом:

Регрессионная модель влияния на урожайность различных параметров:

$$y = 25,5953 - 6,5404x_1 - 11,4665x_2 - 12,6782x_3 + 10,4342x_4 + 1,9589x_5 + 0,2263x_6 + 0,0008x_7 - 0,2442x_8 - 0,0796x_9 + 0,1798x_{10} - 0,1423x_{11} - 0,0620x_{12} + 0,0765x_{13} + 0,6094x_{14} + 0,0584x_{15}, \text{ где}$$

y – урожайность, т/га;

x_1 – высота, м;

x_2 – ширина вдоль ряда, м;

x_3 – ширина поперек ряда, м;

x_4 – площадь проекции кроны, м^2 ;

x_5 – объем кроны, м^3 ;

x_6 – площадь сечения штамба, см^2 ;

x_7 – суммарный прирост, см;

x_8 – повреждение хлорозом, балл;

x_9 – потеря воды, 2 часа, %;

x_{10} – потеря воды, 4 часа, %;

x_{11} – потеря воды, 6 часов, %;

x_{12} – потеря воды, 24 часа, %;

x_{13} – относительная тургоресцентность, %;

x_{14} – завязываемость, %;

x_{15} – осыпаемость, %.

Коэффициент детерминации : 0,68

Таким образом, установлено, что регрессионные модели с высокой степенью вероятности отображают влияние перечисленных факторов на урожайность сортоподвоев груши.

Выводы

Проведенный математический анализ данных влияния факторов на урожайность сортоподвоев груши и полученных регрессионных моделей позволяет сделать выбор подвоев груши максимально отвечающих требуемым показателям. К таким следует отнести подвои «ВА 29», «КА53» и «КА92».

Список литературы

1. Бейли Н. Математика в биологии и медицине. – М., 1970. – 296 с.
2. Боровиков В.П. Искусство анализа данных на компьютере. – СПб., 2001. – 656 с.
3. Гашев С.Н. Статистический анализ для биологов. – Тюмень, 1998. – 51с.
4. Кобзарь А.И. Современные методы в математике. – М., 2006. – 816 с.
5. Лакин Г.Ф. Биометрия. – М., 1990. – 352 с.
6. Тюрин Ю.Н. Анализ данных на компьютере. – М., 2003. – 544 с.

Статья поступила в редакцию 11.06.2019 г.

Shishkin V.A., Rybalkin E.P., Sotnik A.I. Some approaches to mathematics modeling of pome crops yielding ability // Bull. of the State Nikita Botan. Gard. – 2019. – № 133. – P. 207-211.

The analysis of methods of mathematical modeling of pome crops on the example of studying 5 varietal samples of pears, taking into account the factors affecting the yielding ability. 15 main factors were considered, such as: maximum, minimum and average temperatures, relative humidity, incidence of chlorosis, drought resistance, morphological characteristics. Mathematical analysis with the construction of mathematical models was carried out using the software package Matlab. As a result, mathematical models characterizing the influence of both individual and multiple factors on the yielding ability of pear cultivars were obtained.

Key words: *analysis; mathematical models; pear cultivars rootstock; yielding ability*

УДК 634.1:631.52

DOI: 10.36305/0513-1634-2019-133-211-216

ИСПОЛЬЗОВАНИЕ ГЕНЕТИЧЕСКОГО РАЗНООБРАЗИЯ В СЕЛЕКЦИИ ЯБЛОНИ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ПАРШЕ

Елена Владимировна Ульяновская¹, Иван Иванович Супрун¹,
Сергей Вячеславович Токмаков¹, Кязим Мурадинович Атабиев²,
Евгения Анатольевна Беленко¹

¹ ФГБНУ «Северо-Кавказский федеральный научный центр садоводства,
виноградарства, виноделия», г. Краснодар

350901, г. Краснодар, ул. 40-летия Победы, 39

E-mail: ulyanovskaya_e@mail.ru

² СПК «Де-Густо», с. Эльхотово

363600, РСО-Алания, с. Эльхотово, ул. Хосонова, 2в

Представлены результаты многолетнего изучения генофонда яблони (*Malus x domestica* Borkh.) в условиях юга России. Цель исследования – формирование идентифицированных коллекций, выделение доноров и источников хозяйственно ценных признаков с рекомендациями по их использованию в селекции яблони. В работе использованы программы и методики селекции и сортоизучения, молекулярно-генетические методы исследования. Выделены ценные для селекции сорта с иммунитетом к парше (ген *Rvi6*) и высоким качеством плодов (гены *Md-PG1* (AA); *Md-Exp7* (198)): Моды, Стеллар, ЦИВГ 98, элитная форма 29-5-49.

Ключевые слова: *сорт; яблоня; селекция; иммунитет; парша*

Введение

Успех селекционной работы по плодовым культурам в связи с длительностью ювенильного периода, высокой гетерозиготностью в значительной мере обусловлен правильным подбором исходного материала.

Генетическое разнообразие – основа ускоренного создания перспективных сортов яблони [5, 9]. Для более успешного использования генетического разнообразия в селекции и повышения адаптивного потенциала новых сортов необходим поиск, мобилизация, изучение и привлечение значительного видового и сортового разнообразия [2–4, 7, 10].

Создание генетической коллекции – завершающий этап в системе изучения генофонда плодовых растений [1, 6]. Значительный интерес для селекционного использования представляют идентифицированные коллекции яблони.

Выявление генетической детерминации важнейших для селекции яблони признаков, поиск и выделение новых доноров ценных признаков, в том числе иммунитета и устойчивости к парше, научно обоснованный подбор родительских пар в значительной мере повышают эффективность селекционного процесса, способствуя